

Gesteinskörnungen für Beton

Gesteinskörnungen für Beton

Einleitung

Unter Gesteinskörnung werden in der Regel natürliche Kiese und Sande verstanden, aber auch industriell hergestellte Körnungen (z. B. leichte Gesteinskörnungen wie Blähton) sowie rezyklierte Materialien, welche beim Abbruch von Bauwerken gewonnen werden. Die Gesteinskörnung nimmt ca. drei Viertel des Betonvolumens ein und bildet das Gerüst des Betons. Frisch- und Festbetoneigenschaften, wie etwa die Druckfestigkeit und die Dauerhaftigkeit, werden von den Eigenschaften der verwendeten Gesteinskörnung beeinflusst.

Herstellung und Qualitätssicherung von Gesteinskörnungen

Allgemeines

Die Herstellung und Qualitätssicherung wird am Beispiel von natürlicher Gesteinskörnung dargestellt, die ausschliesslich einer mechanischen Aufbereitung unterzogen worden ist. Gesteinskörnungen, die für die Herstellung von Beton verwendet werden dürfen, müssen die Anforderungen der Norm SN EN 12620 erfüllen. Die praxisüblichen Begriffe werden in der Norm SN EN 12620 „Gesteinskörnungen“ nicht mehr oder nur zum Teil genutzt, sind aber im schweizerischen Sprachgebrauch noch üblich, da sie nicht zuletzt auch zwischen natürlich gerundetem und gebrochenem Korn unterscheiden (Tab. 1.3.1).

Kies- und Sandgewinnung

Kiessande aus Fluss- und Gletscherablagerungen sind meist natürlich gerundet. Im Kieswerk erfolgt der Abbau über mehrere Stufen mit dem Radlader oder im Spritzverfahren über die gesamte Abbauhöhe des Vorkommens (siehe Abb. 1.3.1). In den

Seen werden die abgelagerten Gesteinskörnungen mit einem Saugbagger an die Oberfläche gefördert. Die Aufgabe der Gesteinskörnungen erfolgt meistens über einen Vorbrecher und wird anschliessend zu einem Rohmaterial-Lagerplatz geführt. Das runde Rohmaterial wird in kontinuierlicher Menge der Aufbereitung zugeführt, teilweise vorgängig gewaschen oder auch während des Siebvorgangs mit Wasser gereinigt. Die Gesteinskörnungen werden mit Vibrationsschwingungen über die verschiedenen Siebflächen (mehrere Stufen) geführt und in Korngruppen unterteilt sowie in getrennten Silos gelagert.

Praxisübliche Begriffe	Bezeichnung nach Norm SN EN 12620
Filler	Füller
Sand/Brechsand	feine Gesteinskörnung
Kies/Splitt/Schotter	grobe Gesteinskörnung
Zuschlag	Korngemisch

Tab. 1.3.1: Praxisübliche und normative Begriffe von Gesteinskörnungen.

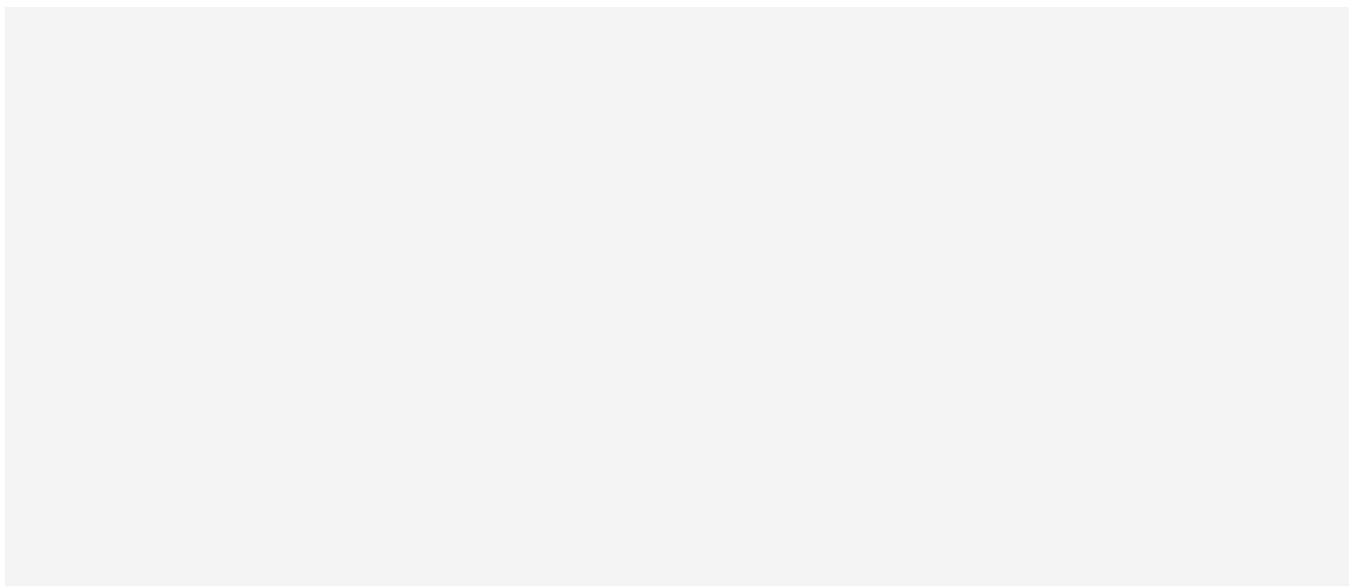




Abb. 1.3.2: Kies- und Sandgewinnung im Spritzverfahren.

Splitt- und Brechsandherstellung

Splitt wird entweder in Steinbrüchen, im Tunnelbau als Ausbruchmaterial oder im Kieswerk in Brechanlagen hergestellt. Im Steinbruch erfolgt der Abbau mit Sprengungen an den Abbaustufen und im Untertagebau mit Bohrmaschinen oder im Sprengausbruch. Im Kieswerk werden übergrosse Körner ($> 45 \text{ mm}$) im Aufbereitungsprozess auf die gewünschte Grösse heruntergebrochen (Splittstrasse).

Bei den gebrochenen Gesteinskörnungen wird das Rohmaterial weiteren Brechern (Prall-, Hammer- oder Kreiselbrechern) zugeführt, welche die Gesteinskörner weiter zerkleinern. Dieses Material wird trocken ausgesiebt, passende Körner fallen in die Korngruppensilos, während grössere Körner nochmals in den Brechvorgang gelangen.

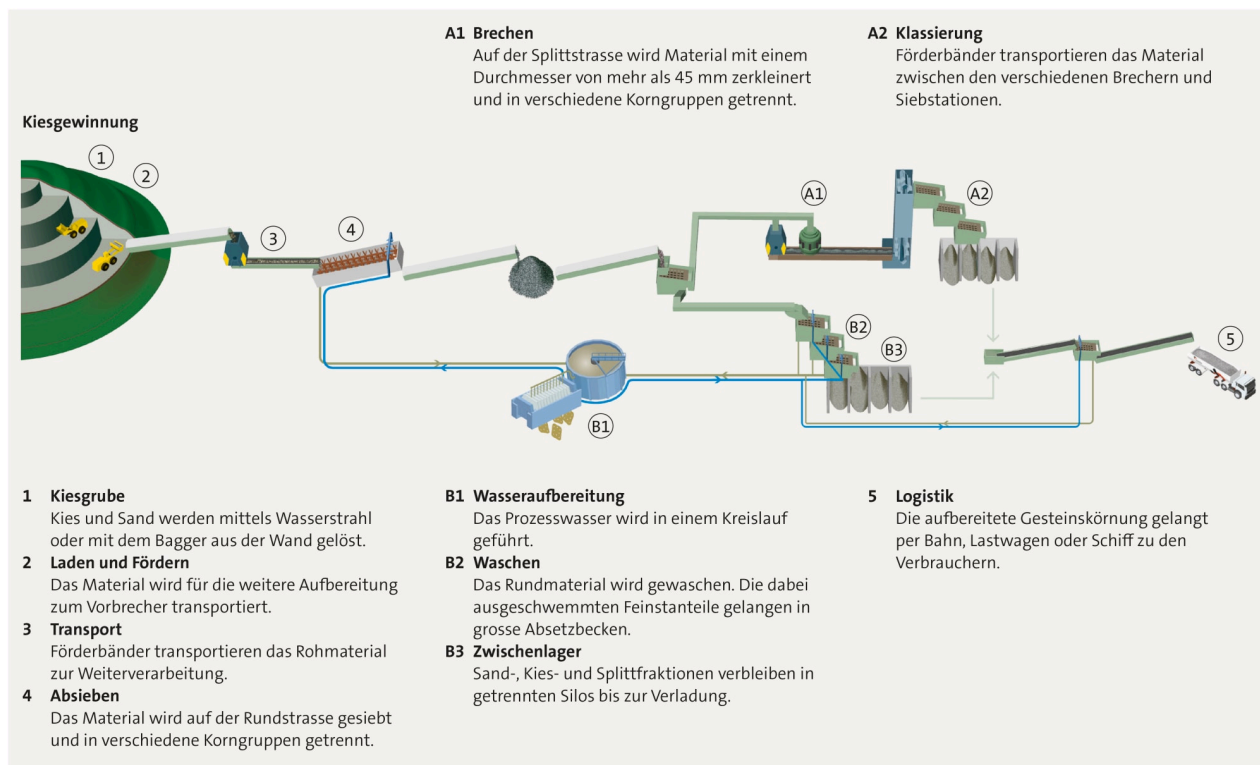


Abb. 1.3.1: Grafische Darstellung der Herstellung von Gesteinskörnungen.

