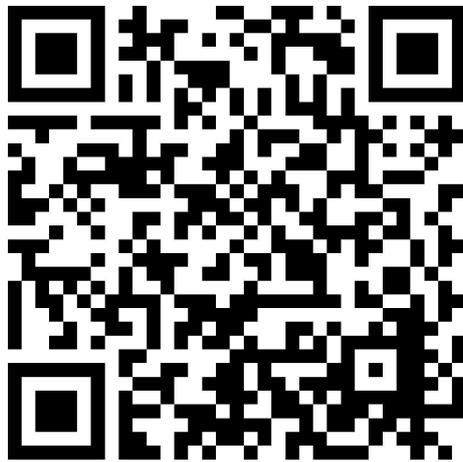


Wissenswertes über Stabrohrmühlen



Diese Broschüre können Sie bequem online lesen:



Sie finden die Broschüre auch unter:
<https://industriegummi.com/ersatzteile/stabrohrmuehlen>

Inhaltsverzeichnis

Geschichtlicher Überblick	4
Einsatzmöglichkeiten	4
Verfahrenstechnik.....	5
Unterschiedliche Arten der Zerkleinerung:	7
Mahlkörper.....	7
Konstruktion/Bauarten	13
Betriebskosten.....	18
Sandqualität.....	19
Quellen	19

Geschichtlicher Überblick

Im Jahre 1870 erhielt Zarenko ein Patent für die Idee, zylindrische Stäbe im Inneren einer Trommel rollen zu lassen. Der Ausdruck Trommel ist eigentlich auch richtig, denn es handelt sich immer um kurze Mahllängen.

1906 wird erstmals eine solche Maschine angeboten, und zwar von der Maschinenfabrik Gebr. Propfe in Hildesheim.

Erst 10 Jahre später tauchen in Amerika solche Mühlen auf, aber noch keinesfalls für die Steine-und-Erden-Industrie, sondern für Erze, Salze, Kohle usw. Hierbei werden die Vorteile der Stabrohmühlen erkannt, nämlich die Vermahlung von feuchten Produkten und die Möglichkeit, ein gleichmäßiges Endkorn herzustellen, ohne die Feinheit zu weit zu treiben.

Herr Blanc aus Paris schlägt deshalb vor, diesen Mühltyp für die Herstellung von Sanden zur Betonaufbereitung einzusetzen. Sie wurden dann zu einem unentbehrlichen Bestandteil der Aufbereitungsanlagen beim Bau von Staudämmen und Tunnels, wo also Felsgestein als Zuschlagstoff zur Verfügung steht. Bis dahin vergingen aber weitere ca. 20 Jahre.

Heute ist die Stabrohmühle in Fachkreisen ein allseits bekanntes Zerkleinerungsgerät. Ihre damalige Marktdominanz wurde durch die Entwicklung der Prallzerkleinerung zurückgedrängt.

Alle namhaften Maschinenfabriken hatten solche Trommelmühlen für die verschiedenen Materialien und in unterschiedlichen Bauformen in ihrem Lieferprogramm.

Einsatzmöglichkeiten

Stabrohmühlen, die in die Kategorie der Grobvermahlung fallen, können sowohl im Trocken- als auch Nassverfahren betrieben werden. Immer wird ein Sand 0/2 oder 0/4 gewünscht, der sich bei der Trockenvermahlung durch einen hohen Fülleranteil auszeichnet.

In unseren Kundenkreisen hat die Trockenvermahlung durch solche Mühlen an Bedeutung verloren, nachdem die Prallzerkleinerung hier Boden gut gemacht hat und außerdem der Füller nicht sehr gefragt ist, weil er in seiner Qualität (Aufmahlung) nicht den Erfordernissen entspricht.

Der Einsatz von Stabrohmühlen in der Zuschlagstoffindustrie beschränkt sich also nahezu auf die Nassvermahlung, d. h. Mahlung unter Zugabe von Wasser. Eine solche Aufbereitung ist immer dann in den Steine-und-Erden-Betrieben – und hier vorwiegend bei den Kieswerken – gefragt, wenn

- relativ feine und nasse Überschussskörnungen, z. B. 4/8 oder 8/16 mm, vorhanden sind,
- das Vorkommen zu wenig Sandanteile besitzt,
- der Natursand in seiner Zusammensetzung nicht der Normanforderung (DIN 4226) oder den Kundenwünschen entspricht und verschnitten werden muss,
- Spezialsande geliefert werden müssen, die in ihrem Kornband nicht natürlichen Vorkommen entsprechen,
- Bei Großbaustellen, z. B. Staumauern oder Tunnels, bei denen die normalen Zerkleinerungsvorgänge zu wenig oder zu gering qualifizierten Sand liefern.

Hieraus resultiert, dass diese Maschinen im Inland vorwiegend in Süddeutschland vorgefunden werden, und da mit den Schwerpunkten Münchner Schotterebene, Ober- und Hochrhein, Donau und deren Zuflusstäler.

Verfahrenstechnik

Die Mühlen bestehen grundsätzlich aus einem kurzen Rohr, deshalb auch der Name Trommelmühle, das mit runden Stäben als Mahlkörper gefüllt ist und sich dreht.

Die Mantelpanzerung ist dabei so ausgebildet, dass diese Mahlstäbe bis zu einem bestimmten Winkelpunkt mitgenommen werden und dann im behinderten Fall in den Grund der Trommel zurückfallen.

