



# Strähnen oder Pfropfen

## Pneumatische Förderung in der Lebensmittelindustrie

Tobias Weber

**Pneumatische Fördersysteme sind aus der Industrie heutzutage nicht mehr wegzudenken – sie kommen in der Nahrungsmittelindustrie, in der Chemie, in der Pharma- oder in der Baustoffbranche zum Einsatz. Dabei gibt es für ein und dieselbe Förderaufgabe viele verschiedene pneumatische Fördersysteme. Im folgenden Beitrag wird anhand der Förderung von Kartoffelstärke und Haferflocken beschrieben, welche Faktoren für die Auswahl und Auslegung eines pneumatischen Fördersystems wichtig sind.**

**Autor:** T. Weber, Gericke AG, Regensdorf, Schweiz

Jedes Fördersystem hat Vor- und Nachteile. Diese gilt es für jeden einzelnen Fall abzuwägen, um die bestmögliche Lösung des Förderproblems auszuwählen. Als Beispiel für die Auswahl und Ausführung eines pneumatischen Fördersystems sei hier die Installation bei Avebe in Holland erwähnt. Avebe ist einer der Weltmarktführer bei der Herstellung von Stärke und hat kürzlich seine Anlage in Holland mit einer neuen Installation für die Förderung von Kartoffelstärke erweitert.

Die Aufgabenstellung beinhaltete die kontinuierliche Förderung der noch feuchten Stärke aus dem Trockner in verschiedene Lagersilos oder direkt in das Abfüllsilo für die Lastwagenbefüllung. Die Stärke sollte über total 240 m mit einer vertikalen Steigleitung von 24 m in die 150 m<sup>3</sup> umfassenden Silos transportiert werden. Die Durchsatzleistung sollte dabei 20 bis 25 t/h betragen.

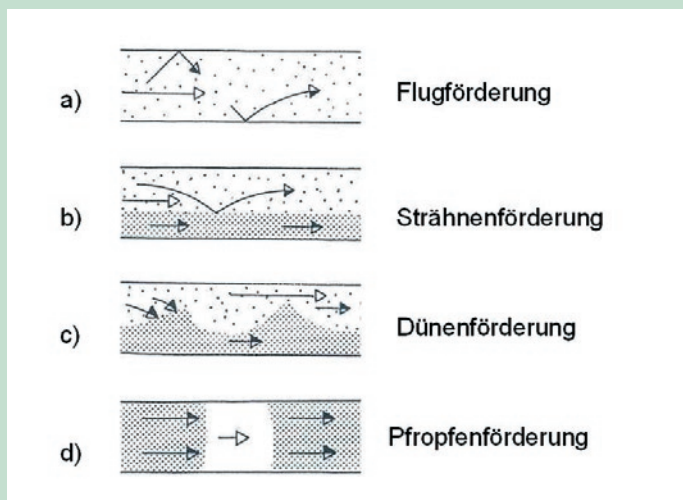
### **Pneumatische oder mechanische Förderung**

Zu Beginn des Projekts musste eine grundlegende Entscheidung getroffen werden, ob

für den Materialtransport entweder ein mechanisches oder ein pneumatisches Fördersystem eingesetzt werden sollte.

Pneumatische Fördersysteme basieren auf dem Prinzip, dass das Produkt in eine Rohrleitung eindosiert wird und mittels Luftstrom (entweder Druckluft oder Vakuum) in der Rohrleitung zum Bestimmungsort transportiert wird, wo das Produkt von dem Luftstrom wieder getrennt wird. Da dieses System geschlossen ist, sind Sauberkeit und Hygiene der Anlage garantiert. Die Rohrleitung kann sehr gut an die gegebenen Räumlichkeiten angepasst werden und Platz sparend an Wänden und Decken montiert werden. Damit steht die Gebäudefläche weiterhin für die Produktion oder Lagerung zur Verfügung. Pneumatische Fördersysteme können entweder kontinuierlich oder diskontinuierlich betrieben werden und sind vollkommen automatisiert. Sie können zudem auf über 1000 m Förderweg ausgelegt werden.

