

## Die optimale Brecher-Auswahl für die Zementindustrie

*Autor: Holger Reich, ThyssenKrupp Fördertechnik GmbH, Ennigerloh*

**Die Eigenschaften der heutzutage bei der Zementherstellung verwendeten Rohstoffe variieren innerhalb eines weiten Spektrums. Insbesondere die Kalksteinvorkommen, aus denen das Rohmaterial gewonnen wird, weisen große Unterschiede in Punkten Härte, Abrasivität und Klebrigkeit auf. Um sowohl den Brechprozess als auch die Investitions- und Betriebskosten zu optimieren, stehen verschiedene Brechertypen zur Verfügung. Für eine qualifizierte Auswahl des idealen Systems sollten daher im Vorhinein einige wichtige Punkte beachtet werden.**

Der erste Schritt sollte immer eine Analyse des Steinbruchs und vor allem der Rohmaterialeigenschaften sein. Von größter Wichtigkeit ist hierbei die Härte des zu brechenden Gesteins. Um diese Eigenschaft beschreiben zu können, sollte die Druckfestigkeit, der Los Angeles Index oder die Mohs-Härte bestimmt und ein Point-Load-Test durchgeführt werden.

Die Abrasivität des Materials lässt sich durch seinen Gehalt an freiem Quarz sowie den Verschleißindex beschreiben. Ebenso wichtig ist es, den Grad der Klebrigkeit zu bestimmen. Hierzu werden die Materialfeuchtigkeit, der Ton-/Lehmanteil und, in besonders schwierigen Fällen, der Handling-Koeffizient (Scherversuch) ermittelt.

Auf der Grundlage dieser Daten ermöglicht ein Überblick über die Auswahlkriterien eine Vorauswahl des benötigten Brechers (Bild 1).

Bei der Primärzerkleinerung von Kalkstein für die Zementproduktion benötigt man hohe Zerkleinerungsgrade, um das Material in nur einer Stufe auf die für Rohmühlen erforderliche Korngröße

(ca. 0-25/80 mm) zu zerkleinern.

Es sollten immer so wenig Brechstufen wie möglich vorgesehen werden, um die Investitionskosten sowie Wartungskosten und -zeiten zu minimieren. Wie in der Übersicht (Bild 1) zu erkennen ist, kann ein einstufiger Brechprozess mit Hammer- oder Prallbrechern erreicht werden. Bei diesen Brechertypen handelt es sich um schnell laufende Maschinen, die eine hohe kinetische Energie

erzeugen und so hohe Schlagkräfte und große Zerkleinerungsgrade erzielen. Die maximal zulässige Druckfestigkeit von 150 MPa ist normalerweise ausreichend für die meisten Anwendungen in der Kalksteinaufbereitung.

Vor dem Einsatz von Hammer- oder Prallbrechern muss der Quarzgehalt des Aufgabegutes berücksichtigt werden. Aufgrund der hohen Rotorgeschwindigkeiten sind die Brechwerkzeuge (Hämmer oder Schlagleisten) verschleißanfällig - weshalb für diese Maschinen ein Quarzgehalt von 8-12 % nicht überschritten werden darf. Bevor eine endgültige Entscheidung getroffen werden kann, muss die Abrasivität des Brechgutes sorgfältig analysiert werden, um hohe Wartungskosten zu vermeiden.

Liegt der Quarzgehalt über den oben genannten Werten, sollte auf ein Brechprinzip mit geringen Differenzgeschwindigkeiten zwischen Brechgut und Brechwerkzeugen zurückgegriffen werden.

Abschließendes Kriterium ist die Materialfeuchte. Während der Feuchtigkeitsgehalt des Aufgabegutes beim Prallbrecher nicht über 8 % liegen darf, zerkleinert der Doppelwellen-Hammerbrecher Materialien mit einem Feuchtigkeitsgehalt von bis zu 20 %.

Diese spezielle Eigenschaft erlaubt die gleichzeitige Aufgabe von Kalkstein und anbackenden Materialien wie z. B. Lehm/Ton, wodurch eine Vorhomogenisierung im Brecher erreicht wird.