Bezeichnung gemäss Norm SN EN 12620	Korngrösse nach Norm SN EN 12620 [mm]	Übliche Lieferkörnungen [mm]
feine Gesteinskörnung	$D \leq 4$ und $d = 0$	0/1; 0/2; 0/4
grobe Gesteinskörnung	eng gestuft: $D > 11.2$ und $D/d \leq 2$ oder $D \leq 11.2$ und $D/d \leq 4$	4/8; 8/11; 8/16; 16/22; 16/32
	weit gestuft: $D > 11.2$ und $D/d > 2$ oder $D \leq 11.2$ und $D/d > 4$	4/32
Korngemisch	$D \leq 45$ und $d = 0$	0/16; 0/32

Tab. 1.3.2: Übliche Lieferkörnungen.

Lieferkörnungen

Gesteinskörnungen (GK) werden in Korngruppen entsprechend der Korngrösse in sogenannten Lieferkörnungen hergestellt. Die Korngruppen werden durch Angabe von zwei Begrenzungssieben (d/D) bezeichnet (d = Siebweite des unteren Begrenzungssiebes; D = Siebweite des oberen Begrenzungssiebes). Das Verhältnis D/d darf nicht kleiner als 1.4 sein. Übliche Lieferkörnungen sind in Tabelle 1.3.2 aufgeführt.

Sowohl bei der Kies- als auch der Splittgewinnung können die Korngruppen als einzelnes Produkt oder als Korngemisch bestehend aus mehreren Korngruppen an den Kunden geliefert werden. Der Transport kann lose oder in Big-Bags per Bahn, LKW oder Schiff erfolgen.

Qualitätssicherung

Die Aufgaben der nach der Norm SN EN 12620 (SN 670 102b) zertifizierten Hersteller umfassen die korrekte Wartung, Kontrolle und Kalibrierung seiner Anlage und Einrichtungen und die Kontrolle der laufend produzierten Gesteinskörnungen, damit nicht konforme Gesteinskörnungen rechtzeitig erkannt und nicht ausgeliefert werden. Mit einer geeigneten Lagerung und Handhabung der Gesteinskörnungen sollen Verunreinigungen, Vermischungen und Entmischungen vermieden werden.

Die Konformitätserklärung des Herstellers beruht auf einer Erstinspektion des Werkes durch eine anerkannte Zertifizierungsstelle, welche dem Hersteller ein Zertifikat zu seinen Erstprüfungen und seiner werkseigenen Produktionskontrolle ausstellt.

Normative Anforderungen an Gesteinskörnungen

Die Schweizerischen Anforderungen an die Gesteinskörnungen für die Eignung zur Herstellung von Beton sind in der Norm SN EN 12620 festgelegt. Es wird zwischen geometrischen, physikalischen und chemischen Anforderungen an Gesteinskörnungen für Beton unterschieden. In der Schweiz werden für einige Eigenschaften petrographische Anforderungen anstelle der Dauerhaftigkeits- Anforderungen der europäischen Gesteinskörnungsnorm gestellt. Die Anforderungen an die Gesteinskörnung werden in der Regel in Klassen, sogenannte Kategorien, eingeteilt, die eine Eigenschaft der Gesteinskörnung als Bandbreite oder Grenzwert vorgeben.

Geometrische Anforderungen

Allgemeines

Geometrische Anforderungen werden an die Kornzusammensetzung, die Feinanteile und die Kornform gestellt. Zur Prüfung der geometrischen Eigenschaften werden Siebungen

mit Begrenzungssieben unterschiedlicher Sieböffnung durchgeführt (Abb. 1.3.3).



Abb. 1.3.3: Prüfsiebe mit den entsprechenden Siebrückständen.

Dabei wird zwischen einem Grundsiebsatz und Ergänzungssiebsätzen unterschieden (Abb. 1.3.4). In der Schweiz muss gemäss Norm SN 670 102 der Grundsiebsatz plus dem Ergänzungssiebsatz 1 angewendet werden. Für die praktische Analyse einer Kornzusammensetzung wird der Prüfsiebsatz angewendet, in dem die feine Gesteinskörnung weiter unterteilt ist.

Kornzusammensetzung („Sieblinie“)

Eine Kornzusammensetzung entspricht dem Mengenverhältnis von einzelnen Korngruppen eines Korngemisches. Durch Aussieben des Korngemisches mit einem Prüfsiebsatz verbleiben auf jedem Sieb Siebrückstände, die in Form einer Kornzusammensetzung, einer sogenannten Sieblinie, in Massenprozenten dargestellt werden. Die Differenz benachbarter Siebe ist der Kornanteil. In der Auffangschale verbleibt der Anteil der Gesteinskörnung, der durch das 0.063-mm-Sieb hindurchfällt, die sogenannten Feinanteile. Die Abzisse (horizontale Achse) ist logarithmisch geteilt, wodurch eine graphische Aufweitung des Feinbereiches und damit eine bessere Auflösung erreicht wird (Abb. 1.3.5).

Unter- und Überkorn

Die Aufbereitung der Gesteinskörnung führt produktionsbedingt dazu, dass stets eine Menge kleinerer und grösserer Körner vorhanden ist, als den Sieben entspricht. Das sogenannte Unterkorn ist das Korn, das bei einer Siebung durch das untere Sieb hindurch fällt und das sogenannte Überkorn, das auf dem oberen Sieb liegen bleibt (Abb. 1.3.6).

	Feinanteile	Mehlkorn	feine Gesteinskörnungen							grobe Gesteinskörnungen							
Grund- und Ergänzungssiebsatz 1 zur Bezeichnung der Korngrösse	0		1	2	4	5.6	8	11.2	16	22.4	31.5	45	63				
Prüfsiebsatz der Kornzusammensetzung	0.063	0.125	0.25	0.5	1	1.4	2	2.8	4	5.6	8	11.2	16	22.4	31.5	45	63

Abb. 1.3.4: Grund- und Ergänzungssiebsatz 1 für die Bezeichnung der Korngruppen und Prüfsiebsatz, aufgebaut auf der Verdopplungsfolge gemäss der Norm SN 670102.

