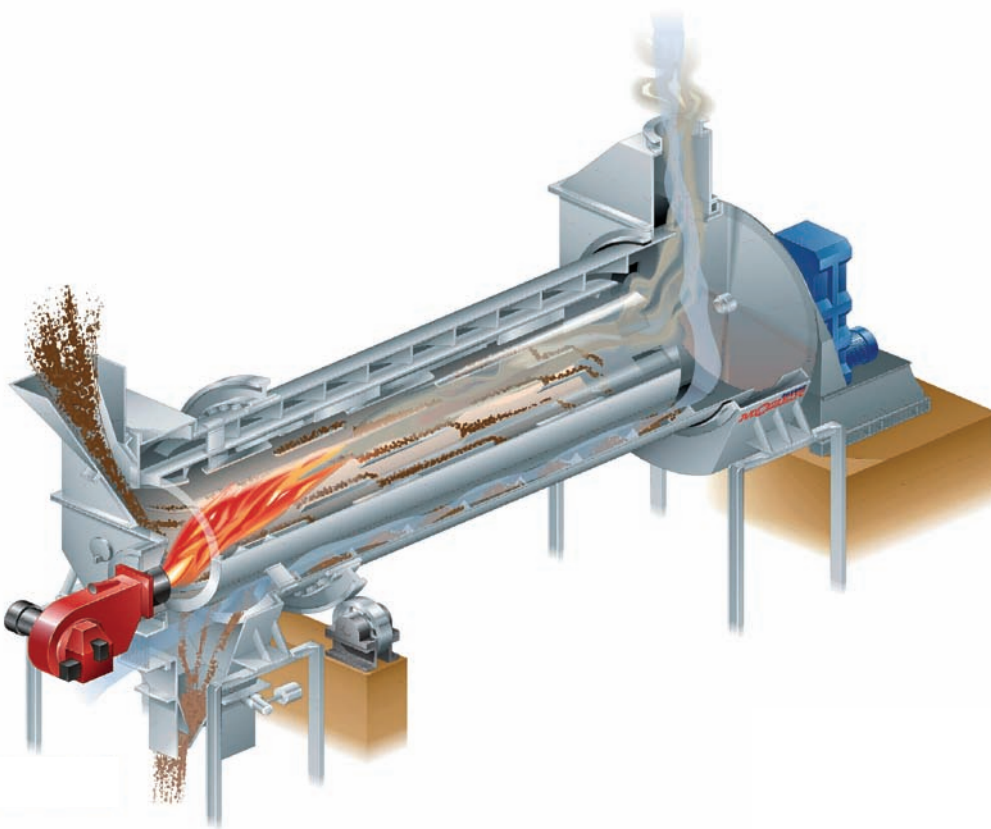


Trommel oder Fließbett?

Auswahlkriterien für die Verwendung von Trocknern in der Prozessindustrie



Mathias Trojosky

Wer die Wahl hat, hat die Qual. Dies gilt auch bei den Anwendern von Trocknungsanlagen. Da natürlich jeder Lieferant die Technik seines eigenen Lieferprogramms als vermeintlich beste Technik bewirbt, sind die Anwender bei der Auswahl des richtigen oder optimalen Trocknungssystems verunsichert. Vielleicht kann die Lektüre dieses Beitrags da Abhilfe schaffen.

Häufig stellt sich bei den Anlagenbetreibern die Frage für oder wider die Anwendung von Trommel-(Drehrohr)trocknern) oder Fließbett-trocknern (Wirbelschicht-Vibrations-trocknern). Während sich in einigen Fällen die beiden Techniken in ihrer Anwendbarkeit überschneiden, gibt es doch eine Reihe von Entscheidungskriterien, die den einen oder den anderen Trocknertyp für die jeweilige Anwendung favorisieren.

Trommeltrockner werden seit vielen Jahrzehnten zur Trocknung unterschiedlichster Güter eingesetzt. Während sich Trommeltrockner in der Bau-, Mineral- und Rohstoffindustrie weitgehend durchgesetzt haben, kommen besonders in der chemischen Industrie sowie der Lebensmittel- und pharmazeutischen Industrie seit einigen Jahrzehnten auch Fließbett-trockner bzw. Vibrations-Wirbelschicht-trockner zum Einsatz.

