

Unter Gesteinskörnung versteht man ein körniges Material, welches mit Wasser und Zement für die Herstellung von Beton geeignet ist und hierfür verwendet wird. Gesteinskörnungen werden entsprechend ihrer Herkunft, dem Gefüge und der Kornrohddichte eingeteilt. Sie können natürlich, industriell hergestellt oder rezykliert sein. Nach der Kornrohddichte wird unterschieden in leichte, normale (Kornrohddichte 2000 bis 3000 kg/m³) und schwere Gesteinskörnungen. Leichte Gesteinskörnungen mit einer Kornrohddichte kleiner als 2000 kg/m³ sind nicht Bestandteil dieses Zement-Merkblattes. Gesteinskörnungen für Normal- und Schwerbeton müssen den Anforderungen der DIN EN 12620 entsprechen.

■ 1 Normative Grundlagen

Für die Beurteilung der Eignung von Gesteinskörnungen für die Herstellung von Beton gelten die nachfolgend aufgeführten technischen Regelwerke:

- Gesteinskörnungen für Beton nach DIN EN 12620
- DIN EN 206-1
- DIN 1045-2:2008-07

Für die Anwendung im Straßenbau sind die Anforderungen der TL Gestein-StB (Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau) bzw. die ZTV Beton-StB 07 zu beachten.

Leichte Gesteinskörnungen sind in der DIN EN 13055-1 geregelt.

Prüfverfahren für die Eigenschaften der Gesteinskörnungen sind in eigenständigen Normen wie z.B. in den Reihen DIN EN 932, 933, 1097, 1367 und 1744 beschrieben.

■ 2 Bezeichnung

Gesteinskörnungen werden unterschieden in feine Gesteinskörnungen (Sand), grobe Gesteinskörnungen und Korngemische (Mischungen grober und feiner Gesteinskörnungen), siehe Tafel 1. Die bisher üblichen Begriffe Sand/Brechsand,

Tafel 1: Bezeichnung der Gesteinskörnungen

Bezeichnung	Definition	Beispiele für Korngruppen [mm]
Feine Gesteinskörnung	$D \leq 4 \text{ mm}$ und $d = 0$	0/1
		0/2
		0/4
Grobe Gesteinskörnung	$D \geq 4 \text{ mm}$ und $d \geq 2 \text{ mm}$	enggestuft $D/d \leq 2 \text{ mm}$ oder $D \leq 11,2 \text{ mm}$
		2/8
		4/8
		8/16
		16/32
		weitgestuft $D/d > 2 \text{ mm}$ oder $D > 11,2 \text{ mm}$
Korngemisch	$D \leq 45 \text{ mm}$ und $d = 0$	4/32
		8/22
		0/22
		0/32

Kies/Splitt und Grobkies/Schotter werden zwar in den Normen nicht mehr oder nur zum Teil genutzt, sind aber im deutschen Sprachgebrauch noch üblich, da sie nicht zuletzt auch zwischen natürlich gerundetem und gebrochenem Korn unterscheiden.

Die Gesteinskörnungen werden in Korngruppen (Lieferkörnungen) eingeteilt. Die Korngruppen sind durch Angabe von zwei Begrenzungssieben (d/D) definiert (d = Siebweite des unteren Begrenzungssiebes; D = Siebweite des oberen Begrenzungssiebes). Das Verhältnis $D:d$ der Korngruppen darf nicht kleiner als 1,4 sein. Zur Prüfung der Kornzusammensetzung werden nach DIN EN 933 Teil 1 und Teil 2 Siebungen durchgeführt. Man unterscheidet den Grund-Prüfsiebsatz und Ergänzungssiebsätze (Tafel 2).

In Deutschland sind für die Prüfung von Lieferkörnungen nur Siebe aus der Reihe „Grundsiebsatz und Ergänzungssiebsatz 1“ üblich. Für die Einteilung der Kornklassen für die Ermittlung der Plattigkeitskennzahl wird der Ergänzungssiebsatz 2 um ein Sieb mit 25 mm Lochweite erweitert.

Die gebräuchlichsten Korngruppen/Lieferkörnungen sind: 0/2; 0/4; 2/8; 5,6/11,2; 8/16; 11,2/22,4; 8/31,5 und 16/31,5.

Tafel 2: Grund-Siebreihe, aufgebaut auf der Verdopplungsfolge

Maschensiebe [mm Lochweite]					Quadratlochsiebe [mm Lochweite]				
0,125	0,25	0,50	1	2	4	8	16	32	63
Ergänzungssiebsatz 1, Nennbezeichnung (5), (11), (22)					5,6	11,2	22,4	45	
Ergänzungssiebsatz 2:					6,3	10	12,5	14	20
							40		

Beispiel 1: Bezeichnung eines Kiesel aus den Flussablagerungen der Unstrut der Korngruppe 8/16, der die Regelanforderungen erfüllt

Vorkommen und Hersteller	Name des Vorkommens und des Herstellers
Lager ^{a)}	Auslieferung über das Lager ...
Art der Gesteinskörnung	natürliche grobe Gesteinskörnung Unstrutkies
Korngruppe	8/16

^{a)} Nur anzugeben, wenn die Auslieferung über ein Lager erfolgt.

Beispiel 2: Bezeichnung eines Splittes der Korngruppe 16/22, der von den Regelanforderungen abweicht

Vorkommen und Hersteller	Name des Vorkommens und des Herstellers	
Lager ^{a)}	Auslieferung über das Lager ...	
Art der Gesteinskörnung	natürliche grobe Gesteinskörnung Basaltsplitt	
Korngruppe	16/22	
Von den Regelanforderungen abweichende Eigenschaften	Kornform	SI ₂₀ ^{b)}
	Gehalt an Feinanteilen	f ₄ ^{b)}
	Widerstand gegen Schlagzertrümmerung	SZ ₂₂ ^{b)}
	Frost-Tau-Widerstand	F ₁ ^{b)}

^{a)} Nur anzugeben, wenn die Auslieferung über ein Lager erfolgt.

^{b)} Bezeichnung siehe Tafeln 4, 6, 8 und 12.

Die Bezeichnung der Gesteinskörnungen muss bei Regelanforderungen enthalten (siehe Beispiel 1):

- das Vorkommen und den Hersteller (bei Auslieferung über ein Lager müssen das Lager und das Vorkommen angegeben werden),
- die Art der Gesteinskörnung (nach DIN EN 932-3) und
- die Korngruppe.

Weichen die Anforderungen von den Regelanforderungen ab, muss die Bezeichnung der Gesteinskörnung auch die zusätzlichen Anforderungen ausweisen (siehe Beispiel 2).

■ 3 Anforderungen

Die Gesteinskörnungen sind so zu gewinnen und aufzubereiten, dass sie gleich bleibende Eigenschaften besitzen.

Die Anforderungen an die Eigenschaften von Gesteinskörnungen werden in Abhängigkeit der Verwendungsart und der Herkunft der Gesteinskörnung festgelegt.

Es wird unterschieden in:

- geometrische (Korngruppe, Kornzusammensetzung),
- physikalische und
- chemische

Anforderungen.

Die neue europäische Normengeneration enthält teilweise für einige Prüfmerkmale sogenannte Kategorien für die Eigenschaft einer Gesteinskörnung. Unter einer Kategorie versteht man das Niveau für die Eigenschaft einer Gesteinskörnung, ausgedrückt als Bandbreite von Werten oder als Grenzwert. Die Kategorien für die verschiedenen Eigenschaften stehen untereinander nicht

in Beziehung. Tafel 3 zeigt den Zusammenhang zwischen Kategorie, Bedeutung und erforderlicher Prüfung.