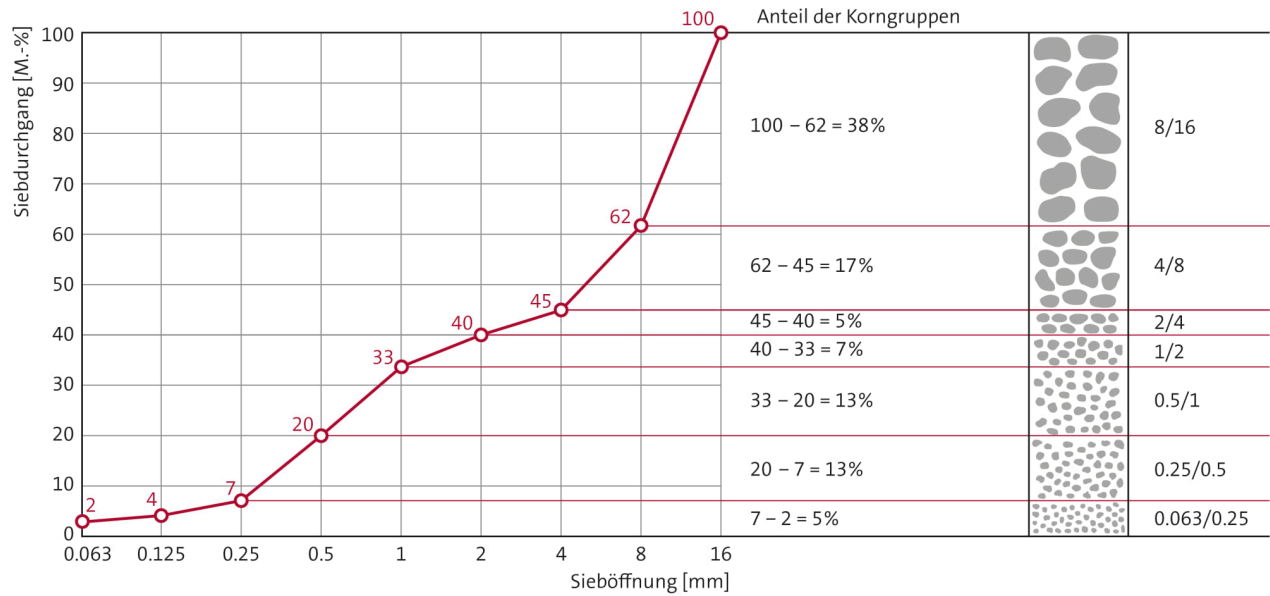


Abb. 1.3.5: Beispiel einer Sieblinie für ein Korngemisch 0–16 mm (logarithmische Darstellung).

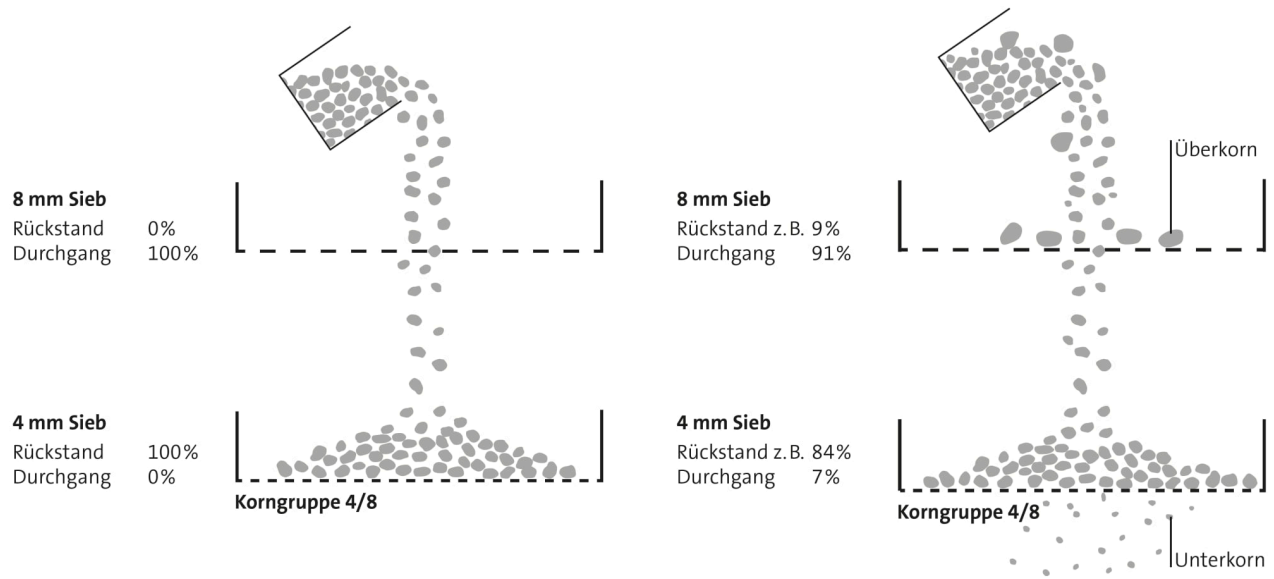
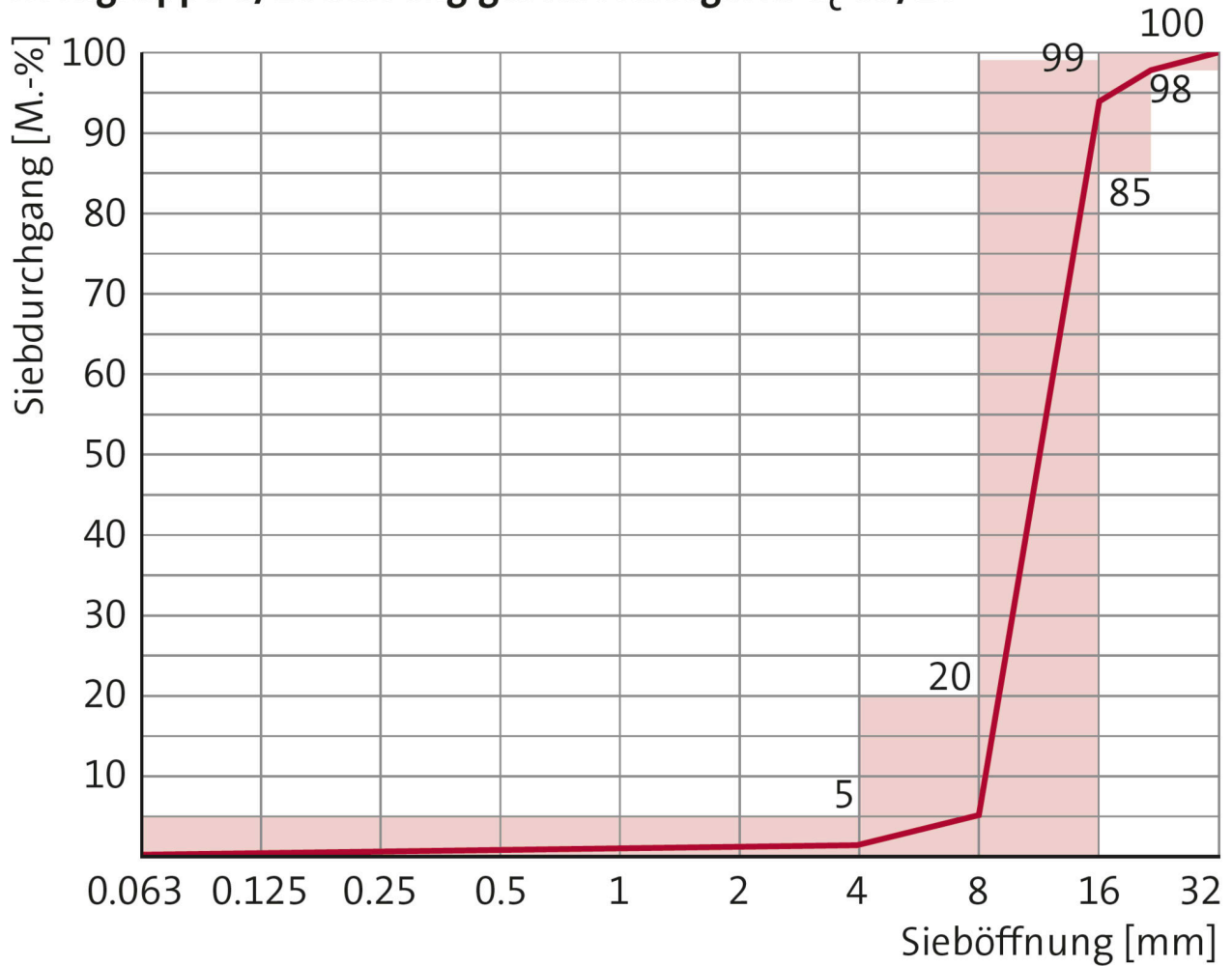


Abb. 1.3.6: Korngruppe 4/8 mm ohne Über- und Unterkorn (links) und mit Über- und Unterkorn (rechts).

Grobe Gesteinskörnungen

Bei den groben Gesteinskörnungen wird zwischen eng gestuften und weit gestuften Korngruppen unterschieden. Bei eng gestuften groben Gesteinskörnungen wird lediglich eine Anforderung an den zulässigen Über- und Unterkornanteil gestellt. Bei weit gestuften groben Gesteinskörnungen hingegen sind neben den Anforderungen an den zulässigen Über- und Unterkornanteil auch Anforderungen an die Absolut-Grenzwerte und Grenzabweichungen (GTX) für den Siebdurchgang eines zwischen den Begrenzungssieben liegenden mittleren Siebs einzuhalten. In Abbildung 1.3.7 sind die Anforderungen an den Sieblinienverlauf einer eng gestuften Korngruppe 8–16 mm (oben) und einer weit gestuften Korngruppe 4–32 mm (unten) dargestellt. Die Sieblinie dieser Körnungen müssen in dem rosa unterlegten Bereich (Absolut- Grenzwerte) verlaufen.