Können Hammer- oder Prallbrecher wegen eines zu hohen Quarz- oder Feuchtigkeitsgehalts nicht eingesetzt werden, ist ein zweistufiges System immer die bessere Lösung, um das Aufgabematerial auf die für Rohmühlen erforderliche Endkorngröße zu zerkleinern. Für diese zweistufigen Brechprozesse stehen Doppelwalzenbrecher, RollSizer, Backenbrecher und Kreisel-/Kegelbrecher zur Verfügung, welche alle für abrasive Materialien geeignet sind. Doch während diese Brechertypen nahezu den gleichen Zerkleinerungsgrad aufweisen (1:5 bis 1:6), unterscheiden sie sich in der Fähigkeit, hartes und/oder feuchtes Material zu verarbeiten. Backen- und Kreisel-/Kegelbrecher brechen das Material durch hohen Druck, wodurch sie sich perfekt für die Zerkleinerung von harten Gesteinen mit Druckfestigkeiten von bis zu 400 MPa eignen.

Wegen der relativ geringen Druckfestigkeit von Kalkstein (< 150 MPa), werden diese Brecher daher hauptsächlich bei abrasivem Kalkstein eingesetzt. Zu beachten ist zusätzlich, dass diese Maschinen empfindlich auf einen hohen Feuchtigkeitsgehalt im Aufgabegut reagieren, welches unbedingt zu berücksichtigen ist.

Doppelwalzenbrecher und RollSizer kombinieren für den Brechvorgang Druck- und Schlag- mit Scher- und Zugkräften. Ihre Einsatzmöglichkeit ist mit Blick auf die Materialhärte (max. 175 MPa) begrenzt, sie sind allerdings in der Lage, sehr anbackende und abrasive Materialien zu zerkleinern.

Anhand der vorangegangenen Erklärungen wird deutlich, dass es für jede Art von Kalkstein die passende Brecherkonfiguration gibt, mit der die gewünschte Kornverteilung produziert werden kann. Dies gilt jedoch nicht nur für Kalkstein; auch für die notwendigen Zuschlagstoffe (wie z.B. Ton, Kalk, Puzzolan, Sandstein, Eisenerz, Schiefer usw.) mit ihren unterschiedlichen Materialeigenschaften kann eine optimale Zerkleinerungsmethode gefunden werden.

### Prallbrecher

Mit der Einführung der Vertikalmühle, mit der Aufgabekörnungen von bis zu 0/80 mm verarbeitet werden können, gewann der Prallbrecher in der Zementindustrie stark an Bedeutung. Moderne Prallbrecher sind mit Hochleistungsrotoren im „Common-Rail-Design“ ausgestattet.

Speziell ausgeführte Gusscheiben, die auf einer Hauptwelle angeordnet werden, führen zu einer Konzentration des Hauptgewichtes am Rotorumfang.

So erreicht man ein großes Massenträgheitsmoment sowie eine hohe kinetische Energie, die ein einstufiges Brechen des Rohmaterials auf die geforderte Produktgröße ermöglicht.

Darüber hinaus verfügt ein Prallbrecher heutzutage in der Regel über hydraulisch verstellbare Prallwerke und eine Mahlbahn, wodurch der Brechspalt und die Produktkorngröße entsprechend dem jeweiligen Anwendungsfall angepasst werden können. Auf diese Weise kann mit einem einzigen Brecher sowohl Kalkstein mit einer Korngröße von 0/80 mm für die Rohmühlen als auch mit einer Korngröße von 0/35 als Zuschlagstoff für die Zementmühlen produziert werden.

Um dem Problem nicht brechbarer Materialien wie z.B. Eisenteilen im Aufgabematerial zu begegnen, sollte jeder Prallbrecher eine effektive Überlastsicherung besitzen. ThyssenKrupp Fördertechnik kombiniert hierzu die Mahlbahn mit dem unteren Prallwerk (patentiertes Verfahren) (Bild 3).

Sobald am unteren Prallwerk eine Überlastsituation auftritt, wird der abstützende Zylinder entlastet und somit die Öffnung zwischen Prallwerk, Mahlbahn und Rotor vergrößert. Da durch dieses System der Brechspalt zwischen Mahlbahn und Rotor geweitet wird, bevor das Fremdeisen diesen Bereich passiert, werden Schäden an diesen Bauteilen effektiv verhindert. Nachdem das nicht brechbare

Material auf das Brecherabzugsband ausgetragen wurde, bewegen die Hydraulikzylinder das Prallwerk und die Mahlbahn zurück in ihre ursprüngliche Position.