Die Bahn der Stäbe kann wie folgt beschrieben werden:

- Phase 1 – durch die Drehung mitgerissen, verlagern sich die Stäbe in eine Ebene, die um ca. 45° zur Waagerechten geneigt ist.
- Phase 2 – in dieser Lage angekommen, stürzen die Stäbe im behinderten Fall zurück und rollen dabei übereinander.
- Phase 3 – im Fall treffen sie auf die gegenüberliegende Trommelwand oder auf die bereits hinabgestürzten Stäbe.

Untersuchungen haben ergeben, dass einer Umdrehung der Trommel 3 solcher Abläufe zuzuordnen sind, wobei zeitlich die Steigphase etwa 80 % und die Sturzphase etwa 20 % ausmachen.

Weiterhin wurde festgestellt, dass die mittlere Amplitude der Bahn eines Stabes etwa einer Fallhöhe von einem Drittel des Mühlen-Durchmessers entspricht.

Von entscheidender Bedeutung für dieses Verhalten der Mahlkörperfüllung ist die Drehzahl einer Trommel. Dabei gibt es die beiden Extremwerte, nämlich

- zu schnell, dann bleiben die Mahlstäbe auf Grund der Fliehkraft unbeweglich in der Trommel, und
- zu langsam, dann rollieren die Stäbe nur gering, und es tritt so gut wie keine Zerkleinerungsarbeit auf.

Berechnungen, vor allen Dingen aber Versuche, haben ergeben, dass die max. Drehzahl, die als kritische Drehzahl bezeichnet wird, bei

$$\frac{42,3}{\sqrt{D}}$$

liegt, wobei der lichte Durchmesser einzusetzen ist, also das Maß zwischen der Panzerung und nicht der Rohrdurchmesser.

Dieser Wert muss nun entsprechend der vorhergehenden Aussagen unterschritten werden. Es hat sich herausgestellt, dass bei 76 % der beste Wirkungsgrad einer Stabrohmühle liegt.

Damit würde sich die günstigste Umdrehung nach der Formel, die jeder Aufbereitungsfachmann im Kopf hat,

$$\frac{32}{\sqrt{D}}$$

ergeben.

Tatsächlich werden auch alle diese Mühlen, mit ganz geringen Abweichungen bedingt durch Motordrehzahl und Getriebeübersetzung, so berechnet. Für die gängigen Typen ergeben sich damit folgende Drehzahlen pro Minute:

lichter Durchmesser	1250 mm	1600 mm	2000 mm	2500 mm	3150 mm
Drehzahl pro Minute	32	26	23	18	15

Unterschiedliche Drehzahlen bei Trocken- oder Nassvermahlung sind nicht geläufig.

In der Trommel befindet sich nun auch das betreffende Material, in unseren Anwendungsfällen immer Gestein. Dieses wird durch die beschriebenen Bewegungsvorgänge der Mahlstäbe beansprucht und zerkleinert.

Unterschiedliche Arten der Zerkleinerung:

- Schlagzerkleinerung
Hervorgerufen durch das Stürzen der Stäbe mit Auftreffen am Panzer, durch Gegeneinanderschlagen der Stäbe und durch Aufschlagen auf das Polster am Fuße des Schüttkegels.
- Druckzerkleinerung
Hervorgerufen durch die Rollbewegung im unteren Schüttkegel zwischen den Stäben und der Panzerung.
- Scherzerkleinerung
Hervorgerufen dadurch, dass die Stäbe beim Fallen nicht parallel zueinander abstürzen
- Reibzerkleinerung
Hervorgerufen durch eine Axialbewegung der Stäbe in der Trommel und einen bestimmten Abnutzungsgrad der Panzerung

Mahlkörper

Für die Steine-und-Erden-Industrie kommen runde Stäbe infrage. In den seltenen Fällen, in denen eine Feinmahlung, im Wesentlichen unter 0,5 mm, gewünscht wird, kommen an Stelle von Stäben andere Formen zum Einsatz. Dann spricht man von Kugelrohmühlen.

Für die Auswahl der Mahlstäbe gibt es folgende Beachtungspunkte:

- a) Durchmesser
- b) Länge
- c) Materialqualität

Der gewählte Durchmesser hängt von der Korngröße des Aufgabegutes und dem gewünschten Zerkleinerungsgrad ab. Bei relativ grobem Aufgabegut werden Mahlstäbe bis etwa 130 mm eingesetzt. Die kleinste Abmessung liegt bei 40 mm. In jedem Falle wird eine Mischung eingefüllt. Die Gattierung wird vom Zerkleinerungsgrad bestimmt.

Je kleiner die Abmessungen, umso feiner wird das Fertiggut, weil mehr Angriffsfläche zur Verfügung gestellt wird, und das Polster kleinere Zwischenräume besitzt.

Durch die Mahlarbeit werden die Stäbe im Laufe der Zeit dünner und müssen aussortiert werden. Die Nachfüllung geschieht dann immer mit dem gewählten dicksten Stab. Einmal im Jahr sollte eine Stabrohmühle gestürzt, also ausgeräumt und neu gattiert werden.

Bei unserer Kundschaft haben sich Stäbe mit 90 mm \varnothing zur Nachfüllung als günstig herausgestellt. Bei der Gattierung sollte eine Mischung aus 90, 60 und 40 zu gleichen Teilen gewählt werden.

