



**FIXIT.CH**

## Beton Handbuch



## **Was ist Beton** **4**

## **Ausgangsstoffe für Beton** **6**

Zement	6
Ausgangsstoffe für Zement	8
Zementherstellung	8
Bezeichnung der Zementart	9 – 11
Betonzusatzstoffe	12
Betonzusatzmittel	13
Anmachwasser / Zugabewasser	15
Gesteinskörnungen	16 – 21

## **Festlegung des Betons** **22**

Druckfestigkeit	22 – 23
Expositionsklassen	24 – 36
Grösstkorn	37
Chloridgehaltsklassen	37
Konsistenz	38
Rohdichte	39

## **Frischbetonprüfungen** **42**

Ausbreitmass	43
Verdichtungsmass	43
Setzmass	44
Temperatur	45
Luftgehalt	45
Frischbetonrohichte	46
Wassergehalt	47
Herstellung und Lagerung der Prüfkörper	48

## **Festbetonprüfungen** **52**

Würfeldruckfestigkeit	52
Bohrkerndruckfestigkeit	53
Wassereindringtiefe unter Druck	53
Chloridgehalt	53
Wasserleitfähigkeit	53
Chloridwiderstand	53
Frosttausalz-widerstand	53

Sulfatwiderstand	53
Schwinden und Kriechen	53
Elastizitätsmodul	54
Frostbeständigkeit	54
Abriebverhalten	54
Frostwechselverhalten	54
Frost- und Tausalzwiderstand TFB	54
Frost- und Tausalzwiderstand BE I	54
Arbeitsvermögen an Quadratplatten	54
Stahlfasergehalt aus Betonproben	54
<b>Porenstruktur im Festbeton</b>	<b>56</b>
Porenarten, Entstehung, Auswirkungen	56
<b>Nachbehandlung</b>	<b>58</b>
Betonieren bei kaltem Wetter	59 – 60
Betonieren bei heissem Wetter oder starken Wind	61 – 62
<b>Betonanwendungen</b>	<b>64</b>
Sichtbeton	64
Selbstverdichtender Beton	65
Pumpbeton	65
Abriebfester Beton	65
Faserbeton	66
Feuerbeständiger Beton	66
Spritzbeton	67
Drainbeton	68
<b>Produktsortiment</b>	<b>70</b>
Anwendungsbereiche für Fixit Trockenbetone	71



# Was ist Beton



Kloster, Mels  
Fixit 565 Natursteinfugenmörtel 0 – 3 mm, stark hydrophob

## Beton ist ein Gemisch aus

Bindemittel	+	Anmachwasser	+	Zuschlagstoffen
↓		↓		↓
Zement	+	Zugabewasser	+	Gesteinskörnung

Beton ist ein Gemisch aus Bindemittel (Zement), Anmachwasser (Zugabewasser) und Zuschlagstoffen (Gesteinskörnung) das in frischem Zustand plastisch ist, nach dem Einbringen erstarrt, mit fortlaufender Dauer erhärtet und je nach Anteil der einzelnen Komponenten steinartige Eigenschaften erreicht (fest, dauerhaft, etc.), ähnlich dem in der Natur vorkommenden Konglomerat.

Dieser kann ausserdem **Betonzusatzstoffe** und **Zusatzmittel** enthalten.



## Die richtige Auswahl eines Betons hängt von folgenden Kriterien ab

		Festlegung von:
<b>Statische Belastungen</b>	Eigengewicht + Nutzlast + äussere und innere Belastungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Druckfestigkeit</li> <li>• Biegezugfestigkeit</li> <li>• Spaltzugfestigkeit</li> <li>• Abreissfestigkeit</li> <li>• Betonrohddichte (Raumgewicht)</li> <li>• E-Modul</li> <li>• Baufortschritt</li> <li>• Zementsorte</li> </ul>
<b>Physikalische Angriffe</b>	Temperaturentwicklung des jungen Betons + Witterung + Frost + Tau-mittelangriff + Hitze + mechanischer Abrieb	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dichtheit (Wasserundurchlässigkeit)</li> <li>• Frostbeständigkeit</li> <li>• Frost-Taumittel-Beständigkeit</li> <li>• Art der Gesteinskörnung</li> <li>• Zementart</li> <li>• Zusatzmittel und Zusatzstoffe</li> <li>• Frischbetontemperatur</li> <li>• Gestalt des Bauteils</li> <li>• Betondeckung</li> <li>• Abriebfestigkeit</li> <li>• Schutzzeit (Nachbehandlung)</li> </ul>
<b>Chemische Angriffe</b>	Angriffe durch Taumittel, Abwasser, Thermalwasser, Milch, Säuren, Laugen oder gipshaltige Wässer. Erhebung der Konzentration der angreifenden Stoffe sowie der Rahmenbedingungen (z.B. Temperaturverhältnisse) ist unbedingt notwendig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Angriffsart und Angriffsgrad</li> <li>• Zementsorte</li> <li>• Gesteinskörnung</li> <li>• Dichtheit</li> <li>• Weitergehende Schutzmassnahmen (z.B. Beschichtung)</li> <li>• Schutzzeit</li> <li>• Betondeckung</li> <li>• Gestalt des Bauteiles</li> </ul>
<b>Einbaubedingungen und Anforderungen an die Sichtfläche</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konsistenz</li> <li>• Grösstkorn der Gesteinskörnungen</li> <li>• Sieblinie</li> <li>• Verarbeitungszeit</li> <li>• Transport</li> <li>• Förderung (Pumpe, Kran, etc.)</li> <li>• Verdichtung</li> <li>• Schalung</li> <li>• Nachbehandlung</li> </ul>

## Zement

### Definition

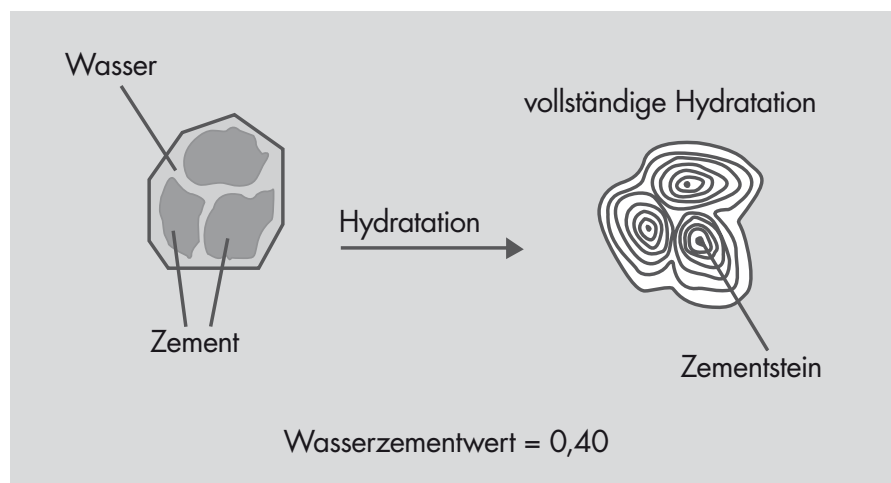
Zement ist ein hydraulisches Bindemittel. Das bedeutet, dass Zement unter Einbindung von Wasser Zementstein bildet und sowohl an der Luft als auch unter Wasser durch Hydratation erhärtet und raumbeständig bleibt.

### Geschichte

Die alten Römer gelten als Erfinder des Zements. Die heutige Art Zement zu produzieren, geht auf den Engländer John Aspdin zurück. Er entwickelte 1824 ein Verfahren, um einen hoch druckfesten Baustoff herzustellen, der auch ohne Luft aushärten kann. Da das Produkt dem

grauen Kalkstein an der englischen Küste bei Portland ähnelte, nannte Aspdin es „Portlandzement“.

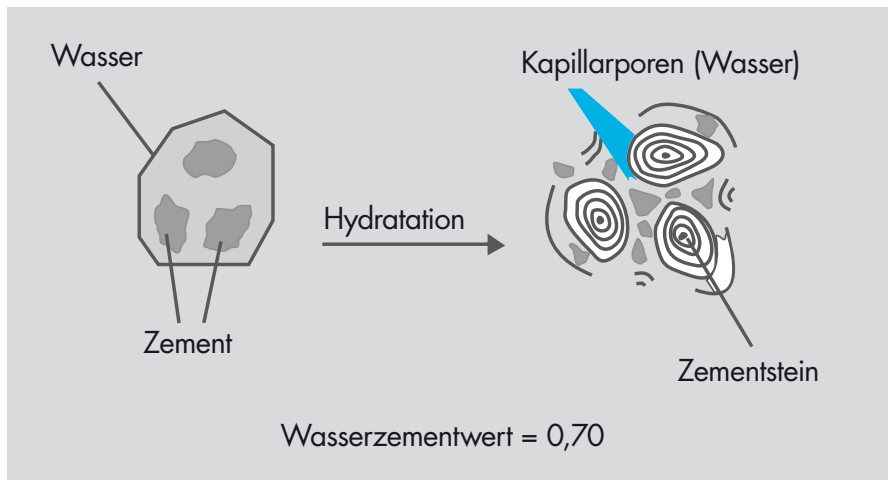
### Hydratation (Festigkeitsbildung unter Einbindung von Wasser)



Bei einem W/B Wert von 0,40 wird das gesamte Wasser vom Zement gebunden.

### Durch die Zementhydratation entstehen zwei neue mineralische Stoffe:

- kleine nadelförmige Gebilde aus Calciumsilikathydraten (CSH) von leicht schwankender Zusammensetzung, die sich miteinander verfilzen und damit ein dichtes Gefüge erheblicher Festigkeit bilden.
- grosse plattige Calciumhydroxid-Kristalle ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), die keinen Beitrag zur Festigkeit erbringen, jedoch infolge ihrer hohen alkalischen Wirkung die Bewehrung vor Korrosion schützen.



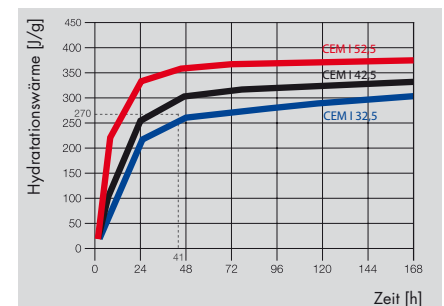
Bei jedem W/B-Wert grösser 0,40 bleibt Restwasser zurück und bildet vermehrt Kapillarporenraum → Kapillarenporosität.

**Die beiden Reaktionsprodukte der Zementhydratation wirken sich positiv (+) oder negativ (-) aus**

- |                     |  |
|---------------------|--|
| CSH                 | + Druckfestigkeit<br>+ Dichtigkeit<br>+ Dauerhaftigkeit  |
| Ca(OH) <sub>2</sub> | + Bewehrungsschutz<br>gegen Korrosion (pH>12)<br>– wasserlöslich<br>– Kalkausblühungen<br>– Reaktionspartner für<br>Sulfat-Angriff und Alkali-<br>Kieselsäure-Reaktion |

Mit Wasser angemacht beginnt Zement chemisch zu reagieren. Man nennt dies die Hydratation des Zements. Sie ist mit erheblicher Wärmeentwicklung, der sogenannten Hydratationswärme,

verbunden und führt schliesslich zum Abbinden und mit fortschreitender Erhärtung zum Zementstein.



Ribbert AG, Schönenberg  
Fixit 530 Injektionsmörtel 0 – 0,5 mm



## Ausgangsstoffe für Zement

### Hauptkomponenten für die Klinkerproduktion

- Kalkstein (ca. 65%)
- Mergel
- Ton
- Sand
- Lehm

Klinkermaterialien



### Zementproduktion

- Klinker
- Gips (max. 5%)

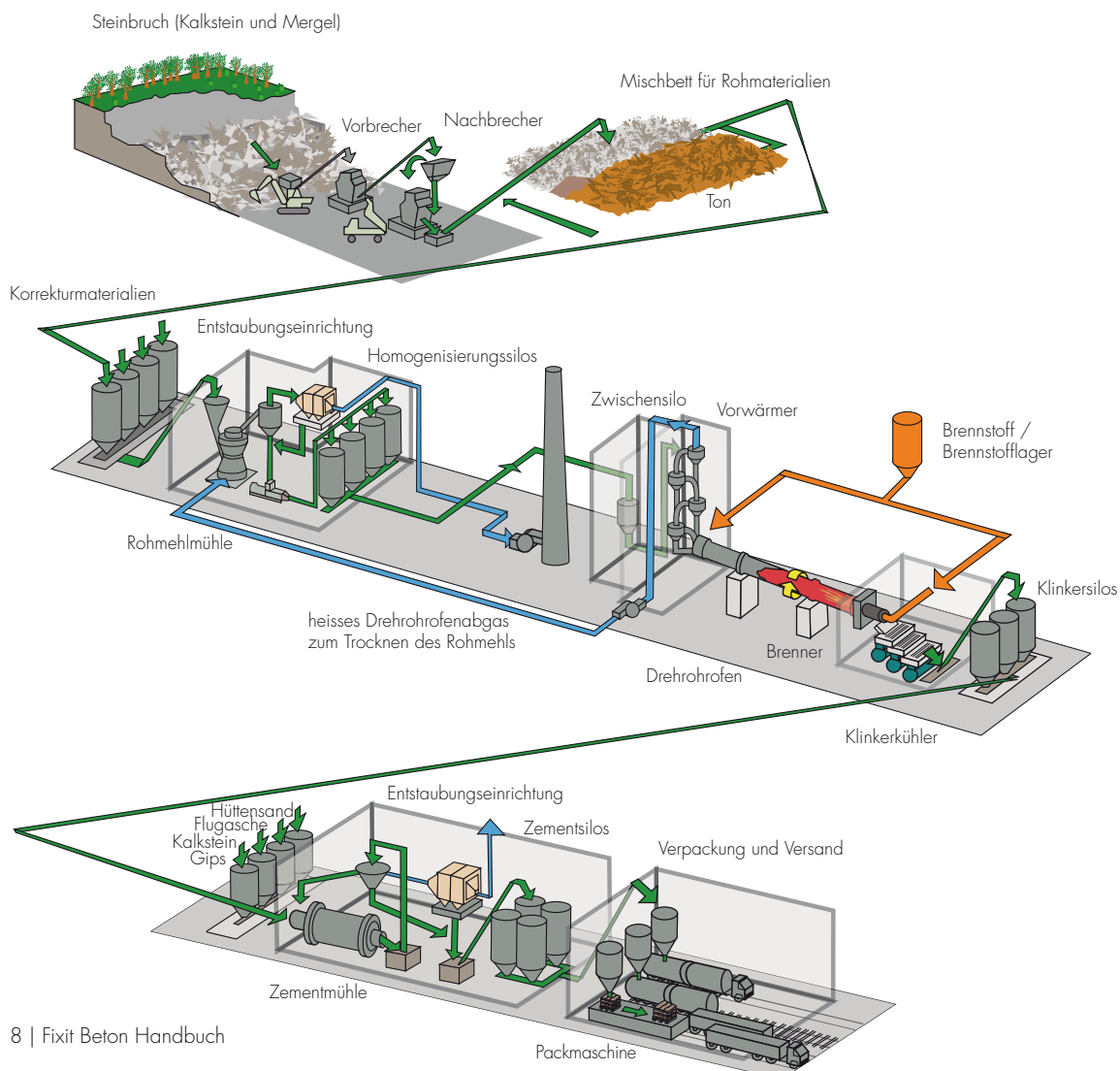
- Hüttensand
- Flugasche
- Puzzolane
- Microsilika

Zumahlstoffe

Diese Klinkermaterialien werden zumeist bergmännisch gewonnen, zerkleinert, gemahlen und anschliessend bei 1450°C im Drehrohren zu so genanntem «Klinker» gebrannt.

Aus der Zusammensetzung der Klinkermaterialien und Zumahlstoffe, sowie der Mahlfeinheit ergeben sich Zementsorten in unterschiedlichen Festigkeitsklassen.

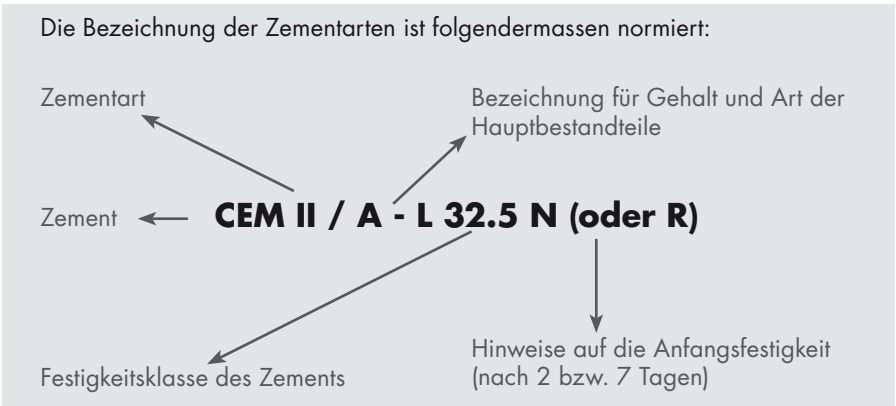
## Zementherstellung



# Bezeichnung der Zemente nach EN 197-1

## Zemente / Zementart

CEM I	Portlandzemente
CEM II	Portlandkompositzemente
CEM III	Hochofenzemente
CEM IV	Puzzolanzemente
CEM V	Kompositzemente



## Gehalt der Zumahlstoffmenge

A	Zumahlstoffmenge des Hauptbestandteiles bis 20 %
B	Zumahlstoffmenge des Hauptbestandteiles über 20 %

Hauptbestandteile		
Portlandzementklinker	K	Wird durch Sinterung einer genau festgelegten Rohstoffmischung (Kalkstein, Mergel, Ton) bei ca. 1450°C hergestellt.
Hüttensand	S	Entsteht durch schnelles Abkühlen einer Schlackenschmelze geeigneter Zusammensetzung, die im Hochofen beim Schmelzen von Eisenerz gebildet wird. Hüttensand weist bei geeigneter Anregung hydraulische Eigenschaften auf.
Microsilika (Silicastaub)	D	Entsteht bei der Reduktion von hochreinem Quarz mit Kohle in Lichtbogenöfen bei der Herstellung von Silicium- und Ferrosiliciumlegierungen. Es besteht aus sehr feinen, kugeligen Partikeln mit einem Gehalt an amorphem Siliciumoxid mit mind. 85%. Silicastaub und weist puzzolanische Eigenschaften auf.
Natürlicher Puzzolan P, Künstlicher Puzzolan	P, Q	Natürliche Puzzolane sind im Allgemeinen Stoffe vulkanischen Ursprungs oder Sedimentgestein mit geeigneter chemisch mineralogischer Zusammensetzung. Puzzolane sind natürliche Stoffe mit kieselensäurehaltiger oder alumosilicatischer Zusammensetzung oder eine Kombination davon.
Kieselsäurereiche Flugasche V, Kalkreiche Flugasche W	V, W	Flugasche wird durch die elektrostatische oder mechanische Abscheidung von staubartigen Partikeln aus Rauchgasen von Feuerungen erhalten, die mit feingemahlener Kohle befeuert werden. Kieselsäurereiche Flugasche ist ein feinkörniger Staub, hauptsächlich aus kugeligen Partikeln mit puzzolanischen Eigenschaften. Kalkreiche Flugasche ist ein feinkörniger Staub mit hydraulischen Eigenschaften und/oder puzzolanischen Eigenschaften.
Gebrannter Schiefer	T	Insbesondere gebrannter Ölschiefer wird in einem speziellen Ofen bei Temperaturen von 800°C hergestellt. Dieser weist in feingemahlenem Zustand ausgeprägte hydralische sowie puzzolanische Eigenschaften auf.
Kalkstein	L	Kalkstein weist inerte Eigenschaften auf. Diese werden je nach Gesamtgehalt an organischem Kohlenstoff (TOC) in zwei Kategorien eingeteilt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• normaler Kalkstein (L): TOC &lt; 0,50 M-%</li> <li>• hochwertiger Kalkstein (LL): TOC &lt; 0,20 M-%</li> </ul>

