

ZERKLEINERN

1 GRUNDLAGEN	1
2 EINTEILUNG	1
2.1 nach der Härte	1
2.2 nach Zerkleinerungsgrad und Endfeinheit	1
2.3 nach dem Verfahren	2
3 MASCHINEN ZUR GROBZERKLEINERUNG / Brecher	3
3.1 Backenbrecher	3
4 MASCHINEN ZUR MITTELZERKLEINERUNG (tw. auch Feinzerkleinerung)	3
4.1 Kegelbrecher	3
4.2 Walzenbrecher (Walzenmühlen)	4
4.3 Hammerbrecher (-Mühle)	5
4.4 Prallbrecher	5
4.5 Kollergang	6
4.6 Federkraft-Wälzmühle	6
4.7 Federkraft-Kugelmühle	6
5 MASCHINEN ZUM FEIN- UND FEINSTMAHLEN	7
5.1 Schlag- und Schleudermühlen	7
5.2 Kugelmühlen	7
5.3 Strahlmühle	9
6 SCHNEIDEN, REISSEN, VERREIBEN	10
6.1 Schneidegranulator	10
6.2 Scheibenmühle	10
6.3 Walzenstuhl	10

ZERKLEINERN

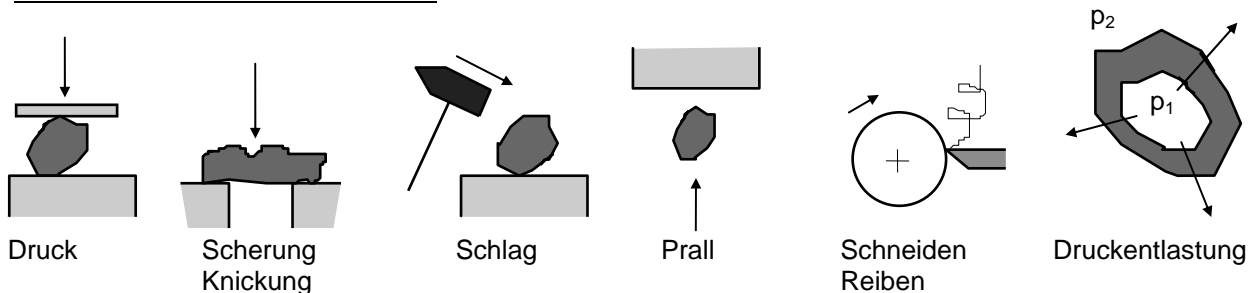
1 GRUNDLAGEN

Zerkleinern bedeutet Feststoffgefüge unter Wirkung mechanischer Kräfte zu zerteilen. Dient der Vorbereitung anschließender Trennungsverfahren oder chemischer Prozesse, sowie dem Herstellen handelsüblicher Kornklassen.

Energiebedarf ca. 5% der Gesamtweltenergie, 2% für das Zementmahlen

$$\text{Zerkleinerungsgrad } n = \frac{D}{d} \quad \frac{\text{Größtkorn Einlaufgut}}{\text{Größtkorn Auslaufgut}}$$

Zerkleinerungsmethoden: treten meist parallel auf



Berechnung: eher empirisch als theoretisch. Muss für jede Kornklasse einzeln gerechnet werden. Ansatz erfolgt oft so, dass die benötigte Arbeit proportional der neu geschaffenen Oberfläche ist.

2 EINTEILUNG

2.1 nach der Härte

Mohs'sche Härteskala

Hartzerkleinern	5 - 10	Quarz, Zement, Karbid
Mittelhartzerkleinern	2 - 5	Kohle, Kalk, Salz
Weichzerkleinern	< 1	Talk, Graphit

2.2 nach Zerkleinerungsgrad und Endfeinheit

	n	d (mm)
Grobbrechen	3 - 6	> 50
Feinbrechen	4 - 10	5 - 50
Schroten	5 - 10	0,5 - 5
Feinmahlen	10 - 50	0,05 - 0,5
Feinstmahlen	> 50	5 - 50 µm
Kolloidmahlen	> 50	< 5 µm (Grenze ca. 0,1 µm)

Brecher: Mahlgut ist größer als einige cm. (bis zu 4 t)

Mühlen: Einsatzgut < 25 mm

Grobbrecher werden nach der Größe der größten Felsstücke ausgelegt, die übrigen nach dem gewünschten Durchsatz.

