



Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	i
Inhaltsverzeichnis	ii
Abbildungsverzeichnis	v
Tabellenverzeichnis	ix
Symbolverzeichnis	xi
1 Einleitung	1
2 Verbundwerkstoffe, ihre Eigenschaften und Herstellungsmethoden	8
2.1 Einzelkomponenten der Verbundwerkstoffe	8
2.1.1 Keramiken	8
2.1.2 Metalle	10
2.1.3 Polymere	11
2.2 Typen von Kompositen	12
2.2.1 Natürliche Komposite	12
2.2.2 Keramik-Polymer-Komposite	14
2.2.3 Metall-Polymer-Komposite	17
2.2.4 Polymer-Komposite mit elongierten Partikeln	17
2.2.5 Andere Typen der Komposite	19
2.3 Eigenschaften der Komposite	20
2.3.1 Mechanische Eigenschaften	20
2.3.2 Elektrische Eigenschaften	26
2.4 Herstellungsmethoden der Komposite	27
3 Wirbelschicht- und Strahlschichttechnologien	30
3.1 Wirbelschichttechnologie	30
3.2 Strahlschichttechnologie	33
3.3 Klassifizierung der Pulver	36
3.4 Beschichten und Agglomerieren in Wirbel- und Strahlschichten	38
3.5 Modellierung von Wirbel- und Strahlschichten	40
4 Materialien und Methoden	41
4.1 Materialien	41
4.2 Beschichtung in der Strahlschicht	43
4.2.1 Strahlschichtapparat	43
4.2.2 Beschichtung der Kupferpartikel	45
4.2.3 Herstellung der Polymerlösung	47
4.2.4 Sicherheitstechnische Betrachtung der Anlage	48
4.3 Herstellung der Komposite	49
4.3.1 Walzen	49



4.3.2	Pressen	50
4.3.3	Weitere Bearbeitungsschritte	51
4.4	Charakterisierungsmethoden	52
4.4.1	Optische Messung der Partikelgröße.....	52
4.4.2	Lichtmikroskopie.....	53
4.4.3	Rasterelektronenmikroskopie (REM).....	54
4.4.4	Thermogravimetrische Analyse (TGA).....	54
4.4.5	Spezifischer Widerstand	55
4.4.6	Relative Permittivität.....	55
4.4.7	Elastizitätsmodul und Festigkeit	57
4.4.8	Bruchzähigkeit	58
5	Ergebnisse und Diskussion der experimentellen Untersuchungen	61
5.1	Klassifizierung der Pulver.....	61
5.2	Partikelaustrag	62
5.3	Analyse der Granulatgröße.....	63
5.4	Zusammensetzung der Komposite	67
5.5	Elektrische Eigenschaften	68
5.5.1	Spezifischer Widerstand	68
5.5.2	Relative Permittivität.....	71
5.6	Mechanische Eigenschaften	75
5.6.1	Elastizitätsmodul und Festigkeit	75
5.6.2	Bruchzähigkeit	89
5.6.3	Diskussion	94
6	Modellierung der Belastung der Komposite mit der Diskreten-Elemente-Methode.....	97
6.1	Die Diskrete Elemente Methode (DEM)	98
6.1.1	Grundgleichungen und Kontaktmodelle	99
6.1.2	Kontaktgesetze	100
6.1.3	Bonded-Particle-Modell (BPM).....	103
6.1.4	Elastisches Modell für die Feststoffbrücken	104
6.1.5	Multiscale Simulation ENvironment.....	106
6.2	Generierung der Proben für die DEM-Simulationen	107
6.2.1	Probengenerierung und Simulationsparameter.....	107
6.2.2	Voruntersuchungen.....	111
6.2.3	Materialeigenschaften für die Simulation.....	112
6.3	Ergebnisse der simulativen Untersuchungen	113
6.3.1	Ergebnisse der Voruntersuchungen	113
6.3.2	Simulationen mit feinen Partikeln.....	114



6.3.3	Zusammenfassung und Ausblick der Simulationen	119
7	Zusammenfassung.....	121
8	Anhang	124
1.	Messkorrekturen der Kraftwerte	124
2.	Koeffizienten von $A_{v\mu}$	124
3.	Bruchzähigkeit.....	125
9	Literatur	126