

## Mehrstufige Sprühtrocknung: Wirbelschicht-Sprühagglomeration zur kontrollierten Agglomeration von milchbasierten Mehrkomponenten- Systemen



Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Bonn
Forschungsstelle(n):	Universität Hohenheim Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie FG Lebensmittelverfahrenstechnik und Pulvertechnologie Prof. Dr. Reinhard Kohlus
Industriegruppe(n):	Milchindustrie-Verband e.V. (MIV), Berlin
Projektkoordinator:	Dr. Marco Sell Milchwirtschaftliche Industrie Gesellschaft (MIG) Herford GmbH & Co. KG, Herford
Laufzeit:	2020 - 2023
Zuwendungssumme:	€ 246.289,--

### Ausgangssituation

In der Lebensmittelverarbeitung wird die Wirbelschichtagglomeration vielfach eingesetzt, um die Produkteigenschaften von Lebensmittelpulvern, insbesondere ihre Dispergier- und Dosierbarkeit, zu verbessern. Es handelt sich hierbei um ein investitions- und energieintensives Verfahren. Die Integration eines Sprühtrockners in diesen Prozess bzw. die Kombination der Wirbelschichtagglomeration mit einem Sprühtrockner könnte die Energieeffizienz dieses Prozessschrittes deutlich erhöhen. In der milchverarbeitenden Industrie ist die Kombination von Sprühtrocknern und Wirbelschicht in einem einzigen Apparat bereits in Form von mehrstufigen Trocknern vorhanden. Hierunter wird die Kombination eines Sprühturms mit einer oder mehreren Wirbelschichten verstanden.

In der typischen Prozessführung der mehrstufigen Sprühtrocknung wird die eigentliche Sprühtrocknung nur für eine unvollständige Trocknung genutzt; die Endtrocknung erfolgt in der Wirbelschicht. Sprühtrocknung und Nachrocknung sind somit über die Produktfeuchtigkeit des aus dem Turm austretenden Produktes gekoppelt. Zum Teil führt dieser Aufbau bereits zu einer Agglomeration durch die produkteigene Klebrigkeit. Um eine Agglomeration zu erreichen, muss die Produkttemperatur in der Agglomerationszone oberhalb des „sticky points“, d. h. ca. 10 bis 30 K oberhalb des Glaspunktes, liegen. Auch die Strömungs- bzw. Stoßbedingungen und der Trocknungszustand sind für diese Betrachtung mit einzubeziehen. Andererseits soll das Produkt beim Übergang zwischen Sprühtrocknung und Wirbelschicht nicht zu Wandanhaftungen neigen. Dies ist ein sehr schwierig zu kontrollierender Prozess, der keine Freiheitsgrade bezüglich einer gezielten Einstellung der Produkteigenschaften beinhaltet. Eine Anpassung der Prozessparameter aufgrund von Rezeptänderungen bei Mischprodukten ist entsprechend kritisch bzw. aufwändig. Für eine Optimierung durch eine veränderte Prozessführung fehlt bisher das notwendige Grundlagenwissen.

Eine erweiterte Nutzung dieser Prozesskonfiguration durch die Führung der Agglomeration als Sprühagglomeration (Agglomeration durch Eindüsung einer Flüssigkeit) ist vielversprechend. Die hierfür notwendige

Anlagenmodifikation für eine Anwendung in einer mehrstufigen Sprühtrocknung beschränkt sich darauf, eine Verdüsung von Bindermaterial in der Wirbelschicht zu ermöglichen. Hierdurch könnten Rezepturkomponenten als funktionelle Binder genutzt werden, um die Agglomerationseigenschaften der Partikel unabhängig von deren Trocknungszustand zu machen.

Ziel des Forschungsvorhabens war die Erarbeitung eines modifizierten Sprühtrocknungsverfahrens zur Herstellung forciert agglomerierter Lebensmittelpulver. Am Beispiel von Milchpulver (Mager- und Vollmilchpulver) sowie anhand von Mehrkomponentenpulvern soll gezeigt werden, dass das Verfahren geeignet ist, die Produktqualitäten signifikant zu verbessern. Das Verfahren sollte durch eine optimierte Partikelgrößenverteilung und eine stärkere Partikelbindung zu einer besseren Fließfähigkeit, einer größeren mechanischen Stabilität sowie einem verbesserten Dispergierverhalten führen.

### ***Forschungsergebnis***

---

Die Teilprozesse der Sprühtrocknung und Wirbelschichtagglomeration werden auch in der Lebensmittelverarbeitung bereits häufig genutzt, um partikuläre Produkte zu strukturieren. Offen war insbesondere die Frage, ob eine stabile Prozessführung bei einer Prozessintegration möglich ist und wie diese erfolgreich umsetzbar ist. Bei der Beantwortung dieser Frage wurde im Rahmen des Vorhabens sowohl die natürliche Agglomeration als auch die Sprühagglomeration betrachtet.

Die Ergebnisse des Projekts zeigen, dass gerade das Prozessfenster der natürlichen Agglomeration in der integrierten Wirbelschicht durch den Glasübergang der amorphen Produkte begrenzt ist.

Im Vergleich zur Standardprozessführung, also der Agglomeration in der Düsenzone, konnte durch die forcierte Agglomeration, insbesondere bei Verwendung von Bindemitteln, das Prozessfenster zu deutlich größeren Partikeln erweitert werden. Die Ergebnisse verdeutlichen insgesamt, dass durch eine gezielte Kontrolle der Partikelfeuchtigkeit und -klebrigkeit in Echtzeit die Effizienz des Agglomerationsprozesses verbessert werden kann und die Herstellung größerer Partikelstrukturen möglich ist.