Für Wirbelschicht-trockner sind eine Reihe von Sonderanwendungen entwickelt worden (Sprühgranulationstrockner, Suspensions- und Pastentrockner, Wirbelschicht-trockner/-kühler mit in die Wirbelschicht integrierten Wärmetauschern, Flugschicht-trockner usw.). Seit ca. zwei Jahrzehnten sind auch in der Bau- und Mineralstoffindustrie Vibrations-Wirbelschicht-trockner, so ge-

nannte Fließbett-trockner-Anlagen installiert worden. Zeitgleich wurden jedoch auch Trommeltrockner technisch weiterentwickelt und ermöglichen speziell für Anwendungen in der Mineralstoffindustrie energetisch effiziente Einsatzmöglichkeiten sowie besonders robuste und störungsunempfindliche Lösungen.

Trommeltrockner: energetisch günstig und besonders robust

In Trommeltrocknern wird der Feststoff durch die Drehung der Trommel und durch die Förderwirkung von in der Trommel befindlichen Einbauten bewegt. Ältere Trommeltrockner wurden zur Unterstützung des Feststofftransportes meist mit einer geringen Neigung gebaut. Moderne Bauarten werden fast ausschließlich waagrecht aufgestellt. Hubschaufeln nehmen den feuchten Feststoff vom Grund der Trommel auf und lassen ihn nach dem Heben wieder fallen, wodurch ein Kontakt der heißen Trocknungsluft mit dem feuchten Feststoff entsteht.

In den meisten Anwendungen zur Trocknung wird der Feststoff im Gleichstrom, also in Richtung der Gasströmung gefördert. Die Förderung des Feststoffes erfolgt durch sogenannte Leitschaufeln. So entsteht eine Kombination aus Gleichstrom und Kreuzstrom zwischen dem Trocknungsgas und dem Feststoff.

Die Beheizung der Trocknungsluft für Anwendungen in der Mineralstoffindustrie erfolgt in der Regel durch den Einsatz von Gas- oder Leichtöl-Brennern. Die Verbrennungsgase werden mit einem Anteil Umgebungsluft auf mittlere Trocknungslufttemperaturen zwischen 600 und 900 °C gemischt. Für thermisch unempfindliche Güter wie z. B. Quarzsand kann die Flamme direkt in der sich drehenden Trommel ausbrennen. Bei der Trocknung von temperaturempfindlichen Stoffen wie Kalkstein, Ton, Bentonit, Kunststoff-Recyclaten oder organischen Rest- und Abfallstoffen kommen Brennkammern zum Einsatz, die sicherstellen, dass die heißen Verbrennungsgase in der Brennkammer vor Eintritt in die Trommel ausreichend gut mit Umgebungsluft auf die gewünschte mittlere Trocknungsluft-Temperatur vermischt sind.

Insgesamt ist der technische Aufwand zur Beheizung von Trommeltrocknern gering. Moderne Brenner haben lediglich relativ kleine Verbrennungsluftventilatoren. Ventilatoren zur Förderung der Trocknungsluft zum Trockner sowie aufwändige Verrohrungen werden in der Regel nicht benötigt.

Die feuchte Trocknerabluft wird durch einen Abluftventilator aus dem Trockner abgesaugt, über einen Schlauchfilter zur Abscheidung der mitgeführten Stäube geführt und über einen Kamin in die Umgebung abgegeben. Auch die Abluftverrohrung einer Trommeltrockneranlage ist vergleichsweise einfach gestaltet, da nur von einem Punkt des Trocknergehäuses abgesaugt werden muss.

Trommeltrockner werden für Feststoffleistungen zwischen 5 und 150 t/h gebaut. Ein besonderer Vorteil von Trommeltrocknern ist die weitgehende Unempfindlichkeit gegen Schwankungen der Eintrittsfeuchte der zu trocknenden Güter sowie gegen Schwankungen der Durchsatzleistung und der Körnung der Güter oder gegen den Eintrag unerwünschter Klumpen oder Grobstücke. Selbst bei einem Stromausfall kann in den meisten Fällen direkt nach wieder anliegender Stromversorgung weiter gefahren werden.

Trommeltrockner eignen sich sowohl für feine Sande – insbesondere aber auch für grobe und sehr grobe Schüttgüter, wobei bei einem Wechsel der Produkte die Luftmenge nicht zwingend angepasst werden muss. Auch bei einem Ausfall der Trocknungsluft wird der Feststoff im Trommeltrockner durch die Drehung der Trommel zuverlässig weiter gefördert. Trommeltrockner sind besonders tolerant gegen Bedienfehler und sind deshalb auch optimal geeignet für eine Installation in strukturell weniger gut entwickelten Wirtschaftgebieten. Der Aufwand für eine Automatisierung der Trocknersteuerung ist vergleichsweise gering.

