

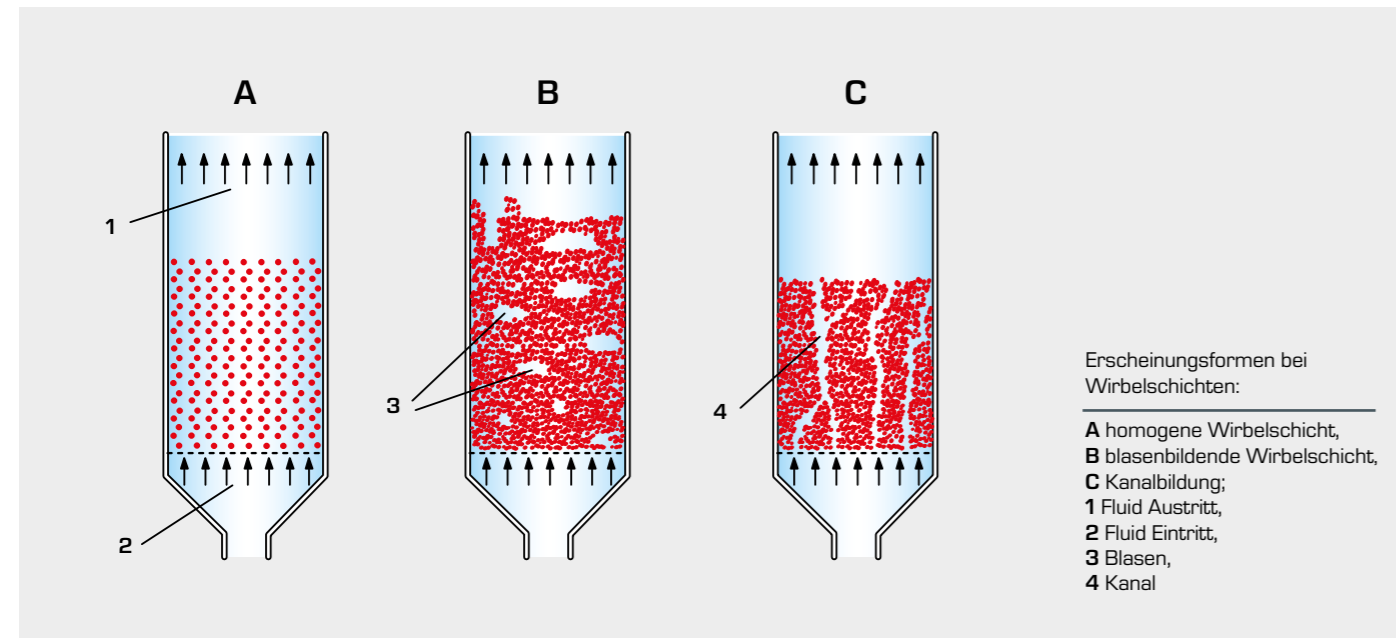
## Basiswissen

## Wirbelschichten

An einer Wirbelschicht sind zwei Phasen beteiligt: ein Feststoff und ein Fluid (Gas oder Flüssigkeit). Wird eine ruhende Schütt-schicht von einem Fluid mit einer ausreichenden Geschwindigkeit (Lockerungsgeschwindigkeit) durchströmt, wird die Schicht soweit aufgelockert, dass einzelne Feststoffpartikel in einen Schwebezustand versetzt werden. Dieser Zustand wird als Fluidisierung bezeichnet. Die so entstandene Wirbelschicht verhält sich strömungstechnisch und thermodynamisch ähnlich wie eine Flüssigkeit. Bei zu großen Geschwindigkeiten werden Partikel aus der Wirbelschicht ausgetragen. Hydraulische oder pneumatische Förderung setzt ein.

Aufgrund der großen Kontaktflächen zwischen Feststoff und Fluid werden Wärme- und Stofftransportprozesse zwischen Partikeln und Fluid, aber auch zwischen den Partikeln untereinander begünstigt.

Ein Anwendungsgebiet ist die Wirbelschichtfeuerung. Dabei findet die Verbrennung in einer Wirbelschicht aus zerkleinertem Brennstoff und heißer Verbrennungsluft statt. Das Wirbelschichtverfahren ermöglicht niedrige Verbrennungstemperaturen. Somit können sehr geringe Stickoxidemissionen eingehalten werden.