2.3 nach dem Verfahren

trocken

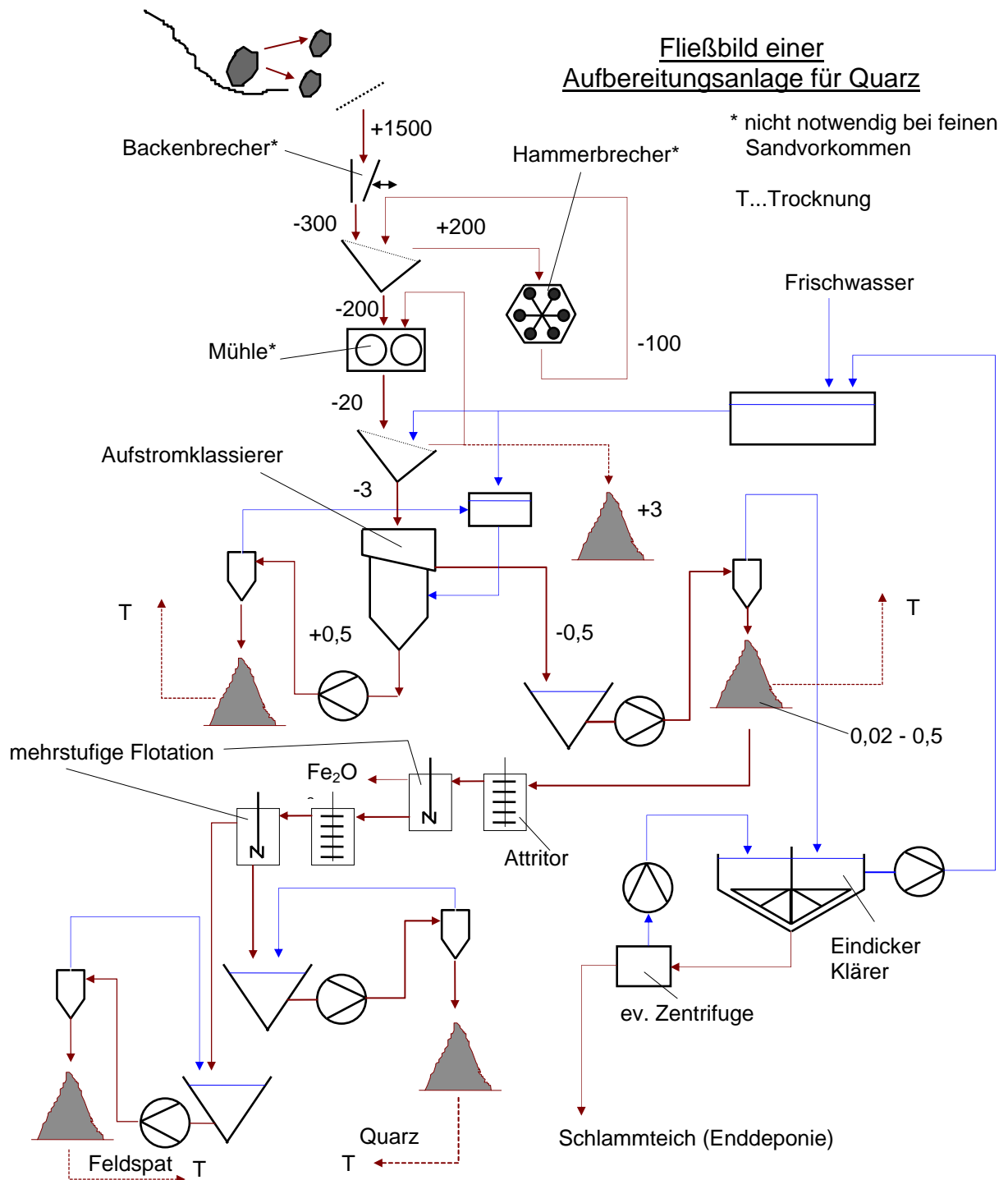
nass VT: Energiemäßig günstiger
kein Staub
NT: anschließend Trocknen
Wasserkreislauf

Zerkleinerung soll einen bestimmten günstigen Zerkleinerungsgrad nicht überschreiten. Zuviel Feingut wirkt oft hemmend. Daher wird vorher meist klassiert (= nach Kornklassen geordnet):

trocken: mit Sieb und Sichter

nass: mit Sieb, Hydrozyklon, Spiralklassierer

Aufbereitet wird daher meist in mehreren Stufen:



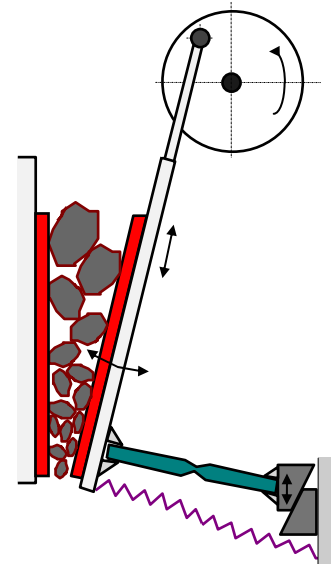
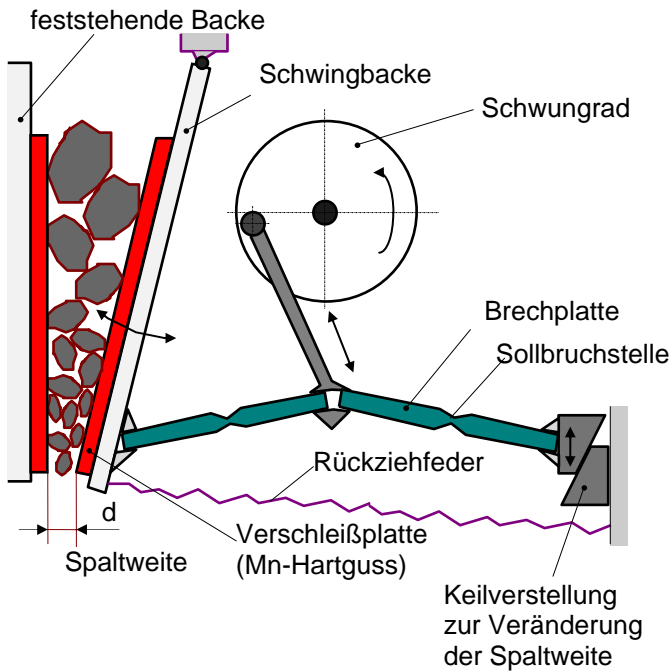
3 MASCHINEN ZUR GROBZERKLEINERUNG / Brecher

