



**DECHEMA**

**VDI**

**TAGUNGSHANDBUCH**

**14.– 15. März 2016**

**Leonardo Hotel • Weimar**

**Jahrestreffen der ProcessNet-Fachgruppe**

**Trocknungstechnik**

**[www.processnet.org/TRO2016](http://www.processnet.org/TRO2016)**

**PROCESSNET**  
EINE INITIATIVE VON DECHEMA UND VDI-GVC

## Vorbereitungskomitee

Prof. Dr.-Ing. Evangelos Tsotsas, Otto-von-Guericke-Universität, Magdeburg  
Dr.-Ing. Michael Schönherr, BASF SE, Ludwigshafen  
Dr.-Ing. Michael Jacob, Glatt Weimar GmbH, Weimar  
Dr.-Ing. Uwe Delfs, VDI e.V., Düsseldorf

### Sonntag, 13.03.2016

---

18:30 – 19:30 *Kostümierte Stadtführung - Treffpunkt Tourist-Info am Markt 10*  
*Anmeldung erforderlich*

ab 19:30 *Vorabendliches Beisammensein auf Selbstzahlerbasis*  
*im Köstritzer Schwarzbierhaus, Scherfgasse 4, 99423 Weimar,*  
*Tel.: 03643 779337; Stichwort "Trocknungstechnik", Anmeldung erforderlich*

---

### Montag, 14.03.2016

---

08:00 – 08:50 *Registrierung*

---

*Raum: Goethesaal III*

---

08:50 – 09:00 **Begrüßung durch den Vorsitzenden**

09:00 – 09:30 **3D pore network model for drying salt solutions in porous media** 6  
A. Rahimi<sup>1</sup>, T. Metzger<sup>2</sup>, A. Kharaghani<sup>1</sup>, E. Tsotsas<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; <sup>2</sup> BASF SE; Ludwigshafen

09:30 – 10:00 **Einfluss von Porenstruktur und Trocknungsbedingungen bei der Imprägnierung von porösen Trägermaterialien** 7  
M. Börnhorst<sup>1</sup>; P. Walzel<sup>2</sup>; A. Rahimi<sup>3</sup>; A. Kharaghani<sup>3</sup>; E. Tsotsas<sup>3</sup>; N. Nestle<sup>4</sup>;  
A. Besser<sup>4</sup>; F. Kleine Jäger<sup>4</sup>; T. Metzger<sup>4</sup>  
<sup>1</sup> Karlsruher Institut für Technologie (KIT); <sup>2</sup> TU Dortmund; <sup>3</sup> Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; <sup>4</sup> BASF SE, Ludwigshafen

10:00 – 10:30 **Sensitivity of the moisture transport coefficient to the characteristics of drying porous media** 8  
A. A. Moghaddam<sup>1</sup>; A. Kharaghani<sup>1</sup>; E. Tsotsas<sup>1</sup>; M. Prat<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; <sup>2</sup> Université de Toulouse/F

10:30 – 11:00 **Untersuchungen zur Trocknung von Mehrkomponenten-Polymer-Lösemittel-Systemen und der Konzentrationsabhängigkeit des Stofftransports** 9  
D. Siebel<sup>1</sup>; W. Schabel<sup>1</sup>; P. Scharfer<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

11:00 – 11:30 *Kaffeepause*

---

11:30 – 12:00 **Drying regime maps for the prediction of particle distribution in particle-filled polyvinyl alcohol films** 10  
S. Baesch<sup>1</sup>; K. Price<sup>2</sup>; D. Wagner<sup>1</sup>; L. Francis<sup>2</sup>; P. Scharfer<sup>1</sup>; W. Schabel<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> Karlsruher Institut für Technologie (KIT); <sup>2</sup> University of Minnesota, Minneapolis, MN/USA

---

**Montag, 14.03.2016**

*Raum: Goethesaal III*

---

12:00 – 13:00	<i>Posterkurzvorträge á maximal 3 Minuten</i>	
P.01	<b>Experimentelle Entwicklung einer Methode zur Untersuchung feststoffhaltiger Mikrotropfen</b> <u>F. Sondej</u> <sup>1</sup> ; A. Bück <sup>1</sup> ; E. Tsotsas <sup>1</sup> <sup>1</sup> Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg	11
P.02	<b>Untersuchung der Diffusion von verschiedenen Lösemitteln in PEDOT:PSS-Nanoschichten</b> <u>T. Fritzensmeier</u> <sup>1</sup> ; S. Raupp <sup>1</sup> ; F. Buss <sup>1</sup> ; P. Scharfer <sup>1</sup> ; W. Schabel <sup>1</sup> <sup>1</sup> Karlsruher Institut für Technologie (KIT)	12
P.03	<b>Trocknung von Sorptionsspeichermaterialschichten – Problemstellung, Ansätze und Ideen</b> <u>J. Eser</u> <sup>1</sup> ; P. Scharfer <sup>1</sup> ; W. Schabel <sup>1</sup> <sup>1</sup> Karlsruher Institut für Technologie (KIT)	13
P.04	<b>Experimentelle Untersuchung der Partikelfeuchteverteilung getrockneter Weizenschüttungen während der Lagerung</b> <u>F. Weigler</u> <sup>1</sup> ; T. Schinabeck <sup>1</sup> ; J. Mellmann <sup>1</sup> <sup>1</sup> Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., Potsdam	14
P.05	<b>Einfluss der Prozessbedingungen auf die Foulingsneigung bei der Sprühtrocknung von Milch</b> <u>P. Gschwind</u> <sup>1</sup> ; R. Kohlus <sup>1</sup> <sup>1</sup> Universität Hohenheim, Stuttgart	15
P.06	<b>A numerical study of the hydrodynamics of fluidized beds operated under reduced pressure</b> <u>S. Zarekar</u> <sup>1</sup> ; A. Bück <sup>1</sup> ; M. Jacob <sup>2</sup> ; E. Tsotsas <sup>1</sup> <sup>1</sup> Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; <sup>2</sup> Glatt Ingenieurtechnik GmbH, Weimar	16
P.07	<b>Einfluss der Trocknungsbedingungen auf die Granulatmorphologie in kontinuierlich betriebenen Wirbelschichttrinnen</b> E. Diez <sup>1</sup> ; <u>S. Heinrich</u> <sup>1</sup> ; K. Meyer <sup>2</sup> ; A. Bück <sup>2</sup> ; E. Tsotsas <sup>2</sup> ; C. Neugebauer <sup>3</sup> ; S. Palis <sup>2</sup> ; A. Kienle <sup>2,3</sup> <sup>1</sup> TU Hamburg-Harburg; <sup>2</sup> Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; <sup>3</sup> Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme, Magdeburg	17
P.08	<b>Wie ändern thermische Betriebsbedingungen die Granulateigenschaften in Wirbelschichttrinnen?</b> <u>K. Meyer</u> <sup>1</sup> ; A. Bück <sup>1</sup> ; E. Tsotsas <sup>1</sup> <sup>1</sup> Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg	18
P.09	<b>Berechnung der Schichtdickenverteilung von Partikelpopulationen beim Coating in einer kontinuierlichen Wirbelschichtrinne</b> <u>P. Bachmann</u> <sup>1</sup> ; E. Tsotsas <sup>1</sup> <sup>1</sup> Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg	19
13:00 – 14:00	<i>Mittagspause</i>	

---

**Montag, 14.03.2016**

---

*Raum: Goethesaal III*

---

14:00 – 14:30	<b>Die Bedeutung der Mikrostrukturausbildung für die Entwicklung geeigneter Trocknungsprozesse von Graphitschichten</b> <u>S. Jaiser</u> <sup>1</sup> ; M. Müller <sup>1</sup> ; A. Friske <sup>1</sup> ; M. Baunach <sup>1</sup> ; W. Bauer <sup>1</sup> ; P. Scharfer <sup>1</sup> ; W. Schabel <sup>1</sup> <sup>1</sup> Karlsruher Institut für Technologie (KIT)	20
14:30 – 15:00	<b>BAYER – Die Entwicklung vom Chemiekonzern zum Life-Science-Unternehmen aus Sicht der Trocknungstechnik</b> <u>K. Penkuhn</u> <sup>1</sup> ; L. Frye <sup>1</sup> ; M. Ostendorf <sup>1</sup> ; H. Kempkes <sup>1</sup> <sup>1</sup> Bayer Technology Services GmbH, Leverkusen	21
15:00 – 15:30	<i>Kaffeepause</i>	

---

**Schwerpunktthema Regelungskonzepte von Trocknungsanlagen - Einleitung**

---

15:30 – 15:50	<b>Modellbasierte Regelung der Mikrowellentrocknung poröser Feststoffe</b> <u>A. Bück</u> <sup>1</sup> ; R. Dürr <sup>1</sup> ; L. Friese <sup>1</sup> ; E. Tsotsas <sup>1</sup> <sup>1</sup> Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg	22
---------------	---	----

---

**Schwerpunktthema - Kurz-Vorträge**

---

15:50 – 16:00	<b>Numerical assisted design of convective drying processes for nonwovens</b> L. Wengeler <sup>1</sup> ; M. Schmitt <sup>1</sup> ; <u>C. Mages-Sauter</u> <sup>1</sup> ; F. Kleine Jäger <sup>1</sup> <sup>1</sup> BASF SE, Ludwigshafen	23
16:00 – 16:10	<b>Regelungsprobleme einer Kreisgas-Sprühtrocknungsanlage</b> <u>T. Metzger</u> <sup>1</sup> ; M. Schönherr <sup>1</sup> <sup>1</sup> BASF SE, Ludwigshafen	24
16:10 – 17:00	<b>Podiumsdiskussion</b>	

---

17:30 – 19:30	<b>Besichtigung der Firma Glatt</b>	
17:30 – 19:30	<i>Parallel: Beiratssitzung der Fachgruppe Trocknungstechnik in den Räumen der Fa. Glatt – nur für berufene Mitglieder</i>	