Die Länge der Stäbe wird zunächst einmal bestimmt durch die Trommelabmessung und durch die Ausbildung der Kopfwände. Das sich dadurch ergebende Maß wird um 150 mm reduziert, um den Stäben eine Bewegungsfreiheit zu geben und den Materialeintritt zu fördern. Eine Mühle mit 3000 mm Trommellänge hat also Stäbe mit 2850 mm Länge.

Bei der Materialqualität steht natürlich die Verschleißfrage an erster Stelle, denn die Stäbe werden am höchsten beansprucht. Nun könnte man meinen, und anfangs herrschten auch diese Gedankengänge vor, dass eine möglichst widerstandsfähige Stahlsorte genommen werden sollte. Die entsprechenden Verschleißmaterial-Lieferanten boten daher hochwertige Walzknüppel an, die mit geringen Mängeln behaftet waren aus der Sicht der ursprünglich gewünschten Qualität, die jedoch für den Einsatz in Kies- oder Baustellenanlagen nicht von Bedeutung waren, wie z. B. zu große Toleranz im Walzdurchmesser oder Nichteinhaltung der Stahlzusammensetzung.

Da es sich hier um „Ausschussware“ handelte, waren die Preise und damit die Verschleißkosten gering. Solche Mahlstäbe konnten zu etwa 60 % einer Originalqualität eingekauft werden.

Nun hatten aber alle nicht berücksichtigt, dass Mahlstäbe einer hohen Biegebeanspruchung ausgesetzt sind und möglichst vor dem Aussortieren nicht brechen sollten. Genau aber das trat ein, weil die unqualifizierten Qualitäten nur selten die erforderliche Zähigkeit/Dehnung hatten. Abgebrochene Stäbe können sich in der Trommel aufrichten und stören dann den normalen Bewegungsablauf des Mahlpolsters mit einer deutlichen Minderung des Wirkungsgrades.

Untragbar wurde die Situation mit der Einführung von Gummipanzerungen auch bei diesem Mühlentyp. Es kommt bei Stabbrüchen dann zu Aufspießungen und mechanischer Zerstörung der Mantelpanzerung.

Heute werden wohl nur noch qualifizierte Stahlqualitäten eingesetzt, die extra für diesen Anwendungszweck gewalzt werden. Zu beachten ist hier, dass die Ablängung sachgemäß erfolgt, d. h. kalt gesägt oder warm geschlagen, auf keinen Fall abgebrannt. Die Längentoleranz liegt bei ± 20 mm.

Zu dem Kapitel Mahlstäbe gehört auch noch die jeweilige Einfüllmenge. Diese richtet sich in erster Linie nach dem Abbaugrad und der Gesteinssorte, d. h. je höher die gewünschte Zerkleinerung, desto größer muss die Menge sein. Diese wird begrenzt durch die notwendige Bewegungsfreiheit und bei bestimmten Mühlenkonstruktionen durch die Möglichkeit des Stabaustrittes am Zentralauslauf.

Erfahrungen zeigen, dass sich die Trommelfüllung aus etwa 50 % Material und 50 % Mahlkörper zusammensetzt. Sie übersteigt nicht 45 % des Netto-Mühlenvolumens.

Wenn wir wieder die vorerwähnten gängigen Typen nehmen, so ergeben sich folgende Mahlkörperfüllungen pro Meter Trommellänge:

Durchmesser	1250 mm	1600 mm	2000 mm	2500 mm	3150 mm
Mahlkörperfüllung in t	2,3	4,0	6,2	10,0	15,5

Für die am häufigsten, vor allen Dingen von Kieswerken, eingesetzten Mühlen 1600 x 3000 mm bzw. 2000 x 3000 mm errechnen sich also 12,0 bzw. 19,0 t.

Die Zerkleinerungsarbeit, die in solchen Rohrmühlen geleistet werden kann, hängt natürlich von der Art und Qualität des zur Verarbeitung kommenden Aufgabegutes ab und den Beeinflussungsfaktoren, die sich aus der Konstruktion der Mühle ergeben. Insofern unterscheidet sie sich nicht von allen anderen Maschinen, in denen aus großen Steinen kleine gemacht werden.

Eine Stabrohmühle hat aber auch einen max. Abbaugrad, der die wirtschaftliche Grenze aufzeigt und aus vielen Erfahrungen mit 1:16 ermittelt ist.

Die Konstruktion aller Rohrmühlen lässt ein relativ großes Aufgabegut zu, also Stücke bis 80 mm. Es macht aber nun betriebswirtschaftlich keinen Sinn, diese Möglichkeit in Anspruch zu nehmen, weil andere Brecher oder Mühlen, also z. B. Kegelschredder oder Prallmühlen, für diese Bereiche besser geeignet sind und kostengünstiger arbeiten.

Weil Rohrmühlen keine Einengung im Aufgabebereich haben wie z. B. Kegelschredder, muss hier die technische Einsicht Platz greifen. In den Jahren um 1960 sind Stabrohmühlen in Kieswerken gesehen worden, die mit Material bis 56 mm beschickt wurden.

Erfahrungen haben gezeigt, dass das in jeder Hinsicht günstigste Aufgabegut die Fraktionen im Bereich 8 bis 16 mm sind. Die Spanne, die in Betracht gezogen werden kann, wenn man an die Anschaffung einer solchen Rohrmühle denkt, ist ein Kornband 2 bis 32 mm, wobei der Anteil im Bereich über 16 mm 1/3 der Menge nicht überschreiten sollte.