Korngruppe 8/16mm eng gestuft Kategorie G_c 85/20



■ Grenzbereich Kornzusammensetzungen nach der Norm SN EN 12620

— Beispiel Siebkurve

max. Feinanteil $f_{1.5}$

Korngruppe 4/32mm weit gestuft Kategorie G_c 90/15

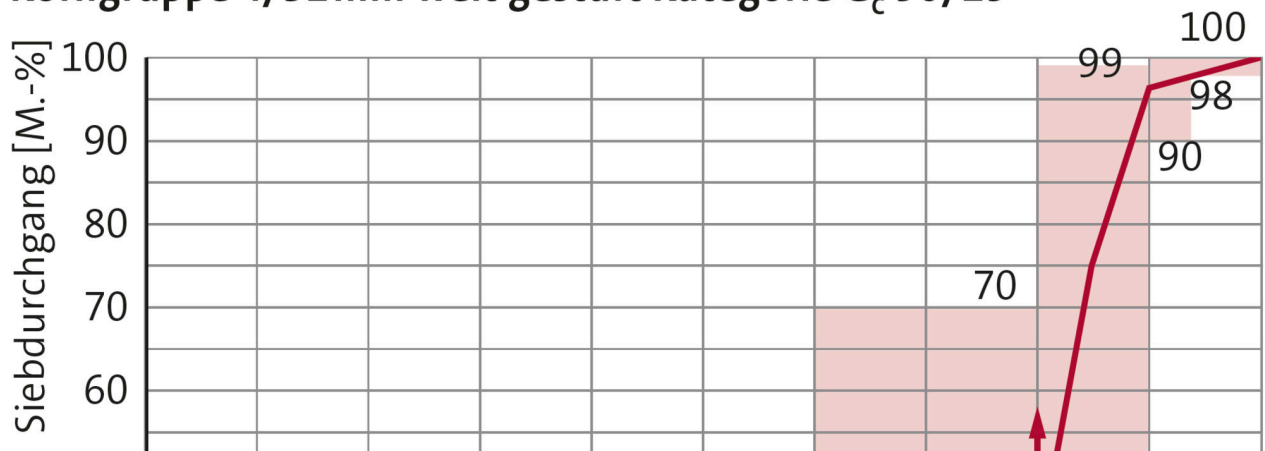
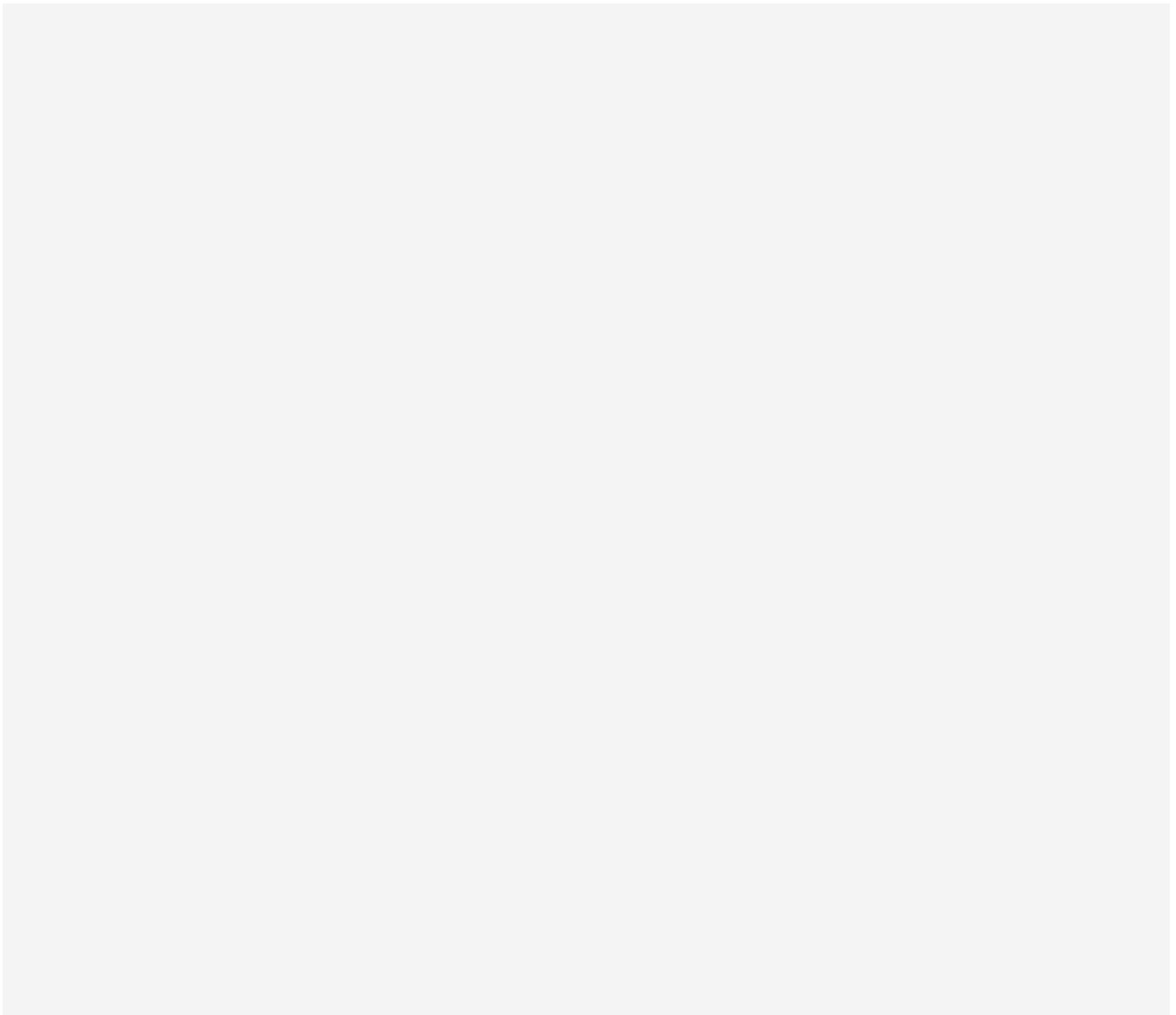