---

ab 19:30	<b>Bieriger Abend mit Brauereiführung im Felsenkeller,</b> <i>Adresse: Humboldtstraße 37, 99425 Weimar, Tel.: 03643/414741</i> <i>Preis pro Person: 26,00 € – Anmeldung erforderlich</i> Es erwartet Sie eine Brauereiführung (4 Führungen je 30-40 Minuten) durch die historischen Keller mit Bierverskostung direkt aus dem Gärtank, umrahmt von einem Menü bestehend aus gratiniertem Zwiebel-Käse-Brot, Schwarzbierbraten mit Thüringer Klößen und Fruchtsorbet und anschließend einem Bockbier-Edelbrand, hergestellt aus eigenem Bockbier.	
----------	---	--

---

**Dienstag, 15.03.2016**

*Raum: Goethesaal III*

---

09:00 – 09:30	<b>Modellierung und Anwendung eines Ringtrockners zur schonenden Herstellung von Gemüsepulvern</b>	25
	<u>L. Fries</u> <sup>1</sup> ; C. Pipe <sup>1</sup> ; M. Michel <sup>1</sup> ; D. Larrain <sup>2</sup> <sup>1</sup> Nestlé Research Center, Lausanne/CH; <sup>2</sup> Nestlé PTC Orbe/CH	
09:30 – 10:00	<b>Neue Messmethode zur Inline-Messung der Größen- und Formverteilung von Partikeln in Sprühtrocknungsprozessen</b>	26
	<u>C. Fischer</u> <sup>1</sup> ; A. Bück <sup>1</sup> ; E. Tsotsas <sup>1</sup> <sup>1</sup> Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg	
10:00 – 10:30	<b>Sprühgranulieren temperaturempfindlicher Produkte</b>	27
	<u>P. Milde</u> <sup>1</sup> ; K. Karpinski <sup>2</sup> <sup>1</sup> Hochschule Fulda; <sup>2</sup> BASF SE, Ludwigshafen	
10:30 – 11:00	<b>Optimierungsstrategien für die Sprühtrocknung sensitiver Produkte: Einfluss der Trocknergeometrie und der Prozessführung</b>	28
	I. Schmitz-Schug <sup>1</sup> ; U. Kulozik <sup>1</sup> ; <u>P. Först</u> <sup>1</sup> ; <sup>1</sup> TU München, Freising	
11:00 – 11:30	<i>Kaffeepause</i>	
<hr/>		
11:30 – 12:00	<b>Theoretical prediction of surface composition of a multicomponent spray dried particle</b>	29
	<u>A. Porowska</u> <sup>1</sup> ; M. Dosta <sup>1</sup> ; S. Heinrich <sup>1</sup> ; A. Gianfrancesco <sup>2</sup> ; L. Fries <sup>3</sup> ; S. Palzer <sup>4</sup> <sup>1</sup> TU Hamburg-Harburg; <sup>2</sup> Nestlé Product Technology Center Konolfingen/CH; <sup>3</sup> Nestlé Research Center Lausanne; <sup>4</sup> Nestec S.A., Vevey	
12:00 – 12:30	<b>Beschichtung feindisperser Partikel</b>	30
	<u>N. Hampel</u> <sup>1</sup> ; A. Bück <sup>1</sup> ; M. Peglow <sup>2</sup> ; E. Tsotsas <sup>1</sup> <sup>1</sup> Otto von Guericke Universität Magdeburg; <sup>2</sup> IPT Pergande GmbH, Weißand-Gölzau	
12:30 – 13:00	<b>Trocknung von Granulaten in einer induktiv beheizten Wirbelschicht</b>	31
	<u>V. Idakiev</u> <sup>1</sup> ; A. Bück <sup>1</sup> ; E. Tsotsas <sup>1</sup> ; L. Mörl <sup>1</sup> <sup>1</sup> Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg	
13:00 – 14:00	<i>Mittagspause</i>	
<hr/>		
14:00 – 14:30	<b>A model-based investigation of particle drying process in horizontal fluidized bed</b>	32
	<u>K. Chen</u> <sup>1</sup> ; A. Bück <sup>1</sup> ; E. Tsotsas <sup>1</sup> <sup>1</sup> Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg	
14:30 – 15:00	<b>Ermittlung des Energieeinsparpotenzials durch die zeitliche Separation des Wirbelschichtsprühgranulationsprozesses bei gleichbleibender Produktqualität</b>	33
	<u>T. Hoffmann</u> <sup>1</sup> ; L. Mielke <sup>1</sup> ; A. Bück <sup>1</sup> ; M. Henneberg <sup>2</sup> ; M. Peglow <sup>3</sup> ; E. Tsotsas <sup>1</sup> <sup>1</sup> Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; <sup>2</sup> AVA -Anhaltinische Verfahrens- und Anlagentechnik GmbH; <sup>3</sup> IPT Pergande GmbH, Weißand-Gölzau	
15:00 – 15:10	<i>Verleihung Vortrags- und Posterpreis</i>	
15:10	<i>Ende des Jahrestreffens</i>	

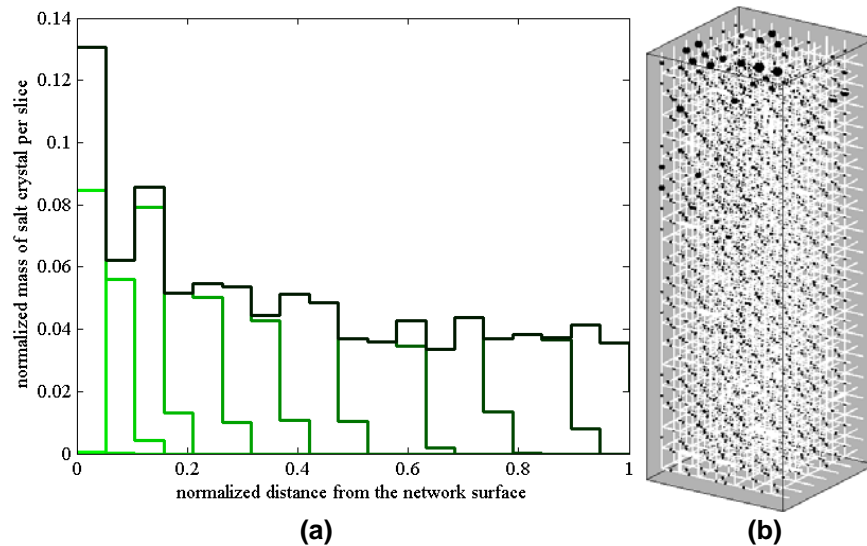
# 3D Pore Network Model for Drying Salt Solutions in Porous Media

Arman Rahimi<sup>1</sup>, Thomas Metzger<sup>2</sup>, Abdolreza Kharaghani<sup>1</sup>, Evangelos Tsotsas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Thermal Process Engineering, Otto von Guericke University Magdeburg

<sup>2</sup>Chemical and Process Engineering, BASF SE, Ludwigshafen

Salt crystallization in porous media during drying is a common phenomenon in conjunction with several natural and industrial applications, such as soil physics, protection of cultural heritage, underground sequestration of CO<sub>2</sub>, etc. In this work, a 3D pore network model (PNM) has been developed to simulate the dynamics of salt transport and crystallization in capillary porous media during the drying process. In order to represent the porosity of porous materials accurately, the void space has been modeled by bundles of uniform capillaries (instead of single throats in the previous crystallization PNM). The radius of these capillaries varies between each bundle; it can be generated by sampling from a pore size distribution which is either given analytically or determined by experiments. Simulations are run for various pore size distributions as well as various process conditions (such as drying rate and the initial concentration of salt). In this study, we aim to investigate one of the main issues observed in simulations with 2D pore networks, namely the reproducibility of the results. This issue is a result of the randomness of the pore sizes between different simulations, and it brings up the following question: which network size can be considered as representative to minimize the variance of the results? In order to properly answer this question, a series of Monte-Carlo simulations have been conducted where the size of the network was varied to obtain the representative size of pore networks for mono-modal and bimodal pore size distributions. In these simulations, the liquid was assumed to be an aqueous NaCl solution at 25 °C. Fig. 1a shows the normalized mass of salt crystals per slice versus the normalized distance from the surface of the network over time. A slice is defined as one horizontal layer of throats. Fig. 1b shows the phase distribution of salt crystals at the end of the simulation, when the drying is complete.



**Figure 1:** Salt crystals distribution represented as (a) normalized mass of salt versus normalized network depth at different drying stages (green and black colors represent beginning and final stages, respectively) and (b) distribution of salt crystals in a 3D illustration (sphere radius corresponds to salt mass per throat).

## **Einfluss von Porenstruktur und Trocknungsbedingungen bei der Imprägnierung von porösen Trägermaterialien**

*M. Börnhorst, KIT Karlsruhe; P. Walzel, TU Dortmund;*

*A. Rahimi, A. Kharaghani, E. Tsotsas, Otto von Guericke Universität Magdeburg;*

*N. Nestle, A. Besser, F. Kleine Jäger, T. Metzger, BASF Ludwigshafen*

Die Einlagerung von Feststoffen in porösen Materialien durch trocknende Lösungen ist ein bedeutender Vorgang sowohl in natürlichen als auch in industriellen Prozessen. Für einen anwendungsorientierten Imprägnierprozess ist ein grundlegendes Verständnis der unterschiedlichen Einflussparameter essentiell. In dieser Studie werden die Einflüsse von Porenstruktur, Trocknungsbedingungen und Lösungskonzentration auf die resultierende Feststoffverteilung mit Hilfe von Experimenten und Simulationen untersucht. Im Experiment werden kommerzielle Katalysatorträger mit einer Modelllösung getränkt und unter verschiedenen Bedingungen getrocknet. Die resultierende Feststoffverteilung im Träger wird nach der Trocknung mittels Mikro-Computertomographie untersucht und durch Bildanalyse ausgewertet. Für die Simulation des Trocknungsprozesses mit Migration der gelösten Komponente sowie Feststoffbildung wird ein Porenetzwerkmodell an die realen Porenstrukturen angepasst und auf die experimentellen Trocknungsbedingungen angewendet.

