

# Metso

## Anwendungs- leitfaden für Brechsand





# Warum nicht Natursand?

Sand ist neben Wasser die weltweit am meisten genutzte natürliche Ressource. Es ist das primäre Rohmaterial, aus dem moderne Städte, Glas und technische Geräte hergestellt werden. Beton erfordert insbesondere große Mengen Sand. Der Sand, der zur Herstellung von Beton verwendet wird, muss eine kantige Form haben, weshalb der Sand aus Flussbetten, Sandbänken und Flussauen, von Seen und Meeresküsten besser geeignet ist als anderer natürlicher Sand wie Wüstensand. Die enorme Nachfrage nach diesem Rohmaterial hat zu einer übermäßigen Ausbeutung der natürlichen Vorkommen geführt, was erhebliche negative Folgen für den Planeten zur Folge hat.

# Warum Brechsand?

Brechsand dient als Ersatz für Flusssand, aber seine Produktion erfordert einen sorgfältig entwickelten und gesteuerten Aufbereitungsprozess, um die Sandspezifikationen für verschiedene Anwendungen zu erfüllen. Er ist auch umweltfreundlicher, da weniger Natursand aus einem dynamischen Umfeld gewonnen wird.

Brechsand wird aus überschüssigem zerkleinertem Feingut aus Steinbrüchen oder anderen Abfallmaterialien aus Steinbrüchen produziert. Wenn diese nicht nutzbaren Materialien in verkäufliche hochwertige Produkte umgewandelt werden, entsteht eine Win-Win-Situation für die Umwelt.

Heutzutage gibt es mehrere Spezifikationen und Normen für Brechsand, die je nach Verwendung variieren. Dank moderner Technik und einem verbesserten Verständnis für das Verhalten von Zuschlagstoffen können verschiedene zerkleinerte Abfallmaterialien zu hochwertigen Produkten aufbereitet werden, die auch für den Einsatz in Beton geeignet sind.

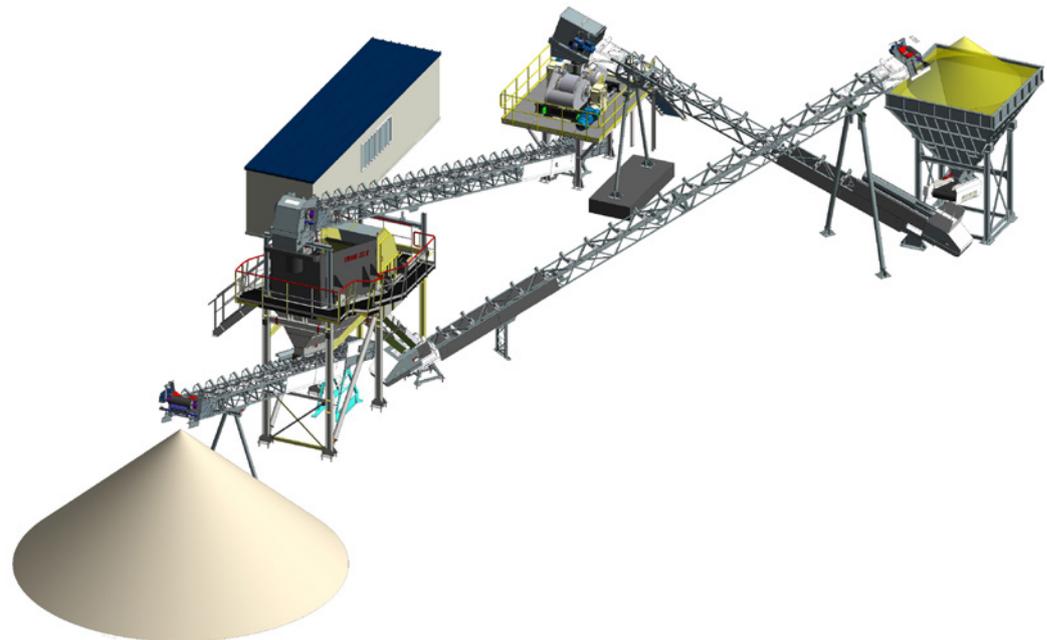
Hier einige Definitionen für Sand, unterteilt nach Fraktion und Geologie

Schluff 0,002 - 0,063 mm	Sand 0,063 - 2 mm	Kies 2 - 4 - 64 mm
<p><b>Definition nach Fraktion und Norm:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Feiner Zuschlagstoff</li> <li>• Feiner, natürlich korngestufferter Zuschlagstoff</li> <li>• EN Norm-Sand</li> <li>• ASTM Einheitliche Bodenklassifikation</li> </ul> <p><b>Definition nach bestimmungsgemäßer Verwendung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bausand</li> <li>• ASTM C33 Betonsand</li> <li>• EN Beton-Feinzuschlagstoff</li> <li>• Asphalt sand</li> <li>• Spezialsande</li> </ul>	<p>0,8 - 2 mm</p>	<p>0,063 - 6,3 mm            0,063 - 8 mm            0,075 - 4,75 mm            0,063 - 8 mm (10 mm)            0,063 - 4 mm            0,063 - 8 mm</p>

Anhand der Verwendung hochwertiger, hergestellter Produkte in Zement- und Flüssiganwendungen können Hersteller erhebliche Kosten einsparen. Zudem ist es besser für die Umwelt, da die Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks in der Bauphase direkt mit der Verwendung von Brechsand verbunden ist. Der größte Vorteil von Brechsand liegt jedoch in seiner Qualitätskontrolle. Obwohl Brechsand sich niemals genau wie Natursand verhalten wird, kann ein hochwertiger Produktionsprozess die Abweichungen beim Verhalten minimieren. Unsere Kunden können sich auf die gleichbleibende Qualität des produzierten Brechsands verlassen, was Zuverlässigkeit und Konsistenz gewährleistet.

Die gleichbleibende Qualität wird durch diese drei Faktoren bestimmt:

- Sauberes Gestein
- Kornverteilung entsprechend der geforderten Spezifikation
- Kubische Kornform



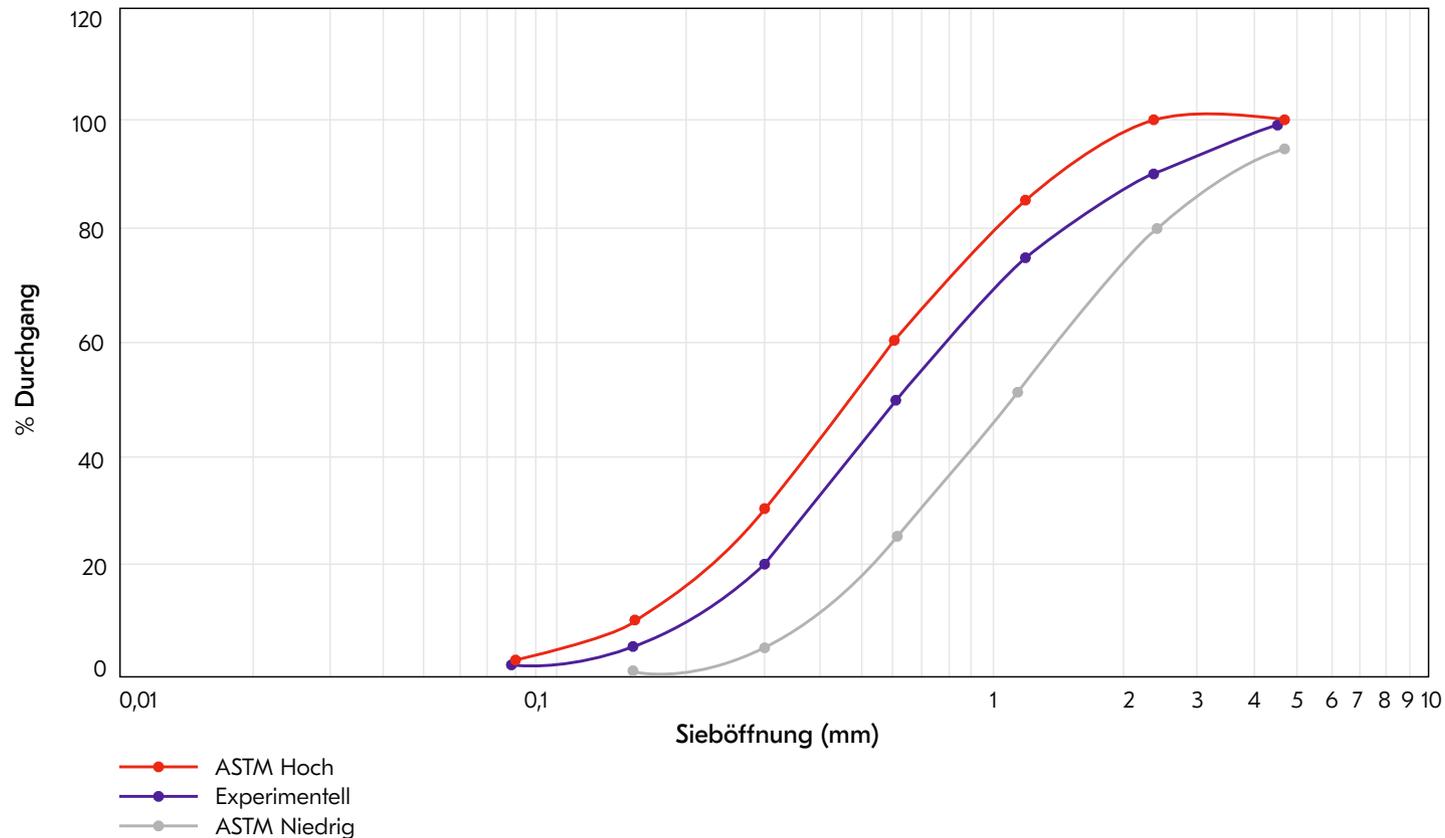
# Brechsand: Der Prozess von Metso

Einer der Hauptgründe, warum Kunden nach Alternativen zu Natursand suchen, ist, dass sie eine gleichbleibende Produktqualität benötigen. Die Kornverteilungskurven von Natursand werden stark von Naturereignissen wie Hochwasser von Flüssen, starkem Regen, Wetterbedingungen und so weiter beeinflusst, während Brechsand immer gleich ist.

In großen Infrastrukturprojekten wie Wasserkraftwerken ergaben umfangreiche Tests an Massenbeton, dass einige erforderliche Betoneigenschaften nur durch den Ersatz von Natursand durch Brechsand erreicht wurden. Es war sehr schwierig, ähnliche Ergebnisse mit Natursand zu erzielen, was auf die zu hohen Anteile an Feinkorn 2,4-4,75 mm zurückzuführen ist, die abgeschieden

oder nachzerkleinert werden mussten. Diese Partikel werden aufgrund ihrer sehr geringen Masse nahezu unbrechbar, sie müssen jedoch in eine kleinere Körnung zerkleinert werden, damit die Kornverteilungskurve die Spezifikationen für Sand erfüllt.