Was geht nun in einer Stabrohmühle vor, warum wandert das Material durch die Trommel und weshalb wird aufgrund des großen bewegten Gewichts der Mahlstäbe nicht alles zu Mus zerschlagen?

Zunächst ist es nicht so, dass hinten etwas austritt, wenn man vorn nur genügend einwirft. Es gibt in einer Stabrohmühle keine Einrichtungen, wie z. B. Schneckengänge, die einen Transport bewerkstelligen, und es gibt innerhalb der Mahlstrecke keinen freien Fall mit Austrittsmöglichkeit.

Deshalb glaubte man anfangs des letzten Jahrhunderts, dass man Stabrohmühlen leicht schräg legen müsste, um auf diese Weise eine Wegstrecke zu erreichen ähnlich wie bei Siebmaschinen.



Nass-Mühle



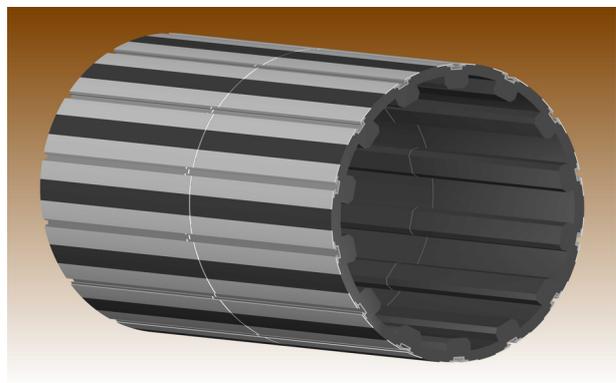
Stabfutterpanzerung



Stirnwandplatten



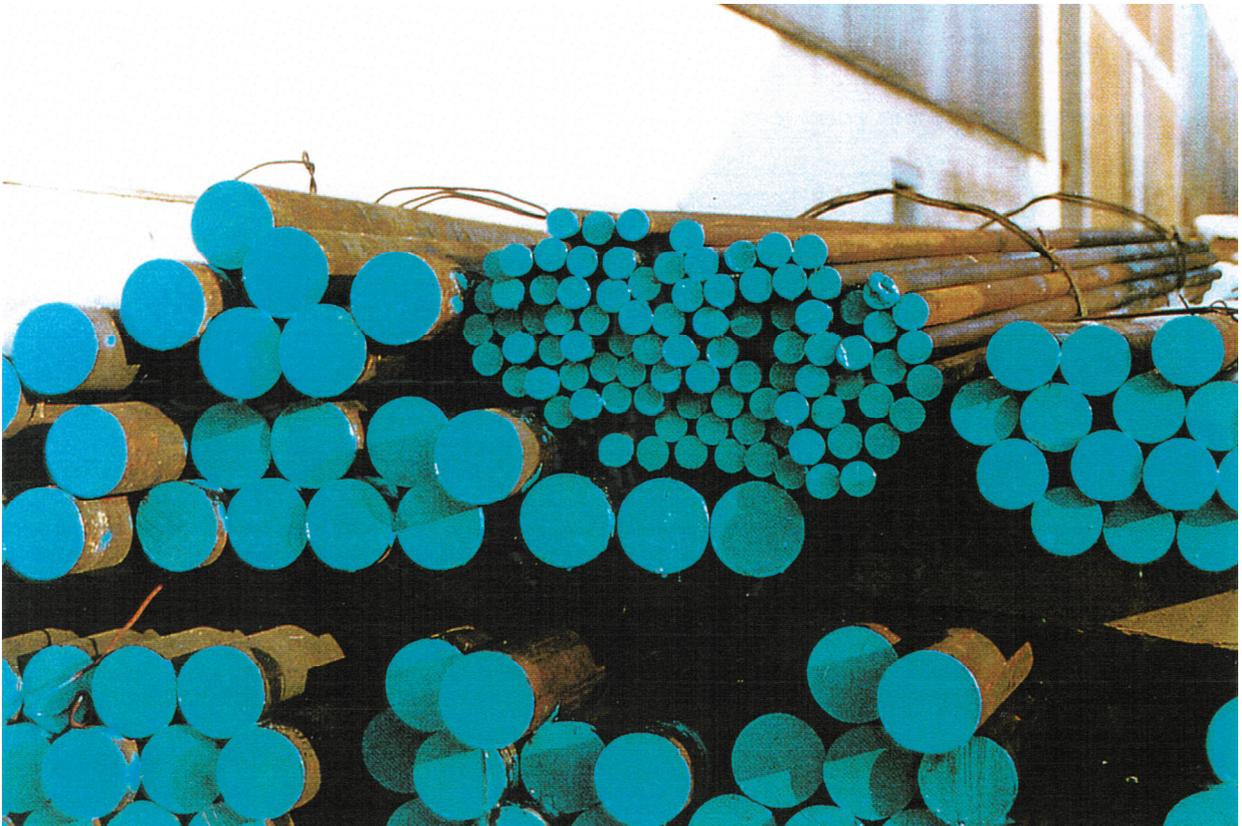
Gummi-Heber



Mantelpanzerung Gummiheber und Platten



Radantrieb



Mahlkörperstäbe sortiert

Dies bewahrheitete sich nicht, vielmehr führte die Neigung zu einer Störung der Bewegung der Mahlstäbe.