Die Ergebnisse zeigen, dass niedrige Trocknungsraten zu einer Feststoffanreicherung an der Trägeroberfläche führen, hohe Trocknungsraten hingegen die Migration der gelösten Komponente einschränken und eine gleichmäßige Feststoffverteilung begünstigen. Des Weiteren führen kleine Porendurchmesser bzw. enge Porengrößenverteilungen sowie eine geringe Konzentration der Imprägnierlösung zu gleichmäßigen Feststoffverteilungen. Die Porenetzwerksimulation bestätigt diese fundamentalen Effekte und stimmt im Allgemeinen mit den experimentellen Ergebnissen überein.

Auf Basis realitätsnaher experimenteller Untersuchungen zeigt diese Studie, dass die Porenetzwerkmodellierung die Ergebnisse qualitativ gut abbilden kann und dadurch ein wertvolles Werkzeug für Produktdesign und Prozessoptimierung darstellt.

# Sensitivity of the moisture transport coefficient to the characteristics of drying porous media

*A. A. Moghaddam<sup>1</sup>, A. Kharaghani<sup>1</sup>, E. Tsotsas<sup>1</sup>, M. Praž<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Thermal Process Engineering, Otto von Guericke University Magdeburg, Germany*

<sup>2</sup>*Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse, Université de Toulouse, France*

One of the difficulties in using the traditional continuum model for drying is the two-phase flow parameters, which appear in this model and which need to be determined either experimentally or numerically [1]. Instead of dealing with these coefficients, an alternative is to use a lumped parameter, the so-called the moisture transport coefficient (D), which is responsible for the transport of moisture in all phases.

The moisture transport coefficient depends on the temperature and on the saturation in a highly non-linear way. In the case of isothermal drying, several approaches were followed to investigate the dependence of D on the saturation. While they have their own restrictions, two of these approaches have been widely used. For example, the regular regime method [2] assumes that the general form of the relationship is known a priori. In the other method, which uses experimental moisture profiles, the relationship between D and the saturation is obtained by means of a hybrid method for the whole range of saturation values [3].

In order to overcome such deficiencies and difficulties in obtaining the dependence of D on the saturation, a flow-based approach is developed in this study, in which D is obtained from pore network drying simulations. In this method, the moisture flow through slices of the porous medium is calculated. The moisture transport coefficient is finally estimated by mass conservation equations. The effect of changes in the characteristics of the porous medium on D and on the moisture profiles is investigated thoroughly in this study.

## References

- [1] C. Peishi and D.C.T. Pei. A mathematical model of drying processes. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 32(2):297-310, 1989
- [2] W.J.A.H. Schoeber. Regular regimes in sorption processes. PhD thesis, Technical University Eindhoven, 1976
- [3] L. Pel, H. Brocken, and K. Kopinga. Determination of moisture diffusivity in porous media using moisture concentration profiles. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 39(6):1273-1280, 1996



# **Untersuchungen zur Trocknung von Mehrkomponenten-Polymer-Lösemittel-Systemen und der Konzentrationsabhängigkeit des Stofftransports**

*David Siebel, Wilhelm Schabel, Philip Scharfer*

*Institut für Thermische Verfahrenstechnik, Bereich Technologie dünner Schichten (TFT), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), D-76131 Karlsruhe/Deutschland*

In vielen technischen Beschichtungsprozessen kommen Polymerlösungen unter Verwendung von mehreren Lösemitteln zum Einsatz, um beispielsweise rheologische Eigenschaften und Löslichkeiten gezielt einstellen zu können. Für die effiziente Auslegung des anschließenden Trocknungsprozesses ist ein umfassendes Verständnis des Mehrkomponenten-Stofftransports erforderlich. Dazu ist vor allem die richtige Berechnung der Diffusionskoeffizienten entscheidend. Trotz der hohen praktischen Relevanz des Themas sind nur wenige Messdaten vorhanden, so dass es keine experimentell validierten, theoretischen Modellvorstellungen gibt. Dies liegt unter anderem daran, dass die lokalen Massenanteile der einzelnen Lösemittel in trocknenden Polymerfilmen nur schwer experimentell zugänglich sind. Die inverse Mikro-Raman-Spektroskopie bietet die Möglichkeit, Beladungsprofile aller Lösemittel während der Trocknung mit einer hohen räumlichen Auflösung von 1 - 2  $\mu\text{m}$  zu bestimmen.

Die hier vorgestellten Untersuchungen zum Mehrkomponenten-Stofftransport wurden durch Trocknung von dünnen Filmen in einem quaternären System und den ternären Teilsystemen durchgeführt. Die Stofftransportkinetik wurde in-situ mittels der inversen Mikro-Raman-Spektroskopie beobachtet. Dadurch werden sowohl die Beladungsprofile der Lösemittel simultan bestimmt, als auch integrale Trocknungsverlaufskurven ermittelt. Mithilfe der Messdaten und einer modellbasierten Simulation des Trocknungsvorgangs unter Berücksichtigung der relevanten physikalischen Phänomene können Ansätze, die die Beeinflussung der Diffusionskoeffizienten durch die Anwesenheit anderer Lösemittel berücksichtigen, auf ihre Anwendbarkeit in Mehrkomponentensystemen geprüft und bewertet werden.

# Drying regime maps for the prediction of particle distribution in particle-filled polyvinyl alcohol films

*Susanna Baesch<sup>1</sup>, Kyle Price<sup>2</sup>, Dennis Wagner<sup>1</sup>, Lorraine Francis<sup>2</sup>, Philip Scharfer<sup>1</sup>, Wilhelm Schabel<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup> Institute of Thermal Process Engineering, Thin Film Technology (TFT), Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Kaiserstr. 12, D-76131 Karlsruhe, Germany*

*<sup>2</sup> Department of Chemical Engineering and Materials Science, University of Minnesota, 421 Washington Ave. SE, Minneapolis, MN 55455, USA*

Incorporation of nanoparticles into a polymeric matrix is a way to modify material properties such as tensile strength, biocompatibility and optical properties. The functionality of these composites depends on the material selection and on the component distribution. The latter is strongly affected by the dispersion stability and interactions of the components as well as the process conditions during drying.

In this work drying regime maps for particle dispersions with dissolved polymer were calculated with a 1D simulation of the early drying phase, based on predictive models of Cardinal and Jung [1]. In the model sedimentation of particles, diffusion of particles and polymer and evaporation with consideration of the mass transport in the gaseous phase was implemented. The ternary diffusion in the system was modelled with quasi-binary approach. The simulation shows that three different regimes exist: An evaporation regime with particle accumulation at the top of the coating, a sedimentation regime with particle accumulation at the bottom of the coating and a diffusion regime where the particles are distributed equally over the film thickness. The borders of the regimes can be described as function of sedimentation  $N_s$  and Peclet Number  $Pe_c$ :

$$N_s = \frac{u_0}{E_0} \quad Pe_c = \frac{E_0 h_0}{D_0}$$

To account for the evaporative cooling that occurs during industrial drying an energy conservation equation was implemented within the model. For the validation of the model two different experimental methods were used: Cryogenic scanning electron microscopy to measure the particle distribution in the wet film and 3D Micro Raman Spectroscopy to measure the particle distribution in the dry film. The experimental results match the predictions of the drying regime maps very well.

[1] C. M. Cardinal, Y. D. Jung, K. H. Ahn and L. F. Francis, AIChE Journal. 56, 123-129, 2769-2780 (2010).

# **Experimentelle Entwicklung einer Methode zur Untersuchung feststoffhaltiger Mikrotropfen**

*Franziska Sondej, Andreas Bück, Evangelos Tsotsas*

*NaWiTec/Thermische Verfahrenstechnik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg*

Schichtbildende Prozesse zählen in der Lebensmittel- und chemischen Industrie zu den bedeutungsvollsten Prozessen. Beschichtete Produkte müssen die unterschiedlichsten Eigenschaften aufweisen (wie zum Beispiel: Temperaturbeständigkeit, Lagerstabilität, Farbechtheit, etc.) und unterliegen oft hohen Qualitätsanforderungen. Die komplexen Mikroprozesse die während der Trocknung der Beschichtungsflüssigkeit zur Schichtbildung am Einzelpartikel führen, können auf mehreren Wegen untersucht werden.

Zum einen ist es möglich, die in der Wirbelschicht erzeugten Einzelpartikel mittels Mikroskopie und Tomographie zu untersuchen. Hierbei werden Eigenschaften wie Schichtporosität, Homogenität und Dicke analysiert und mit den Prozessbedingungen korreliert [1, 2, 3].

Des Weiteren können die Beschichtungsmaterialien bereits im liquiden Zustand als Einzeltröpfchen analysiert werden. In einer abgeschlossenen Klimakammer werden die Tropfen bei unterschiedlichen Temperaturen und Luftfeuchtigkeit auf einem Träger getrocknet. Ziel soll es sein in der Kammer Trocknungsbedingungen zu schaffen, die den Bedingungen während eines Wirbelschichtprozesses gleichen. Die Analysen von spezifischen Trocknungseffekten („Kaffeering-Effekt“), Porositäten und Oberflächenstrukturen der Einzeltröpfchen werden mit den Ergebnissen der Einzelpartikeluntersuchungen verglichen um Korrelationen zwischen Prozessbedingungen, Struktur der Einzeltröpfchen und der Struktur der Beschichtungen der Einzelpartikel zu zeigen. Neben der Volumen- und Rauigkeitsermittlung mittels Weißlichtinterferometrie, ist es geplant den Trocknungsverlauf des Tropfens mittels High-Speed-Kamera zu verfolgen. Diese Studie soll eine weitere Grundlage dafür sein, die Eigenschaften der Schichten, die während des Wirbelschichtprozesses entstehen, zukünftig prognostizieren zu können.

