

# Folien zu den MVT-Lehrveranstaltungen

## **Mechanischen Grundprozesse** *– nur zum persönlichen Gebrauch –*

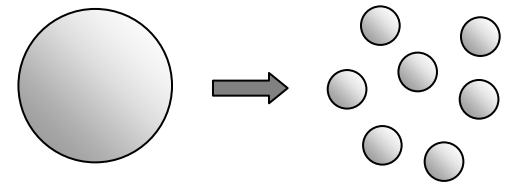
PD Dr.-Ing. habil. Frank Babick

Dresden, Herbst 2020

# 1. Zerkleinern



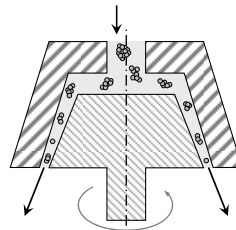
# Zerkleinern



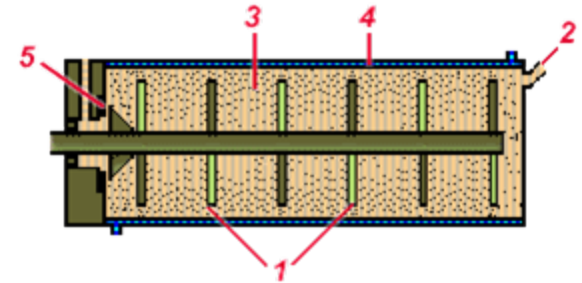
3-Walzen-Stuhl [1]



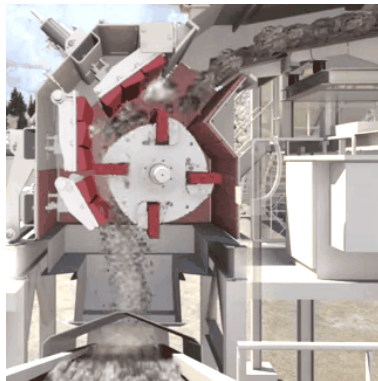
Versprühen [2]



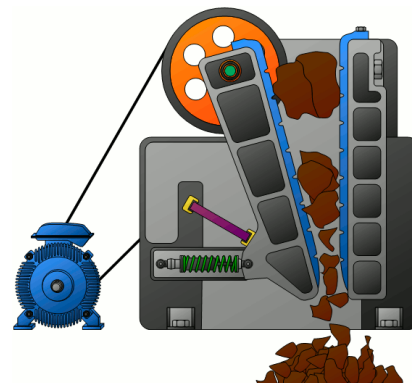
Kolloidmühle [4]



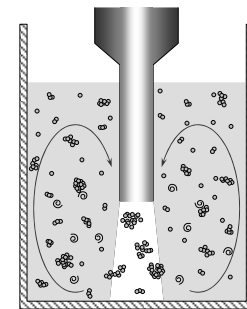
Rührwerkskugelmühle [3]



Hammermühle [5]



Backenbrecher [6]

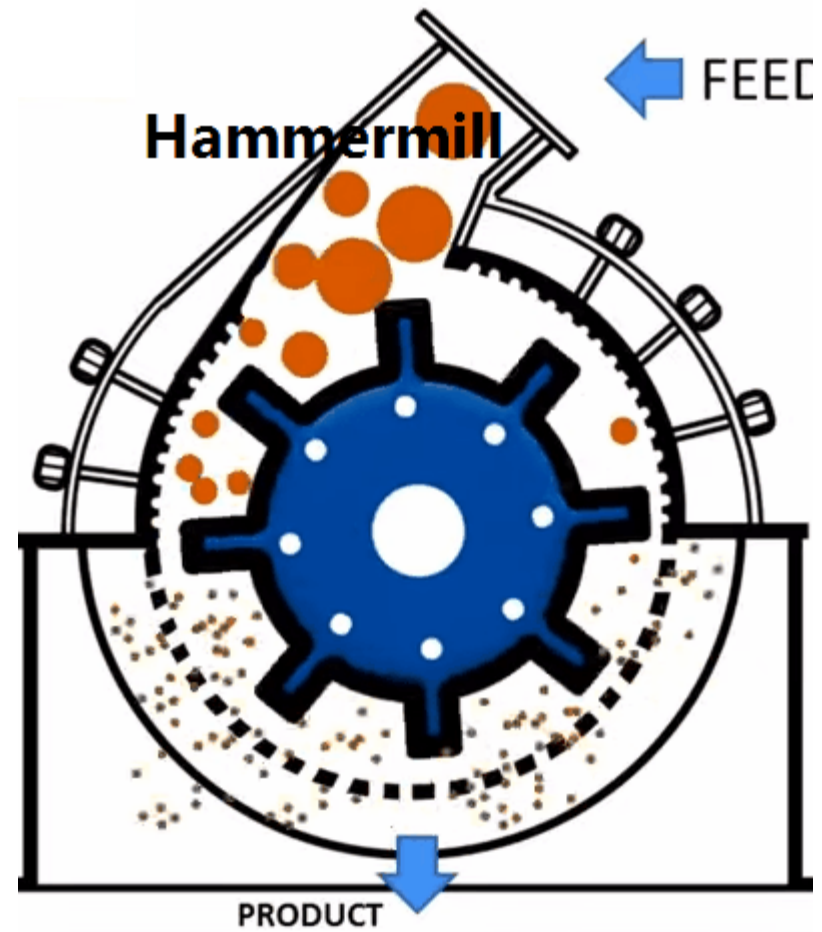
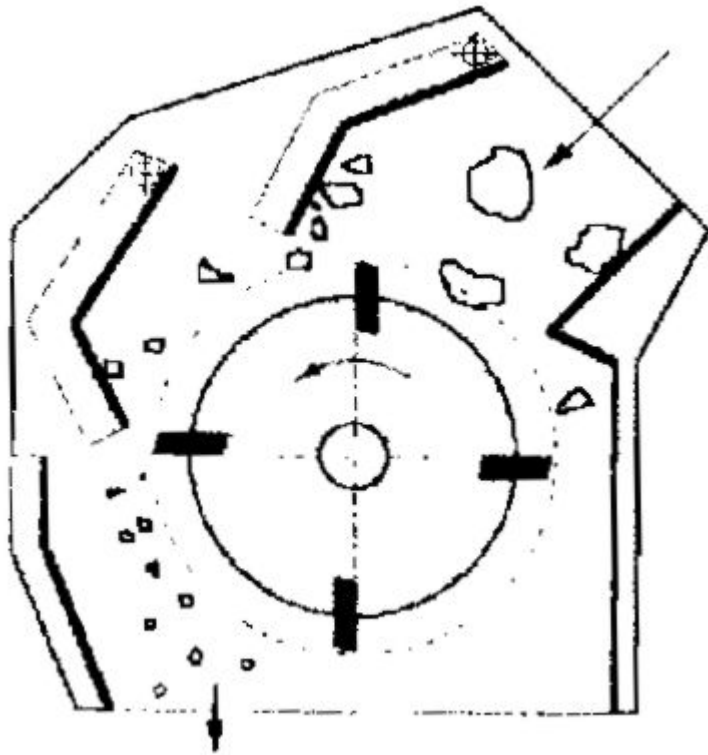


Ultraschalldispersion [7]

# 1. Zerkleinern

*– Brechen und Mahlen von Feststoffen –*

# Prallbrecher (Hammermühle)

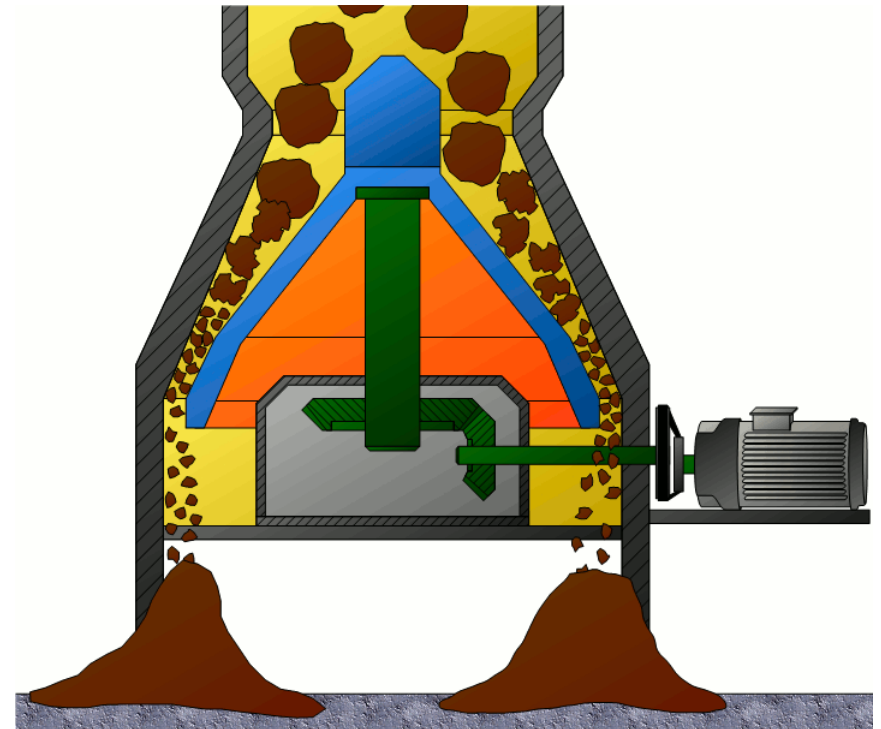
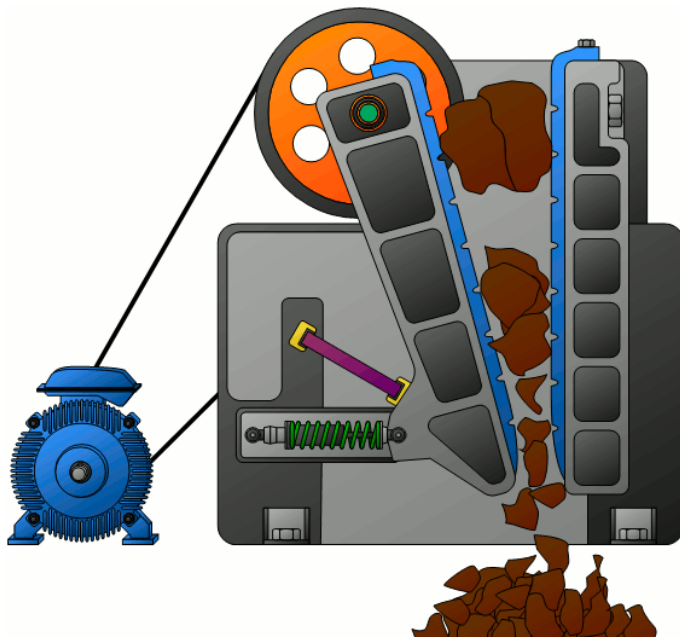


## Bildquellen:

M. Stieß, *Mechanische Verfahrenstechnik 2*, Springer, 1994; S. 250ff

<https://www.911metallurgist.com/blog/hammer-mill-working-principle> (2020)

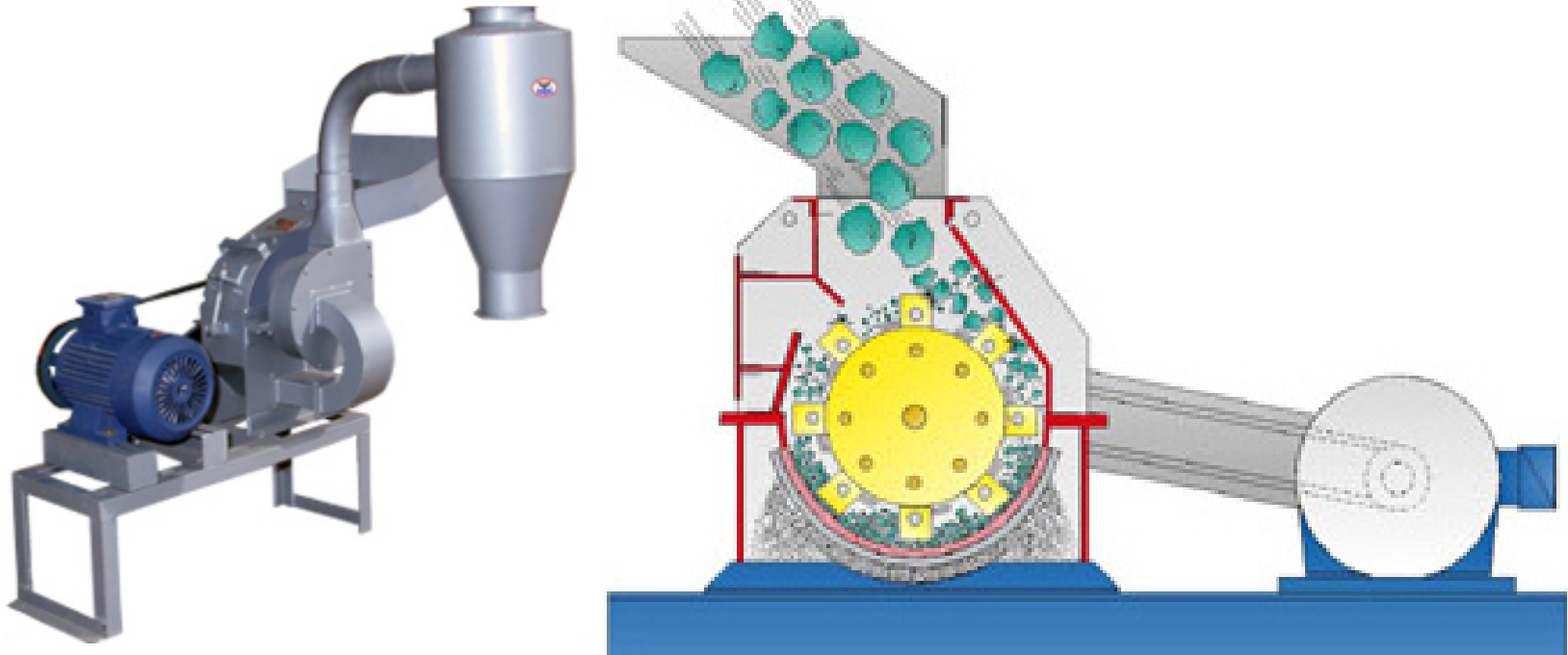
# Backenbrecher



## Bildquellen:

<https://www.tec-science.com/de/werkstofftechnik/stahl-erzeugung-herstellung/eisenerz-foerderung-und-erz-aufbereitung/> (2020)

# Hammermühle

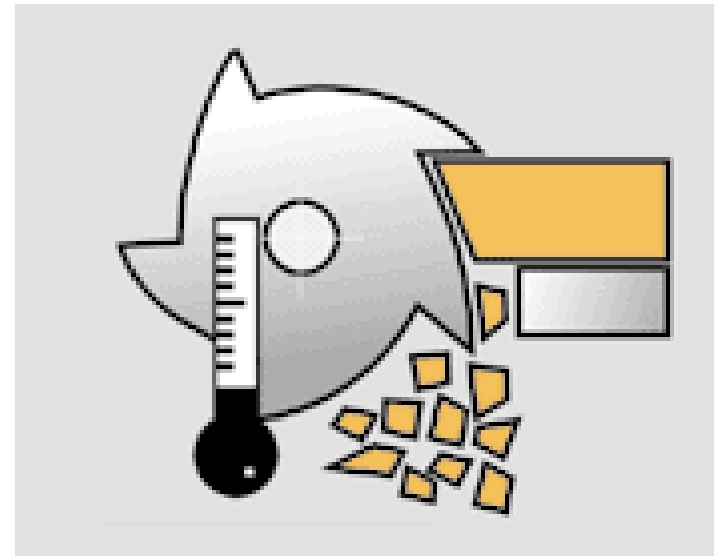
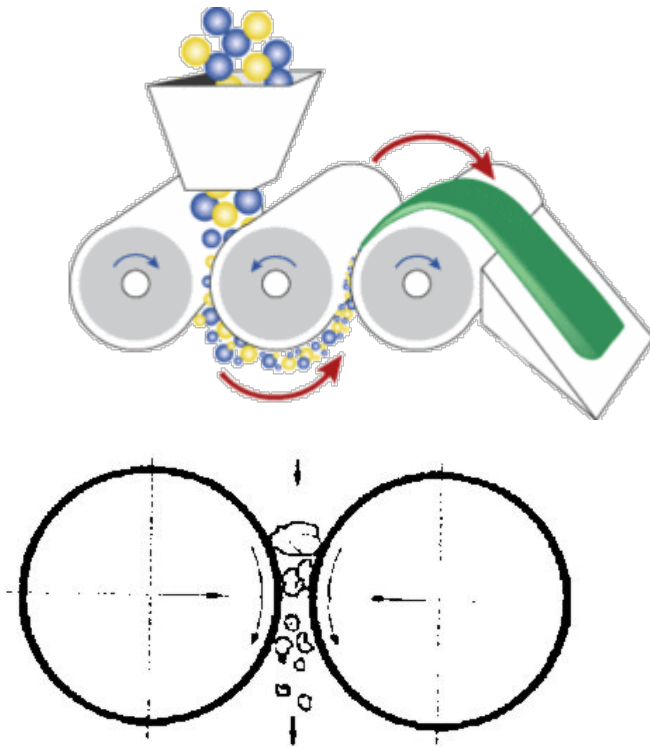