Wartungsfreundliche Details wie untereinander austauschbare Schleißplatten, Schnellverschlusschrauben zum schnellen Öffnen des Gehäuses und hydraulisch befestigte Schlagleisten gehören heutzutage ebenso zur Standardausrüstung eines Prallbrechers wie Vorrichtungen zum Anheben der Schlagleisten und zur Positionierung des Rotors.

### Doppelwellenhammerbrecher

Bei einem Doppelwellenhammerbrecher findet der Zerkleinerungsprozess durch die rotierenden Hämmer zwischen den Rotoren und auf dem Amboss statt. Dabei ist es wichtig zu verstehen, dass das Material auf den Rostkörben nicht „gemahlen“ wird. Durch verschieden große Spaltweiten regulieren die Rostkörbe die Produktkorngröße, wodurch Rohmaterial sowohl für Kugelmühlen (0/25 mm) als auch für Vertikalmühlen (0/80 mm) produziert werden kann.

Doppelwellenhammerbrecher werden in der Zementindustrie dort eingesetzt, wo Probleme mit schwierigen Materialien wie feuchtem, lehmhaltigem Kalkstein auftreten. Der Selbstreinigungseffekt dieser Maschine bewirkt, dass der Brecher in der Lage ist, unter solch schwierigen Bedingungen zu arbeiten, ohne dass es zu Anbackungen/Verstopfungen kommt. Erreicht wird diese Selbstreinigung durch die Tatsache, dass das Material hauptsächlich in Kontakt mit rotierenden Bauteilen ist. Lediglich der Rostkorb ist starr eingebaut, wird aber ebenfalls durch die rotierenden Hämmer gereinigt. Natürlich muss die Brechraumgeometrie ebenso wie die Ausführung des Ambosses und des Rostkorbs optimiert und perfekt angepasst sein, um Anbackungen zu verhindern. Der Vorteil des „Non-Clogging“-Effektes beim Doppelwellen-Hammerbrecher ist in Bild 5 nochmals dargestellt.

Prallbrecher und Einwellenhammerbrecher zerkleinern das Material durch direkten Schlag der Schlagleisten oder Hämmer und durch Schleudern des Materials gegen die fest installierten Prall- bzw. Seitenwände, die nicht gereinigt werden.

Der Doppelwellen-Hammerbrecher hingegen arbeitet wie ein Doppelwalzenbrecher, bei dem das Material ausschließlich mit sich bewegenden und selbst reinigenden Brechwerkzeugen und Bauteilen in Kontakt ist.

Die Fähigkeit, anbackende Materialien zu zerkleinern, erlaubt die gleichzeitige Aufgabe verschiedener Materialien über zwei oder drei Plattenbänder, wodurch schon im Brecher eine Vorhomogenisierung erfolgt.

### Doppelwalzenbrecher und RollSizer

Trotz ihres geringen Zerkleinerungsgrades werden sowohl Doppelwalzenbrecher als auch RollSizer in der Zement- und Kalksteinindustrie eingesetzt.

Im Gegensatz zu den hohen Rotorgeschwindigkeiten der Prall- und Hammerbrecher, arbeiten die Walzenbrecher mit geringer Geschwindigkeit und produzieren so nur einen minimalen Feinkornanteil. Deshalb eignen sich diese Maschinen besonders für die Kalkproduktion, wo das gebrochene Material einen maximalen Anteil an Ofensteinen enthalten sollte. Aber auch unter schwierigen Bedingungen wie extrem anbackendem (Ton) oder abrasivem (Klinker) Material bietet dieses System dank geringer Geschwindigkeiten und dem „Non-clogging effekt“- die perfekte Lösung.

Da Kalkstein in der Regel nicht besonders abrasiv oder anbackend ist, kann er in einer Brechstufe zerkleinert werden. Doppelwalzenbrecher und RollSizer werden daher in der Kalksteinaufbereitung selten als Primärbrecher eingesetzt.