[1] F. Sondej, A. Bück, K. Koslowsky, P. Bachmann, M. Jacob, E. Tsotsas, Investigation of coating layer morphology by micro-computed X-ray tomography, Powder Technology 273 (2015) 165-175.

[2] C.Rieck, T. Hoffmann, A. Bück, M. Peglow, E. Tsotsas, Influence of drying conditions on layer porosity in fluidized bed spray granulation, Powder Technology 272 (2015) 120-131.

[3] F. Sondej, A. Bück, E. Tsotsas, Comparative analysis of the coating thickness on single particles using X-ray micro-computed tomography and confocal laser-scanning microscopy, Powder Technology, 10.1016/j.powtec.2015.09.039.

# Untersuchung der Diffusion von verschiedenen Lösemitteln in PEDOT:PSS-Nanoschichten

*Tobias Fritzensmeier, Sebastian Raupp, Felix Buss, Philip Scharfer, Wilhelm Schabel, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland;*

Die Herstellung von organischer Elektronik aus der Flüssigphase bietet eine Reihe von Vorteilen gegenüber Vakuum-Aufdampfprozessen. Diese sind ein geringerer Materialverlust, die bessere Eignung für Polymerbeschichtungen, sowie ein geringerer apparativer Aufwand bei der Hochskalierung auf kontinuierlichen R2R-Beschichtungsanlagen. Bei der Flüssigphasenapplikation liegt die aktive Komponente in der Regel in einer Lösung oder Dispersion vor, welche als dünner Film auf ein Substrat aufgebracht wird. In einem Trocknungsschritt wird das verwendete Lösemittel entfernt. Entscheidend ist dabei, dass kein Restlösemittel in den fertigen Bauteilen zurückbleibt, da vermutet wird, dass dies zu einem Effizienzverlust oder zu vorzeitiger Alterung führen kann. Dies stellt eine besondere Herausforderung dar, da die Diffusion im Vergleich zum zu Beginn applizierten Nassfilm bei niedrigen Lösemittelkonzentrationen im Verlauf der Trocknung stark verlangsamt ist. Ein weiterer Aspekt ist das Anlösen der schon applizierten Schichten bei der nachfolgenden Beschichtung weiterer Materialien.

Eine häufig verwendete Komponente in der organischen Elektronik ist das leitfähige Polymer PEDOT:PSS, welches je nach Zusammensetzung als Elektronenleiter, Lochleiter, Lochinjektor aber auch als Diffusionssperrschicht verwendet wird. Der Diffusionskoeffizient von Wasser ist für die Trocknung von PEDOT:PSS-Schichten interessant, welches aus wässriger Lösung appliziert wird. Die Diffusion von DMSO wird untersucht, da dieses als Additiv die Leitfähigkeit von PEDOT:PSS erhöht und der Film aufgrund des hohen Siedepunktes von DMSO nur langsam trocknet. Zusätzlich wird die Diffusion von Toluol untersucht, da diese entscheidend ist für die Eignung von PEDOT:PSS als Diffusionssperrschicht z. B. bei Tandem-OLEDs. Der diffusive Stofftransport von verschiedenen Lösemitteln in PEDOT:PSS-Nanoschichten wird untersucht. Dazu wird eine Anlage für Sorptionsmessungen verwendet, bei der die Masse an sorbiertem Lösemittel in der PEDOT-Schicht gravimetrisch bestimmt wird. Aus der Sprungantwort der Masse auf eine Änderung der Gasphasenaktivität des verwendeten Lösemittels kann auf den Diffusionskoeffizienten geschlossen werden.

# **Trocknung von Sorptionsspeichermaterialschichten – Problemstellung, Ansätze und Ideen**

*J. Eser, P. Scharfer, W. Schabel*

<sup>1</sup> *Institut für Thermische Verfahrenstechnik, Bereich Thin Film Technology (TFT),  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT), D-76131 Karlsruhe, Deutschland*

Die Entwicklung neuer Speichertechnologien gewinnt zunehmend an Bedeutung. Unter einer Vielzahl an Energiespeichern besitzen Sorptionswärmespeicher gegenüber sensiblen thermischen Speichern den Vorteil einer höheren Energiedichte und einer theoretisch verlustfreien Speicherung des sorptiven Wärmeanteils über lange Zeiträume. Ein zusätzlicher Nutzen lässt sich aus dem Wärmetransformationsprozess in Form der Erzeugung von Nutzkälte im Verdampfer bei der Speicherentladung ziehen. Um hohe Entladeleistungen gewährleisten zu können, wird der Ansatz verfolgt, Wärmeübertragerstrukturen mit dünnen Schichten aus Sorptionsspeichermaterialien zu beschichten. Einen großen Einfluss auf die Wärme- und Stofftransportvorgänge während des Betriebs nehmen hierbei die Struktur und Eigenschaften der Schichten, die im Trocknungsschritt ausgebildet werden.

Ziel ist es, den Einfluss einer gezielten Variation von Trocknungsparametern auf die Ausbildung der Schicht zu untersuchen, die den Anforderungen eines Sorptionsspeichers Genüge tut. Dabei wird insbesondere darauf Wert gelegt, dass eine hohe Speicherkapazität realisiert werden kann, ohne die Kinetik der Be- und Entladevorgänge des Speichers zu beeinträchtigen. Es wird der Einfluss der unterschiedlichen Schichtstrukturen auf ihr Sorptionsverhalten getestet und die Sorptionsvorgänge mit Modellvorstellungen abgebildet.

# **Experimentelle Untersuchung der Partikelfeuchteverteilung getrockneter Weizenschüttungen während der Lagerung**

*Fabian Weigler , Teresa-Maria Schinabeck, Jochen Mellmann,*

*Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim, Potsdam 14469, Deutschland*

Vorrangiges Ziel der landwirtschaftlichen Trocknung ist die Haltbarmachung, das heißt das Erreichen der Lagerfähigkeit des Produktes. Dazu wird der Wassergehalt des erntefrischen Materials durch Trocknung auf Lagerfähigkeitsfeuchte gesenkt. Je homogener die Feuchteverteilung nach der Trocknung umso höher ist die Produktqualität während der Lagerung. Die Partikelfeuchteverteilung des erntefrischen Getreides kann jedoch sehr breit gestreut sein, u.a. bedingt durch Standortfaktoren wie Bodenbeschaffenheit, Wasserverfügbarkeit, Sonneneinstrahlung / Beschattung, etc. In Voruntersuchungen an Weizenproben unterschiedlicher Standorte wurde festgestellt, dass die Partikelfeuchten beispielsweise bei einer mittleren Erntefeuchte von 13,7 % zwischen 11,1 % und 21,0 % variierten. Bei der Einlagerung einer solchen, durch Beprobung als „trocken“ eingestufte Weizenpartie bestünde ein erhebliches Risiko für die Bildung von Feuchtenestern und einsetzenden Verderb. Einer der Hauptgründe liegt in dem immer noch lückenhaften Wissensstand über die Trocknung von Naturprodukten. Die biologisch komplexe und heterogene Struktur dieser Materialien erschwert insbesondere die Erforschung der inneren Vorgänge der Wärme- und Stoffübertragung.

Die Feuchtebestimmung ist bei der Konservierung und Lagerung von Getreideerzeugnissen unumgänglich und besitzt einen wichtigen Stellenwert in der Landwirtschaft. Die Partikelfeuchtebestimmung mit Hilfe der NMR-Spektroskopie ermöglicht eine schnelle und präzise Untersuchung einzelner Körner aus einer Schüttung ohne Vorbehandlung durch Zerkleinerung. Die Anwendung der NMR-Spektroskopie auf eine erntefrische Weizenschüttung zeigte, dass die Partikelfeuchte der Einzelkörner sehr breit verteilt ist und deshalb die Schüttung nur unzureichend durch eine mittlere Gutfeuchte charakterisiert werden kann.

Ziel der Untersuchung ist es die Dynamik der Partikelfeuchteverteilung in einer Weizenschüttung während der Lagerung zu analysieren um Feuchtenester zu vermeiden und so Lagerverluste durch Schimmelpilze zu minimieren.

# **Einfluss der Prozessbedingungen auf die Foulingsneigung bei der Sprühtrocknung von Milch**

*Peter Gschwind, Reinhard Kohlus*

*Institut für Lebensmittelwissenschaften und Biotechnologie, Universität Hohenheim*

Bei der Sprühtrocknung von Milchprodukten kommt es oft zu Wandanbackungen, zum „Fouling“. Dies limitiert die Länge der Produktionszyklen sowie die Produktqualität. Bei amorph erstarrenden Produkten lässt sich der Effekt als einen Sintervorgang im „Rubbery State“ erklären, z.B [1]. Bei Milch wurde dies bestätigt, wobei Laktose der wesentliche amorphe Stoff ist. Das bedeutet, dass ein Milchpulverpartikel an der Trocknerwand haftet, wenn:

- a) die Temperatur hinreichend oberhalb über der jeweiligen, Produktfeuchte abhängigen Glassübergangstemperatur liegt (Sticky Point) und
- b) ein ausreichender Wandkontakt vorliegt, das heißt ausreichende Stoßdauer und Stoßintensität.

In dieser Arbeit wurde die Abhängigkeit der Haftwahrscheinlichkeit von der Zuluftführung und Trocknungsbedingungen im Technikumssprühturm analysiert und mit den erwarteten Ergebnissen verglichen. Zudem wurden Verweilzeitkurven gemessen und die Trocknungsverläufe variiert. Neben der Partikelgrößenverteilung und Lösungskonzentration wurden die Trocknungsbedingungen variiert sowie teilgetrocknete Proben auf ihr „Sticking“-verhalten untersucht.