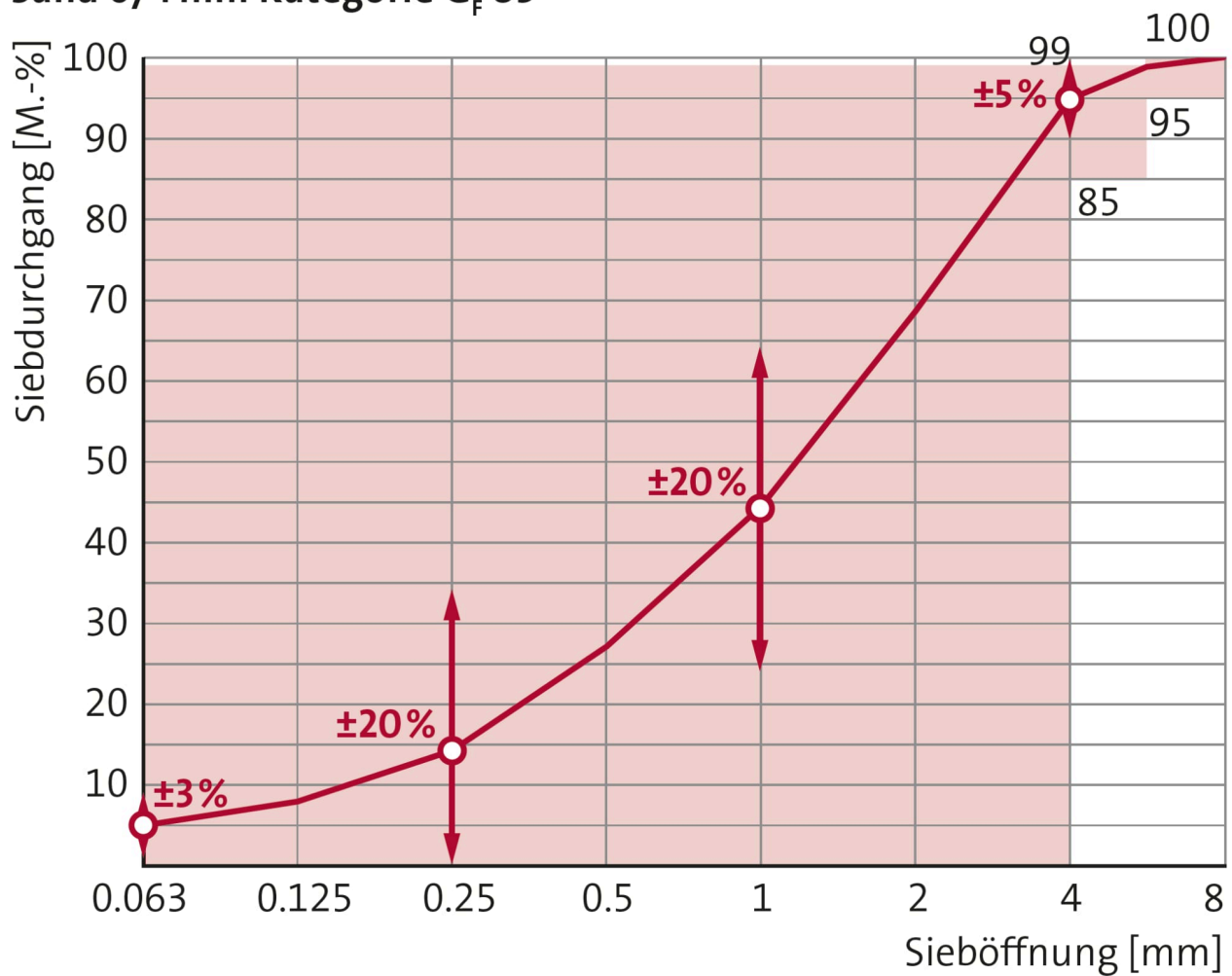
Abb. 1.3.7: Zulässige Grenzbereiche für eng gestufte Korngruppe 8–16 mm (oben) und weit gestufte grobe Korngruppe 4–32 mm (unten) mit ihren zulässigen Grenzabweichungen vom typischen Siebdurchgang (logarithmische Darstellung).

Feine Gesteinskörnungen

Es gibt keine absoluten Anforderungen an die Kornzusammensetzung von feinen Gesteinskörnungen, ausser den Siebdurchgang durch das obere Begrenzungssieb D. Der Hersteller muss für jede produzierte feine Gesteinskörnung die typische Kornzusammensetzung angeben. Die Anforderungen an die Grenzabweichungen sind für die meisten Anwendungsgebiete geeignet (Abb. 1.3.8). Für spezielle Anwendungszwecke sind verminderte Grenzabweichungen gemäss der Norm SN EN 12620, Anhang C, anzuwenden.



Sand 0/4 mm Kategorie G_F 85



■ Grenzbereich Kornzusammensetzungen nach der Norm SN EN 12620

— Typische Siebkurve des Herstellers

Feinanteil $f_{\text{angegeben}}$

Abb. 1.3.8: Zulässige Grenzabweichungen für die vom Hersteller angegebene typische Kornzusammensetzung von feinen Gesteinskörnungen am Beispiel von Sand 0/4 mm (logarithmische Darstellung).

Korngemische

Korngemische müssen grobe und feine Anteile enthalten, mit $d = 0$ und D_{max} bis 45 mm. Sie müssen die allgemeinen Anforderungen an die Kornzusammensetzung (Überkornanteile), sowie an den Siebdurchgang bei zwei mittleren Zwischensieben erfüllen.

Feinanteile

Feinanteile ($D \leq 0.063 \text{ mm}$) können die Betoneigenschaften nachteilig verändern. Bei Korngemischen wird deshalb der zulässige Gehalt an Feinanteilen auf 11 M.-% (f_{11}) und bei groben Gesteinskörnungen auf 1.5 M.-% ($f_{1.5}$) eingeschränkt. Durch Waschen werden die Feinanteile von groben Gesteinskörnungen im Kieswerk entfernt (Abb. 1.3.10). Bei höheren Gehalten an Feinanteilen kann die Eignung mit Hilfe von Vorversuchen im Beton nachgewiesen werden.

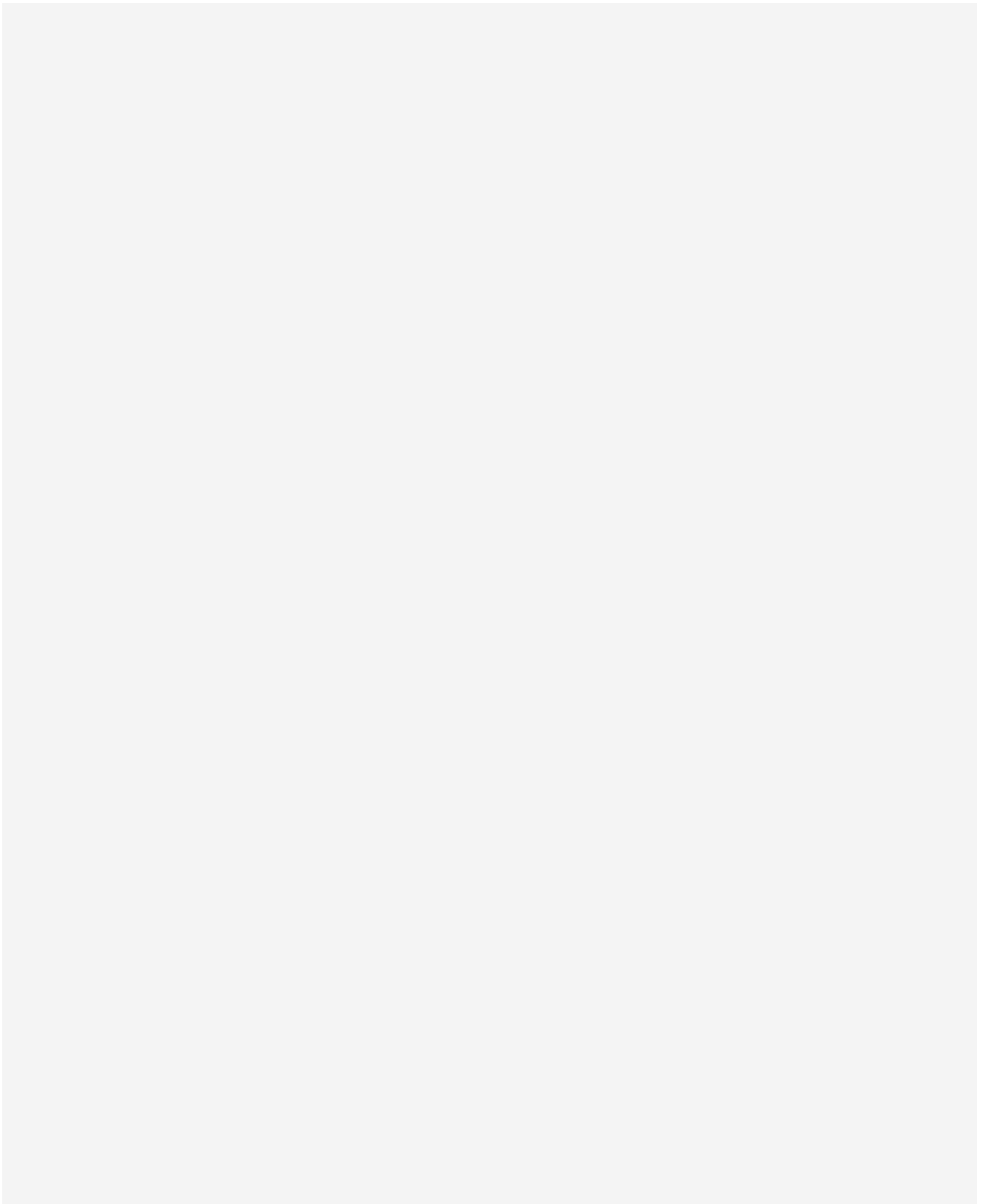


Abb. 1.3.10: Aussieben und Waschen von Gesteinskörnern im Kieswerk.

