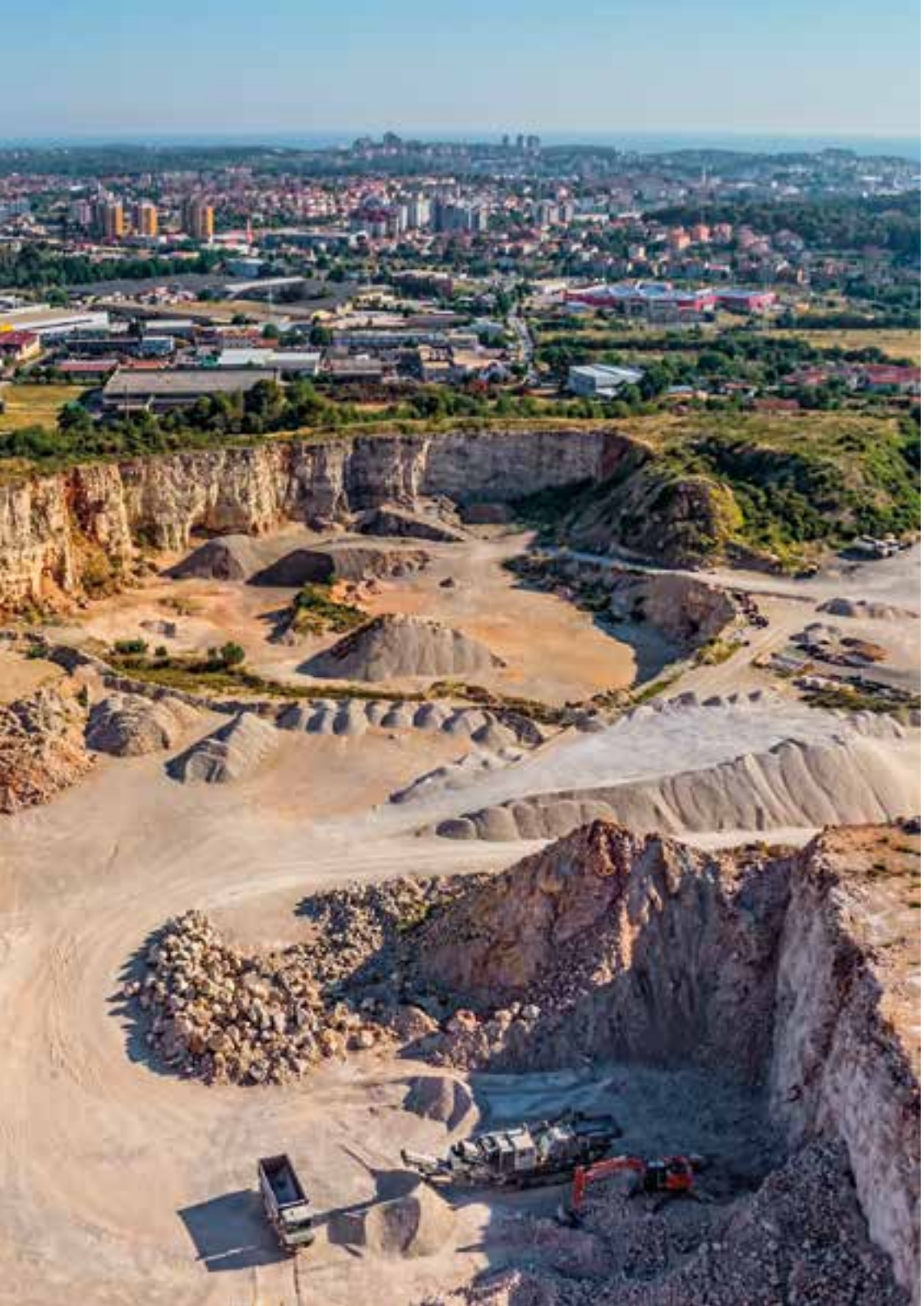
A WIRTGEN GROUP COMPANY

KLEEMANN

HANDBUCH

MOBILE AUFBEREITUNG

AUSGABE 2017



1 Primäre und sekundäre Rohstoffe

Gesteinsarten und Vorkommen **12**

Kreislauf der Gesteine **12**

Naturgesteine (Festgesteine) **16**

- Magmatische Gesteine 16
- Sedimentgesteine 20
- Metamorphe Gesteine 25

Lockergestein **28**

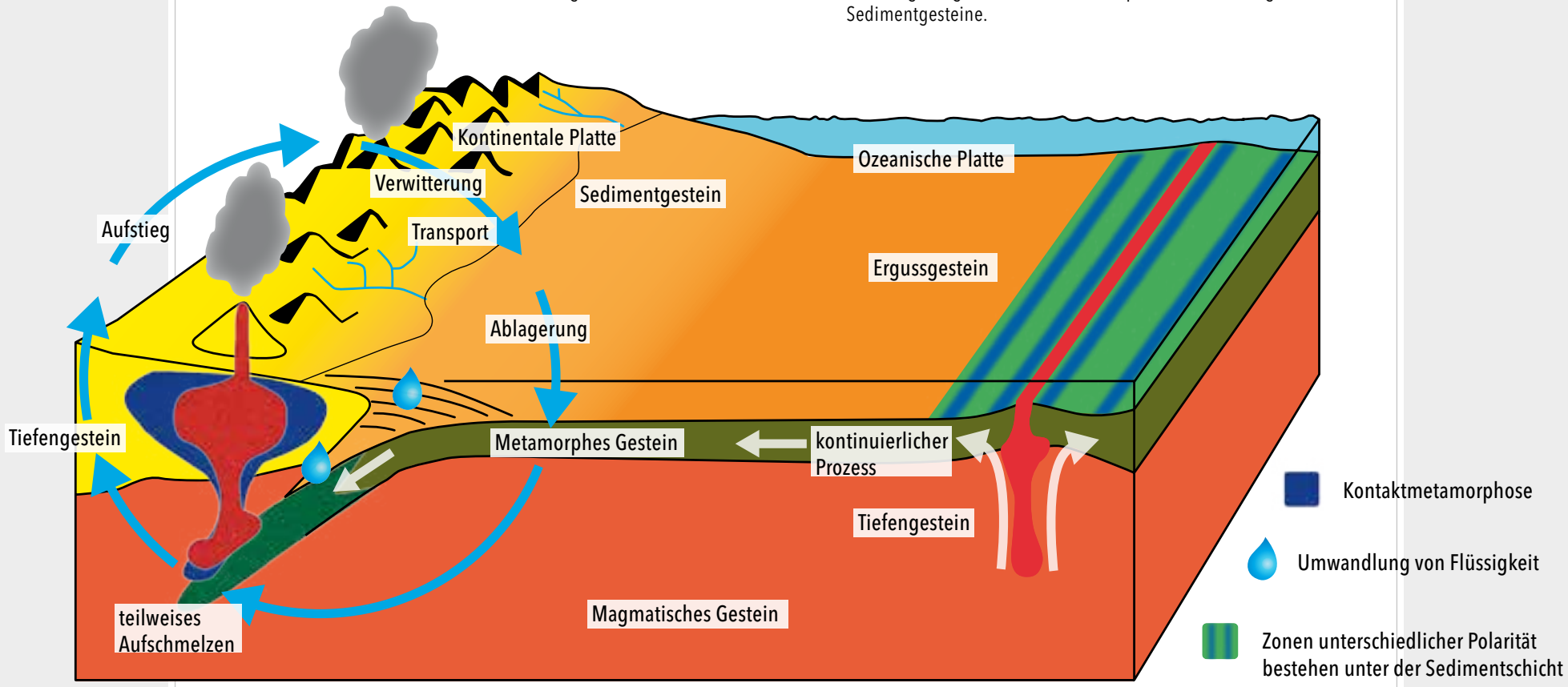
- Sand 28
- Kies 30

Baurestmassen **32**

- Asphaltaufbruch 32
- Asphaltfräsgut 34
- Betonbruch 36
- Bauschutt gemischt 37

Physikalische und chemische Eigenschaften und Werte **38**

Das Gestein der erloschenen Vulkane verwittert und wird durch Erosion zur unten liegenden Platte getragen, lagert sich dort ab und wird zu Sedimentgestein. Kommt es zu weiteren Verschiebungen der Platten, wandelt sich das Sedimentgestein an der Plattenschnittstelle unter Druck und Temperatur in metamorphes Gestein, das bei fortschreitender Bewegung wieder zu Magma aufgeschmolzen wird und mit dem Austritt aus einen Vulkanschlot seinen Kreislauf beginnt.