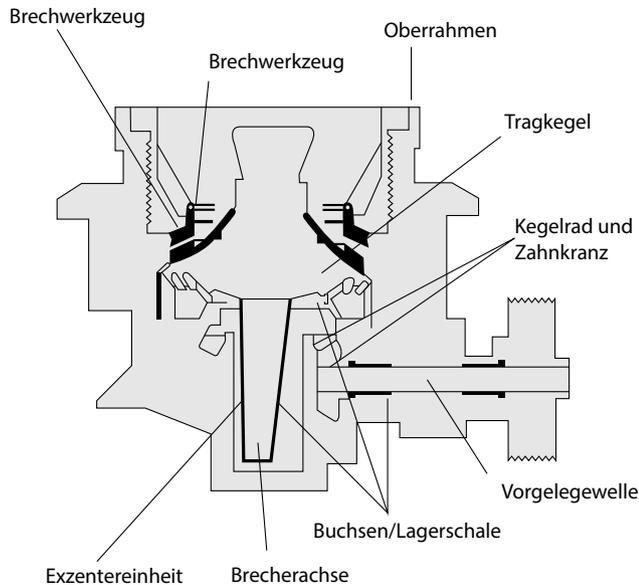
Beispiel für die Betonsand-Spezifikation gemäß ASTM C-33:



# Alte Technik, die die Entwicklung der neuen Technologien inspiriert hat

Nordberg, heute Teil von Metso, entwickelte den Gyradisc-Kegelbrecher. Dieser Brecher fügt sich in einen geeigneten Brechkreislauf ein und kann alle Partikelgrößen nachzerkleinern, um Brechsand mit einer guten Kornverteilung zu produzieren. Der Gyradisc war eine Maschine mit einem sehr robusten Design und spezieller Brechdynamik, um eine sehr hohe Zerkleinerung der Partikel im Brechraum zu erreichen.

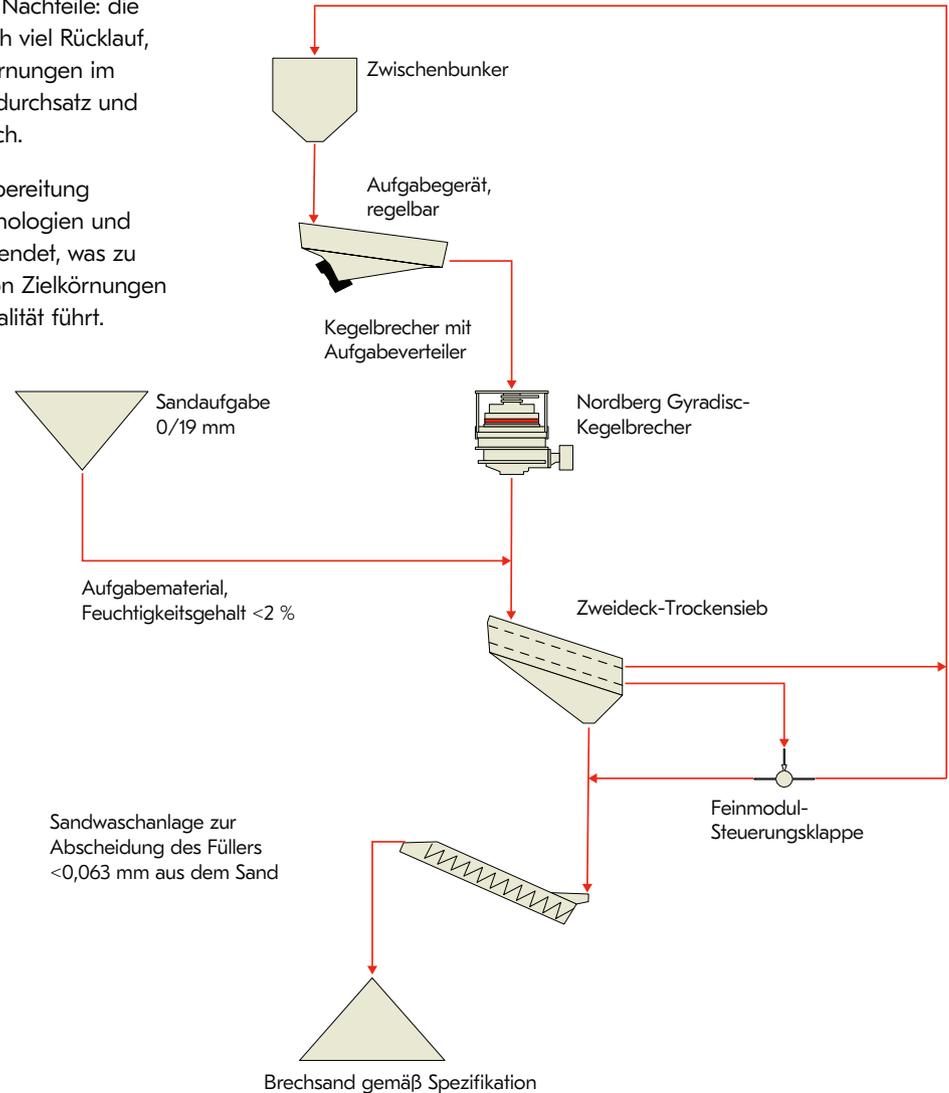
Gut korngestuffer Brechsand half den Betonproduzenten, eine gleichbleibende Betonqualität für ihre Chargen aufrechtzuerhalten, und trug auch zu Zementersparungen bei.



Nordberg Gyradisc-Kegelbrecher

Diese Technik hatte jedoch einige Nachteile: die sehr hohe Kreislaufbelastung durch viel Rücklauf, die geringe Produktion von Zielkörnungen im Verhältnis zum gesamten Materialdurchsatz und der deshalb hohe Energieverbrauch.

Das Prinzip der Gyradisc-Sandaufbereitung wird erfolgreich bei anderen Technologien und ähnlichen Brechkreisläufen angewendet, was zu einer höheren Nettoproduktion von Zielkörnungen und einer verbesserten Produktqualität führt.



Typische Prozessanordnung mit einem Nordberg Gyradisc-Kegelbrecher für die Produktion von Brechsand C-33



# Neue Generation von Kegelbrechern für Brechsand

Für harte und abrasive Materialien werden Kegelbrecher in verschiedenen Brechsand-Anwendungen eingesetzt.

Um feinen Brechsand mit guter Kornverteilung mit Kegelbrechern zu produzieren, sollte die Konfiguration des Brechkreislaufs der des Gyradisc sehr ähnlich sein. Wenn der Brecher jedoch in einem geschlossenen Kreislauf mit einer Sieböffnung von 2,4, 3,2 oder 4,75 mm läuft, muss die Konfiguration besonders sorgfältig ausgewählt werden, da diese extrem empfindlich gegenüber Feuchtigkeit und anfällig für Kompaktierung ist. Diese tritt auf, wenn das Material in der Brechkammer durch die zu hohe Menge Feingut nicht mehr komprimiert werden kann. Die Wirkung ist ähnlich der, als wenn Stahl in den Brecher gelangt, weshalb Kompaktierung unbedingt verhindert werden muss.

Kegelbrecher müssen ständig unter Choke-Feed-Bedingungen arbeiten, um eine hohe Dichte in der Brechkammer zu erreichen und die beste Produktqualität bezüglich Kornverteilung und Kornform zu erzielen, die Energieeffizienz zu maximieren und den Brechwerkzeugverschleiß zu optimieren. Deshalb ist es wichtig, vor dem Brecher einen Zwischenbunker und eine automatisierte Aufgaberegulung zu haben.

Die mit Kegelbrechern erzeugte Kornform ist kantig, was sie ideal für verschiedene Brechsand-Anwendungen

macht, sogar für Beton. Choke-Feed begünstigt eine intensive interpartikuläre Zerkleinerung, die bei Kegelbrechern die beste Kornform erzeugt. Je nach den Eigenschaften des Aufgabematerials liegt der Anteil  $<0,074$  mm im Sand durchschnittlich bei 5-10 %.

Bei der Produktion von Brechsand sollte die maximale Aufgabegröße in der Regel auf 20-25 mm begrenzt werden, je nach Brechergröße und verwendeten Brechwerkzeugen.

Eine hohe Kreislauflast ist ebenfalls eine häufige Eigenart dieser Kreisläufe, daher muss die Siebfläche sorgfältig gewählt werden, um einen effektiven Prozess zu gewährleisten. Die korrekte Auswahl der Siebeläge ist ebenfalls ein entscheidender Faktor, damit der Kreislauf erfolgreich arbeitet.

Im Allgemeinen sollten Kegelbrecher für diese Anwendungen mit einer feinen oder extra feinen Brechkammer ausgerüstet werden. Druckzerkleinerung kann im Vergleich zur Prallzerkleinerung in ähnlichen Anwendungen ein wesentlich besseres Kosten-pro-Tonne-Verhältnis haben.

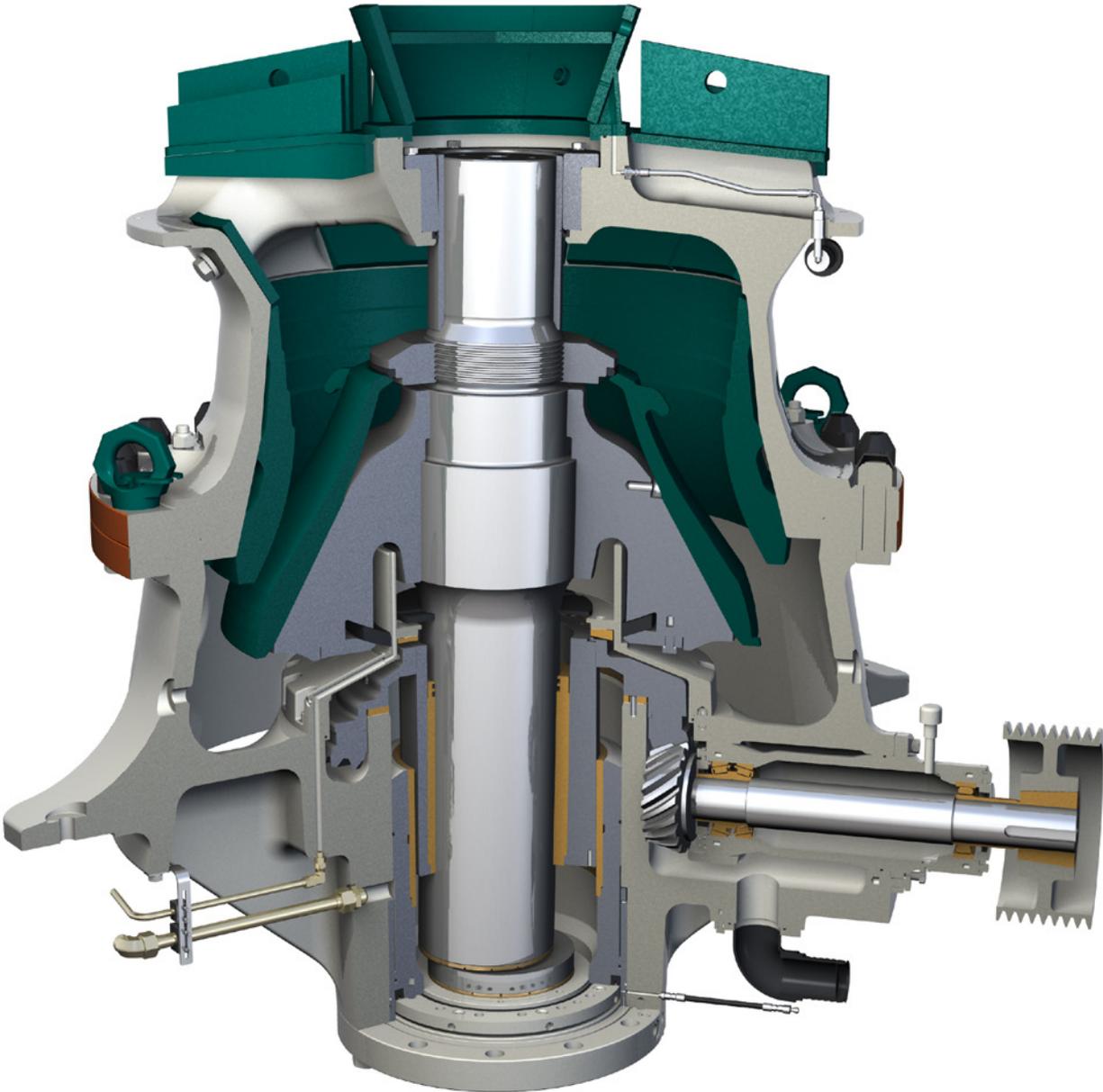
In einer effizient betriebenen Anlage für Brechsand erfüllt der Sand die Anforderungen der Betonindustrie. Während (Natur)sand als schwierig zu verarbeiten bezeichnet werden kann, so führt der Brechsand

zu Beton mit hoher Druckfestigkeit, wie sich bereits in mehreren großen Infrastrukturprojekten weltweit gezeigt hat.