### Nebenbestandteile

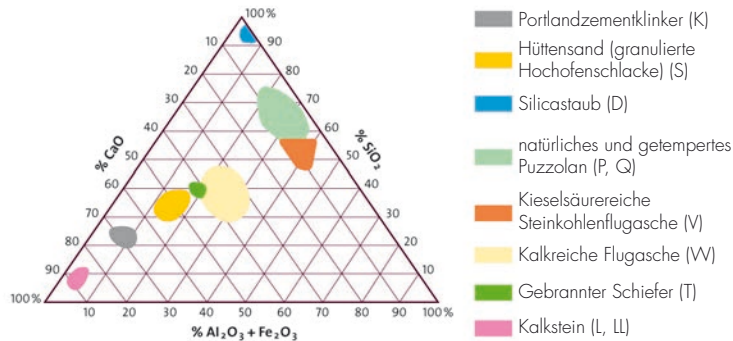
Nebenbestandteile sind besonders ausgewählte, anorganische, mineralische Stoffe, die während der	Klinkerherstellung entstehen. Auch Hauptbestandteile in geringen Mengen (0 bis 5 M-%) können als	Nebenbestandteile erhalten sein, es sei denn, sie sind bereits Hauptbestandteil des Zements.
--	--	--

### Eigenschaften von Haupt- und Nebenbestandteilen

Hydraulische Eigenschaften	Nach Wasserzugabe erfolgt eine selbständige Erhärtung durch Hydratation sowohl an der Luft als auch unter Wasser. (K W T)
Latent hydraulische Eigenschaften	Es ist ein natürliches hydraulisches Potenzial vorhanden. Latent hydraulische Zusatzstoffe beginnen selbst erst in Gegenwart von Anregern (Alkali, Kalk, Sulfat) und Wasser mit der Bildung von zementhydratähnlichen Stoffen. Dabei laufen im Wesentlichen die gleichen Reaktionen wie bei der Hydratation von Zement ab. (S)
Puzzolanische Eigenschaften	Es ist kein hydraulisches Potenzial vorhanden. Puzzolanische Zusatzstoffe reagieren mit dem bei der Hydratation des Klinkeranteils frei werdenden Calciumhydroxid. Dadurch bilden sich zementhydratähnliche Stoffe. (D, P, Q, V, W, T)
Inerte Eigenschaften	Es ist weder hydraulisches noch puzzolanisches Potenzial vorhanden. Inerte Stoffe gehen keine chemische Reaktion ein, das heisst sie verändern sich nicht, reagieren nicht, tragen nichts zur Festigkeitsbildung bei und verhalten sich neutral im alkalischen Milieu. Inerte Bestandteile verbessern jedoch die physikalischen Betoneigenschaften. (L, LL)

### Einteilung der Hauptbestandteile in das Dreistoffdiagramm

Die Abbildung zeigt die stoffliche Verwandtschaft der Hauptbestandteile von Zement und Portlandzementklinker. Mehr als 90 %z der Erdrinde bestehen aus den Elementen dieser Hauptoxide.



### Besondere Eigenschaften

#### Zement mit hohem Sulfatwiderstand

Wird gemäss nationalem Vorwort resp. Anhang mit dem Zusatz HS nach der Festigkeitsklasse bezeichnet. Die folgenden Zemente gelten als Zement mit hohem Sulfatwiderstand:

- CEM I mit einem  $C_3A$ -Gehalt < 3,0 M-%
- CEM III/B
- CEM III/C

Für andere Zemente muss die gleiche Leistungsfähigkeit bezüglich Sulfatwiderstand nachgewiesen werden.

#### Zement mit niedriger Hydratationswärme

Werden mit dem Kurzzeichen LH gekennzeichnet. Die Hydratationswärme darf den charakteristischen Wert von 270 l/g nicht überschreiten. Die Hydratationswärme ist entweder nach 7 Tagen oder nach 41 Stunden zu bestimmen.



## Festigkeitsklasse des Zementes / Anfangsfestigkeiten

Festigkeits- klasse	Druckfestigkeit [N/mm²]				Erstarrungs- beginn [Min]
	Anfangsfestigkeit		Normfestigkeit		
	2 Tage	7 Tage	28 Tage		
32.5 N 32.5 R	- ≥ 10.0	≥ 16.0 -	≥ 32.5	≤ 52.5	≥ 75
42.5 N 42.5 R	≥ 10.0 ≥ 20.0	- -	≥ 42.5	≤ 62.5	≥ 60
52.5 N 52.5 R	≥ 20.0 ≥ 30.0	- -	≥ 52.5	-	≥ 45

Für jede Klasse der Normfestigkeit sind zwei Klassen für die Anfangsfestigkeit definiert:

Eine Klasse mit **üblicher Anfangsfestigkeit**, die mit **N** gekennzeichnet wird, und eine Klasse mit **hoher Anfangsfestigkeit**, gekennzeichnet mit **R**.

## Zementarten und Zusammensetzung

Zementart	Bezeichnung	Kennzeichnung	Portland- zement- klinker K	Hütten- sand S	Silicastaub D	Puzzolan		Flugasche		Gebrannter Schiefer T	Kalkstein L	Nebenbe- standteile
						natürlich P	industriell Q	kieselsäure- reich V	kalkreich W			
I	Portland- zement	I	95 - 100	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
II	Portland- hütten- zement	II/A - S	80 - 94	6 - 20	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
		II/B - S	65 - 79	21 - 35	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
	Portland- silicastaub- zement	II/A - D	90 - 94	-	6 - 10	-	-	-	-	-	-	0 - 5
	Portland- puzzolan- zement	II/A - P	80 - 94	-	-	6 - 20	-	-	-	-	-	0 - 5
		II/B - P	65 - 79	-	-	21 - 35	-	-	-	-	-	0 - 5
		II/A - Q	80 - 94	-	-	-	6 - 20	-	-	-	-	0 - 5
		II/B - Q	65 - 79	-	-	-	21 - 35	-	-	-	-	0 - 5
	Portland- flugasche- zement	II/A - V	80 - 94	-	-	-	-	6 - 20	-	-	-	0 - 5
		II/B - V	65 - 79	-	-	-	-	21 - 35	-	-	-	0 - 5
		II/A - W	80 - 94	-	-	-	-	-	6 - 20	-	-	0 - 5
		II/B - W	65 - 79	-	-	-	-	-	21 - 35	-	-	0 - 5
	Portland- schiefer- zement	II/A - T	80 - 94	-	-	-	-	-	-	6 - 20	-	0 - 5
		II/B - T	65 - 79	-	-	-	-	-	-	21 - 35	-	0 - 5
	Portland- kalkstein- zement	II/A - L	80 - 94	-	-	-	-	-	-	-	6 - 20	0 - 5
		II/B - L	65 - 79	-	-	-	-	-	-	-	21 - 35	0 - 5
	Portland- composit- zement	II/A - M	80 - 94	6 - 20								
		II/B - M	65 - 79	21 - 35								
III	Hochofen- zement	III/A	35 - 64	36 - 65	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
		III/B	20 - 34	66 - 80	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
		III/C	5 - 19	81 - 95	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
IV	Puzzolan- zement	IV/A	65 - 89	-	11 - 35				-	-	-	0 - 5
		IV/B	45 - 64	-	36 - 55				-	-	-	0 - 5
V	Komposit- zement	V/A	40 - 64	18 - 30	-	18 - 30			-	-	-	0 - 5
		V/B	20 - 39	31 - 50	-	31 - 50			-	-	-	0 - 5

## Betonzusatzstoffe

Betonzusatzstoffe sind pulverförmige oder flüssige Zusätze, die bestimmte Eigenschaften des Betons beeinflussen. Sie dürfen dem Beton nur zugegeben werden, wenn sie das Erhärten des Zements, die Festigkeit und die Beständigkeit des Betons, sowie den Korrosionsschutz des

Betons nicht beeinträchtigen.

Sie sind als Volumenbestandteile in der Stoffraumrechnung für den k-Wert Ansatz zu berücksichtigen.

Die übliche Klassifizierung der Zusatzstoffe richtet sich nach ihrem chemischen

Verhalten im Zementleim und/oder nach ihrer Wirkung im Beton.

Eine weitere Einteilung bezieht sich auf deren chemische Zusammensetzung (Dreistoffdiagramm).

## Wichtige Zusatzstoffe

Kalksteinfüller	Typ I nahezu inaktive Zusatzstoffe	Reagieren nicht mit Zement und Wasser und greifen somit nicht in die Hydratation ein.
Steinmehl		Sie dienen aufgrund ihrer Korngrösse, -zusammensetzung und -form der Verbesserung des Kornaufbaus im Mehlkornbereich.
Farbpigmente		Sie werden zugesetzt, um beispielsweise bei Betonen mit feinteilarmen Sanden einen für die Verarbeitbarkeit und für ein geschlosseneres Gefüge ausreichenden Mehlkorngesamt zu erzielen.
Natürliche Puzzolane (Trass)	Typ II puzzolanische oder	Puzzolanische Zusatzstoffe Sie reagieren mit dem bei der Hydratation des Zementsteins entstehenden Calciumhydroxid und bilden dabei zementsteinähnliche Erhärtungsprodukte.
Flugasche		Solche Stoffe tragen zur Erhärtung bei und dienen aufgrund ihrer Korngrösse, -zusammensetzung und -form der Verbesserung des Kornaufbaus im Mehlkornbereich.
Silicastaub Microsilika	latent hydraulische Zusatzstoffe	
Hüttensand		Latent hydraulische Stoffe benötigen einen Anreger (Calciumhydroxid oder Calciumsulfat), um dann selbst hydraulisch zu erhärten.
Fasern		Faserartige Stoffe kommen insbesondere als Stahlfasern, aber auch als Glasfasern oder Kunststofffasern zum Einsatz. Sie können die Frisch- und Festbetoneigenschaften (Festigkeit, Dichtigkeit, Arbeitsvermögen) verbessern.

## Betonzusatzmittel

Betonzusatzmittel sind in Wasser gelöste Stoffe, die dem Beton beigemischt werden, um durch physikalische und/oder chemische Wirkung die Eigenschaften des Frisch- oder Festbetons, wie z. B. Verarbeitbarkeit, Abbindeverhalten, Erhärten oder Dauerhaftigkeit, zu verändern. Die Zugabemenge, bezogen auf das

Zementgewicht, liegt im Allgemeinen im Bereich von 0,2 bis 2,0 M-%.

Sollten mehrere Zusatzmittel gemeinsam eingesetzt werden, so ist dies mit dem Lieferanten genau abzuklären, weil sich unter Umständen die Wirkungen der Zusatzmittel aufheben oder summieren können.



### Wirkungsweise von Betonzusatzmitteln

Fließmittel	FM	Verminderung des Wasseranspruchs und/oder Verbesserung der Verarbeitbarkeit.
Verzögerer	VZ	Verzögerung des Erstarrens des Betons; z.B. Einsatz bei Mehretappen-Einbau, bei hohen Aussentemperaturen usw.
Luftporenbildner	LP	Erhöhung des Frost- und Frosttausalz widerstandes durch Einführung gleichmässig verteilter kleiner Luftporen.
Erhärtungsbeschleuniger	HBE	Beschleunigt die Anfangsfestigkeit, mit oder ohne Einfluss auf die Erstarrungszeit. Einsatz beim Betonieren im Winter.
Erstarrungsbeschleuniger	SBE	Beschleunigung des Erstarrens des Betons.
Stabilisierer	ST	Der innere Zusammenhalt des Frischbetons wird erhöht.
Betonverflüssiger	BV	Sie vermindern den Wasseranspruch des Betons und verbessern dadurch seine Verarbeitbarkeit, oder sie ermöglichen durch Wassereinsparung bei gleichbleibendem Zementgehalt eine Erhöhung seiner Festigkeit.
Dichtungsmittel	DM	Dichtungsmittel (DM) werden, wenn überhaupt, im Tief-, Wasser- und Behälterbau verwendet. Sie sollen die Wasseraufnahme bzw. das Eindringen von Wasser in den Beton vermindern.
Einpresshilfen	EH	Einpresshilfen verbessern die Fließfähigkeit, vermindern den Wasseranspruch sowie das Absetzen und bewirken ein mässiges Quellen von Einpressmörtel.



## Wirkungsweise von Betonzusatzmitteln

Auswirkung auf	Verflüssiger BV/FM	Beschleuniger SBE/HBE	Verzögerer VZ	Luftporenbildner LP
Verarbeitbarkeit	++	-	+	+
Entmischen / Bluten	+		-	+
Erstarren: beschleunigend		++		
verzögernd	-		++	-
Pumpfähigkeit	+			-
Frühfestigkeit	+	++	-	-
Endfestigkeit	+	-	+	-
Permeabilität	+	-		+
Frostwiderstand	+	-	-	++
Betonieren bei kaltem Wetter	+	+	-	
Betonieren bei warmen Wetter	+	-	+	
++ positiver Effekt		+ möglicher Effekt	- möglicher negativer Effekt	Quelle: Betonpraxis

Permeabilität bezeichnet bei Festkörpern die Eigenschaft, Gase und/oder Flüssigkeiten passieren zu lassen.



Kantonsspital, Frauenfeld  
Fixit 508 P1 Pump Trockenbeton C30/37 0 – 8 mm

## Anmachwasser – Zugabewasser

Oberflächen- feuchte	Wasseranteil in Zusatzmitteln/ -stoffen	Zugabewasser	Kernfeuchte
Gesamtwassergehalt			
wirksamer Wassergehalt			

Das Zugabewasser beeinflusst die Erstarrung und die Festigkeitsentwicklung des Betons sowie den Korrosionsschutz der Bewehrung.

Unter Anmachwasser versteht man die gesamte im Frischbeton enthaltene Wassermenge, die bei der Ermittlung des wirksamen Wasserzementwerts zu berücksichtigen ist.

### Das Anmachwasser setzt sich

#### zusammen aus:

- dem Zugabewasser
- der Oberflächenfeuchte der Gesteinskörnung
- gegebenenfalls dem Wasseranteil der Zusatzmittel und Zusatzstoffe, wenn die Gesamtmenge mehr als 3 l/m<sup>3</sup> beträgt

Der Gesamtwassergehalt ergibt sich aus dem Anmachwasser und der Kernfeuchte.

## Anforderungen an das Zugabewasser

Trinkwasser	Geeignet zur Betonherstellung; keine zusätzlichen Prüfungen nötig
Restwasser	In der Regel geeignet zur Betonherstellung, gewisse Anforderungen müssen jedoch erfüllt werden.
Natürliches Oberflächenwasser	Kann geeignet sein, muss jedoch geprüft werden.
Industrielles Brauchwasser, Grundwasser	Prüfhäufigkeit: vor der ersten Anwendung, anschliessend einmal pro Jahr und in Zweifelsfällen.
Abwasser	Grundsätzlich nicht geeignet.
Meerwasser	Darf für unbewehrten Beton verwendet werden, ist in der Regel für bewehrten und vorgespannten Beton nicht geeignet.

## Gesteinskörnungen

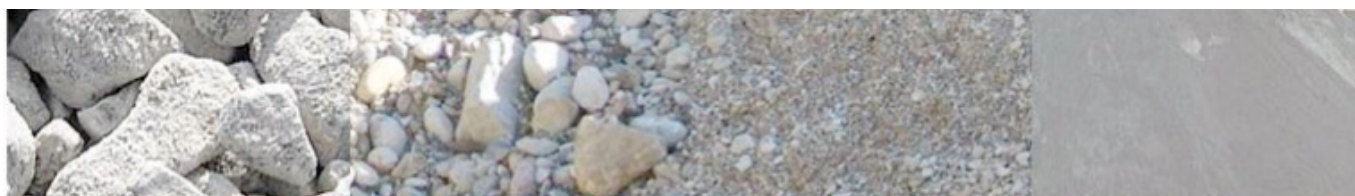
Unter Gesteinskörnung versteht man ein Gemisch aus Sand und Kies unterschiedlicher Korngrössen. Dieses hat mengenmässig den grössten Anteil am Beton. Gesteinskörnungen können aus natürlichen, industriellen oder rezyklierten Rohstoffen hergestellt werden. Es ist wichtig, dass die Gesteinskörnung vom Feinanteil bis zum groben Korn optimal abgestuft und gemischt ist, um alle Hohlräume ausfüllen zu können.

### Eine qualitativ gute Gesteinskörnung hat gegenüber dem umgebenden, kittenden Zementstein verschiedene Vorteile

- Höhere Festigkeit
- Bessere Dauerhaftigkeit
- Keine Volumenänderung infolge von Feuchtigkeit, somit Reduktion des Schwindmasses im Beton
- Aufnahme von Hydratationswärme und damit dämpfende Wirkung auf den Abbindeprozess.

### Die wichtigsten Eigenschaften der Gesteinskörnung sind:

- Kornzusammensetzung
- Petrografie, Kornform, Oberflächenbeschaffenheit
- Sauberkeit
- Rohdichte, Schüttdichte, Feuchtigkeitsgehalt, Wasseraufnahme



## Einteilung der Gesteinskörnung

Einteilung nach	Gesteinskörnung	Definition / Anforderung
Herkunft	Natürlich	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Natürliches mineralisches Vorkommen</li> <li>• Ausschliesslich mechanische Aufbereitung</li> </ul>
	Industriell hergestellt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mineralischer Ursprung</li> <li>• Industriell hergestellt (thermischer o. a. Prozess)</li> </ul>
	Rezykliert	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbereitetes, anorganisches Material aus Altbaustoff</li> <li>• Sammelbegriff für rezyklierten Splitt und rezyklierten Brechsand</li> </ul>
	Kies	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Natürlich gerundetes Material</li> </ul>
	Splitt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebrochenes Material</li> </ul>
Rohdichte	Normal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kornrohdsichte <math>&gt; 2000 \text{ kg/m}^3</math></li> <li>• Mineralischer Ursprung</li> </ul>
	Leicht	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kornrohdsichte <math>\leq 2000 \text{ kg/m}^3</math> oder Schüttdichte <math>\leq 1200 \text{ kg/m}^3</math></li> <li>• Mineralischer Ursprung</li> </ul>
Feinheit	Grob	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>D \geq 4 \text{ mm}</math> und <math>d \geq 2 \text{ mm}</math></li> </ul>
	Fein	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>D \leq 4 \text{ mm}</math> (Sand)</li> </ul>
	Feinanteil	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesteinsanteil <math>&lt; 0,063 \text{ mm}</math></li> </ul>
	Füller (Gesteinsmehl)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überwiegender Teil <math>&lt; 0,036 \text{ mm}</math></li> </ul>

## Kornzusammensetzung

Die Kornzusammensetzung des Betonzuschlags bestimmt die Dichte und den Wasseranspruch einer Betonmischung, der zur Erzielung einer ausreichenden Verarbeitbarkeit erforderlich ist. Die Kornzusammensetzung der Gesteinskörnungen wird durch Siebversuche mit Prüfsieben bestimmt und mit

Sieblinien dargestellt, welche den Anteil des Zuschlages in Gewichtsprozenten zeigen, der kleiner als die zugehörige Korngrösse ist.