Magmatische Gesteine

Magmatische Gesteine (Magmatite) entstehen durch das Erstarren glutflüssiger Gesteinsschmelzen (Magma) die im Inneren der Erde entstehen. Durchstoßen die Gesteinsschmelzen die Erdoberfläche und erfolgt eine sehr schnelle Abkühlung, spricht man von Ergussgesteinen (Vulkanite), die ein feinkristallines Gefüge aufweisen. Erstarrt die Magma unterhalb der Erdoberfläche spricht man von Tiefengesteinen (Plutonite), die ein mittel- bis grobkörniges Gefüge aufweisen, da die Abkühlung nur langsam erfolgte.

Sedimentgesteine

Sedimente sind Ablagerungen von Materialien, die bei der Verwitterung von Gesteinen, Resten abgestorbener Faunen oder Floren und chemischen Prozessen entstehen. Werden diese teilweise geschichteten Ablagerungen mit Druck und Temperatur beaufschlagt, entstehen Sedimentgesteine.

Metamorphe Gesteine

Unter Druck- und Temperaturänderungen als Folge geodynamischer Prozesse verwandeln sich magmatische, sedimentäre und auch bereits metamorphe Gesteine in Metamorphiten. Bei diesen Prozessen wandelt sich die kristalline Struktur, aber nicht unbedingt die chemische Zusammensetzung um. Auch eine Neubildung von Mineralien innerhalb des Gesteins ist möglich. Metamorphe Gesteine haben ihren Namen von "Meta" (Verändern) und "Morph" (Form).

Magmatisches Gestein – Gabbro

Gabbrosteinbruch, Deutschland

Vorkommen

Weltweit verbreitet > Bekannte, große Vorkommen in Karelien, Emirate, Südafrika, in Indien im Bundesstaat Andhra Pradesh und auf Grönland im Skaergaard-Komplex > Häufigstes Gestein in der tiefen ozeanischen Erdkruste

Entstehung und Gefüge

Magmatisches Tiefengestein (Plutonit) > Durch langsame Abkühlung unterhalb der Erdoberfläche in grobkörnigem Gefüge erstarrt > Farbe dunkel bis schwarz, teilweise grünlich und bläulich reflektierend > Besteht vor allem aus Eisen- und Magnesium-Silikaten > Das vulkanische Äquivalent ist Basalt

Verwendung

Uneingeschränkt als Zuschlagstoff für den Verkehrswegebau wie Straße, Gleis und Wasser > Beton und Asphalt > Naturwerkstein für Innen- und Außenbereich

Eigenschaften und Bearbeitbarkeit

Brechbarkeit: gut – schlecht	Sandanfall: niedrig – hoch
Härte: weich – hart	Energiebedarf: niedrig – hoch
Verschleiß: abrasiv – wenig abrasiv	Gewinnung
Kornformerzeugung: einfach – schwer	Maschinenempfehlung

* Kubizierung mit Horizontal-/Vertikalprallbrecher

Besonderheiten

- Hoher spezifischer Sprengstoffverbrauch
- Im Allgemeinen grobstückiges Haufwerk mit Tendenz zu hohem Knäpperanfall
- Manche Vorkommen bergen die Gefahr von Staublungenbildung wegen hoher Anteile an freier Kieselsäure

Magmatisches Gestein – Diabas

Diabassteinbruch, Deutschland

Vorkommen

Weltweite Vorkommen u. a. in Indien und der Türkei > Neben Deutschland auch in Südengland verbreitet > Weitere europäische Vorkommen in Tschechien und Finnland

Entstehung und Gefüge

Magmatisches Gestein > Nahe der marinen Erdoberfläche in fein- bis mittelkörnigem Gefüge erstarrt und durch Gebirgsauffaltungen an die Oberfläche gelangt > Farbe von dunkel bis schwarz, teilweise grünlich

Verwendung

Uneingeschränkt als Zuschlagstoff für Verkehrswegebau wie Straße, Gleis und Wasser > Beton und Asphalt > Untergeordnet als Naturwerkstein im Innen- und Außenbereich > Urgesteinsmehl zur Bodenverbesserung

Eigenschaften und Bearbeitbarkeit

Brechbarkeit: gut – schlecht	Sandanfall: niedrig – hoch
Härte: weich – hart	Energiebedarf: niedrig – hoch
Verschleiß: abrasiv – wenig abrasiv	Gewinnung
Kornformerzeugung: einfach – schwer	Maschinenempfehlung

* Kubizierung mit Horizontal-/Vertikalprallbrecher

Besonderheiten

- Besonders witterungsbeständig
- Meist hohe Polierresistenz (PSV-Wert) und damit besonders geeignet für Asphaltdeckschichten
- Teilweise extrem hoher Energiebedarf bei der Zerkleinerung

2 Anwendungen in der mobilen Aufbereitung

Aufbereiten von Naturgestein **44**

Gesteinskörnungen für die Herstellung von Asphalt **45**

- Aufbau des Straßenbelages 45
- Anforderungen an die Gesteinskörnungen 48
- Herstellen normgerechter Asphaltkörnungen 50

Gesteinskörnungen für die Herstellung von Straßenunterbau **57**

- Aufbau der Schichten 57
- Anforderungen an die Gesteinskörnungen 59
- Herstellen normgerechter Schotterkörnungen 61

Gesteinskörnungen für die Herstellung von Beton **74**

- Klassifizierung von Betonen 74
- Anforderungen an die Gesteinskörnungen 78
- Herstellen normgerechter Betonkörnungen 88

Gesteinskörnungen für die Herstellung von Gleisschotter **98**

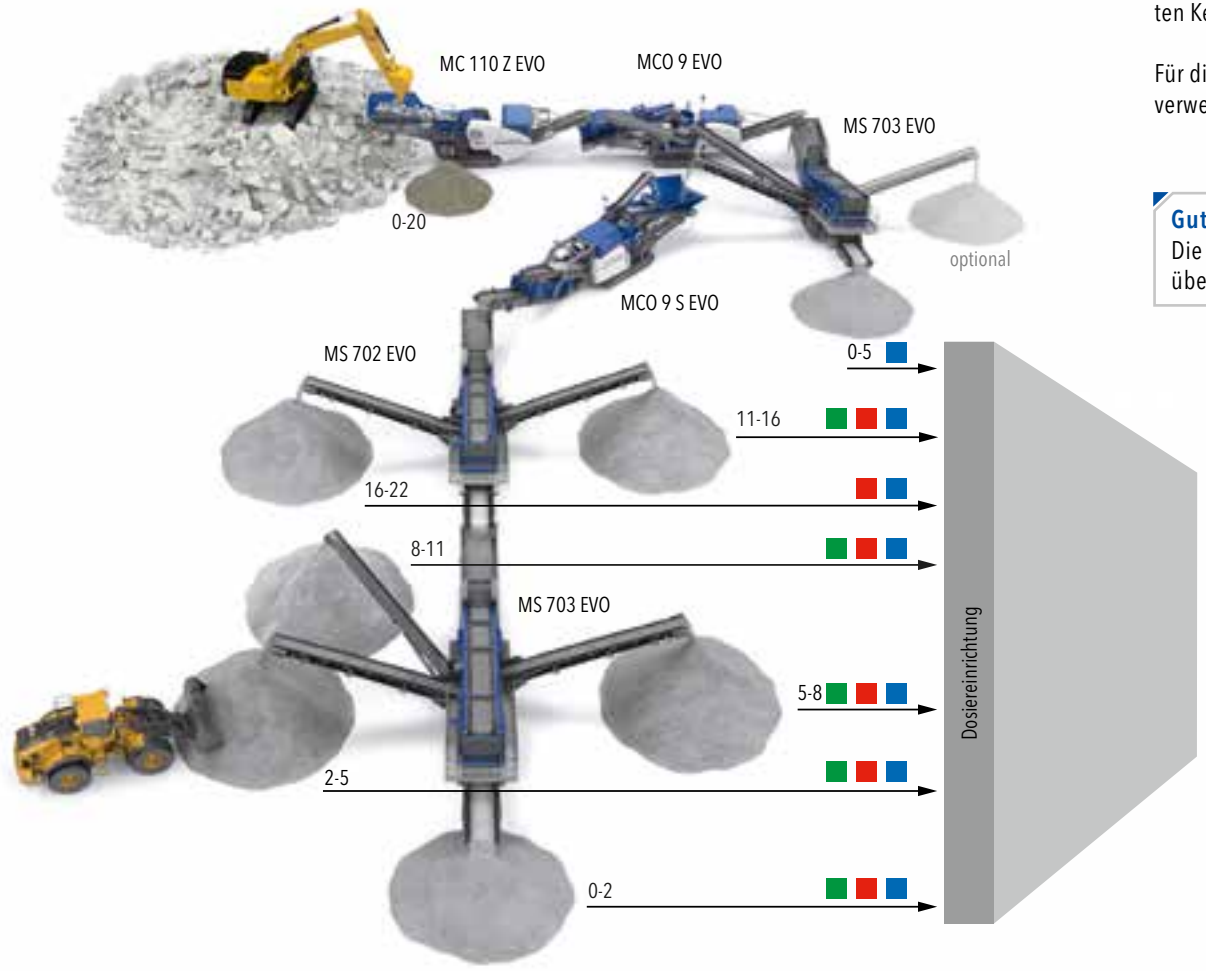
- Verwendung von Gleisschotter 98
- Spezifikation der Körnungen 99
- Herstellen normgerechter Körnungen 100

Herstellen von Wasserbausteinen **105**

- Verwendung von Wasserbausteinen 105
- Anforderungen an Wasserbausteine 105
- Herstellung normgerechter Wasserbausteine 107

Herstellen normgerechter Asphaltkörnungen

Für die Herstellung normgerechter Körnungen eignen sich je nach Endprodukt verschiedene Anlagenkombinationen.



