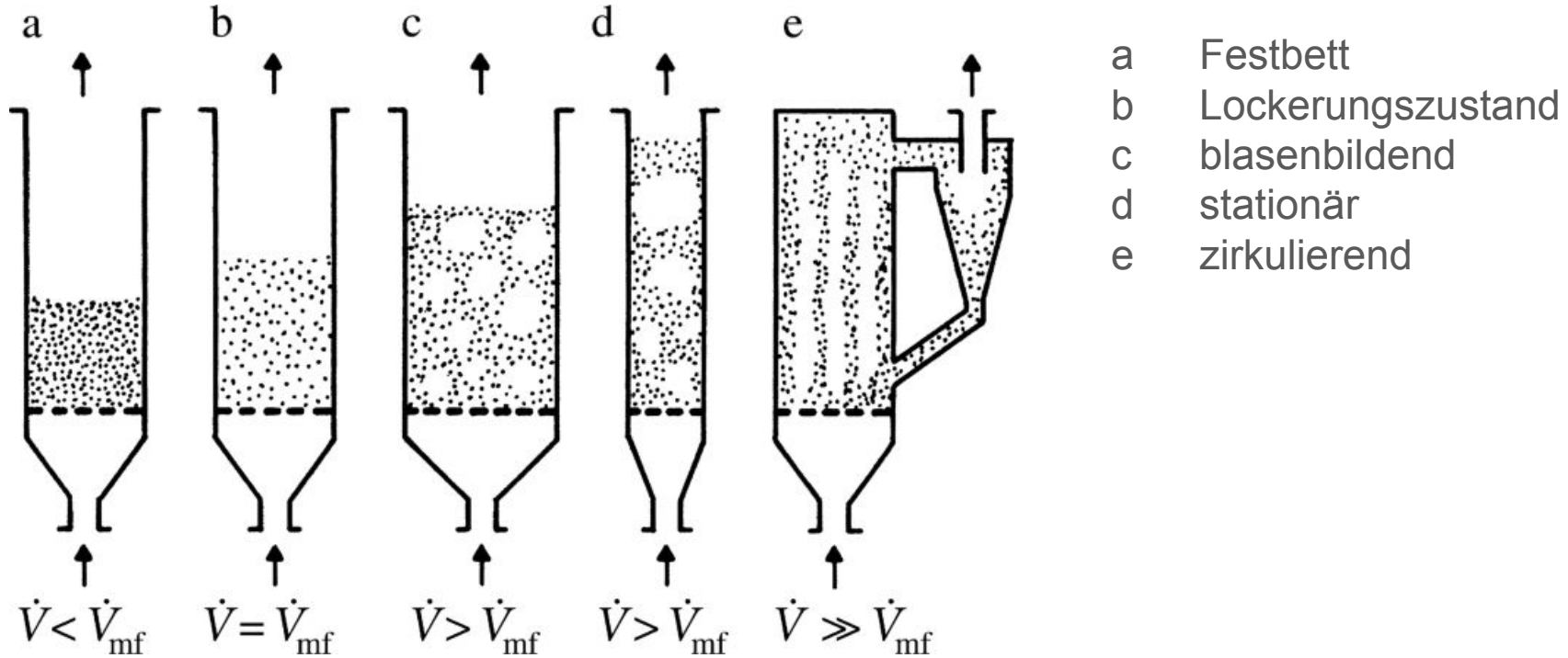


Wirbelschichtanlagen



Funktionsweise der Wirbelschicht

Das Prinzip der Wirbelschicht basiert auf dem Durchströmen einer Feststoffschüttung mit einem Gas, bis sich nach Überwinden der Schwerkraft der einzelnen Teilchen ein bewegtes Bett ausbildet, das sich analog zu einem Fluid verhält. Dieser Lockerungspunkt ist abhängig von der Anströmgeschwindigkeit, der Partikelgröße, -form und -dichte. Es werden fünf verschiedene Zustände der Wirbelschicht unterschieden.

Die homogene Wirbelschicht bildet sich bei gleicher Dichte und Größe der Teilchen am Lockerungspunkt aus, wohingegen man bei der klassierenden Wirbelschicht einen Gradienten in der Partikelgrößenverteilung feststellen kann. Feinere Partikel werden mit dem Gasstrom in den oberen Teil des Bettes ausgetragen. Hohe Anströmgeschwindigkeit führen zur Blasenbildung, die für eine intensive vertikale Durchmischung der Schicht sorgt und für die meisten Wirbelschichtprozesse den gewünschten Arbeitsbereich kennzeichnet. Bei sehr großen oder auch extrem kleinen Partikeln wird eine Fluidisierung der gesamten Schüttung zunehmend schwieriger, und es kommt zur Bildung unregelmäßiger und instationärer Strömungskanäle. Beides führt nicht zu der angestrebten gleichmäßigen Durchmischung. Der Arbeitsbereich für den Wirbelschichtprozess hängt von der Anströmgeschwindigkeit, den Produkteigenschaften wie auch der Geometrie der Anlage ab und ist begrenzt durch die Lockerungs- und die Transportgeschwindigkeit.

Der Winkler-Generator

ist ein von Fritz Winkler entwickelter Wirbelschichtvergaser, der ursprünglich für die autotherme Vergasung von Braunkohle zur Synthesegasherstellung diente.[1]

Verfahren

Die von der BASF entwickelten Verfahren der Ammoniak- und Methanolherstellung erforderten große Mengen an Wasserstoff und Synthesegas, die mit dem Winkler-Generator bereitgestellt werden konnten. Das 1926 zum Patent angemeldete Verfahren wurde zunächst im Leunawerk in Betrieb genommen.

