# Schneller oder kleiner

## Freifließende Feststoffe effizient mischen und trocknen

*Das Trocknen ist ein wichtiger Prozessschritt für viele Prozessabläufe in der Pharma-, Feinchemie- und Lebensmittelindustrie. Vakuum-Kontakttrocknen zählt hierbei zu den schonendsten Verfahren.*

**Autor:** *Marian Scherer, Project Manager Forschung & Entwicklung, Ekato Systems GmbH, Schopfheim*

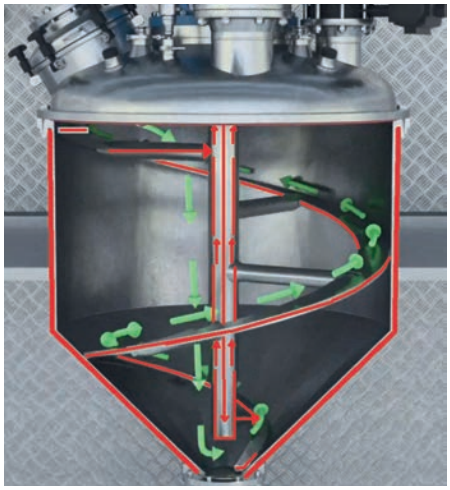
Durch das Anlegen von hohem Vakuum wird der Siedepunkt der zu verdampfenden Lösemittel auf Temperaturen von meist 5–20 °C reduziert. Dies ermöglicht bereits ein effektives Verdampfen der Lösemittel bei Wärmeträgertemperaturen im Doppelmantel des Trockners von 40 °C. Durch das Einstellen und Regeln der Prozessparameter Vakuum, Temperatur, Rührwerksdrehzahl und Zeit können sehr geringe Lösemittelrückstände von wenigen ppm erreicht werden. Bei Bedarf lassen sich verschiedene Lösemittel mit unterschiedlichen Siedepunkten differenziert verdampfen.

Um die zum Heizen, Verdampfen oder Kühlen benötigte Wärmemenge Q in der möglichst kurzen Prozesszeit t einzutragen oder abführen zu können, müssen die Faktoren Wärmedurchgangskoeffizient k, Wärmeaustauschfläche A und die Temperaturdifferenz ΔT im Nenner der Formel maximiert werden:

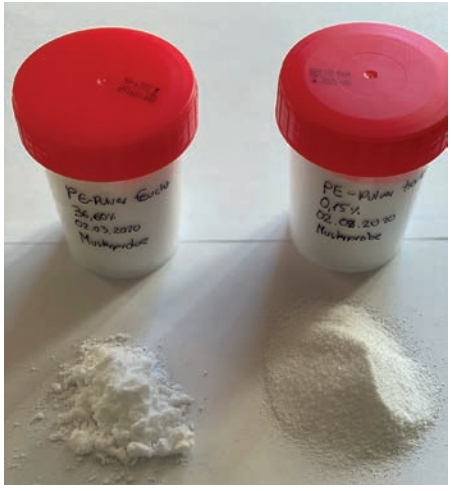
$$t = \frac{Q}{k \cdot A \cdot \Delta T}$$

Die Maximierung des Wärmedurchgangskoeffizienten k wird zum einen maßgeblich durch die Geometrie des Ekato Solidmix Feststoff-Paravisc-Rührorgans erzeugt. Geringe Drehzahlen von gewöhnlich < 1 m/s reichen aus, um freifließende Feststoffpartikel verschiedener Korngrößen axial und schonend zu durchmischen. Die Optionen eines geringen Wandabstandes oder Freiwinkels am Rührblatt des Paraviscs zur Behälterwand vermeiden hierbei den Aufbau isolierend wirkender Wandschichten. Bei der Wahl eines vollständig temperierbaren Paravisc-Rührers wird der Wärmeübergangskoeffizient auf der beheizten Oberfläche des Rührers durch die ständige Bewegung der Partikel zusätzlich gesteigert.

Unabhängig von der Behältergröße werden die im Trockner befindlichen Feststoffpartikel in weniger als 40 s einmal vollständig



**01** Solidmix VST mit vollständig beheiztem Paravisc-Rührer



**02** PE-Pulver vor und nach der Trocknung

umgewälzt. Neben kürzesten Mischzeiten führt dies zu einer gleichmäßigen Temperaturverteilung im Produkt und damit zu einer maximalen Temperaturdifferenz $\Delta T$ zwischen den Feststoffpartikeln und der aufgrund der sensiblen Produktqualität limitierten Temperatur des Wärmeträgermediums im Heizmantel.

Die Wärmeaustauschfläche A des Behälters ist durch die Behältergeometrie mit Konus und zylindrischem Teil größer als bei runden und zylinderförmigen Geometrien. Die geometrische Ähnlichkeit sorgt für eine gleichbleibende Durchmischungsqualität von den mit 5 l kleinsten Behältergrößen im Labormaßstab bis zu den größten Produktionsmaschinen mit über 32 000 l Nutzvolumen.