## Bildquellen:

<http://www.pulverizer.co.in/hammermill.htm> (2020)

<http://www.hammermills.com/functions.htm> (2007)

# Walzenmühle und Schneidmühle

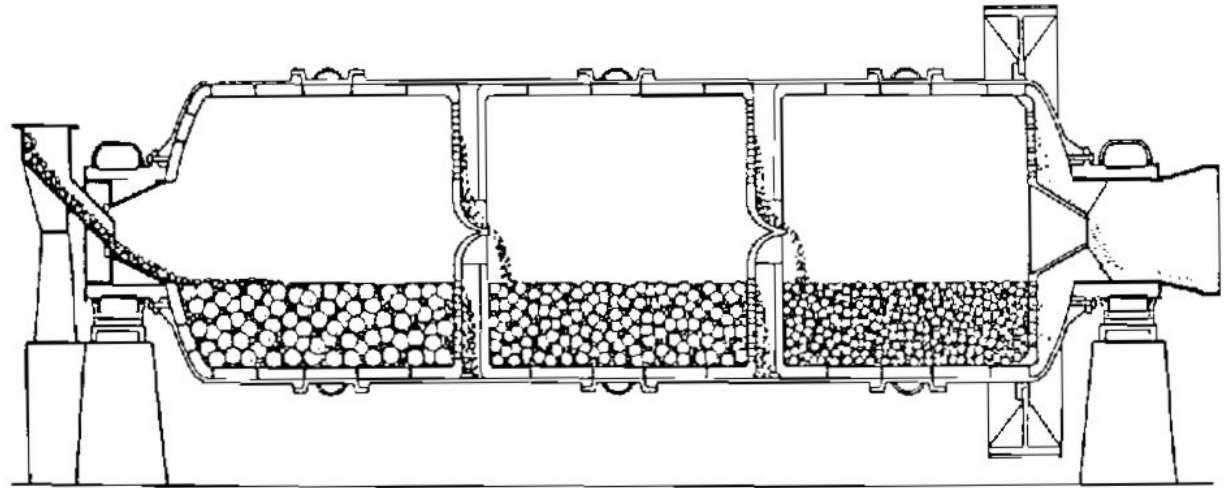
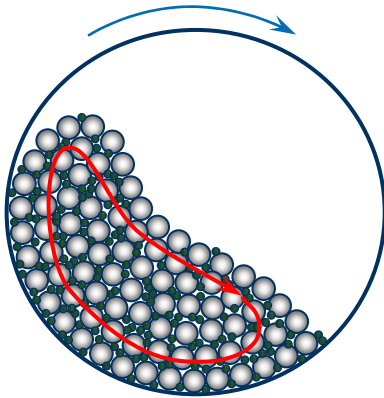


## Bildquellen:

[www.threerollmill.in/images/trm\\_working.jpg](http://www.threerollmill.in/images/trm_working.jpg) (2020)

M. Stieß, *Mechanische Verfahrenstechnik 2*. Springer, 1994; S. 250ff

# Kugelmühle

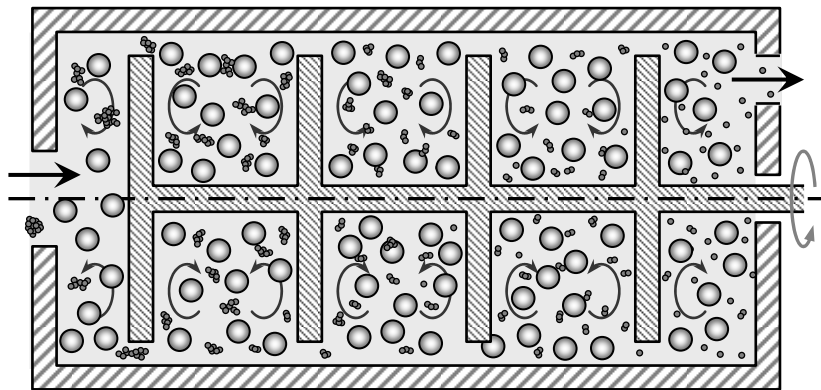
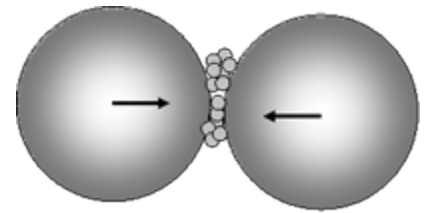
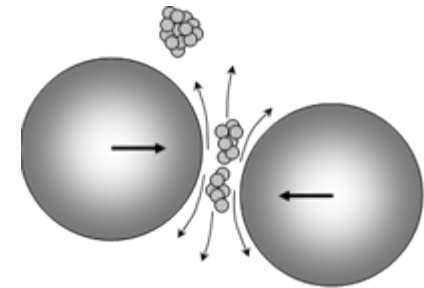
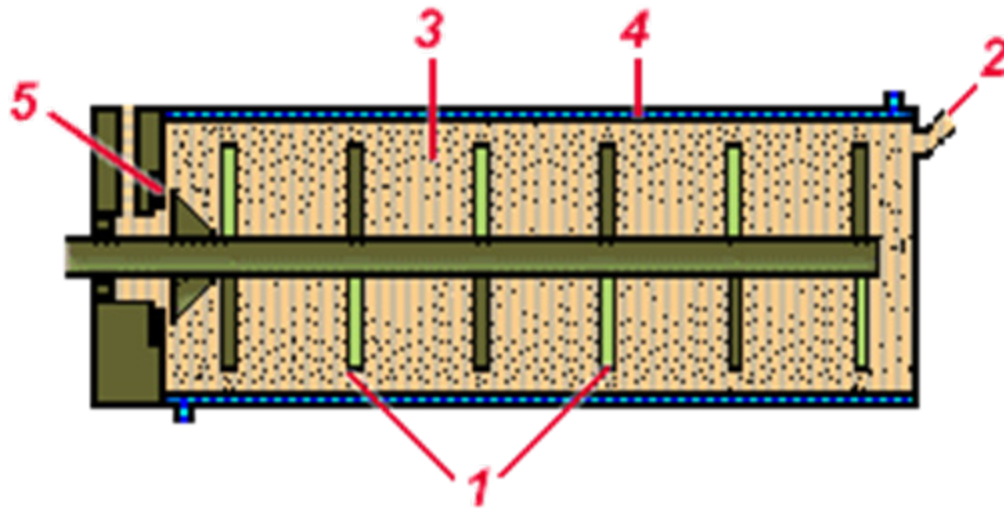


## Bildquellen:

Frank Babick ©2012

M. Stieß, *Mechanische Verfahrenstechnik 2*. Springer, 1994, S. 300

# Rührwerkskugelmühle



## Bildquellen:

[http://www.exakt.de/uploads/RTEmagicC\\_illu\\_dww.gif](http://www.exakt.de/uploads/RTEmagicC_illu_dww.gif) (2007)

F. Babick, *Suspensions of colloidal particles and aggregates*. Springer, 2016, S. 236

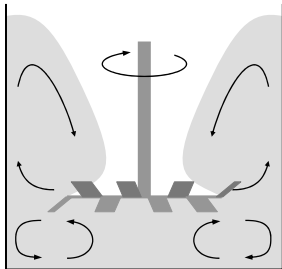
# 1. Zerkleinern

*– Dispergieren von agglomerierten Partikelsystemen –*



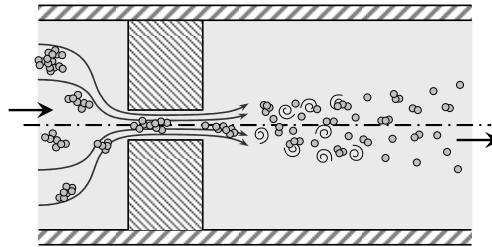
# Dispergiertechniken

## Scheibensysteme (Dissolver)



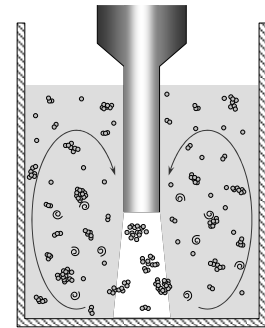
laminare Scherung in hochviskosen Medien

## Hochdrucksysteme (Düsen, Blenden, ...)



Dehnströmung in Düse,  
Turbulenz im Nachlauf  
(für Emulsionen)

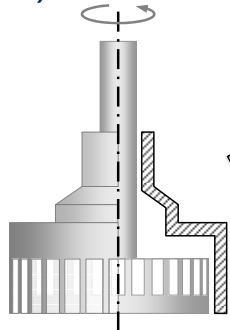
## Ultraschalldispergierer



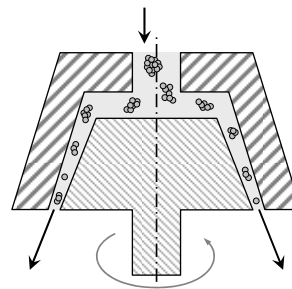
Dispergieren durch Kavitation  
(Emulsionen & Agglomerate)

## Rotor-Stator-Systeme

### a) Zahnkranzdispergierer

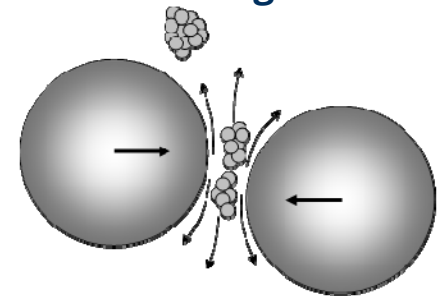


### b) Kolloidmühlen



turbulente Strömung von meist niedrig viskosen Medien  
(Emulgieren & Desagglomerieren)

## Rührwerkskugelmühlen



Dehnströmung zur  
Desagglomeration

## 2. Agglomerieren



# Agglomerieren



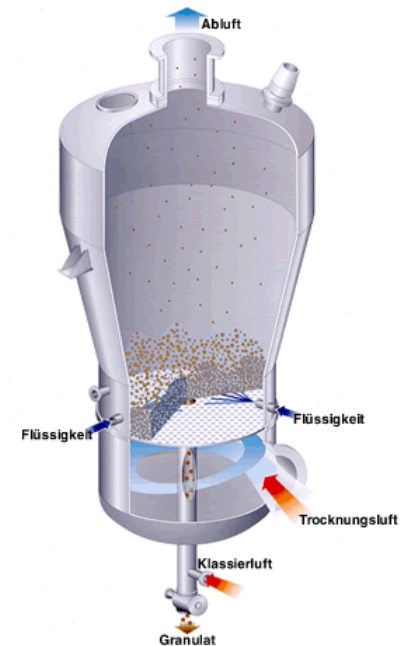
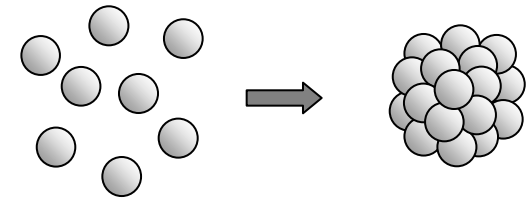
Aufbauagglomeration  
mit Granulierteller [1]



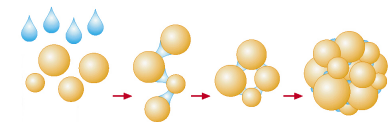
Pressagglomeration  
(Tabletten, Brikettes) [2]



Flockung feiner Trübstoffe [3]



Sprühagglomeration [4,5]



## 2. Agglomerieren

– *von suspendierten Partikeln* –

# Flockung

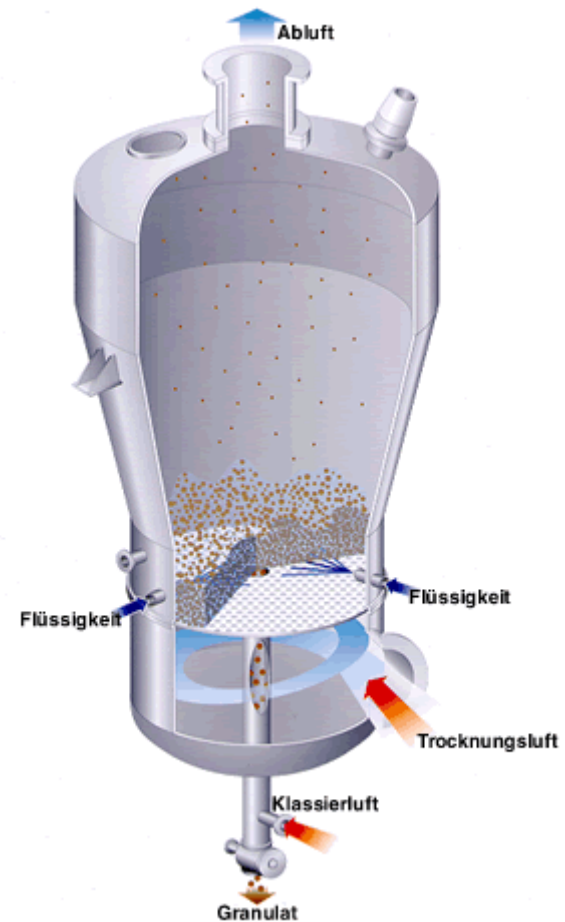
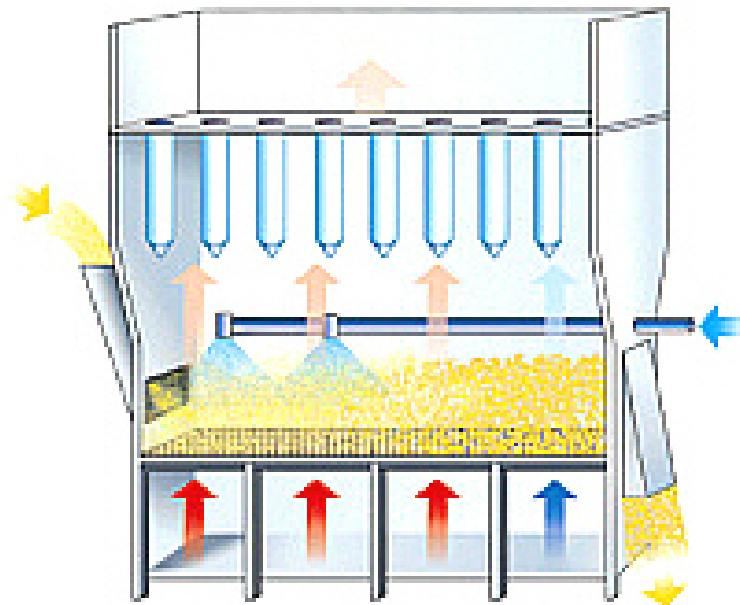


## Bildquellen:

<http://www.ctech-europe.nl/polyclay-Flocculanten.html> (2020)

[https://www.dr-kornder.de/sites/default/files/bilder/4-03-01\\_Flockungshilfsmittel.jpg](https://www.dr-kornder.de/sites/default/files/bilder/4-03-01_Flockungshilfsmittel.jpg) (2020)

# Sprühagglomeration in Wirbelschichten



## Bildquelle:

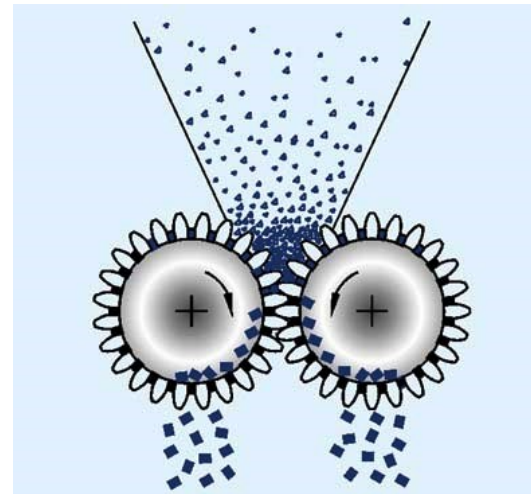
*Kontinuierliche Wirbelschichtprozesse.* Glatt® Ingenieurtechnik GmbH, 2002.