**Kegelbrecher können für die Brechsandproduktion ausgewählt werden, wenn:**

- Das zu verarbeitende Material sehr hart und abrasiv ist
- Um groben Sand (normalerweise  $<6$  mm) zu produzieren
- Bei der Feinsandproduktion muss das Aufgabematerial sauber sein und der Feingutanteil von  $<6$  mm und  $<2-4,5$  mm muss genau kontrolliert werden, um Kompaktieren zu verhindern.
- Das Aufgabematerial sollte trocken sein; je nach Aufgabekornkurve, der Art des herzustellenden Sands und der ausgewählten Brechkammer kann auch ein Feuchtigkeitsgehalt  $<2$  % toleriert werden.
- Wenn ein Kegelbrecher für die Verarbeitung von weicherem Gestein eingesetzt wird, muss das Aufgabematerial trocken sein.
- Feuchtigkeit im Aufgabematerial von Brechsand-Anwendungen beeinflusst die Effizienz der Siebung im Prozess. Wegen der größeren Menge zurückgeführtem Feingut werden die Kegelbrecher unnötig hoch belastet.





GP-Kreiselbrecher

# Kreiselbrecher der Metso GP-Serie

Der Kreiselbrecher der Metso GP-Serie ist eine Maschine mit einer schwimmenden Achse. Diese ruht auf einem hydraulischen Kolben, der die vertikale Bewegung der Brecherachse mit dem Brechkegel ermöglicht, um den Brechspalt einzustellen. Das Einstellen ist sogar während des Brechvorgangs möglich, durch erhöhen oder senken des Öldrucks auf den Kolben.

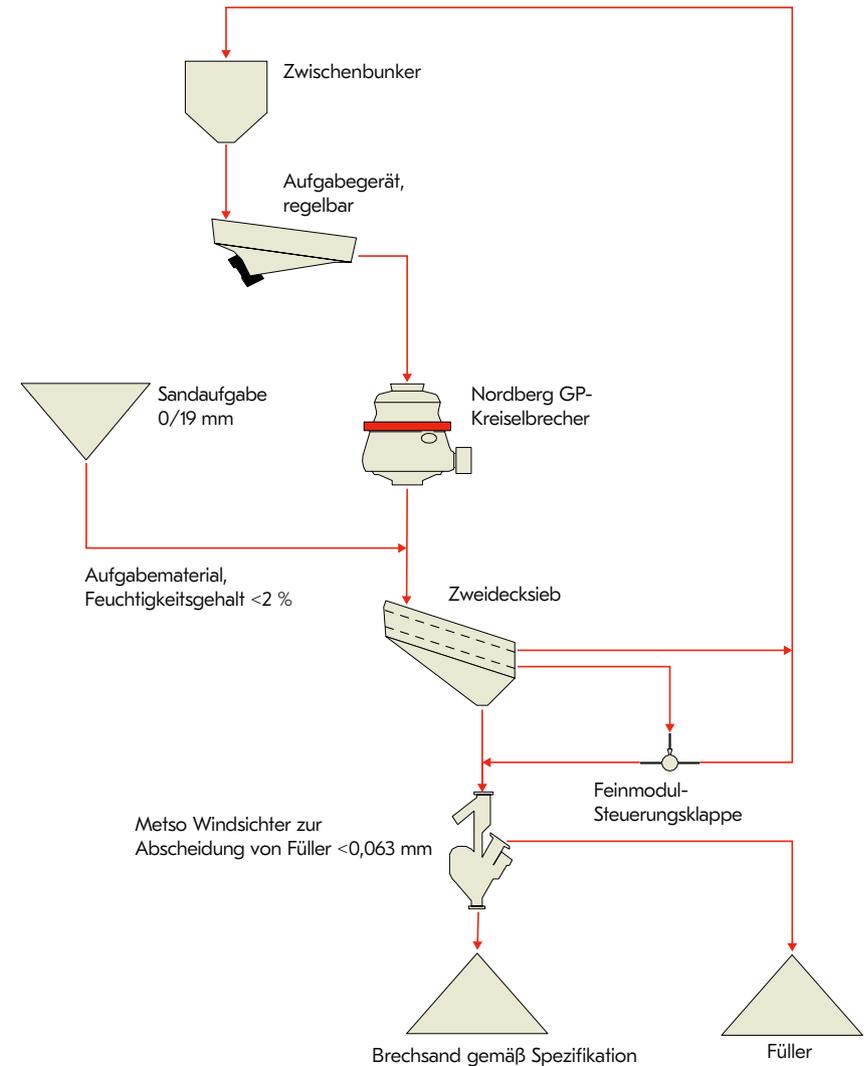
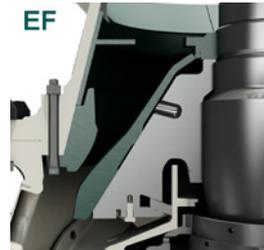
In Brechsand-Anwendungen kann die Anlagenautomatisierung oder die IC50C des GP-Kreiselbrechers die Aufgabe entsprechend dem Füllstand in der Brechkammer, dem Brechspalt, dem Kolbendruck und der Leistungsaufnahme überwachen und regeln. Die Steuerung passt die Parameter gemäß den Prozessanforderungen an, um die Effizienz des Brechers zu maximieren und gleichzeitig dessen Schutz sicherzustellen.

Je nach Anwendung werden im GP-Kreiselbrecher feine (F) oder extra-feine (EF) Brechkammern zur Herstellung von Brechsand eingesetzt. Wegen der hohen Dichte in der Brechkammer erfolgt zum Schutz des Brechers eine permanente Überwachung der Leistungsaufnahme und des Kolbendrucks durch das Automatisierungssystem.

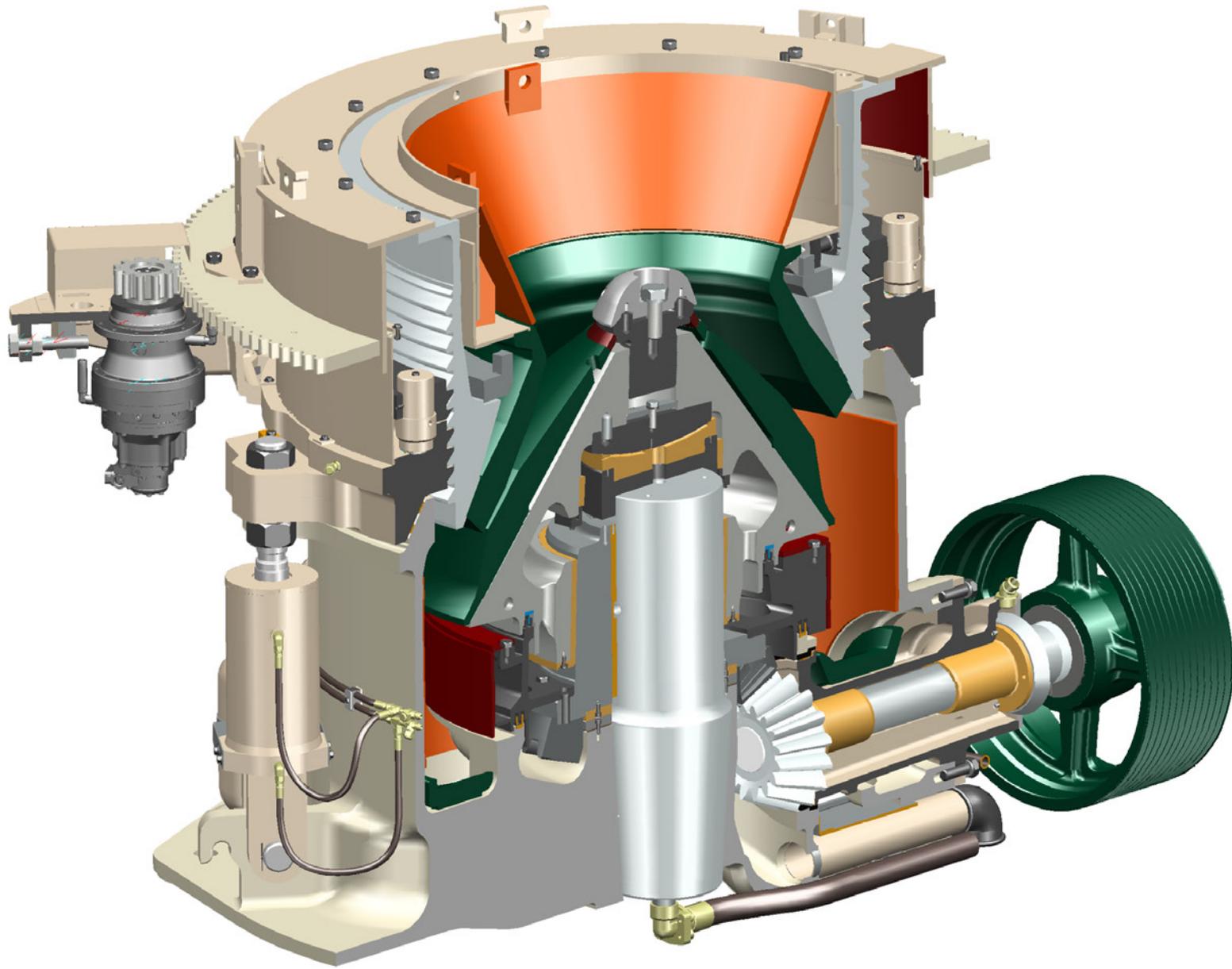
In Indien wurden Tests an einem GP220 mit einem 220 kW Motor durchgeführt, bei denen

hervorragende Ergebnisse in Bezug auf die Produktkörnung erzielt wurden. Im Test wurden feine und extra-feine Brechkammern verwendet. Aufgabematerial war Granit der Größen 5-30 mm und 5-70 mm, der Brechhub betrug 28 und 36 mm, die Spaltweite 12 und 16 mm.

Die durchschnittliche Produktion lag bei 43 t/h mit 100 % <4,75 mm, dabei betrug die Aufgabe des Brechers im Mittel 165 t/h. Es wurde nachgewiesen, dass die Konfiguration eines GP220 mit einem F- oder EF-Brechwerkzeug die Herstellung von Brechsand ermöglicht.