Tatsache ist zunächst einmal, dass am Einlauf durch das zugeführte Material eine Verschlusswirkung erzielt wird. Bereits in der Mühle befindliches Mahlgut kann also nach hier nicht zurück.

Da das Mahlgut sich in ständiger Bewegung befindet, kann es nur dorthin ausweichen, wo freier Platz angeboten wird, und das ist in Richtung des Auslaufes.

Bei der Zerkleinerungsbeanspruchung spritzt das Material, und zwar natürlicherweise in den freien Raum. Dieser freie Raum wird auch dadurch gebildet, dass die Stäbe in ihrer Packung Hohlraum haben, weshalb ja auch runde und nicht eckige Stäbe eingesetzt werden.

Hinzu kommt, dass die Stäbe niemals parallel zur Mühlenachse liegen. Das Mahlkörperpolster ist am Einlauf immer dicker als am Auslauf, weil hier durch die noch größeren Partikel die Stäbe auf größeren Abstand gehalten werden. Es ergibt sich dann doch innerhalb der Mühle eine Neigung.

Dadurch, dass die Stäbe nicht dicht an dicht liegen, tritt niemals eine unendliche Zerkleinerung auf, sondern es stellt sich eine Grobmahlung ein mit einer Siebwirkung, so dass das Austragsgut immer ein breites Kornband aufweist, was gerade das günstige Mahlergebnis für Beton- oder Brechsande ergibt.

Die ungleichmäßige Abnutzung der Mahlstäbe fördert diese „Siebwirkung“ noch. Die Stäbe sind also im Verschleißendzustand an der Einlaufseite nahezu nadelspitz an der Gegenseite noch immer 20 bis 30 mm stark.

Entscheidend ist natürlich auch das Fließverhalten des Mahlgutes. Und gerade hierin unterscheiden sich Nass- und Trockenaufbereitung:

- Bei der Nassvermahlung erreiche ich nach dem Überlaufsystem eine Förderung, die bei sonst gleichen Einsatzbedingungen die fühlbar größere Durchsatzmenge erbringt.
- Bei der Trockenvermahlung fehlt dieses Transportmittel und wird nur bedingt ersetzt durch den Umfangsaustrag, der zu einer wesentlich größeren Neigung des Mahlgutes innerhalb der Trommel führt. Außerdem schwemmt das Wasser die Feinstteile schnell aus der Mühle.

Die Beschickung einer Trommelmühle erfolgt immer durch die Mitte der vorderen Kopfwand mit Hilfe eines regulierbaren Aufgabegerätes wie Rinne oder Dosierband.

Bei der Nassvermahlung wird hier auch das Wasser zugeführt, wobei durchaus Sekundärwasser genommen werden kann. Zur Regulierung sollte jedoch eine kleine Frischwasserleitung, es genügt 1“, vorhanden sein. Der Wasserverbrauch liegt bei mindestens 0,4 m³ pro t Sand.

Beim Austrag unterscheiden sich die beiden Systeme.

Die Trockenvermahlung trägt immer am Umfang aus im sog. Austragsring. Dieser ist in der Regel am Ende der Trommel vor der Kopfwand montiert. Bei einfachen Konstruktionen sind in den Trommelmantel Fenster geschnitten, was eine Schwächung zur Folge hat. Da außerdem dieser Bereich dem Verschleiß ausgesetzt ist, muss das als Billiglösung angesehen werden.

Es gibt auch Mühlen mit Mitten-Umfangsaustrag, der zu kurzen Mahl-Verweilzeiten und entsprechend grobem Austragsgut führt. Die Schwierigkeit dieser Type liegt darin, dass an beiden Kopfwänden absolut gleich hinsichtlich Menge und Stückgröße aufgegeben werden muss, weil anderenfalls die Bewegungsabläufe im Mahlpolster negativ beeinflusst werden, was wiederum Verschlechterung des Wirkungsgrades und erhöhte Stabbrüche zur Folge hat.

Umfangsaustrag kann auch bei Nassvermahlung eingesetzt werden, bietet aber keinerlei Vorteile gegenüber dem Zentralauslauf.

Bei Nassvermahlung und Zentralaustritt kann ein Siebkorb an die Kopfwand angeflanscht werden, der sich mit der Mühle dreht und unter Zusatz von Wasser eine korrekte Absiebung bei z. B. 4 oder 2 mm vornehmen kann. Eine so ausgestattete Mühle liefert also größtmäßig Fertiggut.

Bei der Trockenvermahlung muss eine gesonderte Siebmaschine installiert werden, um zu dem gleichen Ergebnis zu kommen.

Konstruktion/Bauarten

Eine Trommelmühle besteht aus den folgenden Grundelementen:

- a) Trommel
- b) Antrieb
- c) Panzerung
- d) Teile im Ein- und Auslaufbereich
- e) Zubehör/Schutzvorrichtungen

Dabei gibt es 2 Typenreihen, nämlich die halsgelagerten und die radgelagerten Bauarten.

Die halsgelagerten Bauarten sind eine sehr solide und sehr massiv gebaute Ausführung mit entsprechender Langlebigkeit und sehr geringen Betriebskosten im maschinentechnischen Bereich.