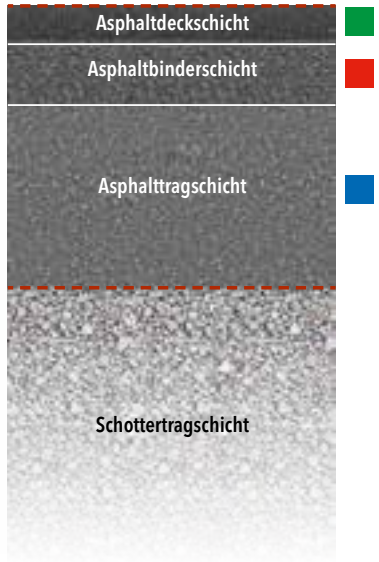
Anlagenzug Asphaltdeck,- binder- und tragschichten

Asphaltdeck-, Binder- und Tragschicht

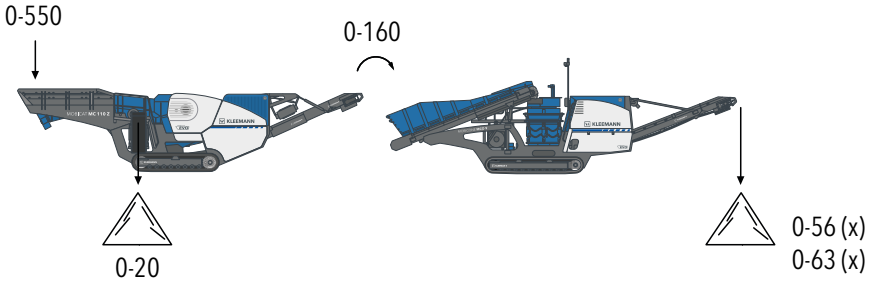
Für die Herstellung normgerechter Asphaltzuschlagsstoffe ist ein mehrstufiger Brechprozess erforderlich. Nur so können die benötigten Kornqualitäten hinsichtlich ihrer Verteilung und Kornform erzeugt werden. Dabei werden aus Gründen der Wirtschaftlichkeit in der Regel Druckzerkleinerungsmaschinen eingesetzt. Anspruchsvoll bei der Herstellung von Asphaltzuschlagskörnungen ist dabei die Einhaltung der erforderlichen Kornform. Zur Sicherung eines kontinuierlichen und wirtschaftlichen Aufbereitungsprozesses müssen die Materialflüsse sorgfältig aufeinander abgestimmt sein. Die in der zweiten und dritten Brechstufe eingesetzten Kegelbrecher müssen kontinuierlich mit einem Korngemisch beschickt werden.

Für die Herstellung der Asphalttragschichten können auch Sedimentgesteine wie z. B. Kalkstein verwendet werden, die mittels Prallbrecher aufbereitet werden.

Gut zu wissen
Die für die einzelnen bituminös gebundenen Asphaltschichten erforderlichen Korngemische werden über eine Dosiereinrichtung zusammengemischt.

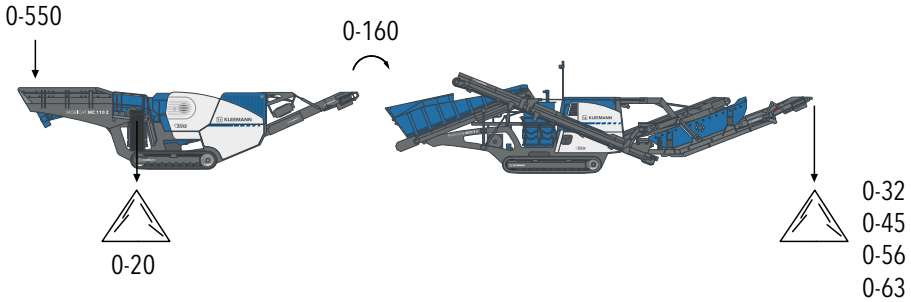


Variante 1



1. Brechstufe Backenbrecher	2. Brechstufe Kegelbrecher
Aufgabematerial 0-550 mm, gesprengt	Aufgabematerial 0-160 mm, 1x vorgebrochen
Vorsieb: Ausstattung der Vorabsiebung, siehe Seite 162, gemäß Kap. "Vorabsiebung einrichten", abhängig von > Grad und Größe der Verunreinigungen > Art der Verunreinigungen, z. B. klebrig, bindig (Lehm) oder förderfähig (Holz, Kohle, Humus) > Menge und Qualität des Sandanteils > erforderlicher Aufgabegröße für den Kegelbrecher Im gewählten Beispiel: OD: Spaltrost MSW 65 mm UD: Drahtgewebe MLW 25 mm	**Vorsieb:** Nicht erforderlich, sofern Vorabsiebung des vorgeschalteten Backenbrechers aktiv ist. Die vom Backenbrecher erzeugten Feinanteile 0-5 mm werden vom Kegelbrecher toleriert.
Backenbrecher: Einstellung des Backenbrechers, siehe Seite 181, gemäß Kap. "Backenbrecher einrichten" wählen, abhängig von > gewünschtem Zwischenprodukt > erforderlicher Leistung des Nachbrechers > erforderlicher Aufgabegröße für den Kegelbrecher Im gewählten Beispiel: Zahnform Brechbacken: Regular Teeth Brechspalt CSS: 90 mm (optimaler Leistungspunkt)	**Kegelbrecher:** Einstellung des Kegelbrechers, siehe Seite 188, gemäß Kap. "Kegelbrecher einrichten", abhängig von > gewünschter Kornkurve > Kontinuität des Materialflusses > optimaler Auslastung des Kegelbrechers Im gewähltem Beispiel: Brechwerkzeuge: Standard medium/coarse, 18 % Mn CSS: entsprechend gewünschtem Endkorn

Variante 2



1. Brechstufe Backenbrecher	2. Brechstufe Kegelbrecher
Aufgabematerial 0-550 mm, gesprengt	Aufgabematerial 0-160 mm, 1x gebrochen
Vorsieb: Ausstattung der Vorabsiebung, siehe Seite 162, gemäß Kap. "Vorabsiebung einrichten", abhängig von > Grad und Größe der Verunreinigungen > Art der Verunreinigungen, z. B. klebrig, bindig (Lehm) oder förderfähig (Holz, Kohle, Humus) > Menge und Qualität des Sandanteils > erforderlicher Aufgabegröße für den Kegelbrecher Im gewählten Beispiel: OD: Spaltrost MSW 65 mm UD: Drahtgewebe MLW 25 mm	**Vorsieb:** Nicht erforderlich, sofern Vorabsiebung des vorgeschalteten Backenbrechers aktiv ist. Die vom Backenbrecher erzeugten Feinanteile 0-5 mm werden vom Kegelbrecher toleriert.
Backenbrecher: Einstellung des Backenbrechers, siehe Seite 181, gemäß Kap. "Backenbrecher einrichten" wählen, abhängig von > gewünschtem Zwischenprodukt > erforderlicher Leistung des Nachbrechers > erforderlicher Aufgabegröße für den Kegelbrecher Im gewählten Beispiel: Zahnform Brechbacken: Regular Teeth Brechspalt CSS: 90 mm (optimaler Leistungspunkt)	**Kegelbrecher:** Einstellung des Kegelbrechers, siehe Seite 188, gemäß Kap. "Kegelbrecher einrichten", abhängig von > gewünschter Kornkurve > Kontinuität des Materialflusses > optimaler Auslastung des Kegelbrechers Im gewähltem Beispiel: Brechwerkzeuge: Standard medium/coarse, 18 % Mn CSS: je nach gewünschtem Endprodukt Drehzahl Dieselmotor: 1500 n/min
	Nachsieb: Bestückung des Nachsiebes, abhängig von > gewünschtem Endprodukt (Korngemisch) Im gewähltem Beispiel: Siebbelag: Drahtgewebe MLW 35, 50, 62, 70 mm