Typische Prozessanordnung mit einem Metso GP-Kreiselbrecher in der Brechsandproduktion



HP-Kegelbrecher

# Kegelbrecher der Metso HP-Serie

Der entscheidende Unterschied zwischen der GP- und HP-Technik ist die feststehende Brecherachse im HP-Kegelbrecher. Um den Brechspalt (CSS) einzustellen, wird der Oberrahmen mittels Hydraulikmotor im Gewinde des Einstellrings gedreht und so nach oben bzw. unten bewegt.

Dieser Vorgang kann nur bei leerer Brechkammer durchgeführt werden, im Gegensatz zum GP-Kreiselbrecher, bei dem die Spalteinstellung unter Last erfolgen kann. Nachdem der gewünschte Brechspalt erreicht ist, wird das Gewinde durch Hydraulikkolben in der Position blockiert.

Die Brechdynamik, die durch das Design des HP-Kegelbrechers generiert wird, erlaubt eine stärkere Verspannung des Oberrahmens mit dem Unterrahmen. Die dadurch mögliche höhere Brechkraft erzeugt einen größeren Zerkleinerungsgrad im Brechgut. Durch die optimierte Kombination aus Brecherdrehzahl, Exzentrizität und Brechkammerprofil wird mit HP-Kegelbrechern eine höhere Kapazität bei größerer Dichte in der Brechkammer erreicht. Die interpartikuläre Zerkleinerung im HP ist größer als in einem GP. Diese interpartikuläre Zerkleinerung ist für die Produktion von hochwertigem feinem Brechsand erforderlich, sie macht den Brecher jedoch auch empfindlich gegenüber einem zu hohen Feingutanteil im Aufgabematerial bei Feuchtigkeit.

Der Brecher kann in dritten oder vierten Brechstufen für die Sandproduktion eingesetzt werden, wobei für Feinsand die Brechkammer extra-fein ideal ist.

Das IC-Automatisierungssystem ist auch für die HP-Brecher verfügbar und wird in der Brechsandherstellung zur Optimierung der Prozessleistung benötigt.

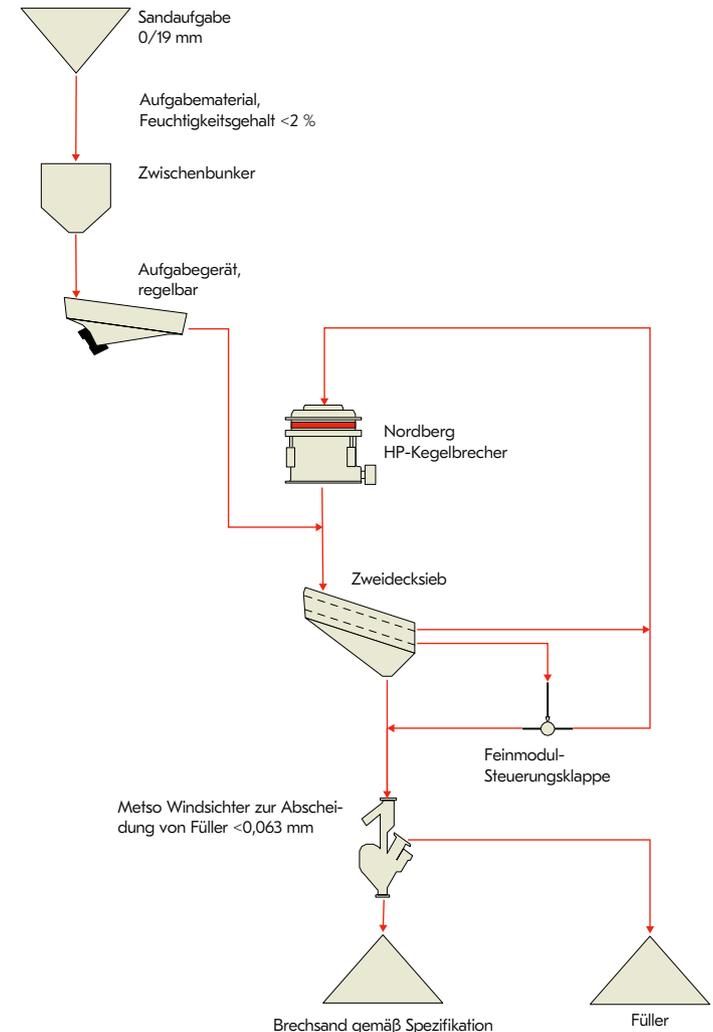
In einer kürzlich durchgeführten Testreihe mit insgesamt 27 Tests mit einem HP100 mit EF-Brechwerkzeug und Vorgelegewellen-Drehzahlen von 1050 bis 1250 UpM wurden die folgenden Durchschnittsergebnisse erzielt:

- 51,4 % Sand <6,3 mm
- 31 % Sand <4,75 mm
- 19,1 % Sand <2 mm

Diese Ergebnisse können auf größere Brecher mit demselben Brechwerkzeugprofil übertragen werden. Der durchschnittliche Anteil <0,074 mm im Sand lag bei 12,7 %.

Anhand dieser Testergebnisse und anderer Anwendungen wurde belegt, dass HP-Brecher mit F- und EF-Brechkammern in der Lage sind, Brechsand zu produzieren, der die Anforderungen für Asphalt und Beton erfüllt.

Der Prozess muss so konzipiert werden, dass er das gewünschte Ergebnis erzielt, wobei die Effizienz der Absiebung und die automatisierte Prozesssteuerung eine wichtige Rolle spielen.



Typische Prozessanordnung mit einem Metso HP-Kegelbrecher in der Brechsandproduktion



HRC 8 Brecher

# Metso Hochdruck-Walzenbrecher (HRC)

Da die Druckzerkleinerung mit Kegelbrechern in Brechsand-Anwendungen besonders bei harten und abrasiven Gesteinsmaterialien sehr gut funktioniert, haben Ingenieure jahrelang darüber nachgedacht, wie man einen Brecher entwickeln kann, der nicht so anfällig für Kompaktierung/Brikkettierung bei hohen Anteilen an Feinmaterial und Feuchtigkeit im Aufgabematerial ist, während er gleichzeitig automatisierbar ist und die Kosten für die Produktion von hochwertigem Sand senkt.

Die Ingenieure wollten eine Lösung entwickeln, die sehr hohe Brechkraft auf ein Aufgabematerial mit guter und gleichmäßiger Kornverteilung anwendet, um eine intensive interpartikuläre Zerkleinerung zu erzielen und diese zu steuern.

Ihr Ziel war es, hohe Geschwindigkeiten zu vermeiden, da der Verschleiß im Verhältnis zum Quadrat der Geschwindigkeit anstieg. Darüber hinaus musste die Maschine robust sein, ohne schadenanfällige Mechanik.

Die Lösung war der Hochdruck-Walzenbrecher (HRC). Die langsam laufenden Walzen, die im Vergleich zu anderen Brechern nahezu keine Materialreibung oder Mahlwirkung verursachen, versprachen eine außergewöhnlich lange Lebensdauer der Verschleißteile. Dank der Hydraulikzylinder mit modernen Ölregelventilen konnte das Brechgut einer hohen Brechkraft ausgesetzt werden. Eine sehr empfindliche Steuerung ermöglichte einfache Anpassungen bei der Produktkörnung und reagierte schnell bei Überlast durch nichtbrechbares Material.

Aus verfahrenstechnischer Sicht ist der HRC ein Druckzerkleinerer. Das Material wird zwischen den beiden Walzen eingezogen, wobei sich ihre Kreisbögen bis zum kleinsten Punkt zwischen den Walzen annähern. An dieser Stelle mit der höchsten Brechkraft im Materialbett findet eine hohe interpartikuläre Zerkleinerung statt. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, die

Brechkraft durch Veränderung des Hydraulikdrucks im System einzustellen. Dies bedeutet, dass sowohl die Produktkörnung als auch die Leistung an die spezifischen Anforderungen des Prozesses und des Materials angepasst werden können. Über die Veränderung der Geschwindigkeit der Walzen kann die Gesamtleistung des HRC präzise an die Materialanforderungen angepasst und so die Produktion optimiert werden. Die Zerkleinerung und der Durchsatz sind nicht aneinander gekoppelt und individuell einstellbar.

Da der HRC als eine langsam und kontinuierlich laufende Maschine arbeitet, sind Lärm-, Staub- und Vibrationsemissionen minimal, was die Konstruktion der Gesamtanlage vereinfacht.

Im Gegensatz zu Kegelbrechern ist der HRC weniger empfindlich gegenüber Feinanteilen im Aufgabematerial, da er die Brechkraft auf eine kontrollierte Weise anwendet. Wenn das Materialbett zwischen den Walzen weniger Hohlraum aufweist, wird der sich einstellende Arbeitsspalt größer, die Brechkraft bleibt jedoch gleich, wodurch eine hohe Dichte im Brechraum erzielt wird. Es können auch klebrige Materialien mit hoher Feuchtigkeit und Verunreinigungen in der Aufgabe wie organische Stoffe, Ton oder andere schädliche Materialien verarbeitet werden.

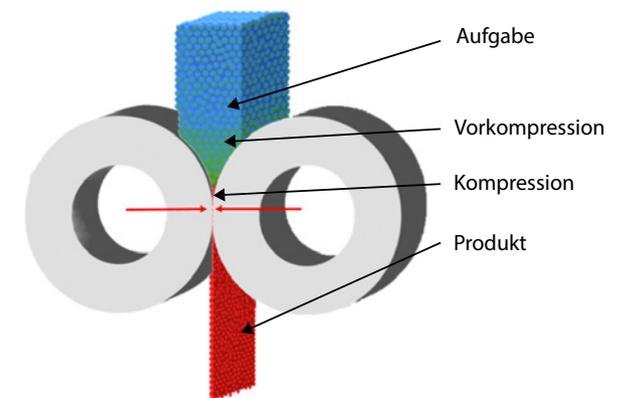
Während Kombinationen aus abrasivem, nassem, verunreinigtem und feinguthaltigem Material bei anderen Zerkleinerungsmaschinen zu einem hohen Verschleiß führen, hat der HRC eine lange Lebensdauer der Walzen im Langzeiteinsatz bewiesen. Dies macht ihn zum idealen Brecher für Sand- und Kiesanwendungen oder für die Brechsandherstellung in Nassprozessen.