Das Verhältnis von Wärmeaustauschfläche zu Behältervolumen nimmt mit steigender Behältergröße unvermeidlich ab. Neben Vorteilen bei der Produktausbeute im Batchbetrieb werden hierdurch jedoch die Trockenzeiten signifikant verlängert, da die benötigte Wärmemenge Q überproportional zur Wärmeaustauschfläche A steigt. Der vollständig temperierte Feststoff-Paravisc erhöht die Wärmeaustauschfläche unabhängig der Behältergröße um rund 25 %. Durch die zusätzlich gewonnene Wärmeaustauschfläche des Rührers können Heiz-, Kühl- und Trocknungszeiten ebenso um den gleichen Prozentsatz von rund 25 % reduziert werden.

## Versuche mit PE-Granulat und Sägespänen

Die theoretisch hergeleiteten Effekte wurden in Versuchsreihen im Technikum von Ekato verifiziert. PE-Granulat wurde als Versuchsprodukt verwendet, um das Trocknen von freier, nicht in den Produktpartikeln gebundener Feuchte zu simulieren. Als Musterprodukt für organisches Material mit gebundener Feuchte wurden frische Sägespäne mit einem Wassergehalt von über 50 % ausgewählt. In beiden Versuchen konnte der zu Beginn des Artikels erläuterte, theoretische Ansatz bestätigt und die hergeleiteten Prozesszeitverkürzungen im 100-l-Maßstab nachgewiesen werden: Die Trocknung beider Produkte wurde bei einer Temperatur des Wärmeträgeröls im Doppelmantel, Behälterdeckel und Filter von 60 °C durchgeführt. Das Vakuum betrug während des Versuches rund 60 mbar. Die Umfangsgeschwindigkeit des Solidmix-Paravisc-Rührers war auf 1 m/s eingestellt. Bei diesen produktschonenden Bedingungen wurde die Prozesszeit beim Erhitzen und Verdampfen des Lösemittels Wasser mit und ohne Einsatz einer vollständigen Paravisc-Temperierung verglichen.

Die Analyse der Datenaufzeichnung belegt eine Prozesszeitverkürzung beim Trocknen von freier Feuchte (PE-Pulver) von 29,9 % und beim Trocknen von gebundener Feuchte (Sägespäne) von 22,3 %. Beim Verdampfen der freien Feuchte von 36,6 % auf 0,15 % (m/m) Restfeuchte aus dem schlecht wärmeleitendem PE-Pulver konnte bei einer Vergrößerung der Wärmeaustauschfläche durch den beheizten Rührer von 28 % eine überproportionale Prozesszeiteinsparung erzielt werden.

Dies ist neben der vergrößerten Wärmeaustauschfläche mit einem zusätzlich gesteigerten Wärmedurchgangskoeffizienten k zu erklären: Das schlecht leitende Plastik-Produkt PE nimmt am beheizten Rührwerk schneller Energie auf als an der statischen Behälterwand.

Beim Betrachten der Theorie ist die Zeitreduzierung von 22,3 % beim Verdampfen von gebundener Feuchte aus Feststoffpartikeln sehr hoch zu bewerten: Die gebundene Feuchte verdampft nicht allein durch das Überschreiten des Siedepunktes, sondern muss darüberhinaus von anderen Bindungskräften befreit werden: Das sind chemische Bindungskräfte, Adsorptions-, Adhäsions- und Kapillarkräfte. Neben dem Überschreiten des Siedepunktes spielt der Diffusionsprozess hierbei eine signifikante Rolle: Das natürliche Bestreben von Teilchen und Stoffen, ihre Konzentrationsunterschiede in flüssigen und gasförmigen Phasen vollständig auszugleichen.

## Verkürzte Prozesszeiten und reduzierte Anschaffungskosten

Je mehr die Partikel der zu verdampfenden Lösemittel erhitzt werden, desto schneller bewegen sie sich und gehen aus dem Feststoffträger in eine durch das im Trockner angelegte Vakuum sehr niedrig konzentrierte Gasphase über. Das Konzentrationsgefälle wird durch die Auslegung des Lösemittelrückgewinnungs-Systems und der Tiefe des angelegten Vakuums bestimmt. Die finale Geschwindigkeit der Teilchen ist durch die maximal mögliche Produkttemperatur limitiert. Zur Beschleunigung der Teilchen auf die maximale Geschwindigkeit kann die Vergrößerung der beheizten Fläche durch den vollständig temperierten Solidmix-Paravisc einen großen Beitrag leisten. Die gesamte Prozesszeit wird dadurch um über 22 % reduziert.

Mit der Ekato Solidmix VST-Technologie und dem vollständig temperierten Feststoff-Paravisc-Rührwerk können beim schonenden Verfahren der Vakuum-Kontakttrocknung zuvor nicht erreichte Durchsatzmengen erzielt werden. Alternativ ermöglicht die Kürzung der Prozesszeiten um 20–40 % bei gleicher Produktionsmenge eine stark komprimierte Bauweise und somit geringere Anschaffungs- und Betriebskosten.

**Die axiale Durchmischung wird durch die einzigartige Form und Anordnung der beiden Hauptblätter des Paravisc-Rührers erreicht. Das Rührorgan kann je nach Anwendungsfall nach unten oder auch nach oben fördernd betrieben werden.**

*Marian Scherer*

**Fotos:** *Ekato*

www.ekato.de