Eine genauere Betrachtung der Zusammenhänge in Hinblick auf Deckschichteffekte soll Klarheit liefern über den Einfluss der Partikelstruktur auf die Haftung hat und ob eine weniger stoßintensive Strömungsführung hilft. Im Vergleich mit den Theoriedaten und Sinterverlaufsmessungen in der Zeitverfestigungszelle des Ringschergerätes bzw. Rheometers wird insbesondere der Einfluss der Oberflächenfeuchtigkeit auf den Vorgang deutlich.

[1] Turchiuli, C., Gianfrancesco, A., Palzer, S., Dumoulin, E. Evolution of particle properties during spray drying in relation with stickiness and agglomeration control; (2011) Powder Technology, 208 (2), pp. 433-440

# **A numerical study of the hydrodynamics of fluidized beds operated under reduced pressure**

*Sayali Zarekar<sup>1</sup>, Andreas Bück<sup>1</sup>, Michael Jacob<sup>2</sup> & Evangelos Tsotsas<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Thermal Process Engineering, Otto-von-Guericke University Magdeburg, Germany*

*<sup>2</sup>Glatt Ingenieurtechnik GmbH, Weimar, Germany*

Fluidized bed drying processes are widely used in the formulation of bioactive materials such as foodstuff, dairy products, and drugs. Such materials are often temperature sensitive, and it is important to minimize their deactivation during the course of the drying process. While the deactivation can be lowered by reducing the drying temperature, it can also lead to a low process throughput due to the reduced drying potential of the gas medium. Other low temperature methods such as freeze-drying can be used, but they are costly and time consuming for bulk production as compared to high temperature drying processes. An alternate approach is to operate the fluidized bed at moderate vacuum conditions. Thus the gas will continue to be used as a heat carrier and a considerable reduction in the product temperature and equipment cost can be achieved.

In this contribution, the influence of reduced operating pressure on the hydrodynamics of fluidized beds is investigated using a numerical simulation approach. The Euler granular method is employed in a 2D fluidized bed to obtain the flow field for different particle sizes. Influence of sub-atmospheric pressure on hydrodynamic characteristics such as pressure drop, bed expansion and bubble dynamics are obtained from the simulation results. Bubble dynamics such as bubble diameter, aspect ratio, size distribution and bubble rise velocity are obtained from image processing of the simulation results. As the empirical correlations for bed expansion, bubble diameter and velocity, and pressure drop in fluidized beds have been developed for atmospheric pressure, this study also evaluates the applicability of these correlations for sub-atmospheric conditions. The influence of an air distributor plate on the bed hydrodynamics is also evaluated. Finally, the simulation results are also validated with experiments performed on a pilot-scale plant.



# **Einfluss der Trocknungsbedingungen auf die Granulatmorphologie in kontinuierlich betriebenen Wirbelschichttrinnen**

E. Diez<sup>1</sup>, S. Heinrich<sup>1</sup>, K. Meyer<sup>2</sup>, A. Bück<sup>2</sup>, E. Tsotsas<sup>2</sup>, C. Neugebauer<sup>4</sup>, S. Palis<sup>3</sup>,  
A. Kienle<sup>3,4</sup>

1 Institut für Feststoffverfahrenstechnik und Partikeltechnologie, Technische Universität Hamburg-  
Harburg, Denickestraße 15, 21073 Hamburg

2 Lehrstuhl für Thermische Verfahrenstechnik, Otto von Guericke University Magdeburg,  
Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg

3 Lehrstuhl für Automatisierungstechnik und Modellbildung, Otto von Guericke University Magdeburg,  
Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg

4 Max Planck Institut für Dynamik Komplexer Technischer Systeme, Sandtorstraße 1,  
39106 Magdeburg, Germany

Email: [e.diez@tuhh.de](mailto:e.diez@tuhh.de)

Zur kontinuierlichen Verarbeitung von pulverförmigen Feststoffen werden zunehmend Wirbelschichttrinnen (siehe Abbildung) als horizontal aufgebaute Apparate mit rechteckigem Basisquerschnitt eingesetzt. Durch Wehrbleche kann der Apparat in mehrere Kammern unterschiedlicher Funktionalität partitioniert werden, um Prozesse wie Granulation, Trocknung oder Kühlung in einem einzelnen Apparat bei kontinuierlicher Prozessführung zu realisieren.

Im Rahmen dieser Arbeit wird der Einfluss der Trocknungsbedingungen auf die äußere und innere Morphologie von Granulaten untersucht, die mittels kontinuierlicher Granulation in einer Wirbelschichttrinne hergestellt werden. Die Porosität der bei der Sprühgranulation auf den Partikeln entstehenden Schichten hängt entscheidend von den Trocknungsbedingungen ab. Dies impliziert, dass auch das Größenwachstum den Trocknungsbedingungen im Apparat unterliegt, da ein Unterschied in der Porosität bei gleicher eingesprühter und aufgetragener Feststoffmasse zu unterschiedlichen Wachstumsgeschwindigkeiten der Partikel führt. Die so gewonnenen Ergebnisse werden für die populationsdynamische Modellierung des Gesamtprozesses genutzt.

Die Untersuchungen wurden im Rahmen des DFG-SPP 1679 „Dynamische Simulation vernetzter Feststoffprozesse“ durchgeführt und finanziert.

## Wie ändern thermische Betriebsbedingungen die Granulateigenschaften in Wirbelschichtrinnen?

*Katja Meyer, Andreas Bück, Evangelos Tsotsas, Thermische Verfahrenstechnik,  
Otto-von-Guericke Universität, Magdeburg/Deutschland;*

Die Erzeugung eines partikulären Produktes mit gewünschten Eigenschaften auf einem sicheren, ressourcen- und energiesparenden Wege erfordert eine genaue Kenntnis des dynamischen Verhaltens der beteiligten Feststoffe und ablaufenden partikulären Prozesse. In vielen Bereichen der Industrie (u.a. in der chemischen, pharmazeutischen und Lebensmittelindustrie) findet dabei die Sprühgranulation in Wirbelschichtrinnen Anwendung.

Auf Grund der vielfältigen Vernetzung von Masse-, Energie-, und Impulsströmen im Apparat, z.B. zwischen verschiedenen, durch Wehre getrennte, Kammern im Apparat, sich durch die Prozessbedingungen ausbildende funktionale Zonen (z.B. Sprüh- und Trocknungszone) oder die nahezu beliebige Zugabe bzw. Rückführung von Partikelströmen, ist dieser Prozess prototypisch für einen vernetzten Feststoffprozess. Die erreichbare Produktqualität in einem solchen Prozess hängt maßgeblich von den thermischen Prozessbedingungen ab. Diese Forschungsarbeit befasst sich mit der *dynamischen Modellierung* der Partikeleigenschaften während der Sprühgranulation. Mit Hilfe eines flexiblen *Multi-Prozessmodells*, werden die zeitliche Änderung der Eigenschaftsverteilungen insbesondere die Größenverteilung, die Feuchte und die Temperatur der Partikel, welche wesentliche Gebrauchseigenschaften, z.B. die Fließfähigkeit, das Auflösungsverhalten, die Freisetzungsraten oder die Lagerstabilität, bestimmen, verfolgt.

Zudem erlaubt das entwickelte Modell eine Beschreibung von Produktkenngößen in Abhängigkeit der Austauschraten und apparativen Gestaltungen (z.B. örtlich variable Feststoffrückführung, Wehr- oder Düsenanordnung). Ergebnisse zum Einfluss der verschiedenen thermischen Betriebsbedingungen auf die Produktqualitäten der Granulate aus einer Wirbelschichtrinne werden systematisch vorgestellt und diskutiert.

# **Berechnung der Schichtdickenverteilung von Partikelpopulationen beim Coating in einer kontinuierlichen Wirbelschichttrinne**

*Philipp Bachmann, Evangelos Tsotsas*  
*Lehrstuhl für Thermische Verfahrenstechnik,*  
*Otto-von-Guericke Universität Magdeburg*

Um den Coatingprozesse von partikulären Gütern in Wirbelschichttrinnen zu beschreiben, ist ein Coatingmodell entwickelt worden, welches auf der Beschreibung für den Partikeltransport bzw. der Bodensteinzahl beruht. Hierfür wird zunächst mithilfe von empirischen Gleichungen die Verweilzeitverteilung der Partikel in der Wirbelschichttrinne unter Berücksichtigung von anlagen- und partikelspezifischen Eigenschaften bestimmt, um darauf aufbauend das Partikelcoating zu simulieren. Das populationsdynamische Coatingmodell ist hierbei in zwei Zonen eingeteilt: die Sprühzone, in welcher die Partikel wachsen und die Trocknungszone. Im Eintritt wird eine monodisperse Partikelgröße angenommen bevor das diskretisierte Modell numerisch mithilfe der Software MATLAB gelöst wird. Darüber hinaus wurden Coatingversuche an einer Pilotanlage durchgeführt. Die generierten Proben wurden daraufhin im Micro-Computer-Tomographen vermessen, computergestützt analysiert und ausgewertet. Somit ist es möglich sowohl die Verteilung der Schichtdicke auf einem einzelnen Partikel als auch die Verteilung der mittleren Schichtdicken der Einzelpartikel über die gesamte Partikelpopulation zu bestimmen. Letztere Verteilung wird genutzt, um die Werte aus der Simulation zu validieren.