3.1 Backenbrecher

a) Kniehebelbackenbrecher

Brechmaulbreite:	400 - 2200	mm
Brechmaulweite (D)	200 - 1500	mm
Spaltweite (d)	30 - 350	mm
Brechhub	10 - 30	mm
Hubzahl	200	U/min
Durchsatz	bis 500	m ³ /h
Leistung	bis 500	kW

für harte und mittelharte Stoffe
Zerkleinerungsprinzip: Druck und Schlag



b) Einschwingenbackenbrecher

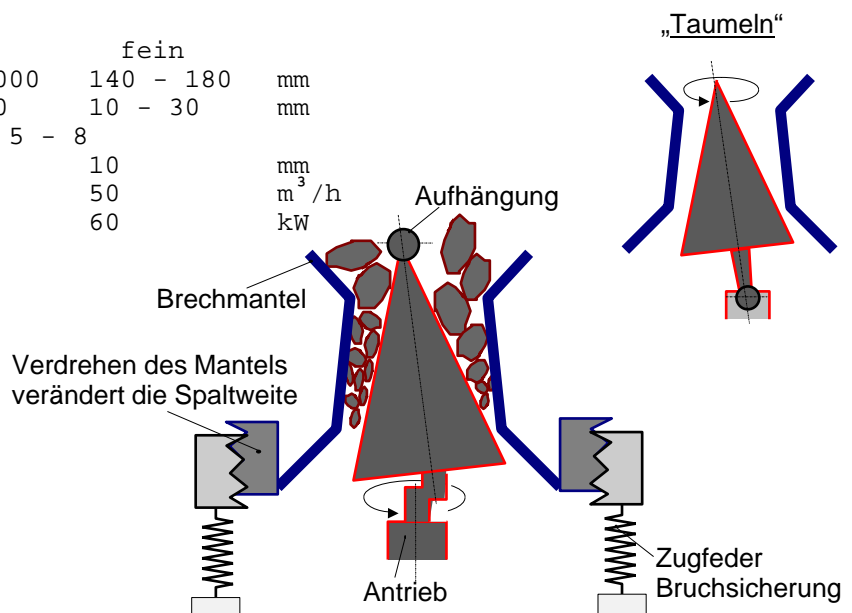
Charakteristik ähnlich dem Kniehebelbackenbrecher, aber höherer Verschleiß
Zerkleinerungsprinzip: Druck und Reibung

4 MASCHINEN ZUR MITTELZERKLEINERUNG (WT. auch Feinzerkleinerung)

4.1 Kegelbrecher

	grob	fein	
Größtmaulbreite	300 - 1000	140 - 180	mm
Spaltweite	40 - 120	10 - 30	mm
Zerkleinerungsgrad	5 - 8		
Hub	15 - 25	10	mm
Durchsatz	500	50	m ³ /h
Leistung	200	60	kW

Grob- und Feinbrechen harter bis mittelharter Stoffe
Zerkleinerungsprinzip: Druck und Reibung

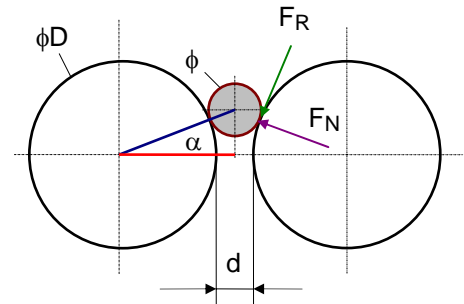
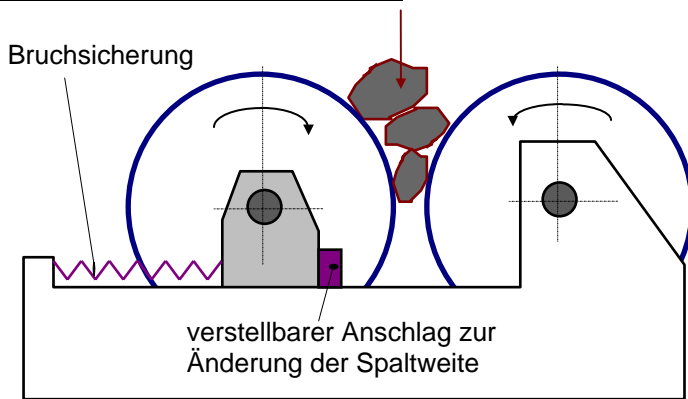


4.2

Walzenbrecher (Walzenmühlen)

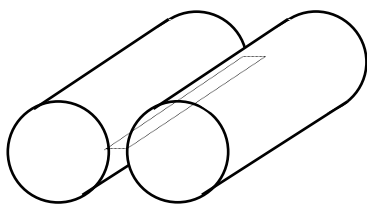
	Brecher	Mühle	
Aufgabestückgröße	150 - 200	30 - 45	mm
Walzen ϕ x Breite	1300 x 1300	1000 x 1000	mm
Zerkleinerungsgrad		4 - 6	
Durchsatz	120	4 - 6	m ³ /h
Drehzahl	60 - 120	40 - 70	U/min

Zerkleinerungsprinzip: Druck und Reibung

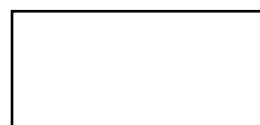


Einzugsbedingung:

Die Reibungskraft F_{Ry} muss größer sein als die Widerstandskraft F_{Ny} .
Es gibt einen Zusammenhang zwischen der Spaltweite d , dem größten Korndurchmesser D und dem Walzendurchmesser D_1 .



z.B. führt eine geriffelte Oberfläche zu einer Verbesserung des Einzugsgrades.
Stachelwalzen



4.3 Hammerbrecher (-Mühle)

schnell umlaufende Rotoren in einem engen Gehäuse. Prallwerkzeuge sind pendelnd im Rotor aufgehängt. Bei den mit Gitterstäben umgebenen Mühlen erfolgt die Zerkleinerung großteils durch Scherkräfte zwischen Hammerspitze und Käfig.