Kornform

Die Kornform hängt von der petrographischen Zusammensetzung ab. Während Mittellandkiese vorwiegend kubisch-kugelig sind, treten bei alpinen und voralpinen Gesteinskörnungen oft auch plattig-stengelige Kornformen auf (Abb. 1.3.11). Die Kornform wird mit Hilfe der Plattigkeitskennzahl beschrieben. Diese wird an groben Gesteinskörnungen nach der Norm SN EN 933-3 ermittelt und wird als Flakiness

Index (FI) angegeben. Es werden keine Anforderungen gestellt.





Kubisch-kugelige Kornform



Plattig-stengelige Kornform

Abb. 1.3.11: Kornformen von Gesteinskörnungen.

Physikalische Anforderungen

Die physikalischen Anforderungen umfassen im Wesentlichen Eigenschaften wie Rohdichte, Wasseraufnahme und Polierwiderstand. Je nach Verwendungszweck können weitere Eigenschaften wie z. B. der Widerstand gegen Zertrümmerung, Verschleiss und Abrieb geprüft werden.

Rohdichte

Die Rohdichte ist für alle Korngruppen anzugeben. Gesteinskörnungen werden nach ihrer Rohdichte in verschiedene Kategorien eingeteilt.

- Normale natürliche Gesteinskörnungen weisen eine Rohdichte im Bereich von 2500 bis 2700 kg/m³ auf.
- Rezyklierte Gesteinskörnungen werden in Beton und Mischgranulat unterteilt und für Recyclingbeton eingesetzt. Bei Betongranulat liegt die Rohdichte zwischen 2100 und 2500 kg/m³ und bei Mischgranulat zwischen 1800 und 2300 kg/m³.
- Leichte Gesteinskörnungen mit einer Rohdichte unter 2000 kg/m³ wie z. B. Blähton, Blähglas, Bims und Glasschotter werden für Leicht- und Dämmbetone eingesetzt (siehe Leichtbeton).
- Schwere Gesteinskörnungen mit einer Rohdichte über 3000 kg/m³, wie Barit, Eisenschrot, Eisenspäne, werden z. B. bei Betonbauten für den Strahlenschutz eingesetzt.

Wasseraufnahme

Die Wasseraufnahme, d. h. die Kernfeuchte, einer Gesteinskörnung ist variabel und muss für jede Gesteinskörnung einzeln bestimmt werden. Erfahrungen mit den Schweizer Gesteinen zeigen, dass sich die üblichen Wasseraufnahmen zwischen 0.5 und 1.5 M.-% bewegen (siehe [Zugabewasser](#)).

Polierwiderstand

Für Verkehrsflächen aus Beton ist der Polierwiderstand (PSV) nach der Norm SN EN 1097-8 anzugeben. Er wird an der groben Gesteinskörnung 8/11 mm geprüft und muss mindestens die Kategorie PSV44 einhalten.

Petrographische Anforderungen

Die grundsätzliche Eignung, bzw. die Dauerhaftigkeit, wie z. B. die Frostbeständigkeit, Raumbeständigkeit usw. werden anhand der petrographischen Zusammensetzung beurteilt. Mindestanforderungen werden bei der petrographischen Zusammensetzung von natürlichen Gesteinskörnungen und bei der Zusammensetzung von rezyklierten Gesteinskörnungen gestellt (Tab.1.3.3). Petrographische Anforderungen bezüglich Alkalireaktivität sind im Merkblatt SIA 2042 festgelegt.

Chemische Anforderungen

Chemische Anforderungen an natürliche und rezyklierte Gesteinskörnungen werden bezüglich Gesamtschwefelgehalt, wasser- und säurelöslichem Sulfatgehalt, wasser- und säurelöslichem Chloridgehalt sowie Bestandteilen, die das Erstarren und Erhärten beeinflussen, gestellt (Tab. 1.3.4).

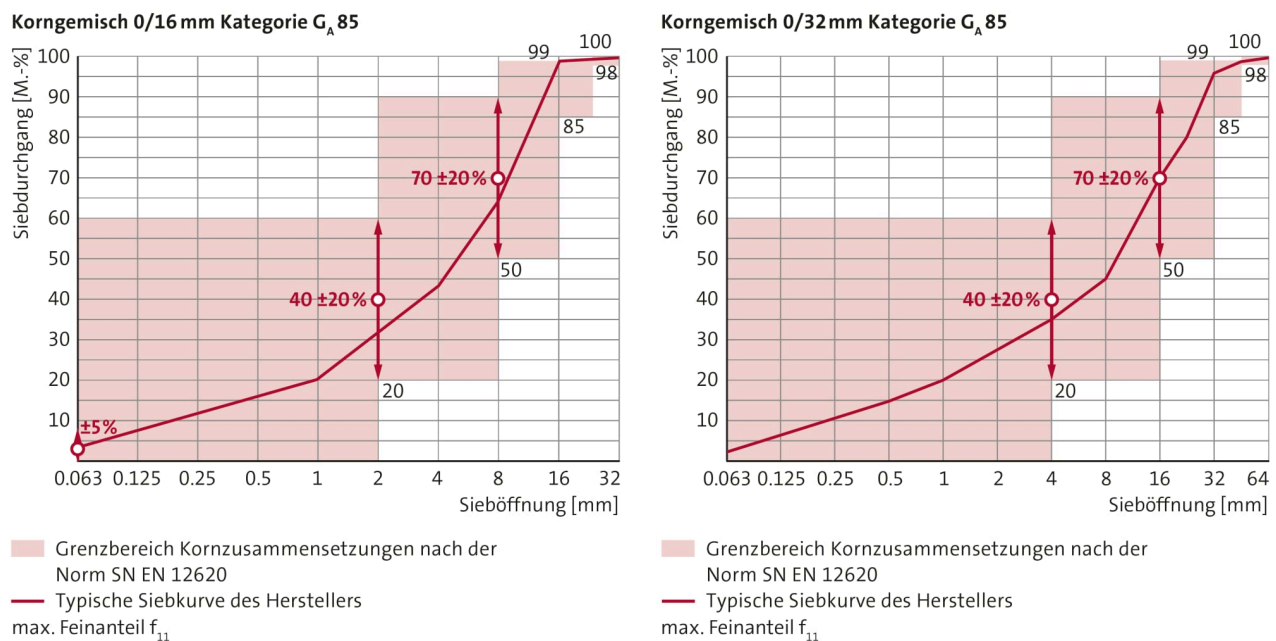


Abb. 1.3.9: Zulässige Grenzabweichungen vom typischen Siebdurchgang für Korngemische 0/16 mm (links) und 0/32 mm (rechts) (logarithmische Darstellung).

Eigenschaft	Prüfnorm	Gesteinskörnungen: maximal zulässige, bzw. minimal geforderte Anteile	
Dauerhaftigkeit: Frostbeständigkeit, Quellfähigkeit, ungeeignete Bestandteile, Feinanteile	SN 670 115	XF2, XF3, XF4: ≤ 5 M.-% ungeeignete Körner XF1: ≤ 10 M.-% ungeeignete Körner Druckfestigkeitsklasse C8/10: ≤ 15 M.-% ungeeignete Körner	
Bestandteile der rezyklierten Gesteinskörnungen (d ≥ 8 mm)	SN EN 12620 SN EN 933-11	Betongranulat*: Ra ≤ 1 M.-% Rb ≤ 5 M.-% Rc ≥ 25 M.-% Ru ≤ 75 M.-% (X + Rg) ≤ 0.3 M.-% FL ≤ 2 M.-%	Mischgranulat*: Ra ≤ 1 M.-% Rb = 5 – 25 M.-% (Rc + Ru) ≤ 95 M.-% (X + Rg) ≤ 0.3 M.-% FL ≤ 2 M.-%

* Rc: Beton, Betonprodukte, hydraulisch gebundene Gesteinskörner, Mörtel, Mauersteine aus Beton

Ru: ungebundene natürliche Gesteinskörner, Naturstein

Rb: Mauerziegel, Mauersteine, Dachziegel, nicht schwimmender Porenbeton, Kalksandsteine

Ra: Bitumenhaltige Materialien

Rg: Glas

FL: schwimmendes Material

X: sonstige Materialien (Metall, Holz, Kunststoff, Gummi, Gips, nicht schwimmende Körner, Erde usw.)

Tab. 1.3.3: Petrographische Anforderungen an die Zusammensetzung von natürlicher und rezyklierter Gesteinskörnung gemäss der Norm SN EN 12620.