3 Wirtschaftlicher Betrieb mobiler Anlagen

Materialfluss- und Leistungsoptimierung **152**

Definition elementarer Kenngrößen **156**

Aufgabematerial vorbereiten **158**

Anlage beschicken **161**

Vorabsiebung einrichten **162**

- Leitfaden zur Auswahl der Vorsiebbeläge 168
- Faustformeln für den richtigen Siebbelag 169
- Materialflussvarianten bei Baureihen mit Wechselklappe 173
- Materialflussvarianten bei Baureihen ohne Wechselklappe 177
- Vibrationsrinnen mit integriertem Rosteinsatz 180

Brecher einrichten **181**

- Backenbrecher einrichten 181
- Prallbrecher einrichten 184
- Kegelbrecher einrichten 188

Überkornkreislauf einrichten **191**

- Beispiel MOBIREX EVO Prallbrecheranlage 191
- Beispiel MOBICONE EVO Kegelbrecheranlage 196

Einflüsse auf Brechprozess, Aufbereitungsanlage und Endprodukt **200**

- Fremdstoffe 200
- Störstoffe 207

Verschleiß reduzieren / Verfügbarkeit erhöhen **214**

Kleine Metalkunde **215**

Verschleiß am Prallbrecher **218**

- Schlagleisten 218
- Verschleiß am Rotor 235
- Verschleiß der Prallschwingen und Prallplatten 236
- Verschleißbleche in der Brechkammer 238
- Verschleiß am Brechereinlauf 240
- Verschleiß am Brecherauslauf 241
- Konfiguration der Rotoren 242
- Wahl der Rotordrehzahl 246
- Wahl des Brechspaltverhältnisses 248
- Maximales Zerkleinerungsverhältnis 250

Verschleiß am Backenbrecher **252**

- Brechbacken 252
- Seitenkeile 257
- Klemmkeile 258

Verschleiß am Kegelbrecher **259**

- Arten von Brechwerkzeugen 259
- Anwendungsgerechte Auswahl der Brechwerkzeuge 261
- Verschleißmerkmale der Brechwerkzeuge 261

Verschleiß an Sieben **266**

- Vorsiebe 266
- Klassiersiebe 270

Verschleiß an Bandförderern **274**

Weitere Fehlanwendungen und deren Auswirkungen auf das Verschleißverhalten von Maschinenkomponenten **277**

3 Wirtschaftlicher Betrieb mobiler Anlagen

Baustellenlogistik **280**

Equipment richtig platzieren **281**

- Betrieb einzelner Brech- und Siebanlagen 286
- Betrieb verketteter Anlagen 296

Haldenvolumen und produzierte Tonnage berechnen **298**

- Kegelförmige Halden 298
- Bogenförmige Halden 302
- Produzierte Tonnage 303

Auswahl der erforderlichen Baumaschinengrößen **304**

- Beschicken mit Hydraulikbagger 306
- Abräumen mit Radlader 310
- Mobile Brechanlage 314
- Beispiel Aufbereitung von Baurestmassen 318
- Beispiel Aufbereitung von Granit 321

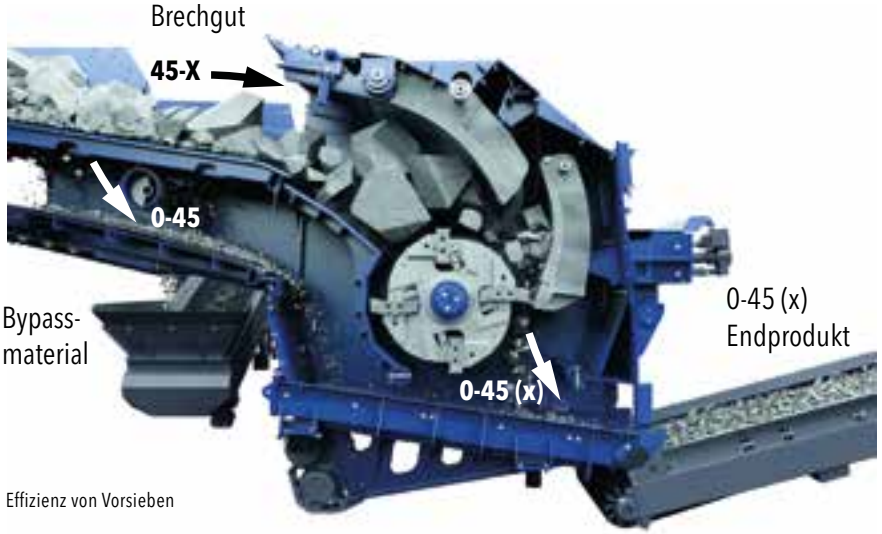
Sprenganlagen **324**

Ausstattung Vorsiebe

> Bei der Ausstattung des Vorsiebes müssen die zu erwartenden Siebdurchgänge mindestens grob überschlagen werden. Die zunehmende Anzahl der Einsatzfälle, bei denen Aufgabematerial mit sehr hohem Feinanteil verarbeitet werden muss, führen zu einer sehr hohen Belastung der Vorsiebe. Eine ungünstige Kornkurve führt zu einer Überbelastung des UD und damit zu mangelhafter Siebqualität. Ein ständiges Ab- und wieder Einschalten des Vorsiebes beschädigt auf Dauer den Antrieb.

Gut zu wissen
Das Maß X ist maschinenabhängig und kann z. B. beim Wechsel des UD-Siebbelages gemessen werden.

Die Prüfung des Materialflusses im Unterdeck eines Vorsiebes kann durch Anheben des rückwärtigen Dichtgummis durchgeführt werden. Dabei kann beobachtet werden, ob das Material am Distanzrohr anschlägt.



Effizienz von Vorsieben

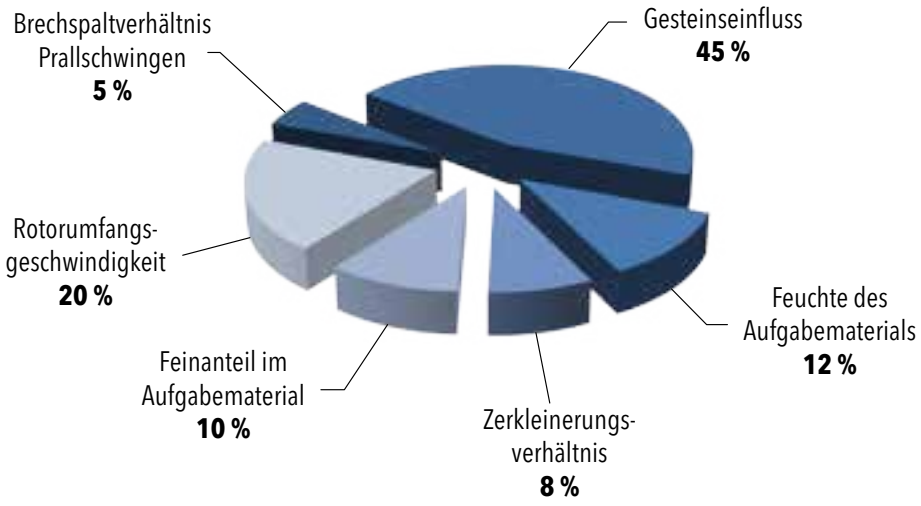
Das Vorsiebmaterial 0-45 mm ist bei entsprechender Güte vollständig dem Endprodukt zuführbar, was die Endproduktleistung erhöht.

> Vorsiebe und Vibrationsrinnen mit integriertem Rosteinsatz werden bei der verfahrenstechnischen Auslegung mit einer Effizienz von 75 % gerechnet. Sie sind in punkto Trennschärfe sowie Über- und Unterkornanteil nicht mit Klassiersieben zu vergleichen. Das oft verunreinigte oder inhomogene Aufgabematerial verhält sich auch auf Grund seiner Kornzusammensetzung unterschiedlich auf dem Vorsieb. In der Regel wählt man daher die tatsächlichen MSW_{OD}, LW_{OD} und MLW_{UD} größer als man dies bei einem Klassiersieb tun würde, siehe Seite 162, Kap. „Vorabsiebung einrichten“. Der Unterlauf des UD erfüllt daher nicht die Anforderungen der Norm. Er wird auch als Siebschutt oder Steinerde mit einer Körnung von 0-25 bis 0-40 mm bezeichnet. Verwendung findet diese Steinerde z. B. für Straßenbankette, im Forstwegebau oder für unbefestigte Festplätze.