Im Gegensatz dazu sind mechanische Fördersysteme oftmals offen (Bsp. Förderbänder) und führen demnach zu einer Kontamination des Produktes bzw. zu Verschmutzungen der Umgebung. Bei den ge-



Bei pneumatischen Fördersystemen gibt es vier Förderzustände

Strähnenförderung mit Druckbehältern: Rohrleitungslängen von bis zu 240 m bei der Förderung von Kartoffelstärke sind keine Seltenheit

geschlossenen mechanischen Fördersystemen wie z. B. Rohrkettenförderer unterliegen die mechanisch bewegten Teile dem Verschleiß und können so das Produkt verunreinigen. Zudem sind diese mechanischen Fördersysteme beschränkt einsetzbar für lange Förderdistanzen und erfordern zudem einfache Förderwegisometrien und ausreichend Platz bei der Installation.

Ein weiterer Grund für die Entscheidung, dass die Kartoffelstärke mit einem pneumatischen Fördersystem gefördert werden soll, betrifft die Produktfeuchte der Kartoffelstärke aus dem Trockner. Feuchte Produkte neigen bei mechanischer Belastung zu Produktanbackungen, welche unter dem Aspekt der Hygiene möglichst zu verhindern sind. Die Produktanbackungen können auch die Performance der Anlage beeinträchtigen und den Transport unter Umständen zum Erliegen bringen.

## Auswahl des pneumatischen Fördersystems

Nach dem generellen Entscheid für ein pneumatisches Fördersystem gilt es jetzt, aus den verschiedenen pneumatischen Fördersystemen das für die Aufgabenstellung geeigneteste System auszuwählen.

Für die Auslegung von pneumatischen Fördersystemen müssen dabei folgende Punkte beachtet werden:

- das Layout der Förderanlage (Horizontale und Vertikale Weglängen, Anzahl Rohrkrümmer),
- der geforderte Durchsatz
- und die Produkteigenschaften (Abrieb- und Bruchempfindlichkeit, Feuchtegehalt, Schüttgewicht, Korngrößenverteilung, Kornform, Fließeigenschaften, Komprimierbarkeit, Fluidisierbarkeit, Abrasivität, Produkttemperatur und Hygroskopie).

Zur Auswahl stehen als Dosierorgane, d. h. um das Produkt in die Rohrleitung einzudosieren, entweder Zellenradschleusen oder Druckbehälter. Bei Zellenradschleusen wird das Produkt mechanisch durch ein rotierendes Zellenrad in die Rohrleitung eingebracht und mit hohen Luftgeschwindigkeiten weggetragen. Die Luftgeschwindigkeiten betragen im Normalfall zwischen 25 und 30 m/s. Das Produkt wird mit etwa 70 % von der Luftgeschwindigkeit mitgeschleppt. Auf jedes einzelne Produktkorn wirken im Luftstrom Auftriebs-, Gewicht- und Umströmungswiderstandskräfte. Kollisionen der Produktkörner mit der Rohrleitungswand ergeben zudem noch weitere Reibungsverluste. Diese Widerstandskräfte summieren sich über die Anzahl an Partikel und über die Förderdistanz. Sie werden schlussendlich durch den Förderdruck dargestellt. Diesen Förderdruck muss die Luft überwinden, um den Transport aufrecht zu erhalten.

Für Förderungen mit Zellenradschleusen wird der Förderdruck meist auf unter 1 bar limitiert, da sich ansonsten die Probleme mit der Leckluft und der Produkteindosierung häufen. Dies kann man durch die Wahl der Produktbeladung im Luftstrom einstellen. Die Produktbeladung  $\mu$  ist das Verhältnis an Menge Produkt in kg die mit einem kg an Luft transportiert werden kann. Je höher die Beladung ist, desto weniger Luft wird verbraucht, aber als Folge davon wird auch der Förderdruck ansteigen.