Zerkleinerungsprinzip: Schlag, Prall und Scherung

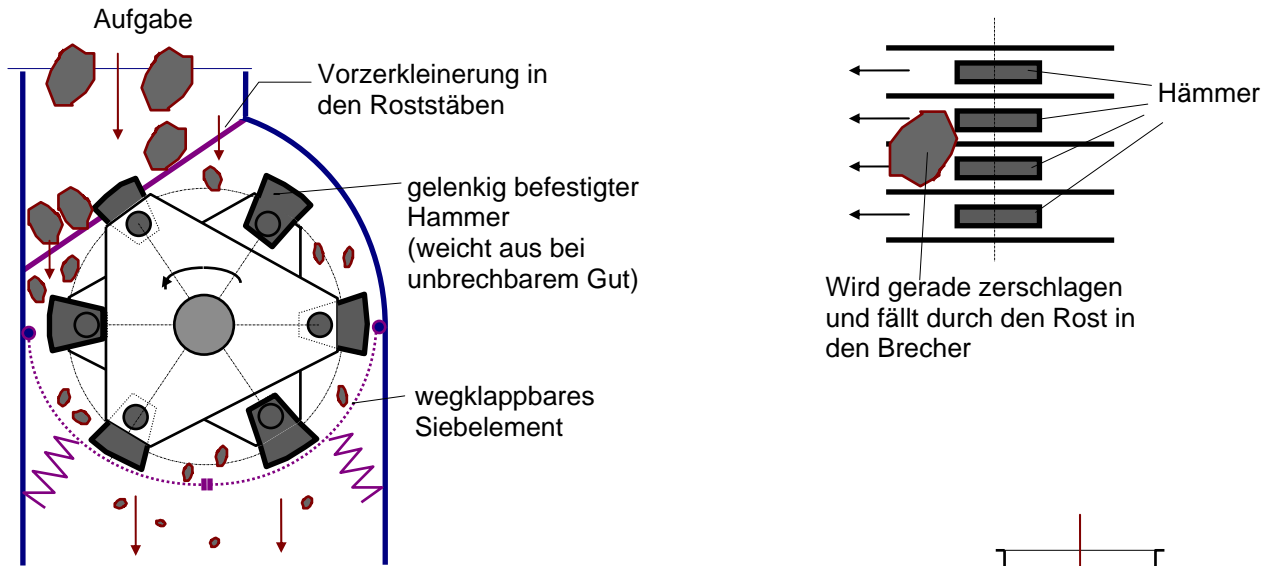
Auch Doppelhammerbrecher

<u>Brecher:</u>	Durchmesser	800 - 2000	mm
	Brechraumweite	1500 - 1600	mm
	Drehzahl	1000 - 400	U/min
	n	15 - 10	
	Endkorn	30	mm

<u>Mühle:</u> (z.B. für Rohkohle)	Drehzahl	500 - 1500	U/min
	Endkorn	5 - 10	mm
	n	30 - 40	

<u>Feinstmühle:</u>	Drehzahl	4000	U/min
---------------------	----------	------	-------

Grob- und Feinbrechen, weiche und harte Stoffe: "Universalbrecher"

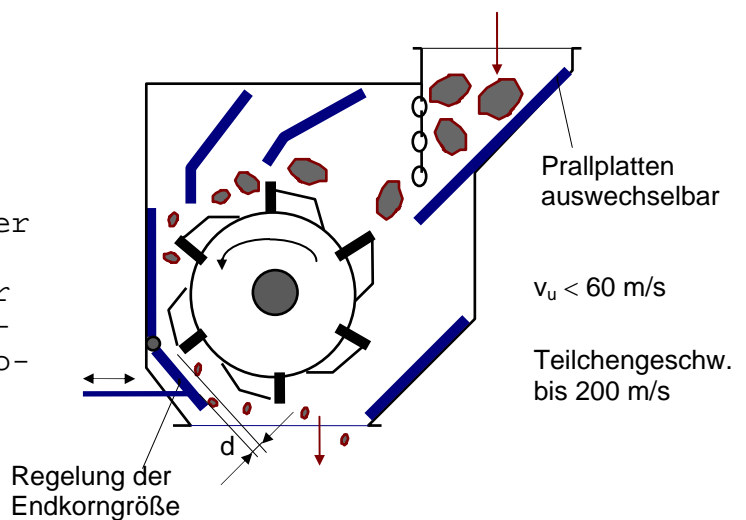


4.4 Prallbrecher

Ein- oder Zweiwalzenbrecher funktioniert prinzipiell wie der Hammerbrecher.

Feinbrechen und Schrotten harter und mittelharter Stoffe mit natürlichen Spaltrissen oder inhomogenem Gefüge. (z.B.: Erze)

Aufgabe	< 700	mm
Endkorn	1 - 25	mm
Rotordurchmesser	500 - 1600	mm
n	<50	



Zerkleinerungsprinzip: Schlag und Prall

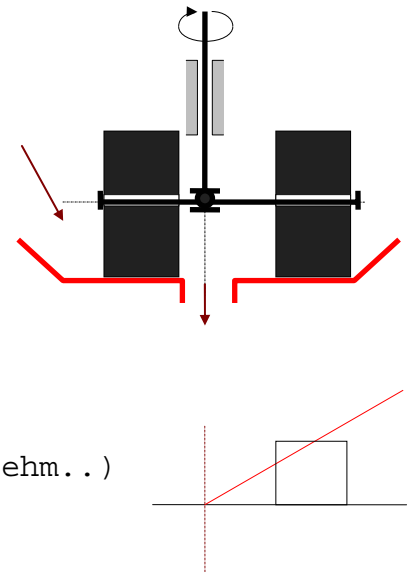
4.5 Kollergang

gehört, wie die folgenden 3 Typen, zu den Walzenmühlen. (Wälzkörper rollen auf einer Mahlbahn, auf der das Gut durch Druck und Reibung zerkleinert wird. Auf Grund des Geschwindigkeitsunterschiedes zwischen Walzen- und Mahlteller am Innen- und Aussenrand tritt zusätzlich Reibung auf. Alternativ kann auch nur der Mahlteller angetrieben werden.

Zum Schrotten trockener Güter auf Mehlfeinheit (Gesteine, Klinker, Kohle, Gips, Erz....)

Zum Nassmahlen feuchter, klebriger Stoffe (Ton, Lehm..)