> Bei leicht brechbarem Aufgabematerial mit hohem Feinanteil wird die Anlage oft zugunsten einer hohen Austragsleistung mit einer für das Vorsieb zu hohen Aufgabeleistung betrieben. Inwieweit die dann stark verminderte Absiebeleistung des Vorsiebes zu einer mangelhaften Endproduktqualität führt, muss im Einzelfall geprüft werden. Gegebenenfalls bietet sich eine separate Vorabsiebung z. B. mit einem Scalper vor der Brechanlage an.

> Ist ein Vorsieb mit einem Frequenzumrichter ausgestattet, kann bei klebrigem Aufgabematerial gegebenenfalls die Drehzahl des Siebantriebes reduziert und die Schwingweite gleichzeitig durch Verstellen der Unwuchtgewichte erhöht werden. Dabei müssen sowohl die Belastungsgrenzen der Antriebsmotoren als auch die der Gesamtkonstruktion beachtet werden. Eine Erhöhung der Schwingweite durch das Verändern der Unwuchtgewichte bei einer Beibehaltung oder gar Erhöhung der Betriebsfrequenz ist in den meisten Fällen unzulässig.

Einflussfaktoren auf den Schlagleistenverschleiß



Da der Schlagleistenverschleiß mit einem Kostenanteil von ca. 70 % den größten Anteil ausmacht, ist dieser mit besonderer Aufmerksamkeit zu betrachten. Das Diagramm zeigt die Einflussfaktoren auf den Schlagleistenverschleiß und deren Gewichtungen. Neben dem spezifischen Gesteinseinfluss sind vor allem die Rotorumfangsgeschwindigkeit sowie der Feinanteil und die Feuchte des Aufgabematerials maßgeblich für den Verschleiß der Schlagleisten verantwortlich.

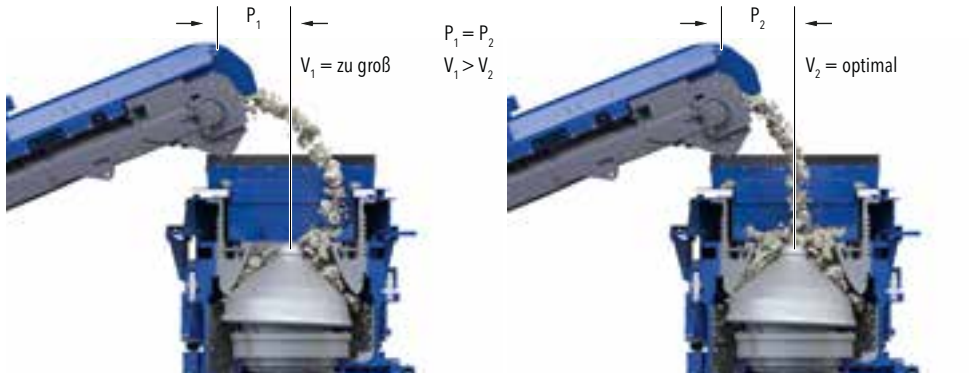
Verschleißmerkmale von Schlagleisten

Die Verschleißausbildung von Schlagleisten ist von vielen Faktoren abhängig. Einige davon sind durch die korrekte Anwendung der Anlage, also der richtigen Einstellung der Brechparameter und die korrekte Einstellung des Materialflusses beeinflussbar. Andere wiederum sind abhängig vom Aufgabematerial und kaum beeinflussbar.

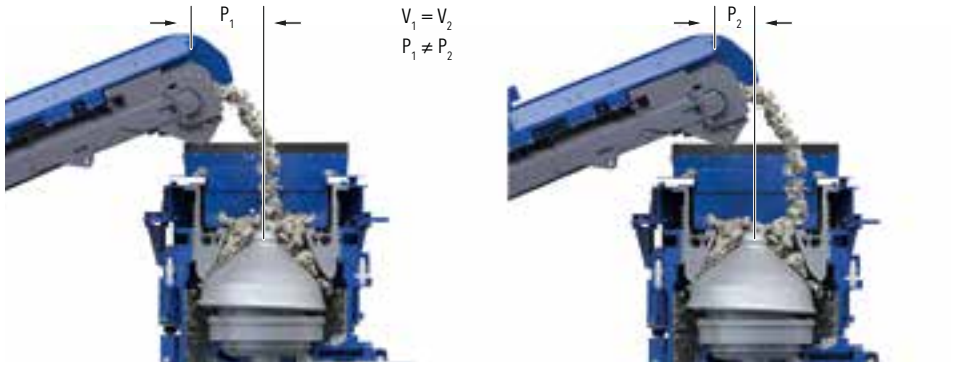
Die folgende Tabelle gibt nützliche Hinweise zu naheliegenden Ursachen für Verschleißbilder und Tipps zur möglichen Abhilfe.

Verschleißbild	Ursache	Abhilfe
	> Optimale, gleichmäßige Befüllung mit sehr homogenem Aufgabematerial, z. B. beim Einsatz im Sekundärbrechbereich	
	> Hoher Feinanteil im Aufgabegut, welcher zur Seite abwandert, z. B. Kies > Verunreinigter Brechraum: durch seitliche Anbackungen an den Brecherinnenwänden steigt der reibende Verschleiß an den Seiten	> Brechkammer regelmäßig reinigen > Vorabsiebung prüfen > Siehe auch Seite 229, Kap. „Beispiele aus der Praxis, seitlicher Verschleiß"
	> Grobes, großes Aufgabematerial mit geringem Feinanteil > Inhomogene Füllung der Brechkammer > Seitlich verklebtes Vorsieb, dadurch weniger Zerkleinerung im Außenbereich > Mangelhafte Vorabsiebung	> Materialführung und Vorabsiebung gegebenenfalls korrigieren > Siehe auch Seite 230, Kap. „Beispiele aus der Praxis, mittiger Verschleiß"
	> Bei Schlagleisten mit Keramikeinsätzen partiell fehlendes, ausgebrochenes Keramikstück z. B. als Folge unbrechbarer Bestandteile im Aufgabematerial oder in Folge von unsauberer Einbindung der Keramikinlays in den Verschleißguss > Zu großes Aufgabematerial	> Aufgabe von unbrechbarem Material insbesondere beim Einsatz von Schlagleisten mit Keramikeinsätzen vermeiden > Nur Original-Verschleißteile verwenden > Maximale Aufgabegröße nicht überschreiten
	> Verstärkte Überkornrückführung > Einseitige Materialaufgabe durch Schrägstellung der Anlage > Bindiges Material / Anbackungen	> Positionierung und Beschickung der Anlage prüfen > Materialfluss durch geeignete Vorabsiebung korrigieren

Außermittige Beschickung des Kegelbrechers



Geschwindigkeit des Aufgabebandes



Position des Aufgabebandes

Zwei Parameter beeinflussen die Beschickung:

1. Die Geschwindigkeit V des Aufgabebandes beeinflusst die Abwurfparabel.
2. Die Position P des Abwurfpunktes beeinflusst den Aufschlagpunkt des Materials.

Gut zu wissen
Bei einer Kegelbrecherbeschickung mit variabler Bandgeschwindigkeit ist die Einstellung so zu wählen, dass der Bandförderer den Kegelbrecher im Normalbetrieb zentrisch beschickt.

Bei einer zentrischen Beschickung des Kegelbrechers wird der Brechkegel im gesamten Brechspalt annähernd gleichmäßig belastet. Die außermittige Beschickung führt zu erhöhtem und ungleichmäßigem Verschleiß. Siehe auch Beispiele aus der Praxis.

Bei Kegelbrecheranlagen mit Überkornrückführung sollte das Überkorn immer vor dem Brecher zusammengeführt werden, also bereits auf dem Aufgabeband. Ansonsten kann sich ein einseitiger Verschleiß des Brechers auf der Seite des Überkorneintrages ergeben.

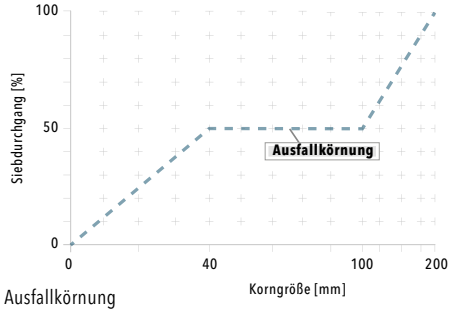
Tipps zur richtigen Einstellung des Aufgabebandes:

1. Grobe Einstellung des Abwurfpunktes durch Positionieren des Aufgabebandes vornehmen.
2. Gewünschten Brechspalt einstellen, gegebenenfalls am Brechwerkzeug messen.
3. Endproduktqualität prüfen, gegebenenfalls CSS korrigieren.
4. Optimalen Füllstand im Brechereinlauf prüfen und gegebenenfalls Aufgabebandgeschwindigkeit korrigieren. Dadurch ist die Bandgeschwindigkeit konstant bei homogener Aufgabe, d.h. das CFS regelt die Bandgeschwindigkeit innerhalb eines kleinen Bereiches.
5. Aufgabeband so verschieben, dass die Abwurfparabel im Normalbetrieb zentrisch auf den Brechkegel trifft.