Die radgelagerten Bauarten werden erst seit der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts angeboten und fanden eigentlich Eingang in den Markt durch einen vergleichsweise sehr günstigen Anschaffungspreis. Dem stehen aber höhere Kosten und eine fühlbar geringere Lebensdauer entgegen.

Während Halslagermühlen heutiger Konstruktionsreife Einsatzzeiten von 50 Jahren erreichen, sind die Radlagermühlen etwa bei der Hälfte der Zeit am Ende ihrer vertretbaren Lebensdauer.

Die Trommel ist bei beiden Bauarten aus gewalztem Kesselblech, versehen mit den Bohrungen für die Panzerung. Zu der Trommel gehören die Kopfwände, bei der klassischen Mühlenausführung aus Stahlguss bzw. Spezialgusseisen, an den Trommelkörper mit Schrauben über Flanschringe angebracht, bei der Radausführung in Schweißkonstruktion teilweise bei der Billigausführung direkt verschweißt oder auch über Flanschringe angeschraubt.

An den Kopfwänden befinden sich die Lagerzapfen bzw. die Teile für den Ein- und Auslauf des Mahlgutes.

Die Länge einer Trommel- oder Rohrmühle wird zunächst aus den verfahrenstechnischen Belangen gefordert, d. h. es muss unter Berücksichtigung einer gewünschten Mahlfeinheit eine bestimmte Verweilzeit erreicht werden, in der das Mahlgut der Zerkleinerung ausgesetzt wird.

Diese Grundregel gilt für Kugelrohrmühlen, jedoch nicht für Stabrohrmühlen. Das hat folgende Gründe:

1. Ist eine Mühle genauso lang wie ihr Durchmesser, so können sich die Stäbe in der Mühle aufstellen.
2. Überschreitet die Länge ein bestimmtes Maß, so ist die Beanspruchung der Stäbe sehr hoch, und sie neigen zum Verformen und Brechen. Da eine Stabrohrmühle ja eine Grobmühle sein soll, ist eine übergroße Länge eigentlich nicht gefragt.

Erfahrungen und Versuche haben wiederum gezeigt, dass die Länge 1,5 bis 2,5 des Durchmessers sein kann.

In der Zuschlagstoffindustrie haben sich demnach folgende Mühlengrößen durchgesetzt; kleine Unterschiede sind fabrikatsbedingt:

1250 Ø x 3000 – 3300 mm
1600 Ø x 3000 – 3300 mm
2000 Ø x 3000 – 4000 mm
2500 Ø x 3600 – 4200 mm
3150 Ø x 4200 – 4500 mm

Um ca. 0,5 bis 1,0 m länger ist die Mühlerart mit Mittel-Umfangsaustrag. Hierbei handelt es sich eigentlich um eine Doppelmühle, die besonders dann ins Auge gefasst wird, wenn sehr grobkörnig aufgemahlen werden soll.

Im Antrieb liegt nun der wesentliche Unterschied der beiden Bauarten. Die halsgelagerte Konstruktion hat, wie es der Name schon sagt, 2 Stehlagergehäuse mit Halbschalen aus Weißmetallguss, in denen sich die Lagerzapfen der Kopfwände bewegen. Die Schmierung erfolgt mittels Öl, das bei größeren Maschinen auch gekühlt wird.

Ein Hersteller setzt hier eine Rollenlagerung ein, die aber keine fühlbaren Vorteile bringt.

Der eigentliche Antrieb besteht dann aus einem geteilten und wendbaren Zahnkranz, einem Ritzel mit Vorgelegelagerung, einem Getriebe sowie dem Motor mit den zwischengeschalteten Kupplungen.

Bei den Radlager-Typen sind Antrieb und Lagerung verschmolzen, d. h. die Trommel ist in Rädern, diese als normale Lkw-Räder oder Stahlräder mit Vulkolan-Beschichtung, gelagert und eine der beiden Wellen wird über Getriebe und Motor angetrieben. Wir haben also einen Reibrad-Antrieb direkt am Außen-Durchmesser der Trommel wirkend. Dazu ist dann noch ein an die Trommel angeschweißter Führungsring erforderlich und die dazu notwendige Distanzlagerung.

Zu beiden Baureihen gibt es dann noch Varianten, z. B. bei der Halslagerung Verzicht auf das große Getriebe und dafür Einsatz eines Keilriemenantriebes und bei der Radausführung Doppelantriebe.

Der Kraftbedarf ist bei den beiden Bauarten nicht unterschiedlich. Das leuchtet ein, weil ja in allen Fällen das Mahlpolster bewegt werden muss. Hierdurch werden fast 90 % abgefordert. Der Rest entfällt auf das Mahlgut. Geringe Vorteile aus dem Antriebsbereich wirken sich also nicht aus.

Die Motorgröße liegt bei den gängigen Typen pro Meter Trommellänge wie folgt:

1250 mm Ø	1600 mm Ø	2000 mm Ø	2500 mm Ø	3150 mm Ø
18,0 kW	33,0 kW	48,8 kW	75,0 kW	120,0 kW

Die Panzerung besteht aus der Stirnwandpanzerung sowie der Mantelpanzerung. Alle Teile werden über Schraubverbindungen in den Trommelkörper eingebracht. Angesichts einer Mahlstabfüllung werden die Stirnwände grundsätzlich mit Stahlelementen geschützt, also legierter Stahlguss oder starkwandige Bleche in verschleißfester Qualität.