Es wird zwischen feiner (Sand, Brechsand) und grober Gesteinskörnung (Kies, Splitt) unterschieden.

Feine Gesteinskörnungen haben einen Grenzwert von 15 % für den Überkornanteil.

### Feinanteile

Sind die Anteile einer Gesteinskörnung, die durch das 0,063 mm Sieb hindurchgehen. Feinanteile können die Betoneigenschaft nachhaltig verändern. Der Gehalt der Feinanteile wird durch den Auswaschversuch bestimmt.

### Mehlkorn

Anteil < 0,125 mm der trockenen Betonmischung (Gesteinskörnung, Zement, Zusatzstoffe) enthält keine lehmigen Stoffe und quellfähige Tonminerale.

### Korngrösse

Beschreibt die Grösse von einzelnen Körnern.

### Korngemisch 0/D

Gemisch aus feinen und groben Gesteinskörnungen (z.B. 0/8, 0/16).

Gesteinskörnungen	Korngruppen d / D in mm				
<b>Feine Gesteinskörnungen (Sand)</b> d = 0 und D ≤ 4 mm	0/1	0/2	0/4		
<b>Grobe Gesteinskörnungen enggestuft</b> D ≤ 11,2 mm und D / d ≤ 4 oder D > 11,2 mm und D / d ≤ 2 mm	2/4	2/8	4/8		
				8/16	16/32
<b>Grobe Gesteinskörnungen weitgestuft</b> D > 11,2 mm und D / d > 2 oder D < 11,2 mm und D / d > 4 mm	2/16 1/8	4/16	4/32	8/32	

## Korngruppe d/D

Die Korngruppe (Lieferkörnung) wird durch die Angabe von 2 Siebgrössen (Begrenzungssiebe) definiert.

Zum Beispiel: 2/4 mm oder 2-4 mm.

d = 2 mm und D = 4 mm

d = unteres Begrenzungssieb

D = oberes Begrenzungssieb

In einer Korngruppe sind auch kleinere und grössere Körner als sogenanntes Nennkorn vorhanden (Unter- / Überkornanteile).

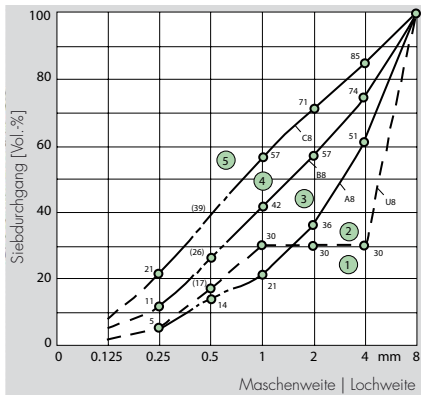
Die Siebgrössen sind mit den Werten des Grundsiebsatzes oder der Ergänzungssiebsätze zu bilden.

Mit einer Sieblinie kann man die Körnung von Gesteinen (Kies, Schotter, Sand etc.) grafisch darstellen.

Sie wird ermittelt durch Siebe unterschiedlicher Maschenweite.

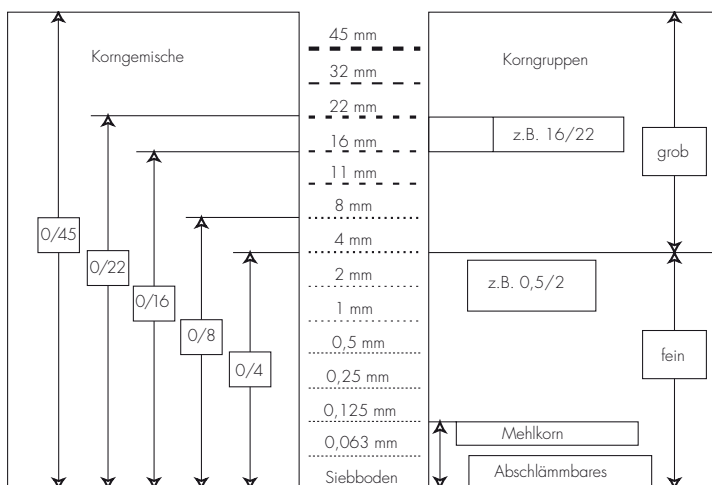
<b>Grundsiebsatz</b>	0 - 1 - 2 - 4 - 8 - 16 - 31,5 - 63 mm
<b>Ergänzungssiebsatz</b>	5,6 - 11,2 - 22,4 - 45 mm
<b>Maschensiebe</b>	0,063 - 0,125 - 0,25 - 0,5 - 1,0 - 2,0 mm
<b>Quadratlochsiebe</b>	4 - 8 - 11,2 - 16 - 22,4 - 31,5 - 45,5 - 63 mm

Folgende Sieblinien gelten informativ



- 1) grobkörnig
- (2) Ausfallkörnung
- (3) grob- bis mittelförnig
- (4) mittel- bis feinkörnig
- (5) feinkörnig

## Bezeichnung der Körnung



## Petrografie, Kornform, Oberflächenbeschaffenheit

Poröses und zu weiches Material beeinträchtigt die Qualität des Betons.

Die Kornform aber auch die Kornabstufung und die Oberflächenbeschaffenheit bestimmen im wesentlichen den Wasserbedarf und die Verdichtbarkeit.

Gebrochene Gesteinskörnungen können z.B. die Druck-, Zug- und Abriebfestigkeit des Betons verbessern, beeinträchtigen aber seine Verarbeitbarkeit.



kugelig, rund



nicht kugelig, rund



kugelig, kantig



nicht kugelig, kantig



## Sauberkeit

### Verunreinigte Gesteinskörnungen vermindern die Betonqualität:

- Störung des Abbindeverhaltens
- Schwächung des Frostwiderstands

Deshalb wird die Gesteinskörnung bei der Aufbereitung gewaschen.



## Rohdichte, Schüttdichte, Feuchtigkeitsgehalt und Wasseraufnahme

Die Ursprungsmineralien und die Porigkeit bestimmen deren Rohdichte, die zur Stoffraumberechnung benötigt wird.

Die Schüttdichte ist die Masse von lose geschüttetem Material pro Volumeneinheit. Der Feuchtigkeitsgehalt

setzt sich aus der Oberflächen- und der Kernfeuchte bei der Betonherstellung zusammen. Der Feuchtigkeitsgehalt ist in der Stoffraumberechnung bei der Gesteinskörnung und beim Zugabewasser zu berücksichtigen. Die Wasseraufnahme bezeichnet

das von der Gesteinskörnung aufgenommene Wasser, das für die Hydratation des Zements nicht zur Verfügung steht.

## Kategorien und Eigenschaften der Gesteinskörnung

Anforderungen	Eigenschaft	Kategorie
Geometrische	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Korngruppe</li> <li>• Kornzusammensetzung</li> <li>• Kornform</li> <li>• Feinanteile</li> <li>• Muschelschalengehalt grober Gesteinskörnungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• d/D</li> <li>• G</li> <li>• FI, SI</li> <li>• f</li> <li>• SC</li> </ul>
Chemische	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gehalt an wasserlöslichen Chlorid-Ionen</li> <li>• Gehalt an säurelöslichem Sulfat</li> <li>• Gesamtschwefel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> <li>• AS</li> <li>-</li> </ul>
Physikalische	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Widerstand gegen Zertrümmerung</li> <li>• Verschleisswiderstand von groben Gesteinskörnungen</li> <li>• Polierwiderstand von groben Gesteinskörnungen</li> <li>• Abriebwiderstand von groben Gesteinskörnungen</li> <li>• Widerstand von groben Gesteinskörnungen gegen Abrieb durch Spikerreifen</li> <li>• Frost- und Frost-Tausalzwiderstand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LA, SZ</li> <li>• MDE</li> <li>• PSV</li> <li>• AAV</li> <li>• AN</li> <li>• F, MS</li> </ul>
Sonstige	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstarrungs- und erhärtungsstörende Stoffe</li> <li>• Leichtgewichtige organische Verunreinigungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> <li>-</li> </ul>





ÖKK, Landquart  
Fixit 526 A Baugrubengunit C25/30 und Fixit 530 Injektionsmörtel



Eigenheim  
Fixit 585 Vergussmörtel 0 – 3 mm, frost- und tausalzbeständig





Pfäferserstrasse, Bad Ragaz  
Fixit 530 Injektionsmörtel 0 – 0,5 mm



RhB Brücke Val-Susauna (Oberengadin)  
Fixit 560 Natursteinfugenmörtel 0 – 3 mm, frost- und tausalzbeständig

# Festlegung des Betons

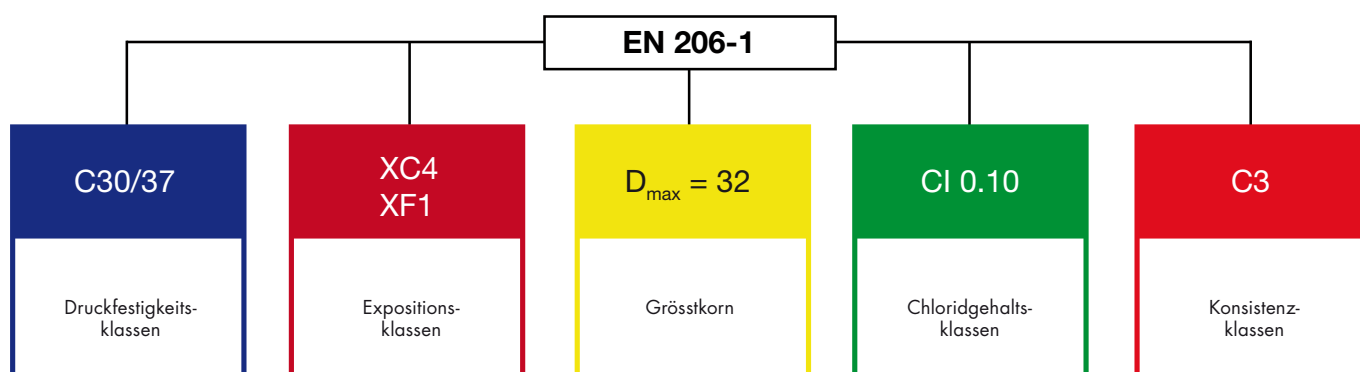
Der Beton darf entweder nach Eigenschaften, oder nach Zusammensetzung ausgeschrieben werden.

Bei **Beton nach Zusammensetzung** ist der Betonhersteller für die Lieferung

von Beton mit der vom Besteller vorgegebenen Zusammensetzung verantwortlich.

Bei **Beton nach Eigenschaften** werden die geforderten Eigenschaften und

zusätzlichen Anforderungen festgelegt. Der Betonhersteller ist für die Herstellung von Beton, der den geforderten Eigenschaften und den zusätzlichen Anforderungen entspricht, verantwortlich.





## Beton nach Eigenschaften wird definiert durch

- Druckfestigkeitsklassen
- Expositionsklassen  
(Einfluss der Umwelt auf den Festbeton)
- Grösstkorn der Gesteinskörnungen  
(Zuschlagstoffe)
- Chloridgehalt (im Frischbeton)
- Konsistenz
- Rohdichte (nur für Leichtbeton)

## Druckfestigkeitsklassen

### Druckfestigkeitsklassen nach EN 206-1

Concrete (engl. Beton)	Zylinderdruckfestigkeit		Würfeldruckfestigkeit	
C	25		30	

Die Druckfestigkeit ist eine der wichtigsten Eigenschaften des Betons. Anhand der Druckfestigkeit lässt sich der Beton den Festigkeitsklassen zuordnen. z.B.: C 25/30

Die Beurteilung erfolgt durch die Prüfung nach 28 Tagen anhand von 30 cm langen Zylindern mit 15 cm Durchmes-

ser oder Würfeln mit 15 cm Kantenlänge (Probewürfeln).

Ein C 25/30 hat die charakteristische Zylinderdruckfestigkeit von 25 N/mm<sup>2</sup> sowie eine charakteristische Würfel-  
druckfestigkeit von 30 N/mm<sup>2</sup>



### Einteilung Druckfestigkeitsklassen

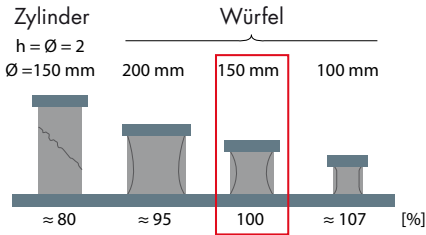
	Druckfestigkeitsklassen	Zylinder <sup>1) 2)</sup> $f_{ck,cyl}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Würfel <sup>1) 3)</sup> $f_{ck,cube}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
Normal- und Schwerbeton	C 8/10	8	10
	C 12/15	12	15
	C 16/20	16	20
	C 20/25	20	25
	C 25/30	25	30
	C 30/37	30	37
	C 35/45	35	45
	C 40/50	40	50
	C 45/55	45	55
	C 50/60	50	60
Hochfester Beton	C 55/67	55	67
	C 60/75	60	75
	C 70/85	70	85
	C 80/95	80	95
	C 90/105	90	105
	C 100/115	100	115

<sup>1)</sup> Lagerung der Probe in Wasser, Prüfalter 28 Tage  
<sup>2)</sup> Zylinder: Durchmesser = 150 mm, Länge = 300 mm  
<sup>3)</sup> Würfel: Kantenlänge = 150 mm

### Einfluss der Probekörpergrösse

Die Druckfestigkeit von Betonwürfeln nimmt unter sonst gleichen Verhältnissen mit zunehmender Kantenlänge bzw. Würfelgrösse ab. Die Zylinderdruckfestigkeit liegt 15 bis 20 % tiefer als die Würfel-

druckfestigkeit. Dabei ist zu beachten, dass diese Verhältnisse nur für ein Alter von 28 Tagen und bei Normallagerung gelten.



### Massgebliche Einflussgrössen für die Druckfestigkeit

- W/B-Wert
- Zementfestigkeitsklasse
- Zementmenge
- Anteil und Art der Zusatzstoffe
- Kornzusammensetzung
- Festigkeit der Körnung

- Verdichtung
- Nachbehandlung

Hohe Druckfestigkeit ist nicht mit hoher Dauerhaftigkeit gleichzusetzen.





## Expositionsklassen

Um eine ausreichende Dauerhaftigkeit sicherzustellen, müssen Betonteile genügend widerstandsfähig gegenüber chemischen und physikalischen Einwirkungen aus ihrer Umgebung und Nutzung sein.

Bauwerke gelten als dauerhaft, wenn

sie während der vorgesehenen Nutzungsdauer ihre Funktion hinsichtlich Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit ohne wesentlichen Verlust der Nutzungseigenschaften bei einem angemessenen Instandsetzungsaufwand erfüllen.

Zur Sicherstellung ist dabei eine ausrei-

chende Betondeckung des Betonstahl bzw. Spannstahl sowie eine geeignete Betonzusammensetzung erforderlich.

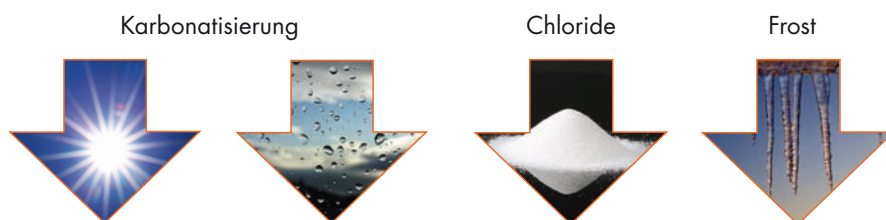
## Anforderungen an die Betonzusammensetzung

- maximaler Wasserzementwert
- Mindestzementgehalt
- Luftgehalt des Betons
- Verwendung von zulässigen Zementarten
- Anrechnungsregeln für Betonzusatzstoffe (k-Wert-Konzept)

## Expositionsklassen nach EN 206-1

Expositionsklassen beschreiben den Einfluss der Umwelt auf den Festbeton. Beton kann mehreren Einwirkungen ausgesetzt sein.

Dies muss als Kombination der Expositionsklassen ausgedrückt werden.

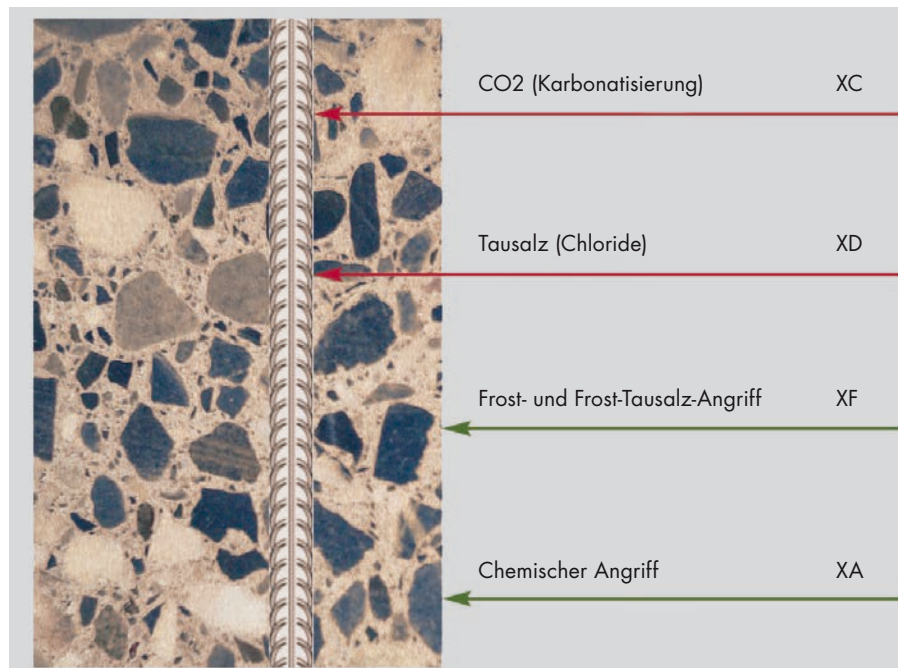


**Einwirkung auf Beton**



Die Bezeichnungen der einzelnen Expositionsklassen setzt sich aus dem Buchstaben X (für Exposition), der Kennung für die Art der schädigenden Einwirkung und einer Ziffer, welche die Intensität der Schädigungseinflüsse kennzeichnet, zusammen.