# **Die Bedeutung der Mikrostrukturausbildung für die Entwicklung geeigneter Trocknungsprozesse von Graphitschichten**

S. Jaiser<sup>1</sup>, M. Müller<sup>2</sup>, A. Friske<sup>1</sup>, M. Baunach<sup>1</sup>, W. Bauer<sup>2</sup>, P. Scharfer<sup>1</sup>, W. Schabel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut für Thermische Verfahrenstechnik – Thin Film Technology, KIT;

<sup>2</sup>Institut für Angewandte Materialien - Werkstoffprozesstechnik, KIT.

## **Motivation**

Während der Trocknung partikulärer Graphitdispersionen, wie sie beispielsweise zur Herstellung poröser Anodenaktivschichten in Lithium-Ionen Batterien verwendet werden, bildet sich die eigenschaftsbestimmende Mikrostruktur aus. Funktionale Additive, wie löslicher oder partikulärer Polymerbinder oder nanoskaliger Leitruß, verteilen sich abhängig von den angelegten Trocknungsrandbedingungen in der Schicht. Dieser hochkomplexe Zusammenhang ist wissenschaftlich kaum untersucht und unzureichend verstanden.

## **Trocknung von Graphitanoden**

In einem optimierten Prallstrahlrockner wurden Graphitschlicker ( $d_{\text{trocken}}=80\mu\text{m}$ ) auf eine stromleitende Kupferfolie beschichtet und isotherm getrocknet. Über einen innovativen, neu entwickelten experimentellen Ansatz konnten charakteristische Trocknungsbereiche identifiziert werden, in denen Bindermigration stattfindet. Die Detektion des Binders erfolgte mittels energiedispersiver Röntenspektroskopie (EDX). Bindermigration führt zu einer inhomogenen Komponentenverteilung und damit einer Verschlechterung der Elektrodenqualität. Hohe Trocknungsraten begünstigen derartige Ungleichverteilungen, sodass sich beispielsweise Binder an der Oberseite des Films an-, bzw. der Unterseite auf Kosten der Haftkraft abreichert. Dieser Umstand sorgt damit auch für eine Limitierung der Produktionsgeschwindigkeit solcher Schichten.

## **Bewertung der Rolle der Schichthaftkraft**

Das erarbeitete Wissen der charakteristischen Trocknungsbereiche wurde als Grundlage für die Entwicklung eines maßgeschneiderten Trocknungsprozesses genutzt. So konnte im Rahmen dieser Arbeit ein Trocknungsprofil ausgearbeitet werden, das eine drastische Reduzierung der Trocknungsgeschwindigkeit bei gleichbleibender Haftkraft der Schicht ermöglicht. Die Rolle der Haftkraft wurde im Hinblick auf die elektrochemische Performanz der Schicht anhand von Zyklentests untersucht und bewertet.

## **BAYER – Die Entwicklung vom Chemiekonzern zum Life-Science-Unternehmen aus Sicht der Trocknungstechnik**

*K. Penkuhn, L. Frye, M. Ostendorf, H. Kempkes, Bayer Technology Services GmbH,  
Leverkusen/D*

Das Unternehmen BAYER besteht seit mehr als 150 Jahren. In dieser langen Zeit haben sich die Struktur des Konzerns und die Zusammensetzung seines Produktportfolios mehrmals gewandelt. Die letzte große Änderung wurde im September 2015 mit der Ausgliederung der Bayer MaterialScience (BMS) und der nun folgenden, vollständigen Ausrichtung von Bayer auf das Life-Science-Geschäft initiiert.

Der Wandel vom Chemiekonzern zum Life-Science-Unternehmen hat auch Auswirkungen auf die zu lösenden Fragestellungen im Bereich der Trocknungstechnik. Im Vortrag werden die sich ergebenden Änderungen aufgezeigt und anhand von Beispielen aus der Praxis näher beleuchtet. Des Weiteren wird ein Blick auf absehbare, mittel- bis langfristige Entwicklungen im Life-Science-Bereich geworfen und welche neuen Herausforderungen hieraus für die Trocknungstechnik resultieren.

# **Modellbasierte Regelung der Mikrowellentrocknung poröser Feststoffe**

*Andreas Bück<sup>1</sup>, Robert Dür<sup>2</sup>, Larissa Friese<sup>1</sup>, Evangelos Tsotsas<sup>1</sup>*

*1 - Thermische Verfahrenstechnik/NaWiTec, Otto-von-Guericke-Universität  
Magdeburg,*

*2- Automatisierungstechnik/Modellbildung, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg*

Bei der Mikrowellentrocknung, die zahlreiche Anwendung in der Lebensmittel-, Baustoff- und in der pharmazeutischen Industrie findet, wird die zur Verdampfung der Flüssigkeit notwendige Wärme durch Dissipation der Mikrowellenstrahlung im Gutinnern bereitgestellt. Die Energieeinbringung durch Strahlung bietet sich insbesondere bei schlecht wärmeleitenden Feststoffen an (große Biot-Zahlen). Die zu trocknenden Güter sind in der Regel mehrphasig; sie bestehen zumeist aus einem porösen Feststoff, der zu entfernenden Flüssigkeit, sowie der Gas- bzw. Dampfphase. Auf Grund unterschiedlicher (temperatur- und feuchteabhängiger) elektromagnetischer Eigenschaften der Komponenten kommt es zu einer ungleichmäßigen Dissipation der eingebrachten Mikrowellenleistung. Diese führt zur Ausbildung von Temperatur- und Feuchteprofilen im Gut. Dadurch kann es lokal zur Schädigung des Produktes kommen, z.B. Denaturierung von Inhaltsstoffen oder Schädigung der Feststoffstruktur. Zur Vermeidung dieser Effekte können Prozessregelungen eingesetzt werden.

In diesem Beitrag wird ein modellbasiertes Regelungskonzept für die Mikrowellentrocknung von Feststoffen präsentiert. Ein Schwerpunkt liegt hierbei auf der Auswahl und Positionierung geeigneter Mess- und Stellgrößen. Im Anschluss wird ein praktisch umsetzbarer Regler vorgestellt, der die Einstellung einer gewünschten Produkttemperatur- und feuchte ermöglicht.

# **Numerical assisted design of convective drying processes for nonwovens**

*L. Wengeler, M. Schmitt, C. Mages-Sauter, F. Kleine Jäger  
BASF SE, Ludwigshafen/Germany*

Functional thin films are a vital part of today's technologies and applications (e.g. as battery electrodes, adhesive layers, catalytic coatings, optical films and foils). The coating and especially the drying process affect morphological structure, functionality, and govern overall machine dimension and cost. Some applications also request nonwovens as substrates. Here, the liquid film may cover the substrate's fibers partially and fill capillary pores. The intricate structure of nonwovens may thus significantly influence drying kinetics.

A method used by BASF to describe the film drying process numerically and transfer the results to any convective drier based on heat transfer measurements has been reported during last year's meeting. The numerical model was supplemented to incorporate an empirical transfer resistance caused by the nonwoven substrate.

In this talk we discuss the numerical assisted process design for a nonwoven substrate during convective drying. Numerical results are compared to experimentally determined temperature profiles.

## **Regelungsprobleme einer Kreisgas-Sprühtrocknungsanlage**

*Thomas Metzger, Michael Schönherr, BASF SE Ludwigshafen*

Anhand einer mit Stickstoff inertisierten Kreisgas-Sprühtrocknungsanlage werden Regelungsprobleme diskutiert, die für diese geschlossene Fahrweise spezifisch sind. So wurde im gezeigten Beispiel der Druck im Sprühturm durch den Saugventilator geregelt; aber gleichzeitig wurden Zugas- bzw. Abgasventil bei Unter- bzw. Überdruck an einem anderen Referenzpunkt im Kreis geöffnet. Der Druck im Kreis wurde also gleichzeitig durch zwei Regler beeinflusst, und es kam dadurch zu einem unruhigen Druckverlauf. Abhilfe schaffte die Kopplung des Saugventilators mit dem Druckventilator zur Regelung der Kreisgasmenge.

Ein anfänglich falsch eingestellter Regler für die Temperatur des als Kondensator verwendeten Wäschers sorgte für eine stark schwankende Waschwassertemperatur und in der Konsequenz für stark ausgeprägte Druckschwankungen im gesamten Kreis des Trocknungsgases.

Außerdem wird gezeigt, wie rasch eine Regelung beim Absinken bzw. Ausfall der Suspensionszufuhr ansprechen muss, um eine zu starke Temperaturbelastung der Filterschläuche im Schlauchfilter der Sprühtrocknungsanlage zu vermeiden. Eine Lufteinspeisung zur Kühlung, wie sie in der offenen Fahrweise verwendet werden kann, ist im geschlossenen Kreis keine Option. Die Anforderungen werden für eine durch die Austrittstemperatur geregelte Suspensionspumpe nicht erfüllt, und es kommt zu starken Überschwingern bei der Regelung, die nicht mehr stabilisiert werden können. Stattdessen wurde eine – von der Eintrittstemperatur abhängige – Mindestzufuhrmenge an Sprühflüssigkeit festgelegt, unterhalb derer ohne Wartezeit auf Wasser umgestellt wird. Durch eine frühzeitige Stabilisierung der Temperatur werden auch starke Druckschwankungen im Sprühturm verhindert, die sonst eine Notbelüftung und ein Abfahren der Anlage bedeuten können.



# **Modellierung und Anwendung eines Ringtrockners zur schonenden Herstellung von Gemüsepulvern**

*L. Fries, C. Pipe, M. Michel, Nestlé Research Center Lausanne, Lausanne, Schweiz*

*D. Larrain, Nestlé Product Technology Center, Orbe, Schweiz*

Frisches Gemüse besteht zu 80 – 90% aus Wasser, welches zum Haltbarmachen, zur Gewichtsreduktion sowie zur Herstellung beispielsweise von Suppenmischungen industriell üblicherweise in Würfel oder Streifen geschnitten und mit Heißluftbandtrocknern dehydriert wird. Das Produkt wird anschließend gelagert und nach Bedarf vermahlen. Qualitätsmerkmale sind dabei Wassergehalt und Farbe, nicht jedoch Frische und Nährwert.