Tafel 3: Kategorie / Prüfungen

Kategorie	Bedeutung	Prüfung
X _{xx}	Eigenschaft gefordert, Grenzwert (Zahlenwert) festgelegt	ja
X _{angegeben}	Eigenschaften gefordert, kein Grenzwert festgelegt	ja
X _{NR} ¹⁾	Eigenschaft nicht gefordert	nein

¹⁾ Wird die Eigenschaft NR (NR = No Requirement) gewählt, so ist diese Eigenschaft ohne Belang, eine Prüfung muss nicht durchgeführt werden.

3.1 Geometrische Anforderungen

Kornzusammensetzung

Die Kornzusammensetzung der Korngruppen wird durch DIN EN 12620, Tabellen 2 bis 7, geregelt.

Die Kornzusammensetzung grober Gesteinskörnungen ist im Allgemeinen so geregelt, dass mindestens 1 M.-%, aber nicht mehr als 20 M.-% Überkorn und nicht mehr als 20 M.-% Unterkorn auftreten können. Weit gestufte grobe Gesteinskörnungen müssen zudem zusätzliche Anforderungen an den Siebdurchgang eines mittleren Siebes erfüllen.

Bei feinen Gesteinskörnungen muss der Hersteller die Sieblinie angeben, die die feine Gesteinskörnung im Mittel aufweist, und diese „typische Kornzusammensetzung“ dann mit vorgegebenen Grenzwerten einhalten. Gleichzeitig muss ein Überkornanteil von mindestens 1 M.-% und darf ein Überkornanteil von maximal 15 M.-% auftreten.

Natürlich zusammengesetzte Gesteinskörnungen 0/8 müssen ähnliche Anforderungen (Sieblinie, Überkorn) wie feine Gesteinskörnungen einhalten. Korngemische mit d = 0 und D ≤ 45 mm müssen ein Überkornanteil von mindestens 1 M.-% und dürfen maximal ein Überkornanteil von 15 M.-% enthalten. Gleichzeitig müssen sie Anforderungen an den Siebdurchgang von zwei Zwischensieben (zwei zwischen den Begrenzungssieben liegende Siebe) erfüllen.

Kornform

Die Form der Gesteinskörner soll möglichst gedrunken sein. Die Kornform wird entweder durch die Plattigkeitskennzahl FI (Siebdurchgang durch ein Stabsieb) oder die Kornformkennzahl SI (Kornschieblehre) bestimmt. Die Plattigkeitskennzahl ist die Referenzgröße (Tafel 4).

Tafel 4: Kategorien für Höchstwerte der Plattigkeits- und Kornformkennzahl

Kornformkennzahl	Kategorie SI ¹⁾	Plattigkeitskennzahl	Kategorie FI ²⁾
≤ 15	SI ₁₅	≤ 15	FI ₁₅
≤ 20	SI ₂₀	≤ 20	FI ₂₀
≤ 40	SI ₄₀	≤ 35	FI ₃₅
≤ 55	SI ₅₅	≤ 50	FI ₅₀
> 55	SI _{angegeben}	> 50	FI _{angegeben}
keine Anforderungen	SI _{NR} ³⁾	keine Anforderungen	FI _{NR} ³⁾

¹⁾ SI = Shape Index

²⁾ FI = Flakiness Index

³⁾ NR = No Requirements

Gesteinskörnungen dürfen in der Regel nicht mehr als 50 M.-% (Plattigkeitskennzahl) bzw. 55 M.-% (Kornformkennzahl) plattige oder schiefriige Anteile besitzen.

Muschelschalengehalt grober Gesteinskörnung

Soweit gefordert, muss für aus dem Meer gewonnene grobe Gesteinskörnung der Muschelschalengehalt entsprechend der Vorgaben der Tafel 5 nachgewiesen werden. Die Bestimmung des Muschelschalengehalts erfolgt nach DIN EN 933-7. Dieses Prüfverfahren basiert auf manuellem Aussortieren von Muschelschalen und Muschelschalenbruchstücken. Dabei ergibt sich der Muschelschalengehalt SC als Verhältnis der Masse Muschelschalen zu Masse der gesamten Messprobe. Nach DIN EN 12620 gilt als Regelanforderung die Kategorie SC₁₀.

Tafel 5: Kategorien für den Höchstwert des Muschelschalengehaltes grober Gesteinskörnung

Muschelschalengehalt [%]	Kategorie SC
≤ 10	SC ₁₀
> 10	SC _{angegeben}
Keine Anforderung	SC _{NR}

Feinanteile

Feinanteile sind die Anteile von Gesteinskörnungen, die durch ein 0,063-mm-Sieb hindurchgehen.

Sie sind im Allgemeinen im Beton unschädlich, wenn sie in feinen Gesteinskörnungen einen Massenanteil von 3 % nicht übersteigen. Sind die Feinanteile größer, ist die Unbedenklichkeit der Feinanteile in Gesteinskörnungen durch Prüfungen des Sandäquivalent-Wertes (SE) oder mit Hilfe des Methylenblau-Verfahrens (MB) nachzuweisen. Konnte die Gesteinskörnung bisher problemlos verwendet werden, ist bis auf weiteres kein Nachweis der Unschädlichkeit der Feinanteile erforderlich.

Allgemein werden die Feinanteile in Gesteinskörnungen nach den in Tafel 6 angegebenen Kategorien f eingeordnet.

Tafel 6: Kategorien für Höchstwerte des Gehaltes an Feinanteilen

Gesteinskörnung	Siebdurchgang durch das 0,063-mm-Sieb [M.-%]	Kategorie f
Grobe Gesteinskörnung	≤ 1,5 ≤ 4 > 4 keine Anforderungen	f _{1,5} f ₄ f _{angegeben} f _{NR}
Natürlich zusammengesetzte Gesteinskörnung 0/8 mm	≤ 3 ≤ 10 ≤ 16 > 16 keine Anforderungen	f ₃ f ₁₀ f ₁₆ f _{angegeben} f _{NR}
Korngemisch	≤ 3 ≤ 11 > 11 keine Anforderungen	f ₃ f ₁₁ f _{angegeben} f _{NR}
Feine Gesteinskörnung (Sand)	≤ 3 ≤ 10 ≤ 16 ≤ 22 > 22 keine Anforderungen	f ₃ f ₁₀ f ₁₆ f ₂₂ f _{angegeben} f _{NR}

Füller (Gesteinsmehle)

Füller im Sinne der DIN EN 206-1/DIN 1045-2 sind inaktive anorganische Zusatzstoffe vom Typ I. Sie werden als aus Gesteinskörnungen hergestellte Gesteinsmehle (Quarzmehle, Kalksteinmehle) bezeichnet, deren überwiegender Teil der Körner durch das 0,063-mm-Sieb hindurchgeht. Gesteinsmehle werden dem Beton ggf. bei feinstoffarmen Sanden zur Verbesserung der Kornabstufung und auch für den für die Verarbeitung erforderlichen Mehlkorngehalt zugegeben. Die nach DIN EN 933-10 bestimmte Kornzusammensetzung von aus Gesteinsmehlen hergestelltem Füller müssen den in Tafel 7 angegebenen Grenzwerten entsprechen.

Tafel 7: Anforderungen an die Kornzusammensetzung von Füllern (Gesteinsmehlen)

Siebgröße [mm]	Siebdurchgang [M.-%]	
	Absolut-Bereich für Einzelwerte	Maximaler Wert für die Größe des vom Hersteller anzugebenden Bereiches ^{a)}
2	100	-
0,125	85 - 100	10
0,063	70 - 100	10

^{a)} Größe des anzugebenden Bereiches der Kornzusammensetzung auf der Grundlage der letzten 20 Werte. 90 % der Ergebnisse müssen innerhalb dieses Bereiches liegen; aber alle Ergebnisse müssen innerhalb des Absolut-Bereiches der Kornzusammensetzung liegen.