Doch besonders für die Aufbereitung von Zuschlagstoffen sind sie von Bedeutung, weil sie hier eine ökonomisch sinnvolle Lösung ermöglichen.

### Backenbrecher und Kreisel-/Kegelbrecher

Backenbrecher und Kreisel-/Kegelbrecher sind die optimale Wahl für Anwendungen im Hartgestein. Sie können bei sehr abrasiven, aber trockenen und nicht anbackenden Materialien mit einer Druckfestigkeit von bis zu 400 MPa eingesetzt werden. Verglichen mit Prall- und Hammerbrechern ist ihr Zerkleinerungsgrad relativ gering, daher ist für die Primärzerkleinerung von Kalkstein ein zweistufiges System erforderlich.

Aus diesem Grund werden sie selten für die Produktion von Kalkstein für Rohmühlen verwendet.

Wie beim Walzenbrecher reduzieren diese Brecher den Feinkornanteil auf ein Minimum und maximieren den Grobkornanteil im gebrochenen Produkt, wie es für die Kalkproduktion benötigt wird. Zuschlagstoffe wie etwa Eisenerz können ebenfalls problemlos mit Backen- und Kreiselbrechern aufbereitet werden.

## Fazit

Obwohl die Materialien für die Zementproduktion hinsichtlich Härte, Abrasivität und Klebrigkeit völlig unterschiedliche Eigenschaften aufweisen, steht eine breite Palette von Brechern und Brechsystemen zur Verfügung, die die richtige Maschine für jeden Anwendungsfall bereithält. Jeder Brechprozess kann so optimiert und die anfallenden Investitions- und Betriebskosten minimiert werden.

| ThyssenKrupp Fördertechnik - Produktprogramm<br>Auswahlkriterien für Brechsysteme |  |                       |                 |  |
|---|--|-----------------------|-----------------|--|
| Brechertyp  | Maximaler Zerkleinerungsgrad                   | Druckfestigkeit [Mpa] | Quarzanteil [%] | Feuchtigkeitsanteil [%]                        |
| Einwellen-Hammerbrecher   | 1: 100   | < 150                 | ≤ 8             | < 10   |
| Doppelwellen-Hammerbrecher  | 1: 100   | < 150                 | ≤ 8             | < 15 - 20                                      |
| Prallbrecher  | 1: 20<br>1: 60<br>Mahlbahn                     | < 175                 | ≤ 12            | < 8  |
| Walzenbrecher   | 1: 6   | < 150                 | > 15            | > 20   |
| RollSizer   | 1: 6 primär<br>1: 5 sekundär<br>1: 4 SideSizer | < 175                 | > 15            | > 15 primär<br>< 15 sekundär<br>< 15 SideSizer |
| Backenbrecher   | 1: 5   | > 150 - 400           | > 15            | < 5  |
| Kreiselbrecher  | 1: 5   | > 150 - 400           | > 15            | < 5  |

Bild 1: Überblick Brechsysteme

| Product Range of ThyssenKrupp Fördertechnik<br>Selection Criteria for Crushing Equipment |  |                            |                    |  |
|--|--|----------------------------|--------------------|--|
| Crusher Type   | Max. crushing ratio                              | Compressive strength [Mpa] | Silica content [%] | Moisture content [%]                             |
| Single Shaft Hammer Crusher  | 1: 100   | < 150                      | ≤ 8                | < 10   |
| Double Shaft Hammer Crusher  | 1: 100   | < 150                      | ≤ 8                | < 15 - 20  |
| Impact Crusher   | 1: 20<br>1: 60<br>Grinding path                  | < 175                      | ≤ 12               | < 8  |
| Double Roll Crusher  | 1: 6   | < 150                      | > 15               | > 20   |
| RollSizer  | 1: 6 primary<br>1: 5 secondary<br>1: 4 SideSizer | < 175                      | > 15               | > 15 primary<br>< 15 secondary<br>< 15 SideSizer |
| Jaw Crusher  | 1: 5   | > 150 - 400                | > 15               | < 5  |
| Gyratory Crusher   | 1: 5   | > 150 - 400                | > 15               | < 5  |