## 2. Agglomerieren

*– von Pulvern –*

# Pressagglomeration

*Tablettieren, Pelletieren, Brikettieren*

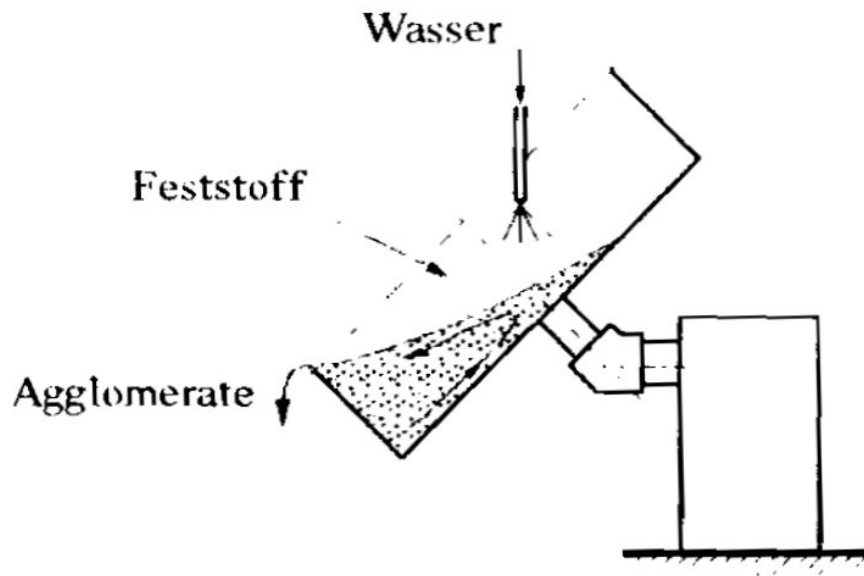


## Bildquellen:

*Compaction with roller presses* (Broschüre), Maschinenfabrik Köppern, Hattingen, **2020**.

<https://www.hmicronpowder.com/media/img/uploads/products/Alpine-Gear-Pellitizer.jpg> (**2020**)

# Granulieren mit Granulierteller



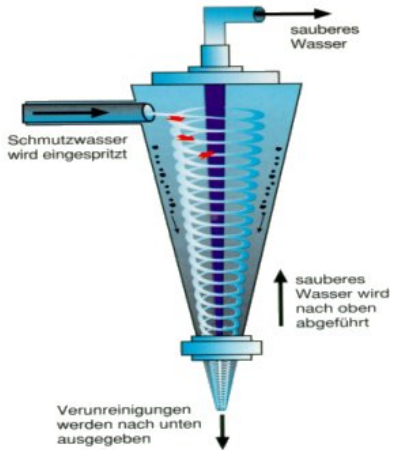
## Bildquellen:

M. Stieß, *Mechanische Verfahrenstechnik 2*. Springer, **1994**; S. 201

[www.uni-weimar.de/Bauing/aufber/Dienstleistung/Geraete/Granulierteller.html](http://www.uni-weimar.de/Bauing/aufber/Dienstleistung/Geraete/Granulierteller.html) (**2007**)

# 3. Trennen

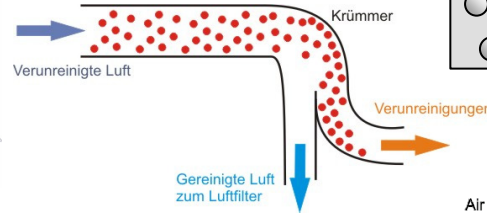
# Trennen



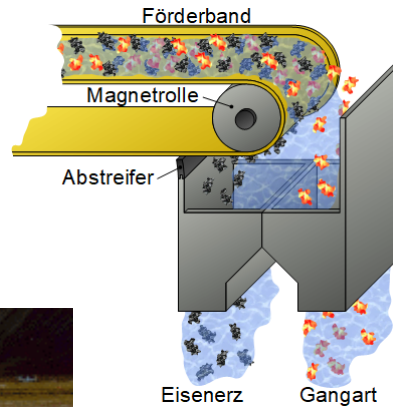
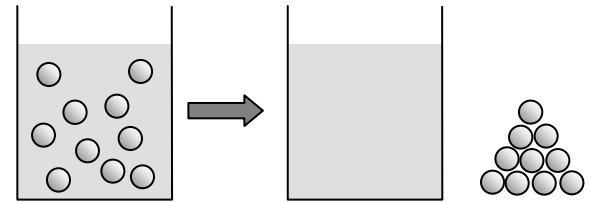
Fest-Flüssig-Trennung mit Hydrozyklon [3]



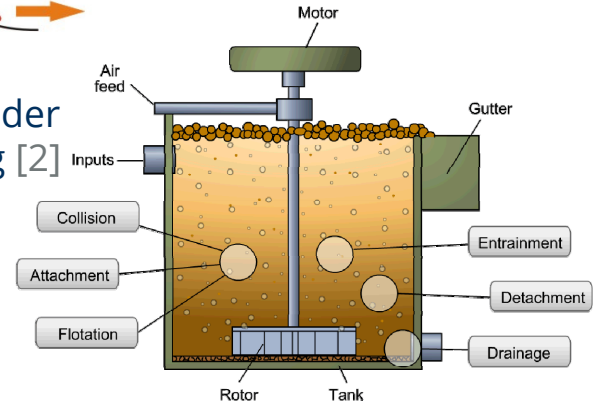
Filtration (Beutelfilter) [1]



Umlenkabscheider zur Enstaubung [2]



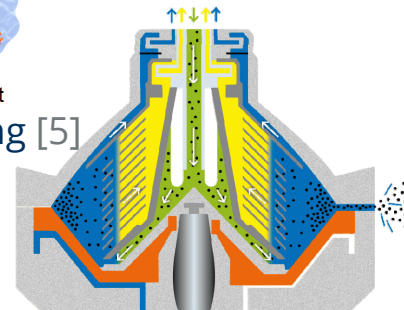
Magnetsortierung [5]



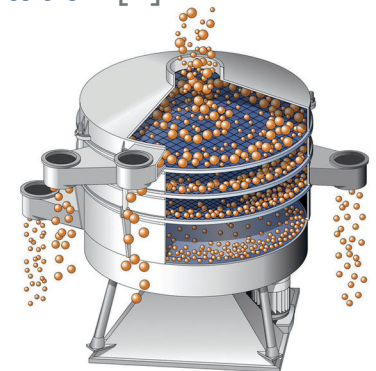
Flotation [4]



Windsichten [6]



Fest-Flüssig-Trennung mit Zentrifugen [7]

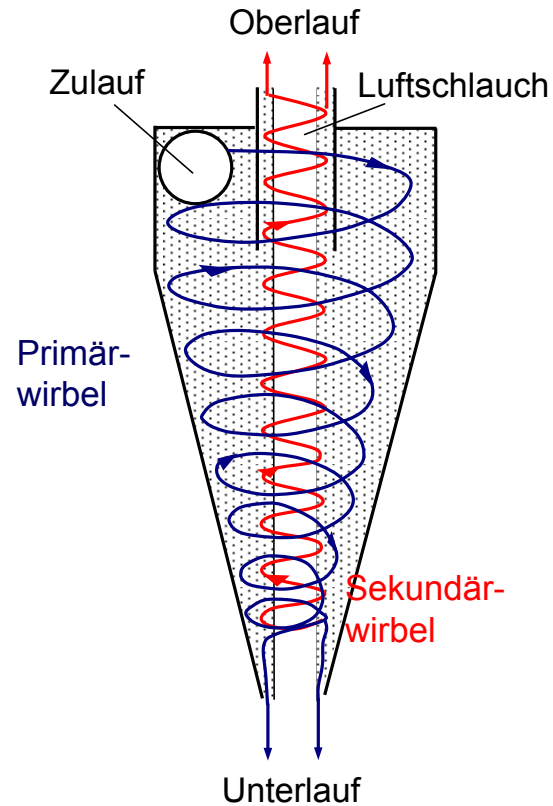
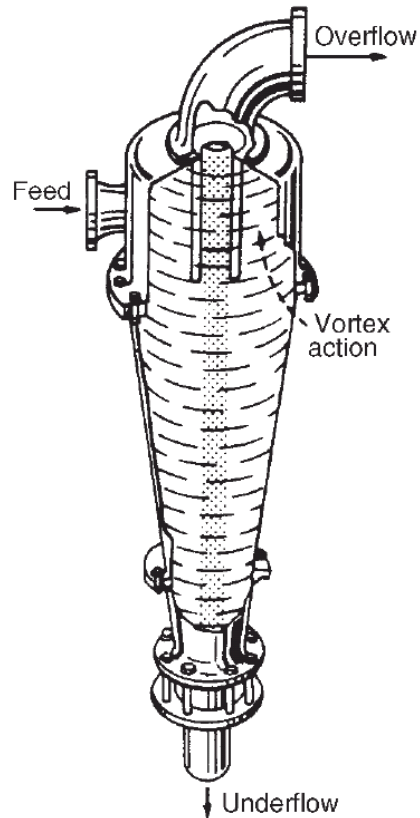


Siebklassierung [8]

# 3. Trennen

*- Fest-Flüssig-Trennung -*

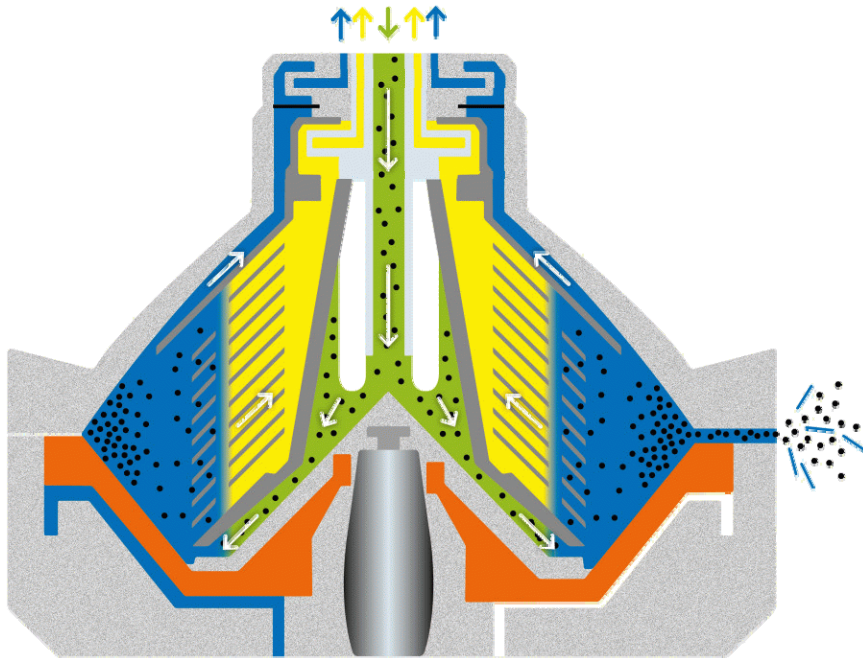
# Hydrozyklon



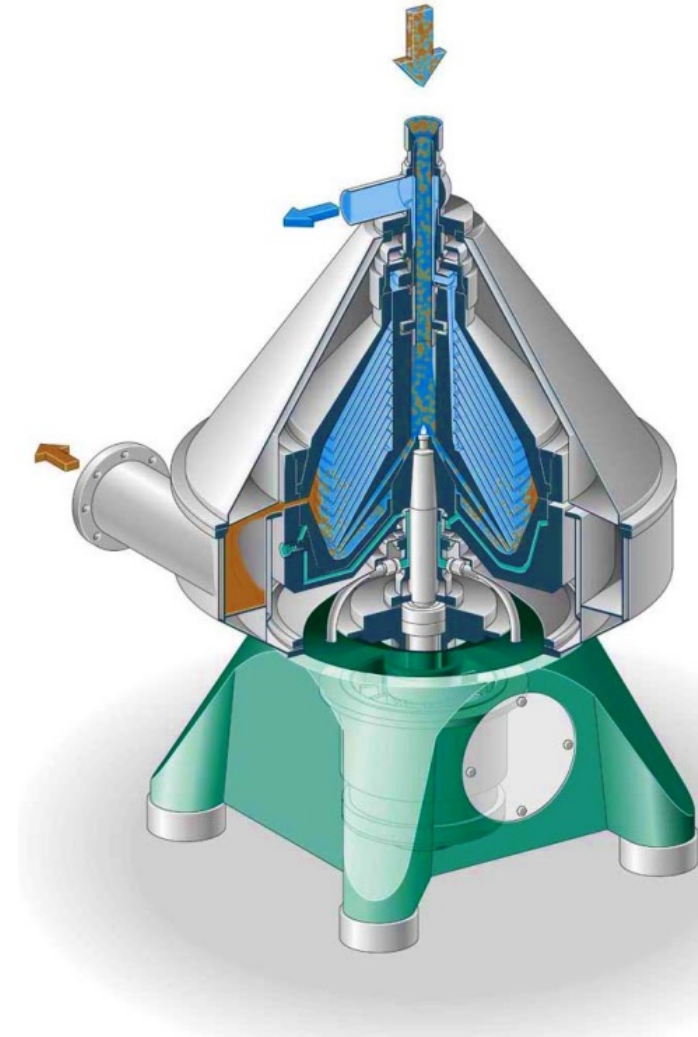
Coulson & Richardson's Chemical Engineering, vol. 6, 4<sup>th</sup> ed., p. 404

<http://www.zyklomat.de/images/zentrifugalabscheider.jpg>

# Zentrifugation mit Tellerseparator

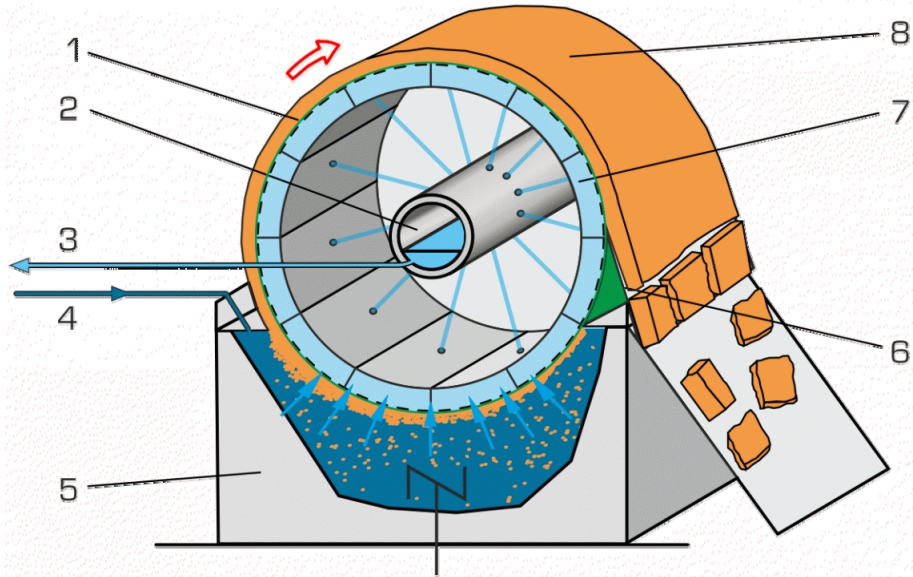


<https://www.centrimax.com/files/images/illustration/centrimax-separator.jpg>



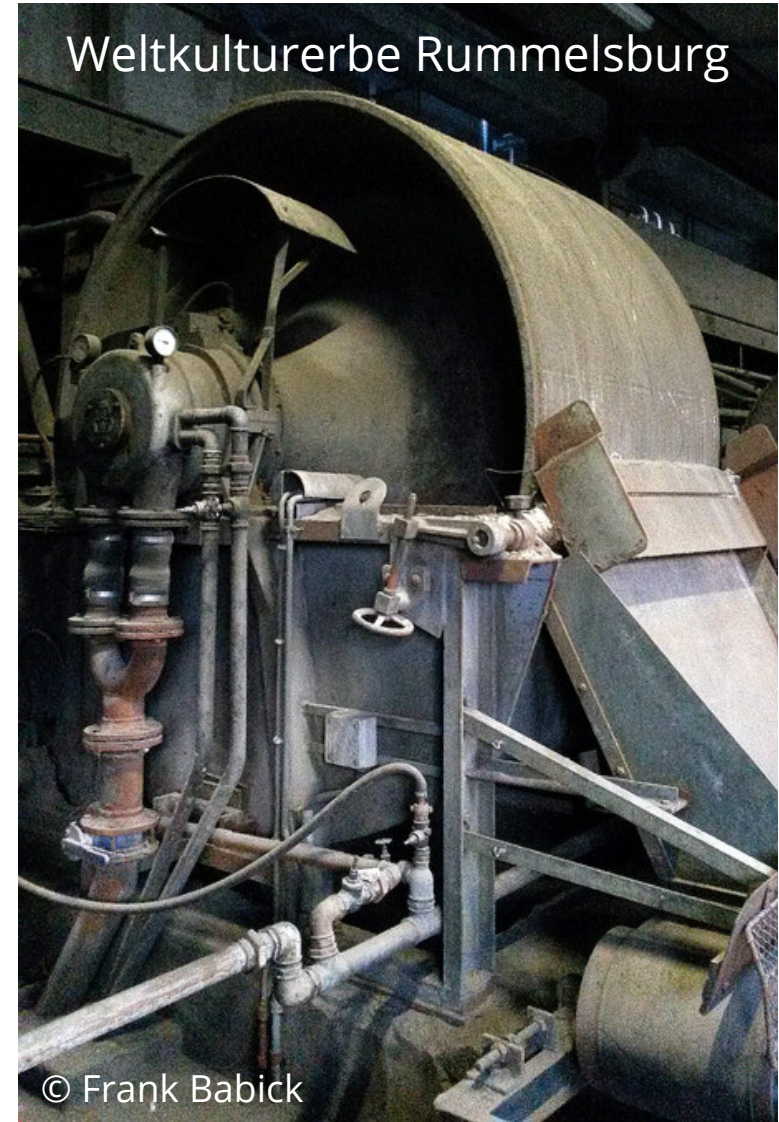
[http://www.pitt-gmbh.de/englisch/images/zt\\_separator.jpg](http://www.pitt-gmbh.de/englisch/images/zt_separator.jpg)