Beispiel: XC3 / XD1 / XF2 / XA1



Für die verschiedenen Arten von Einwirkungen, werden folgende englische Abkürzungen verwendet:

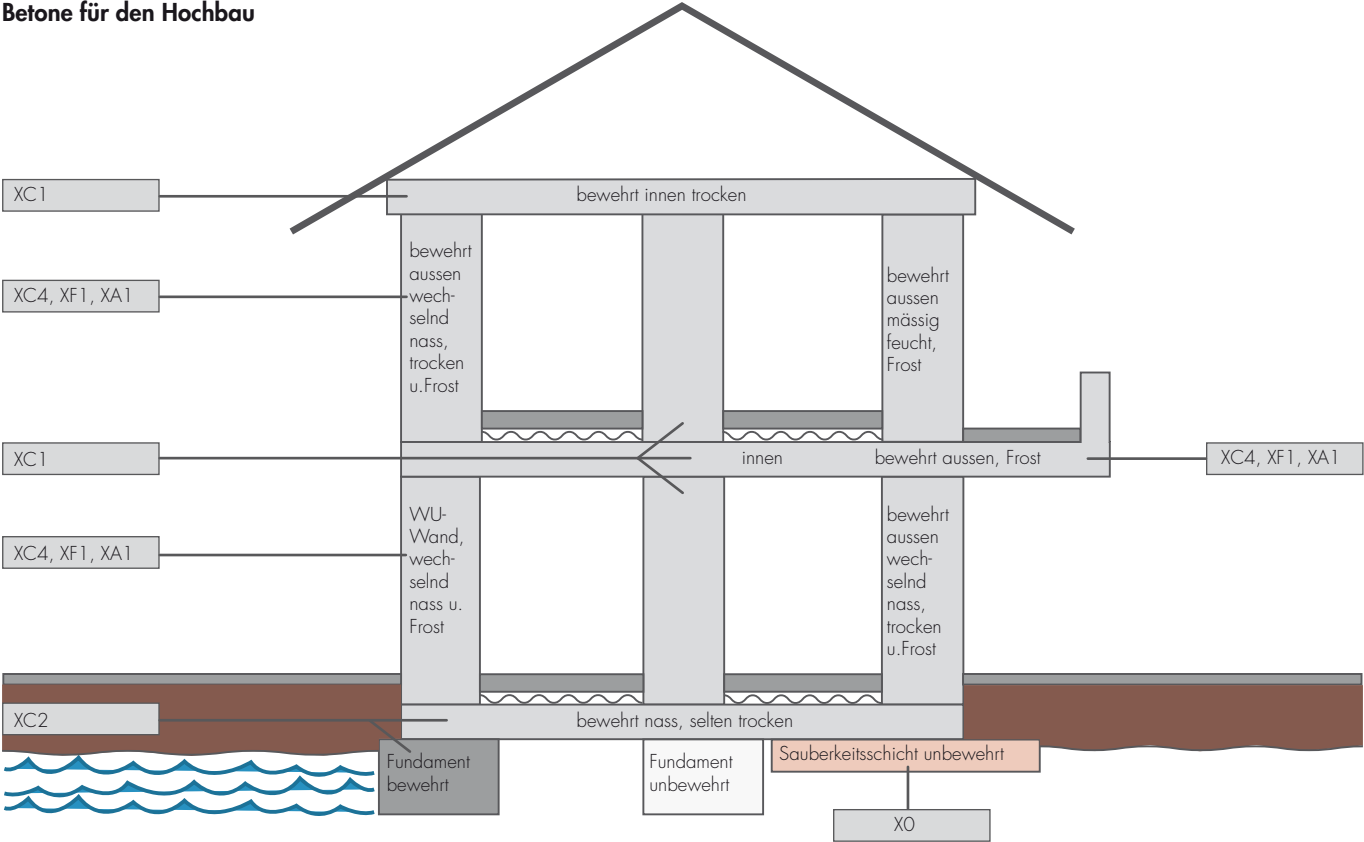
- **0** für Zero Risk  
(kein Korrosions- od. Angriffsrisiko)
- **C** für Carbonation  
(Korrosion, durch Karbonatisierung)
- **D** für Deicing Salt  
(Korrosion, durch Chloride)
- **S** für Seawater  
(Korrosion, durch Meerwasser)
- **F** für Frost  
(Frostangriff mit und ohne Tausalz)
- **A** für Chemical Attack  
(Chemischer Angriff)
- **M** für Mechanical Abrasion  
(Mechanischer Angriff – Abrieb, ect.)

## Expositionsklassen

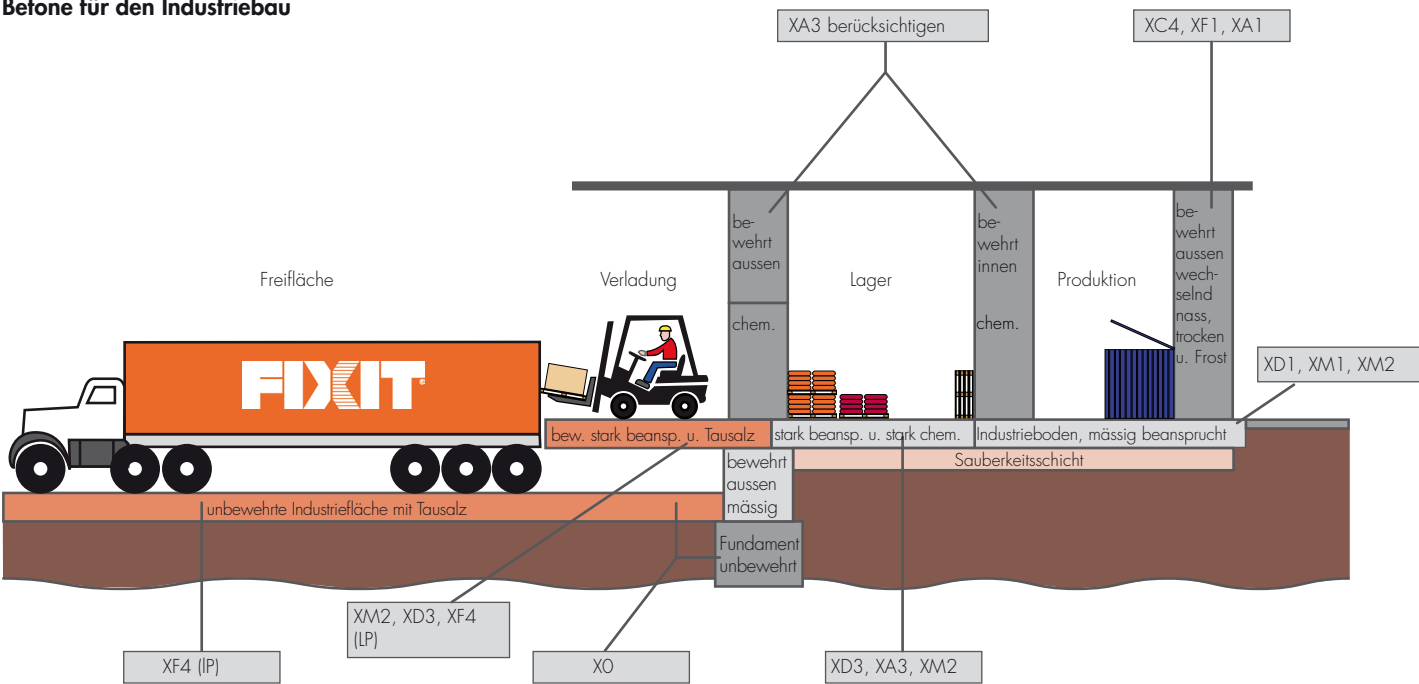
Klassenbezeichnung	Beschreibung der Umgebung	Beispiele für die Zuordnung
Kein Korrosions- oder Angriffsrisiko für Beton und Bewehrung		
X0	Für Beton ohne Bewehrung	
Korrosion, ausgelöst durch Karbonatisierung		
XC1	Trocken oder ständig feucht	In Gebäuden mit tiefer Luftfeuchtigkeit, Beton, der ständig unter Wasser ist.
XC2	Nass, selten trocken	Langzeitig wasserbenetzte Oberflächen, Gründungsbaustelle.
XC3	Mässige Feuchte	In Gebäuden mit mässiger bis hoher Luftfeuchtigkeit, Beton im Freien, vor Regen geschützt.
XC4	Wechselnd nass und trocken	Aussenbauteile mit direkter Beregnung.
Korrosion, ausgelöst durch Chloride		
XD1	Mässige Feuchte	Betonoberfläche, die chloridhaltigem Sprühnebel ausgesetzt ist.
XD2	Nass, selten trocken	Schwimmbäder; Beton, der chloridhaltigen Industrierwässern ausgesetzt ist.
XD3	Wechselnd nass und trocken	Telle von Brücken, die chloridhaltigen Spritzwassern ausgesetzt sind; Parkdecks; Fahrbahndecken.
Frost - Tau - Angriff		
XF1	Mässige Wassersättigung, ohne Taumittel	Senkrechte Betonoberflächen, Regen und Frost ausgesetzt.
XF2	Mässige Wassersättigung, mit Taumittel	Senkrechte Betonoberfläche von Strassenbauwerken, die taumittelhaltigen Sprühnebel ausgesetzt ist.
XF3	Mässige Wassersättigung, ohne Taumittel	Horizontale Betonoberflächen, Regen und Frost ausgesetzt.
XF4	Hohe Wassersättigung, mit Taumittel	Horizontale Betonoberflächen von Strassenbauwerken, die taumittelhaltigen Sprühnebeln und Frost ausgesetzt sind, Strassendecken und Brückenplatten, die Taumitteln ausgesetzt sind.
Chemischer Angriff		
XA1	Chemisch schwach angreifende Umgebung (gemäss separater Tabelle)	Bei der Expositionsklasse XA sind Fachleute zur Festlegung der Betonzusammensetzung und/oder Prüfung beizuziehen.
XA2	Chemisch mässig angreifende Umgebung (gemäss separater Tabelle)	
XA3	Chemisch stark angreifende Umgebung (gemäss separater Tabelle)	
Verschleissbeanspruchung		
XM1	Mässige Verschleissbeanspruchung	Tragende oder ausstreifende Industrieböden mit Beanspruchung durch luftbereifte Fahrzeuge.
XM2	Starke Verschleissbeanspruchung	Tragende oder ausstreifende Industrieböden mit Beanspruchung durch luft- oder vollgummibereifte Gabelstapler.
XM3	Sehr starke Verschleissbeanspruchung	Tragende oder ausstreifende Industrieböden mit Beanspruchung durch elastomer- oder stahlrollenbereifte Gabelstapler. Oberflächen, die häufig mit Kettenfahrzeugen befahren werden. Wasserbauwerke in geschiebebelasteten Gewässern z.B. Tosbecken.

**Beispiel**

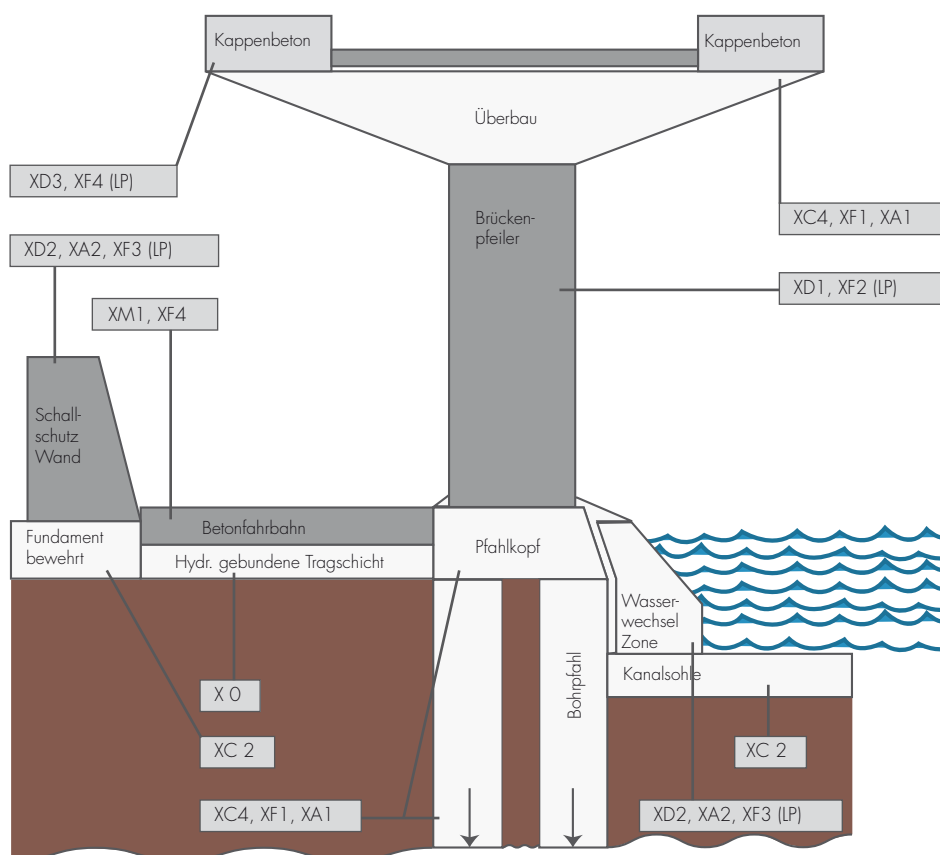
**Betone für den Hochbau**



**Betone für den Industriebau**



## Betone für den Ingenieurbau



Dorfplatz Eggenwil  
Fixit 585 Vergussmörtel 0 – 3 mm, frost- und tausalzbeständig



## Korrosion

Eine Voraussetzung für die Dauerhaftigkeit von Stahl- und Spannbetonbauwerken ist der Korrosionsschutz des Stahls (Passivschicht) aufgrund der Alkalität des Porenwassers in Beton.

Diese Passivität kann unter baupraktischen Bedingungen infolge von zwei Prozessen verlorengehen, die vorwiegend die chemischen bzw. die elektrochemischen Eigenschaften des Betons beeinflussen:

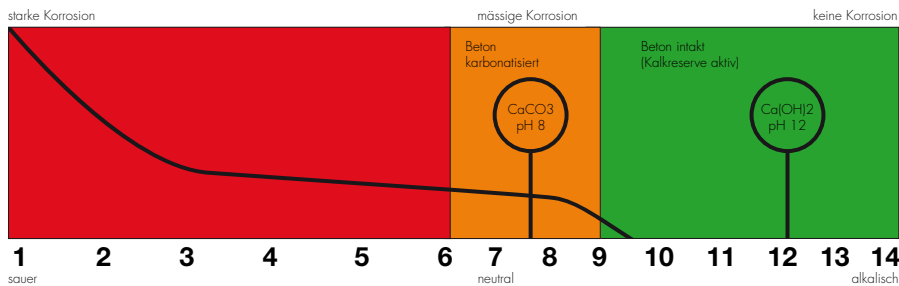
- Karbonatisierung des Betons mit der Folge einer Absenkung des pH-Wertes unter 10
- Chloride im Porenwasser über einem kritischen Grenzwert

## Karbonatisierung - Auslöser für Korrosion

Die Karbonatisierung oder Betonkorrosion ist eine chemische Reaktion, die in jedem Beton abläuft. Folge der Reaktion ist die Verringerung des pH-Wertes des Porenwassers von durchschnittlich pH

12,6 auf unter pH 9. Bei pH-Werten oberhalb 10 bildet sich auf der Oberfläche des im Beton eingebetteten Bewehrungsstahls eine Passivierungsschicht, die den Stahl dauerhaft vor Bewehrungskorrosion

schützt. Sinkt der pH-Wert im Beton, besteht die Gefahr von strukturellen Schäden an der Stahlbetonkonstruktion.



mit Kalkwasser

mit Wasser

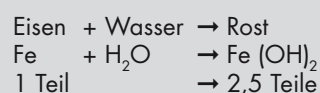
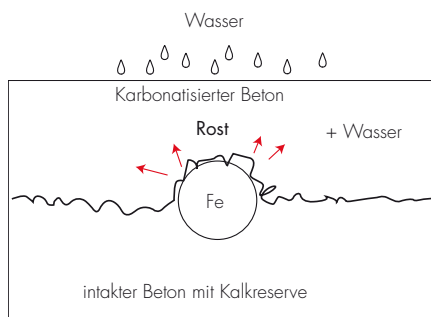
## Geschwindigkeit der Karbonatisierung

Die Geschwindigkeit, mit der sich die Karbonatisierungsfrente ins Betoninnere bewegt, ist umso höher, je poröser der Beton ist. Der w/z-Wert ist damit in Bezug auf Geschwindigkeit und Tiefe

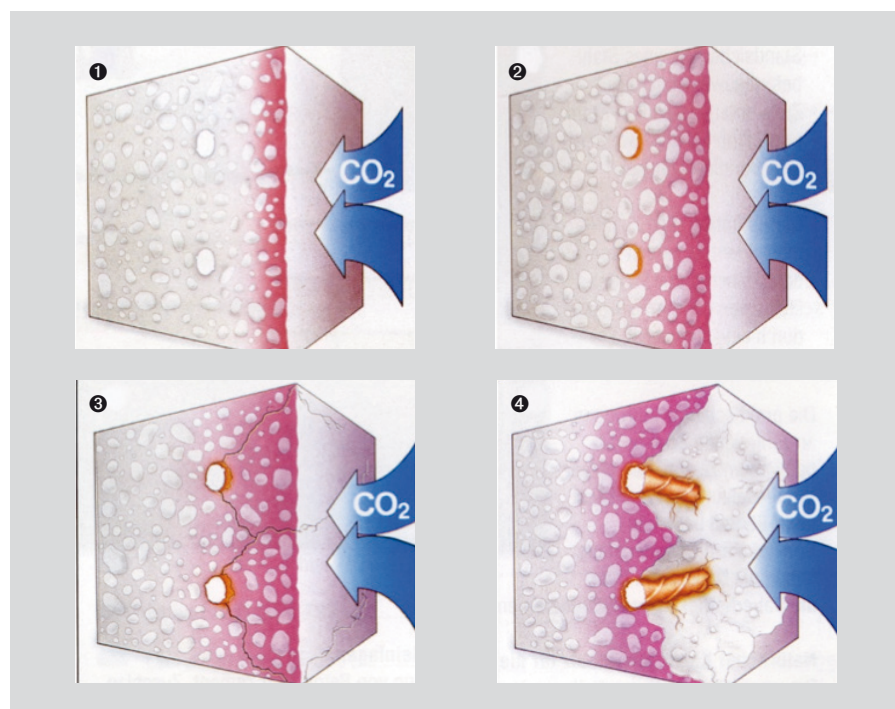
der Karbonatisierung dominierend. Daneben beeinflussen eine Reihe weiterer Faktoren, wie Zementgehalt, Temperaturverlauf, alternierende, dauernde oder überhaupt keine Benetzung, die

Karbonatisierungsgeschwindigkeit und damit die Karbonatisierungstiefe.

## Ablauf der Karbonatisierung



## Vorgang der Karbonatisierung



- ❶  $\text{CO}_2$  (Kohlendioxid) beginnt den Beton zu neutralisieren.
- ❷ Von der Oberfläche dringt die Karbonatisierungsf front in den Beton ein.
- ❸ Die Karbonatisierungsf front erreicht das Bewehrungsstahl. In Verbindung mit Wasser und Sauerstoff setzt die Stahlkorrosion ein.
- ❹ Der Rost besitzt gegenüber Eisen ein mehrfach grösseres Volumen und entwickelt grosse Druckkraft – die Betonüberdeckung wird abgesprengt, der Bewehrungsstahl liegt frei.