3.2 Physikalische Anforderungen

In Abhängigkeit von der Nutzung der Betonbauteile sowie der Art und Herkunft der Gesteinskörnungen können physikalische Anforderungen festgelegt werden. Da es in Deutschland für die Verwendung der Gesteinskörnungen im Beton, mit Ausnahme von Straßen- und Sonderbetonen, unüblich ist, Anforderungen an die Widerstände von Gesteinskörnungen gegen Zertrümmerung, Verschleiß, Polieren und Abrieb zu stellen, sind die Anforderungen nicht in den Regelanforderungen an Gesteinskörnungen verankert.

Kornfestigkeit

Die Gesteinskörnung muss so fest sein, dass sie die Herstellung von Betonen üblicher Festigkeitsklassen gestattet. Diese Anforderung wird von natürlichen Gesteinskörnungen im Allgemeinen erfüllt. Gesteinskörnungen aus gebrochenem Felsgestein sind geeignet, wenn sie den Anforderungen der Kategorien LA₅₀ bzw. SZ₃₂ (Tafel 8) genügen. In Zweifelsfällen sind die Gesteinskörnungen zu prüfen.

Widerstand gegen Zertrümmerung

Der Widerstand von Gesteinskörnungen gegen Zertrümmerung spielt bei hochfesten Betonen und Betonflächen, die einer schlagenden Beanspruchung ausgesetzt sind, eine Rolle. Er wird nach dem Los Angeles-Verfahren LA (Referenzverfahren) oder nach dem Schlagzertrümmerungswert SZ bestimmt. Hinsichtlich des Widerstandes gegen Zertrümmerung werden folgende Kategorien unterschieden (s. Tafel 8).

Die Prüfung für die Ermittlung des Widerstandes gegen Zertrümmerung erfolgt nach DIN EN 1097-2. Bei dem Prüfverfahren wird die zu untersuchende Probe gemeinsam mit sechs bis zwölf Stahlkugeln in eine Stahltrommel gegeben, die sich 500 Mal mit konstanter Geschwindigkeit von 31 bis 33 U/min um die eigene Achse dreht und somit die Messprobe durch

Tafel 8: Widerstand gegen Zertrümmerung

Los Angeles-Koeffizient	Kategorie LA	Schlagzertrümmerungswert	Kategorie SZ
≤ 15	LA ₁₅	≤ 18	SZ ₁₈
≤ 20	LA ₂₀	≤ 22	SZ ₂₂
≤ 25	LA ₂₅	≤ 26	SZ ₂₆
≤ 30	LA ₃₀	≤ 32	SZ ₃₂
≤ 35	LA ₃₅	> 32	SZ _{angegeben}
≤ 40	LA ₄₀	keine Anforderungen	SZ _{NR}
≤ 50	LA ₅₀		
> 50	LA _{angegeben}		
keine Anforderungen	LA _{NR}		

Abrieb- und Schlagbeanspruchung zerkleinert. Der LA-Koeffizient ist der Masseanteil [%], der nach Prüfungsdurchführung durch ein Analysesieb mit 1,6 mm hindurchgeht.

In besonderen Fällen und für spezielle regionale Anforderungen an Straßenoberflächen (z.B. Gebiete, in denen Spike-Reifen verwendet werden) kann der Einsatz von Gesteinskörnungen der Kategorien LA₁₅, LA₂₀ oder SZ₁₈ erforderlich sein. Für Betone, die einer Schlagbeanspruchung ausgesetzt sind, z.B. Betonfahrbahndecken oder Bodenflächen, kann es erforderlich sein, eine Gesteinskörnung der Kategorie LA₃₀ oder SZ₂₂ einzusetzen.

Widerstand gegen Polieren

Grobe Gesteinskörnungen, die in Betonfahrbahndecken eingesetzt werden sollen, müssen einen ausreichenden Widerstand gegen Polieren aufweisen. Die Polierwerte werden mit der Kategorie PSV (Polishing Stone Value) ausgewiesen.

Gesteinskörnungen für Betondecken der Bauklasse SV erfordern z. B. die Kategorie PSV₅₀ (Tafel 9).

Die Bestimmung des Polierwertes (PSV) erfolgt nach DIN EN 1097-8. Die Prüfung wird an Gesteinskörnungen durchgeführt, die durch ein 10-mm-Sieb hindurchgehen und auf einem 7,2-mm-Schlitzsieb zurückbleiben. Sie besteht aus zwei Teilen:

- Einzelproben werden einer Polierwirkung auf einer Schnellpoliermaschine ausgesetzt,
- der erreichte Polierzustand jeder Einzelprobe wird mit Hilfe der Griffigkeitsmessung ermittelt. Abschließend wird der PSV aus der Griffigkeitsbestimmung errechnet.

Tafel 9: Kategorien für Mindestwerte des Widerstands gegen Polieren

Polierwert	Kategorie PSV
≥ 68	PSV ₆₈
≥ 62	PSV ₆₂
≥ 56	PSV ₅₆
≥ 50	PSV ₅₀
≥ 44	PSV ₄₄
< 44	PSV _{angegeben}
keine Anforderungen	PSV _{NR}

Widerstand gegen Abrieb

Für grobe Gesteinskörnungen, die in Fahrbahndecken eingesetzt werden, kann ein Widerstand gegen Abrieb erforderlich werden.

Es wird unterschieden in einen Widerstand gegen Oberflächenabrieb AAV (**A**ggregate **A**brasion **V**alue) und in einen Widerstand gegen Abrieb durch Spike-Reifen A_N.

Der AAV-Wert wird nach DIN EN 1097-8 Anhang A bestimmt. Bei diesem Prüfverfahren werden Probekörper in eine Abriebmaschine eingespannt und den sich berührenden Oberflächen von Probe und Lappscheibe wird für eine festgelegte Anzahl von Umdrehungen kontinuierlich feine Gesteinskörnung (Sand) zugeführt. Der AAV wird dann aus der Differenz der Probemasse vor und nach dem Abriebversuch ermittelt.

Tafel 10: Kategorien für Höchstwerte des Widerstands gegen Abrieb

Abriebwert der Gesteinskörnung	Kategorie AAV
≤ 10	AAV ₁₀
≤ 15	AAV ₁₅
≤ 20	AAV ₂₀
> 20	AAV _{angegeben}
keine Anforderungen	AAV _{NR}

Tafel 11: Kategorien für Höchstwerte des Widerstands gegen Abrieb durch Spike-Reifen

Nordischer Abriebwert	Kategorie A _N
≤ 7	A _N 7
≤ 10	A _N 10
≤ 14	A _N 14
≤ 19	A _N 19
≤ 30	A _N 30
Zwischenwerte und solche größer 30	A _{N, angegeben}
Keine Anforderung	A _N NR

Der Widerstand gegen Oberflächenabrieb muss gemäß der in Tafel 10 festgelegten Kategorie angegeben werden.

Soweit gefordert muss der Widerstand gegen Abrieb durch Spike-Reifen (Nordischer Abriebwert: Nordic abrasion value – A_N) nach DIN EN 1097-9 ermittelt und entsprechend der in Tafel 11 festgelegten Grenzwerte eingestuft werden.

Widerstand gegen Verschleiß von groben Gesteinskörnungen

Viele Betonbauteile müssen für hohe Verschleißbeanspruchung konzipiert werden, wie z.B. Industriefußböden, Räumlerlaufbahnen oder Bauteile mit schnell strömenden Wasser. Für verschleißfeste Betone kommen auch verschleißfeste Gesteinskörnungen zum Einsatz.

Der Widerstand gegen Verschleiß von groben Gesteinskörnungen (Micro-Deval-Koeffizient M_{DE}) wird nach DIN EN 1097-1 bestimmt.

