

1 Zusatzmittel

Betonzusatzmittel werden dem Beton zugesetzt, um durch chemische oder physikalische Wirkung oder durch beides die Eigenschaften des Frisch- oder Festbetons – wie z. B. Verarbeitbarkeit, Erstarren, Erhärten oder Frostwiderstand – zu verändern. Dabei muss gelegentlich auch die unerwünschte Änderung einer anderen Betoneigenschaft in Kauf genommen werden. Voraussetzung für die erfolgreiche Verwendung von Betonzusatzmitteln ist die Berücksichtigung der anerkannten Grundsätze über die Mischungszusammensetzung sowie über die Verarbeitung und Nachbehandlung des Betons.

Betonzusatzmittel werden in so geringen Mengen zugegeben (< 5 M.-% des Zementanteils), dass sie als Raumanteil des Betons ohne Bedeutung sind. Die Höchstwerte der empfohlenen Dosierung sind in Tafel 2 angegeben.

Übersteigt die Zusatzmittelmenge 3 l/m³ Frischbeton, so ist die darin enthaltene Wassermenge bei der Berechnung des w/z-Wertes zu berücksichtigen.

Betonzusatzmittel werden flüssig, pulverförmig oder als Granulat geliefert. Fließmittel zur Zugabe im Fahrmischer werden nur flüssig geliefert [22], [24].

Tafel 1: Wirkungsgruppen und Kennzeichnung

Wirkungsgruppe	Kurzzeichen ^{d)}	Farbkennzeichnung ^{d)}
Betonverflüssiger	BV	gelb
Fließmittel	FM	grau
Luftporenbildner	LP	blau
Dichtungsmittel	DM	braun
Verzögerer	VZ	rot
Verzögerer / Fließmittel ¹⁾		
Erhärtingsbeschleuniger	BE	grün
Erstarrungsbeschleuniger	BE	grün
Erstarrungsbeschleuniger für Spritzbeton ³⁾	SBE	grün
Zusatzmittel für Einpressmörtel	EH	weiß
Stabilisierer	ST	violett
Viskositätsmodifizierer	VMA	
Chromatreduzierer ³⁾	CR	rosa
Recyclinghilfen ³⁾	RH	schwarz
Schaumbildner ²⁾³⁾	SB	orange
Sedimentationsreduzierer ³⁾	SR	gelb-grün
Passivatoren ³⁾		
Schwindreduzierer ³⁾		

¹⁾ Multifunktionale Betonzusatzmittel Verzögerer/Betonverflüssiger und Erstarrungsbeschleuniger/Betonverflüssiger nach [8] dürfen für Beton nach EN 206-1 und DIN 1045-2 nicht verwendet werden.

²⁾ Nicht für Beton nach EN 206-1/DIN 1045-2.

³⁾ Zulassung erforderlich.

⁴⁾ Kurzzeichen und Farbkennzeichnungen basieren auf DIN 18998:2002, die zwischenzeitlich zurückgezogen wurde. Sie werden aber weiterhin häufig von den Herstellern verwendet.

1.1 Wirkungsgruppen

Man unterscheidet die in Tafel 1 genannten Zusatzmittel.

Betonverflüssiger

verbessern die Verarbeitbarkeit des Frischbetons bei gleichem Wassergehalt und/oder verbessern die Festbetoneigenschaften durch Verminderung der Wasserzugabe (mögliche Wassereinsparung zwischen 5 und 10 l/m³ Beton). Die Wirkung beruht im Wesentlichen auf einer Dispergierung durch gleichpolar aufgeladene Feinstteiloberflächen. Daneben kann auch die Oberflächenspannung des Wassers herabgesetzt werden.

Mögliche Nebenwirkungen: Einführung von Luftporen, Festigkeitsminderung, Erstarrungsverzögerung.

Fließmittel

sind besonders stark verflüssigend wirkende Zusatzmittel, die auch nachträglich eingemischt werden dürfen (z. B. auf der Baustelle im Fahrmischer). Sie werden dem Beton in größeren Mengen als Betonverflüssiger zugesetzt. Fließmittel bewirken eine erhebliche Verminderung des Wasseranspruchs und/oder eine Verbesserung der Verarbeitbarkeit. Sie werden z. B. bei der Herstellung von sehr weichem und fließfähigem Beton (Konsistenzklasse F4 bis F6) und selbstverdichtendem Beton, aber auch zur Einstellung der Konsistenzen F2 und F3, eingesetzt [25].

Fließmittel auf Basis Polycarboxylat und Polycarboxylatether (PCE-Fließmittel) können sehr unterschiedliche Verflüssigungswirkung und Konsistenzhaltung aufweisen, man kann charakteristische Typen unterscheiden [26]:

- mittlere bis hohe Verflüssigung, kurze Konsistenzhaltung (z. B. für Fertigteile)

Tafel 2: Zugabemengen für Betonzusatzmittel

Anwendungsbereich	Zugabemengen je kg Zement [ml bzw. g]	
	Mindestzugabe	Höchstzugabe ²⁾
Beton, Stahlbeton, Spannbeton		50 ³⁾
Beton mit alkaliempfindlicher Gesteinskörnung	2 ¹⁾	20 ⁴⁾ oder 50 ⁴⁾
Hochfester Beton		70 ⁵⁾⁶⁾

¹⁾ < 2 ml bzw. g möglich, wenn in einem Teil des Zugabewassers aufgelöst.

²⁾ Maßgebend sind auch die Angaben des Herstellers/Zulassungsbescheides.