Eigenschaften	Gesteinskörnungen	
	Natürliche Gesteinskörnung	Rezyklierte Gesteinskörnung
Gesamtschwefelgehalt	S ₁	
säurelöslicher Sulfatgehalt*	AS _{0,8}	
wasserlöslicher Sulfatgehalt	keine	SS _{0,2}
Bestandteile, die das Erstarren und Erhärten beeinflussen	keine	A ₁₀
säurelöslicher Chloridgehalt	keine	ist anzugeben
wasserlöslicher Chloridgehalt*	ist anzugeben	

* Bestimmung für natürliche Gesteinskörnung nur bei Verdacht aufgrund petrographischer Analyse.

Tab. 1.3.4: Chemische Anforderungen an Gesteinskörnungen gemäss der Norm SN EN 12620.

Eigenschaften von Gesteinskörnungen für Beton

Eine qualitativ gute Gesteinskörnung beeinflusst mit ihren Eigenschaften wie Kornform,

Oberflächenbeschaffenheit, Korndichte, Kornfestigkeit und seiner Kornzusammensetzung wesentlich die Eigenschaften des Betons. Je nach Verwendungszweck können auch andere Eigenschaften wie die Farbe, die Herkunft, das Verhalten gegenüber ionisierender Strahlung, die Wärmedehnung bei Brand oder hohen Betriebstemperaturen, die Säureresistenz, eine besondere Bedeutung für das Erfüllen bestimmter Anforderungen haben.

Kornform und Oberflächenbeschaffenheit

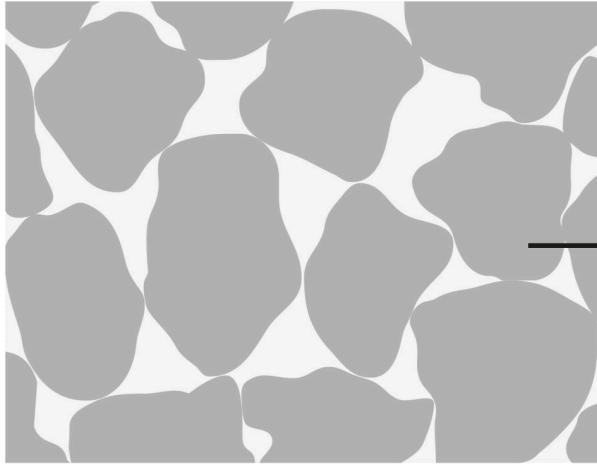
Zusammen mit der Oberflächenbeschaffenheit – natürlich gerundete oder gebrochene Körner – sind die spezifische Oberfläche und die Kornform der Einzelkörner massgeblich für den Wasserbedarf und für die Verarbeitbarkeit des Betons verantwortlich. Die Gesteinskörner sollten für eine gute Verarbeitbarkeit möglichst kubisch-kugelige Formen mit glatter Oberfläche aufweisen (Abb. 1.3.12).

Die Praxis hat aber gezeigt, dass auch Korngemische aus Brechkorn gebrauchstauglich sind, obwohl sie wegen ihrer meist sperrigeren Kornform schwieriger zu verarbeiten sind und einen höheren Zementleimbedarf haben. Gebrochene, längliche Gesteinskörnungen mit rauher Oberfläche können sich aber besser verzahnen und so die Druck-, Zug- und Abriebfestigkeit des Betons verbessern.

Packungsdichte

Die Korngrößenverteilung sollte eine hohe Packungsdichte des Korngerüstes ermöglichen, indem dank einer geeigneten Kornabstufung die kleineren Körner die Hohlräume zwischen den grösseren Körnern ausfüllen. Dadurch kann das nötige Zementleimvolumen für die Einbettung der Körner und die Verfüllung der verbleibenden Hohlräume möglichst gering gehalten werden (Abb. 1.3.13).

Grosser Hohlraumgehalt bei einem Einkornmisch



Geringer Hohlraumgehalt bei einem gut abgestuften Kornmisch

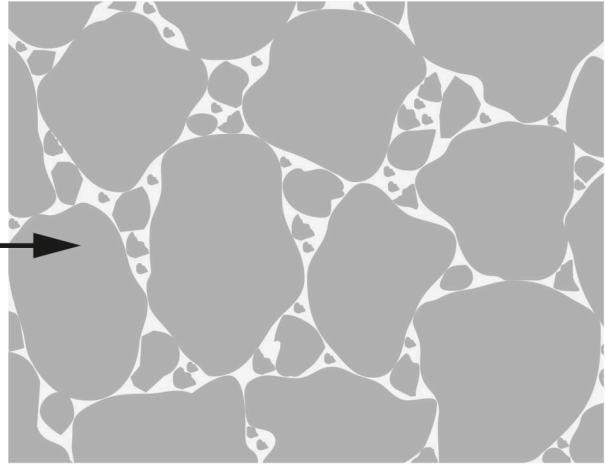


Abb. 1.3.13: Einfluss der Korngrössenverteilung auf die Packungsdichte anhand einer lose geschütteten Gesteinskörnung.





Kornform	natürlich gerundet		gebrochen	
	kugelig	nicht kugelig (stengelig/plattig)	kubisch	nicht kubisch (stengelig/plattig)
				
Kantigkeit	rund		kantig	
Oberflächenrauigkeit	glatt		rau	
spezif. Oberfläche Wasserbedarf	————— zunehmend —————>			
Verarbeitbarkeit Verdichtbarkeit	————— abnehmend —————>			

Abb. 1.3.12: Einfluss der Kornform und Kornoberfläche auf die Frischbetoneigenschaften.

Ausfallkörnungen

Kornzusammensetzungen, in denen einzelne Korngruppen praktisch ganz oder teilweise fehlen, sind sogenannte Ausfallkörnungen. Die Kornzusammensetzung hat dort einen un stetigen Verlauf (Abb. 1.3.14). In einigen Fällen werden un stetige Sieblinien mit Ausfallkörnungen eingesetzt, um die Verarbeitbarkeit und die Verdichtbarkeit zu verbessern. Dies betrifft vorrangig die Korngruppe 4–8 mm (grau gekennzeichnet)

Bereich).

Ausfallkörnung 4/8 mm bei einem Korngemisch 0/32 mm



Abb. 1.3.14: Unstetige Siebkurve mit einer Ausfallkörnung für die Korngruppe 4–8 mm (logarithmische Darstellung).

Verarbeitbarkeit und Wasseranspruch

Grobkörnige, sandarme Korngemische, die unterhalb des zulässigen Sieblinienbereiches liegen, lassen sich in der Regel nur schlecht verarbeiten und verdichten. Hingegen zeigen sandreiche Mischungen oberhalb des bewährten Sieblinienbereiches einen hohen Zementleimanspruch (Abb. 1.3.15).

Mit Hilfe der Körnungsziffer k lassen sich Sieblinien praktisch beurteilen. Je kleiner die Körnungsziffer ist, desto geringer ist das Grösstkorn und desto höher ist der Anteil kleiner Körner. Damit vergrössert sich die spezifische Oberfläche und erhöht sich der Wasseranspruch des Korngemisches. Anhand der Körnungsziffer kann je nach angestrebtem Konsistenzbereich der Wasserbedarf abgeschätzt werden.

$$\text{Körnungsziffer } k = \frac{\text{Summe aller Siebrückstände } R_d}{100}$$

k Körnungsziffer [-]

R_d Rückstände auf den einzelnen Sieben (ab 0.25 mm bis 63 mm) [M.-%]

Gl. 1.3.3

Beispiel 2:

Berechnen der Körnungsziffer k für ein praxisübliches Korngemisch 0–32 mm. Gegebene Zusammensetzung:

Sieblochweite	0.25	0.5	1	2	4	8	16	31.5	63	Σ
Siebrückstand	92	90	82	72	58	48	28	1	0	471

$$k = \frac{471}{100} = 4.71$$

In Abbildung 1.3.16 ist der Wasserbedarf von Betonen mit unterschiedlichen Konsistenzen

als Funktion der Körnungsziffer k dargestellt. Der Wasseranspruch wurde empirisch an Betonen mit oberflächentrockener Gesteinskörnung ohne Fließmittel ermittelt und entspricht dem wirksamen Wassergehalt (siehe [Zugabewasser](#)).

Für eine Sieblinie 0–32 mm wurde eine Körnungsziffer k von 4.71 mit Gleichung 1.3.3 berechnet (Beispiel 2). Der Wasseranspruch dieser Gesteinskörnung beträgt für einen Beton im Konsistenzbereich F3 ohne Fließmittel ca. 170 l/m³ (siehe Tab. 2.3.6 unter [Beton nach Eigenschaften](#)).