Beim Micro-Deval-Verfahren wird durch eine drehende in einer Trommel erzeugten Bewegung eine stark mahlende Beanspruchung des Probekörpers ausgelöst. Nach Versuchsende wird der Siebrückstand auf dem 1,6-mm-Sieb bestimmt. Die Bezeichnung M_{DE} kann auf die französischen Worte „en eau“ = „in Wasser“ zurückgeführt werden. Die Kategorie ist entsprechend der Art der Verwendung festzulegen (Tafel 12).

Tafel 12: Kategorien für Höchstwerte des Widerstands gegen Verschleiß

Micro-Deval-Koeffizient	Kategorie M_{DE}
≤ 10	M_{DE10}
≤ 15	M_{DE15}
≤ 20	M_{DE20}
≤ 25	M_{DE25}
≤ 35	M_{DE35}
> 35	$M_{DE, angegeben}$
keine Anforderungen	M_{DENR}

Frost-Tau- und Frost-Tausalz-Widerstand

Der Frost-Tau- und der Frost-Tausalzwiderstand von Gesteinskörnungen werden über indikative oder physikalische Prüfverfahren bestimmt.

Die indikativen Prüfungen umfassen die petrografische Untersuchung sowie die Bestimmungen des Anteils an mürben oder stark saugenden Körnungen und der Wasseraufnahme. Gesteinskörnungen mit hohem Frost-Widerstand dürfen eine maximale Wasseraufnahme von 1 M.-% aufweisen. Im Allgemeinen werden der Frost- und der Frost-Tausalz-Widerstand mit physikalischen Prüfverfahren beurteilt.

Gesteinskörnungen werden hinsichtlich ihres Frost-Widerstandes Kategorien F zugeordnet, die sich aus dem Masseverlust nach zehn Frost-Tau-Wechseln wassergesättigter Proben bestimmen (Tafel 13).

Tafel 13: Kategorien für Höchstwerte des Frost-Tau-Widerstandes

Frost-Widerstand [Masseverlust in Prozent]	Kategorie F
≤ 1	F_1
≤ 2	F_2
≤ 4	F_4
> 4	F_{angabe}
keine Anforderungen	F_{NR}

Der Frost-Tausalz-Widerstand von Gesteinskörnungen kann entweder mit:

- der Prüfung der Magnesiumsulfat-Widerstandsfähigkeit oder
- einer Prüfung durch Sättigung, Gefrieren und Auftauen in einer niedrig konzentrierten Tausalzlösung (1 % NaCl) gemäß DIN EN 367-1 oder
- einer entsprechenden Prüfung gemäß DIN V 18004 am Festbeton erfolgen.

Bei der Magnesiumsulfat-Prüfung (Masseverlust nach Sättigung mit einer Magnesiumsulfat-Lösung und Auskristallisation beim Trocknen) gelten hinsichtlich der Einstufungen der Gesteinskörnungen die Kategorien MS gemäß Tafel 14. Die Magnesiumsulfat-Prüfung ist z.B. besonders geeignet, wenn der Beton Meerwasser ausgesetzt ist, im Straßenbau dagegen findet dieses Prüfverfahren keine Anwendung.

Wird alternativ der Frost-Tausalz-Widerstand durch Prüfung mittels 1%iger NaCl-Lösung ermittelt, so haben Gesteinskörnungen im Allgemeinen einen ausreichenden Frost-Tausalz-

Tafel 14: Kategorien für die Magnesiumsulfat-Widerstandsfähigkeit

Magnesiumsulfat-Wert [Masseverlust in Prozent]	Kategorie MS
≤ 18	MS_{18}
≤ 25	MS_{25}
≤ 35	MS_{35}
> 35	MS_{angabe}
keine Anforderungen	MS_{NR}

Widerstand, wenn der Masseverlust 8 % nicht übersteigt. Die Gesteinskörnungen können dann etwa den Kategorien MS_{18} bis MS_{35} gleichgestellt werden.

Werden die Gesteinskörnungen hingegen nach DIN V 18004 geprüft, so weisen die Gesteinskörnungen einen ausreichenden Frost-Tausalz-Widerstand auf, wenn der ermittelte Masseverlust kleiner als 500 g/m² ist.

Trotz eines ausreichenden Widerstandes einer Gesteinskörnung gegen Frost ist ein Ausfrieren einzelner Körner („pop-outs“) an freien Betonoberflächen möglich.

Raumbeständigkeit – Schwinden infolge Austrocknung

Einzelne Gesteinskörnungen können im Beton zum Auftreten zerstörender Schwindrisse führen. Um das schädigende Trocknungsschwinden von solchen Gesteinskörnungen im Beton auszuschließen, darf bei der Prüfung nach DIN EN 1367-4 ein Schwindwert von 0,075 % nicht überschritten werden.

Diese Anforderung muss nicht erfüllt werden bei:

- Umgebungsbedingungen, bei denen die Bauteile nicht austrocknen können,
- Massenbetonen mit einer Deckschicht aus Luftporenbeton und
- Bauteilen, die symmetrisch und stark bewehrt und keiner Witterung ausgesetzt sind.

In Deutschland sind Gesteinskörnungen mit einem schädigenden Trocknungsschwinden nicht bekannt.

Kornrohichte und Wasseraufnahme

Soweit gefordert muss die Kornrohichte und die Wasseraufnahme nach DIN EN 1097-6 bestimmt und die Ergebnisse auf Anfrage angegeben werden. Als Kornrohichte ρ_g [kg/m³] wird der Quotient aus Masse und Stoffvolumen einschließlich der im Stoff enthaltenen Kornporen verstanden. Die Masse wird bestimmt durch Wägung in den Zuständen

- wassergesättigt,
- oberflächentrocken,
- ofentrocken.

Das Volumen wird aus der Masse des verdrängten Wassers bestimmt, wobei die Wasseraufnahme als prozentuale Differenz zwischen der oberflächenfeuchten und ofentrockenen Masse berechnet wird. Für die Bestimmung der Kornrohichte und der Wasseraufnahme kann entweder das Drahtkorb- oder das Pyknometer-Verfahren angewendet werden.

Schüttdichte

Die Schüttdichte ρ_s [kg/m³] bezeichnet den Quotienten aus Masse und Stoffvolumen einschließlich der im Stoff enthaltenen Kornporen und aller Hohlräume zwischen den Körnern. Sie wird nach DIN 1097-3 ermittelt. Aus den Dichten lassen sich die Porenräume berechnen, die für die Stoffraumrechnung für Beton benötigt werden, bzw. die auch zur Abschätzung des Zementleimbedarfs angesetzt werden.

Alkali-Kieselsäure-Reaktion

Gesteinskörnungen können alkaliempfindliche, kieselsäurehaltige Bestandteile enthalten, die mit den Alkalien der Porenlösung reagieren und den Beton dadurch schädigen können. Daher sind alle Gesteinskörnungen für Beton bei einer Verwendung in Deutschland nach der DAfStb-Richtlinie „Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton (Alkali-Richtlinie)“ zu beurteilen und in eine Alkaliempfindlichkeitsklasse einzustufen (s. Tafel 11 des Zement-Merkblatts B 9). Diese ist auf dem Lieferschein und Sortenverzeichnis stets für jede Lieferkörnung anzugeben. Für Beton zur Herstellung von Fahrbahndecken der Bauklassen SV und I bis III gelten die TL Beton-StB und Allgemeine Rundschreiben Straßenbau des BMVBS. Bei Flugbetriebsflächen erfolgt die Festlegung von Maßnahmen durch einen Gutachter. In beiden Fällen kommen vielfach Performanceprüfungen am Beton oder AKR-spezifische Eignungsprüfungen (WS-Grundprüfung) zur Anwendung.