Zur Verbesserung des Vitamin- und Mineralstoffgehaltes von getrockneten Lebensmitteln wurde in dieser Arbeit die schonende Trocknung von Gemüse in einem Ringtrockner untersucht. Wesentliche Vorteile eines Ringtrockners sind die kurze Verweilzeit des Produktes bei hohen Temperaturen sowie die simultane Trocknung und Vermahlung.

Anhand von Versuchen an einer Pilotanlage sowie mit Hilfe eines Populationsbilanzmodells wurde dieser Prozess am Beispiel der Trocknung von Karotten und Spinat untersucht.

Die Ergebnisse zeigen, dass mit Verweilzeiten im Prozess von weniger als 5 Minuten Restfeuchtegehalte unter 10% ohne nennenswertes Überschreiten der Kühlgrenztemperatur im Produkt erreicht werden können. Unter Verwendung vorhandener Daten über das Sorptionsverhalten der jeweiligen Produkte wird eine gute Übereinstimmung von Simulation und Experiment erzielt.

Darüber hinaus wurde die Degradation von Beta-Carotin während des Trocknungsprozesses untersucht und modelliert, wobei mit dem Ringtrockner im Vergleich zum konventionellen Bandtrockner eine deutliche Verbesserung des Nährstoffgehaltes im Endprodukt erzielt werden konnte.

## **Neue Messmethode zur Inline-Messung der Größen- und Formverteilung von Partikeln in Sprühtrocknungsprozessen**

*C. Fischer, A. Bück, E. Tsotsas, Otto-von-Guericke-Universität, Magdeburg*

Sprühtrocknungsprozesse stellen im Bereich der Lebensmittelproduktion eines der wichtigsten Herstellungsverfahren für die gezielte Formulierung partikelförmiger Produkte aus flüssigen Ausgangsstoffen dar. Die hohen Durchsätze wie auch die damit verbundenen Energiemengen verdeutlichen die Vorteile einer Inline-Überwachung entscheidender Qualitätsmerkmale wie der Partikelgrößen- und Partikelformverteilung. Neben der direkten Prozessüberwachung ermöglichen Inline-Messsysteme die Realisierung verschiedener Regelungskonzepte und führen im Störfall somit zu einer geringen Latenzzeit und verringerten Anzahl an Fehlchargen.

Die in Sprühtrocknungsprozessen vorherrschenden Messbedingungen wie hohe Temperaturen, mäßig bis schnell bewegte Partikel / Tropfen, teilweise vorliegende zündfähige Stäube und unvollständig getrocknete Tropfen, die zu Foulingeffekten beitragen können, stellen die größten technischen Herausforderungen dar. Ein neuartiges, Kamera basiertes Messverfahren ermöglicht die Inline-Erfassung von Partikelgrößen- und Partikelformverteilungen in Sprühtrocknungsprozessen.

Das Verhältnis von Gas- und Flüssigkeitsmassenstrom der vielfach zur Sprühtrocknung eingesetzten Zweistoffdüsen übt, wie Zbicinski und Piatkowski feststellen [1], einen signifikanten Einfluss auf Trocknungs- und Zerfallsprozesse wie auch auf die Produkteigenschaften aus. Neben der Inline-Messung der sprühgetrockneten Partikel wurde das entwickelte Messsystem bei der systematischen Charakterisierung des Tropfengrößenspektrums einer Zweistoffdüse erprobt. Das untersuchte Parameterfeld umfasst die Kappenstellung, den Düsenvordruck, den Flüssigkeitsmassenstrom und die Viskosität.

[1] Zbicinski I., Piatkowski M., Spray Drying Tower Experiments: Drying Technology 2004, 22 (6), 1325-1349

## **Sprühgranulieren temperaturempfindlicher Produkte**

*Philipp Milde, Hochschule Fulda, Katja Karpinski, BASF SE, Deutschland;*

### **Besonderheit der Sprühgranulation temperaturempfindlicher Produkte und Auswirkungen auf die wirtschaftliche Betrachtung**

Um temperaturempfindliches Produkt nicht zu schädigen, muss der Granulationsprozess bei niedrigen Betttemperaturen betrieben werden. Aufgrund der damit verbundenen niedrigen Ablufttemperatur, ist die relative Feuchte am Austritt sehr hoch, was zu einer Begrenzung der möglichen Restfeuchte führt. Das heißt, neben den üblichen Parametern wie Feststoff-Gehalt und Zulufttemperatur ist die Sorptionsisotherme des Produktes entscheidend für das Erreichen einer bestimmten Zielfeuchte und einer erfolgreichen Granulation. Diese Zusammenhänge werden im Vortrag anhand von Versuchsergebnissen dargestellt sowie die ökonomischen Auswirkungen anhand eines Modells beurteilt.

# **Optimierungsstrategien für die Sprühtrocknung sensitiver Produkte: Einfluss der Trocknergeometrie und der Prozessführung**

*Iris Schmitz-Schug<sup>1,2</sup>, Ulrich Kulozik<sup>1</sup>, Petra Först<sup>1,2</sup>*

*<sup>1</sup>Lehrstuhl für Lebensmittelverfahrenstechnik und Molkereitechnologie,  
Technische Universität München, Freising/Weihenstephan, Deutschland*

*<sup>2</sup>Aktuelle Adresse: Lehrstuhl für Systemverfahrenstechnik,  
Technische Universität München, Freising/Weihenstephan, Deutschland*

Während der Sprühtrocknung von sensitiven Produkten können durch ungünstige Trocknungsbedingungen (Wasserentzug und erhöhte Temperaturen) wertvolle Inhaltsstoffe geschädigt werden. Ein Beispiel hierfür ist die essentielle Aminosäure Lysin in Milchpulvern. Um derartige Produktschädigungen zu vermeiden, müssen die Produkteigenschaften und Prozesscharakteristiken aufeinander abgestimmt werden. Dieses Ziel kann jedoch aufgrund der kurzen Trocknungszeiten bei der Sprühtrocknung, die keine Probenahme in verschiedenen Trocknungsstadien zulassen und der Schwierigkeit repräsentative Probe im Sprühturm zu ziehen nicht auf direktem Weg erreicht werden.

Aus diesem Grund verknüpft dieses Projekt Lebensmitteltechnologie (Reaktionskinetik, Stabilitätskonzepte) und Verfahrenstechnik (Sprühtrocknung, Trocknungskinetik, numerische Strömungssimulation), um einen tieferen Einblick in den Mechanismus des Lysinverlustes während der Sprühtrocknung zu erlangen und daraus Optimierungsstrategien abzuleiten. Hierzu wurde ein schrittweiser Ansatz gewählt. Die Kinetik des Lysinverlustes wurde bei für die Sprühtrocknung relevanten Bedingungen ermittelt und mit einem Reaktionskinetikmodell beschrieben. Die Trocknungskinetik wurde mittels Dünnschichttrocknung untersucht und mit dem Reaktionskinetikansatz (reaction engineering approach) modelliert. Beide Modelle wurden in die numerische Strömungssimulation des Sprühtrocknungsprozesses integriert und mittels Sprühtrocknungsexperimenten im Pilotmaßstab validiert. Auf diese Weise konnten kritische Regionen identifiziert werden und Optimierungsstrategien abgeleitet werden. Es zeigte sich, dass die Verweilzeit der kritische Faktor ist und dass diese durch die Gestaltung der Trocknungskammer und der Prozessführung optimiert werden kann.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Qualität sprühgetrockneter Milchpulver dank dieser Vorgehensweise verbessert werden kann, indem die Partikeleigenschaften während der Sprühtrocknung mit der Reaktionskinetik unerwünschter Abbaureaktionen gekoppelt werden.

# Theoretical prediction of surface composition of a multicomponent spray dried particle

*Anna Porowska<sup>1</sup>, Maksym Dosta<sup>1</sup>, Stefan Heinrich<sup>1</sup>, Alessandro Gianfrancesco<sup>2</sup>,  
Lennart Fries<sup>3</sup>, Stefan Palzer<sup>4</sup>*

*1 Hamburg University of Technology, Hamburg, Germany; 2, Nestlé Product Technology Center Konolfingen, Konolfingen, Switzerland; Nestlé Research Center Lausanne, Lausanne, Switzerland; Nestlé Beverages Business Unit, Vevey, Switzerland*

Many food powders are multicomponent materials, which consist of components with varying properties, like different diffusivities, hydrophilicity or solubility. Concentration gradients, which develop due to solvent removal from the particle surface during drying, can lead to preferential accumulation of specific components on the particle surface. Understanding the driving forces of the accumulation could enable to tailoring such powder properties like wetting, reconstitution kinetics or flowability. Therefore, a drying model of a particle consisting of two solutes with different molecular sizes was formulated. The model was applied to simulate drying of a droplet containing lactose (component A) as the main component and  $\beta$ -lactoglobulin (component B) as the additive. The effects of the drying temperature, the initial total solids content and the ratio of the solutes on the surface composition of the dried particle were investigated. The highest surface enrichment in protein was obtained at low total solid contents and low amount of the protein in the initial feed. The effect of the initial total solids content was more pronounced than the effect of the drying temperature and or the relative amount of the components in the solute phase. This can be attributed to the higher mobility of the molecules in the initial stages of the drying process.