Aufgabe von Ausfallkörnungen

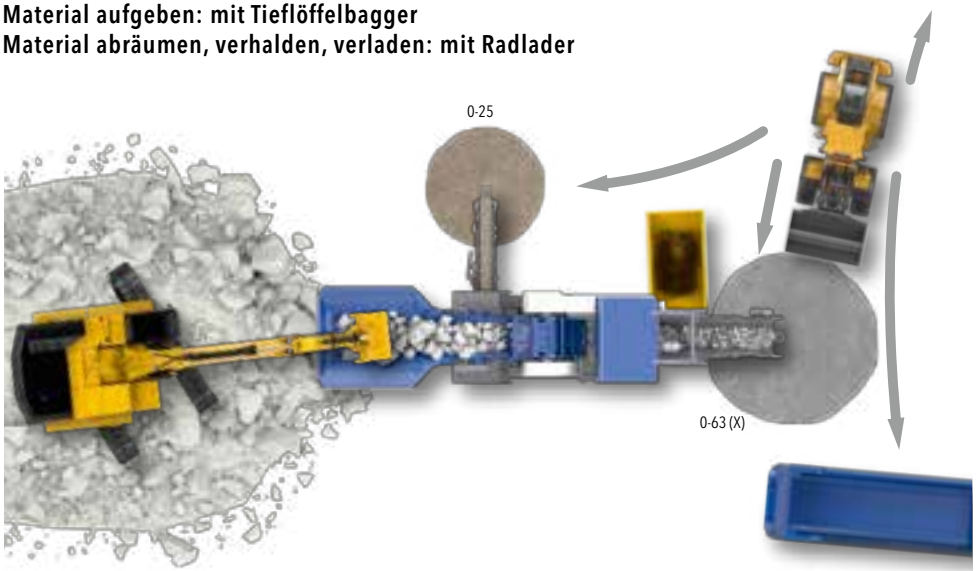
Die Aufgabe von Ausfallkörnungen führt in einem Kegelbrecher zu partiellen Auswaschungen.

In dem gezeigten Beispiel fehlen bei einer Aufgabegröße 0-200 die Korngrößen 40-100 komplett.



Ausfallkörnung

Variante 1
Material aufgeben: mit Tieflöffelbagger
Material abräumen, verhalden, verladen: mit Radlader



Betrieb mit Bagger und Radlader

Anwendungen

> Sehr gut geeignet für alle Recycling- und Natursteinanwendungen

> Vor allem wirtschaftlich bei inhomogenem Aufgabematerialien wie Bauschutt und Betonbruch

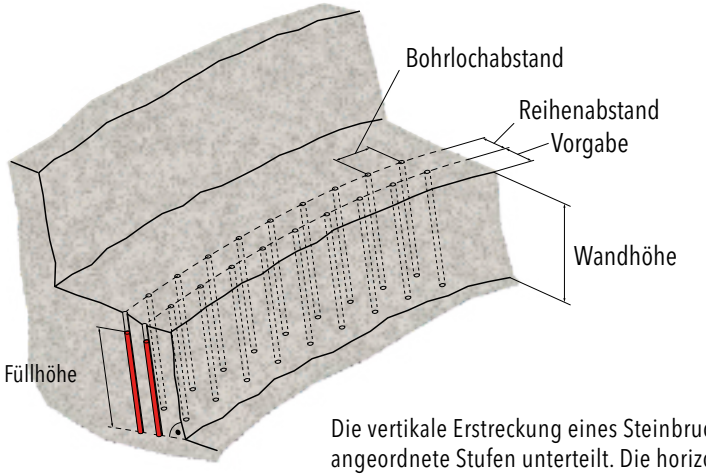
> Hohe Tagesleistungen erzielbar

Vorteile	Nachteile
Gute Sicht auf das Aufgabematerial > Vorselektion von unbrechbarem oder zu großem Material möglich > Vorselektion von Störstoffen wie Folien, Isoliermaterial oder Holz möglich	Radlader zum Abräumen der Halden und Bagger zum Beschicken der Anlage erforderlich > zusätzliche Personalkosten > zusätzliche Maschinenkosten > höherer Kraftstoffverbrauch > zusätzlicher Transport eines Radladers zur Einsatzstelle erforderlich
Gleichbleibende kurze Entfernung zur Aufbereitungsanlage > Materialflüsse an der Anlage stehen unter andauernder Beobachtung, z. B. Überkornrückführung, Vorsiebband, Eisenaustrag > Kontinuierlicher Materialzufluss durch kurze Ladespiele	
Gute Sicht in den Materialaufgabenbereich > besseres Verteilen des Aufgabematerials in die Aufgaberinne > bei richtiger Wahl des Baggers und der Schaufelgröße verbleibt immer ein Materialbett in der Aufgaberinne bis zur Aufgabe der nächsten Schaufel	

Sprenganlagen

Im Steinbruch wird das anstehende Festgestein im Allgemeinen durch Bohren und Sprengen gelöst und vorzerkleinert. Die maximal erwünschten Stückgrößen des so gewonnenen Haufwerks richten sich nach dem Aufnahmevermögen des primären Brechers. Beim Backenbrecher errechnet sich diese aus ca. 90 % der Maultiefe, während beim primären Kegelbrecher das sogenannte Kugelmaß bestimmend ist. Die Steine, die größer als die Einlauföffnung des Primärbrechers sind werden als Knäpper bezeichnet. Die Qualität einer Sprengung definiert sich über eine geringe Anzahl anfallender Knäpper, die Stückigkeit des Haufwerks und eine möglichst ebene Sohlenausbildung am Wandfuß, die das problemlose Laden des Haufwerks ermöglicht.

Eine Sprengung darf nur durch einen Sprengberechtigten, der einen Befähigungsschein besitzt, durchgeführt werden. Haben die Bohrlöcher eine Tiefe von mehr als 12 m und einen Durchmesser größer 50 mm spricht man von einer Großbohrlochsprengung. Dafür ist eine Zusatzqualifikation für den Sprengberechtigten erforderlich, die im Befähigungsschein eingetragen sein muss.



Bohren und Sprengen

Die vertikale Erstreckung eines Steinbruches wird in treppenförmig angeordnete Stufen unterteilt. Die horizontalen Flächen bezeichnet man als Sohlen und Bermen und die vertikalen Flächen als Bruchwände. Die Schnittstelle zwischen Sohle und Bruchwand wird als obere bzw. untere Bruchkante bezeichnet.

Die erreichbare Fragmentierung des Festgesteins wird durch den spezifischen Sprengstoffbedarf der anstehenden Gesteinsart bestimmt. Dieser definiert sich als Menge des aufgewendeten Sprengstoffs pro Kubikmeter anstehenden Gesteins.

Der Sprengstoff wird über ein nahezu vertikales Bohrloch zu seinem Wirkungsfeld, dem Gestein verbracht. Die Neigung des Bohrlochs zur Senkrechten ist identisch mit der Neigung der zu sprengendenden Bruchwand.

Die Bohrlöcher werden in Reihe parallel zur Bruchkante angeordnet. Der Abstand zwischen idealisierter oberer Bruchkante und der Bohrlochreihe wird als Vorgabe bezeichnet. Die Vorgabe darf einen gewissen Wert nicht unterschreiten. Wird die Vorgabe zu klein gewählt oder durch Ausbrüche in der Wand verringert, entsteht Steinflug, da die Wirkung des Sprengstoffs nach dem Zünden nicht wie notwendig gedämmt wird. Zeigt die Bruchwand keine Ausbrüche sondern eine relativ glatte Oberfläche ist eine Vorgabe von ca. 4 m ausreichend. Die Distanz zwischen den einzelnen Bohrlöchern wird als Bohrlochabstand bezeichnet.

Sprenganlagen können auch mehrreihig ausgeführt werden. Die Distanz zwischen den einzelnen Bohrreihen bezeichnet man als Bohrreihenabstand.

Aus Bohrlochabstand und Vorgabe ergibt sich das sogenannte Bohrraster. Multipliziert man das Produkt aus Bohrlochabstand und Vorgabe mit der Bohrlochlänge ergibt sich das idealisierte Ausbruchvolumen, das durch ein einzelnes Bohrloch aus der Wand herausgesprengt werden soll.

Gut zu wissen
Angaben zu Bohrlochdurchmessern, Anzahl, Abstand und Anordnung der Bohrlöcher, Massenermittlung und spezifischem Sprengstoffbedarf finden sich in der einschlägigen Literatur.