3.3 Chemische Anforderungen

Die notwendigerweise zu bestimmenden chemischen Eigenschaften der Gesteinskörnungen hängen von der Verwendung und der Herkunft der Gesteinskörnungen ab. Sie werden im Allgemeinen auf Anforderung ermittelt und als Messwert oder als Kategorie verwendet.

Chloride

Soweit gefordert, wird der Gehalt an wasserlöslichen Chloriden nach DIN EN 1744-1 geprüft. Wenn bekannt ist, dass der Gehalt an wasserlöslichen Chlorid-Ionen der Gesteinskörnung 0,01 M.-% oder weniger beträgt (z. B. für Gesteinskörnungen aus den meisten binnenländischen Vorkommen), darf dieser Wert für die Berechnung des Chloridgehaltes von Beton verwendet werden.

Zur Bestimmung der wasserlöslichen Chloride gibt es verschiedene Prüfungen:

- nach Volhardt (Referenzverfahren)
- potentiometrische Endpunktbestimmung (Alternativverfahren)
- nach Mohr (Alternativverfahren)

Das Referenzverfahren (nach Volhardt) eignet sich für Gesteinskörnungen, deren Chloridgehalt direkt vom Kontakt oder Eintauchen in Salzwasser stammt, also typische aus der See gewonnene Gesteinskörnungen.

Schwefelhaltige Bestandteile

Sulfate in Gesteinskörnungen können infolge Treiben zu einer weitgehenden Zerstörung des Betons führen. Bei kristalliner Hochofenschlacke ist ein wesentlicher Teil des Sulfatgehaltes in den Schlackenkörnern gebunden und daher bei der Hydratation des Zementes vernachlässigbar. Daher ist dort auch ein höherer Sulfatgehalt tolerierbar. Unter besonderen Umständen

Tafel 15: Kategorien für Höchstwerte säurelöslicher Sulfatgehalte (ausgedrückt als SO₃)

Gesteinskörnung	Säurelöslicher Sulfatgehalt [M.-%]	Kategorie AS
Alle Gesteinskörnungen außer Hochofenschlacke	≤ 0,2	AS _{0,2}
	≤ 0,8	AS _{0,8}
	> 0,8	AS _{angegeben}
	keine Anforderungen	AS _{NR}
Hochofenschlacke	≤ 1,0	AS _{1,0}
	> 1,0	AS _{angegeben}
	keine Anforderungen	AS _{NR}

den können auch andere in den Gesteinskörnungen vorkommende Schwefelverbindungen im Beton durch Oxidation Sulfate bilden. Diese Verbindungen mit Schwefel können infolge Treiben zu einer Zerstörung des Betons führen.

Soweit gefordert, wird der Gehalt an wasserlöslichem Sulfat der Gesteinskörnungen und Füller ebenfalls nach DIN EN 1744-1 geprüft. Der Sulfatgehalt der Gesteinskörnungen kann nach den in Tafel 15 angegebenen Kategorien AS eingeordnet werden. Der Gesamtschwefelgehalt der Gesteinskörnungen und Füller darf bei Hochofenschlacke 2 M.-% und bei allen anderen Gesteinskörnungen 1 M.-% nicht überschreiten.

Wenn bekannt ist, dass Gesteinskörnungen nicht stabiles Eisensulfid (Pyrrhotin) enthalten, sind besondere Vorsichtsmaßnahmen notwendig. In diesen Fällen darf der Gesamtschwefelgehalt 0,1 M.-% nicht überschreiten.

Bestandteile, die das Erstarren und Erhärten des Betons verändern

Organische und andere Stoffe (z. B. Zucker oder zuckerähnliche Stoffe) können das Erstarrungs- und Erhärtungsvermögen von Beton ungünstig beeinflussen. Der Anteil dieser Stoffe darf nur so hoch sein, dass

- die Erstarrungszeit von Mörtelprüfkörpern um nicht mehr als 120 min verlängert wird und
- die Druckfestigkeit von Mörtelprüfkörpern nach 28 Tagen um nicht mehr als 20 % vermindert wird.

Wenn organische Stoffe vorhanden sind, muss nach DIN EN 1744-1 der Humusgehalt bestimmt werden. Deuten die Ergebnisse auf einen hohen Humusgehalt hin, muss das Vorhandensein von Fulvosäuren bestimmt werden (DIN EN 1744-1). Wenn bei dieser Prüfung die überstehende Flüssigkeit heller ist als die Standardfarbe, dann kann man davon ausgehen, dass die Gesteinskörnungen frei von organischen Stoffen sind.

Raumbeständigkeit von Hochofenschlacken

Einige Bestandteile von Hochofenschlacke können deren Raumbeständigkeit negativ beeinflussen, falls sie als Gesteinskörnungen für Beton verwendet werden. Daher dürfen Gesteinskörnungen aus Hochofenschlacke (HOS) bei der Prüfung nach DIN EN 1744-1 keinen Zerfall von Dicalciumsilikat und keinen Eisenzerfall aufweisen.

Bestandteile, die die Oberfläche von Beton beeinflussen

Einige Bestandteile der Gesteinskörnungen (z. B. reaktive Eisensulfide, leichtgewichtige organische Bestandteile) können an Betonoberflächen Fleckenbildung, Verfärbungen, Quellen oder Aussprengungen hervorrufen, wenn sie in Oberflächennähe angeordnet sind.

Bei Bauteilen mit hohem Anspruch an das Aussehen des Betons sollten Gesteinskörnungen keine Verunreinigung bewirkenden Bestandteile in solchen Mengen enthalten, dass die Qualität oder Dauerhaftigkeit der Oberfläche beeinträchtigt wird, da schon Verunreinigungen in kleinen Mengen beträchtliche Auswirkungen haben können. Im Normalfall sollte der nach DIN 1744-1 bestimmte Anteil leichtgewichtiger organischer Verunreinigungen die folgenden Werte nicht überschreiten:

- 0,5 % Massenanteil für feine Gesteinskörnungen oder
- 0,1 % Massenanteil für grobe Gesteinskörnungen.

Bei Bauwerken, bei denen die Oberflächenbeschaffenheit des Betons von Bedeutung ist, sollten die folgenden Werte gemäß DIN 1744-1 nicht überschritten werden:

- 0,25 % Massenanteil für feine Gesteinskörnungen oder
- 0,05 % Massenanteil für grobe Gesteinskörnungen.

In einigen Situationen, z. B. bei Sichtbeton mit erhöhten Anforderungen, kann es sinnvoll sein, zusätzliche Vereinbarungen hinsichtlich der Grenzwerte für leichtgewichtige Verunreinigungen zu treffen. Zusammenfassend sind in Tafel 16 und 17

Tafel 16: Anforderungen an Gesteinskörnungen für Normalbeton nach DIN 1045-2 mit festgelegten Eigenschaften