Darüber hinaus zeigte sich, dass der HRC feine Fraktionen zerkleinert und so eine ausgezeichnete kantige Form erzielt. Bei geringen Hohlräumen in der Aufgabe und hohem Brechdruck wurde die beste kubische

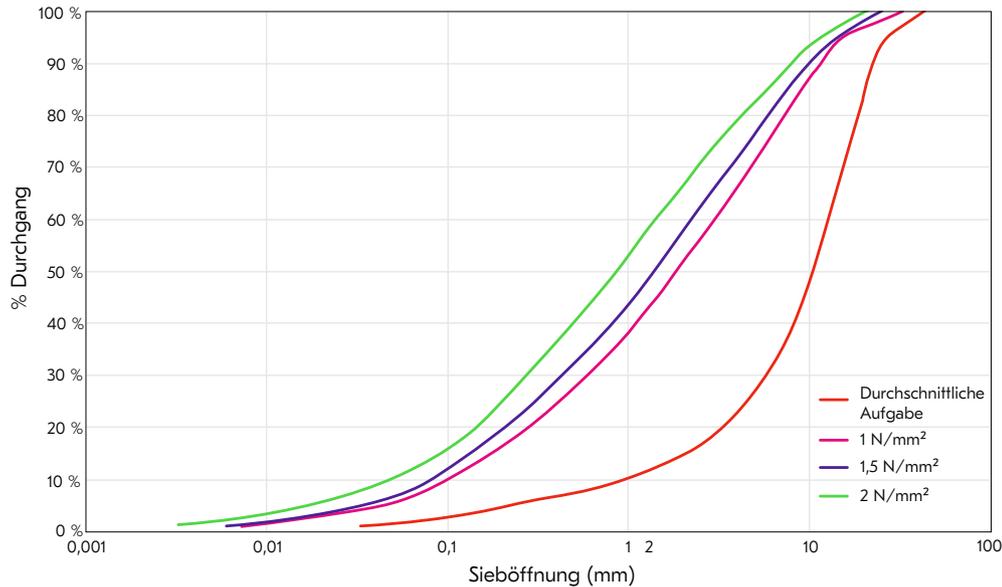
Kornform für die Verwendung für Asphalt und Beton erzeugt. Die einstellbare hohe Brechkraft macht den HRC zu einer Maschine mit dem besten Zerkleinerungsgrad für Sandfraktionen. Zusätzlich produziert er mehr Sand in offenen Kreisläufen als andere Brecher. Dieses Merkmal ermöglicht die Herstellung von Brechsand in einem geschlossenen Kreislauf mit weniger Rezirkulation und geringerer Belastung des Produktsiebs.

Durch die geringere Zirkulation infolge der höheren Zerkleinerungsleistung wird weniger Energie für die Sandproduktion benötigt, deshalb ist der HRC einer der energieeffizientesten Brecher. In Verbindung mit der langen Lebensdauer der Walzen ist er auch die wohl wirtschaftlichste Maschine zur Brechsandherstellung.

Darüber hinaus generiert der HRC weniger Staub. Da er die gewünschten Sandfraktionen im Produkt schneller erzeugt, entsteht im Vergleich zum VSI oder einem Druckzerkleinerer weniger unerwünschter Feinanteil.



Das Zerkleinerungsprinzip des Metso HRC-Brechers



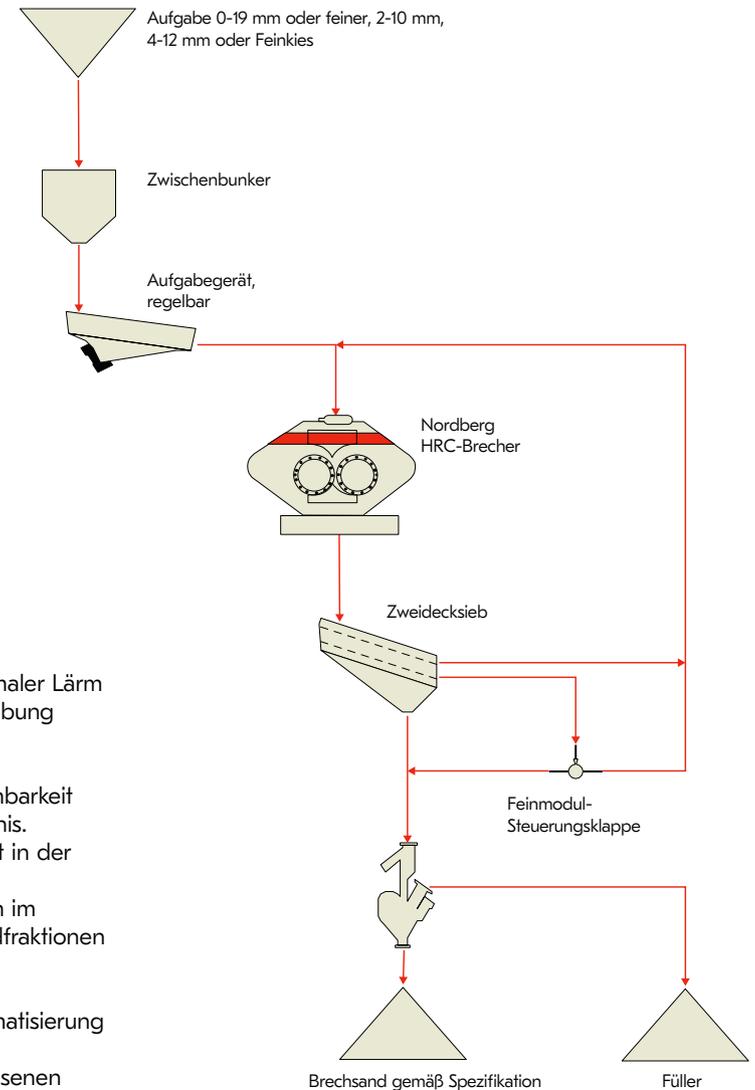
Produktkurven bei verschiedenen Brechern zur Herstellung von Sand <4 mm

Die Brechkraft kann angepasst werden, was einen erheblichen Vorteil bietet, denn damit kann die Produktkurve des HRC entsprechend den Anforderungen von Brechsand optimiert werden. Tests mit verschiedenen Brechkräften haben einen direkten Zusammenhang mit der Korngrößenverteilung des Produkts aufgezeigt. Die gleichen Tests zeigten auch, dass die Kornkurve im Grob- und im Feinbereich bei unterschiedlichen Drücken nur geringe Veränderungen aufweist, während die mittlere Fraktion im Bereich der gewünschten Sandkurve stark beeinflusst wird. Die Veränderungen der Fraktion 0/2 von 42 % bei 1 N/mm<sup>2</sup> auf 58 % bei 2,5 N/mm<sup>2</sup> sind im Diagramm der Testergebnisse deutlich sichtbar.

#### Schlussfolgerungen für HRC-Brecher:

- Der HRC kann Abfallmaterialien in hochwertige Produkte umwandeln. Er kann eingesetzt werden, wenn andere Brechertypen entweder nicht oder nicht ausreichend effizient arbeiten würden.
- Er stellt mehr Sand mit weniger Fülleranteil <0,074 mm her.
- Er weist einen geringeren Stromverbrauch bei der Sandproduktion auf (bis zu 50 % weniger)

- Kompaktes Design, keine Vibrationen, minimaler Lärm und Staub, keine Vorklassierung oder Vorsiebung erforderlich, einfach zu bedienen.
- Er kann hochabrasives Material verarbeiten.
- Er zerkleinert Materialien mit geringer Brechbarkeit und erzielt ein hohes Zerkleinerungsverhältnis.
- Er ist unempfindlich gegenüber Feuchtigkeit in der Aufgabe.
- Er ist unempfindlich gegenüber Feinanteilen im Aufgabematerial und zerkleinert sogar Sandfraktionen <6 mm oder <4 mm.
- Durch die Anpassung des Drucks kann die Produktkurve auch aus der Ferne per Automatisierung optimiert werden.
- Stabile Produktion in offenen oder geschlossenen Kreisläufen.
- Die Kapazität kann durch Steuerung der Walzengeschwindigkeit angepasst werden.
- Minimiert Energie- und Verschleißkosten
- Begrenzte maximale Aufgabegröße von 32 mm für den HRC 8.
- Der HRC muss mit Choke-Feed betrieben werden.
- Dieser Brecher ist ideal, um Spezial-Brechsand mit genauer FM-Kontrolle zu produzieren.



Typische Prozessanordnung mit einem Metso HRC-Brecher in der Sandproduktion

\*FM: Beim Feinmodul handelt es sich um eine Kennzahl für die mittlere Partikelgröße in einem Korngemisch.

# Metso Prallbrecher

Die Prallzerkleinerung ist ein Prozess, der Geschwindigkeit in Verbindung mit den Brecheigenschaften des zu zerkleinernden Materials verwendet. Am einfachsten und kompaktesten erfolgt dies durch die Drehung eines Rotors, um am Umfang eine sehr hohe Geschwindigkeit zu erzeugen. Die zersplitternde Fragmentierung erfolgt auf drei verschiedene Arten:

1. Oberfläche trifft mit hoher Geschwindigkeit auf ein Partikel
2. Partikel trifft mit hoher Geschwindigkeit auf eine Oberfläche
3. Partikel trifft mit hoher Geschwindigkeit auf ein anderes Partikel

Die Energie, die das Gestein bricht, ist keine statische Kraft (wenn z. B. Gestein zwischen zwei Oberflächen gequetscht wird).

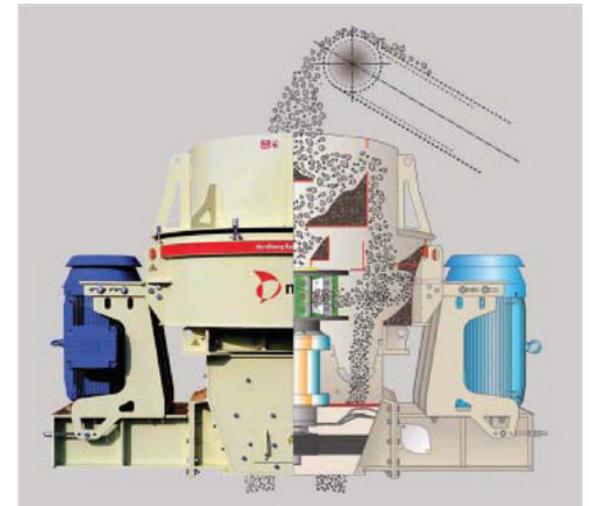
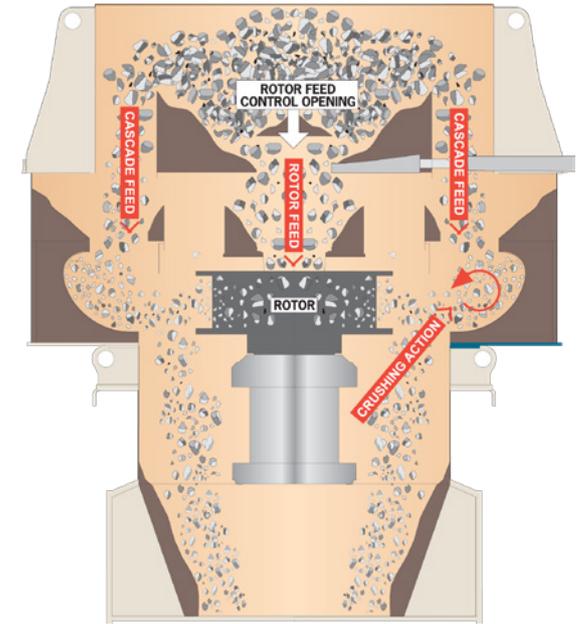
Der Impuls stammt aus der dynamischen Energie, die in der Bewegung mit hoher Geschwindigkeit gespeichert ist. Der Aufprall, bei dem ein Impuls auf ein Partikel übertragen und von ihm zurückgegeben wird, verursacht einen enormen Schock in der Struktur des Materials. Die so entstehenden Schockwellen verlaufen entlang der Kristalloberflächen und brechen das Partikel. Das Ergebnis ist eine homogene Größenverteilung der Partikel.

Die Schockwellen breiten sich in fast alle Richtungen innerhalb der Gesteinsmatrix aus, was dazu führt, dass die Form der dadurch entstehenden Partikel sehr kubisch ist.

Der Impuls ist das Produkt aus Masse und Geschwindigkeit.

