

Dipl.-Ing. Rolf-Dieter Becher, Mannheim

**Untersuchung der  
Agglomeration von  
Partikeln bei der  
Wirbelschicht-  
Sprühgranulation**

Reihe **3**: Verfahrenstechnik

Nr. **500**

# Inhaltsverzeichnis

<b>Symbolverzeichnis</b>	<b>VIII</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Stand des Wissens</b>	<b>5</b>
2.1 Grundlagen des Partikelwachstums.....	5
2.1.1 Wachstum durch Granulation.....	5
2.1.2 Wachstum durch Agglomeration.....	7
2.2 Pulvergranulierung in einer Wirbelschicht.....	9
2.3 Wirbelschicht-Sprühgranulation.....	11
2.3.1 Verfahrensvarianten.....	11
2.3.2 Beobachtungen zum Partikelwachstum.....	13
2.3.3 Berechnungsverfahren.....	14
2.3.3.1 Partikelbefeuchtung und -trocknung.....	14
2.3.3.2 Berechnung des Granulatwachstums.....	17
<b>3 Experimenteller Teil</b>	<b>19</b>
3.1 Versuchsanlage.....	19
3.2 Partikelbewegung.....	23
3.3 Gastemperaturverteilung.....	25
3.4 Granulationsversuche.....	27
3.4.1 Versuchsmaterial.....	27
3.4.2 Versuchsdurchführung.....	28
3.4.2.1 Feingutbildung.....	29
3.4.2.2 Agglomeratbildung.....	29
<b>4 Theoretischer Teil</b>	<b>32</b>
4.1 Der Strahlbereich.....	34
4.1.1 Partikel- und Gasbewegung im Strahlbereich.....	34
4.1.1.1 Der turbulente Freistrahle nach Schlichting.....	36
4.1.1.2 Freistrahle in einer Wirbelschicht.....	37
4.1.2 Flüssigkeitsabscheidung und Trocknung im Strahl.....	46
4.1.2.1 Flüssigkeitsabscheidung.....	46

4.1.2.2 Partikel Trocknung.....	48
4.1.2.3 Energiebilanzen im Strahl.....	49
4.2 Bereich über der Wirbelschicht.....	50
4.3 Wirbelschichtbereich.....	52
4.3.1 Trocknung und Aufheizung der Partikeln .....	52
4.3.2 Partikelagglomeration.....	55
<b>5 Ergebnisse</b>	<b>57</b>
5.1 Berechnete Verläufe .....	57
5.1.1 Partikel- und Gasbewegung .....	58
5.1.2 Befeuchtungsvorgang.....	60
5.1.3 Trocknungsvorgang.....	63
5.2 Partikelbewegung.....	65
5.3 Gastemperaturverteilung.....	68
5.4 Granulationsversuche .....	75
5.4.1 Feingutbildung.....	75
5.4.2 Agglomeratbildung.....	76
5.4.2.1 Einfluß der Versuchsdauer.....	76
5.4.2.2 Einfluß des Flüssigkeitsstromes.....	78
5.4.2.3 Einfluß der Feststoffkonzentration.....	80
5.4.2.4 Einfluß der Ablufttemperatur.....	81
5.4.2.5 Einfluß der Wirbelschichthöhe .....	82
5.4.2.6 Einfluß des Düsenluftstromes.....	84
5.4.2.7 Einfluß der Fluidisierluftgeschwindigkeit.....	86
5.4.2.8 Einfluß der Partikelgröße.....	87
<b>6 Zusammenfassung</b>	<b>89</b>
<b>Anhang</b>	<b>94</b>
A.1 Stoffwerte und Konstanten.....	94
A.2 Anmerkungen und Herleitungen zur Berechnung.....	98
A.2.1 Bestimmung des Proportionalitätsfaktors $u_r^*$ für die radiale Gasgeschwindigkeit (Gl. 3.8).....	98
A.2.2 Lösung des Gleichungssystems aus den Gleichungen (4.25), (4.28), (4.31) und (4.35).....	98
A.2.3 Ausdehnungsverhalten und Höhe der Wirbelschicht.....	100

---

A.2.4 Wärme- und Stoffübergangskoeffizienten .....	101
A.2.5 Abschätzung der Aufheizzeit der Partikeln in der Wirbelschicht .....	102
A.2.6 Flußdiagramm des Rechenprogramms.....	103
A.3 Meßprotokolle.....	108
A.3.1 Partikelzirkulation .....	108
A.3.2 Gastemperaturverteilungen .....	111
A.3.3 Granulationsversuche.....	120
<b>6 Literaturverzeichnis</b>	<b>131</b>