# Filtration mit Vakuumtrommelzellenfilter

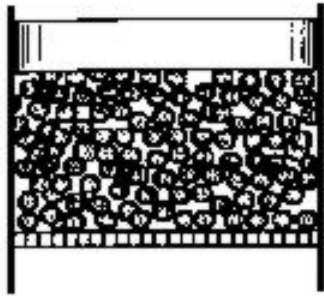


- 1 perforierte Trommel mit Filtertuch
- 2 Hohlwelle
- 3 Vakuum (Filtrat)
- 4 Suspensionszulauf
- 5 Suspensionsbehälter
- 6 Filterkuchenabnahme
- 7 Zelle
- 8 Filterkuchen

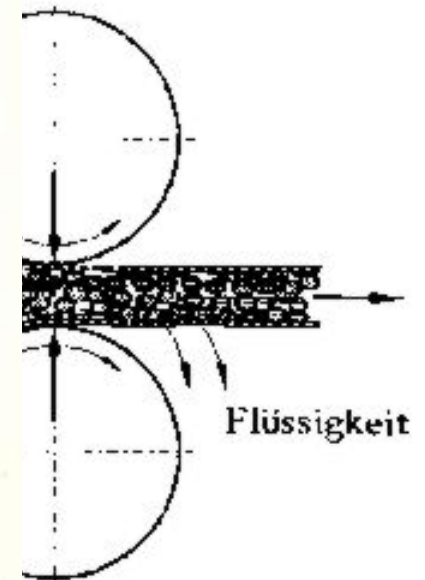
[www.gunt.de/images/datasheet/27/CE-283-Trommelzellenfilter-fullview-gunt-27-zeichnung\\_einheit\\_2.png](http://www.gunt.de/images/datasheet/27/CE-283-Trommelzellenfilter-fullview-gunt-27-zeichnung_einheit_2.png)



# Auspressen



a)



## Bildquellen:

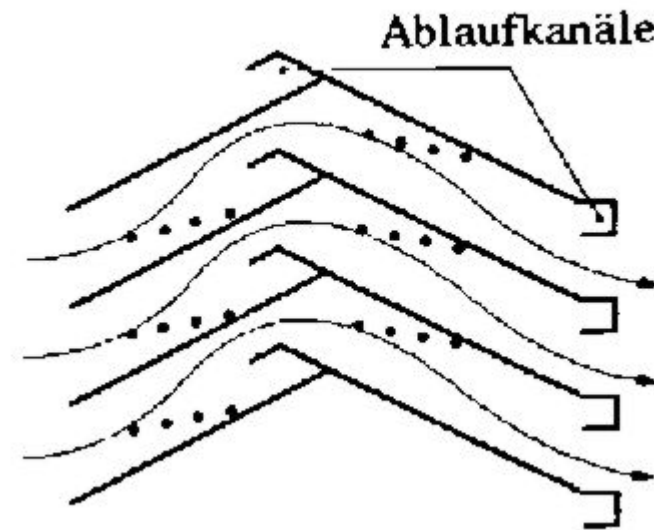
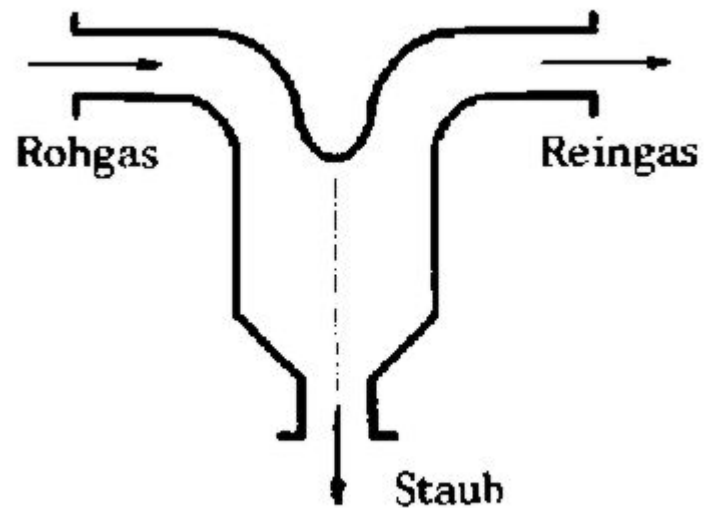
Petra Kastner ©2009: geldpresse ([https://www.toonpool.com/cartoons/geldpresse\\_40556](https://www.toonpool.com/cartoons/geldpresse_40556))

M. Stieß, *Mechanische Verfahrenstechnik 2*. Springer, 1994; S. 57

# 3. Trennen

*– Entstaubung / Gasreinigung –*

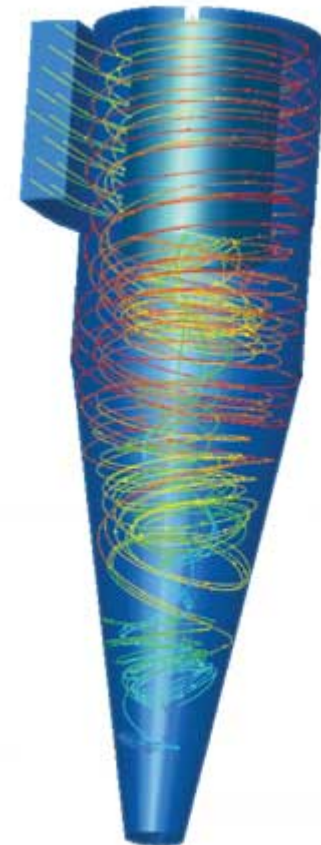
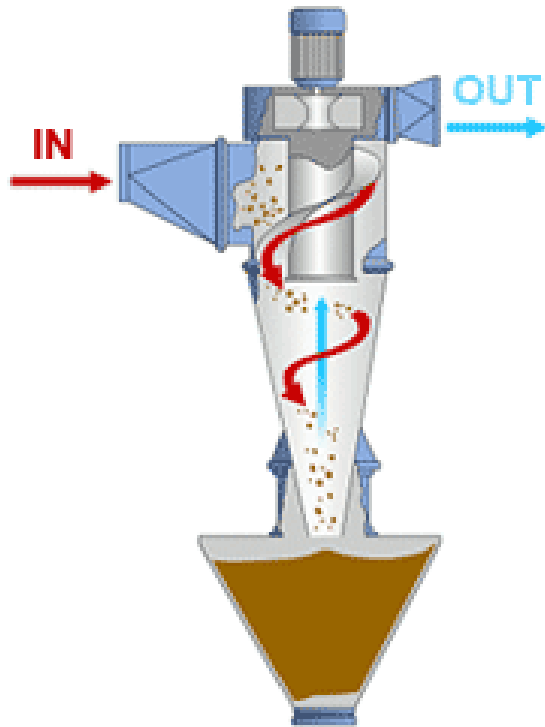
# Umlenkabscheider



**Bildquelle:**

M. Stieß, *Mechanische Verfahrenstechnik 2*. Springer, 1994; S. 7

# Aerozyklon

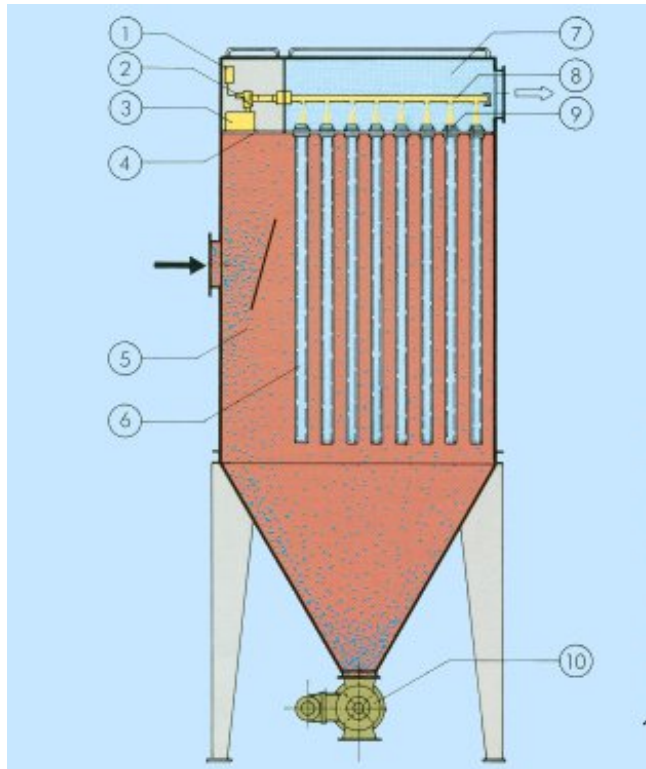


## Bildquellen:

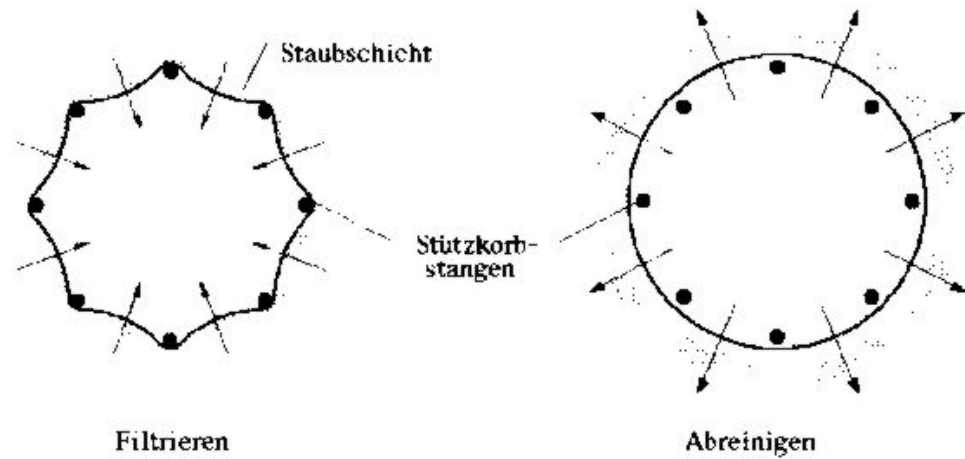
[www.dustcollectorexports.com/blog/](http://www.dustcollectorexports.com/blog/) (2007)

[www2.hdm-stuttgart.de/projekte/printing-inks/e\\_waste0.htm](http://www2.hdm-stuttgart.de/projekte/printing-inks/e_waste0.htm) (2007)

# Schlauchfilter



- 1 Ventilboxen
- 2 Membranventil
- 3 Druckluftbehälter
- 4 Schlauchboden
- 5 Rohgasraum mit Prallblech und Staubsammelbehälter
- 6 Filterschläuche
- 7 Reingasraum
- 8 Düsenrohre
- 9 Injektor
- 10 Zellenradschleuse

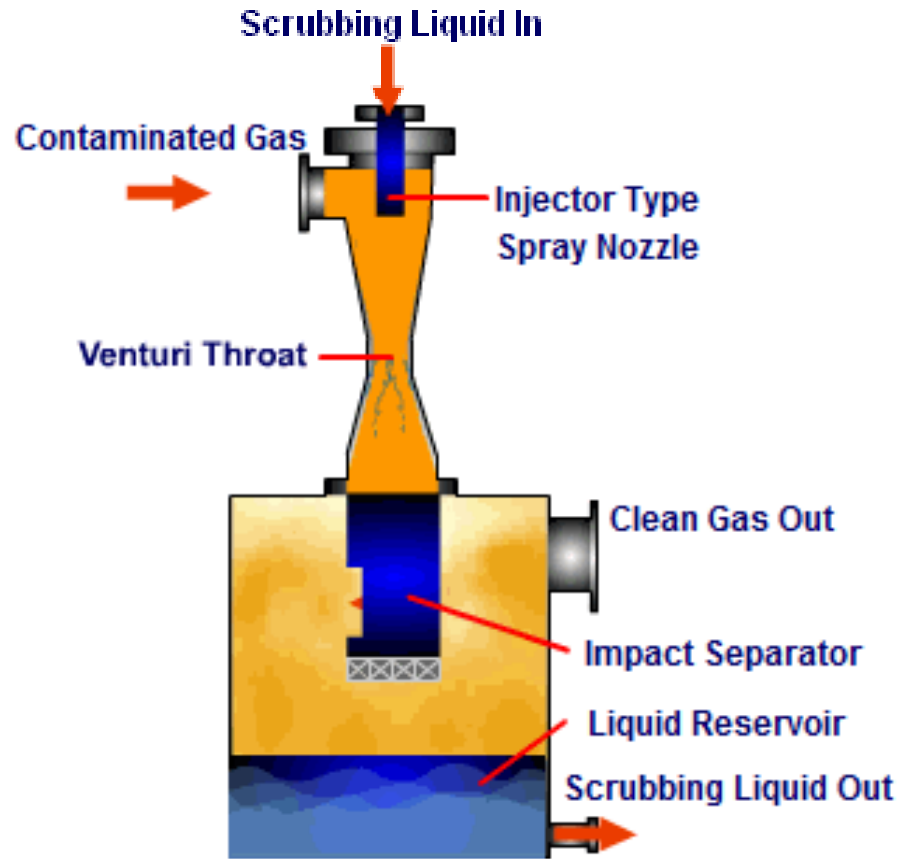
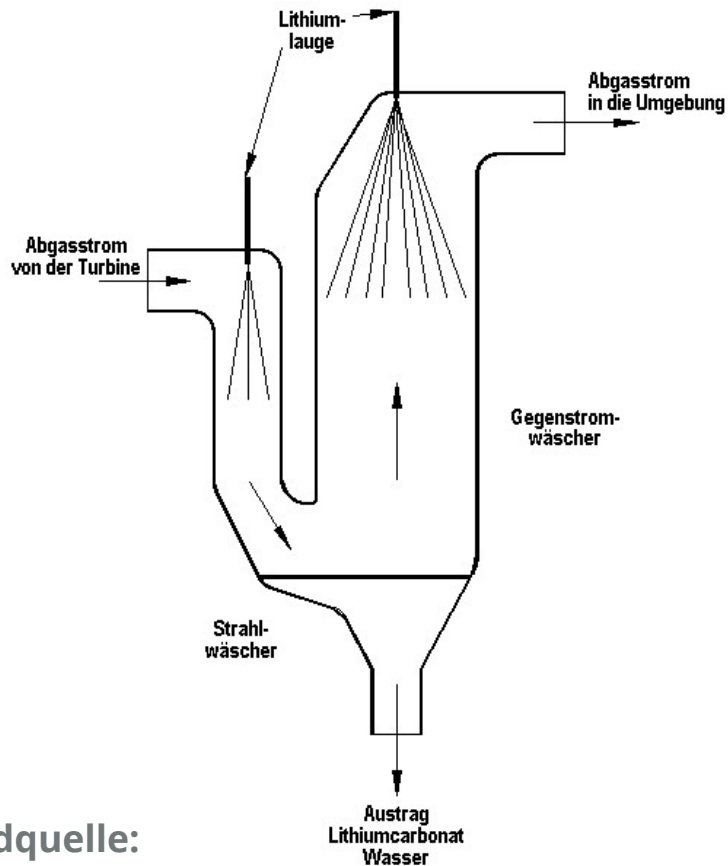