Langlebige Trommeltrockner für abrasive Feststoffe

Die Einbauten wie auch die Trommel selbst werden aus dickwandigem Stahl hergestellt. Durch eine geeignete Gestaltung der Einbauten können auch sehr abrasive Materialien in Trommeltrocknern behandelt werden. Bei abrasiven Gütern wird darauf geachtet, dass der Feststoff möglichst nicht oder nur wenig auf den Hub- und Leitschaufeln gleitet sowie beim Herabfallen auf ein Materialbett des zu trocknenden Feststoffes fällt. Trockner haben allgemein immer dann einen spezifisch geringen Heizenergiebedarf, wenn der Prozess mit möglichst hohen Lufteintrittstemperaturen betrieben werden kann. Aus hohen Heißgastemperaturen resultieren geringe Trocknungsluftmengen und damit geringe mit der noch warmen Abluft abgegebene Wärmeverluste. Aus diesem Grunde arbeiten Trommeltrockner mit den in der Mineralstoffindustrie üblichen Heißgastemperaturen bis 900 °C sehr effizient, obwohl die Ablufttemperaturen von Trommeltrocknern meist leicht höher liegen als beispielsweise bei Fließbettrocknern.

Ein besonderer Vorteil von Trommeltrocknern besteht darin, dass in Perioden, in denen eine auf einen bestimmten Nenn-



Trommeltrockneranlage „System Mozer“ zur Trocknung von Kalkstein und Diabas

durchsatz ausgelegte Trocknungsanlage über längere Zeit bei einer signifikanten Minderleistung betrieben wird, neben der automatischen Abregelung der Heißgaseintrittstemperatur auch die Trocknungsluftmenge auf die verminderte Durchsatzleistung angepasst werden kann. Durch die Reduzierung der Trocknungsluftmenge kann dann die Heißgastemperatur hoch bzw. na-

he dem Auslegungspunkt gehalten werden. Wie oben beschrieben, bleibt damit auch bei Minderlast der geringe spezifische Brennstoffbedarf erhalten.

Fließbettrockner bieten diese Möglichkeit nicht, da auch bei Minderleistung die volle Trocknungsluftmenge beibehalten werden muss, um den Feststoff zu fluidisieren. Eine gute Feststofffluidisierung durch

Energieeinsparung beim Trocknen

Immer dann, wenn die zu trocknenden Feststoffe nach der Trocknung sofort gekühlt werden sollen, empfiehlt sich der Einsatz eines zweischaligen Trockners zur kombinierten Trocknung und Kühlung in einem einzigen Aggregat. Die Trocknung findet dann nur im inneren Trommelrohr statt. Der getrocknete und warme Feststoff fließt aus der Innentrommel in die äußere Schale und wird durch entsprechend geformte Hub- und Leitschaufeln zurück gefördert, während angesaugte kalte Umgebungsluft den Feststoff im Gegenstrom kühlt. Mit dem System Mozer-TK lassen sich gekühlte Trockenguttemperaturen von ca. 55 bis 60 °C erreichen, was in den meisten Anwendungen der Bau- und Mineralstoffindustrie ausreichend ist. Werden noch niedrigere gekühlte Feststofftemperaturen gefordert, kommt eine separate Kühltrommel, ein nachgeschalteter, wassergekühlter Kontaktkühler oder ein Fließbett-Kühler zum Einsatz. Eine energetisch besonders effiziente Trocken-Kühltrommel ist das System Mozer-TK_plus, das vorwiegend zur Trocknung und Kühlung von Quarzsanden zum Einsatz kommt. Im Unterschied zum System TK wird die Kühlung des Sandes nicht mit Umgebungsluft erreicht, sondern erfolgt durch die Zumischung eines Anteils feuchten Sandes in den bereits getrockneten warmen Sand nach Durchlaufen der Innentrommel. Die Kühlung des Feststoffes wird durch die Verdunstung des Wassers aus dem zugemischten Feuchtgut bewirkt, während dieser zugemischte Feststoffanteil durch