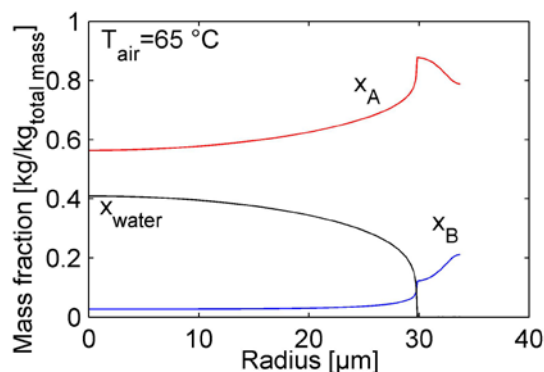


Figure 1: Mass fraction ( $x$ ) profiles water (W) and components A and B along a droplet radius at the moment of shell formation,  $t_{\text{shell}} = 1.59$  s.

## **Beschichtung feindisperser Partikel**

*N. Hampe<sup>1</sup>, A. Bück<sup>1</sup>, M. Peglow<sup>2</sup>, E. Tsotsas<sup>1</sup>,*

*1-Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 2-IPT Pergande GmbH*

Die rasante technische Entwicklung stellt heutzutage immer höhere Anforderungen an die Leistungsfähigkeit neuer Produkte. So gewinnt die Beschichtung von feindispersen Partikeln immer mehr an Bedeutung, z.B. in der Lebensmittel- und Pharmaindustrie, sowie in der Chemie. Die dünnen funktionellen Schichten steuern das Freisetzungverhalten eines Wirkstoffes, schützen die empfindlichen Lebensmittelzusätze vor der Umgebung, oder sie verbessern die Haftung und Kompatibilität bei Verbundwerkstoffen zwischen den einzelnen Komponenten.

Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines neuartigen Prozesses für die Beschichtung von feindispersen Partikeln. Das neue Verfahren stellt die Grundprinzipien von zwei verfahrenstechnische Prozessen - Sprühtrocknung und Beschichtung - zusammen. Hierbei werden die Coatinglösung und das Trägermaterial vermischt über eine Zweistoffdüse in das System eingebracht. Angestrebt ist, dass am Austritt der Düse innerhalb eines Tropfens sich nur ein Partikel befindet, so dass sich nach der Verdunstung des Wassers der gesamte sich im Tropfen befindliche Feststoff gleichmäßig auf der Oberfläche des Partikels absetzt und dort einen dünnen neuen Feststofffilm bildet.

Es wurde den Einfluss der Eintragsrichtung (Gegen- und Gleichstrom) von Trocknungsgas und Tropfen/Partikel auf den Beschichtungsgrad des Trägermaterials analysiert. Desweiteren wurden experimentelle Untersuchungen unter Variation des Düsendrucks, somit der Tropfengröße durchgeführt.

# **Trocknung von Granulaten in einer induktiv beheizten Wirbelschicht**

*V. V. Idakiev, L. Mörl, A. Bück, E. Tsotsas*

*Lehrstuhl für thermische Verfahrenstechnik / NaWiTec, Otto-von-Guericke-Universität,  
Magdeburg*

Die Wirbelschichttechnologie hat seit den 30-er Jahren des 20. Jahrhunderts eine stetig wachsende Bedeutung in der Industrie gewonnen. Bei einer Wirbelschicht wird das Schüttgut in der Wirbelschichtkammer von einem Fluid durchströmt, so dass die Partikeln in einen fluidisierten Zustand übergehen und dadurch eine sehr gute Durchmischung entsteht. Durch den Kontakt zwischen Fluid und Partikeln kommt es zu einer guten Wärme- und Stoffübertragung.

Die induktive Erwärmung einer fluidisierten Partikelschüttung ist eine Alternative zur weit verbreiteten konvektiven Erwärmung einer Wirbelschicht. Bei dieser Technologie wird die Wirbelschicht durch elektrisch leitfähige Inertpartikel (z. B. Eisenhohlkugeln) erwärmt. Hierzu wird durch eine um die Wirbelschichtkammer gewickelte Induktionsspule ein elektromagnetisches Wechselfeld erzeugt, das einen Stromfluss in den wirbelnden Eisenhohlkugeln hervorruft. Die entstehenden Wirbelströme erzeugen Wärme, die an das Fluidisierungsmedium und an das mitwirbelnde Material abgegeben wird. Da hier die Wärme über eine sehr große Wärmeübertragungsfläche an das Wirbelgut abgegeben wird, kann eine hohe Energiedichte und ein effizienter Wärmeaustausch erreicht werden.

Im Beitrag wird die Trocknung von Granulaten mit konvektiver und induktiver Energieeinbringung untersucht und diskutiert. Die Trocknungsvergleichsversuche mit konvektiver Beheizung können als Grundlage für eine zuverlässige Bewertung der energetischen Effizienz von Prozessen mit induktivem Energieeintrag dienen.

Ein weiteres Ziel dieser Forschungsarbeit ist eine Untersuchung und einen Vergleich der Qualität des getrockneten Produktes bei beiden Beheizungsarten. Die feuchten und getrockneten Granulate werden auf ihren Wassergehalt, ihre Korngrößenverteilung und ihre Dichte untersucht.

Im Beitrag soll nachgewiesen werden, dass Verbesserungen im Energieverbrauch (bei der induktiven Energiezufuhr) sich nicht nachteilig auf die Eigenschaften der getrockneten Materialien auswirken. Im Beitrag werden auch andere Anwendungsmöglichkeiten des induktiven Energieeintrages beispielhaft vorgestellt.

# **A Model-based Investigation of Particle Drying Process in Horizontal Fluidized Bed**

*Kaicheng Chen, Andreas Bück, Evangelos Tsotsas*

*Lehrstuhl für Thermische Verfahrenstechnik, Otto-von-Guericke-Universität, Magdeburg*

Fluidized beds are widely used in all fields of solid processing, e.g. chemical, pharmaceutical and food industry. For drying, coating and agglomeration process in a multi-stage fluidized bed, the raw materials are fed in and discharged from the apparatus. One advantage of such fluidized bed system is that it can achieve a high yield with lower energy consumption by operation in steady state. Additionally, multi-stage fluidized bed, also named continuous fluidized bed, can be divided into horizontal fluidized bed (HFB) and cascade fluidized bed (CFB). These two different fluidized bed have a same design concept but the CFB is still in the research stage. Therefore, the aim of this study is to provide useful information and guidance for developing CFB by investigating an existing HFB with mathematical simulations.

In this study, a pilot scale HFB was modeled by connecting a series of identically well mixed fluidized beds. The single particle drying kinetic is the kernel model for each compartment and different particle drying curves (e.g. first and second drying period) [1] were used here for each specified material. On the other hand, two different interconnection models, underflow and overflow, were investigated and analyzed based on systematic parameter studies. Moreover, compared with batch fluidized bed, a significant difference is the unevenly distributed particle residence time. Thus, the influence of theoretical particle residence time distribution (RTD) [2] over the drying model was discussed as well. In the end of this study, a computational fluid dynamics (CFD) simulation of underflow fluidized bed was carried out and the specified particle RTD curve in each compartment was analyzed and applied to the mathematical model mentioned above.

[1] Burgschweiger, J., Groenewold, H., Hirschmann, C., and Tsotsas, E. (1999a). From hygroscopic single particle to batch fluidized bed drying kinetics. *Canadian Journal of Chemical Engineering*, 77(2), 333-341.

[2] Levenspiel, O., (1972). *Chemical Reaction Engineering*. 2nd ed., Wiley, New York.



# **Ermittlung des Energieeinsparpotenzials durch die zeitliche Separation des Wirbelschichtsprühgranulationsprozesses bei gleichbleibender Produktqualität**

*Torsten Hoffmann<sup>1</sup>, Lisa Mielke<sup>1</sup>, Andreas Bück<sup>1</sup>, Markus Henneberg<sup>2</sup>,  
Mirko Peglow<sup>3</sup>, Evangelos Tsotsas<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>NaWiTec, Thermische Verfahrenstechnik, Otto-von-Guericke Universität Magdeburg

<sup>2</sup>AVA -Anhaltinische Verfahrens- und Anlagentechnik GmbH

<sup>3</sup>IPT Pergande GmbH

Die Optimierung von technischen Verfahren hinsichtlich ihres Energiebedarfs in der Industrie ist durch die ständig steigenden Preise für Energie ein zunehmend wichtiger Faktor. Besonders energieintensive Prozesse, wie die konventionelle Wirbelschichtsprühgranulation, bieten hier ein großes Energieeinsparpotenzial. Die Energieeinsparung kann durch verschiedene Maßnahmen wie der Wärmerückgewinnung aus der Abluft, der direkten Beheizung der Wirbelschicht durch Induktion oder die Separation von Teilschritten der Granulation erreicht werden. In der vorgestellten Arbeit wird die zeitliche Separation, also die Trennung der Granulationsphase von der Trocknungsphase, im Labor- und im Pilotmaßstab untersucht.

Durch die zeitliche Trennung lässt sich zum Beispiel die Trocknungsphase anstatt in der energieintensiven Wirbelschicht auch im ruhenden Festbett durchführen. Besonders für mechanisch empfindliche Produkte ist solch ein Schritt sinnvoll und die Unterteilung ermöglicht eine bessere Ausnutzung der für die Teilprozesse notwendigen Aggregate (Ventilatoren, Heizer, Pumpen...) hinsichtlich ihres Energieverbrauchs. Als Kriterium zur Bewertung der Energieeinsparung wurden die Partikelgrößenverteilung und der Wassergehalt während der experimentellen Versuche bestimmt. Die Versuchsergebnisse zeigen, dass bei gleichbleibenden Produkteigenschaften durch die zeitliche Separation eine Energieeinsparung möglich ist.

## KONTAKT

DECHEMA e.V.

Theodor-Heuss-Allee 25

60486 Frankfurt am Main

Claudia Martz

Telefon: +49 69 7564-129

Fax: +49 69 7564-176

E-Mail: [martz@dechema.de](mailto:martz@dechema.de)

Stand 10.02.2016, Änderungen vorbehalten.

Beitragstitel und Autoren wie vom Einreicher angegeben. Keine Korrektur durch die DECHEMA.