Eigenschaft	Art der Anforderung	Anforderungskategorien		Regelanforderung
Kornzusammensetzung	geometrisch	Feine Gesteinskörnung ($D \leq 4 \text{ mm}$ und $d = 0$)	Grenzabweichungen für die vom Hersteller angegebene typische Kornzusammensetzung	Toleranzen nach Tab. 4 DIN EN 12620
		Grobe Gesteinskörnung	enggestuft	
			$D/d \leq 2$ oder $D \leq 11,2 \text{ mm}$	15 M.-% Überkorn 20 M.-% Überkorn
			weitgestuft	
			$D/d > 2$ und $D > 11,2 \text{ mm}$	10 M.-% Überkorn
		Korngemisch	$D \leq 45$ und $d = 0$	10 M.-% Überkorn 15 M.-% Überkorn
		Natürlich zusammengesetzte Gesteinskörnung 0/8 mm	$D = 8 \text{ mm}$ und $d = 0$	10 M.-% Überkorn
Kornform	geometrisch	Plattigkeitskennzahl		Fl_{50}
		Kornformkennzahl		Sl_{55}
Muschelschalengehalt	geometrisch	Muschelschalengehalt darf für grobe Gesteinskörnungen 10 M.-% nicht überschreiten		SC_{10}
Feinanteile (Höchstwerte für den Gehalt an Feinanteilen $\leq 0,063 \text{ mm}$)	geometrisch	Feine Gesteinskörnung		f_3
		Grobe Gesteinskörnung		$f_{1,5}$
		Korngemisch		f_3
		Natürlich zusammengesetzte Gesteinskörnung 0/8 mm		f_3
Frost-Tau-Widerstand	physikalisch	Zulässiger Masseverlust in % nach Frostversuch im Wasser		F_4
Chloride	chemisch	Höchstwerte für den Gehalt an wasserlöslichen Chloridionen in M.-%		$Cl_{0,04}$
Schwefelhaltige Bestandteile	chemisch	Säurelöslicher Gehalt für alle Gesteinskörnungen außer HOS		$AS_{0,8}$
		Gesamtschwefelgehalt für alle Gesteinskörnungen außer HOS		$\leq 1 \text{ M.-%}$
		Gesamtschwefelgehalt für Hochofenschlacke (HOS)		$\leq 2 \text{ M.-%}$
Erstarungs- und erhärtungsstörende Stoffe	sonstige	Natronlaugeversuch: Ermittlung des Humusgehaltes und ggf. auf Fulvosäure prüfen		
Leichtgewichtige organische Verunreinigungen	sonstige	Normalfall		
		Feine Gesteinskörnungen		$\leq 0,5 \text{ M.-%}$
		Grobe Gesteinskörnungen		$\leq 0,1 \text{ M.-%}$
		Bei hohen Oberflächenanforderungen		
		Feine Gesteinskörnung		$\leq 0,25 \text{ M.-%}$
		Grobe Gesteinskörnung		$\leq 0,05 \text{ M.-%}$

Tafel 17: Eigenschaften von Gesteinskörnungen, für die als Regelanforderung an die Kategorie „Keine Anforderung“ festgelegt wurde

Eigenschaft	Art der Anforderung	Anforderungskategorien	Regelanforderung
Widerstand gegen Zertrümmerung	physikalisch	Los Angeles-Koeffizient	LA_{NR}
		Schlagzertrümmerungswert	SZ_{NR}
Widerstand gegen Verschleiß von groben Gesteinskörnungen	physikalisch	Micro-Deval-Koeffizient	$M_{DE, NR}$
Widerstand gegen Polieren	physikalisch	Polierwert	PSV_{NR}
Widerstand gegen Oberflächenabrieb	physikalisch	Abriebwert	AAV_{NR}
Widerstand gegen Abrieb durch Spike-Reifen	physikalisch	Abriebwert	$A_{N, NR}$
Frost-Tausalz-Widerstand	physikalisch	Magnesiumsulfatwert (alternativ 1 % NaCl-Lösung)	MS_{NR}

Zwischenräume erforderliche Zementleimgehalt möglichst gering ist.

- Die Oberfläche soll möglichst klein sein, um die zur Umhüllung benötigte Zementleimmenge gering zu halten (Verwendung grober Gesteinskörnung).

In aller Regel ist es betontechnologisch besonders günstig, wenn die Oberfläche und die Haufwerksporigkeit der Gesteinskörnung möglichst gering sind. Die Kornzusammensetzung

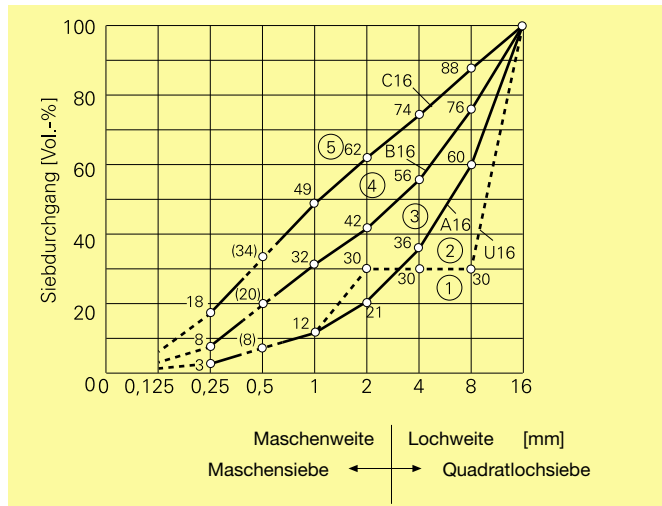


Bild 2: Regelsieblinien nach DIN 1045-2 mit einem Größtkorn von 16 mm

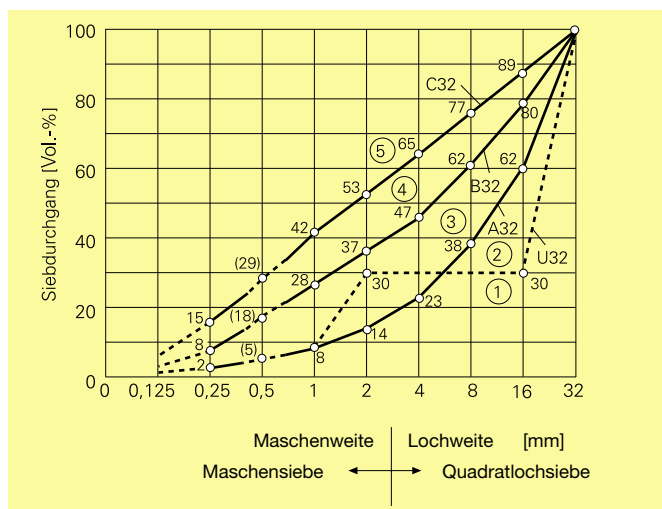


Bild 3: Regelsieblinien nach DIN 1045-2 mit einem Größtkorn von 32 mm

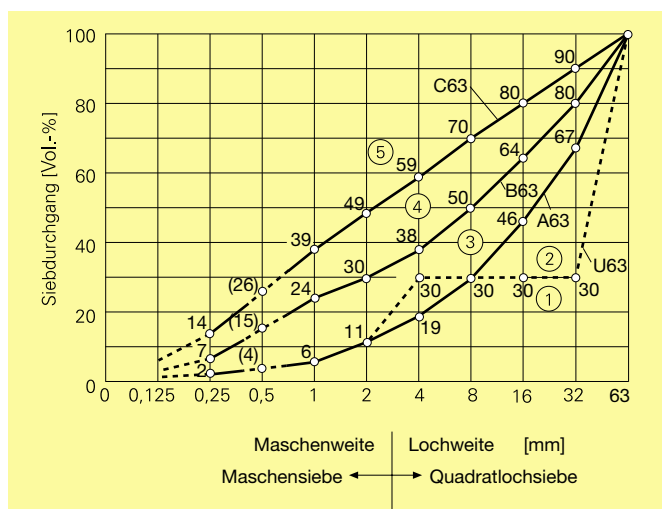
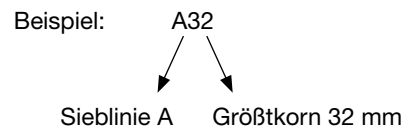


Bild 4: Regelsieblinien nach DIN 1045-2 mit einem Größtkorn von 63 mm

von Korngemischen wird durch Sieblinien gekennzeichnet. In DIN 1045-2 sind Regelsieblinien für ein Größtkorn von 8 mm, 16 mm, 32 mm und 63 mm festgelegt (Bilder 1–4), anhand derer eine erste Abschätzung der zu erwartenden Verarbeitungseigenschaften der Betone vorgenommen werden kann.