## Korrosion, ausgelöst durch Chloride

Chloride sind farblose oder farbige Salze, die in unterschiedlichsten Kristallstrukturen vorkommen können. Für die Betontechnologie relevante Quellen von Chloriden sind u. a. Streusalze und Meerwasser.

Obwohl Chloride den Beton nicht direkt angreifen, können sie - falls ausreichend Feuchtigkeit vorhanden ist - zur Lochfrasskorrosion der Bewehrungsstäbe im Beton führen. Bei Eis- oder Schneebildung werden die

befahrenen und begangenen Betonflächen mit Frosttaumitteln, in der Regel mit Tausalzen bestreut. Das zur Verwendung kommende Salz ( $\text{NaCl}$ ) enthält einen grossen Anteil Chlorid.

## Angriff durch Frost und Taumittel

Bei Angriff durch Frost, erfolgt die Schädigung des Betons durch periodisches Gefrieren und Tauen

Dabei wird das Wasser in den Kapillarporen des Zementgesteins und der Gesteinskörnung zu Eis umgewandelt. Die Eisbildung ist mit einer rund 9 %igen Volumenvergrösserung verbunden. Diese Volumenvergrösserung bewirkt im Betoninneren das Auftreten hoher innerer Drücke und Spannungen, die

schliesslich zu Abplatzungen an der Oberfläche und zum Zerbröckeln des Betons führen.

Bei Einwirkung von Taumitteln erfolgt die Schädigung des Betons durch einen in den oberflächennahen Schichten des Betons verursachten thermischen Schock.

Die Taumittel entziehen dem Beton für das Aufschmelzen des Schnees oder Eises die notwendige Wärme. Dies

verursacht einen besonders raschen Temperatursturz, der durch den gleichen Mechanismus wie bei der Frosteinwirkung hohe innere Drücke und Spannungen hervorruft, die zu Abplatzungen an der Betonoberfläche führen. Die schädigende Einwirkung der Taumittel ist sehr viel intensiver als nur bei Frosteinwirkung.

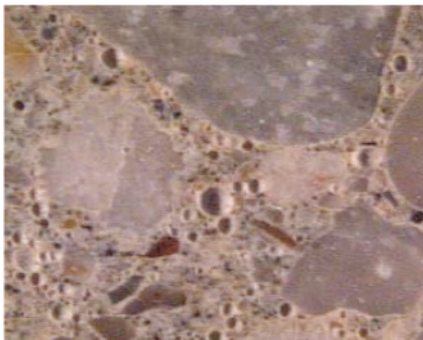
## Betonzusammensetzung bei Frost- und Taumittelangriff

Eine geeignete Betonzusammensetzung kann Schäden durch Frost und Taumittel weitestgehend vermeiden.

Grundsätzlich gilt, dass sich mit zunehmender Dichte des Betongefüges der Widerstand gegen das Eindringen von Wasser oder Chloriden erhöht.

Eine niedrige Kapillarität des Betons behindert die Wanderung des Wassers von aussen in den Beton und die Bildung von Eis in den Kapillarporen. Durch Zusatzmittel (Luftporenbildner) werden künstlich kleine, fein verteilte, kugelförmige, geschlossene Mikro-

luftporen in den Beton eingeführt, die als Expansionsgefässe dienen. Des Weiteren wird das durchgängige Kapillarsystem des Betons unterbrochen und damit die Wasseraufnahme des Betons verringert.



Mindestluftgehalt [Vol.-%] im Frischbeton bei  $D_{\max}$  8 mm  
**LP = 4,0 – 6,0 %**

Je grösser das Korn je geringer der Mindestluftgehalt.

Die Luftporen haben einen  $\varnothing$  von 10  $\mu\text{m}$  bis 300  $\mu\text{m}$ .

(Micrometer  $\rightarrow$  10  $\mu\text{m}$  = 0,01 mm / 300  $\mu\text{m}$  0,3 mm)

Neben der positiven Wirkung der Mikroluftporen kommt es zu einem Festigkeitsabfall des Betons.

**Dieser entspricht etwa folgender**

**Beziehung:**

+ 1% Luftporengehalt  $\rightarrow$  Reduktion der Druckfestigkeit  $f_c$  um bis zu 5 N/mm<sup>2</sup>

Grundsätzlich ist die Herstellung und Verarbeitung von Luftporenbeton sehr anspruchsvoll und wird von vielen Faktoren beeinflusst:

- Verwendete Betonausgangsstoffe
- Konsistenz des Betons
- Mischzeit und -intensität
- Temperatur
- Verdichtungsart und -dauer



### Chemischer Angriff

Es gibt keinen chemischen Angriff auf Beton ohne Feuchtigkeit. Trockene feste oder trockene gasförmige Stoffe greifen den Beton nicht an. (Kondensfeuchtigkeit ist jedoch ausreichend). Je nach der Wirkungsweise der betonangreifenden Stoffe unterscheidet man treibende und lösende Angriffe.

**Treiben** wird in erster Linie durch in Wasser gelöste Sulfate hervorgerufen, die mit bestimmten Bestandteilen des Zementsteins reagieren. Hiermit verbunden ist eine Volumenvergrösserung, die ein Zertreiben des Betons bewirken kann.

**Lösende Angriffe**, die Kalkverbindungen aus dem Zementstein herauslösen, können durch Säuren, austauschfähige Salze sowie durch pflanzliche und tierische Fette und Öle verursacht werden. Die Oberfläche des Betons wird dabei meistens langsam abgetragen.

### Verhütungsmassnahmen

Der Schutz des Betons vor dem Angriff chemischer Stoffe von aussen erfordert:

- Die Herstellung und Verarbeitung eines dichten Betons mit einem  $w/z_{eq}$ -Wert von 0,45 bis 0,50
- Eine erhöhte Überdeckung des Betons, ohne jede Ausnahme auch bei Scheinfugen, Fugen und Abtreppungen.



### Grenzwerte für Expositionsklasse XA

Chemisches Merkmal	XA1	XA2	XA3
Grundwasser	schwach angreifend	mässig angreifend	stark angreifend
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/l]	≥ 200 und ≤ 600	> 600 und ≤ 3000	> 3000 und ≤ 6000
pH-Wert	≤ 6,5 und ≥ 5,5	< 5,5 und ≥ 4,5	< 4,5 und ≥ 4,0
CO <sub>2</sub> [mg/l]	≥ 15 und ≤ 40	> 40 und ≤ 100	> 100 bis zur Sättigung
NH <sub>4</sub> [mg/l]	≥ 15 und ≤ 30	> 30 und ≤ 60	> 60 und ≤ 100
Mg <sup>2+</sup> [mg/l]	≥ 300 und ≤ 1000	> 1000 und ≤ 3000	> 3000 bis zur Sättigung
Boden			
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/l]	≥ 2000 und ≤ 3000*	> 3000* und ≤ 12000	> 12000 und ≤ 24000
Säuregrad	> 200 Baumann-Gully	in der Praxis nicht anzutreffen	

## Wirkung verschiedener chemischer Stoffe

Chemischer Stoff	Unbewehrter Beton			Bewehrter Beton
	keine Schädigung	lösender Angriff chem. Zersetzung	treibender Angriff Gefügezerstörung	Bewehrungskorrosion
Basen (Laugen)				
Schwache Basen	●			
Starke Basen	●			
Starke Säuren				■
Mineralsäuren (Schwefel-, Salz-, Salpetersäure)		◆ ◆		■
Schwache Säure				■
Organische Säuren (Essig-, Milch-, Buttersäure)		◆		■
Kalklösende Kohlensäure		◆		■
Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )	●			■
Salze				
Ammonium-, Magnesiumsalze		◆		■
Öle, Fette				
Natürliche tierische und pflanzliche Öle und Fette		◆		
Synthet. Mineralöle und -fette	●			
Sulfate				
Gelöste Sulfate (Sulfattreiben)			◆	■
Chloride				
Gelöste Chloride	●			◆
Wasser				
Regenwasser, destilliert, entmineralisiert		◆		■
weiche Wässer, kalkarm		◆		■
saure Wässer (pH < 6,5)		◆		■
● keine Schädigung      ◆ direkter Angriff ■ Korrosion als Folge der oberflächlichen Zerstörung des Betons oder seiner bis zur Bewehrung vorgedrungenen Karbonatisierung				

Die Abbildung zeigt, ob und wie verschiedene, häufig mit Beton in Berührung kommende chemische Stoffe auf diesen einwirken. Bei der Festlegung des Betons nach EN 206-1 müssen die einwirkenden Umgebungsbedingungen berücksichtigt werden.



## Verschleissbeanspruchung

Verschleissbeanspruchung kann durch schleifenden und rollenden Verkehr (z.B. auf Fahrbahnen, Hallenböden), durch rutschendes Schüttgut (z.B. in Silos), durch stossartige Bewegung von schweren Gegenständen (z.B. in Werkstätten,

auf Verladerampen) oder durch stark strömendes und Feststoffe führendes Wasser (z.B. in Tosbecken, Geschieberinnen) hervorgerufen werden. Diese Beanspruchungen können bei Beton ohne ausreichenden Ver-

schleisswiderstand zu einem Oberflächenabtrag oder auch zu örtlichen Vertiefungen an der Betonoberfläche führen.

## Alkali-Aggregat-Reaktion (AAR)

Allgemein wird unter der Alkali-Aggregat-Reaktion eine Reaktion zwischen Bestandteilen der Gesteinskörnung und der Porenlösung des Betons verstanden. Bestimmte Gesteinskörner sind aufgrund ihrer Zusammensetzung im alkalischen Milieu des Betons instabil. Die aus der

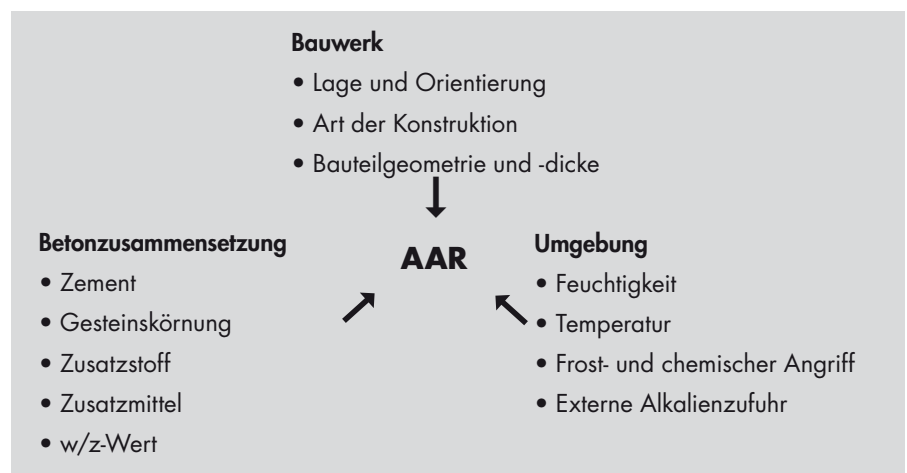
expansiven Reaktion resultierende Dehnung des Betons kann zu Betonschäden führen.

Die AAR läuft praktisch in jedem Beton ab. Alle Gesteinstypen reagieren mehr oder weniger mit den Alkalien in der Porenlösung des Betons, wenn die drei

folgenden Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind:

- reaktive Gesteinskörnung
- wirksamer Alkaligehalt
- ausreichend Feuchtigkeit

Einflussgrössen auf die  
schädigende AAR



## Äussere Erkennungsmerkmale am Bauwerk

- Polygonales Rissmuster (dm- bis m- Bereich)
- Feuchtigkeit entlang der Risse
- Gelablagerungen (gel und glasig) entlang der Risse
- Gewellte Struktur der Betonoberfläche
- Abplatzungen über Gesteinskörnern
- Fleckige Farbmusterung auf der Betonoberfläche
- Reaktionssäume um Gesteinskörner

## Innere Erkennungsmerkmale

Wichtige Hinweise über Schadensursachen im Beton geben mikroskopische Untersuchungen an Dünn- oder Anschliffen.

Anhand von Veränderungen im Mikrogefüge des Betons, wie z.B. Rissen und

Gelablagerungen, kann eine schädigende AAR im Beton identifiziert werden.

Zudem kann festgestellt werden, welche Gesteinstypen und Mineralien betroffen sind.



Lehnenbrücke, Flums  
Fixit 524 S Trockenspritzmörtel C30/37, silica vergütet, 0 – 4 mm

Empfohlene Grenzwerte für Zusammensetzung und Eigenschaften von Beton

Expositionsklassen																			
	kein Korrosion- oder Angriffsrisiko	durch Karbonatisierung verursachte Korrosion					durch Chloride verursachte Korrosion					Frostangriff					Aggressive chemische Umgebung		
							Meerwasser			Chloride ausgenommen aus Meerwasser									
		XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1			XA2
maximaler w/z-Wert	-	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,55	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	
Mindestdruckfestigkeitsklasse	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	
Mindestzementgehalt [kg/m3]	-	260	280	280	300	300	320	340	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360	
Mindestluftporengehalt (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0 <sup>a</sup>	4,0 <sup>a</sup>	4,0 <sup>a</sup>	-	-	-	
andere Anforderungen											Gesteinskörnung nach prEN 12620:2000 mit ausreichendem Frost- bzw. Frost-Taumittel-Widerstand							Zement mit Sulfatwiderstand	
<sup>a</sup> Falls kein Luftporienbeton verwendet wird, sollten die Betoneigenschaften nach einem geeigneten Prüfverfahren im Vergleich zu Beton, für den der Frost-Tau-Widerstand für die massgebende Expositionsklassen nachgewiesen ist, geprüft werden.																			
<sup>b</sup> Wenn SO42- zu den Expositionsklassen XA2 und XA3 führt, ist die Verwendung von Zement mit Sulfatwiderstand unabdingbar. Wenn Zement bezüglich des Sulfatwiderstands klassifiziert wird, sollte Zement mit mässigem oder hohem Sulfatwiderstand für die Expositionsklasse XA2 (und für Expositionsklasse XA1, wenn zutreffend) und Zement mit hohem Sulfatwiderstand für die Expositionsklassen XA3 verwendet werden.																			

## Grösstkorn

Das Grösstkorn der Gesteinskörnung ( $D_{max}$ ) ist der Nennwert des Grösstkorns der grössten Korngruppe der Gesteinskörnung im Beton.

Die Wahl des Grösstkorns hängt von konstruktiven Randbedingungen des Bauteils sowie betontechnologischen Aspekten ab.

Beton wird in der Regel mit folgenden Grösstkörnern hergestellt:  
4, 8, 16 oder 32 mm,  
z.B.  $D_{max}$  8 mm

## Luft- und Mindestzementgehalt

	Nennwert des Grösstkorn [mm]					
	8	16	22,5	32	45	63
Mindestluftgehalt [Vol.-%]	4,0	3,5	3,3	3,0	2,5	2,0
Mindestzementgehalt [M.-%]; siehe Tabelle Expositionsklassen	+15%	+10%	+5%	0	-5%	-10%

Wenn vom Ausschreibenden Beton ohne oder mit weniger künstlich eingeführter Luft bestellt wird, gelten bis auf den Mindestluftgehalt alle Anforderungen an die Betonzusammensetzung für die

Expositionsklasse XF4.  
Der maximale Luftgehalt darf höchstens 4 % über dem Mindestluftgehalt liegen.

## Mehlkornanteil

	Nennwert des Grösstkorn [mm]					
	8	16	22,5	32	45	63
Richtwerte des Mehlkorngehalts [kg/m <sup>3</sup> ]	450	400	375	350	325	300

Ein ausreichender Gehalt an Mehlkorn (Zement, Zusatzstoff und Anteile der Gesteinskörnung  $d < 0,125$  mm) ist zu gewährleisten.

## Chloridgehaltsklassen

Chloride sind in geringen Mengen in den Betonausgangsstoffen enthalten und sind daher unvermeidbar und werden

im allgemeinen als natürlicher Chloridgehalt des Betons bezeichnet.

**Zulässige Höchstwerte für Chloridgehalte der Betonausgangsstoffe**

Chloridgehaltklassen		Tabelle 3
Betonverwendung	Klasse des Chloridgehaltes	höchstzulässiger Chloridgehalt, bezogen auf den Zement in Massenanteilen
Ohne Betonstahlbewehrung oder anderem eingebetteten Metall (mit Ausnahme von korrosionsbeständigen Anschlagvorrichtungen)	CI 1.0	1.0 %
Mit Betonstahlbewehrung oder anderem eingebetteten Metall	CI 0.20	0.20 %
Mit Spannstahlbewehrung	CI 0.10	0.10%

Werden Zusatzstoffe des Typs II verwendet und für den Zementgehalt berücksichtigt, wird der Chloridgehalt als der Chloridionengehalt, bezogen auf den Zement im Massenanteil und der Gesamtmasse, die für die Berechnung

des Wasserzementwertes zu berücksichtigenden Zusatzstoffe (= Zementmasse + k-Wert x Zusatzstoffmasse) ausgedrückt.

**Konsistenzklassen**

Die Konsistenz ist ein Mass für die Steifigkeit des Frischbetons und definiert seine Verarbeitbarkeit.  
Wenn die Konsistenz des Frischbetons

nicht stimmt, hat der Beton im ausgehärteten Zustand nicht die gewünschten Eigenschaften – insbesondere nicht die geforderte Festigkeit.

Die Konsistenz wird in Ausbreitmassklassen (F1 – 6)  
Verdichtungsmassklassen (C0 – 3) Setzmassklassen (S1 – 5) eingeteilt.

Ausbreitmass Klasse	Wert[mm]	Verdichtungsmass Klasse	Wert	Setzmass Klasse	Wert[mm]	Konsistenzbeschreibung nach Holcim
		C0*	≥ 1,46			erdfeucht
F1*	≤ 340	C1	1,45 bis 1,26	S1	10 bis 40	steif
F2	350 bis 410	C2	1,25 bis 1,11	S2	50 bis 90	plastisch
F3	420 bis 480	C3	1,10 bis 1,04	S3	100 bis 150	weich
F4	490 bis 550			S4	160 bis 210	sehr weich
F5	560 bis 620			S5*	≥ 220	fliessfähig
F6*	≥ 630					sehr fliessfähig

\* Wegen fehlender Empfindlichkeit der Prüfverfahren nicht zu empfehlen.  
Eine allgemein verbindliche Korrelation zwischen den Konsistenzklassen existiert nicht, jedoch hat die Praxis eine annähernde Gleichwertigkeit gezeigt.



## Rohdichte

Die Rohdichte, auch Raumgewicht genannt, ist die Dichte eines porösen Festkörpers basierend auf dem Volumen inkl. der Porenräume. Die Rohdichte des Betons hängt vom Zuschlag ab. Entsprechend seiner Trockenrohddichte wird Beton als Normal-, Leicht- oder Schwerbeton definiert.