die in der getrockneten Feststoff-Hauptmenge gespeicherten Wärme ebenfalls getrocknet wird. Das Feuchtgut wird beim TK_plus beidseitig aufgegeben. Das Verhältnis zwischen beiden Feststoffströmen liegt abhängig von der Eintrittsfeuchte des Sandes zwischen etwa 80 und 90 % Hauptmengenstrom in Relation zu 10 bis 20% des zugemischten Feststoffstromes. Durch diese Trockner-Kühler-Variante lässt sich der Brennstoffbedarf der Trocknung um etwa 15% reduzieren. Bei Fließbettrocknern bietet sich eine sinnvolle Möglichkeit zur Energierückgewinnung durch die Rückführung der warmen, gefilterten Abluft der Kühlzone zur Verwendung als vorgewärmte Trocknungsluft – insbesondere dann, wenn eine gute Balance zwischen der Menge der Trocknungsluft und der Menge der Kühlluft erreicht werden kann. Im Idealfall kann so die komplette Wärme aus der Feststoffkühlung für die Trocknung verwendet werden. Der Energieverbrauch sinkt dann um den Anteil Brennstoff, der ohne Abluftrückführung zur Aufwärmung von Umgebungsluft auf die Temperatur der rückgeführten Kühlerabluft notwendig wäre. Bei allen Trockner-Kühler-Varianten tritt eine erste Kühlung des warmen Feststoffes unmittelbar nach der Trocknung dadurch auf, dass nach Eintritt des warmen Feststoffes zunächst eine Restmenge Feuchtigkeit verdampft. Die Nachtrocknung im ersten Bereich der Kühlzone erfolgt durch die noch im Feststoff gespeicherte Wärme – ähnlich wie bei der Trocken-Kühltrommel TK_plus.



Vibrations-Wirbelschichttrockner zur Trocknung von Sand, Kalkstein und Marmor

die Trocknungsluft ist bei Vibrations-Fließbettrocknern Voraussetzung für einen zuverlässigen Feststofftransport und eine gute Belüftung der Feststoffschüttung. Trommelrockner dagegen fördern den Feststoff durch die Einbauten und durch die Drehung der Trommel.

Der Feststoff in Trommelrocknern muss nicht durch die Trocknungsluft fluidisiert werden. Die Luft strömt relativ ungehindert durch das Trocknerrohr. Die Zuluftventilatoren eines Fließbettrockners müssen dagegen neben der Fluidisierung des Feststoffes außerdem den Druckverlust des Gasverteilerbodens überwinden, der für eine gute Gleichverteilung der Trocknungsluft über die gesamte Trocknerquerschnittsfläche ausreichend hoch sein muss. Der spezifische Elektroenergiebedarf von Trommelrocknern ist deshalb gering und liegt meist bei nur ca. zwei Drittel des Elektroenergieverbrauches eines Fließbettrockners.

Fließbettrockner: effektiv bei gleichmäßig gekörnten Produkten

Der Feststofftransport in Fließbettrocknern basiert auf der Fluidisierung des Feststoffes durch die aufwärts gerichtete Trocknungsluft. Bei einer gut fluidisierten Wirbelschicht wird der gesamte Feststoff durch die Luftströmung in einen quasi-flüssigen Zustand versetzt und läuft am Ende des Trockners in der Menge über ein Überlaufwehr wie feuchter Feststoff am Trocknereintritt zugeführt wird. Der Feststoff fließt dabei im Kreuzstrom zur aufwärts gerichteten Luftströmung.

Das Überlaufwehr ist höhenverstellbar ausgeführt und ermöglicht durch die Beeinflussung der Höhe der fluidisierten Schicht eine Anpassung der Feststoffverweilzeit. Im Idealfall werden in einer Wirbelschicht alle Feststoffpartikel ständig vom Luftstrom umströmt. Dann ergeben sich beste Stoff- und Wärmeübergangsbedingungen, und es werden hohe spezifische Trocknungsraten bzw. relativ kleine Trocknerabmessungen möglich.

Da dieser Idealzustand in der Praxis nur selten erreicht werden kann, werden Fließbettrockner zur Unterstützung der Feststofffluidisierung als Vibrationstrockner gebaut. Durch die Vibration werden auch grobe,

durch den Luftstrom selbst nicht fluidisierbare Grobpartikel gefördert. Dies hat jedoch Grenzen. Je nach Kornverteilung und Schüttdichte des zu trocknenden Feststoffes ist der Einsatz von Fließbettrocknern nur bis Körnungen von etwa 6, maximal 8 mm zu empfehlen. Grobgut kann sich ansonsten im Trockner akkumulieren, da es nicht über das Stauwehr am Trocknerende abfließen kann.