Dies bedeutet, dass kleine Partikel weniger Impuls haben. Beim Aufprall hat ein Sandkorn weniger übertragbare Energie zur Verfügung, und diese Energie könnte zu gering sein, um das Korn zu zerkleinern. Dies erklärt die Faustregel, dass grobe Zerkleinerung mit moderater Geschwindigkeit und feine Zerkleinerung mit höherer Geschwindigkeit erfolgt.

Der Fragmentierungseffekt tritt ebenfalls bei der Zerkleinerung des Feinguts auf. Während die Energie weniger wahrscheinlich das ganze Partikel bricht, kann die Oberflächenstruktur immer noch beeinflusst werden, was zu Absplitterung und Abrieb führt. Daher erzeugen Prallbrecher, die für die Feinzerkleinerung in tertiären und Brechsand-Anwendungen konzipiert sind, einen gut geformten und gerundeten Sand.



# Barmac VSI-Brecher

## Das autogene Brechprinzip des Barmac VSI

Metso VSI-Brecher sind bekannt dafür, die beste Partikelform im Vergleich zu Druckzerkleinern zu erzeugen. Das Ziel bei der Konstruktion des Barmac VSI-Brechers war ein kleinerer Rotor mit einer Achse mit vertikaler Rotation und zentraler Materialaufgabe. Aufgrund dieser Eigenschaften ist am Aufgabepunkt die Geschwindigkeit niedrig. Das Brechgut wird auf dem Weg nach außen zu den radialen Öffnungen des Rotors beschleunigt. Durch geringe Störungen des Materialstroms können in Barmac-Rotoren Geschwindigkeiten von bis zu 45 bis 75 m/s erreicht werden, fast eine Verdoppelung der vorherigen Geschwindigkeit. Die kinetische Energie der fliegenden Partikel wird vervierfacht, was eine effektive Zerkleinerung von feineren Körnungen ermöglicht.

Der zweite Teil dieser Erfindung bestand darin, das Prinzip der autogenen Zerkleinerung zu nutzen, um den Verschleiß zu reduzieren. Das Material tritt aus dem Rotor auf einer horizontalen Flugbahn aus und trifft auf die mit Material gefüllte Rockbox, die die Aufprallzone bildet. Der Vorteil liegt darin, dass der Verschleiß geringer ist und ein Impuls auf zwei Partikel gleichzeitig angewendet wird.

Der Barmac wird vorrangig zur Kornformung verwendet. Material aus der Sekundär- und Tertiärzerkleinerung wird dem Barmac aufgegeben. Er bricht hauptsächlich die plattigen und länglichen Partikel und bricht auch die Kanten und scharfen Ränder der gröberen Körnungen.

Darüber hinaus wird der Barmac auch als Sandmaschine verwendet, da er den am besten gerundeten Brechsand erzeugt. Seit Jahren sind Barmac Brecher ein integraler Bestandteil der Sandproduktion in vielen Anlagen.

Der Barmac VSI Brecher ist eine sehr robuste Aufbereitungsmaschine. Diese Maschine ohne einen Brechspalt ist weniger empfindlich gegenüber Feinmaterial und anderen Schwankungen im Aufgabematerial. Die einzige Einschränkung ist die maximale Stückgröße für die Beschickung des Rotors. Der große B9100SE kann Steine mit einer Größe von bis zu 50 mm durch die Rotorkanäle leiten. Er ist außerdem unempfindlich gegenüber Schwankungen der Aufgabemenge.

Auch bei stark unterschiedlicher Brechbarkeit des Ausgangsgesteins oder der ursprünglichen Partikelform kann der Barmac die meisten Gesteinsarten verarbeiten.

Er hat sich als eine der besten Brecher zur Herstellung von Sand etabliert, da das Endprodukt eine gleichmäßig abgerundete Form besitzt und die Qualität nicht von einem Brechspalt abhängig ist. Die Sandkörnung mit Größen von 1 mm und 2 mm kann als äquidimensional beschrieben werden. Ein Test zeigte, dass der Barmac auch die Form der Partikel bis hin zu den Feingutfractionen beeinflusst – die beste Formung erfolgt allerdings, wenn die Partikel größer als 1 mm sind.

Eine niedrige Geschwindigkeit ist für die Formung am besten geeignet und für die Größenreduktion eine zwischen 55 und 65 m/s. Das Brechverhalten des Minerals hat ebenfalls Einfluss auf die Formung und Zerkleinerungsleistung eines Barmac, u. a. für Kalkstein wurden hervorragende Ergebnisse erzielt.

Um ein gutes äquidimensionales und nahezu rundes Sandkorn zu erzeugen, müssen die kleinen Kanten gebrochen werden. Dies führt zu einer höheren Menge an Fein- und Feinstmaterial (Füller). Die Menge an

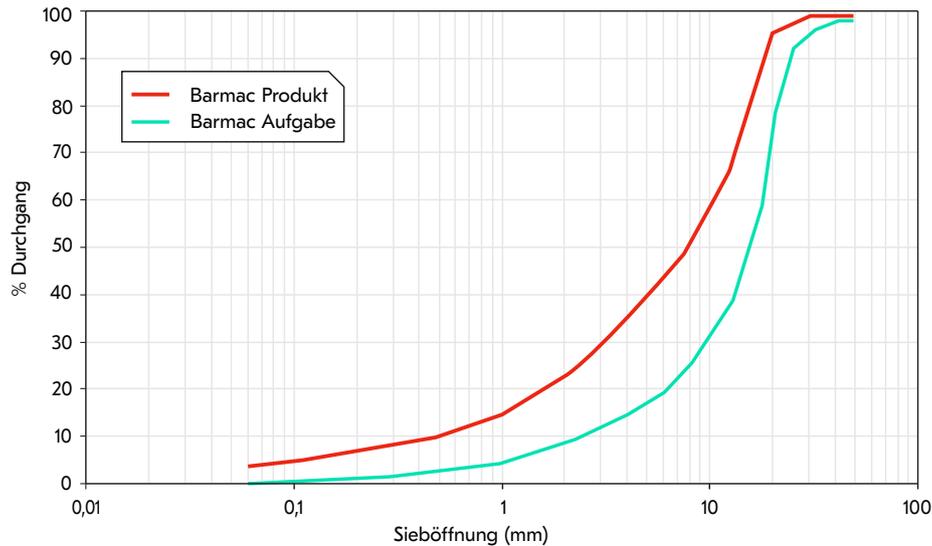
Feingut, die während der VSI-Zerkleinerung erzeugt wird, wird durch den Widerstand gegen Fragmentierung des Gesteins beeinflusst. Ein korrekt eingestellter Brecher kann abrasives Material ebenfalls kosteneffizient verarbeiten.

Da Prallbrecher empfindlicher gegenüber Abrasion sind, ist der Barmac Brecher so konstruiert, dass er guten Wartungszugang bietet und die Verschleißteile klein und einfach auszutauschen sind. Eine Wartungsklappe für den schnellen Zugang zum Brechraum und zum Rotor ist vorhanden. Der obere Teil des Barmac kann angehoben und entfernt werden, um uneingeschränkten Zugang von oben zu ermöglichen.

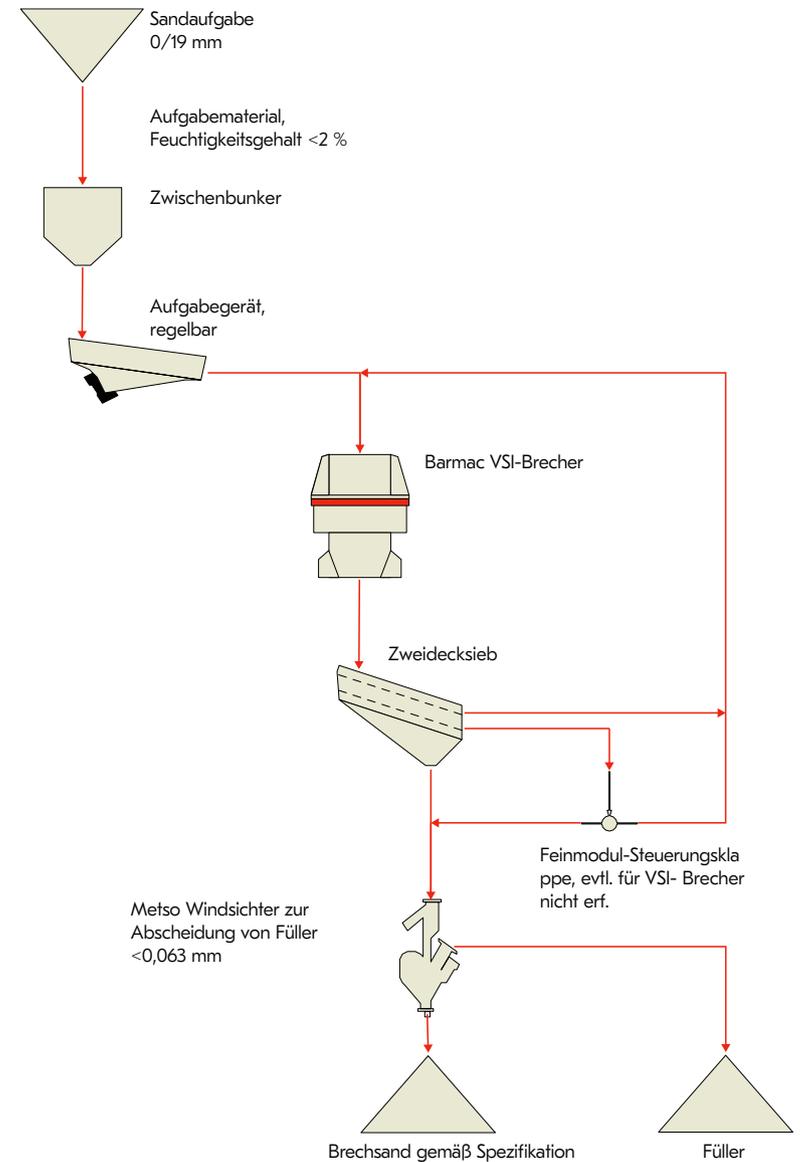
Der Barmac ist ein bedienerfreundlicher Brecher, der einfach zu bedienen und zu reparieren ist. Er lässt sich mühelos in den Prozess einbauen, ohne dass aufwendige Aufgabevorrichtungen erforderlich sind. Es wird empfohlen, mit einem Zwischenbunker für eine gleichmäßige Beschickung des Barmac zu sorgen, jedoch ohne Choke-Feed wie bei Kegeltreibern. Die beste Leistung und gut geformte Sandpartikel werden mit dem Barmac in der Kombination mit einer Trockenabsiebung in einem geschlossenen Kreislauf erreicht.

