

Basiswissen  
Mischen

Mischen ist das Gegenteil von Trennen. Die zu mischenden Stoffe können gasförmig, flüssig oder fest sein. Beim Feststoffmischen handelt es sich um pulverförmige oder körnige Stoffe. Ziel ist es, möglichst homogene Gemische herzustellen. Beim Rühren ist die kontinuierliche Phase flüssig. Eine Flüssigkeit, ein Gas oder ein Feststoff werden einer Flüssigkeit zugemischt. Wichtige Anwendungen des Rührens sind:

- Verteilen von löslichen Feststoffen in Flüssigkeiten

Der Feststoff wird in der Flüssigkeit verteilt und dabei in Atome, Moleküle oder Ionen zerlegt. Der Feststoff ist nach dem Lösen nicht mehr als solcher zu erkennen. Rühren beschleunigt den Lösungsprozess.

- Verteilen eines unlöslichen Feststoffs in einer Flüssigkeit (suspendieren)

Die entstehenden Suspensionen neigen zum Entmischen, d.h. die Feststoffpartikel würden mit der Zeit absinken. Erst bei Partikelgrößen unter  $1\mu\text{m}$  entstehen stabile Suspensionen. Ein Beispiel sind Lacke, bei denen Farbpigmentpartikel in Harzen suspendiert vorliegen.

- Mischen von nicht ineinander löslichen Flüssigkeiten (emulgieren)

Die zu verteilende flüssige Phase liegt in Tröpfchenform in der anderen Flüssigphase vor. Dies ist zum Beispiel bei kosmetischen Cremes und Lotionen der Fall.

- Mischen ineinander löslicher Flüssigkeiten

Zweck ist der Ausgleich von Konzentrations- und Temperaturunterschieden. Außerdem kann der Reaktionsablauf im Gemisch gesteuert werden, da die Reaktionsgeschwindigkeit von der Mischgüte der Reaktionspartner abhängt.

- Beispiel

Bei der Herstellung von Tabletten führt eine schlechte Durchmischung der Ausgangsstoffe zu unterschiedlichen Wirkstoffgehalten in den Tabletten.

- Begasen von Flüssigkeiten

Über ein Lochblech oder andere Formen von Injektoren werden Gasbläschen in der Flüssigkeit fein verteilt. Eine Anwendung ist die Ausfällung von Eisenoxiden durch Injizieren von Luft bei der Abwasserbehandlung.

Je nach Anwendungsfall kommen Rührer der unterschiedlichsten Formen zum Einsatz. Sie lassen sich grob nach dem erzeugten Strömungsfeld unterscheiden. Dementsprechend gibt es axial-, radial- und tangentialfördernde Rührer. Stromstörer werden eingesetzt, um zu verhindern, dass der gesamte Behälterinhalt mit dem Rührer mitrotiert.

Basiswissen  
Agglomeration

Agglomerieren ist das Gegenteil von Zerkleinern. Die Begriffe Agglomeration, Granulation und Pelletierung bezeichnen den Prozess der Kornvergrößerung von Feststoffen. Pulverförmiges Feingut wird zu größeren Partikelverbänden zusammengefügt. Die Partikelverbände können als Flocken, Granulate, Agglomerate, Pellets, Briketts oder Tabletten bezeichnet werden. Grund für das Anwenden eines Agglomerationsverfahrens kann die Verbesserung des Fließverhaltens, eine bessere Mischbarkeit, die Herabsetzung von Staubentwicklung oder die gezielte Einstellung von Form, Größe, Porosität, Festigkeit etc. sein.

Grob lassen sich folgende Agglomerationsverfahren unterscheiden:

- Aufbauagglomeration

Es findet eine Zusammenlagerung einzelner, frei beweglicher Partikel zu größeren Verbänden oder deren Anlagerung an existierende Partikelverbände statt. Oft werden Flüssigkeiten als Bindemittel eingesetzt. Aufbauagglomeration kann in Wirbelschichten stattfinden. Bei der Rollagglomeration entstehen größere Partikelverbände durch Abrollen nach dem Schneeballprinzip. Die technische Umsetzung erfolgt mit Granuliertellern, Granuliertrommeln oder Mischern.