- Leichtbeton  
 $> 800 - 2.000 \text{ kg/m}^3$
- Normalbeton  
 $> 2.000 - 2.600 \text{ kg/m}^3$
- Schwerbeton  
 $> 2.600 \text{ kg/m}^3$

## Betonbezeichnung bei Normalbeton lt. EN 206-1

Festigkeit	C 25/30	$F_{ck,cube} > 30 \text{ N/mm}^2$ nach 28 d
Exposition	XC4, XF3	Aussenbauteile mit direkter Beregnung - Horizontale Betonplatte, die Regen und Frost ausgesetzt ist
Konsistenz	F3	Ausbreitmass zwischen 420 - 480 mm
Chloridgehalt	CI 0.20	Stahlbetonarbeiten
Grösstkorn	$D_{max} 8$	Maximaler Korndurchmesser = 8 mm
Sonstiges	pumpbar	Falls Pumpbeton



Neugestaltung Fontanaplatz, Chur  
Fixit 585 Vergussmörtel 0 – 3 mm, Frost- und Tausalzbeständigkeit hoch



Neugestaltung Poststrasse, Chur  
Fixit 585 Vergussmörtel 0 – 3 mm, Frost- und Tausalzbeständigkeit hoch





Gartenanlage  
Fixit 585 Vergussmörtel 0 – 3 mm schwarz eingefärbt



Hinterrheinbrücke  
Fixit 583 Bundsteinmörtel 0 – 3 mm, Frost- und Tausalzbeständigkeit hoch



Art und Umfang von Frisch- und Festbetonprüfungen auf der Baustelle sind nicht genormt. Sie sind vertraglich zu vereinbaren.  
Im Kontroll- bzw. Prüfplan ist daher vorab festzulegen, welche und wie viele

Frisch- bzw. Festbetonkontrollen auf der Baustelle durchzuführen sind und wer die Prüfkosten trägt.  
Prüfumfang und Häufigkeit sind auf das notwendige Minimum zu begrenzen, das zur Gewährleistung von Qualität

und gestellten Anforderungen ausreicht.

→ so wenig wie möglich, aber so viele Prüfungen wie nötig.

**Frischbeton sollte immer geprüft werden, um kostengünstig qualitative Fragen zu klären:**

- Entspricht die Bestellung mit dem gelieferten Beton?
- Erfüllt der Beton die geforderten Eigenschaften?
- Muss die Rezeptur angepasst werden?



Einzelprobe	Mit einem einzigen Schaufelstich entnommene Betonmenge.	Einzelproben werden mit der Probenahmeschaufel dem Mischer oder der Betonmasse entnommen und in einem geeigneten Behälter aufbewahrt.
Stichprobe	Anzahl Einzelproben, einem Teil der Mischerfüllung oder der Betonmasse entnommen.	
Sammelprobe	Anzahl gleichmässig über die Mischerfüllung oder die Betonmasse entnommener Einzelproben.	Bei Sammelproben sollen weder vom ersten noch letzten Teil der Betonlieferung Proben entnommen werden. Es sollen an mind. fünf bezüglich Tiefe und Ort unterschiedlichen Stellen Einzelproben entnommen werden. Diese Lokal repräsentative Probenahme gilt auch bei der Entnahme aus frei fallenden Betonströmen.

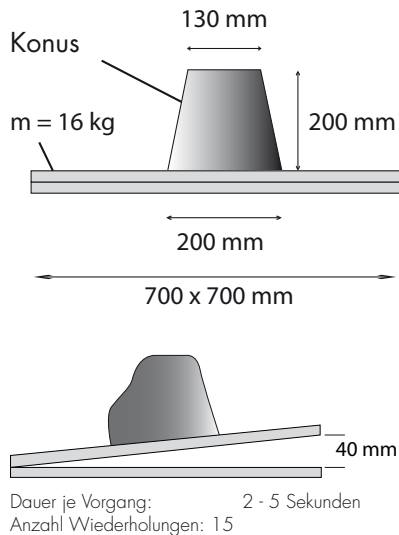
Die Proben sind jederzeit gegen Verunreinigung, Wasseraufnahme bzw. –verlust und extreme Temperaturen zu

schützen. Anhand des Probenahmeplans sind Stich- oder Sammelproben zu entnehmen. Die Gesamtmenge der

Proben muss mindestens das 1,5-fache der für die Prüfungen gebrauchten Menge betragen.

## Ausbreitmass F

(F = Flow Table Test)



### Prüfeinrichtung

- Ausbreittisch eben und fest lagern

### Prüfung

- Ausbreittisch und Konusinnenseite feucht abwischen.
- Frischbeton mit Schaufel in zwei gleich hohen Lagen einfüllen.
- Jede Lage mit 10 Stössen des Holzstampfers (40 x 40 mm) verdichten.
- Abziehen der Betonoberfläche mit Stampfer und Reinigen der Tischplatte rund um den Konus.
- 30 Sekunden warten und innert 3 - 6 Sekunden Konus vertikal abheben.
- Tischplatte bis zum Anschlag heben und fallen lassen.
- Zwei zueinander senkrecht stehende Durchmesser  $d_1$  und  $d_2$  messen, Ausbreitmass F bestimmen und auf die nächsten 10 mm aufrunden.

Entsteht kein kompakter Kuchen oder liegen einzelne Körner neben dem Kuchen, ist die Prüfung zu wiederholen.

### Faustregel

ca. 12 kg Frischbeton

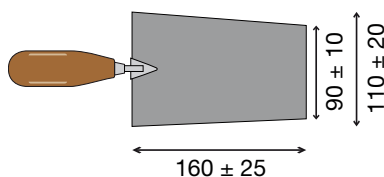
Ein um 10 mm grösseres Ausbreitmass F bedeutet:

Wassergehalt = + 5 kg/m<sup>3</sup> →  $f_c = -1$  bis  $-3 \text{ N/mm}^2$



## Verdichtungsmasse C

C = Compaction Test



### Prüfeinrichtung

- Stabiler, prismatischer Behälter mit quadratischer Grundfläche von 200 mm und 400 mm Innenhöhe
- Kelle mit ebener Fläche
- Rütteltisch oder Innenvibrator mit einem Durchmesser von 25 – 40 mm

### Prüfung

- Behälter innen feucht abwischen und auf feste, ebene Unterlage stellen.
- Mit der Kelle abwechselungsweise über alle vier Kanten des Behälters Frischbeton lose einfüllen.
- Den überstehenden Beton mit einem Lineal in einer Sägebewegung abstreichen (nicht verdichten).
- Beton verdichten, bis keine Volumsverringering mehr festzustellen ist.



- Abstich je in der Mitte der Seitenfläche auf 1 mm genau messen und Mittelwert  $s$  berechnen.
- Das Verdichtungsmass  $C$  ergibt sich wie folgt:

$$C = \frac{400}{400 - s}$$

#### Faustregel

ca. 40 kg Frischbeton

Ein um 0,1 kleineres Verdichtungsmass  $C$  bedeutet:

Wassergehalt = + 15 kg/m<sup>3</sup> →  $f_c = -3$  bis  $-8$  N/mm<sup>2</sup>



## Setzmass S

S = Slump Test

### Prüfeinrichtung

- Stabiler, 300 mm hoher Kegelstumpf mit einem unteren Innendurchmesser von 200 mm und einem oberen von 100 mm.
- 600 mm langer Stahlstab mit abgerundeten Enden und einem Durchmesser von 16 mm.
- Feste, ebene und nicht saugende Unterlage (z.B. Blech)

### Prüfung

- Die ganze Prüfung ist ohne Unterbrechung innert zweieinhalb Minuten auszuführen.
- Innenfläche des Kegelstumpfs feucht abwischen.
- Frischbeton in drei gleich hohen Lagen einbringen, ohne den Kegelstumpf zu schieben.
- Jede Lage über ihre ganze Dicke (bis zur Oberfläche der tieferen Lage) mit 25 Stössen des Stahlstabes verdichten.
- Den überstehenden Beton in einer Sägebewegung mit den Stahlstab abstreichen und Unterlage reinigen.
- Kegelstumpf sorgfältig (ohne drehen) senkrecht innert 5 bis 10 Sekunden hochziehen.
- Messen der Setzung des Betons auf 10 mm genau.
- Als Setzmass  $S$  gilt die auf die nächsten 5 mm aufgerundete Setzung.

Zerfällt der Betonkegel, ist die Prüfung zu wiederholen.

### Faustregel

ca. 40 kg Frischbeton

Ein um 10 mm grösseres Setzmass  $S$  bedeutet:

Wassergehalt = + 2 bis + 3 kg/m<sup>3</sup>

→  $f_c = -0,5$  bis  $-1,5$  N/mm<sup>2</sup>



## Temperatur

Die Frischbetontemperatur hat einen grossen Einfluss auf die Frisch- und Festbetoneigenschaften (Konsistenz, Erstarrungsbeginn, Festigkeitsentwicklung usw.), sowie die zu treffenden Nachbehandlungsmassnahmen

Idealerweise sollte die Frischbetontemperatur zwischen 10° C und 25° C liegen.  
Beton lose einfüllen.



## Luftgehalt

Der Luftgehalt wird mit dem Luftporentopf gemessen

### Prüfeinrichtung

- Zwischen je einem mit Beton und Druckluft gefüllten Behälter wird Druckausgleich hergestellt. Der wegen der Luftporen im Beton resultierende Druckabfall lässt sich am Manometer des Luftporentopfs als Luftgehalt des Betons ablesen.

### Prüfung

- Betonprobe in Behälter einfüllen und nach Vorschrift verdichten.
- Deckel aufsetzen und festschrauben.
- Über eines der Ventile Wasser einfüllen, bis am anderen Ventil Wasser blasenfrei austritt.
- Mit Luftpumpe Normdruck aufbringen.
- Beide Ventile schliessen und Daumenventil kurz betätigen um Druckluft in den Topf zu lassen.
- Den Luftgehalt am Manometer auf 0,1 % genau ablesen.

**Faustregel**  
Für 8 l Topf  
ca. 20 kg Frischbeton

Ein um 1 Volumenprozent höherer Luftgehalt bedeutet:  
 $f_c = -2 \text{ bis } -5 \text{ N/mm}^2$

### Anwendungsbereich

Das beschriebene Verfahren gilt für Frischbeton mit normaler Gesteinskörnung und einem  $D_{\max}$  bis 63 mm.

Nicht anwendbar ist das Verfahren für andere Gesteinskörnungen (leichte oder poröse Gesteinskörnungen usw.)



### Frischbetonrohddichte

= Masse des verdichteten  
Frischbetons / Behältervolumen

### Prüfeinrichtung

- Wasserdichter Behälter mit ausreichender Biegesteifigkeit, (z.B. Luftporentopf) mit einer glatten Innenfläche und einem glattgeschliffenen Rand. Rand und Boden müssen parallel verlaufen.
- Die kleinste Abmessung des Behälters muss mindestens das Vierfache der maximalen Nenngrosse des Grobzuschlages im Beton betragen, darf jedoch nicht kleiner als 150 mm sein. Das Volumen muss mindestens 5 l betragen.

### Prüfung

- Gewicht des Behälters ( $m_1$ ) mit Waage (Genauigkeit auf 0,10 %) bestimmen.
- Betonprobe in Behälter einfüllen und nach Vorschrift verdichten.
- Den überstehenden Beton mit einem Lineal in einer Sägebewegung abstreichen.
- Gefüllten Behälter ( $m_2$ ) abwiegen (Genauigkeit auf 0,10 % Bruttogewicht).

Die Berechnung der Dichte erfolgt nach folgender Gleichung:

$$D = \frac{m_1 - m_2}{V}$$

$D$  Frischbetonrohddichte;  $\text{kg/m}^3$   
 $m_1$  Masse des Behälters; kg  
 $m_2$  Masse des gefüllten Behälters; kg  
 $V$  Volumen des Behälters;  $\text{m}^3$

**Frischbetonrohddichte und Luftgehalt sind an der gleichen Probe zu ermitteln.**

## Wassergehalt

w/z-Wert bzw. sofern  
 zulässig w/z<sub>eq</sub> Wert

### Prüfeinrichtung

- Eine Frischbetonprobe wird gewogen und anschliessend getrocknet, bis ihr Gewicht nicht mehr abnimmt. Aus der Differenz der beiden Messwerte ergibt sich der Wassergehalt des Frischbetons.

### Prüfung

- Frischbetonprobe (ca. 10 kg) entnehmen
- Frischbeton mit Ablesegenauigkeit von 1 g wägen: m<sub>0</sub>
- Trockene Probe (nach < 20 min) mit Ablesegenauigkeit von 1 g wägen: m<sub>1</sub>
- 5 Minuten weiter trocknen und erneut wägen: m<sub>2</sub>
- Falls m<sub>1</sub> – m<sub>2</sub> < 5 g: m<sub>2</sub> = m<sub>1r</sub>  
 Anderenfalls weitere 5 Minuten trocknen, bis die Differenz der letzten beiden Wägungen < 5 g beträgt.

### Prüfergebnis (ca. 10 kg Frischbeton)

Der Wassergehalt der Frischbetonprobe errechnet sich mit Hilfe der Rohdichte des Frischbetons (ρ<sub>o</sub>) wie folgt:

$$W_o = \rho_o \cdot \frac{m_o - m_{1r}}{m_o} \quad \text{in kg/m}^3$$

Die Rohdichte ermittelt sich aus dem Verhältnis von Masse und Volumen der Betonprobe (z.B. Abwiegen der verdichteten Betonprobe im definierten Volumen des Luftporentopfs).





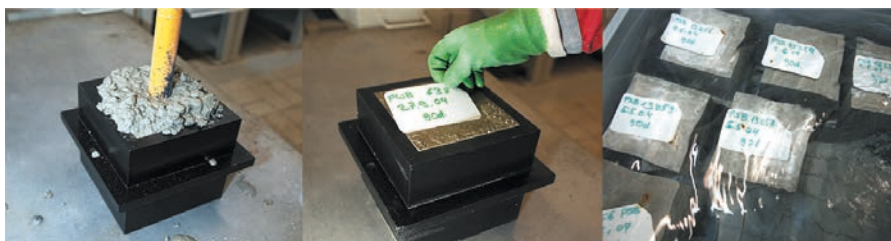
## Herstellung und Lagerung der Prüfkörper für Festig- keitsprüfungen

### Prüfkörperherstellung

- Der Beton ist vor dem Einfüllen in die Prüfkörperform erneut zu mischen.
- Das Einbringen muss in mindestens zwei Schichten < 100 mm erfolgen.
- Der Beton ist mit einer Vibrationsnadel oder auf einem Rütteltisch zu verdichten.

### Lagerung der Prüfkörper

- Die Prüfkörper sind mindestens 16 Stunden und höchstens 3 Tage bei  $20 \pm 5^\circ \text{C}$  in der Form zu belassen. Sie sind dabei gegen Stösse und Austrocknen (Sonne/ Wind) zu schützen.
- Nach der Entnahme aus der Form sind die Prüfkörper bis zum Prüfbeginn unter Wasser oder in einer Feuchtkammer bei  $20 \pm 2^\circ \text{C}$  und einer relativen Luftfeuchte von  $> 95\%$  zu lagern.



MFH, Jenins  
Fixit 583 Bundsteinmörtel 0 – 3 mm, gelb eingefärbt





Versam  
Fixit 583 Bundsteinmörtel 0 – 3 mm, Frost- und Tausalzbeständigkeit hoch

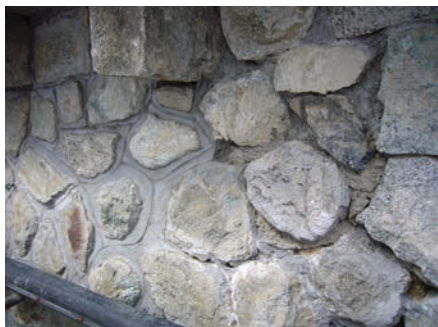
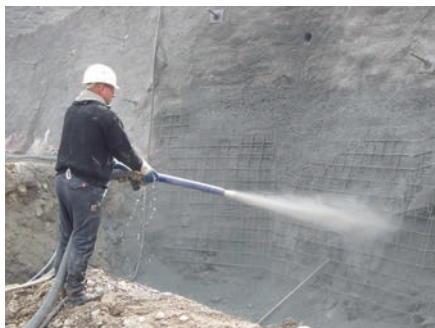


Erschliessung Schiin, Uzwil  
Fixit 583 Bundsteinmörtel und Fixit 516 FT Trockenbeton C30/37, 0 – 16 mm











## Würfeldruckfestigkeit $f_c$

= maximale Kraft / belastete Fläche  
(N/mm<sup>2</sup>)

Am vorgängig hergestellten Würfel werden die Druckfestigkeiten zu verschiedenen Zeitpunkten, die Dichte und - nach Bedarf - weitere Eigenschaften erhoben.

### Prinzip

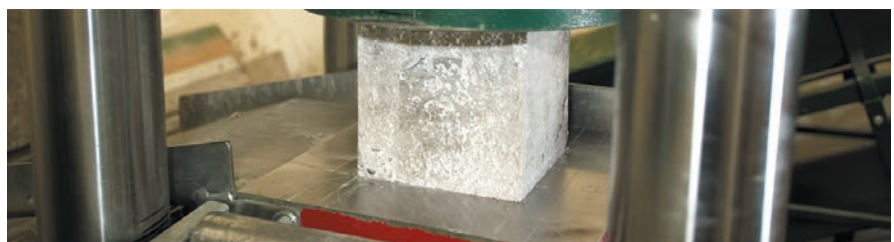
- In einer Druckprüfmaschine werden die Prüfkörper bis zum Bruch belastet. Aus der erzielten Höchstlast errechnet sich die Druckfestigkeit.

### Prüfung

- Die Prüfkörper müssen würfel- oder zylinderförmig sein.
- Die Probeoberfläche ist von überschüssiger Feuchtigkeit zu befreien.
- Die Prüfkörper sind normkonform zu lagern.
- Die Prüflast ist erschütterungsfrei und gleichmässig aufzubringen.  
Die Prüflast wird stetig um 0,2 bis 1,0 N/mm<sup>2</sup> gesteigert.
- Aus der Prüflast in kN errechnet sich die Würfel- bzw. Zylinderdruckfestigkeit.
- Der Bruchtyp muss anhand von Bildern beurteilt werden. Ungewöhnliche Bruchbilder sind zu dokumentieren.

### Anmerkung

Wird die Betondruckfestigkeit im Rahmen einer Konformitätskontrolle erhoben, erfolgt die Auswertung der Ergebnisse gemäss EN 206-1, Ziffer 8.2.1.2. Wird die Betondruckfestigkeit im Zuge einer Identitätsprüfung untersucht, gelten die Vorgaben gemäss EN 206-1, Anhang B.