Fig. 1: Crusher overview

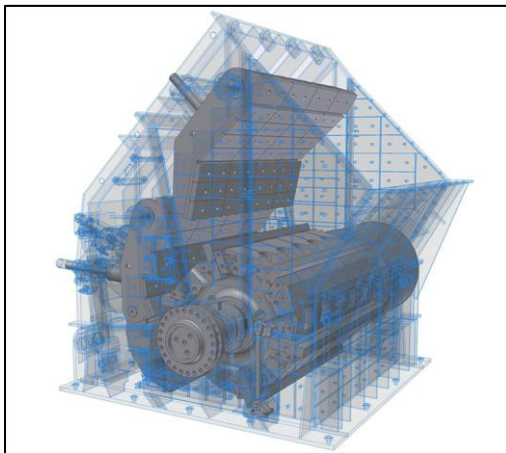


Bild 2: Prallbrecher mit Gussrotor  
Fig. 2: Impact Crusher with cast rotor

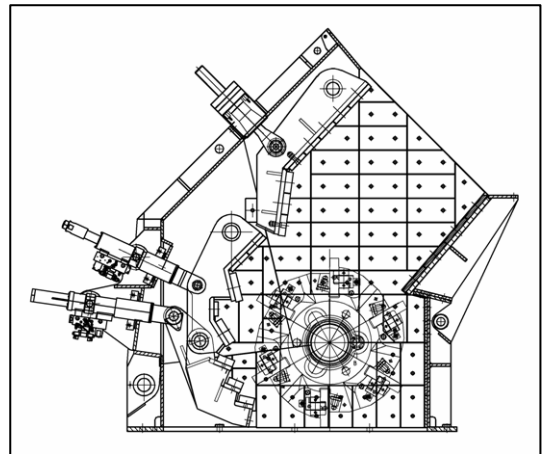


Bild 3: Prallbrecher  
Fig. 3: Impact Crusher

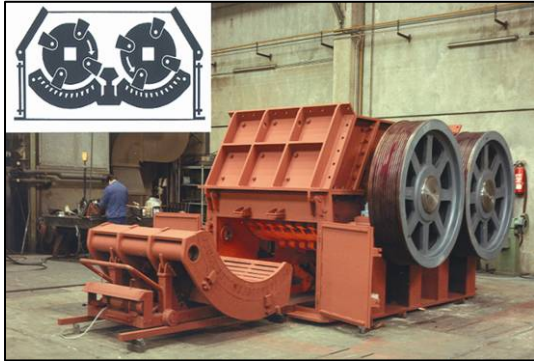


Bild 4: Doppelwellen-Hammerbrecher mit Rostkörben  
 Fig. 4: Double Shaft Hammer Crusher with grate baskets

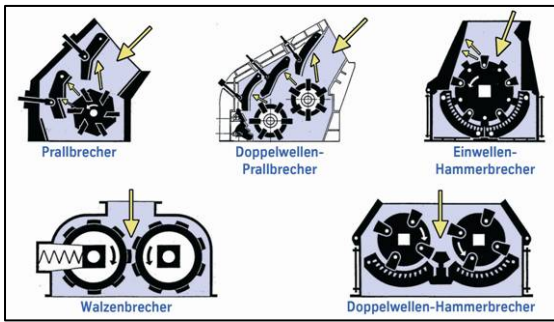


Bild 5: „Non-clogging effect“  
 des Doppelwellen-Hammerbrechers

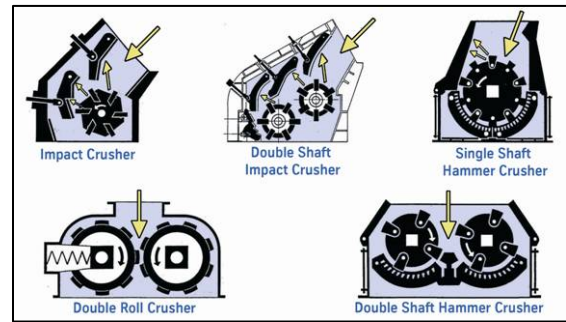


Fig. 5: Non-clogging effect of Double Shaft  
 Hammer Crusher



Bild 6: Brechanlage mit drei Plattenbändern  
 Fig. 6: Crushing installation with three apron feeders