Läuferdurchmesser	1000 - 2000	mm
Walzenbreite	300 - 500	mm
Tellerdrehzahl	22 - 16	U/min



4.6 Federkraft-Wälzmühle

Grob- bis Feinmahlen vorzerkleinerter, trockener Stoffe (hart bis mittelhart)

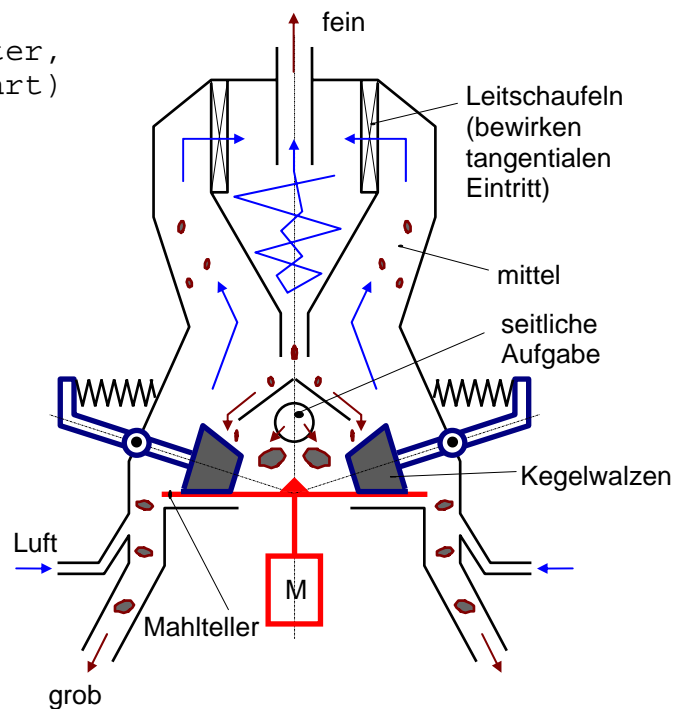
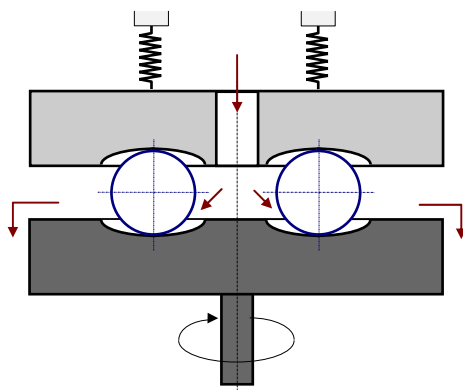
Gut	<120	mm
v_u (Teller)	3 - 4	m/s
P	bis 300	kW

Ähnlich aufgebaut sind die Schüsselmühlen (häufig in der Zementindustrie)

4.7 Federkraft-Kugelmühle

Feinmahlen von Kohle, Zementklinker, Gipsstein

Durchmesser	1000 - 1500	mm
Kugel ϕ	< 270	mm
Aufgabe	bis 40	mm



5 MASCHINEN ZUM FEIN- UND FEINSTMAHLEN

5.1 Schlag- und Schleudermühlen

a) Schlagkreuzmühle

Die Mahlorgane rotieren mit hohen Umfangsgeschwindigkeiten und zerkleinern das Gut im Flug durch Schlag und Prall. Für mittelharte bis weiche (elastische, schmierende) Stoffe.

Salz, Kohle, Kalk, Kaolin...

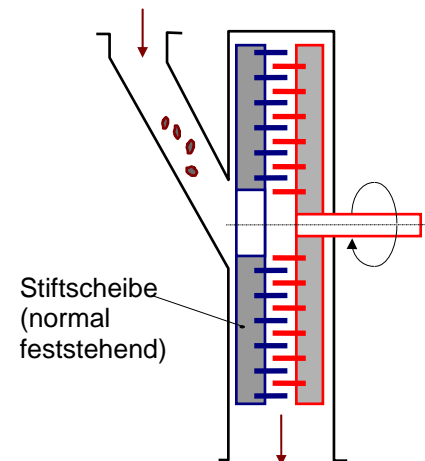
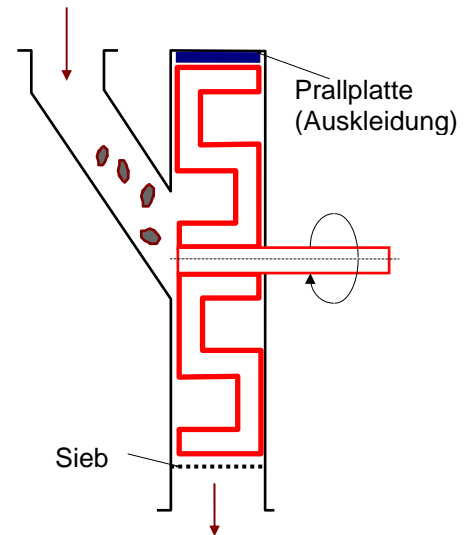
Durchmesser	bis 1300	mm
Aufgabe	bis 100	mm
v_u	50 - 60	m/s

b) Schlagstiftmühle

Prinzip ähnlich Schlagkreuzmühle. Noch feinere Vermahlung, aber empfindlicher (zB. Farbpigmente, fasrige Stoffe).

Durch die Fliehkraft ist die max. Drehzahl vorgegeben.

Abhilfe: Man lässt die 2. Scheibe gegenseitig laufen !



5.2 Kugelmühlen

Vermahlen das mit Mahlkörpern vermischte Mahlgut in einer rotierenden Trommel durch fallende oder rollende Bewegung der Mahlkörper und Mahlgutfüllung.