	Kurze Beschreibung	Anforderungen, Hinweise
<b>Bohrkerndruckfestigkeit</b>	= maximale Kraft / belastete Fläche (N/mm <sup>2</sup> )	Bewertung der Druckfestigkeit von Bauwerksbeton
<b>Wassereindringtiefe unter Druck</b>	Wasser wird unter Druck (5 ± 0,5) bar für (72 ± 2) h auf die Oberseite des Prüfkörpers aufgebracht. Der Prüfkörper wird gespalten und der Verlauf der Wassereindringtiefe bestimmt.	Richtwert: Bei einer maximalen Eindringtiefe von < 50 mm gilt der Beton als wasserdicht. Anzahl der Prüfkörper und max. Wassereindringtiefe sind zu vereinbaren.
<b>Chloridgehalt</b>	Quantitative Bestimmung des Chloridgehaltes. Rechnerische Bestimmung aus den Ausgangsstoffen: Gesteinkörnung, Zement, Wasser, Zusatzmittel, -stoffe.	Zuordnung des Betons in die Chloridklassen gemäss EN 206-1.
<b>Wasserleitfähigkeit, q<sub>w</sub></b>	Durch ein spezielles Tränk- und Trockenverfahren, werden die Wasserleitfähigkeit q <sub>w</sub> , die füllbaren Poren und die Gesamtporosität bestimmt. <b>q<sub>w</sub> = g/(m<sup>2</sup> x h)</b> ist die Wassermenge, die von einem Bauteil von 20 mm Dicke pro Sekunde und m <sup>2</sup> aufgenommen wird.	In der Regel gewährleistet ein Beton mit q <sub>w</sub> < 10g/(m <sup>2</sup> x h) bei nicht drückendem Wasser und einer Lufttemperatur im Raum von > 15 °C trockene Innenwände und wird als wasserdicht beurteilt.
<b>Chloridwiderstand</b>	Chloridionen werden durch Anlegen einer Spannung in wassergesättigte Prüfkörper eingetragen. Am gespaltenen Prüfkörper wird die Eindringtiefe der Chloridionen bestimmt. Daraus, sowie aus weiteren Parametern, wird der Chloridmigrationskoeffizient D <sub>Cl</sub> in m <sup>2</sup> /s berechnet.	
<b>Frosttausalz-widerstand</b>	Aufbringen einer Wasserlösung auf die Oberfläche. 28 Frost-/Tauzyklen durchführen. Abgelöste Betonmenge nach 7, 14 und 28 Zyklen bestimmen. m = abgelöste Betonmenge nach 28 Zyklen in g/m <sup>2</sup> .	<b>Hoher Frost- und Tausalz-widerstand</b> m < 200 g/m <sup>2</sup> oder 200 g/m <sup>2</sup> < m < 600 g/m <sup>2</sup> , wenn die Ablösungsmenge in den zweiten 14 Frostwechseln < als in den ersten 14 Frostwechseln ist.  <b>Tiefer Frost- und Tausalz-widerstand</b> m > 3800 g/m <sup>2</sup> .
<b>Sulfatwiderstand</b>	Prüfkörper werden wechselnd getrocknet und in einer sulfathaltigen Lösung gelagert. Eindringendes Sulfat kann mit Bestandteilen des Prüfkörpers reagieren und eine Volumenänderung bewirken. Berechnung der Sulfatdehnung Δl.	Als Richtwert für Beton mit hohem Sulfatwiderstand gilt ein Serienmittelwert von Δl < 0,5 %.
<b>Schwinden und Kriechen</b>	Messen der Längenänderung an unbelasteten (Schwinden) bzw. belasteten (Kriechen) Prüfkörpern und Berechnung des Schwindmasses ε <sub>CS</sub> (%) bzw. des Kriechmasses ε <sub>CC</sub> (%).	
<b>Elastizitätsmodul</b>	Kennwert für das elastische Verformungsverhalten des Betons. Das E-Modul gibt das Verhältnis der Spannung σ zur zugehörigen elastischen Dehnung ε an. E = σ / ε (N/mm <sup>2</sup> )	Das E-Modul wird im 3. Belastungszyklus bestimmt.

<b>Frostbeständigkeit</b>	Berechnung der Frostbeständigkeit FS des Festbetons mit Porenkennwerten aus der Prüfung der Wasserleitfähigkeit.	FS > 1,5 hohe Frostbeständigkeit  FS < 1,0 tiefe Frostbeständigkeit
<b>Abriebverhalten</b>	Der Gewichtsverlust beim definierten Abschleifen des Betonprüfkörpers wird bestimmt. Abtrag d in mm wird berechnet.	$d = \frac{\text{Massenverlust}}{\text{Rohdichte} \times \text{Fläche}}$
<b>Frostwechselverhalten N50</b>	Die Prüfkörper werden Frost- und Tauzyklen unterworfen. Das E-Modul wird periodisch gemessen $N_{50}$ = Anzahl der Zyklen, bei 50% E-Modul Abfall	$N_{50} > 100$ hohe Frostbeständigkeit  $N_{50} < 20$ geringe Frostbeständigkeit
<b>Frost- und Frosttausalzwiderstand TFB - Methode</b>	Die Prüfkörper werden 10 Frostzyklen (+20 C / -25 C) im Ethylenglykolbad (Frost) bzw. Calciumchloridbad (Frosttausalz) unterworfen. Die Gefügestörung und die Betonablösung werden beurteilt.	Proben, die nach 10 Frostzyklen keine Risse bzw. keine Ablösung zeigen, weisen einen hohen Frost- bzw. Frosttausalzwiderstand auf.
<b>Frost- und Frosttausalzwiderstand BE I</b>	Diagnostische Bestimmung aus Porenanalyse an Dünnschliffen, Sättigungskennwerten und Gefügequalität.	Beurteilung durch Widerstandsfaktor WF-P (Frost) bzw. WFT-P (Frosttausalz) und Index der Gefügequalität.
<b>Arbeitsvermögen an Quadratplatten (Stahlfaserbeton)</b>	Bestimmung der wirksamen Biegezugfestigkeit $f_{ctf}$ und Rechenwert der Bruchenergie $G_f$ .	Bruchenergie $G_f > 4000 \text{ N/m}$ , so gilt die Prüfung als erfüllt.
<b>Stahlfasergehalt aus Betonproben</b>	Zertrümmerung des Betons und Heraussortieren der Stahlfasern mittels Magnet.	Je nach Anforderung im allgemeinen zwischen 20 - 40 kg/m <sup>3</sup> .





Giessenparkbad, Bad Ragaz  
Fixit 585 Vergussmörtel 0 – 3 mm und Fixit 583 Bundsteinmörtel 0 – 3 mm



Mauersanierung Witikonstrasse, Zürich  
Fixit 528 A Trockenspritzbeton C30/37, alkalifrei beschleunigt, 0 – 8 mm



# Porenstruktur im Festbeton

Porenradius	Porenart	Entstehung	Auswirkungen
> 1 mm	Verdichtungs- und Lunker (natürliche Luftporen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Während Einbringen</li> <li>• Verdichtungsart</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kein Einfluss auf Wassertransport</li> <li>• Grosser Einfluss auf Gastransport</li> </ul>
20 µm - 1 mm	Luftporen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Während Betonherstellung</li> <li>• Gehalt wird durch Zusatzmittel verändert</li> <li>• Kugelförmige Art</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geringer Einfluss auf Wassertransport</li> <li>• Grosser Einfluss auf den Frost- und Frostauszugwiderstand, die Festigkeit</li> <li>• Luftgefüllt</li> </ul>
0,05 µm - 20 µm	Kapillarporen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Während der Hydratation des Zementleims</li> <li>• Volumen wird durch w/z beeinflusst</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grosser Einfluss auf Wasser- und Gastransport</li> <li>• Teilweise wassergefüllt (Kapillarkapillareffekt)</li> <li>• Grosser Einfluss auf den Frost- und Frostauszugwiderstand, auf die Festigkeit und die Dauerhaftigkeit</li> </ul>
0,01 µm - 0,05 µm	Gelporen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohlräume zwischen den Kristalliten des Zements</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kleiner Einfluss auf Wasser- und Gastransport</li> <li>• Wassergefüllt (Adsorption)</li> </ul>



Bahnhof Filisur

Fixit 527 A Trockenspritzbeton, Fixit 508 Trockenbeton, Fixit 583 Bundsteinmörtel, Fixit 530 Injektionsmörtel





Schacht im Toggenburg  
Fixit 585 Vergussmörtel, Fixit 587 Schachtversetzmörtel



Balkonbau in Zürich  
Fixit 508 Pump Trockenbeton C30/37





# Nachbehandlung

Für die Dauerhaftigkeit ist ein dichter Beton nötig. Dies betrifft vor allem die Betonrandzone (Bewehrungsüberdeckung), welche die Bewehrung schützt. Die Nachbehandlung hat das Ziel,

den jungen Beton der Randzone vor Wasserverlust, Temperatureinwirkungen oder anderen schädlichen Einflüssen zu schützen.

## Die Nachbehandlung soll Schutz bieten vor

- Austrocknung durch Sonne, Wind und trockene Luft (auch im Winter)
- Grossen Temperaturdifferenzen zwischen Betonkern und Betonoberfläche
- Hitze und Kälte, sowie vor Temperaturwechsel
- Niederschlägen (Regen und Schnee)

## Zweckmässige Verfahren für die Nachbehandlung

- Beton in der Schalung belassen
- Abdecken mit Folie (bei Sichtbeton Folie nicht direkt auf Beton legen)
- Aufsprühen eines Nachbehandlungsmittels (nicht geeignet, wenn anschliessend ein Oberflächenschutzsystem aufgebracht werden soll, ausser beides ist aufeinander abgestimmt)
- Auflegen von feuchten Abdeckungen (ständig feucht halten oder zusätzlich mit Folie abdecken)
- Bei Temperaturen von  $0^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}$  Folien und Wärmedämm-Matten
- Bei Temperaturen von  $< 0^{\circ}\text{C}$  wie bei

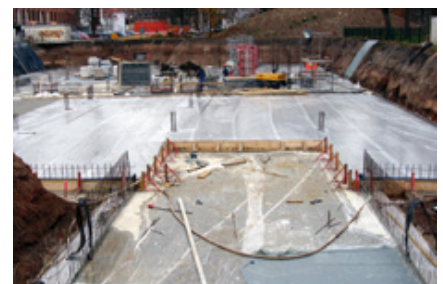
$0^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}$ , zusätzlich Bauteil beheizen, so dass Betontemperatur ca.  $10^{\circ}\text{C}$  beträgt

### Dauer der Nachbehandlung mindestens 7 Tage (Faustregel)

## Fehlende Nachbehandlung

Werden Nachbehandlungsmassnahmen unterlassen oder setzen sie zu spät ein, sind die möglichen Folgen:

- Geringere Festigkeit des Randbetons
- Höhere Porosität des Randbetons und damit geringere Dauerhaftigkeit
- Fröschwindrisse
- Kleinere Abriebfestigkeit, chemische Beständigkeit und Dichte
- Betonoberfläche sandet ab
- Beton gefriert und wird zerstört (Druckfestigkeit erholt sich nicht mehr)



## Betonieren bei kaltem Wetter

Auch bei kaltem Wetter kann betoniert werden, wenn notwendige Vorkehrungen getroffen werden.

### Massnahmen bei Betonherstellung

- Anhebung des Zementgehalts und/oder Verwendung von Zement mit höherer Wärmeentwicklung bei sonst gleichen Ausgangsstoffen.
- Herabsetzen des W/B-Wertes durch Einsatz eines Fließmittels (FM).

- Beschleunigung der Festigkeitsentwicklung durch den Einsatz eines chloridfreien Erhärtungsbeschleunigers, z.B. ein Frostschutzprodukt (HBE).
- Verlängerung der Ausschulfristen und der Nachbehandlungsdauer.
- Verwendung von Materialien mit erhöhten thermischen Isolationseigenschaften für die Schalung (z.B. Holz) und für die Nachbehandlung (z.B. Thermomatten).
- Anhebung der Frischbetontemperatur durch gezielte Erwärmung des

Zugabewassers und/oder Erwärmen der Gesteinskörnung.

- Bauteil oder ganzes Gebäude vor Wärmeverlust und Luftzug schützen.
- Junger Beton ist vor Frost zu schützen. Die Gefrierbeständigkeit des jungen Betons ist dann erreicht, wenn er eine Druckfestigkeit von 5 N/mm<sup>2</sup> aufweist.

### Einbringen und Verdichten

- Auf gefrorenem Baugrund darf nicht betoniert werden, ebenso wenig auf gefrorenen Bauteilen.
- Schalungsflächen und Bewehrungen frei von Eis und Schnee halten, jedoch nie mit Wasser, sondern durch Wärmebehandlung.
- Der vorgewärmte Beton muss zügig in die von Schnee und Eis befreite Schalung eingebaut und sofort verdichtet werden.

- Den jungen Beton nach Möglichkeit vor Wärmeentzug durch die Transportgeräte zur und auf der Baustelle schützen. Nach Möglichkeit keine Förderbänder verwenden.
- Im eingebrachten Beton sind Vorkehrungen zu treffen, um die Betontemperatur laufend messen zu können.
- Beim Einbringen und während der Verarbeitung darf ohne besondere Massnahmen der Frischbeton nicht

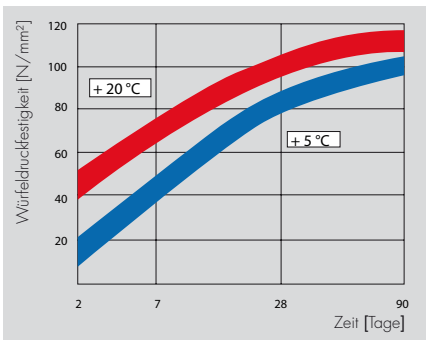
kälter als + 5° C sein.

Bei Betonoberflächen mit erhöhten Anforderungen wird empfohlen, die Frischbetontemperatur auf + 10° C zu erhöhen. Das Anmachwasser und die Gesteinskörnung sind gegebenenfalls vorzuwärmen.



Nachbehandlung

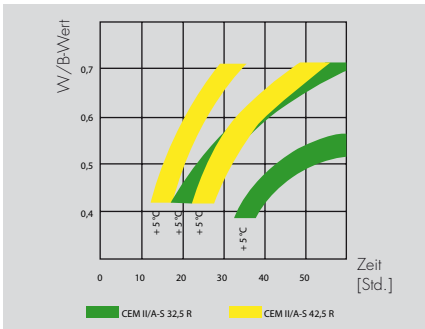
- Bei kalten Temperaturen muss der Beton unmittelbar nach dem Einbringen vor Wärmeentzug geschützt werden. Dazu eignet sich das Abdecken mit Thermomatten.
- Kann die Thermomatte nicht direkt auf die Betonoberfläche gelegt werden, ist der Beton vor Zugluft zu schützen.
- Während der Erhärtungszeit muss der



Festigkeitsentwicklung von Beton (mit CEM I 42,5 N) in Abhängigkeit der Betontemperatur

Beton nicht nur vor Wärme-, sondern auch vor Feuchtigkeitsverlust geschützt werden, weil bei kaltem und/oder trockenem Wetter der Feuchtigkeitsgehalt der Luft sehr gering ist.

- Art und Dauer der Nachbehandlung hängen ab von den Witterungsbedingungen, dem verwendeten Zement, sowie der Geometrie der Bauteile.
- Bauteil oder ganzes Gebäude während einiger Stunden oder Tage thermisch nachbehandeln durch Heizen und Einhausen, bis die Gefrierbeständigkeit erreicht ist.



Erforderliche Zeit zum Erreichen der Gefrierbeständigkeit des Betons.  
(Betondruckfestigkeit > 5 N/mm² in Abhängigkeit vom w/z-Wert bei verschiedenen Betontemperaturen und Zementarten)

Frischbetontemperatur

Die gewünschte Frischbetontemperatur lässt sich durch Erwärmen der Ausgangsstoffe erreichen.

Vereinfachte Formel für die Mischtemperatur	$T_b = 0,7 \times T_g + 0,2 \times T_w + 0,1 \times T_z$	$T_b$ = Betontemperatur °C $T_g$ = Temperatur der Gesteinskörnung in °C $T_w$ = Wassertemperatur in °C $T_z$ = Zementtemperatur in °C
---	--	--

Beispiel

Vorgaben	Temperatur der Gesteinskörnung Wassertemperatur Zementtemperatur	$T_g = 8^\circ \text{C}$ $T_w = 10^\circ \text{C}$ $T_z = 50^\circ \text{C}$
Gesucht	Betontemperatur $T_b$	
Lösung	$T_b = 0,7 \times 8 + 0,2 \times 10 + 0,1 \times 50 = 12,6^\circ \text{C}$ Betontemperatur	



## Betonieren bei heissem Wetter oder starkem Wind

### Massnahmen bei Betonherstellung

- Die Frischbetonmengen müssen auf die Lieferintervalle und die Einbauleistungen abgestimmt werden. Es dürfen keine zeitlichen Verzögerungen entstehen.
- Die kühleren Tageszeiten sollen zum Betonieren genutzt werden und die Einbaustelle soll nach Möglichkeit beschattet werden.
- Genügend Personal einplanen.
- Die Geräte für den Einbau sowie das Material für die Nachbehandlung müssen überprüft sein und bereit stehen.
- Vor Einbaubeginn sollte die Bewehrung, Schalung oder der Untergrund vorge-nässt werden. Entstehende Wasserpfützen sind zu beseitigen.



### Einbringen und Verdichten

- Lange Transport- und Liegezeiten des Betons vermeiden.
- Rasches Entladen, Verarbeiten und Verdichten sind oberstes Gebot.
- Bei Verzögerungen und längeren Standzeiten muss das Lieferwerk sofort benachrichtigt werden.
- Angesteiften Beton nicht mehr einbringen.



### Nachbehandlung

- Der Frischbeton muss unbedingt feucht gehalten werden. Als Schutz vor Wind und Regen muss der Frischbeton mit Folien oder feuchten Matten abgedeckt werden.
- Flüssiges Nachbehandlungsmittel aufbringen.
- Beton andauernd mit Wasser besprühen.
- Nicht zu früh ausschalen.
- Wände schützen.

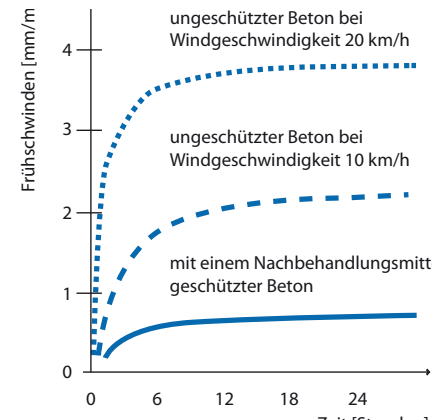


## Austrocknungsgeschwindigkeit

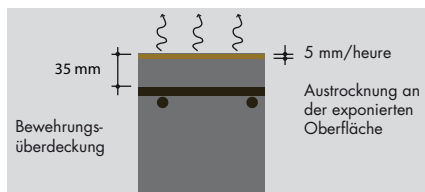
Die Austrocknungsgeschwindigkeit ist abhängig von der

- Lufttemperatur
- Betontemperatur
- Relativen Luftfeuchtigkeit
- Windgeschwindigkeit

Frühschwinden als Folge mangelhafter Nachbehandlung bei extremen Witterungsbedingungen. Das Frühschwinden entwickelt sich hauptsächlich während der ersten Stunden und hängt von den vorhandenen Umweltbedingungen ab. Deshalb sind rasche Nachbehandlungsmassnahmen notwendig.