## Bildquellen:

Walter GmbH (2007)

M. Stieß, *Mechanische Verfahrenstechnik 2*. Springer, 1994; S. 27

# Nasswäscher



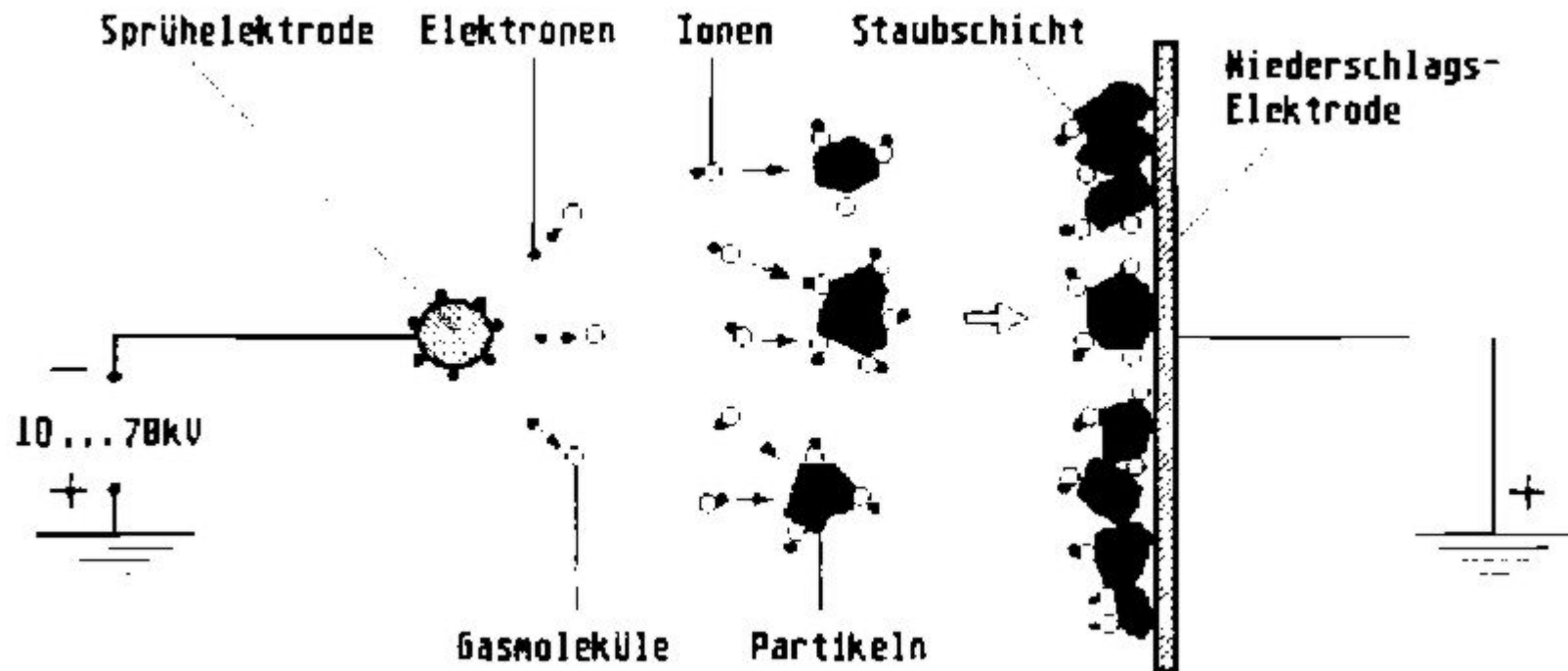
**Jet Venturi Scrubber**

**Bildquelle:**

unbekannte Internetquelle (2007)

unbekannte Internetquelle (2007)

# Elektrische Gasreinigung



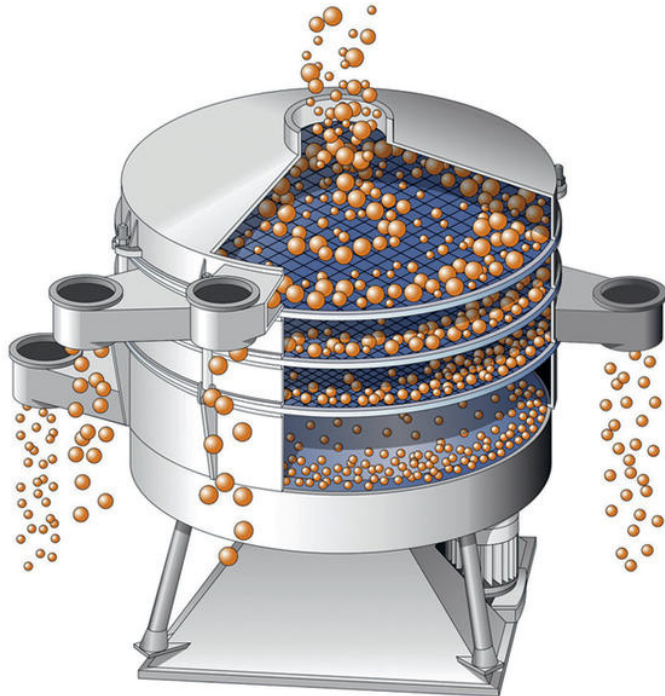
**Bildquelle:**

M. Stieß, *Mechanische Verfahrenstechnik 2*. Springer, 1994; S. 41

# 3. Trennen

– *Klassieren von dispersen Systemen* –

# Siebklassierung



## Bildquellen:

unbekannte Internetquelle (2007)

unbekannte Internetquelle (2007)

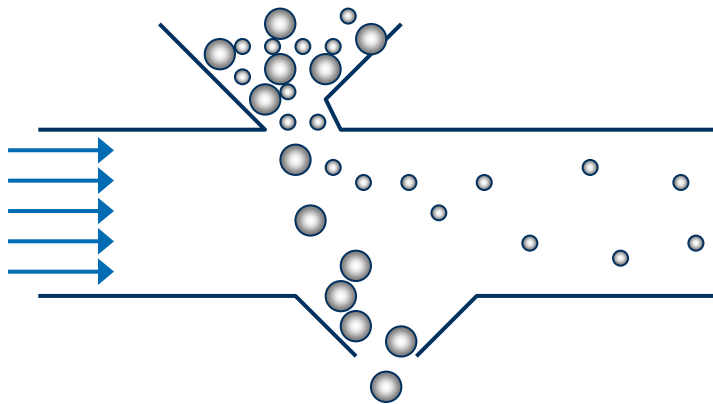
# Windsichten



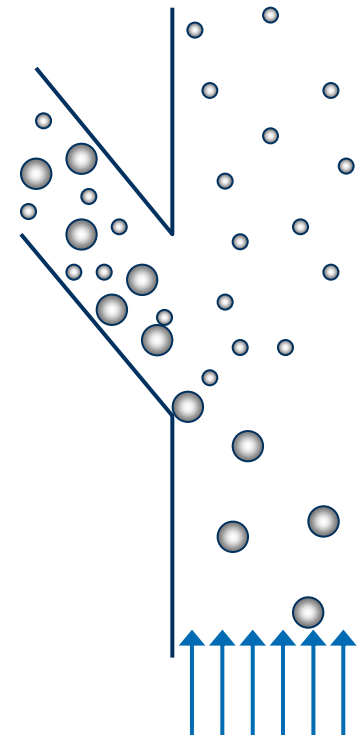
**Bildquelle:**  
Sreejith Nair ©2013

# Technisches Windsichten – Strömungsklassieren

im Querstrom



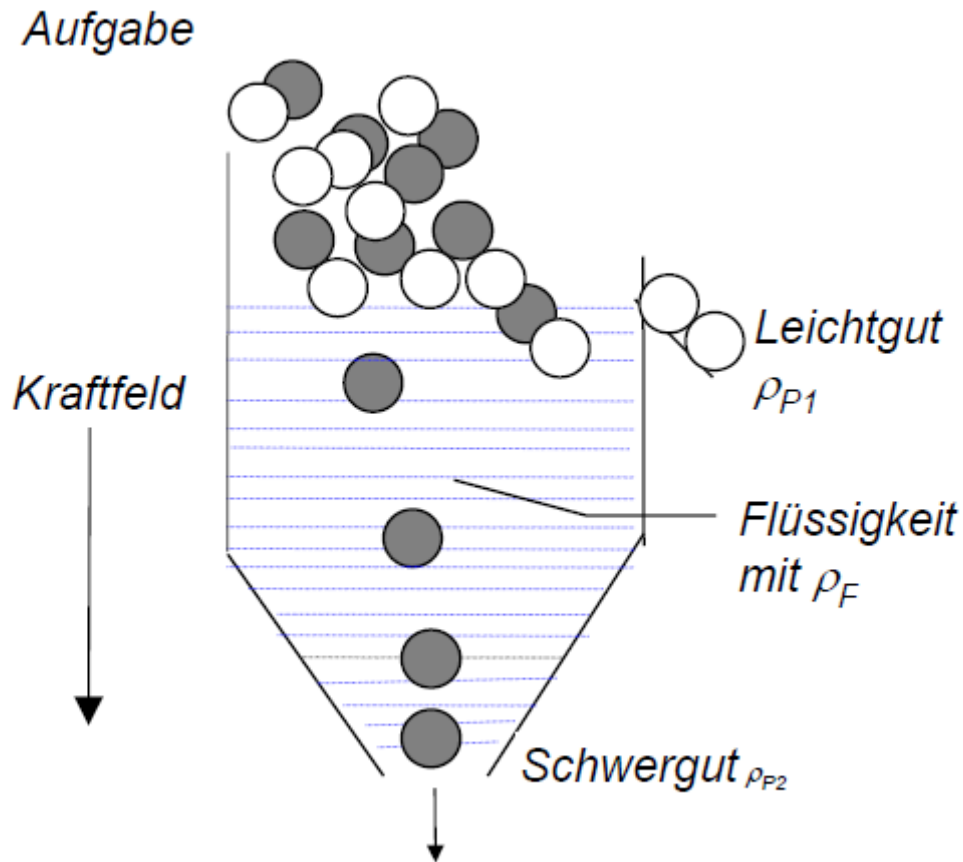
im Gegenstrom



# 3. Trennen

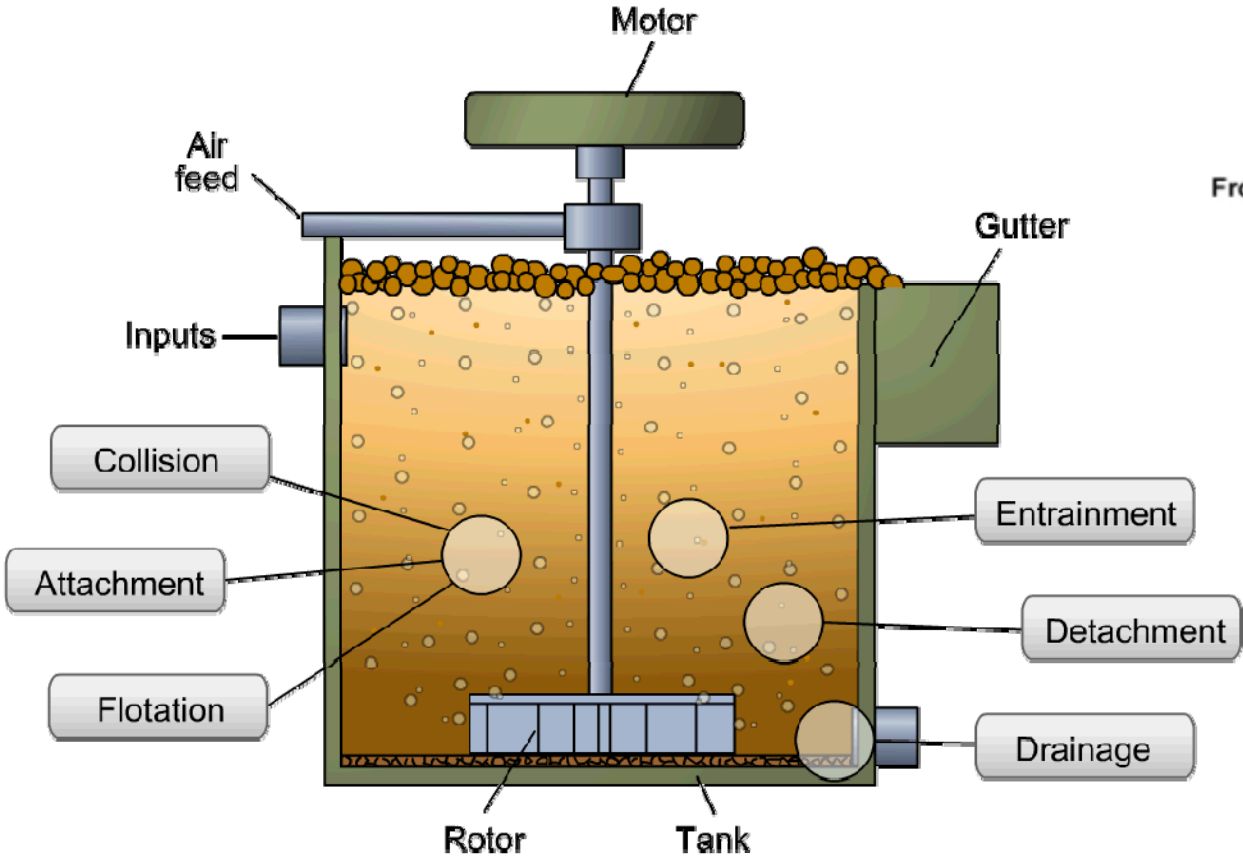
*– Sortieren von dispersen Systemen –*

# Schwimm-Sink-Sortierung

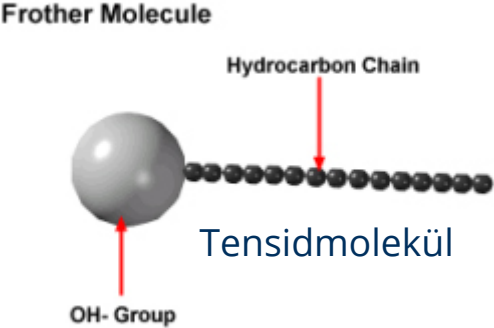


**Bildquelle:**  
unbekannte Internetquelle (2014)

# Flotation



Cu-Erz



partikelhaltiger Schaum

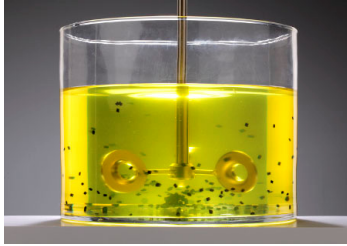
**Bildquellen:**

[www.minerals.org.au/primary/secondary/secondary\\_resources/oresome\\_froth2](http://www.minerals.org.au/primary/secondary/secondary_resources/oresome_froth2) (2007)

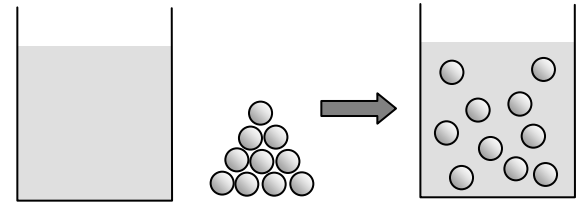
# 4. Mischen



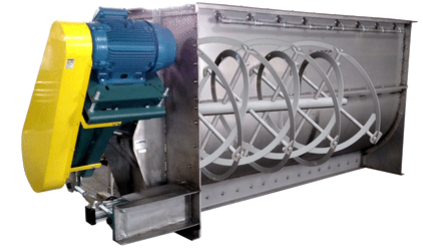
# Mischen



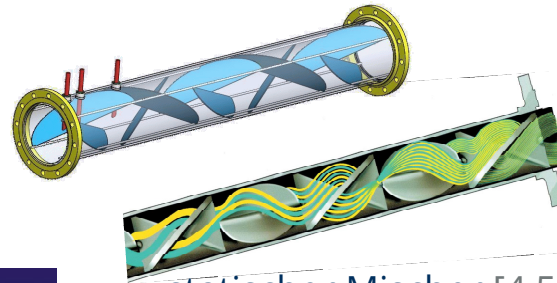
Suspendieren von Partikeln [1]