Bei Autogenmühlen ("pebble mills") dient das Mahlgut (größere Klumpen) selbst als Mahlhilfsmittel. Sie haben geringeren Durchsatz, erfordern jedoch keine Kosten für die Mahlkugeln. Keine Verunreinigung des Mahlgutes durch Mahlkörperabrieb

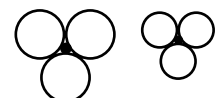
Vorteil: einfache Verschleißteile, hoher Zerkleinerungsgrad, hoher Durchsatz

Nachteil: große, sperrige Anlage, hohe Lärmbelastung, große Antriebsleistung ($\eta = 0,5 - 3 \%$)

Mahlkörper: Stahlkugeln, Rundstahlstücke, Würfel, für eisenfreies Vermahlen auch Porzellan-, Kunststoff- oder Gummikugeln (tw. mit Kern aus Stahl).

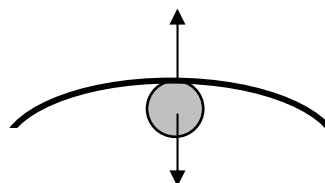
max. Kugeldurchmesser: von 15 - 50 mm (tw. ab 4mm)

Aufgabe: < 10 mm (tw. <100 mm)



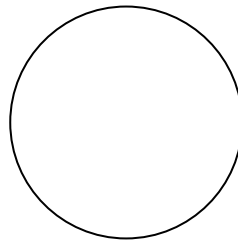
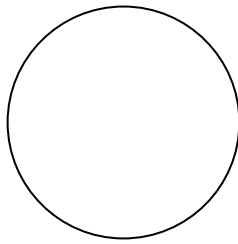
Mahlbedingungen:

krit. Drehzahl



Vormahlen: $(0,7 \text{ bis } 0,9) \cdot n_{kr}$

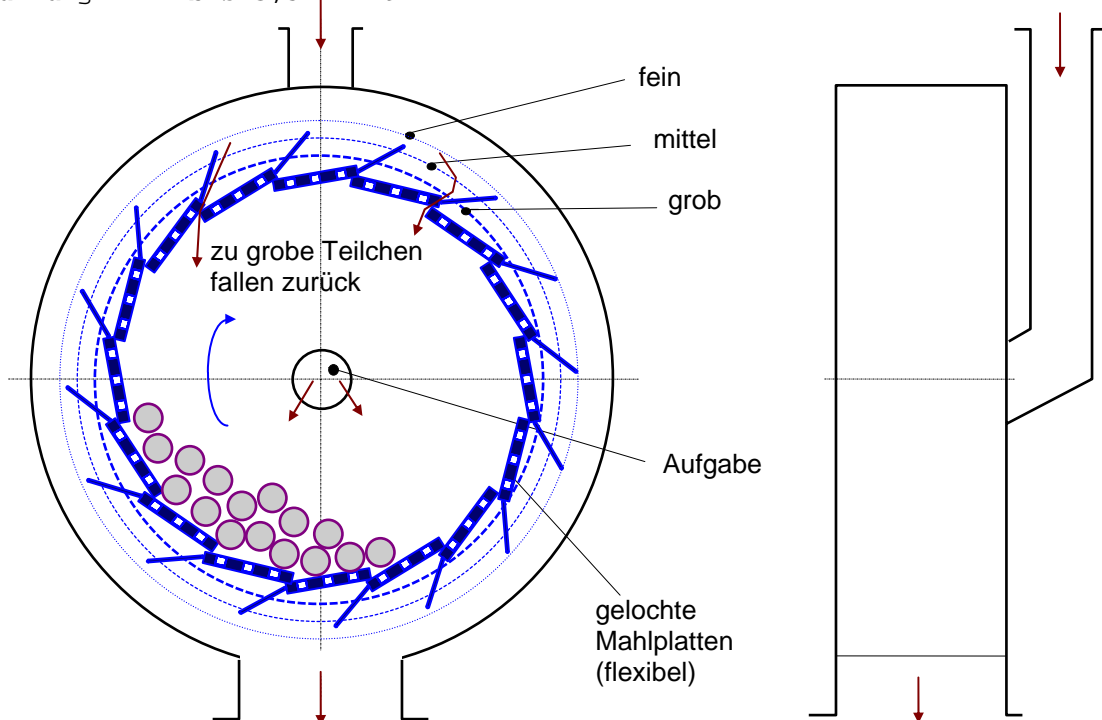
Feinmahlen: $(0,5 \text{ bis } 0,7) \cdot n_{kr}$



a) Siebkugelmühle

Grieß- und Feinmahlen mittelharter bis harter Stoffe im nassen oder trockenen Zustand. Die Endkorngröße wird durch das Endsieb festgelegt. Zum Feinstmahlen ungeeignet.

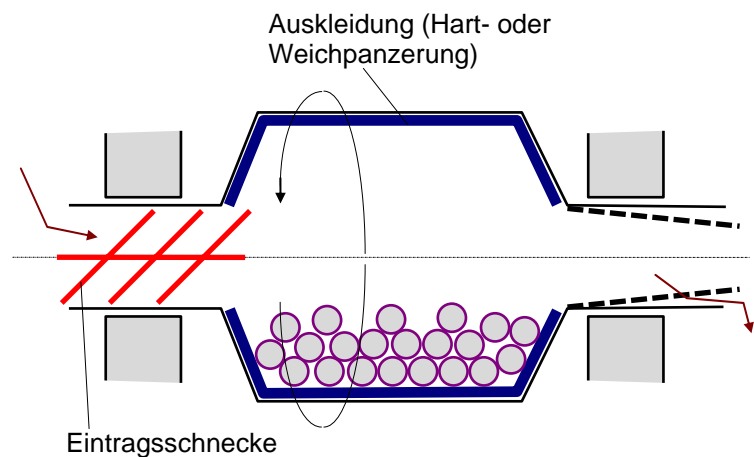
Durchmesser:	< 2500	mm
Länge:	< 1600	mm
Drehzahl:	20 - 30	U/min
Endsieb:	0,2 - 3	mm
Kugelfüllung:	bis 3,5	t



b) (Sieblose) Trommelmühle

Durchmesser	bis 3	m
Länge	< 4	m
Kugelfüllung	30 - 35	t
	(ca. 1/3 des Volumens)	
Drehzahl	< 30	U/min