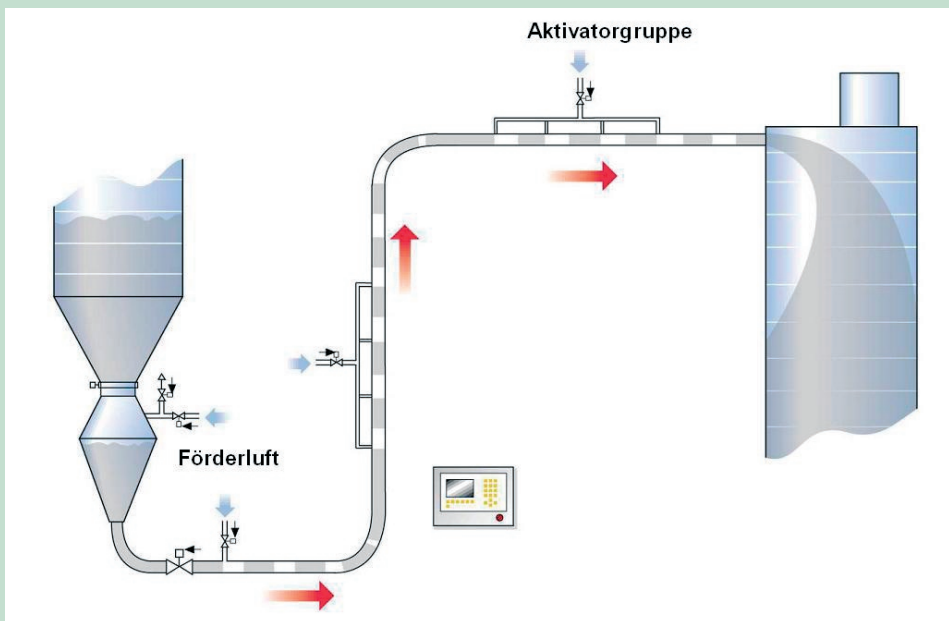
Die Beladung charakterisiert zusammen mit der Luftgeschwindigkeit den Förderzustand des Produktes in der Rohrleitung. Es gibt vier Förderzustände. Der 1. Förderzustand ist charakterisiert durch eine geringe Beladung bei hohen Luftgeschwindigkeiten. Die Partikel sind vollkommen homogen im Luftstrom verteilt und fliegen als

Einzelpartikel durch die Rohrleitung. Durch Reduzierung der Luftgeschwindigkeit sammeln sich einige Partikel im unteren Teil des Rohres und werden als Strähne transportiert. Im oberen, verengten Teil des Rohres befinden sich die Partikel hingegen wiederum homogen im Luftstrom suspendiert. Durch eine weitere Reduzierung der Luftgeschwindigkeit geht die Strähnenförderung in eine Dünenförderung über.

Falls die Produkteigenschaften gewisse Voraussetzungen (wie z. B. gute Luftdurchlässigkeit) erfüllen, ist sogar eine noch langsamere Förderung in Form von Pfropfen möglich. Bei der Pfropfenförderung füllt das Produkt den Rohrdurchmesser komplett aus. Dieser Förderzustand wird durch sehr hohe Beladungen und sehr tiefe Geschwindigkeiten charakterisiert. Deshalb wird dieses Verfahren für sehr abrieb- oder bruchempfindliche Schüttgüter verwendet oder da, wo eine Entmischung minimiert werden muss.

## Strähnenförderung von Kartoffelstärke

Bei zu hohen Fördergeschwindigkeiten bildet sich bei feuchten und klebrigen Produkten ein Produktbelag an der Innenseite der Rohrleitung. Die Stärke sollte demnach bei einer Geschwindigkeit gefördert werden, bei der Produktanbackungen minimal sind. Eine sehr schonende und langsame Pfropfenförderung war allerdings für diesen konkreten Fall nicht nötig, welche auch in Anbetracht der geforderten Leistung von 20 bis 25 t/h und der Förderdistanz von 240 m schwierig zu realisieren gewesen wäre. Deshalb fiel die Wahl auf eine Strähnenförderung mit mittleren Luftgeschwindigkeiten. Da die Zellenradschleu-



Beim Pfpfropfenförderer wird die selbstregulierende getaktete Luftzuführung an kritischen Stellen der Rohrleitung installiert

sen nur bis etwa 1 bar Förderdruck vernünftig einsetzbar sind, müsste mit einer sehr kleinen Produktbelastung auf die 240 m gefördert werden. Dies hätte natürlich auch Auswirkungen in Form von gesteigertem Luftverbrauch, größeren Rohrleitungen und größeren Filtern.

Zudem kommt auch hier hinzu, dass sich das feuchte Produkt durch das mechanische Rotieren des Zellenrades auf dem Zellenrad oder auf dem Gehäuse aufbauen kann und somit zusätzlicher Reinigungsaufwand nötig wäre.

Bei der Förderung mit einem Druckbehälter gibt es hingegen keine rotierenden Teile und zudem können höhere Förderdrücke ohne Probleme erreicht werden. Deshalb fiel die endgültige Wahl des Förderystems auf eine Strähnenförderung mit Druckbehältern.