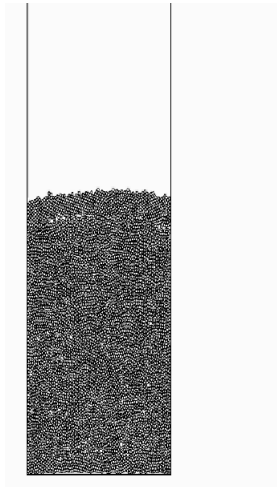
Taumelmischer [2]



Trogmischer [3]



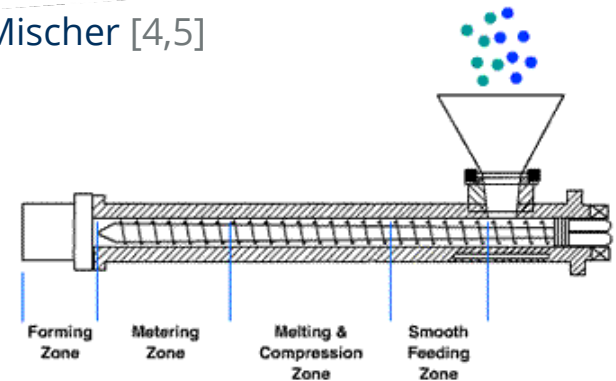
statischer Mischer [4,5]



Fluidisieren [6]



Schneckenmischer [7]

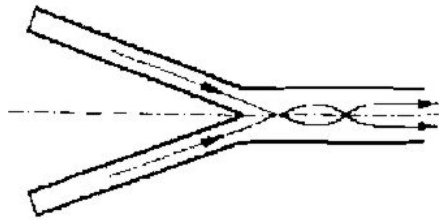


Extruder [8]

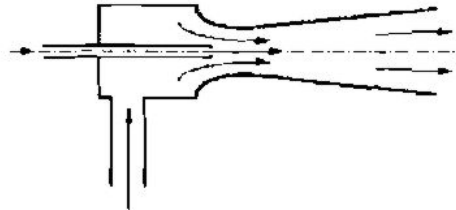
# 4. Mischen

*– in fluiden Medien –*

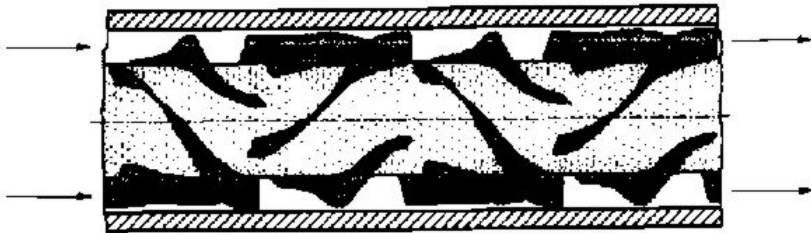
# Statische Mischer



Strahlmischer



Injektor-Mischer



Erestat-Mischer

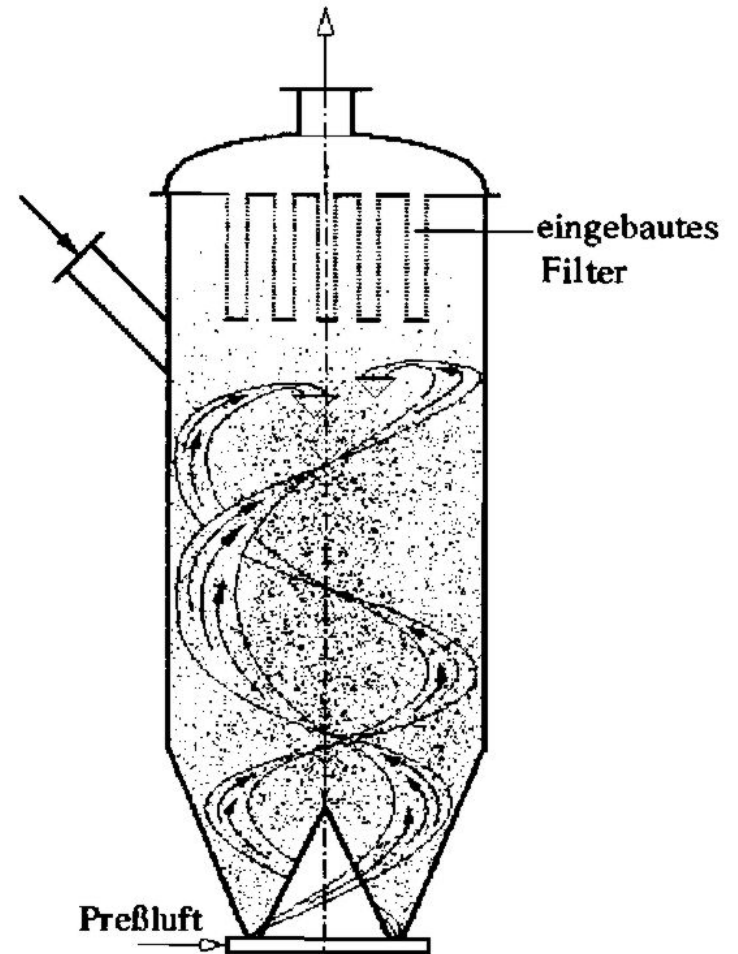
## Bildquellen:

M. Stieß, *Mechanische Verfahrenstechnik 1*. Springer, 1992; S. 240f  
S. Glüer, Diplomarbeit, TU Dresden, 2008.



# Pneumatische Mischer

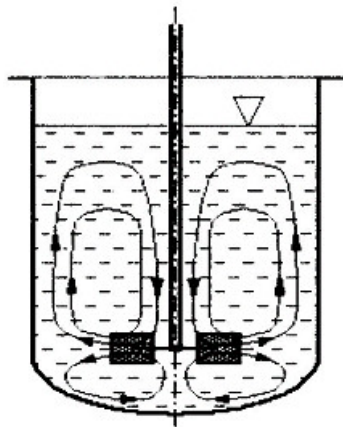
- Strahlmischer



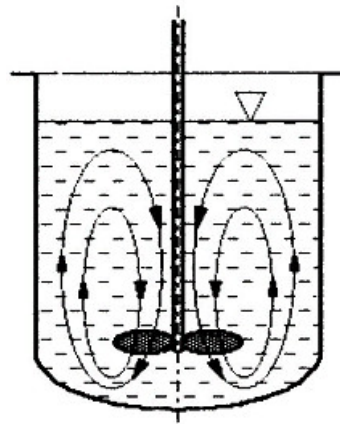
**Bildquelle:**

M. Stieß, *Mechanische Verfahrenstechnik 1*. Springer, **1992**; S. 194

# Rühren von flüssigen Dispersionen

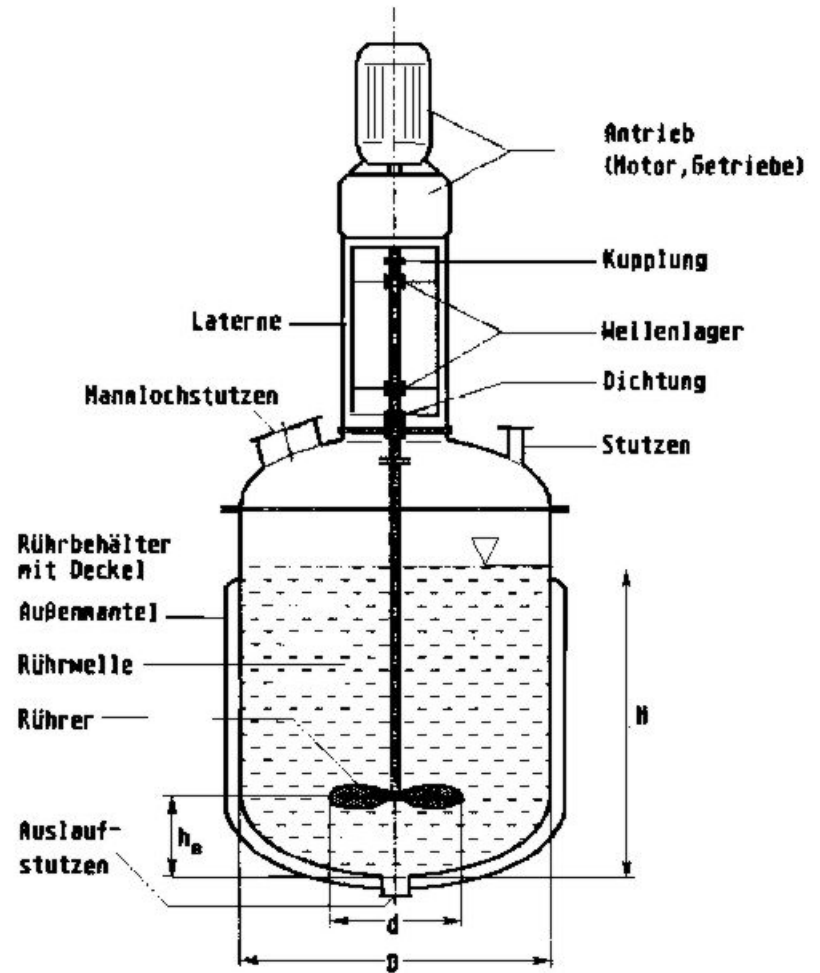


radial (Scheibenrührer)



axial (Propeller)

Einfluss des Rührorgans  
auf die Strömungsform



Doppelwand-Rührbehälter

**Bildquelle:**

M. Stieß, *Mechanische Verfahrenstechnik 1*. Springer, 1992; S. 200f.

# Rührer - Rührorgane



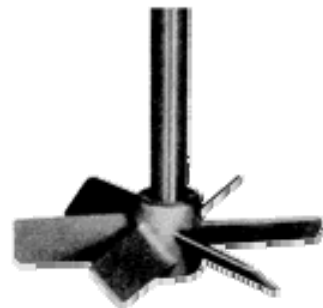
Propellerrührer



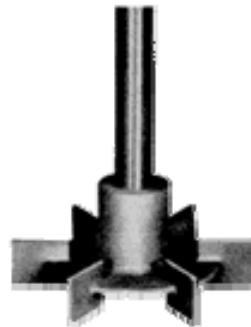
Dissolver



Kreuzbalkenrührer



Schrägblattrührer



Scheibenrührer

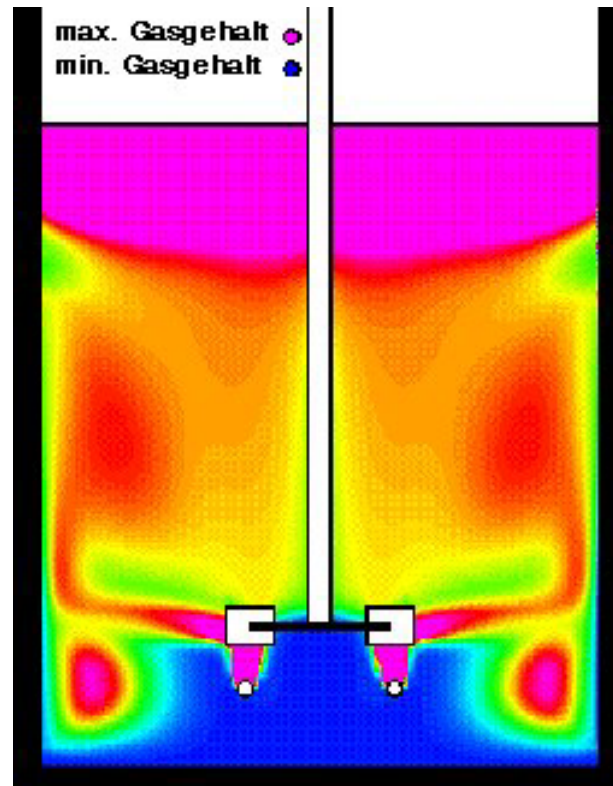


Ankerrührer

## Bildquelle:

[http://www.herbst-mischtechnik.de/ruehrwerkzeug\\_ruehrwerkzeuge\\_ruehrer/standard-zentral-ruehrorgane\\_zentralruehrer\\_ruehrwerkzeuge.htm](http://www.herbst-mischtechnik.de/ruehrwerkzeug_ruehrwerkzeuge_ruehrer/standard-zentral-ruehrorgane_zentralruehrer_ruehrwerkzeuge.htm) (2007)

# Begasen im Rührkessel

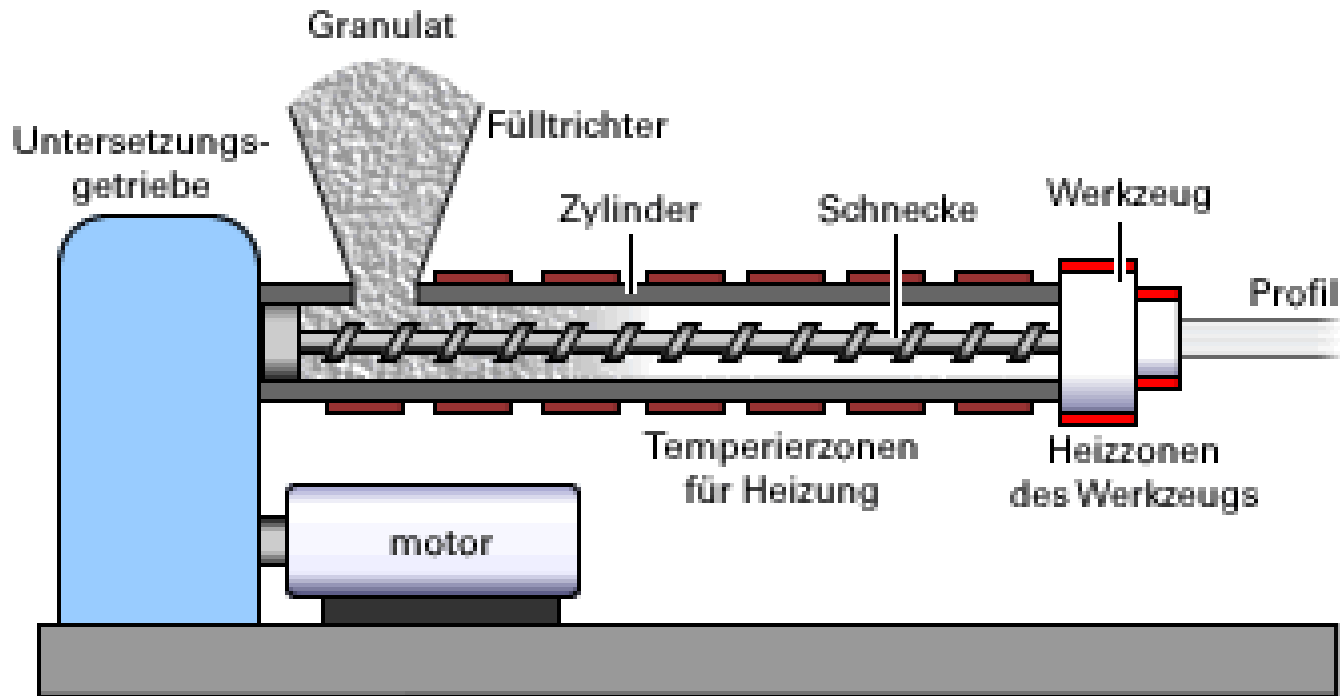


**Bildquelle:**  
unbekannte Internetquelle (2007)

# 4. Mischen

*– von/in hochviskosen Medien –*

# Extruder



## Bildquelle:

[http://www.gealan.de/unternehmen/kernkompetenzen\\_1.html](http://www.gealan.de/unternehmen/kernkompetenzen_1.html) (2007)

<https://k-profile.com/de/profile/extrusionsprozess.html> (2020)

# Extruder



## Bildquellen:

unbekannte Internetquelle (2007)

<http://www.breyer-extr.com/index.8.82.php> (2020)