Die Bohrlochlänge ergibt sich analog zu der Wandhöhe. Im Allgemeinen wird die untere Sohle soweit unterbohrt, dass ein zur Bohrlochachse rechtwinkliger Strahl die untere Bruchkante schneidet. Ist das Bohrloch kürzer oder gleich der Wandhöhe, entstehen „Zehen". Das sind feste Erhebungen auf dem Ladesohlenplanum, die das Laden mit einen Radlader oder Bagger erheblich behindern. Wird die untere Sohle zu weit unterbohrt, verstärken sich die Sprengerschütterungen, da das Gestein aus dem „Zwang" gelöst werden muss.

4 Qualität des Endprodukts

Materialproben entnehmen 330

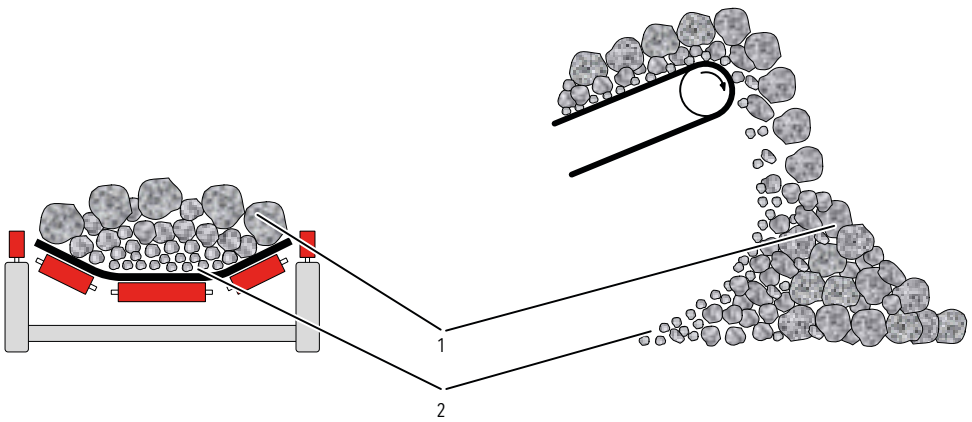
Materialproben entnehmen und auswerten 330
Brechleistung ermitteln 332
Förderbandgeschwindigkeit berechnen 333
Korngrößenverteilung ermitteln 334
Kornverteilungskurve erstellen und lesen 336
Überkorn und Unterkorn bestimmen 337
Zerkleinerungsverhältnis bestimmen 338
Sieblinie lesen und bewerten 340
Kornform prüfen 341
- Plattigkeitskennzahl nach europäischer Norm ermitteln DIN EN 933-3 342
- Kornformkennzahl nach europäischer Norm ermitteln DIN EN 933-4 343

Mechanische Eigenschaften bestimmen 344

Brechbarkeit CR bestimmen 344
Abrasivität ABR bestimmen 346
Schlagzertrümmerungswert SZ bestimmen 347
Los Angeles-Wert bestimmen 349
Work Index bestimmen 351
Abrasionsindex bestimmen 353
Vergleich zwischen den Prüfverfahren 354
- Vergleich Brechbarkeit CR und Los Angeles-Wert LA 355
- Vergleich Abrasivität ABR und Abrasion Index AI 355

Materialproben entnehmen und auswerten

Probenahmen können an Bandförderern, Abwurfhalden oder auch aus der Schaufel eines Radladers vorgenommen werden.



Kornverteilung am Bandförderer und Abwurfhalde

1 Grobkorn
2 Feinkorn

Das Korngemisch neigt dazu, sich in Behältern und Halden inhomogen zu trennen. Um zuverlässige Daten für die Brechleistung einer Maschine und die produzierten Körnungen zu bekommen, müssen bei der Probenahme einige Punkte beachtet werden:

Wenn immer möglich, sollte die Probenahme von einem Bandförderer genommen werden, der eine durchschnittliche Materialmenge und Korngröße transportiert.

Das entnommene Material des Bandförderers erlaubt die Bestimmung folgender Werte:

- Durchsatzleistung der Maschine (in t/h)
- Korngrößenverteilung des auf dem Bandförderer befindlichen Materials

Voraussetzungen für Probenahme

Folgende Voraussetzungen müssen bei der Probenahme erfüllt sein:

- Probenahme erst vornehmen, wenn die Maschine kontinuierliche Brechergebnisse produziert und bei einer Überkornrückführung diese sauber eingestellt ist. Es dürfen während des Vorganges keine Störungen auftreten
- Bandförderer muss über den Not-Halt der Maschine gestoppt werden
- Wenn vertraglich nichts anderes geregelt ist, werden bis zu 4 Probenahmen während einer Testphase vorgenommen
- Zwischen zwei Testphasen werden Korrekturen an den Einstellungen der Maschine oder Ausrüstung vorgenommen, bevor die nächste Testphase begonnen wird
- Jede Probenahme muss über mindestens 1 Meter Länge des Förderbandes vorgenommen werden. Das Gewicht hängt dabei von der maximal vorliegenden Korngröße ab. Die Tabelle zeigt die minimale Menge der Probenahme (siehe auch DIN EN 932-1, Probenahmeverfahren)

Korngröße max.	Probenahme mind.
2 mm	15 kg
6 mm	25 kg
10 mm	30 kg
20 mm	45 kg
63 mm	75 kg

Werkzeug und Zubehör für Probenahmen

Für eine effektive Probenahme empfiehlt es sich, geeignete Gerätschaften bereit zu halten:

- Probenahmeschaufel
- Steckrahmen
- Kunststoffwanne zur Aufnahme der Probe
- Handfeger und Kehrschaufel zur Aufnahme des Feinmaterials
- Probenahmesäcke aus robustem Material
- Stift zur Kennzeichnung der Probenahmesäcke und Probenahmeformulare

Der Hammer besitzt eine Masse von 14,8 kg. Der Amboss hat einen Außendurchmesser von 90 mm und eine Masse von 3,7 kg. Der Behälter hat einen Innendurchmesser von 90 mm und eine Tiefe von 100 mm.

- 500 Gramm der Korngröße 8-12,5 mm bereit stellen
- Probe in den Prüfbehälter geben und in die Prüfvorrichtung stellen
- Amboss auf den Prüfbehälter setzen
- Hammer 10 mal auf 400 mm Fallhöhe ziehen und fallen lassen
- Prüfbehälter entnehmen, darin befindliches Material aufmischen und Prüfbehälter wieder in Prüfvorrichtung stellen
- Hammer nochmal 10 mal auf 400 mm Fallhöhe ziehen und fallen lassen
- Probe auf ein Sieb mit 8 mm Durchgang geben und Unterkorn absieben
- Unterkorn wiegen und nach folgender Formel Schlagzertrümmerungswert in % berechnen:

$$SZ\,[\%] = \frac{M_{-8\,mm}}{500} \times 100$$

Beispiel: 160 g / 500 x 100 = 32 %

SZ % = Schlagzertrümmerungswert in Prozent
$M_{-8\,mm}$ = Masse des abgesiebten Unterkorns

- Wenigstens eine weitere Prüfung durchführen und Ergebnisse mitteln

Prüfergebnis einordnen

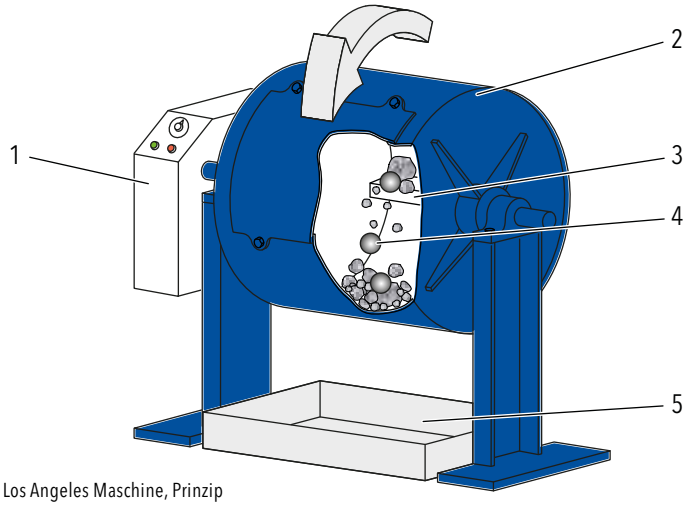
Anhand des Ergebnisses lässt sich der Schlagzertrümmerungswert des Gesteins in folgende Abstufungen einordnen:

Schlagzertrümmerungswert	
Schlagzertrümmerungswert	SZ [%]
sehr leicht	>40
leicht	35-40
mittel	30-35
schwierig	25-30
sehr schwierig	<25

Los Angeles-Wert bestimmen

Über den LA-Wert lässt sich die Widerstandsfähigkeit eines Gesteins gegen seine Zertrümmerung bestimmen.