Um die Kartoffelstärke kontinuierlich vom Trockner wegfordern zu können, wurde ein Doppelsendersystem eingesetzt. Während der eine Druckbehälter das Produkt fördert, wird der andere Druckbehälter befüllt. Im Falle einer Störung eines Druckbehälters könnten mit dem anderen Druckbehälter noch etwa 70 % der nominalen Förderleistung erreicht werden. Die Steuerung erlaubt demnach einen Einzelsender- sowie einen Doppelsenderbetrieb. Die Druckbehälter sind konform nach der europäischen Druckgeräterichtlinie PED konstruiert und auf 3,9 bar ü Betriebsdruck zugelassen. Somit stellen Förderdrücke von 2 bis 3 bar ü kein Problem dar. Um die Produktionsleistung des Trockners jederzeit überprüfen zu können, wurden die Druckbehälter auf Wiegezellen gesetzt.

Die Anlage läuft nun schon seit mehr als zwei Jahren absolut zuverlässig und erfüllt die hohen Ansprüche an die Apparate und an die geforderte Performance.

## Schonende Förderung von Haferflocken

Für die schonende Förderung von Produkten werden anstelle der Strähnenförderung Pfpfropfenförderungen mit Luftgeschwindigkeiten von 4 bis 12 m/s eingesetzt. Für schwierige Schüttgüter oder bei der Förderung von empfindlichen Produkten mit Leitungslängen über 100 m kommt zusätzlich zur Luftzufuhr am Anfang der Rohrleitung noch eine über die Rohrleitung verteilte Luftzufuhr dazu. Die selbstregulierende getaktete Luftzuführung wird dabei an kritischen Stellen der Rohrleitung installiert.

Bei der schonenden Förderung mit langsamen Fördergeschwindigkeiten von unter 10 m/s kann es nämlich sein, dass sich die Produktpfropfen abhängig von Produkt und von der Rohrleitungsisometrie nach einer gewissen Förderdistanz zu einem größeren Pfpfropfen zusammenschieben. Versuche haben gezeigt, dass ein einzelner Materialpfpfropfen in der gleichen Rohrleitung einen höheren Verschiebewiderstand hat als mehrere kleine Pfpfropfen derselben Materialmenge. Ein großer Pfpfropfen lässt demzufolge den Förderdruck stark ansteigen, und als Folge des angestiegenen Förderdrucks wird die Fördergeschwindigkeit weiter reduziert. Dies lässt wiederum den Druck nochmals ansteigen, da die zur Förderung notwendige Geschwindigkeit unterschritten werden kann, bis es schlussendlich zu einem Verstopfen kommt.

Um dennoch eine hohe Betriebssicherheit bei der schonenden und langsamen Förderung zu gewährleisten, wird der Druckanstieg in der Rohrleitung detektiert, und wenn nötig, wird zusätzliche Luft an den kritischen Stellen der Rohrleitung getaktet eingeblasen. Dies bewirkt die Auf-

spaltung des großen Pfpfropfen in mehrere kleinere Pfpfropfen und verringert dadurch den Förderdruck wieder. Selbstverständlich wird danach die Zusatzluft wieder ausgeschaltet, um nicht zu viel Luft zu verbrauchen und um schlussendlich nicht doch zu einer zu hohen Fördergeschwindigkeit zu kommen, die schädlich für das Produkt ist.

Mit diesem Förderverfahren können empfindliche und schwierige Produkte schonend über mehr als 100 m gefördert werden. Anwendungen findet man in der Waschmittelindustrie, in der chemischen Industrie und in der Nahrungsmittelindustrie. Umfangreiche Tests im Technikum für die Peter Kölln KGaA, Elmshorn, haben gezeigt, dass mit diesem System eine staubarme Förderung von Klein- und Großblatt-Haferflocken über 120 m möglich ist.

## Gewusst wie

Erfahrungen bei der pneumatischen Dichtstromförderung sind bei der Auslegung von Förderanlagen unerlässlich. Dabei kommt der Firma Gericke ein Erfahrungsschatz von annähernd 2000 gelieferten Dichtstromförderanlagen für die unterschiedlichsten Produkte und Anforderung entgegen. Zudem verfügt Gericke über die Möglichkeit, in den Technikumsanlagen in der Schweiz, in England und in Frankreich die Gegebenheiten der geplanten Anlage nahezu 1:1 zu simulieren, da verschiedenste Rohrleitungslängen bis 300 m und Rohrlungsdurchmesser bis DN 125 vorhanden sind. Inzwischen wurden auch schon annähernd 2000 pneumatische Förderversuche durchgeführt.