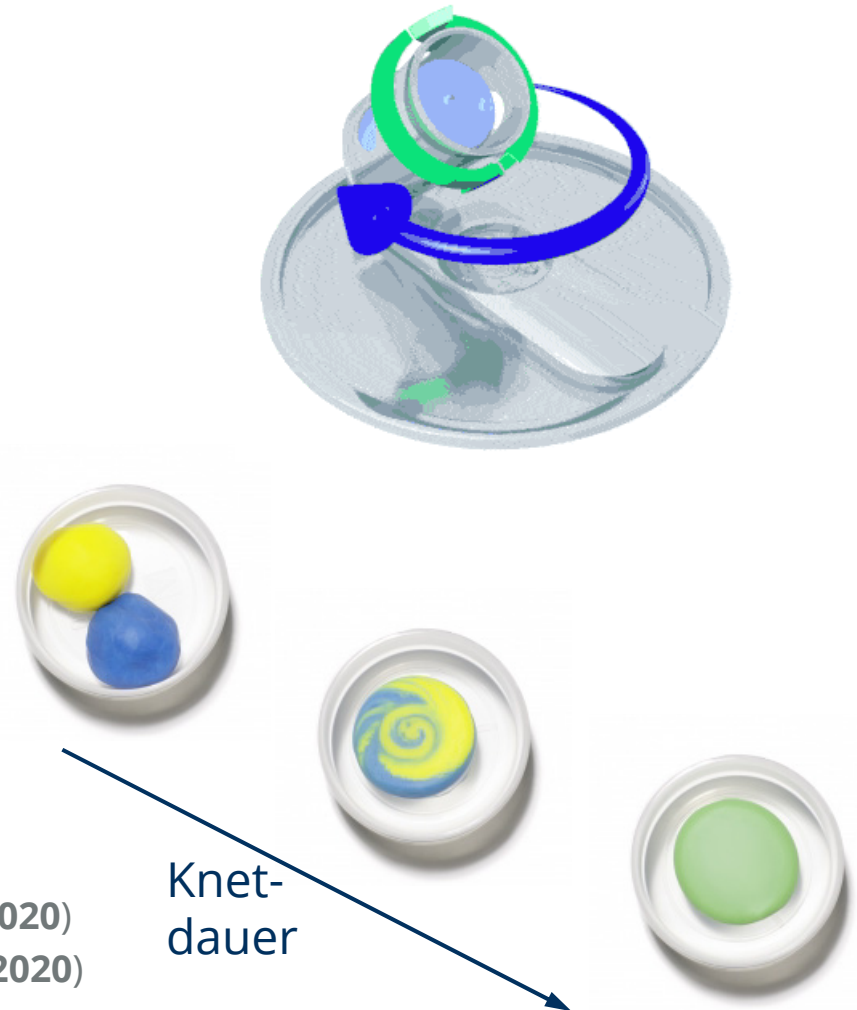
# Knetmaschinen



## Bildquellen:

<https://www.backbibel.de/teigknetmaschine-test/> (2020)

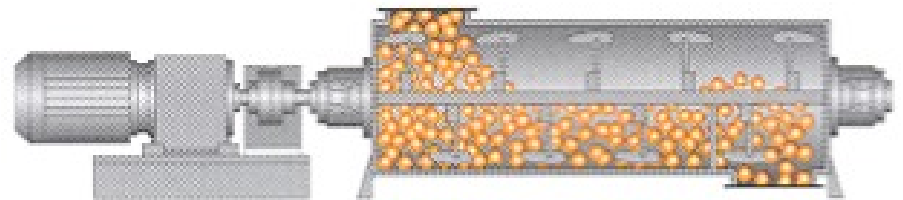
<https://www.speedmixer.uk> (Synergy Devices Ltd.) (2020)



# 4. Mischen

*– von Feststoffen –*

# Trogmischer



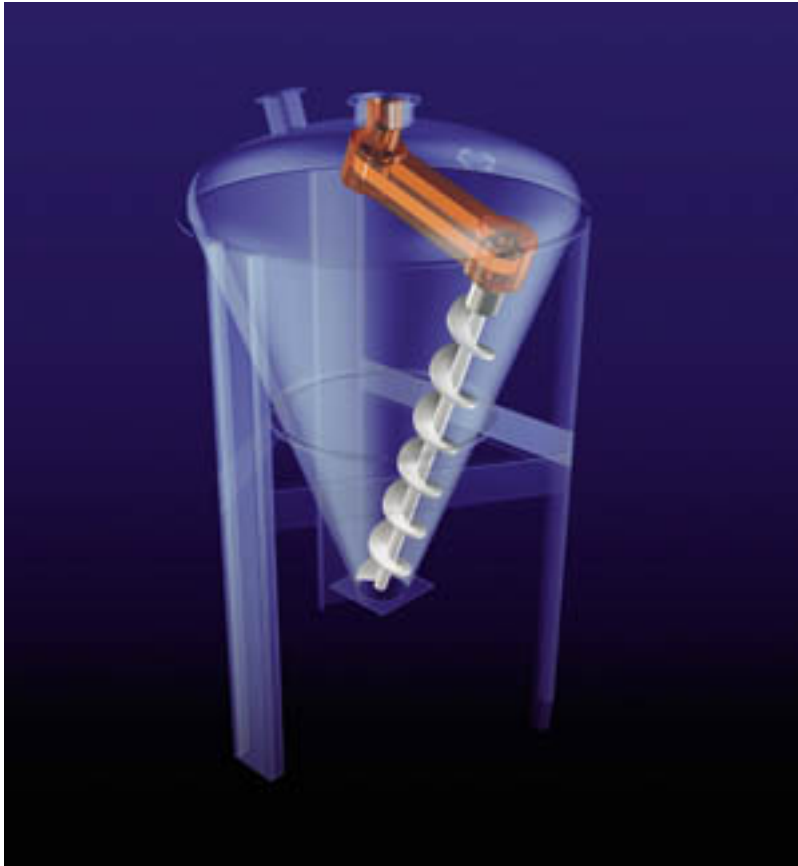
kontinuierlicher Trogmischer

## Bildquellen:

Emt GmbH, Bandwendel-Trogmischer Baureihe WN (2007)

[www.mischer.com/stand/ava/ava-3.htm](http://www.mischer.com/stand/ava/ava-3.htm) (2007)

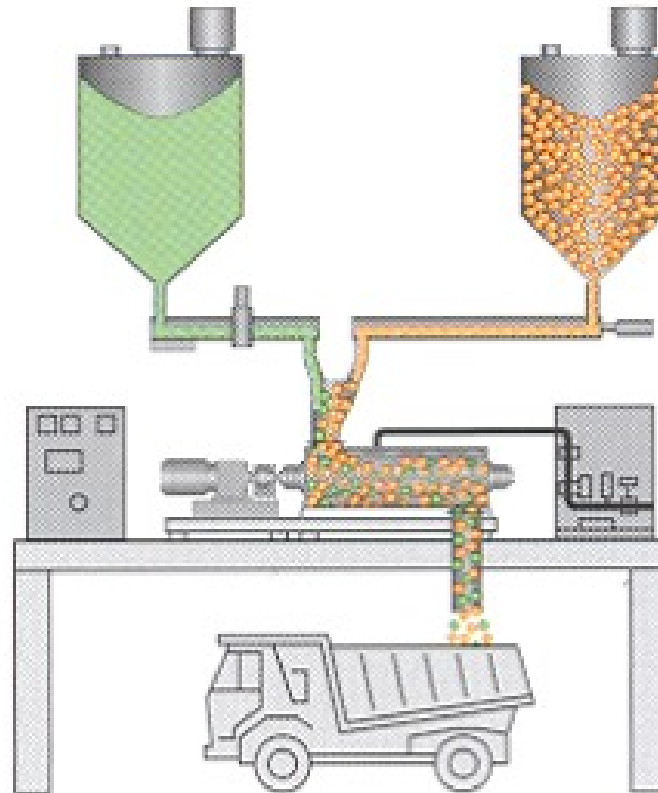
# Siloschneckenmischer



**Bildquellen:**  
unbekannte Internetquelle (2007)  
EMT GmbH, Konus-Schneckenmischer VSM



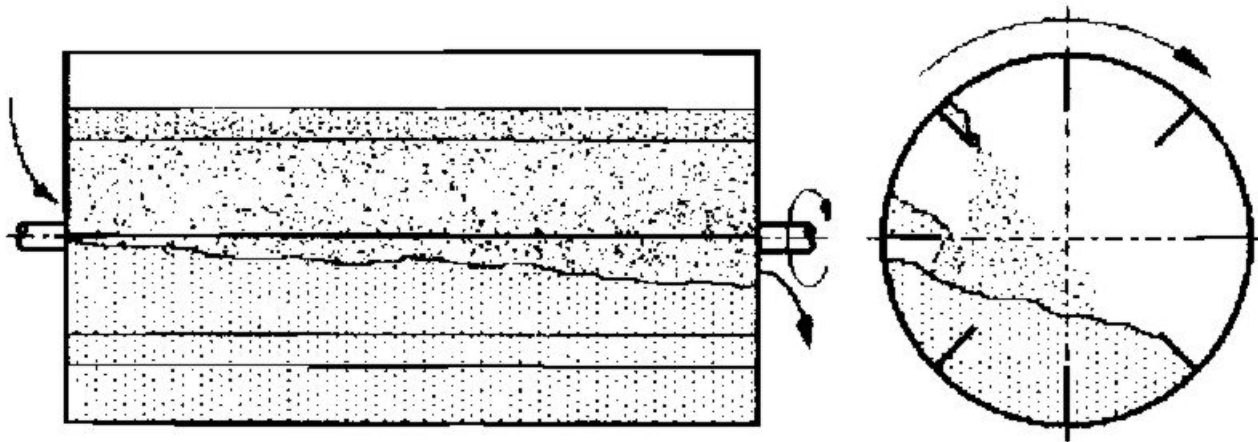
# Feststoffmischer - Anlage



## Bildquellen:

[www.mischer.com/stand/ava/ava-3.htm](http://www.mischer.com/stand/ava/ava-3.htm) (2007)

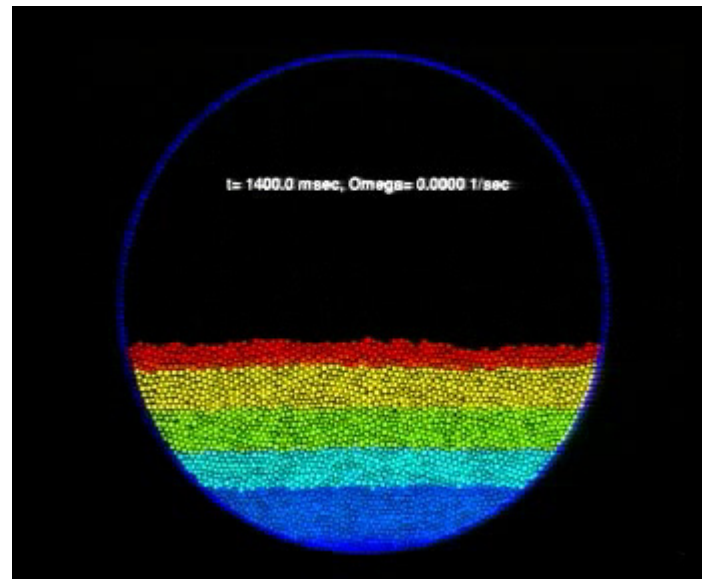
# Trommelmischer



## Bildquelle:

M. Stieß, *Mechanische Verfahrenstechnik 1*. Springer, 1992; S. 192

# Trommelmischer

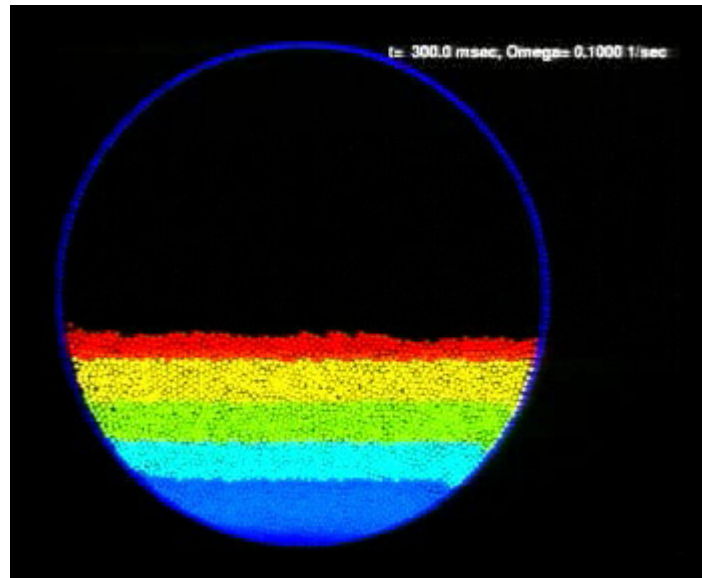


## Videoquelle:

V. Buchholtz, T. Pöschel (Universität Stuttgart, 2007)

<http://www.icp.uni-stuttgart.de/movies/>

# Trommelmischer



## Videoquelle:

V. Buchholtz, T. Pöschel (Universität Stuttgart, 2007)

<http://www.icp.uni-stuttgart.de/movies/>

# Taumelmischer



## Bildquellen:

unbekannte Internetquelle (2007)

<https://thumbs.gfycat.com/CarelessCandidFairybluebird-mobile.mp4> (2020)

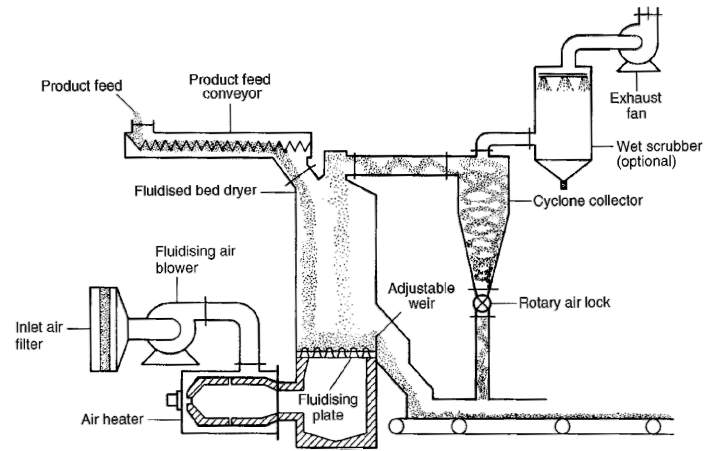
# 5. Sonstige partikeltechnologischen Prozesse

# Weitere partikeltechnologische Prozesse



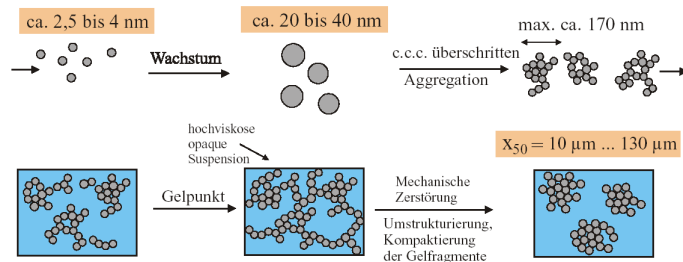
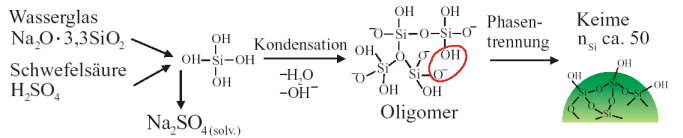
Silolagerung von Schüttgütern

(<https://www.mesima.de/Pictures/Products/Agrar/ALC-Animation.gif>)



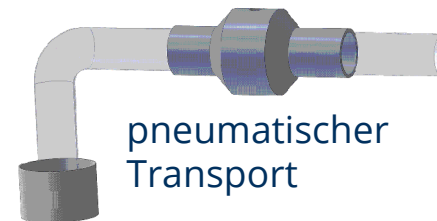
Wirbelschichttrocknung von Schüttgütern

(Richardson, *Particle Technology and Separation Processes*. Butterworth-Heineman, 2002; S. 947)



Partikelsynthese mittels Kristallisation

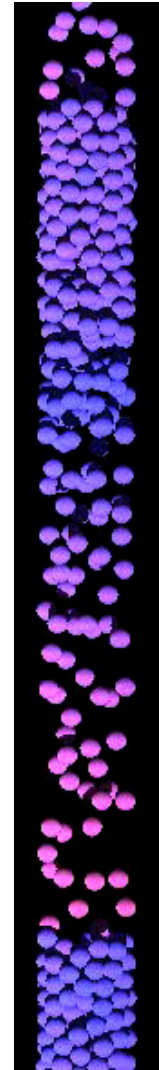
(Schlach: Dissertation, Uni Karlsruhe 2006, S. 6)



pneumatischer Transport

H.-J. Herrmann:

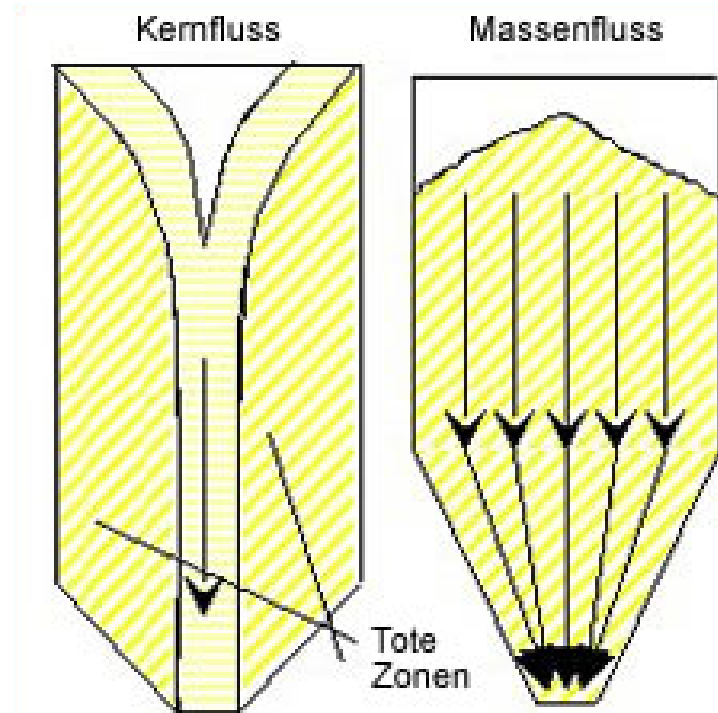
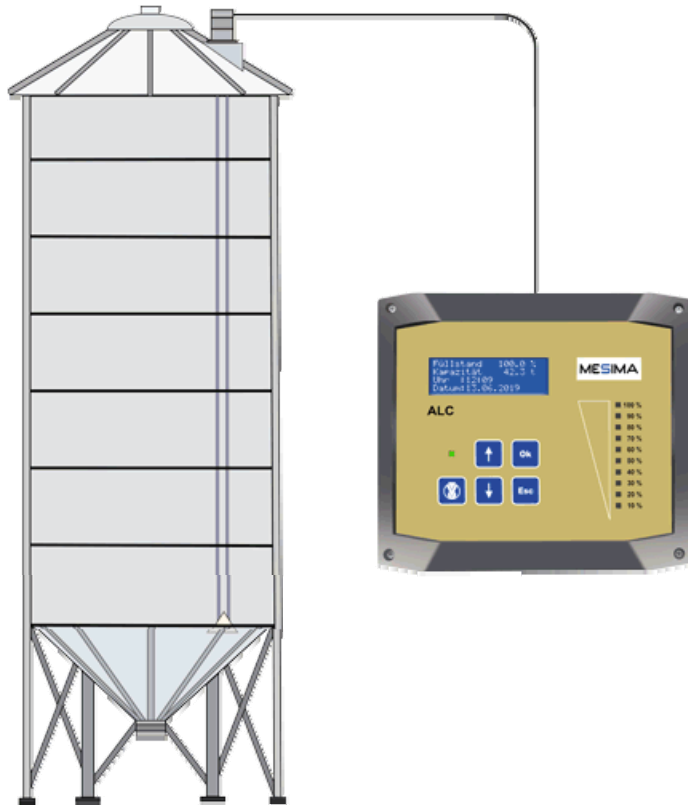
<http://www.icp.uni-stuttgart.de/movies/>



# 5. Sonstige partikeltechnologischen Prozesse

*– Lagern, Dosieren, Transport von Partikelsystemen –*

# Schüttgutlagerung in Silos

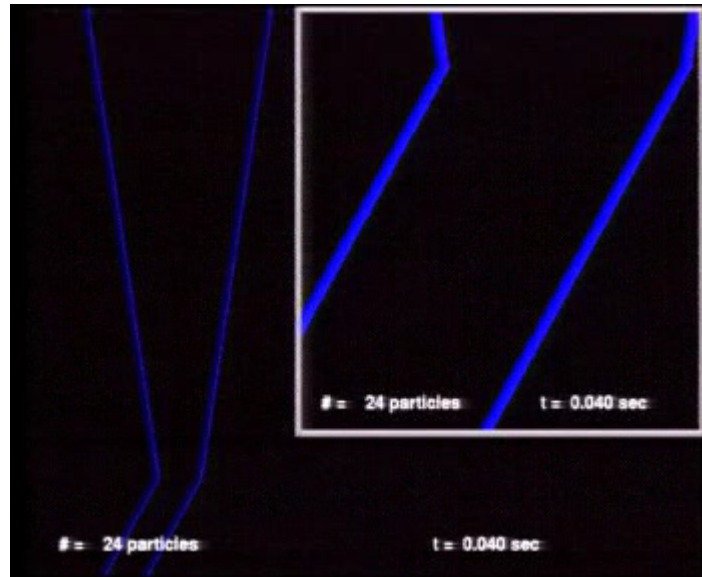


**Bildquelle:**

<https://www.mesima.de/Pictures/Products/Agrar/ALC-Animation.gif> (2020)

unbekannte Internetquelle (2007)

# Siloentleerung - Video



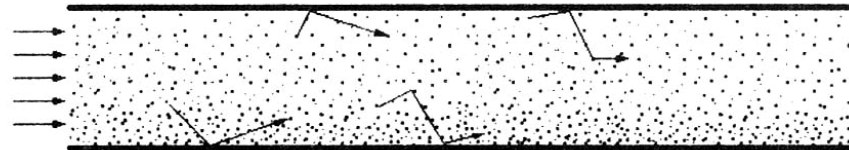
## Videoquelle:

G. Kohring, H. Puhl, H. J. Tillemans, S. Melin, W. Vermöhlen (Universität Stuttgart, **2007**)

<http://www.icp.uni-stuttgart.de/movies/> (**2007**)

# Pneumatischer Transport - Horizontalförderung

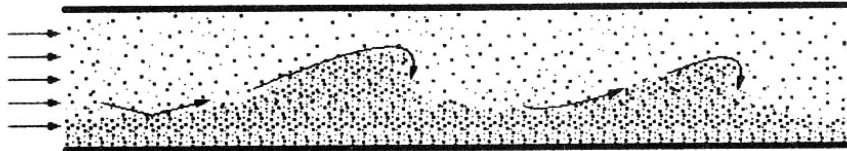
Flugförderung



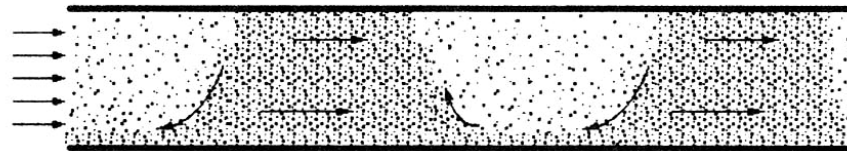
Strähnenförderung



Dünenförderung



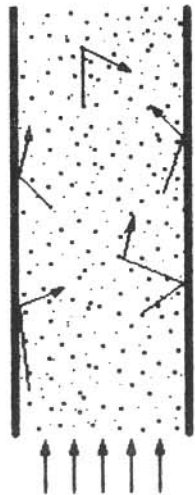
Pfropfenförderung



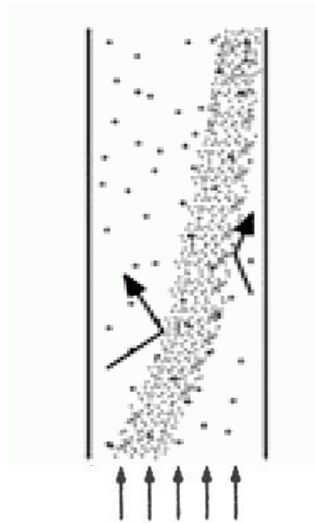
## Bildquelle:

M. Stieß, *Mechanische Verfahrenstechnik 2*. Springer, 1994; S. 364

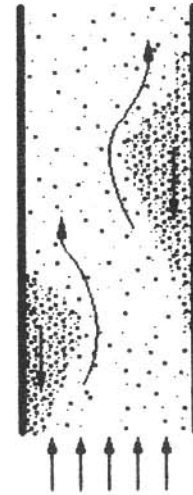
# Pneumatische Förderzustände – vertikal



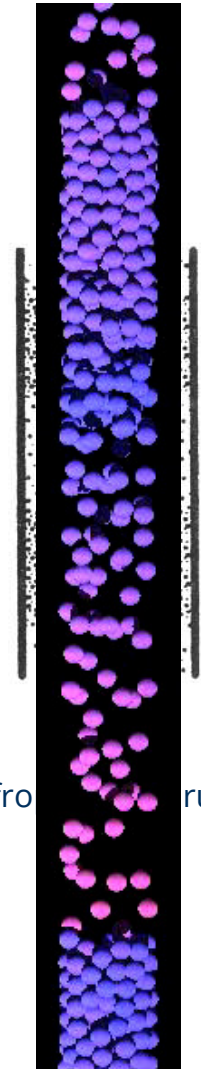
Flugförderung



Strähnenförderung



Ballenförderung



Pfropfung

M. Stieß, *Mechanische Verfahrenstechnik 2*; Springer, **1994**; S. 365.

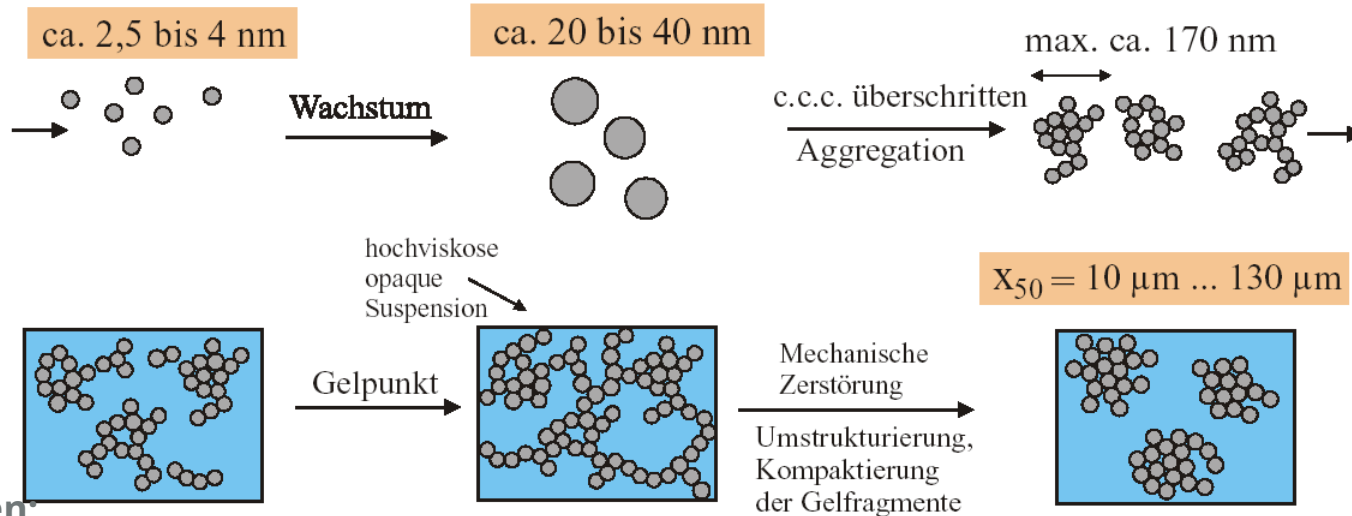
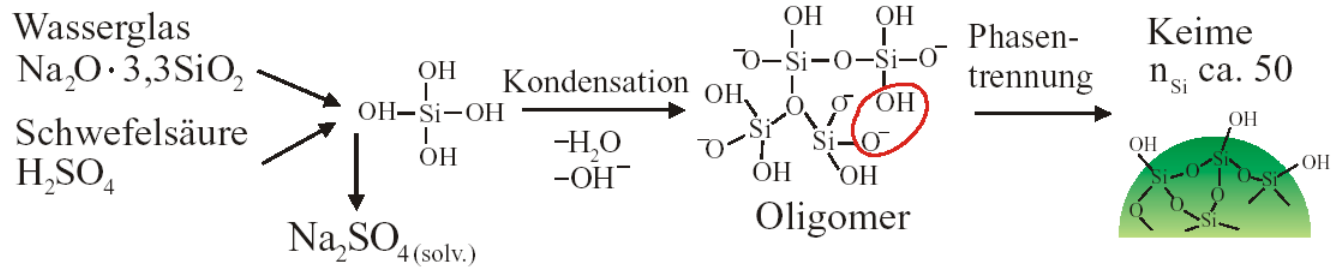
M. Kraume, *Transportvorgänge in der Verfahrenstechnik*, Springer, **2012**; S. 510

H.-J. Herrmann: <http://www.icp.uni-stuttgart.de/movies/>

# 5. Sonstige partikeltechnologische Prozesse

*– mit chemischen Reaktionen oder Stoffaustausch –*

# Synthese von Fällungskieselsäure (SiO<sub>2</sub>)

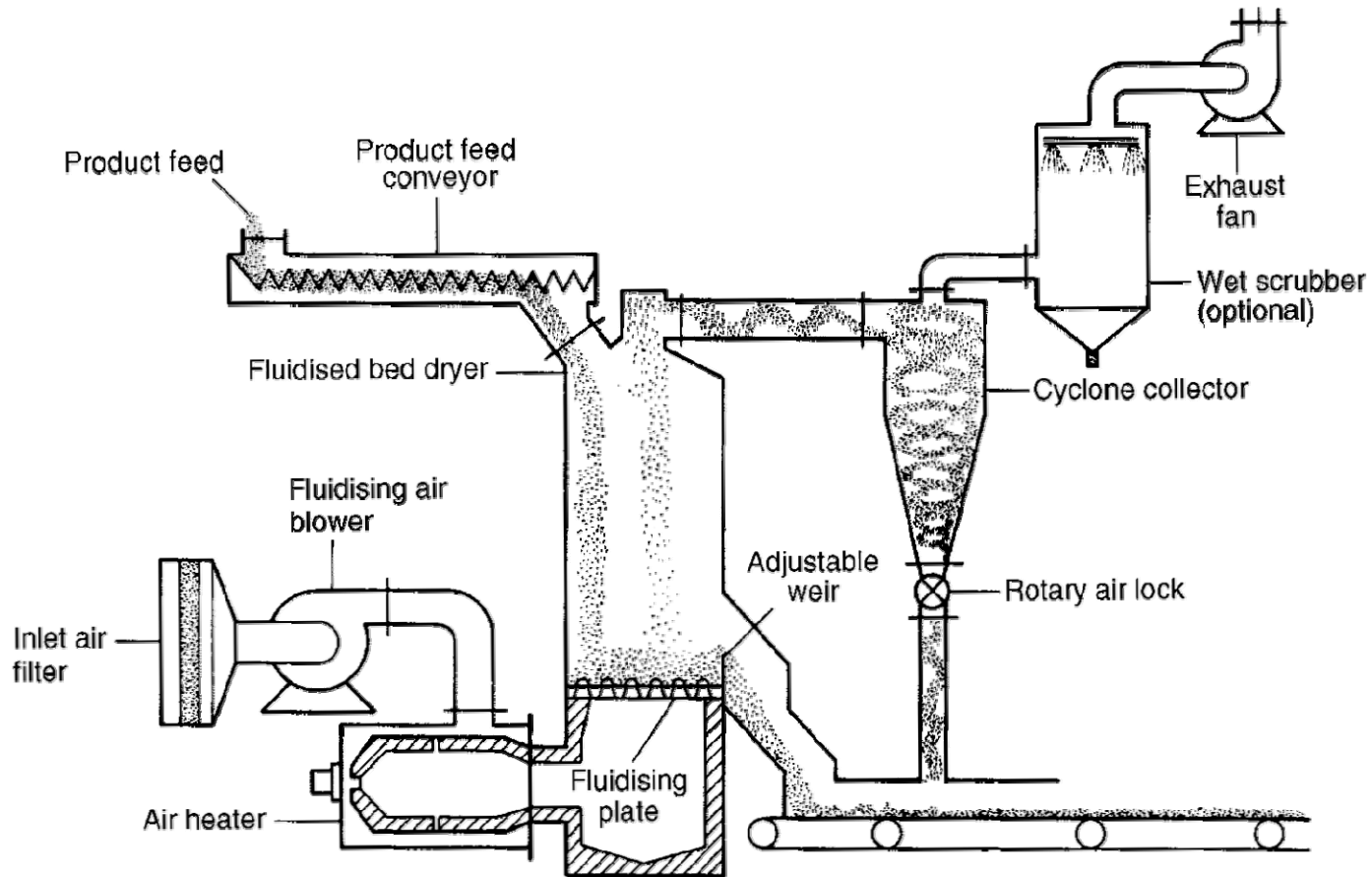


Bildquellen:

Evonik

J. Schlomach, *Feststoffbildung bei techn. Fällprozessen*, Dissertation, Universität Karlsruhe, 2006; S. 6

# Wirbelschichttrocknung von Schüttgütern



## Bildquelle:

J. F. Richardson et al., *Particle Technology and Separation Processes*. In series: *Coulson and Richardson's Chemical Engineering*, vol. 6; Butterworth-Heinemann, **2002**; p. 947



***Vielen Dank für Eure Aufmerksamkeit!***