Eine kompetente Beratung garantiert optimale Lösungen

Verzichtet man zur Vermeidung der Grobgranulatanstauung auf ein Wehr am Trocknerausstrag, so ist die Feststoffverweilzeit nicht mehr über die Einstellung einer Schichthöhe variierbar, oder der dann schlecht fluidisierte Feststoff wird nicht mehr gut belüftet.

Generell sind die Luftanströmböden mit ausreichend hohem Druckverlust auszugelen, um eine gute Gleichverteilung der gesamten Trocknungsluft über die komplette Anströmlfläche des Trockners zu erreichen. Die Ventilatoren für die Trocknungsluft müssen also eine hohe Pressung aufweisen. Andernfalls sucht sich die Luft den Weg des geringsten Widerstandes durch die Feststoffschüttung im Trockner, was zu einer schlechten Durchströmung besonders der feuchten Feststoffbereiche führt. Aus diesem Grund haben Fließbettrockner einen auf die Feststoffleistung bezogenen, höheren Elektroenergieverbrauch (ca. 150 % eines Trommelrockners).

Fließbettrockner sollten möglichst immer mit vorwiegend feinkörnigen Feststoffen beschickt werden, für die sie ausgelegt worden sind. Führt man z. B. durch eine Produktionsumstellung wesentlich gröbere Feststoffe zu, so kann die Fluidisierung zusammenbrechen. Ein effizienter Trocknerbetrieb kann dann unter Umständen unmöglich werden.

Durch die ständige Umströmung eines jeden Feststoffpartikels mit Luft können empfindliche Feuchtgranulate aus Granuliertelern oder Mischer-Granulatoren sehr schonend in Wirbelschichten getrocknet werden. Trommelrockner führen durch das ständige Schaufeln und Fallen des Gutes zu einem hö-

heren Materialabrieb als Fließbettrockner.

Fließbettrockner werden wie Trommelrockner meist durch ein Konstanthalten der Temperatur der Trocknerabluft geregelt. Ein Regelkreis beeinflusst abhängig von der Ablufttemperatur den Wärmeeintrag des Lufterhitzers in die Trocknungsluft und reagiert so auf schwankende Mengen oder Wassergehalte des zugeführten Feuchtgutes. Da die Trocknerabluft im engen Zusammenhang mit der Feststofftemperatur am Trocknerende steht und diese über die Sorptionseigenschaften eines jeden Feststoffes deren Restfeuchte bestimmt, lassen sich so jederzeit konstante Restfeuchten des zu trocknenden Feststoffes gewährleisten.

Allerdings steigt der spezifische Brennstoffbedarf je Tonne Trockengut an, wenn bei dauerhaft geringerer Eintrittsfeuchte oder Menge des zu trocknenden Feuchtgutes die Trocknungsanlage nicht in ihrem der ursprünglichen Auslegung entsprechenden Leistungspunkt betrieben wird.

Da die Luftmenge in einem Fließbettrockner wegen der notwendigen Feststofffluidisierung konstant gehalten werden muss, geht mit der Abluft also trotz geringerer Anlagenleistung immer die gleiche absolute Wärmemenge verloren. Ein Abregeln der Luftmenge wie bei Trommelrocknern zur Aufrechterhaltung der energetisch sinnvollen hohen Trocknungslufttemperatur ist bei Fließbettrocknern also nicht sinnvoll möglich.

Fließbettrockner sind besonders in der chemischen Industrie sowie zur Verarbeitung oder dem Recycling temperaturempfindlicher Produkte sinnvoll einzusetzen.

Entscheidungskriterien und Hilfe bei der Auswahl

Da bei vielen Anwendungen prinzipiell sowohl ein Fließbett- als auch ein Trommelrockner zum Einsatz kommen könnte, sollte nach solchen Kriterien entschieden werden wie:

- zu erwartende Konstanz der Produktionsbedingungen (Durchsatz, Feuchte, Körnung)
- Preisrelation der Energieträger (Elektroenergie/Erdgas)
- Infrastruktur am Aufstellort
- Ausbildungs- und Organisationsgrad des Betriebspersonals
- Eigenleistungen vor Ort

Die Investitionshöhe für eine komplette, vollständig errichtete Trommelrockner- oder Fließbettrockner-Anlage inklusive elektrischem Steuer- und Regelsystem ist oft vergleichbar. In einigen Fällen treffen die Kriterien auf beide Techniken zu. Meistens hängt die Entscheidung deshalb von zwei oder drei Hauptkriterien ab, die für den Betreiber oder für den Investor von besonderer Bedeutung sind.