Man unterscheidet stetige und unstetige Sieblinien (Tafel 20). Fehlen in einem Korngemisch eine oder mehrere Korngruppen zwischen der feinsten und der größten Gruppe, so bezeichnet man dieses Gemisch als Ausfallkörnung. Die Sieblinie ist unstetig und verläuft im Bereich der fehlenden Gruppen waagerecht, wenn kein Über- oder Unterkorn vorhanden ist. Bei einem Größtkorn von 32 mm können z. B. die Korngruppen zwischen 2 und 16 mm entfallen (s. Bild 3). Ausfallkörnungen können sinnvoll sein, da für gleiche Verarbeitbarkeiten (Konsistenzen) geringere Zementleimgehalte erforderlich sind. Jedoch ist die Gefahr einer Entmischung höher als bei stetigen Sieblinien.

Die Sieblinien werden mit einem Großbuchstaben und mit dem entsprechenden Größtkorn als Beiwert gekennzeichnet.



Unabhängig vom Größtkorn des Korngemisches wird die untere Sieblinie mit A, die mittlere mit B und die obere mit C bezeichnet (Bilder 1–4).

Tafel 20: Kennzeichnungen der stetigen und unstetigen Sieblinien nach DIN 1045-2

Stetige Sieblinien				Unstetige Sieblinien
A8	A16	A32	A63	U8 / U16 / U32 / U63
B8	B16	B32	B63	
C8	C16	C32	C63	

Man unterscheidet fünf Bereiche:

- (1) Grobkörnig
- (2) Ausfallkörnung
- (3) Grob- bis mittelkörnig (günstiger Bereich)
- (4) Mittel- bis feinkörnig (brauchbarer Bereich)
- (5) feinkörnig

Die Sieblinien A und B begrenzen den günstigen Bereich (3), B und C den brauchbaren Bereich (4). Als ungünstig gelten Korngemische, deren Sieblinie unter A oder oberhalb C liegt, also die Bereiche (1) und (5). Die Linie U soll von Ausfallkörnungen nicht überschritten werden. In Bild 5 sind beispielhaft verschiedene Einsatzbereiche von möglichen Sieblinien aufgeführt.

Die Korngrößenverteilung wird nach DIN EN 933-1 bestimmt. Als Prüfsiebe werden bis zu einem Siebdurchgang von einschließlich 2 mm Maschensiebe nach DIN ISO 3310-1, oberhalb 2 mm Siebdurchgang Quadratlochsiebe nach DIN ISO 3310-2 verwendet. Die Ergebnisse werden in ein Siebliniennetz eingetragen (s. auch Bilder 1–4), auf deren Abszisse die Sieböffnungen in mm und auf der Ordinate die Siebdurchgänge in Vol.-% aufgetragen werden. Bei Gesteinskörnungen mit annähernd gleicher Rohdichte kann vereinfachend auf der Ordinate auch der Siebdurchgang in M.-% aufgetragen werden. Zur übersichtlicheren Darstellung ist für die Maschenweite

Wahl zweckentsprechender Kornzusammensetzung				
Größtkorn Bauteil	8 mm feingliedrig, engbewehrt	16 mm	32 mm normal	63 mm groß, massig
Sieblinie	C	B	A	U
Bereich	5	4	3	2
Eigenschaft	zu fein	mittel-fein	grob-mittel	Ausfallkörnung
Oberfläche des Gesteins		groß	mittel	klein
Wasseranspruch Zementleimgehalt Wärmeentwicklung Schwinden/Kriechen		hoch	mittel	gering
Entmischen/Bluten		gering	mittel	groß
Pumpbeton				
Sichtbeton				
Massenbeton				
Waschbeton				
Betone mit hohem Wassereindringwiderstand				
Betone mit hohem Frost-Tau-Widerstand				
Betone mit hohem Verschleißwiderstand				

Bild 5: Einsatzmöglichkeiten für verschiedene Sieblinien [nach: Schäffler, H.; Bruy, E.; Schelling, G.: Baustoffkunde. 9. Aufl., Vogel-Verlag, Würzburg 2005]

bzw. Lochweite ein logarithmischer Maßstab gewählt worden. Dadurch entstehen zeichnerisch gleiche Abstände zwischen den einzelnen Lochweiten. Die Sieblinie gibt über jeder Lochweite den Massenanteil des Gesamtgemisches an, der durch das jeweilige Sieb hindurchfällt.

Soll die Kornzusammensetzung, d. h. die Sieblinie eines vorliegenden Korngemisches ermittelt werden, so ist es nach dem Trocknen im vollständigen Siebsatz durch Absiebung in einzelne Kornanteile zu trennen. Der Siebsatz besteht im Allgemeinen aus den Sieben 63 mm, 31,5 (32) mm, 16 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm und 0,063 mm sowie dem Auffangkasten für die staubförmigen Partikel (Bild 6). Ggf. sind Ergänzungssiebe für die Größtkörner 2,8 mm, 5,6 (5) mm, 11,2 (11) mm, 22,4 (22) mm und 45 mm zwischengeschaltet.

Auf hellem Papier werden alle Siebe noch einmal nachgesiebt, bis kein Siebdurchgang mehr festzustellen ist. Die Rückstände auf den einzelnen Sieben werden, beim größten Sieb beginnend, gewogen und jedes Mal zusammen mit der schon



Bild 6: Siebmaschine nach DIN EN 933-1

vorhandenen Menge gewogen. Die Ergebnisse werden zusammengezählt und in Prozent der Gesamtmenge angegeben. Dies wird als Rückstand bezeichnet. Der jeweilige Ergänzungswert auf 100 ist der Durchgang in Prozent. Diese Durchgangswerte werden dann über den Siebwerten im Siebliniendiagramm aufgetragen.

Möchte man dagegen eine vorgegebene Sieblinie aus einzelnen Korngruppen aufbauen, sind die Korngruppen prozentual auf die gewünschte Sieblinie aufzuteilen.

Beispiel (Bild 7):

Gegeben:

- Sieblinie B32
- vorhandene Korngruppen: 0/2 mm, 2/8 mm, 8/16 mm, 16/32 mm

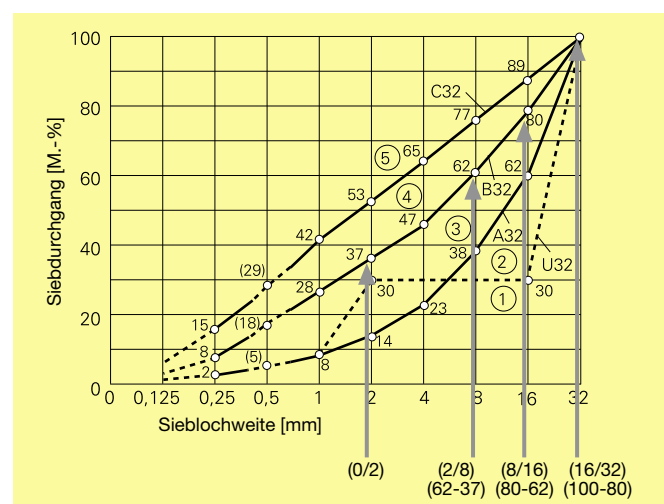


Bild 7: Vorgehensweise für die prozentuale Aufteilung in einzelne Korngruppen bei der Sieblinie eines Korngemisches mit 32 mm Größtkorn

Aufteilung:

■ Korngruppe 0/2 mm:	= 37 %
■ Korngruppe 2/8 mm: (62–37)	= 25 %
■ Korngruppe 8/16 mm: (80–62)	= 18 %
■ Korngruppe 16/32 mm: (100–80)	= 20 %
Probe: $\Sigma = 100 \%$	

Bei dieser Vorgehensweise muss jedoch beachtet werden, dass mögliche Mengen an Unter- und Überkorn der einzelnen Korngruppen nicht berücksichtigt werden.