Abb. 1.3.15: Frischbeton mit: zu geringem Anteil an feiner Gesteinskörnung (links), optimalem Anteil an feiner Gesteinskörnung (Mitte), zu hohem Anteil an feiner Gesteinskörnung (rechts).

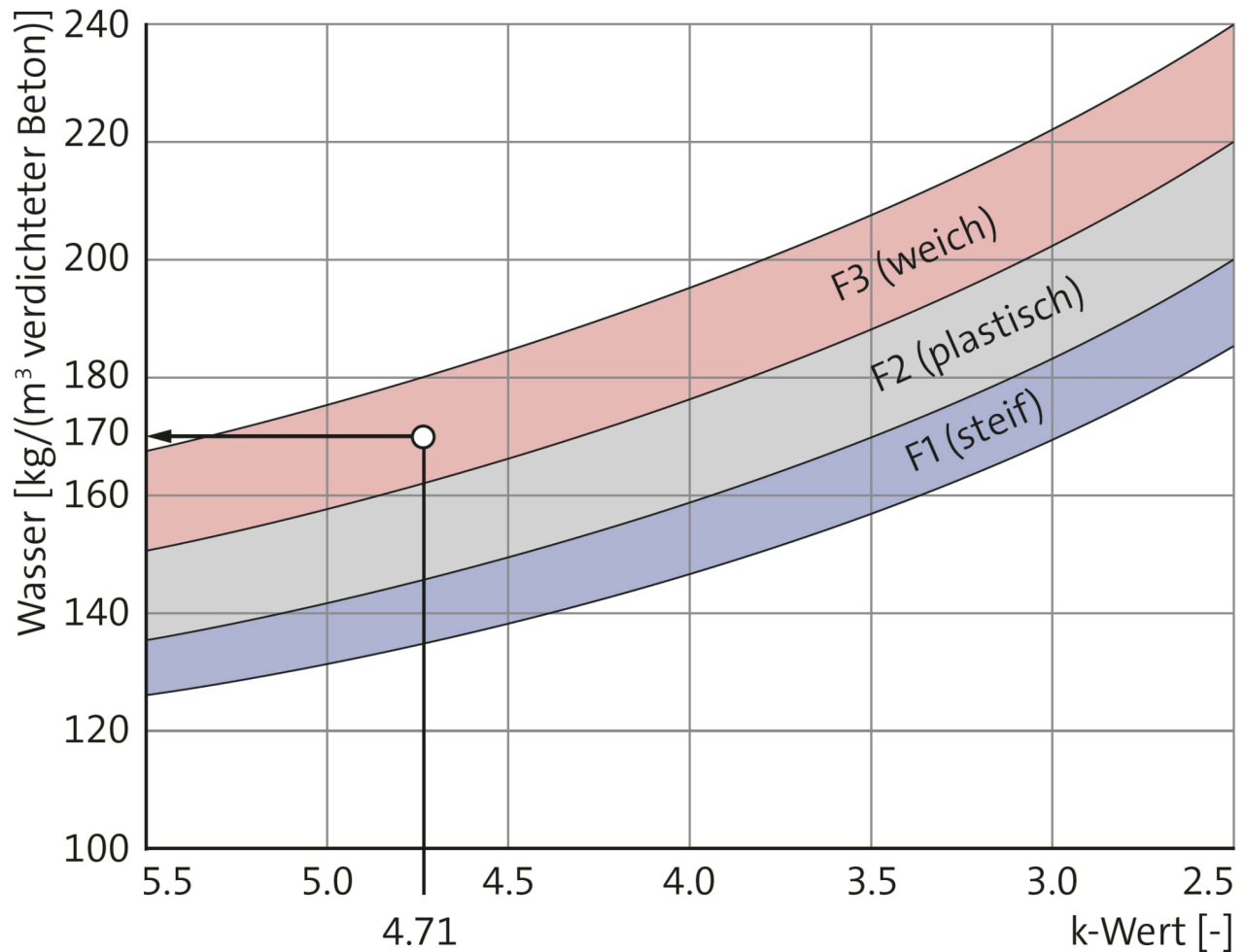


Abb. 1.3.16 Wasserbedarf von Betonen in Abhängigkeit der Körnungsziffer für Betone mit unterschiedlichen Konsistenzen (ohne Fließmittel).

Gesteinskörnungen werden oftmals unter freiem Himmel zwischengelagert, bevor sie ins Betonwerk transportiert werden. Durch vorangegangene Regenperioden bzw. Trockenzeiten kann die Oberflächenfeuchte der Gesteinskörnungen stark schwanken. Die genaue Oberflächenfeuchte ist im Betonwerk zu bestimmen und bei der Zugabewassermenge zu berücksichtigen. Praxisübliche Feuchtigkeitsgehalte von natürlich gerundeten Schweizer Gesteinskörnungen sind:

Korngruppe [mm]	Feuchtigkeitsgehalte der Gesteinskörnung [M.-%]
Sand 0/4	4.0–8.0
Kies 4/8	2.0–4.0
Kies 8/16	1.0–2.0
Kies 16/32	0.5–1.0

Tab. 1.3.5: Richtwerte für Feuchtigkeitsgehalte von natürlich gerundeter Gesteinskörnung.

Mehlkorn

Zum Mehlkorn werden alle Komponenten im Beton mit Korngrösse ≤ 0.125 mm gezählt, also Anteile der Gesteinskörnung, Zement und Zusatzstoffe. Das Mehlkorn wirkt als Schmiermittel im Beton. Für eine gute Verarbeitbarkeit, insbesondere bei Pumpbeton, selbstverdichtendem Beton, aber auch für schöne Sichtbetonoberflächen ist auf eine genügende Mehlkornmenge zu achten. Die Richtwerte in Tabelle 1.3.6 für solche Anwendungen sind gegebenenfalls anzupassen.

Ein optimaler Mehlkorngehalt

- erhöht die Schmierfilmmenge ohne nennenswerte Erhöhung des Wasseranspruches
- gewährt eine verbesserte Verarbeitbarkeit des Betons
- verbessert das Wasserrückhaltevermögen und verhindert das Bluten des Betons während und nach der Verarbeitung (siehe **Entmischungen**)
- verhindert eine Entmischung beim Einbringen und erleichtert das Verdichten des Betons
- erhöht die Gefügedichte
- verbessert die Wirksamkeit von Zusatzmitteln
- verbessert die Oberflächenbearbeitung beim Abziehen und Glätten

Durchmesser des Grösstkorns	8	16	22.5	32	45	63
Mehlkorngehalt [kg/m ³ Beton]	450	400	375	350	325	300

Tab. 1.3.6: Richtwerte des Mehlkorngehaltes in Abhängigkeit vom Durchmesser des Grösstkorns.

Feine Gesteinskörnungen

Die Korngruppe 0–4 mm ist wegen ihres hohen Anteils an spezifischer Oberfläche die Schlüsselkomponente für die Qualität eines Korngemischs. Die Korngruppe 0–4 mm wird in der Regel bei der Aufbereitung aus verschiedenen Komponenten zusammengesetzt (z. B. Natursand gewaschen / Brechsand trocken und/oder Brechsand gewaschen). Zur Zeit werden keine rezyklierten feinen Gesteinskörnungen für Beton hergestellt.

Feinsandreiche Mischungen (mit mehr als 30 M.-% Anteile < 2 mm) haben eine hohe spezifische Oberfläche und benötigen einen erhöhten Zementleimgehalt.

Grösstkorn

Die Wahl des Grösstkorns wird meistens von den Abmessungen des Bauteils, dessen Form, der Bewehrungsdichte und dem Einbauverfahren bestimmt. Eine Faustregel besagt, dass das Grösstkorn nicht grösser sein sollte als 1/4 der kleinsten Bauteildicke oder des Bewehrungsabstandes und -überdeckung. Bei massigen, unbewehrten Bauteilen können Grösstkörner bis 125 mm Durchmesser eingesetzt werden. Bei eng bewehrten, schlanken Bauteilen mit komplizierten Geometrien oder mit Sichtbetonanforderungen kommt häufig ein Grösstkorn von 16 mm zum Einsatz. Im Normalfall hat sich aus praktischen und wirtschaftlichen Gründen ein Grösstkorn von 32 mm durchgesetzt.