GERICKE

000

[www.vfmz.de/150008](http://www.vfmz.de/150008)

## Beispiele geförderter Produkte:

**A**dipinsäure  
Additive  
Aktivkohle  
Aluminiumoxide  
Ammoniumnitrat  
Ammoniumsulfat  
Anhydrit  
Antimonoxid

**B**enzolsäure  
Bikarbonat  
Borsäure

**C**alzit  
Carotin  
Casein  
Cellulose  
Cerealien

**D**extrose  
Dicalciumphosphat  
Dolomit

**F**arbstoffe  
Fettpulver

Filterstaub  
Fischfutter  
Flugasche  
Flussspat  
Fructose  
Fungizide

**G**elatine  
Gemüse (gekühlt)  
Getreide  
Gewürze  
Gips  
Glas  
Glucose  
Granulate  
Graphit  
Gummi Arabicum

**H**aferflocken  
Hefe

**I**sophthalsäure

**K**affeepulver  
Kaffeebohnen  
Kaffeeweisser  
Kakaopulver  
Kalk

Kalksteinmehl  
Kalzium  
Kalziumkarbonat  
Kaolin  
Kartoffelflocken  
Kartoffelstärke  
Keramikpulver  
Kieselsäure  
Klärschlamm  
Klinker  
Kobaltoxid  
Koks  
Kreide  
Kryolit  
Kunststoffgranulat

**M**agermilchpulver  
Magnesit  
Magnetit  
Maisstärke  
Maltodextrin  
Mangandioxid  
Mehl  
Melamin  
Methionin  
Milchpulver  
Molekularsieb  
Mörtel

**N**atriumkarbonat  
Natriumperborat  
Natriumperkarbonat  
Natriumphosphat  
Natriumsulfat  
Nikotinsäure  
Nylon

**P**astillen  
Pektin  
Perborat  
Perlit  
Perluss  
Phosphat  
Pigmente  
Polyacrylat  
Polyamid (PA)  
Polyethylen (PE)  
Polyethylenterephthalat (PET)  
Polymere  
Polystyrol  
Polyvinylchlorid (PVC)  
Puderzucker

**Q**uarmehl

**S**alz  
Sand

Schokoladepulver  
Siliciumcarbid  
Soja  
Sorbitol  
Sprühgut  
Stärke  
Superabsorber

**T**abak  
Tabletten  
Talk  
Tee  
Terephthalsäure  
Tonminerale

**U**ranoxid

**V**itamine

**W**aschmittel  
Weizen

**Z**ement  
Zeolith  
Zinkoxid  
Zirkon  
Zucker

# Perfekt abgestimmt:

## Zubehör aus einer Hand

### Förderleitungssystem

Rohrverbindungen geschweisst, geflanscht, Milchverschraubung, Clampverschlüsse, aseptisch.



### Gericke Rohrbogen

Typ GB gegen Verschleiss- und Förderguttrieb.



### Luftaufbereitungsanlage

Für Vakuum-, ND-, MD- und Hoch-Druck-Förderanlagen.



### Gericke Mikroprozessor-Steuerung

Bedienungsfreundlich, automatischer Ablauf, Betriebsparameter optimal einstellbar, einsetzbar für die verschiedenen Fördersysteme, Schnittstelle zu SPS oder Integration in Prozessleitsystem mit Visualisierung.



### Einspeisung in die Förderleitung

Durchlassschleusen, Durchfallschleusen, Granulatschleusen, Spezialschleusen für abrasive Produkte, Schnellreinigungsschleusen.



### Gericke Rohrweichen

Quetschventil-, Klappen-, Drehschieber- (Küken-), Drehrohr-, Schlauch-Rohrweichen.



### Schonende Tankwagen-Entladung

Mobile Andockstation mit automatischer Ablaufsteuerung. Möglichkeit zu zusätzlicher Einrichtung für die kontrollierte und getaktete Sekundärluftzugabe entlang der Rohrleitung.



# Gericke

[www.gericke.net](http://www.gericke.net)