Wasseranspruch

Unter dem Wasseranspruch eines Korngemischs versteht man die Wassermenge, die für 1 m³ mit diesem Korngemisch hergestellten Betons mit vorgegebener Konsistenz erforderlich ist. Die Wassermenge setzt sich aus dem Zugabewasser und der an der Gesteinskörnung haftenden Oberflächenfeuchte zusammen. Das in den Eigenporen der Gesteinskörnung vorhandene oder aufgenommene Wasser (Kernfeuchte) spielt für die Verarbeitbarkeit und beim Wasseranspruch keine Rolle. Tafel 21 gibt Richtwerte für den Wasseranspruch in Abhängigkeit von der Kornzusammensetzung und der Betonkonsistenz an. Je nach Herkunft der Gesteinskörnung können die Richtwerte bis zu etwa 10 l/m³ vom tatsächlichen Wasseranspruch abweichen.

Bei gebrochener Gesteinskörnung und hohem Mehlkorngelalt erhöht sich der Wasseranspruch. Um bei der Betonherstellung den Wasseranspruch eines beliebigen Korngemisches abzustimmen, bedient man sich eines Kennwertes, der aus der Sieblinie errechnet wird.

■ Körnungsziffer K

Die Körnungsziffer k (auch k-Wert genannt) ist die Summe der in Vol.-% angegebenen Rückstände auf einem Siebsatz mit den Sieben 0,25 – 0,5 – 1 – 2 – 4 – 8 – 16 – 31,5 und 63 mm, geteilt durch 100.

$$k = \frac{\Sigma \text{ aller Rückstände}}{100}$$

■ D-Summe

Die D-Summe ist die Summe der Durchgänge in Prozent durch alle neun aufgezählten Siebe

Zwischen k-Wert und D-Summe besteht folgende Beziehung:

$$100 \cdot k + D = 900$$

Je größer das Größtkorn und je sandärmer das Korngemisch, umso größer ist der k-Wert, bzw. umso kleiner ist die D-Summe. Tafel 22 zeigt am Beispiel der Sieblinie B16 die Berechnung des k-Wertes und der D-Summe.

Mehlkorn

Zum Mehlkorn zählen alle Stoffe im Beton mit einer Korngröße von maximal 0,125 mm. Dementsprechend setzt sich der Mehlkorngelalt aus dem Zement und dem in der Gesteinskörnung enthaltenen Kornanteil bis 0,125 mm sowie ggf. Betonzusatzstoffen zusammen. Zulässige Höchstwerte bei Beton für die Expositionsklassen XF und XM sowie Betonfestigkeitsklassen $\leq$ C50/60 enthält Tafel 23.

Für Betone der Betonfestigkeitsklassen $\geq$ C55/67 gelten unabhängig von den Expositionsklassen die in Tafel 24 aufgeführten Begrenzungen des Mehlkorngelalts.

Tafel 21: Richtwerte für den Wasseranspruch in kg für 1 m³ Frischbeton

Sieblinie	k-Wert	D-Summe	Konsistenzbezeichnungen		
			steif ¹⁾ $w = 1100/(k+3)$	plastisch ¹⁾ $w = 1200/(k+3)$	weich ¹⁾ $w = 1300/(k+3)$
A32	5,48	352	130	150	170
B32	4,20	480	150	170	190
C32	3,30	570	170	190	210
A16	4,60	440	140	160	180
B16	3,66	534	160	180	200
C16	2,75	625	190	210	230
A8	3,63	537	160	180	200
B8	2,90	610	190	205	230
C8	2,27	673	210	230	250

¹⁾ Die Formeln bzw. Richtwerte beruhen auf empirischen Ermittlungen.

Bei den ermittelten Wassermengen handelt es sich um Anhaltswerte mit entsprechenden Streubreiten, genaue Werte werden erst in der Erstprüfung bestimmt.

Tafel 22: Berechnung von k-Wert und D-Summe für die Sieblinie B16

Sieblochweite [mm]	0,25	0,5	1	2	4	8	16	31,5	63	Σ
Siebrückstand [M.-% ggf. Vol.-%]	92	80	68	58	44	24	0	0	0	366
Siebdurchgang [M.-% ggf. Vol.-%]	8	20	32	42	56	76	100	100	100	534

$$\text{Körnungsziffer } k = \frac{\Sigma \text{ aller Rückstände}}{100} = 366/100 = 3,66$$

↓
D-Summe = 534

Tafel 23: Höchstzulässiger Mehlkorngelhalt für Beton bis zur Betonfestigkeitsklasse C50/60 und LC50/55

Zement- gehalt ¹⁾ [kg/m³]	Höchstzulässiger Mehlkorngelhalt ²⁾ [kg/m³]		
	Expositionsklassen		
	XF, XM		X0, XC, XD, XS, XA
	Größtkorn der Gesteinskörnung		
	8 mm	16 mm bis 63 mm	8 mm bis 63 mm
≤ 300	450	400	550
≥ 350	500	450	550

¹⁾ Für Zwischenwerte ist der Mehlkorngelhalt geradlinig zu interpolieren.

²⁾ Die Werte dürfen erhöht werden, wenn

- der Zementgehalt 350 kg/m³ übersteigt, um den um 350 kg/m³ hinausgehenden Zementgehalt,
- ein puzzolanischer Zusatzstoff Typ II (z.B. Flugasche, Silika) verwendet wird, um dessen Gehalt, jedoch insgesamt um höchstens 50 kg/m³.

Tafel 24: Höchstzulässiger Mehlkorngelhalt für Beton ab der Betonfestigkeitsklasse C55/67 und LC55/60 bei allen Expositionsklassen

Zement- gehalt ¹⁾ [kg/m³]	Höchstzulässiger Mehlkorngelhalt [kg/m³]	
	Größtkorn der Gesteinskörnung	
	8 mm	16 mm bis 63 mm
≤ 400	550	500
450	600	550
≥ 500	650	600

¹⁾ Für Zwischenwerte ist der Mehlkorngelhalt geradlinig zu interpolieren.

■ Normen

DIN EN 12620	Gesteinskörnungen für Beton
DIN EN 206-1	Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
DIN 1045-2	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
DIN V 18004	Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken – Prüfverfahren für Gesteinskörnungen nach DIN V 20000-103 und DIN V 20000-104
DIN EN 932	Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen
DIN EN 933	Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen

DIN EN 1097	Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen
DIN EN 1367	Prüfverfahren für thermische Eigenschaften und Verwitterungsbeständigkeit von Gesteinskörnungen
DIN EN 1744	Prüfverfahren für chemische Eigenschaften von Gesteinskörnungen
DIN 52106	Prüfung von Gesteinskörnungen – Untersuchungsverfahren zur Beurteilung der Verwitterungsbeständigkeit

■ Regelwerk

DAfStb-Richtlinie	„Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton (Alkali-Richtlinie)“
-------------------	---

Beratung und Information zu allen Fragen der Betonanwendung

Regionale Ansprechpartner		www.beton.org
BetonMarketing Nordost GmbH Anderter Str. 99D, 30559 Hannover, Tel.: 0511 554707-0, hannover@betonmarketing.de Teltower Damm 155, 14167 Berlin, Tel.: 030 3087778-0, berlin@betonmarketing.de BetonMarketing Süd GmbH Gerhard-Koch-Straße 2+4, 73760 Ostfildern, Tel.: 0711 32732-200, info@betonmarketing.de Büro München: Beethovenstraße 8, 80336 München, Tel.: 089 450984-0, info@betonmarketing.de BetonMarketing West GmbH Neustraße 1, 59269 Beckum, Tel.: 02521 8730-0, info@bmwest.de		
Herausgeber: Verein Deutscher Zementwerke e.V. , Tannenstraße 2, 40476 Düsseldorf Verfasser: Dipl.-Ing. Michaela Biscopig , BetonMarketing West		www.vdz-online.de