Prüfung durchführen



1 Drehzahlregelung
2 Prüftrommel
3 Mitnehmerleiste
4 Stahlkugeln
5 Auffangbehälter

Los Angeles Maschine, Prinzip

Los Angeles Maschine

Am Beispiel der Kornklasse 10-14 wird der Ablauf beschrieben. Die gewogene Gesteinsprobe wird zusammen mit den Stahlkugeln in die Prüftrommel gegeben. Diese wird bei 32 Umdrehungen pro Minute 500 mal gedreht.

Durch die Mitnehmerleiste werden die Steine und Stahlkugeln bei jeder Umdrehung angehoben und auf die Steine in der Prüftrommel geworfen.

Kugeln, LA-Test

- 5 kg des Gesteins der Korngröße von 10-14 mm (davon 60-70 % < 12,5 mm) in die Prüftrommel geben
- 11 Stahlkugeln (Ø 48 mm) hinzu geben
- Prüftrommel bei 32 U/min für 500 Umdrehungen laufen lassen
- Gesteinsprobe in den Auffangbehälter und anschließend auf ein Sieb mit 1,6 mm Durchgang geben und Unterkorn absieben
- Siebrückstand wiegen und nach folgender Formel Los Angeles-Wert berechnen:

5 Maschinenkunde

Übersicht mobile Brech- und Siebanlagen 358

Mobile Backenbrecher MOBICAT 362

Funktionsweise 364
Anwendung 366
Produktionsdaten 368
Technische Maschinendaten 371

Mobile Prallbrecher MOBIREX 378

Funktionsweise 380
Anwendung 382
Produktionsdaten 386
Technische Maschinendaten 389

Mobile Kegelbrecher MOBICONE 396

Funktionsweise 398
Anwendung 400
Produktionsdaten 402
Technische Maschinendaten 406

Mobile Siebanlagen MOBISCREEN 412

Technische Maschinendaten 414

AggFlowDM – verfahrenstechnische Software 426

Leitfaden zur Ermittlung der passenden Maschine 428

Anwendung

Backenbrecher werden zur Grob- und Vorzerkleinerung von spröden, mittelharten und harten Gesteinen eingesetzt. Sie werden am häufigsten als Primärbrecher verwendet.

Seltener sind Backenbrecher in der Lage ein normgerechtes Endprodukt zu erzeugen. In einigen Recyclinganwendungen können mit kleinen Backenbrechern Schottertragschichten für den untergeordneten Straßen- und Wegebau hergestellt werden. Hierbei wird in der Praxis häufig das zulässige Zerkleinerungsverhältnis von 4:1 überschritten um z. B. ein verkaufsfähiges Endprodukt 0-56 zu erzeugen. Dies funktioniert dauerhaft nur für Materialien, deren Druckfestigkeit < 100 MPa aufweist. Bei härterem Brechgut führt eine solche Anwendung zu Schäden an der Brecherstruktur, den Lagern, der Welle oder der Schwinge.

Typische Fehlanwendungen und deren Folgen sind:

> Unterforderung des Brechers durch unzureichende Materialzufuhr. Eine nicht optimal gefüllte Brechkammer führt zu einer schlechteren Kornform und zu höherem Verschleiß.

> Überschreitung des zulässigen Zerkleinerungsverhältnisses, vor allem in hartem Brechgut führt zu einer Überbeanspruchung und vorzeitigem Ausfall von Schwinge, Lager und Welle.

Gut zu wissen
Zerkleinerungsverhältnisse der verschiedenen Brechertypen siehe Seite 338, Kap. "Zerkleinerungsverhältnis bestimmen."

Einsatzbereiche von Backenbrecheranlagen

Naturgestein	Kalkstein	Sandstein Gritstone	Grauwacke	Kies	Granit	Gneis	Marmor	Quarzit	Diabas	Gabbro	Basalt	Eisenerz	Kohle	Ton
Recycling	Betonbruch	Bewehrter Betonbruch	Bauschutt								Asphalt	Hochofen-schlacke		Stahl-schlacke

Beschädigte Klemmkeile

> Inhomogene Aufgabekörnungen z. B. bei der Verarbeitung von Werksteinabfällen (Fassadenelementen, Grabsteine und Arbeitsplatten) führen zu ungleichmäßigem Brechbackenverschleiß, Lager- und Wellenschäden

> Überschreitung der maximal zulässigen Aufgabegröße

> Einsatz minderwertiger Verschleißteile erzeugen höheren Verschleiß angrenzender Verschleißteile

> Häufig auftretende unbrechbare Bestandteile im Aufgabegut (z. B. massive Stahlteile > CSS)

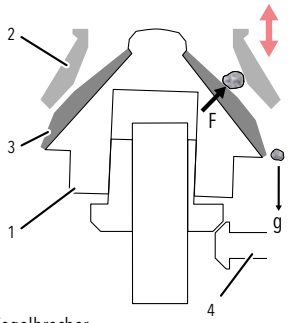
> Überlastung des Brechers durch unsachgemäße Vorabsiebung

Merkmale	Backenbrecher
Übliche Brechstufe	primär
Abrasivität des Aufgabematerials	gering – hoch
Kornformbeeinflussung	neigt zu plattigem Korn
Feinanteile im Brechgut	gering
Zerkleinerungsverhältnis bei Druckfestigkeit	7:1 bei <100 MPa 5:1 bei < 150 MPa 3-4:1 bei < 300 MPa

Funktionsweise

Kegelbrecher Brechmechanismus

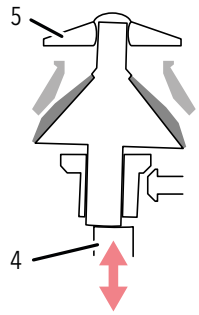
Kegelbrecher Brechmechanismus



Kegelbrecher

Bei diesen Brechern findet die Zerkleinerung in einem sich umlaufend öffnenden und schließenden Brechspalt zwischen Brechmantel und Brechkegel durch Druckzerkleinerung statt. Das Öffnen und Schließen erfolgt dabei gleichzeitig auf den gegenüberliegenden Seiten des Brechraums.

Beim KX-Kegelbrecher ist die Brecherachse in den Unterrahmen eingepresst. Der Brechkegelträger **1** ist auf einer exzentrischen Antriebseinheit **4** verlagert. Durch die Rotation der Antriebseinheit öffnet sich der Spalt zwischen Brechkegel **3** und Brechmantel **2** umlaufend. Die zu produzierende Körngröße wird durch Heben bzw. Senken des Brechmantels verändert.



Kreiselbrecher

Im Gegensatz zum Kegelbrecher, der über eine feststehende Welle verfügt, auf welcher die Antriebseinheit und der Kegelträger rotieren, besitzt der Kreiselbrecher eine hydraulisch in vertikaler Richtung verfahrbare Hauptwelle, auf die der Kegelträger fest aufgeschrumpft ist. Die Welle ist am unteren Ende axial auf einem Drucklager **4** abgestützt, das wiederum auf dem Verstellkolben verlagert ist. Die Brechspaltverstellung erfolgt durch Heben und Senken des Verstellkolbens und damit auch der Hauptwelle.
Am oberen Ende werden die horizontalen Brechkräfte über das Kopflager, das in einer Quertraverse **5**, dem sogenannten „Spider", integriert ist, in das Oberteil des Brechers eingeleitet. Da der Spider den Materialfluss in die Brechkammer speziell bei kleineren Baugrößen und bei großen Aufgabestückgrößen behindern kann, unterscheiden sich Kreiselbrecher in der Ausführung in Sekundärbrecher sowie Tertiär- und Quartärbrecher.

Bauartbedingt ist die Höhe eines Kreiselbrechers generell deutlich größer als die eines vergleichbaren Kegelbrechers. Sekundäre Kreiselbrecher haben einen schlanken Kegelträger und verfügen meist über ein dreiteiliges Brechergehäuse. Der Kegelträger eines tertiären oder quartären Kreiselbrechers ist dagegen ähnlich gedrungen wie der eines Kegelbrechers.

Endproduktqualität

Die Qualität des erzeugten Endproduktes hängt entscheidend von der Einbindung des Kegelbrechers in den gesamten Aufbereitungsprozess ab. Unter Einhaltung der zulässigen Randbedingungen wie Aufgabegröße, Aufgabekornzusammensetzung und Zerkleinerungsverhältnis produziert ein Kegelbrecher normgerechte Körnungen, sofern dies die Gesteinseigenschaften zulassen.

Kosten

Die Betriebskosten eines Kegelbrechers liegen geringfügig höher als bei einem Backenbrecher. Sie sind aber im harten, abrasivem Gestein deutlich niedriger als bei einem Prallbrecher.