## Diagramm zum Abschätzen der Austrocknungsrate an offen liegenden Betonflächen



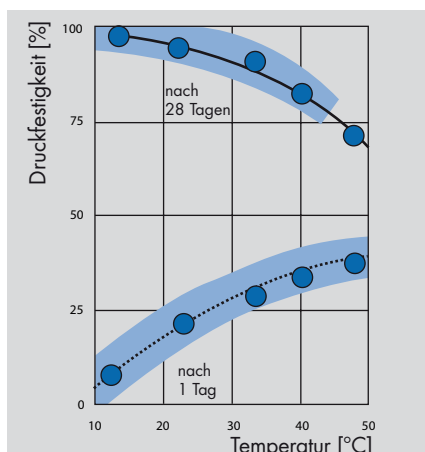
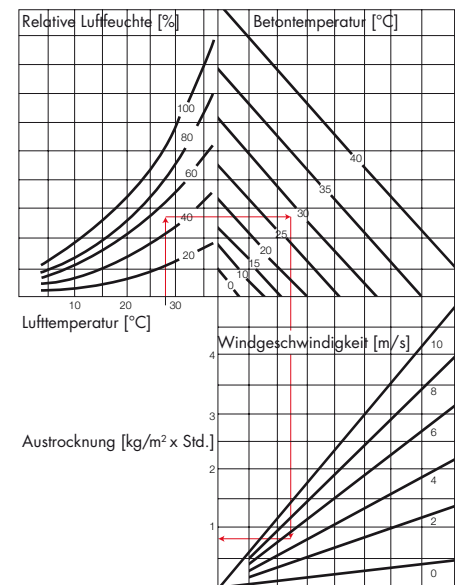
Bei einem Normalbeton mit einem Zementgehalt von  $300 \text{ kg/m}^3$  und einem w/z-Wert von 0,55 bedeutet eine Austrocknungsrate von  $0,8 \text{ kg/m}^2 \times \text{Std.}$ , dass nach einer Stunde das in den obersten 5 mm des Betons enthaltene Wasser verdunstet ist.

### Eingezeichnetes Beispiel

Lufttemperatur:  $28^\circ \text{C}$   
Relative Luftfeuchtigkeit: 50 %  
Betontemperatur:  $28^\circ \text{C}$   
Windgeschwindigkeit: 5 m/s

### Ergebnis

Austrocknungsrate:  $0,80 \text{ kg/m}^2 \times \text{Std.}$



Die im Allgemeinen höhere Betontemperatur bewirkt eine schnellere Zementhydratation.

Diese führt zu einer höheren Frühfestigkeit, weil sich gegenüber niedrigeren Temperaturen rascher Zementhydratkristalle bilden, die allerdings kleiner sind. Kleinere Kristalle können sich weniger

intensiv verfilzen als grössere. Es stellt sich eine höhere Porosität ein. Dies beeinflusst die Endfestigkeit des Betons.





Flumserberg  
Fixit 527 A Trockenspritzbeton, Fixit 530 R Injektionsmörtel schnell abbindend



Aadorf  
Fixit 527 A Trockenspritzbeton



## Sichtbeton

Unter Sichtbeton werden im Allgemeinen Betonflächen verstanden, die für den Betrachter als Oberfläche sichtbar bleiben und an die hinsichtlich des Aussehens besondere Anforderungen gestellt werden. Im Wesentlichen unterscheidet man bei der Erstellung von Sichtbetonflächen zwischen den Oberflächen, bei denen die Schalhaut als Gestaltungselement benutzt wird und Betonflächen, die nachträglich bearbeitet werden. In beiden Fällen kann die Farbe als weiteres gestalterisches Merkmal eingesetzt werden.

### Grundsätzlich sind folgende Kriterien beim Einsatz von Sichtbeton zu beachten

- Genaue Leistungsbeschreibung
- Schalhautstruktur
- Materialauswahl – Farbgebung
- Bearbeitung der Betonoberfläche
- Erprobungs- und Referenzflächen
- Konstruktive Gestaltung



### Folgende Parameter beeinflussen die Qualität der Sichtbeton-Oberfläche

- Gleichmässiger w/z-Wert  
→ gleichmässige Grautönung.
- Alle Holzschalungen sollten gleich stark saugend sein, um eine gleiche Farbe der Oberfläche zu erzielen.
- Überschüssiges Trennmittel auf der Schalung entfernen  
Zementgehalt  $\geq 300 \text{ kg/m}^3$ .
- Sorgfältiges Vibrieren ergibt eine gute Oberfläche.
- Ausreichend hoher Mehlkornanteil (Zement, Zusatzstoffe und Anteile der Gesteinskörnung  $< 0,125 \text{ mm}$ ).
- Kornzusammensetzung entspricht einer stetigen Kurve und ist im oberen Bereich der Kurve anzusetzen.
- Gleichmässige Betonzusammensetzung, gegebenenfalls unter Verwendung eines verflüssigenden Zusatzmittels.
- Zementgehalt mind.  $350 \text{ kg/m}^3$ .
- w/z-Wert kleiner 0,50 und möglichst konstant (Abweichungen bewirken erkennbare Farbunterschiede an der Betonoberfläche).
- Ausreichender Zusammenhalt (kein Entmischen) und ausreichendes Wasserrückhaltevermögen (kein Bluten) des Frischbetons.
- Die richtige Konsistenz ist eine wichtige Voraussetzung.



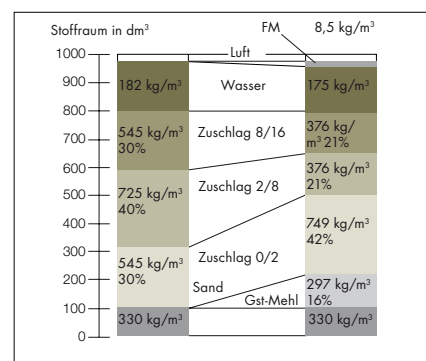


## Selbstverdichtender Beton SVB (self compacting concrete SCC)

SVB ist ein Beton, der trotz niedrigem w/z-Wert so fliesfähig ist, dass er selbst fliesst, sich ohne Vibrationsarbeit verdichtet und dabei keine Entmischung aufweist.

### Vorteile von SCC sind:

- Höhere Einbauleistung
- Geringerer Lärm beim Einbauen
- Freiere Formgebung
- Schlankere Bauteile
- Höhere Dauerhaftigkeit
- Weniger Nacharbeiten
- Leichteres Betonieren
- Grössere Etappen
- Weniger Personal
- Keine Gesundheitsschäden aus Vibrationsbelastungen



## Pumpbeton

Pumpbeton kann praktisch für alle Bauteile eingesetzt werden, und eignet sich besonders, wenn der Einbringungsort schwer zugänglich ist.

### Folgende Voraussetzungen sind erforderlich:

- Grösstkorn < 1/3 der Rohrleitung.
- Eher eine sandige Kornzusammensetzung.
- Korngruppe 4-8 mm weglassen, andernfalls ihren Anteil am Korngemisch auf 20 % begrenzen.

- Mehlkornanteil: Zement + Kornanteil bis 0,125 mm + ggf. Zusatzstoffe bei Grösstkorn von 16 mm etwa 450 kg/m³.
- Konsistenz in der Regel: F3 (420 – 480mm) C3 (1,10 – 1,04)  
Je nach innerem Zusammenhalt des Betons und der Förderhöhe ist die Konsistenz anzupassen.



## Abriebfester Beton

Abriebfester Beton ist gegenüber mechanischer Beanspruchung insbesondere Reibung widerstandsfähig.

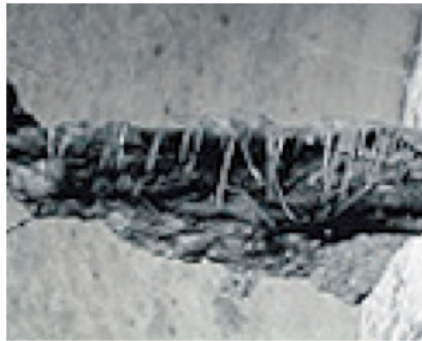
### Folgende Voraussetzungen sind erforderlich:

- Dichter Beton mit w/z-Wert von 0,40 bis 0,50
- Abriebfeste Gesteinskörnungen verwenden (Hartgesteine)



## Faserbeton

Faserbeton ist Beton, dem zur Verbesserung seiner Eigenschaften spezielle Fasern (Stahl, Kunststoff oder alkali-beständiges Glas) zugegeben werden. Dies führt u. a. zur Verbesserung der Zugfestigkeit (Nachrisszugfestigkeit) und der Duktilität und damit des Bruch- und Rissverhaltens.



### Stahlfasern

- Bodenplatten, Industrieböden (fugenlos)
- Verkehrsflächen, Bushaltestellen
- Fertigteilelemente, Tübbinge
- Felssicherung im Untertagebau

### Kunststofffasern

- Feuerbeständiger Beton
- Bodenplatten
- Mörtel für Unterlagsböden
- Schutzmörtel

### Vorteile

- Risse werden durch die Fasern verteilt  
→ viele kleine Risse statt wenige grosse.
- Stahlfasern können bei gewissen Anwendungen die Bewehrung ganz oder auch teilweise ersetzen.
- Kunststofffasern werden zusätzlich zur Bewehrung eingesetzt (Rissverteilung).
- Durch die Fasern bekommt der Beton zähe Eigenschaften, sein Arbeitsvermögen (Lastaufnahme, auch nach dem Auftreten eines Risses) wird vergrößert.

### Nachteile

- Konsistenz wird durch Fasern eventuell steifer, dies ist bei der Rezeptur zu berücksichtigen.

## Feuerbeständiger Beton

Beton brennt nicht und bietet einen Schutz gegen Feuer und hohe Temperaturen. Bei lang andauernder Feuereinwirkung kommt es zu Abplatzungen

### Feuerbeständigkeit kann durch folgende Massnahmen erhöht werden:

- Zugabe von Kunststoffasern. Diese zerschmelzen bei Feuereinwirkung und hinterlassen Hohlräume, so dass sich der Dampfdruck abbauen kann.

- Feuerbeständige Gesteinskörnungen (Blähton, Blähschiefer, Basalt, Schamotte, etc.) anstelle der karbonatischen oder quarzhaltigen Gesteinskörnungen verwenden.
- Je höher die Festigkeit im Beton, desto schlimmer die Schäden bei einem Feuer, ein Feuchtigkeitsgehalt von < 2 % gilt als unkritisch.

## Spritzbeton

Spritzbeton ist ein Beton, der in einer geschlossenen Rohr-/Schlauchleitung zur Einbaustelle gefördert, dort aus einer Spritzdüse pneumatisch aufgetragen und durch die Aufprallenergie verdichtet wird. Beim Auftreffen an der Auftragsfläche prallt ein Teil des Spritzguts, das Rückprallgut, zurück.

Grundsätzlich wird zwischen Trocken- und Nassspritzverfahren unterschieden. Beim **Trockenspritzverfahren** wird ein sogenanntes Trockengemisch im Dünnstromverfahren gefördert, dem erst an der Spritzdüse das Zugabewasser mit oder ohne Beschleuniger zugegeben wird.

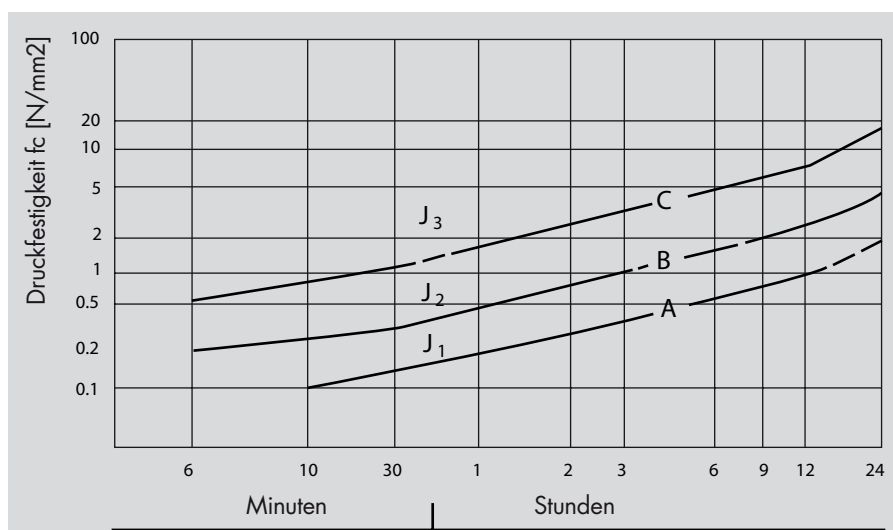
Beim **Nassspritzverfahren** ist das Zugabewasser bereits im Ausgangsgemisch des Spritzguts enthalten, die Förderung erfolgt im Dickstromverfahren.

### Anwendungen

- Spritzbeton wird für bewehrte und unbewehrte Bauteile verwendet.
- Untertagebau für Sicherungsarbeiten bzw. für den Ausbau
- Auskleidung von Becken und Kanälen
- Zur Sicherung von Hängen, Böschungen und Baugruben
- Instandsetzung schadhafter Bauwerke aus Beton und Mauerwerk



## Frühfestigkeitsklassen



zwischen A und B	Klasse J <sub>1</sub>
zwischen B und C	Klasse J <sub>2</sub>
über C	Klasse J <sub>3</sub>
Hinsichtlich der Festigkeitsentwicklung innerhalb der ersten 24 h werden die drei Frühfestigkeitsklassen J <sub>1</sub> , J <sub>2</sub> und J <sub>3</sub> unterschieden.	

## Prüfmethoden zur Messung der Frühfestigkeit

0,10 - 1,20 N/mm <sup>2</sup>	Penetrationsnadel	Messung der Kraft, um eine 3 mm dicke Nadel bis 15 mm in den Spritzbeton eindringen zu lassen.
1 - 8 N/mm <sup>2</sup>	Bolzensetzverfahren	Messung der Eindringtiefe von Schraubenbolzen, welche mittels eines Bolzensetzgeräts mit vordefinierter Einstellung in den Beton getrieben werden.
3 - 18 N/mm <sup>2</sup>	Bolzensetzverfahren	Messung der erforderlichen Ausziehkraft von Bolzen, welche zuvor mittels eines Bolzensetzgeräts mit vordefinierter Einstellung in den Beton getrieben werden.

## Drainbeton

Drainbeton ist ein haufwerksporiger, hohlraumreicher Beton für Entwässerungsaufgaben.

Die Haufwerksporen ergeben sich durch Verwendung einer eng begrenzten Korngruppe, z. B. 5/8 mm, wobei die Einzelkörner nur an den Kontaktstellen durch eine dünne Zementsteinschicht miteinander verkittet werden.

### Anwendung

- Entwässerung im Strassen-, Tief- und Wasserbau
- Betonfilterrohre, Filtersteine und Filterplatten
- Lärmschutzwände und lärmarme Strassenbetone
- Als Versetzbeton bei Pflastersteinen oder Platten







KW Krummenau  
Fixit 508 und Fixit 508 Pump Trockenbeton, Fixit 560 Natursteinmörtel



SSS Pasati, Sargans  
Fixit 532 Ankermörtel für Lawinverbauungen



Gruppe	Produkt	Beschreibung	Silo	Sack
Trockenbetone	Fixit 504	Trockenmörtel C25/30	x	x
	Fixit 504 P	Trockenmörtel C25/30	x	
	Fixit 508	Trockenbeton C25/30	x	x
	Fixit 508 P	Trockenbeton C30/37, Sorte F	x	
	Fixit 508 P1	Trockenbeton C30/37, Sorte G	x	
	Fixit 508 SCC	Trockenbeton C30/37, Sorte F	x	x
	Fixit 516	Trockenbeton C25/30	x	x
	Fixit 516 FT	Trockenbeton C30/37, Sorte G	x	x
	Fixit 516 SCC	Trockenbeton C30/37, Sorte F	x	x
Trockenspritzbeton	Fixit 523 shot	Trockenspritzmörtel – Schnellgunit		x
	Fixit 524	Trockenspritzmörtel C 30/37	x	x
	Fixit 524 A	Trockenspritzmörtel C 30/37	x	x
	Fixit 524 S	Trockenspritzmörtel C 30/37	x	x
	Fixit 524 AS	Trockenspritzmörtel C 30/37	x	x
	Fixit 527 A	Trockenspritzbeton C 30/37	x	x
	Fixit 528	Trockenspritzbeton C 30/37	x	x
	Fixit 528 A	Trockenspritzbeton C 30/37	x	x
	Fixit 528 S	Trockenspritzbeton C 30/37	x	x
	Fixit 528 AS	Trockenspritzbeton C 30/37	x	x
Injektionsmörtel	Fixit 530	Injektionsmörtel	x	x
	Fixit 530 R	Injektionsmörtel schnellabbindend	x	x
	Fixit 531	Ankermörtel Standard	x	x
	Fixit 532	Ankermörtel für Lawinenverbauungen, BAFU-Zulassung		x
GalaBau	Fixit 560	Natursteinmörtel, FTB: mittel		x
	Fixit 564	Natursteinfugenmörtel, schwach hydrophob		x
	Fixit 565	Natursteinfugenmörtel, stark hydrophob		x
	Fixit 575	Mittelbettkleber		x
	Fixit 581	Überzugsmörtel		x
	Fixit 582	Splittbeton mit Trasszusatz	x	x
	Fixit 583	Bundsteinmörtel, FTB: hoch	x	x
	Fixit 584	Versetzmörtel für Pflasterungen	x	x
	Fixit 585	Vergussmörtel für Pflasterungen, FTB: hoch	x	x
	Fixit 585 Quick	Vergussmörtel für Pflasterungen, schnellabbindend, FTB: hoch	x	x
	Fixit 587	Schachtversetzmörtel, FTB: hoch		x
	Fixit 587 Quick	Schachtversetzmörtel, schnellabbindend, FTB: hoch		x

- A Alkalifrei beschleunigt
- S Silica vergütet
- P Pumpbar
- SCC Selbstverdichtend
- FT Frost- Tausalzbeständig

## Anwendungsbereiche für Fixit Trockenbetone

Für alle Betonarbeiten im gewerblichen, landwirtschaftlichen, hochalpinen und privaten Bereich ob leicht oder schwer zugänglich zur Einbaustelle.

- Fundamente
- Wände
- Decken
- Aufbeton bei Fertigteildecken
- Gartenmauern
- Terrassen
- Stützmauern
- Stiegen
- Stützen
- Überlager
- Schwimmbäder
- Ausbesserungsarbeiten
- Renovationsarbeiten
- Umbauten
- Bodenplatten
- Stallböden
- Jauchegruben
- Spritzbeton
- Bohrfähle
- Ankerbalken
- Ankerwarzen
- Stützrippen
- Brücken
- Fertigteile

## Die Vorteile des Fixit Silosystems im Überblick

- Sofort verfügbar (ohne Vorlaufzeit)
- Keine Restmengen
- Variable Konsisteneinstellung
- Flexibler Baustellenablauf
- Geringer Platzbedarf  
(nur 2,4 m x 2,4 m)
- Bei Fixit bezahlen Sie kein Wasser, sondern nur Beton.

Fixit Betonprodukte sind als Sackware, Big Bag oder Siloware lieferbar (siehe Tabelle Seite 70).





## **Regionale Verkaufsbüros**

### **Region West**

1880 Bex VD  
Tél. 024 463 05 48  
Fax 024 463 05 46  
[ventes@fixit.ch](mailto:ventes@fixit.ch)

### **Region Mitte**

5113 Holderbank AG  
Tel. 062 887 53 63  
Fax 062 887 53 53  
[info@fixit.ch](mailto:info@fixit.ch)

### **Region Ost**

7204 Untervaz GR  
Tel. 081 300 06 66  
Fax 081 300 06 60  
[info.untervaz@fixit.ch](mailto:info.untervaz@fixit.ch)

**FIXIT.CH**

03/2019 (e)