Bei Wirbelschichten können folgende Erscheinungsformen auftreten:

#### ■ Homogene Wirbelschicht

Bei zunehmender Strömungsgeschwindigkeit des Fluids findet eine gleichmäßige Volumenausdehnung der Wirbelschicht statt. Die Feststoffpartikel sind über die gesamte Schicht gleichmäßig verteilt. In der Realität lässt sich ein solches Verhalten nur in Flüssigkeiten bei Verwendung gleich großer Partikel beobachten.

#### ■ Inhomogene Wirbelschicht

In der Wirbelschicht finden Klassier- oder Sortierprozesse statt. Spezifisch schwerere Partikel reichern sich im unteren Bereich an. Bei Verwendung von Gasen als Fluid entstehen in der Wirbelschicht praktisch immer Blasen. Sie sind feststofffrei. Kleinere Blasen vereinigen sich auf dem Weg an die Oberfläche zu größeren Blasen. An der Oberfläche zerplatzen sie. Die Oberfläche der Wirbelschicht wirkt wie eine brodelnde Flüssigkeit.

#### ■ Kanalbildung

Wird als Feststoff ein feinkörniges Schüttgut verwendet und haften die einzelnen Partikel aneinander, kann eine Wirbelschichtbildung ausbleiben. Es bilden sich Strömungskanäle. Eine Durchströmung der umliegenden Bereiche findet nicht statt. Eine Wirbelschichtbildung bei solchen Feststoffen ist nur durch zusätzliches Rühren zu erreichen.

## Basiswissen

## Pneumatische Förderung

Mit pneumatischen Förderanlagen werden pulverförmige und körnige Schüttgüter mit Hilfe eines Gasstroms (meist Luft) in Rohrleitungen transportiert. Bei den Schüttgütern kann es sich beispielsweise um Lebensmittel wie Mehl oder Hülsenfrüchte handeln.

Pneumatische Förderanlagen bestehen im Wesentlichen aus einem Gebläse, einer Förderleitung und einem Staubabscheider (z.B. Gaszyklon). Die Förderung kann horizontal, vertikal und schräg erfolgen.

Die Förderleitung kann an der Saugseite (Saugförderung) oder auf der Druckseite (Druckförderung) des Gebläses angeschlossen werden. Es gibt auch kombinierte Saug-Druck-Anlagen. Saugförderanlagen arbeiten aufgrund des Unterdrucks völlig staubfrei, da durch den Unterdruck im System keine Staubluft austreten kann. Mit Druckförderanlagen können größere Höhenunterschiede und Entfernungen überwunden werden als mit Saugförderanlagen.

Je nach Geschwindigkeit und Feststoffgehalt des Luftstroms können in **horizontalen** Rohrleitungen unterschiedliche Förderzustände auftreten:

#### ■ Flugförderung (Dünnstromförderung)

Bei großen Geschwindigkeiten bewegen sich die Feststoffpartikel gleichmäßig über den Querschnitt verteilt durch die Leitung. Partikel prallen gegeneinander oder gegen die Rohrwand.

#### ■ Strähnenförderung

Wird die Geschwindigkeit bei gleichbleibendem Feststoffgehalt verringert, reicht die Energie der Strömung nicht mehr aus, um den gesamten Feststoff in Schwebe zu halten. Ein Teil der Feststoffpartikel gleitet als Strähne am Rohrboden. Der andere Teil wird fliegend über der Strähne transportiert.

#### ■ Dünenförderung (Dichtstromförderung)

Wird die Geschwindigkeit weiter abgesenkt, bewegen sich die Feststoffpartikel wie eine Düne. Partikel werden über die Kuppe der Düne bewegt und lagern sich in deren Windschatten ab. Aus den Dünen können sich bei weiterer Geschwindigkeitsabsenkung Ballen bilden, die einen großen Teil des Rohrquerschnitts einnehmen.

#### ■ Pfropfenförderung (Dichtstromförderung)

Bei sehr geringen Geschwindigkeiten nehmen die Ballen den gesamten Rohrquerschnitt ein und es bilden sich Pfropfen. Ballen und Pfropfen kommen nur sehr langsam voran. Hat das Gebläse nicht genug Druckreserven, können Ballen- und Pfropfenförderung schnell zum Verstopfen der Rohrleitung führen.

In **vertikalen** Rohren treten im Prinzip die gleichen Förderzustände auf. Jedoch hat die Schwerkraft in diesem Fall einen größeren Einfluss.