Es handelt sich um ein Gleichstromverfahren, das bei Atmosphärendruck durchgeführt wird und bei dem die anfallende Asche trocken ausgetragen wird. Die Asche fällt teilweise auf den Boden des Reaktors und wird dort von einem Schneckenförderer ausgetragen. Ein weiterer Teil wird mit unverbrannten Kohleteilchen mit dem Gasstrom aus dem Reaktor ausgetragen. Im Gegensatz zu anderen Verfahren wie der Druckvergasung nach Lurgi fallen keine Teere oder Phenole an, die abgetrennt werden müssen.

Die anfallenden Rohgase variieren in ihrer Zusammensetzung je nach verwendeter Braunkohle und Betriebsbedingungen. Der Wasserstoffanteil beträgt zwischen 35 und 46 %, der Kohlenmonoxidanteil beträgt circa 30 bis 40 %. Der überwiegende Teil des Restgases besteht aus Kohlendioxid und zum kleinen Teil aus Methan (1 bis 2 %).

In den 1960er Jahren wurde im damaligen VAW-Lippewerk in Lünen das erste Kraftwerk mit zirkulierender Wirbelschicht zur Verbrennung ballastreicher Steinkohlen gebaut, später für die Kalzinierung von Aluminiumhydroxid. Inzwischen werden Wirbelschichtanlagen für viele verschiedene Zwecke benutzt.

Luftverhältnis

- $\lambda = 1$, so gilt das Verhältnis als stöchiometrisches Verbrennungsluftverhältnis mit $m_{L-tats} = m_{L-st}$; das ist der Fall, wenn alle Brennstoff-Moleküle vollständig mit dem Luftsauerstoff reagieren, ohne dass Sauerstoff fehlt oder unverbrannter Sauerstoff übrig bleibt. **Verbrennung**
- $\lambda < 1$ **Vergasung**
- (z. B. 0,9) bedeutet „Luftmangel“ (bei Verbrennungsmotoren spricht man von einem *fetten* oder auch *reichen* Gemisch)
- $\lambda > 1$
- (z. B. 1,1) bedeutet „Luftüberschuss“ (bei Verbrennungsmotoren spricht man von einem *mageren* oder auch *armen* Gemisch) **Verbrennung**

Wirbelschichtverbrennung Wirbelschichtvergasung

Bei der Wirbelschichtverbrennung werden meist zerkleinerte Abfälle durch Zugaben von Gas z.B. Luft in eine Wirbelschicht versetzt und bei Temperaturen von 750 bis 850 °C verbrannt. Lange Verweilzeiten, große Oberflächen und ein guter Wärmetransport führen zu einem guten Ausbrand.

Die Wirbelschichtvergasung hat folgende typische Merkmale:

- Bei der Wirbelschichtvergasung wird der Brennstoff - hauptsächlich Braunkohle - in einer zirkulierenden Wirbelschicht mit Dampf und Sauerstoff bzw. Luft umgesetzt.
- Die Wirbelschichtvergasung arbeitet im Gegensatz zur Flugstromvergasung bei Temperaturen unterhalb des Ascheschmelzpunktes.
- Durch die relativ niedrige Prozesstemperatur von ca. 850 - 950 °C eignet sich der Prozess besonders für hochreaktive Kohlenstoffträger wie z. B. die Braunkohle.
- Das Rohgas ist teerfrei, aber mit Staub beladen. Dieser wird in Rückführzyklonen größtenteils abgeschieden und in die Wirbelschicht zurückgeführt. Nach der Rohgaskühlung erfolgt die Reststaubabscheidung.
- Der Staub und die Asche aus dem Vergaser werden einer Nachverbrennung zugeführt, um die Deponiefähigkeit zu erreichen.
- Der Kohlenstoffumsatz ist relativ unvollständig, der Vergasungsgrad liegt bei ca. 95 Prozent.

Vor- und Nachteile der Wirbelschicht

Die Vorteile einer Verbrennung in der Wirbelschicht lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Hohe Wärmeübertragungsraten an den Heizflächen
- Niedrige Verbrennungstemperatur und damit keine thermische NO_x -Bildung
- Temperaturen von ca. 850 °C erlauben eine direkte Entschwefelung der Rauchgase, das heißt, eine Reduzierung der SO_2 -Emissionen durch Kalksteinzugabe
- Möglichkeit der Verbrennung von aschereicher und schlecht zündender Kohle oder ähnlicher Brennstoffe und Reststoffe

Nachteilig sind

- der relativ hohe Verschleiß der Heizflächen durch die erosive Wirkung des Bettmaterials
- der hohe Eigenbedarf insbesondere bei zirkulierenden Wirbelschichtfeuerungen
- schlechtes Teillastverhalten

Aufgrund ihrer besonderen Merkmale eignet sich die Wirbelschichtverbrennung insbesondere zur Verbrennung von minderwertigen Brennstoffen in kleineren und mittleren Leistungsgrößen, so zur Verbrennung von Klärschlämmen (stationäre Verfahren) oder zur technischen Nutzung von niederkalorischen Kohlen (vorwiegend zirkulierendes Verfahren).

Testanlage Wirbelschicht



Es wäre angeraten Versuche in einer Testanlage durchzuführen, bevor man an die Konzeption einer Großanlage geht