### Merkmale des Metso Barmac VSI:

- Begrenzte Aufgabegröße, max. 25-50 mm, je nach Größe und Anwendung des Barmac
- Gute Toleranz gegenüber Prozessschwankungen (außer Aufgabegröße und intermittierende Beschickung).
- Einfluss durch kleine Aufgabemenge
- Begrenztes Zerkleinerungspotenzial bei höherem Feinanteil im Aufgabematerial
- Bei der Autogenzerkleinerung werden die Körner weniger gebrochen und mehr gerundet als bei Verwendung von Ambossen.
- Der Barmac im geschlossenen Kreislauf produziert ein gut geformtes, rundes Produkt, jedoch mit einem höheren Fülleranteil <math><0,063\text{ mm}</math>.
- Eine geringere Rotorgeschwindigkeit erzeugt gröberen Sand.
- Ein größerer Kaskadenanteil erzeugt gröberen Sand.
- Konstante Leistung, unabhängig vom Zustand der Verschleißteile
- Feuchtigkeit hat nur geringen Einfluss auf die Kornform und die Produktkurve, sie verursacht jedoch erheblich höheren Verschleiß.
- Die Geschwindigkeitsveränderungen sind der Hauptfaktor, mit dem die Produktkurve des Brechers verändert werden kann.
- Die Einhaltung der Kornkurven-Spezifikation für Brechsand ist insbesondere bei sehr hartem Gestein schwierig
- Die Kornform ist von bester Qualität und kompensiert gelegentlich den zu geringen Anteil einiger Fraktionen in der Kornkurve.
- Kann sehr große Mengen Kreislaufmaterial erzeugen, was viel Energie erfordert



Typische Produktkurve des Barmac bei Aufgabe von Granit (Brechbarkeit 25) mit max. Aufgabegröße 30 mm



Typische Prozessanordnung mit einem Metso Barmac Prallbrecher in der Sandproduktion

# Brechsand-Anwendungen

Es gibt viele Sandanwendungen, bei denen die Sandkornverteilung nicht so fein ist wie in den dargestellten Beispielen. Für diese Anwendungen könnte der Prozesskreislauf einfacher sein und ohne die Notwendigkeit einer FM-Klappensteuerung auskommen.

Verschiedene Technologien können geeignet sein, die unterschiedlichen Produktspezifikationen zu erzeugen.



Anwendungsbereiche für Brechsand im Detail		
Betonsand	Betonprodukte (Rohre, Blöcke und Fertigteile) aller Art Putz und Mörtel, bei denen Sand eine vollständige Rolle als Zuschlagstoff spielt	Spezialsand (unter 4,75 mm mit FM-Steuerung)
Asphaltsand	Unterschiedliche Mischungsarten Verschiedene Spezialkörnungen	Spezialsand (unter 4,75-6 mm mit FM-Steuerung)
Industriesande	Gießereisand Frac-Sand Filtersand Sand für Spielplätze Sand für Golfplätze Sand für Pferderennbahnen	Feinsand (2-4,75 mm)
Landwirtschaftliche Sande	Bodenverbesserung Bodenmineralisierung Düngemittel	Spezialsand (unter 2 mm)

Für groben Sand, insbesondere bei weicheren Materialien und mit geringer bis mittlerer Abrasivität, könnte der HSI (Horizontal-Prallbrecher) in Kombination mit zuvor genannter Technik ebenfalls eine Alternative darstellen.

# HSI-Brecher für groben Brechsand

Es gibt einige Empfehlungen für die Verwendung von NP-Brechern in Brechsand-Anwendungen.

Die Partikelform, die von einem NP-Brecher erzeugt wird, ist ausgezeichnet, da sie eher kantig als rund ist. Als Aufbereitungsmaschine ist der NP-Brecher nicht empfindlich gegenüber Feinmaterial in der Aufgabe und ist eine nahezu ideale Maschine für geschlossene Kreisläufe. NP-Brecher sind zuverlässige Maschinen, die gegenüber Schwankungen in der Aufgabe und klebrigen Materialien unempfindlich sind.

## Metso NP HSI-Brecher

Zu viel Feinmaterial und klebrige Materialien können allerdings die Leistung dämpfen und zusätzlichen

Verschleiß sowie Energieverbrauch durch einen höheren Materialfluss im Brecher hervorrufen. Der NP HSI-Brecher ist jedoch in der Lage, den Prozess zu bewältigen.

Mit seiner einfachen Konstruktion erzeugt der HSI ein hohes Zerkleinerungsverhältnis, funktioniert optimal mit weniger abrasiven Materialien und ist ein bedienerfreundlicher Brecher. Er ist auch weniger empfindlich gegenüber Fremdkörpern.

Die Geschwindigkeit des NP-Brechers liegt zwischen 30 m/s und 50 m/s. Mit diesem Einstellbereich eignet sich der Brecher für die Primär- und Sekundärzerkleinerung. Er erzeugt auch eine bestimmte Menge Sand mit angemessenen Eigenschaften. Aber er ist nicht in der Lage, übermäßige Fraktionen nahe der Sandgröße zu zerkleinern. Sand ist immer ein Nebenprodukt.



Automatisierung bei NP-Brechern



Parametererhöhung ↗	Einfluss auf den Prozess					
	Durchsatz	Produktfeinheit	Kornform	Lebensdauer der Schlagleisten	Leistungsaufnahme	kW/t
Abrasivität	=	=	=	↘	=	=
Brechbarkeit	↗				↘	↘
Aufgabemenge	↗	↘			↗	
Feuchtigkeit				↘		
Brechspalt	↗	↘	↘		↘	↘
Aufgabegröße	↘				↗	
Verschleiß (Schlagleisten)		↘	↘		↘	
Rotordrehzahl	↘	↗	↗	↘	↗	↗

# Einflüsse auf die Prallzerkleinerung

Der HSI wird seit Jahren zur Produktion von gebrochenem Feinmaterial eingesetzt. Der Brechertyp ist besonders verbreitet bei mittelhartem und wenig abrasivem Gestein. Er wird zur Produktion von Gesteinskörnungen und grobem Brechsand <6 mm sowie für die Produktion von Industrie- und Asphaltsand verwendet. Die neue Generation der Metso HSI-Brecher NP13, NP15 und NP20 wird weltweit in vielen Anlagen als Sekundär- und Tertiärbrecher eingesetzt.

## Mehr Durchsatz, weniger Rezirkulation

Die Nordberg NP13, NP15 und NP20 Prallbrecher wurden auf innovative Weise konstruktiv verbessert, u. a. um die Eindringtiefe des Aufgabematerials in den Rotor zu erhöhen. Speziell beim Sekundär- und Tertiärbrechen macht der optimierte, steilere Einlauf die Austragskurve weniger abhängig vom Verschleißzustand der Schlagleisten. Dies ermöglicht die Produktion gleichmäßigerer Endprodukte, ohne die Schlagleisten zu häufig wechseln zu müssen.

Zur weiteren Verbesserung der Produktivität wurde die maximale Motorleistung beim NP13 auf 315 kW, beim NP15 auf 355 kW (jeweils Einzelantrieb) und 2 x 355 kW für den NP20 erhöht.

## Kosteneffizienz und Metso Qualität

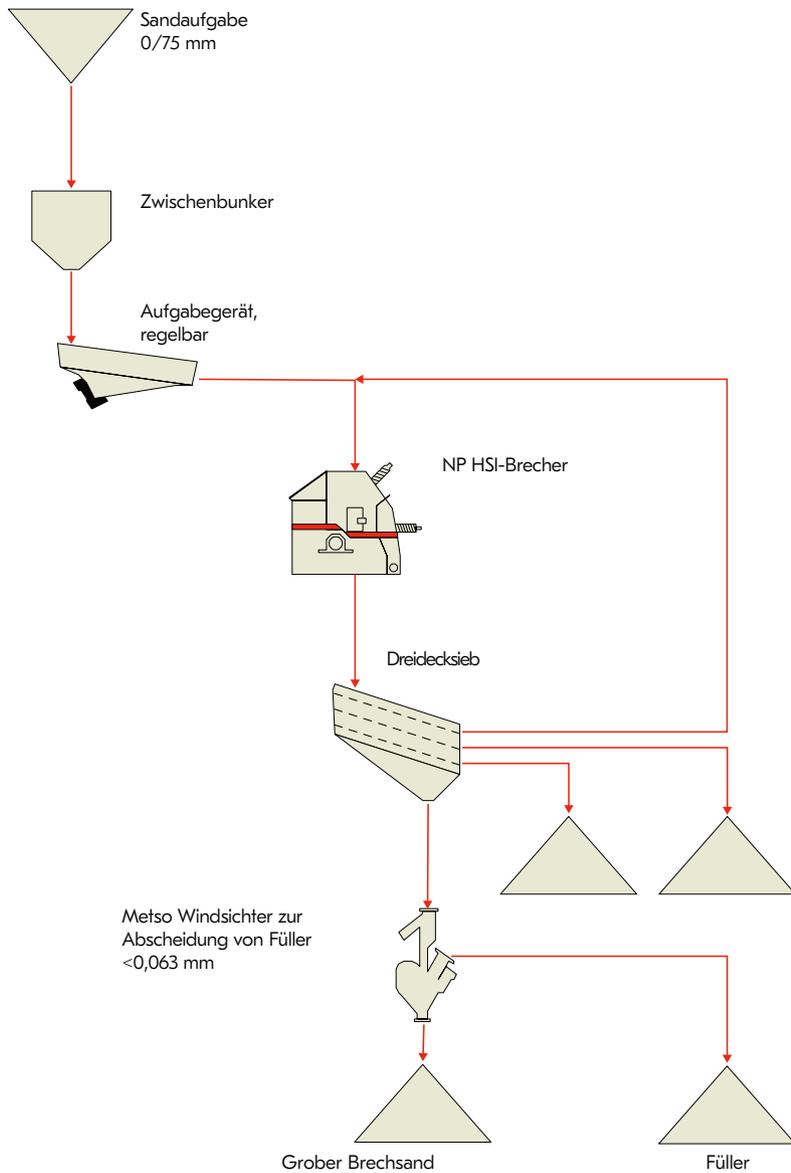
Die Metso IC20C-Brecherautomatisierung gewährleistet hohe Verfügbarkeit auf Knopfdruck. Das System verbessert die langfristige Rentabilität und sorgt für eine bessere Steuerung des Brechers, einschließlich der Anzeige aller Parameter für eine präzisere Brecherüberwachung. Neben anderen Vorteilen bietet die automatische Brechspalt-Kalibrierung präzise Kontrolle der Austragskurve, auch bei abrasiven Materialien.

Das Angebot von sieben verschiedenen Schlagleistentypen gewährleistet, dass immer das richtige Verschleißwerkzeug für die jeweilige Aufgabenstellung zur Verfügung steht, auch bei abrasivem Brechgut. Es besteht die Möglichkeit zwischen Manganstahl, martensitischem

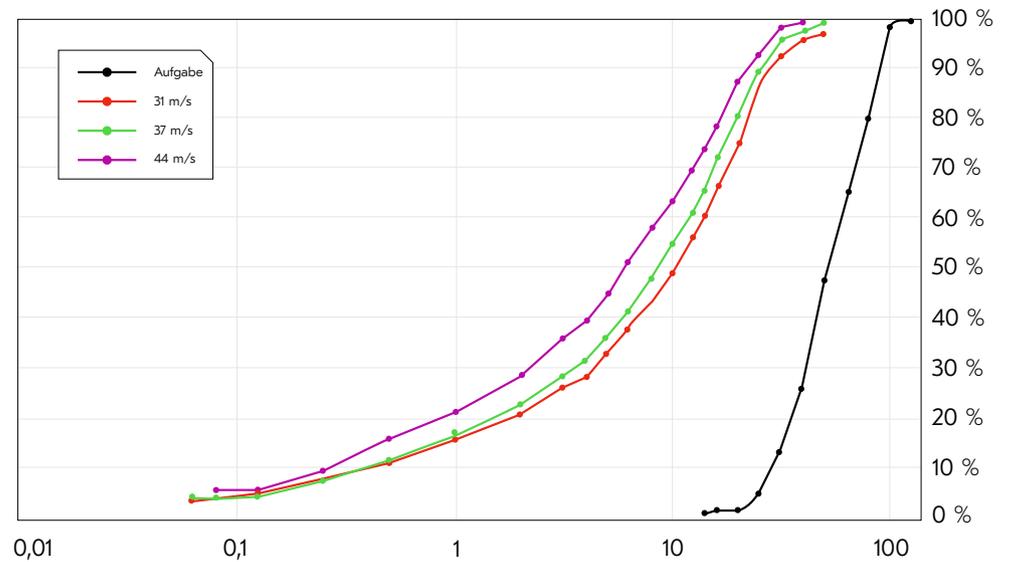
Stahl oder Chromstahl für das Material der Schlagleisten zu wählen, bei Bedarf mit Keramik-Inserts. Die besonders große Öffnung des neuen Brechergehäuses ermöglicht einen besseren Zugang zu den Prallplatten für den Verschleißteilwechsel.