- Pressagglomeration

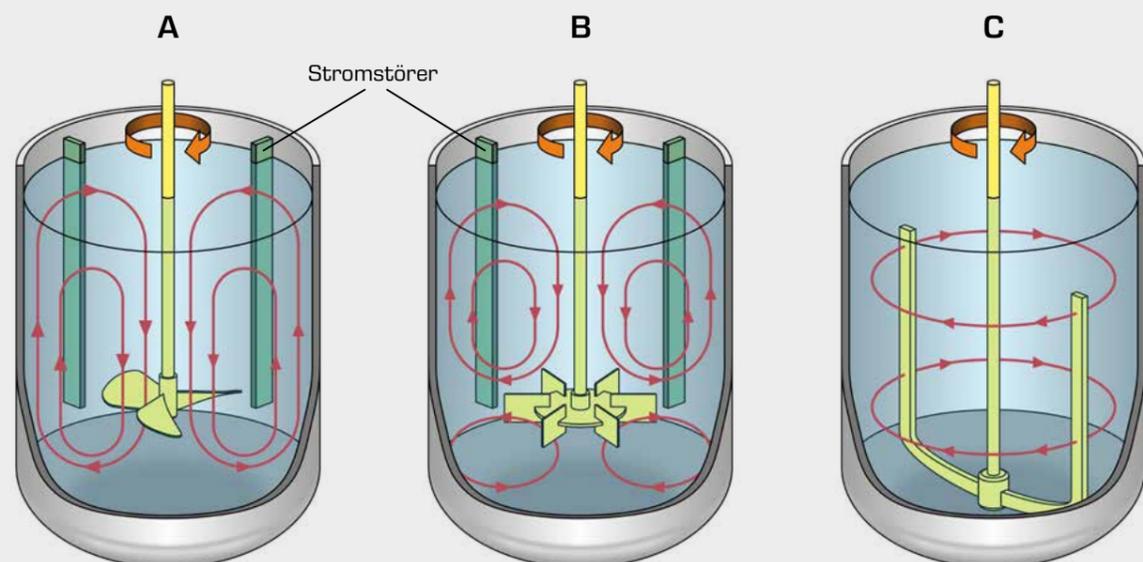
Aus einem pulverförmigen Feststoff wird unter Einwirkung äußerer Druckkräfte ein Agglomerat gebildet. Beim Tablettieren wird das Pulver hierzu in einer Matrize mit einem Stempel verdichtet. Eine weitere Anwendung ist das Walzenpressen, wobei zwei glatte Walzen (Ergebnis sind ungleichmäßige Agglomerate) oder Walzen mit muldenartigen Vertiefungen (Ergebnis sind Formteile wie Briketts) zum Einsatz kommen.

- Weitere Verfahren: Flockung zur Abscheidung von Schwebstoffen aus Flüssigkeiten, Sintern.

Je nach Verfahren werden unterschiedliche Bindungsmechanismen mit verschiedenen Haftkräften wirksam (siehe Abbildung). Grundsätzlich lassen sich dabei Mechanismen mit und ohne stoffliche Verbindung unterscheiden. Am stabilsten sind Festkörperbrücken, die durch Sintern entstehen. Festkörperbrücken können auch bei anderen Verfahren entstehen, wenn aushärtende oder kristallisierende Bindemittel verwendet werden.

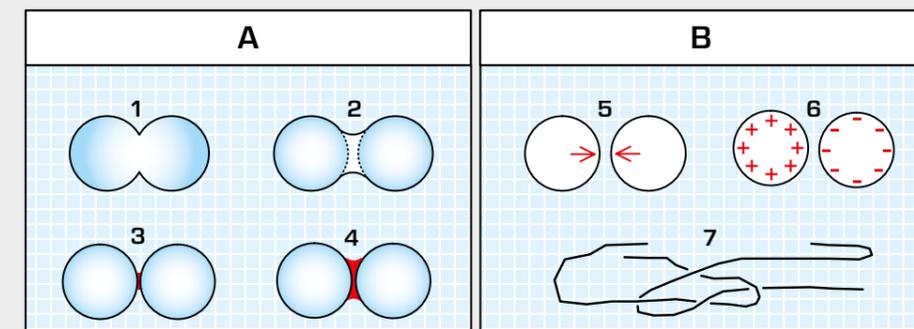
Bei der Aufbauagglomeration spielt vor allem die Haftung durch Flüssigkeitsbrücken eine große Rolle. Abhängig vom Verhältnis Flüssigkeit/Feststoff, der Art der Flüssigkeit sowie der Porenform und -größe entstehen fest an die Oberfläche gebundene Adsorptionsschichten oder frei bewegliche Flüssigkeitsbrücken.

Bei van-der-Waals- und elektrostatischen Kräften liegt keine stoffliche Verbindung vor. Van-der-Waals-Kräfte spielen bei der Pressagglomeration eine große Rolle. Formschlüssige Verbindungen treten bei Faserstoffen wie Papier und Filz auf.



Typische Strömungsfelder in Rührbehältern:

A Propellerrührer (axial), B Scheibenrührer (radial), C Ankerrührer (tangential)



Bindungsmechanismen in Agglomeraten:

A Mechanismen mit stofflicher Verbindung, B Mechanismen ohne stoffliche Verbindung;  
1 Festkörperbrücke durch Sintern, 2 Festkörperbrücke aus aushärtendem oder kristallisierendem Bindemittel,  
3 Flüssigkeitsbrücke mit fest gebundener Adsorptionsschicht, 4 frei bewegliche Flüssigkeitsbrücke,  
5 Anziehung durch van-der-Waals-Kräfte, 6 elektrostatische Anziehung, 7 formschlüssige Bindung