Für die Umfangspanzerung, die sich in die Hub- und Mantelelemente unterteilt, wurde bis vor ca. 20 Jahren ebenfalls Stahl eingesetzt, und zwar in Form von gegossenen Platten bzw. gegossenen oder geschmiedeten sog. Futterbalken. Die fortschreitende Verbesserung der Gummiqualitäten hat den Einsatz solcher Panzerungen aus Gummi beflügelt, so dass gesagt werden kann, dass heute für Stabrohmühlen na-

hezu ausschließlich derartige Gummipanzerungen eingesetzt werden, und zwar sowohl für die Nass- und die nur noch selten vorkommende Trockenvermahlung.

Da die Einsatzbedingungen sich in der Zuschlagstoff-Industrie sehr gleichen, gibt es nahezu nur noch eine Ausführung. Hierbei übernehmen die Hubstäbe die Befestigung und die Schraubenreihen werden am Umfang mit Pi-Teilung angeordnet, d. h. im Abstand von 314,2 mm. Damit ist auch gleichzeitig eine Einheitlichkeit für unterschiedliche Trommel- \emptyset erreicht.

Zu den Panzerungen noch einige allgemeine Hinweise:

- bei Einsatz von Stahlelementen ist grundsätzlich zwischen Panzerplatte und Konstruktionsteil (Trommelkörper) ein Gummituch zu legen, 4 bis 5 mm stark, mit einer Gewebeeinlage.
- Bei der Trockenvermahlung und Einsatz einer Stahlqualität darf niemals eine Stabfutterpanzerung gewählt werden. Die Mahlwärme streckt die Stäbe und treibt den Trommelkörper auseinander. Es dürfen nur Platten verwendet werden.

Etwas zu den Bedenken hinsichtlich einer Minderung der Mahlleistung bei Einsatz der „weichen Gummipanzerung“. Da nur der allergeringste Anteil der Zerkleinerung zwischen Stäben und der Wandung erfolgt, haben sich die Bedenken schnell zerstreut. Die Verschlechterung des Wirkungsgrades ist kaum erkennbar. Er steht in keinem Verhältnis zur Ersparnis bei den Verschleißkosten.

Grundsätzlich gilt, dass man die Verschleißkosten auch dadurch senken kann, wenn man die Hubelemente nicht voll herunterfährt. Geschieht das nicht, können die Gummihubbalken gewendet und Buckelplatten als Mahlplatten eingesetzt werden.

Es sei noch auf einen besonderen Aspekt der Gummipanzerung hinzuweisen, den wir auch vom Verschleißbereich her kennen. Diese Panzerung führt besonders bei Stabrohmühlen zu einer deutlichen Verminderung der Lärmentwicklung. Diese erreicht einen Wert von 50 %.

Die Teile im Ein- und Auslaufbereich, die sich am Trommelkörper und da vorzugsweise an den Stirnwänden befinden, sind sehr unterschiedlich entsprechend der Bauart des Herstellers.

Sie haben die Aufgabe, das Aufgabematerial in die Mühle zu bringen und auch bei gelegentlichem Stau einen Rückfluss zu verhindern sowie bei der Nassvermahlung ein Herausspritzen des Wassers.

Bei der Halslagerung befindet sich im Lagerzapfen der Stirnwand eine wechselbare Büchse mit Schneckengängen und bei sehr betriebssicheren und saubereren Anlagen ein mitdrehender, zweiteiliger mit Schaufeln versehener Einlaufkopf.

Bei den Radlagermühlen befinden sich an der Kopfwand recht einfache, vielfach stulpenförmige Einlaufstücke, in die mit angetriebenen Förderröhren oder mittels einfachen Siederohren unter Ausnutzung der Fallenergie das Aufgabegut in die Trommel verbracht wird. Hierbei bereitet die Abdeckung gegen zurückschwappendes Wasser große Schwierigkeiten.

Im Austragsbereich haben wir die große Unterscheidung zwischen Trockenvermahlung, die immer einen Austrag am Umfang erfordert, und der Nassvermahlung, bei der am Besten immer durch den Hals ausgetragen wird. Dies erfordert an der Maschine selbst keine besonderen Vorrichtungen. Das Sand-Wasser-Gemisch spült allein aus der Mühle.

Hier kann dann noch, wie schon eingangs erwähnt, ein Siebkorb angeflanscht werden, so dass sich größenmäßig ein Fertiggut ergibt.

Bei Umfangsaustritt ist immer ein Blechgehäuse erforderlich, das bei Trockenvermahlung gleichzeitig die Staubemissionen herabsetzt.

Die auftretende Mahlwärme wird bei Trockenverarbeitung nicht abgeführt und führt zur Brückenbildung. Diese muss aus der Trommel austreten können, da sie sonst zur Verfilzung der Mahlkörper führt, was die Mahlwirkung herabsetzt. Die Zentralöffnung in der Auslaufkopfwand, durch die die Mahlstäbe eingefüllt werden, darf daher niemals verschlossen werden.

Die Gefahr, dass hier Mahlstäbe während des Betriebes austreten, ist dann nicht gegeben, wenn die Mühle richtig befüllt ist.

Auch beim Zubehör und den Schutzvorrichtungen sind deutliche Unterschiede zu verzeichnen entsprechend der Bauart. Alle Radlagermühlen wurden mit einem gemeinsamen Grundrahmen geliefert und konnten deshalb vom Betreiber selbst auf ein einfaches Fundament gesetzt werden.