Metso hat auch eine neue Kassette für die Prallplatten entwickelt. Diese patentierte Lösung besteht aus einer austauschbaren kompletten Einheit, die einen einfachen und sicheren Austausch der einzelnen Verschleißteile außerhalb des Brechers ermöglicht.

Die neue Wartungsbrücke bietet sicheren Zugang zum Rotor beim Wechseln der Schlagleisten. Die Wartungsbrücke ermöglicht auch einen schnellen und einfachen Zugang zu den Seitenauskleidungen, einschließlich derjenigen, die am höchsten liegen.



Typische Prozessanordnung mit einem Metso NP-Prallbrecher in der Sandproduktion



Typische NP HSI-Produktkurven bei verschiedenen Rotordrehzahlen

Material	Kalkstein
Abrasivität	40 g/t
Dichte	2,5 t/m <sup>3</sup>
Schüttdichte	1,5 t/m <sup>3</sup>
Brechbarkeit	52 %
Dynamische Fragmentierung	30 %

Brecher	NP1007
Installierte Leistung	90 kW
Brechspalt 1. Prallplatte	70 mm
Brechspalt 2. Prallplatte	20 mm

#### Höhere Rotordrehzahl:

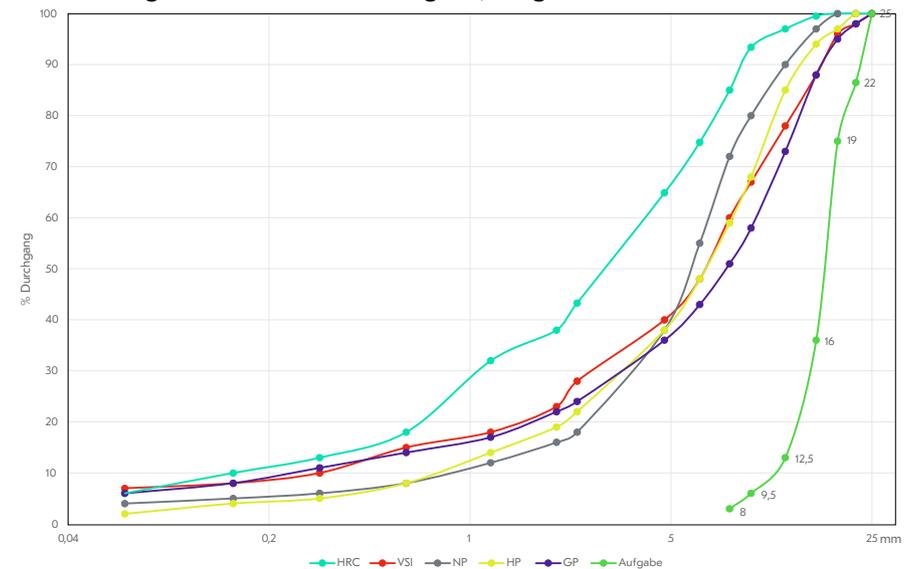
- Feinere Produktkurve
- Bessere Kornform
- Höherer Energieverbrauch
- Geringerer Durchsatz

# Zusammenfassung

Metso kann verschiedene Lösungen für Brechsand anbieten. Durch den Einsatz der geeigneten Brecher kann Brechsand auf vergleichbare Weise produziert werden, wie Sand in der Natur entsteht. Außerdem ist die Wahl des richtigen Prozesses und des richtigen Brechers entscheidend, um die Anforderungen zu erfüllen.

Bei der Herstellung von Brechsand können Kunden dank des Einsatzes der verschiedenen Brecher und Siebe von Metso wie Kegelbrecher, Kreiselbrecher, Horizontal-Prallbrecher (HSI), Vertikal-Prallbrecher (VSI) und Hochdruck-Walzenbrecher (HPGR) eine deutlich bessere Kornverteilung erzielen. Je nach Anwendung, Gesteinsart, benötigtem Sand und den zu erfüllenden Spezifikationen kann Metso die geeignetste Technik oder eine Kombination von Techniken empfehlen, um die kundenspezifischen Anforderungen zu erfüllen.

Kornverteilungskurven – 8/25 mm Aufgabe, Vergleich HRC mit anderen Brechern



Aufgabematerial Amphibolit 0-30 mm, Brechbarkeit 32 %

## Brecher-Optionen für die Brechsandherstellung

Brechertyp	Brechsandtyp			
	Betonsand	Industriesand	Asphaltsand	Landwirtschaftlicher Sand
Kegel-/Kreiselbrecher	X	X	XX	
HSI-Brecher der NPXX-Serie	X	X		X
Barmac VSI-Brecher	XX	XXX	X	XX
HRC Hochdruck-Walzenbrecher	XXX	XX	XXX	XXX

X - Gut

XX - Sehr gut

XXX - Beste Technik

						Landwirtschaftlicher Sand	
						Industriesand	
						Asphaltsand	
						Betonsand	
Brechertyp	„Gerundete“ Partikelform	FM*	Kornverteilungskurve	% < 0,063 mm	„Kantige“ Partikelform		
Barmac VSI							
Barmac VSI mit Ambossen							
NP-HSI							
HRC							
GP-Kreisel, F und EF							
HP-Kegel, F und EF							

Unterschiedliche Anforderungen, die bei der Produktion von Brechsand berücksichtigt werden müssen

Kegelbrecher können Brechsand produzieren, um einigen der Sandanforderungen gerecht zu werden. Um den Brecher für die Anwendung korrekt zu konfigurieren, müssen der geeignete Brechkammertyp, der richtige Hub (bei GP-Kreiselbrechern) und die passende Geschwindigkeit (bei HP-Kegelbrechern) gewählt werden. Der Prozess ist ebenfalls entsprechend anzupassen; die Brecher müssen ständig mit Choke-Feed mit automatischer Steuerung laufen, und eine ausreichend große sowie effiziente Siebfläche muss vorhanden sein. Kegelbrecher sind bei Brechsand-Anwendungen empfindlich gegenüber Feingut und Feuchtigkeit im Aufgabematerial.

Der Barmac VSI erzeugt die beste Kornform für Betonsand. Je nach Anwendung und der Gesteinsart kann es jedoch vorkommen, dass einige Korngrößen im Endprodukt fehlen, um die geforderte Kornkurve für Beton zu erfüllen. Es kann auch zu einem Überschuss im Feinbereich (Füller) <0,063 mm kommen. Für Asphaltsand liefert er ein Produkt von sehr guter Qualität. Eine Verschleißpanzerung mit Ambossen kann dafür am besten geeignet sein, wenn die Gesteinseigenschaften einen wirtschaftlichen Betrieb ermöglichen. Der vom Barmac hergestellte Brechsand eignet sich bestens als Industriesand und für die Landwirtschaft.

\*FM: Beim Feinmodul handelt es sich um eine Kennzahl für die mittlere Partikelgröße in einem Korngemisch.



Mit dem HRC kann eine gute Kornform für Betonsand und eine sehr gute Produktkurve erzielt werden, die der Betonspezifikation und dem erforderlichen Fülleranteil entspricht, je nach Anwendung und Gesteinsart. Er kann auch weniger Feinanteil <0,063 mm erzeugen.

Für Asphalt sand wird ein ausgezeichnetes Qualitätsprodukt erzeugt. Außerdem ist HRC-Sand in der Landwirtschaft und in der Industrie sehr verbreitet. HRC-Brecher sind weder empfindlich gegenüber einem hohen Feingutanteil noch gegenüber Feuchtigkeit im Aufgabematerial.

Im Folgenden ein Beispiel für den Energieverbrauch von 3 Brechern mit unterschiedlicher Technik: gleiche Kornverteilung des Aufgabeguts, maximierte Produktion von 0/4 mm und gemessener Energiebedarf pro Tonne Netto-Zielprodukt:

Ausrüstung	Installierte Leistung
HP3 Kegelsbrecher EF	250 kW
Barmac VSI R/R Konfiguration	250 kW
HRC 800	220 kW

	Barmac	HP	HRC
Durchsatz (t/h)	175	190	135
Energie / Tonne Durchsatz	1,45	1,15	1,65
0 - 4 mm (Anteil)	25 %	45 %	65 %
0 - 4 mm	45 t/h	85 t/h	85 t/h
Energie / Tonne Sand	5,5	2,95	2,6

HRC, HP und Barmac weisen unterschiedliches Brechverhalten auf.

Der NP-HSI produziert gebrochenes Feinmaterial, das von Kunden als Brechsand, insbesondere Industriesand, und im Asphalt verwendet wird. Es ist jedoch sehr schwer, mit einem HSI die Spezifikationen für Feinsand zu erreichen.

		HSI-NP	Barmac VSI	HP-Kegelbrecher	HRC Hochdruck-Walzenbrecher
<b>Betrieb</b>	Installation	+++	+++	+	+++
	Wartung	++	++	+++	+++
	Aufgabegröße	+++	++	+++	++
	Feuchtigkeit in der Aufgabe.	++	++	++	+++
	Feinanteil in der Aufgabe	++	++	+	+++
	Lärm	++	++	+	+++
	Stauberzeugung	+	+	++	+++
	<b>Leistung</b>				
Feingutaufgabe <10 mm	-	++	-	+++	
Grobgut >32 mm	+++	++	+++	+	
Zerkleinerungsgrad	+++	+	++	+++	
Kosten/Tonne	++	+	+++	+++	
Harte und abrasive Materialien	+	+	+++	+++	
Spezial-Feinsand	+	++	+	+++	
Niedrige Kreislaufbelastung	+	+	+	+++	
<b>Qualität</b>					
Kornform (keine scharfen Kanten)	++	+++	+	++	
Füller <0,074 mm	+	+	+++	++	
Kubizität	++	++	+	+++	
<b>Kosten</b>					
Energieeffizienz	++	+	++	+++	
Verschleiß	+	+	++	+++	
Investition	+++	+++	+	+	

Wichtige Faktoren bei der Auswahl eines Brechers für Brechsand-Anwendungen

- + Empfindlich
- ++ Gut
- +++ Beste Wahl

Metso ist weltweit führend bei nachhaltigen Technologien, Komplettlösungen und Dienstleistungen für die Zuschlagstoff-, Mineralaufbereitungs- und Metallveredelungsindustrie. Wir unterstützen unsere Kunden bei der Steigerung ihrer Produktivität, der Verbesserung ihrer Energie- und Wassereffizienz und ihrer Umweltleistung mit unserer Prozess- und Produktkompetenz und sind damit der **Partner für positive Veränderungen.**

[metso.com](https://metso.com)