Fein- und Feinstmahlen von nassem Erz (bis 50 μm), tw. kombiniert mit Konusmühlen (Verringerung der Umfangsgeschwindigkeit)



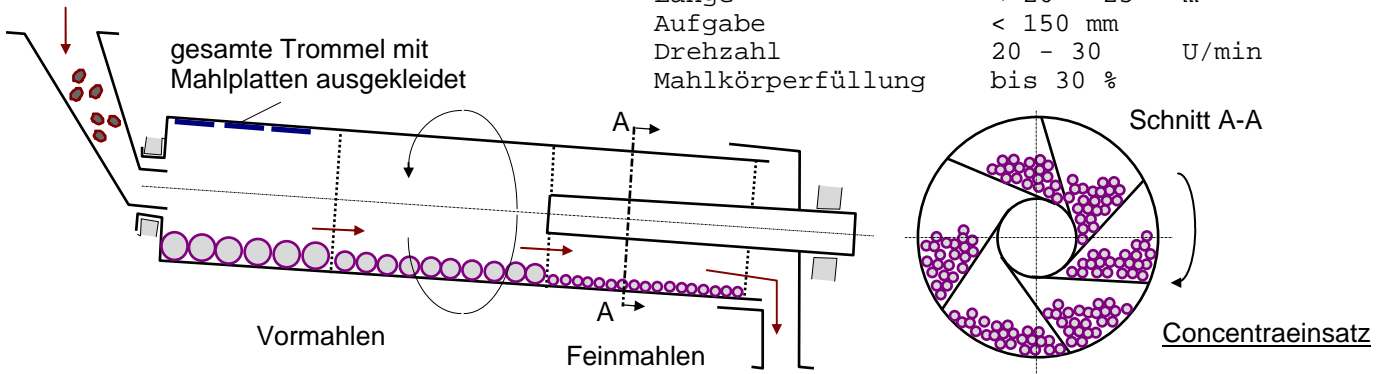
c) Verbundrohrmühle

Besitzt mehrere Vor- und Feinmahlkammern, die durch Siebe voneinander getrennt sind (mit abnehmender Maschenweite). Mahlen während eines Durchganges auf Endfeinheit. (3 - 200 µm).

Der Concentraeinsatz dient hauptsächlich dem Momentenausgleich und führt daher zu einer Leistungseinsparung.

Fein- und Feinstmahlen von Zement, Kohle, Dünger, Schlacke...

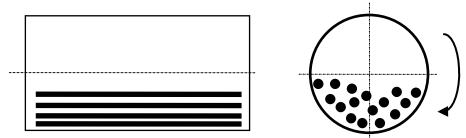
Durchmesser	< 2,5 m
Länge	< 20 - 25 m
Aufgabe	< 150 mm
Drehzahl	20 - 30 U/min
Mahlkörperfüllung	bis 30 %



d) Stabrohrmühle

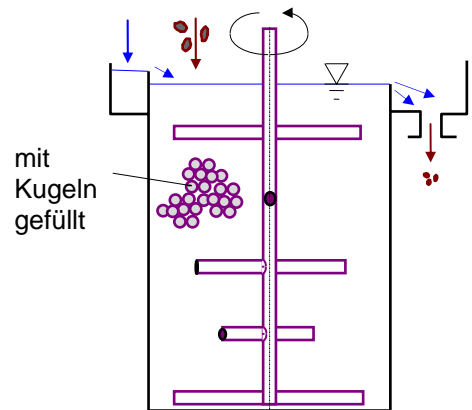
ähnlich der Trommelmühle, jedoch anstelle der Kugeln lange Stahlstäbe.

Größere Vermahlung zB. Splitterzeugung. hohe Lärmbelastung!



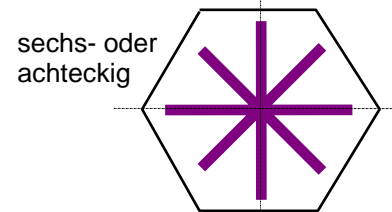
e) Rührwerkskugelmühle und Attritor

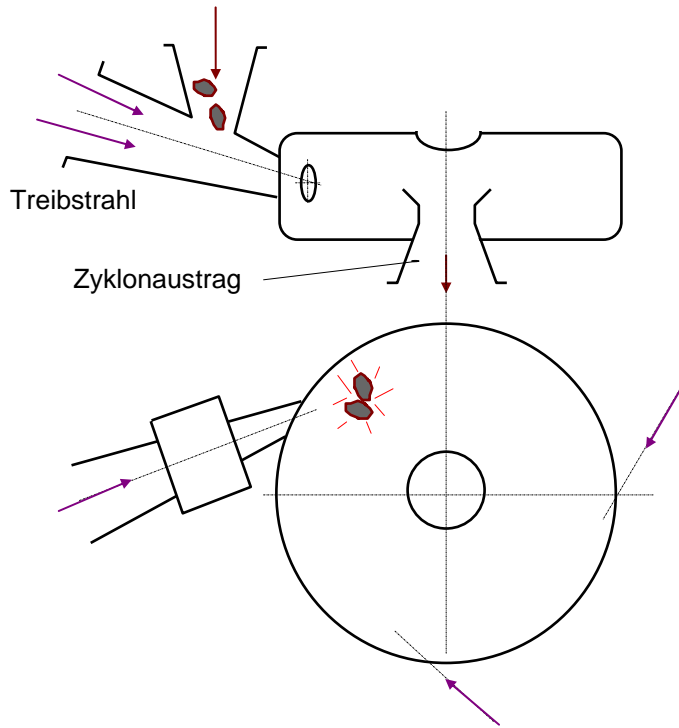
Beim Attritor reiben die Körner nur selbsttätig aneinander. Sehr häufig in Flotationen anzutreffen, um zB. das anhaftende Fe-Oxid von den Quarzkörnern zu befreien, und zugleich die Korngröße zu vereinheitlichen.