Bei der Ratzinger-Konstruktion wurden auf diesem Grundrahmen auch noch die Aufgabevorrichtungen montiert und standardmäßig mitgeliefert.

Anders sieht es bei der Halslagerung aus. Hier wurden einzelne Fundamentkonsolen für Halslager, Vorgelege, Getriebe und Motor geliefert. Die Montage ist sehr schwierig und kann nur von Fachmonteuren durchgeführt werden.

Zum unmittelbaren Zubehör gehören sodann die Schutzvorrichtungen, deren Art und Umfang von den betreffenden Institutionen weitestgehend vorgeschrieben werden.

Bei der Nassvermahlung, und die ist ja in der Zuschlagstoffindustrie vorherrschend, kann man den mitdrehenden Siebkorb noch als Zubehör betrachten. Es handelt sich dabei um einen einfachen konischen Korb aus T- und Flacheisen geschweißt, der mit Siebgewebe bespannt wird.

Einige wenige Fächerdüsen befruchten die Siebwirkung. Ob diese außen oder innen im Korb angesetzt werden, ist fast eine Glaubensfrage. Innen fördern sie die Siebwirkung, außen treiben sie eingeklemmte Körner wieder frei.

Betriebskosten

Sie setzen sich zusammen aus den Verschleißkosten, AfA, Verzinsung, Strom-, Wartungs- und Reparaturkosten.

Einfluss auf deren Höhe nehmen wieder die gesamten Einsatzbedingungen, die Qualität von Wartung- und Instandhaltung, die Effizienz des Einkaufs und die Stromkosten.

Allgemein gültige Zahlen hier zu nennen, ist nicht möglich. Als Richtwert können derzeit (1998) angenommen werden 2,00 bis 2,50 €/t Fertiggut.

Diese offensichtlich sehr hohen Kosten haben tüchtige Verkäufer und Lieferanten dazu verführt, den Kunden Maschinen mit Prallzerkleinerung anzubieten, und vielen ist es gelungen, vorhandene Stabrohmühlen zu verdrängen. Die verführerisch vorgebrachten Argumente kommen geradezu einem Täuschungsmanöver gleich. Obwohl wir uns damit nicht im Detail auseinandersetzen wollen, sollen ein paar Beispiele genannt werden:

- die **Stromkosten**: Sie sind bei anderen Maschinen nicht geringer, weil diese ein Umfeld aus Siebmaschine, Metallsuchgerät, Fördergeräte, Elektrik erfordern. Bezogen auf die Fertigungsmenge bei einem Maschinendurchlauf, was eine Stabrohmühle ja kann, sind sie annähernd genauso hoch.
- die **Verschleißkosten** sind bei der Nassvermahlung sicher etwas höher, wobei diese aber in den Berechnungen nur auf die jeweilige Zerkleinerungsmaschine bezogen werden. Die Täuschung gelingt hier besonders gut, weil bei der Prallzerkleinerung nur jeweils kleinere Beträge, die aber regelmäßig, auflaufen. Bei den Trommelmühlen sind es stets größere Beträge zwischen 15.000 und 25.000,- €, die aber nur in großen Intervallen auftreten. Der Hauptverschleiß liegt in den Stäben, die aber lediglich etwa 0,50 €/kg kosten.
- Der **Fülleranteil** ist bei Stabrohmühlen nur dann höher, wenn ich sehr fein aufmahlen will. Dann ist er aber auch bei Prallmühlen wegen des hohen Umlaufes hoch.
- Noch gravierend ungünstiger fällt der Vergleich für die Prallzerkleinerung aus, wenn eine Entstaubungsanlage eingesetzt werden muss, die Füller dem Mahlgut entzieht, der nicht verkaufbar ist.
- Vergessen wird schließlich bei allem, dass eine Stabrohmühle so anspruchslos in der **Wartung** ist, dass man - abgesehen von Kontrollen — sie wochenlang nicht

zu beachten braucht. Dagegen erfordern Prallmühlen bei vergleichbaren Einsatzbedingungen mindestens einmal wöchentlich eine Reparaturarbeit.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Prallmühle nur dann Vorteile bietet, wenn das Überkorn als brauchbarer Edelsplitt Verwendung finden kann.

Sandqualität

Mahlsand aus Naß-Stabrohrmühlen kommt in seiner Qualität einem guten Natursand am nächsten. Nur Fachleute, die beide Sorten kennen, sind in der Lage, sie nach Augenschein zu unterscheiden.

Aus diesem Grunde bevorzugen die meisten Kieswerke, die Natursandmangel haben und gleichzeitig eigene Beton- und/oder Frischmörtel-Mischanlagen versorgen, Trommelmühlen.

Quellen

Ing. Werner Heuer. Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für die Gewinnung und Aufbereitung von Steinen und Erden, speziell Kies und Sand.

Diese Dokumentation wurde 1998 im Rahmen eines Projektes für Schulungs- und Dokumentationsunterlagen im Auftrag der Industriegummi GmbH & Co. KG erstellt, und 2020 redaktionell aktualisiert.

Herausgeber/Impressum

Kraus Industriegummi GmbH & Co. KG
Hans-Jürgen Kraus
Donaustraße 41 1/3
89407 Dillingen

Telefon: 09071 / 79 14-0
Telefax: 09071 / 79 14-29
Mail: info@industriegummi.com