Für die Zugabe von wässrigen Bindemitteln wurden erfolgreich Vorhersagemodelle zur gezielten Steuerung der Klebrigkeit in der Wirbelschicht implementiert. Verschiedene funktionelle Lebensmittelkomponenten (Kohlenhydrate, Proteine und Polymere) wurden für den Einsatz als Bindemittel verifiziert und deren jeweilige Eignung für den Strukturaufbau nachgewiesen; insbesondere waren alle untersuchten Milchkomponenten für einen Einsatz als Binder geeignet und können entsprechend ihrer Rezepturfunktionalität gewählt werden.

Die eingesetzte Echtzeitmessung und -regelung des Wassergehalts und damit der Klebrigkeit des Pulvers basiert auf der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS). Bei geeigneter Kalibrierung konnte das System auch zur Online-Bestimmung der Partikelgrößenverteilung eingesetzt werden. Die Eignung des Referenzsystems zur Inline-Bestimmung der Partikelgröße auf Basis der Ortsfilteranemometrie wurde ebenfalls belegt, so dass Messmethoden für eine stabile Prozessführung auch in industriellen Anwendungen zur Verfügung stehen. Online- und Offline-Messungen bestätigten den direkten Zusammenhang zwischen der zugeführten Feuchtigkeit durch Bindemittel und dem Agglomerationserfolg. Dadurch konnten eine deutliche Verbesserung der Produktqualität sowie eine Effizienzsteigerung erreicht werden.

Die bestätigte Theorie zur bindemittelfreien Agglomeration als Sinterprozess kann als Grundlage für die Implementierung des untersuchten Prozesses für weitere Produkte dienen. Die entwickelten Mess- und Steuerungsverfahren zur forcierten Agglomeration erlauben die Optimierung des Agglomerationsprozesses und eröffnen Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung in der Mehrstufen-Sprühtrocknung, insbesondere in der Lebensmittel- und Pharmaindustrie.

### ***Wirtschaftliche Bedeutung***

---

Durch die Integration der Agglomeration in den Sprühturm entstehen besonders für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) neue Möglichkeiten, mit hoher Flexibilität und vertretbarem finanziellen Aufwand

Spezialprodukte herzustellen. Eine deutlich stabilere Prozessführung und verbesserte Produktqualitäten hinsichtlich Fließfähigkeit und Agglomeratstabilität sowie eine erhöhte Rezepturflexibilität werden es erlauben, neuartige bzw. gegenüber dem Marktstandard signifikant verbesserte Produkte herzustellen. Auch rezepturseitig ergeben sich neue Möglichkeiten, da nicht nur das Sprühtrocknungsmaterial agglomeriert werden kann, sondern durch die Variation der Bindungsfähigkeit der Sprühlösung (und deren Menge) auch andere Pulverkomponenten in die Agglomerate eingebunden werden können. Durch die getrennte Zugabe einzelner Milch- bzw. Rezepturkomponenten kann die jeweilige technologische Funktionalität der Inhaltsstoffe optimal genutzt werden; hierdurch lassen sich neue, innovative Anwendungen erschließen.

Das Verfahren weist im Vergleich zu den Einzelprozessen eine höhere Energieeffizienz auf. Die mehrstufige Trocknung ist zudem energetisch günstiger als die einstufige Sprühtrocknung, da die Turmauslastung aufgrund niedrigerer Austrittstemperaturen in der ersten Trocknungsstufe höher ausgelegt werden kann. Auf diese Weise ist der Gesamtprozess deutlich kostengünstiger als die beiden Einzelprozesse, d.h. Sprühtrocknung mit nachgeschalteter Wirbelschichtagglomeration.

### **Publikationen (Auswahl)**

1. FEI-Schlussbericht 2023.
2. Frank, J., Raiber, T. V., Grotenhoff, L. & Kohlus, R.: Development of In-Line Measurement Techniques for Monitoring Powder Characteristics in a Multi-Stage Spray Drying Process. Proc. 11 (7), 1931, DOI: <https://doi.org/10.3390/pr11071931> (2023).

### **Weiteres Informationsmaterial**

Universität Hohenheim  
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie  
FG Lebensmittelverfahrenstechnik und Pulvertechnologie  
Garbenstraße 25, 70599 Stuttgart  
Tel.: +49 711 459-23258  
Fax: +49 711 459-22298  
E-Mail: [r.kohlus@uni-hohenheim.de](mailto:r.kohlus@uni-hohenheim.de)

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)  
Godesberger Allee 125, 53175 Bonn  
Tel.: +49 228 3079699-0  
Fax: +49 228 3079699-9  
E-Mail: [fei@fei-bonn.de](mailto:fei@fei-bonn.de)

### **Förderhinweis**

#### **... ein Projekt der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)**

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Forschungsnetzwerk  
Mittelstand



FORSCHUNGSKREIS  
DER ERNÄHRUNGSINDUSTRIE E.V.



Industrielle  
Gemeinschaftsforschung

Das o. g. IGF-Vorhaben der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Godesberger Allee 125, 53175 Bonn, wird/wurde im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

*Bildnachweis - Seite 1: © (z. B.) picsfive - Fotolia.com #65279082*

Stand: 20. Oktober 2023