5.3 Strahlmühle

Das Mahlgut wird in einem Treibmittelstrahl von Schall- oder Überschallgeschwindigkeit eingeblasen. Zerkleinerung durch Anprall und Reibung der Teilchen aneinander. Für sehr hohe Feinheiten (< 5µm) und für Stoffe, die durch Abrieb von Mahlwerkzeugen und Auskleidung (Fluidgrenzschicht) nicht verunreinigt werden dürfen. Nachteil: sehr hoher Leistungsbedarf. Feinst- und Kolloidmahlen von Farbpigmenten, Schwefel, Sulfonamiden, Penicillinen...





Durchmesser	< 1200 mm
Düsen	6 - 20 Stück
Druck	5 - 15 bar
Aufgabe	bis 40 % Feuchte.
Leistung	bis zu 2t/h

6 SCHNEIDEN, REISSEN, VERREIBEN

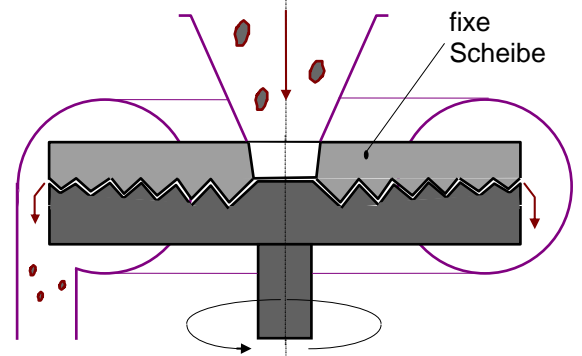
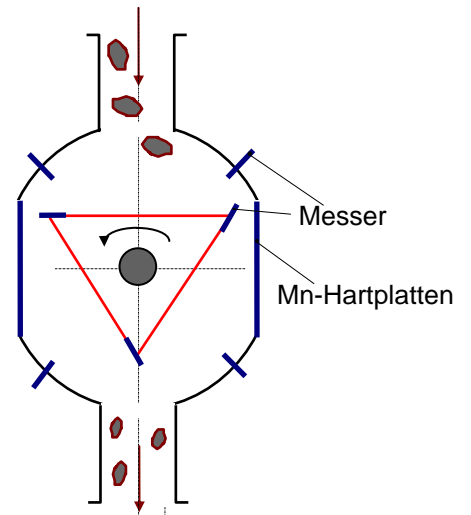
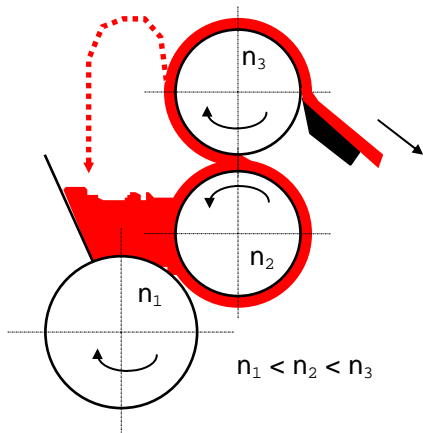
Wird bei Stoffen angewandt, welche gegen Druck und Schlag widerstandsfähig sind (elastische Stoffe), sowie zum Verreiben von Feststoffen in pastösen Suspensionen. Einteilung: Schneidapparate, Scheibenmühlen, Walzenstühle

6.1 Schneidegranulator

Zerkleinern von Kunststoff, Holz, Leder, Gummi, Metallfolien

6.2 Scheibenmühle

reisst nass oder trocken. Die Reisscheiben sind wassergekühlt.



6.3 Walzenstuhl

zerteilt Agglomerat und verreibt Feststoffe.

Abart ist der Kalandrierer zur Papier-, Kunststoff- und Gummierzeugung. Die Walzen sind bei Beginn geheizt (wegen der Zähigkeit), dann müssen sie gekühlt werden (Reibungswärme führt sonst zu einem Verbrennen des Gutes)

7 Kontrollfragen

- 1 Skizze und Beschreibung der einzelnen Zerkleinerungsmaschinen. Welche Zerkleinerungsprinzipien ? Charakteristik (2 Angaben)
- 2 Ableitung der Einzugsbedingung beim Walzenbrecher:
- 3 Erforderlicher Walzendurchmesser und -Breite des Walzenbrechers:
- 4 Formel und Ableitung für den Durchsatz (m^3/s)
- 5 Weshalb tritt beim Kollergang Reibung als Zerkleinerungsprinzip auf (Skizze dazu)
- 6 Kritische Drehzahl (Ableitung)
- 7 Was ist der Zerkleinerungsgrad ?(Erklärung)
- 8 Einteilung des Zerkleinerns nach der Härte:(Beispiele dazu)
- 9 Wodurch kann Zerkleinerung erfolgen
- 10 Einteilung des Zerkleinerns nach der Endfeinheit
- 11 Einteilung des Zerkleinerns nach dem Zerkleinerungsgrad
- 12 Nach welchen Kriterien kann die Berechnung beim Zerkleinern erfolgen? (in welchem Bezug auf die Kornklassen?)
- 13 Wozu dient das Zerkleinern?
- 14 Welche Maschinen zum Grobzerkleinern ?
- 15 Welche Maschinen zum Mittelzerkleinern ?
- 16 Welche Maschinen zum Feinzerkleinern ?
- 17 Nennen Sie Maschinen zum Feinstmahlen
- 18 Skizze und Beschreibung eines Attritors (Warum ist der Querschnitt nicht rund?)