³⁾ Bei Verwendung mehrerer Zusatzmittel unterschiedlicher Wirkungsgruppen: Gesamtmenge ohne besonderen Nachweis ≤ 60 ml bzw. g bezogen auf den Zementgehalt zulässig. Bei Zementen nach DIN 1164-11 oder DIN 1164-12 begrenzt auf ≤ 50 ml bzw. g.

⁴⁾ Abhängig vom Alkaligehalt des Zusatzmittels, dem Zementgehalt und der Anzahl der verwendeten Zusatzmittel [18].

⁵⁾ Bei einer Zugabemenge > 5 M.-% bezogen auf den Zementgehalt: Zulassung erforderlich.

⁶⁾ Bei Verwendung mehrerer Zusatzmittel unterschiedlicher Wirkungsgruppen: Gesamtmenge ≤ 80 ml bzw. g zulässig. Bei Zementen nach DIN 1164-11 oder DIN 1164-12 begrenzt auf ≤ 70 ml bzw. g.

- mittlere Verflüssigung, mittlere Konsistenzhaltung (z. B. für Transportbeton)
- geringe bis mittlere Verflüssigung, lange Konsistenzhaltung (z. B. für Transportbeton mit langer Verarbeitungszeit).

Speziell bei Beton für Industrieböden muss das Fließmittel auf die Einbautechnologie abgestimmt werden, sinnvoll ist eine mittlere Verflüssigung bei moderater Verlängerung der Verarbeitungszeit. Fließmittel mit sehr langer Konsistenzhaltung eignen sich i. d. R. weniger für Industrieböden.

Mögliche Nebenwirkungen: Einführung von Luftporen, Festigkeitsminderung, Erstarrungsverzögerung.

Verzögerer

bewirken eine Verzögerung beim Erstarren des Zementleims und damit eine längere Verarbeitbarkeit von Beton. Man verwendet sie z. B. für größere Bauteile, die ohne Arbeitsfugen betoniert werden müssen, bei heißem Wetter oder bei Transportbeton (lange Fahrzeiten). Da die Wirkung stark vom verwendeten Zement und von der Temperatur abhängt, sind erweiterte Erstprüfungen – auch bei verschiedenen Temperaturen – erforderlich. Verzögerer der Wirkstoffgruppen Saccharose und Hydroxycarbonsäure dürfen in einigen Bereichen nicht eingesetzt werden.

Verarbeitbarkeit, Wasserundurchlässigkeit, Nacherhärtung und Endfestigkeit des Betons können positiv beeinflusst werden.

Mögliche Nebenwirkungen: „Umschlagen“ (d. h. eine Umkehrung der Wirkung bei überhöhter Dosierung oder hohen Temperaturen), stärkere Ausblühungen, Farbunterschiede bei glattem Sichtbeton, ggf. erhöhtes Schwinden.

Beschleuniger

bewirken eine Beschleunigung des Erstarrens bzw. Erhärtens und damit aber auch eine schnellere Wärmeentwicklung. Man unterscheidet Erstarrungsbeschleuniger, Erhärtungsbeschleuniger und Spritzbetonbeschleuniger.

Erstarrungsbeschleuniger verringern die Zeit bis zum Erstarrungsbeginn (Übergang der Mischung vom plastischen in den festen Zustand).

Erhärtungsbeschleuniger beschleunigen die Anfangsfestigkeit mit oder ohne Einfluss auf die Erstarrungszeit. Sie werden z. B. bei Betonwaren eingesetzt.

Spritzbetonbeschleuniger beschleunigen das Erstarren unterhalb der in DIN EN 934-2 festgelegten Grenzwerte für herkömmliche Erstarrungsbeschleuniger und werden vor allem für Spritzbeton eingesetzt.

Zu den Erstarrungs- bzw. Erhärtungsbeschleunigern gehören auch die so genannten Frostschutzmittel. Auf der Baustelle sind die „klassischen“ Winterbaumaßnahmen (z. B. Verwendung eines Zements höherer Festigkeitsklasse, Erwärmen des Betons und Abschirmen gegen Kälte nach dem Einbau) meist jedoch zusätzlich notwendig [3], [4].

Mögliche Nebenwirkungen: Minderung der Betonfestigkeit, geringere Nacherhärtung, geringere Wasserundurchlässigkeit, „Umschlagen“ (d. h. eine Umkehrung der Wirkung bei Fehldosierung).

Luftporenbildner

erzeugen kleine kugelförmige Luftporen im Beton. Diese Kugelporen bleiben mit Luft gefüllt, reduzieren das kapillare Wassersaugen und vermindern den Eisdruck, der im Winter durch

das Gefrieren des in den Kapillarporen des Festbetons befindlichen Wassers entsteht (Eis nimmt etwa 9 % mehr Raum ein als Wasser). Die Luftporen erhöhen also den Widerstand des Betons gegen Frost- und Frost-Tausalzangriffe.

Sie können die Verarbeitbarkeit des Frischbetons verbessern und den Wasseranspruch vermindern, da sie gewissermaßen wie kleine Kugellager wirken. Faustregel: 1 % zusätzlich eingeführte Luftporen ermöglichen eine Wassereinsparung von etwa 5 l/m³ Frischbeton und erzielen im Hinblick auf die Verarbeitbarkeit die gleiche Wirkung wie etwa 10 bis 15 kg Mehlkorn [23].

Da der Luftporeneintrag stark von der Betonzusammensetzung, der Herstellung und der Temperatur beeinflusst wird, ist ein erhöhter Überwachungs- und Prüfaufwand am Luftporenbeton erforderlich.

Luftporenbetone können auch durch Zugabe von Mikrohohlkugeln (vorgefertigte Luftporen mit elastischer Kunststoffhülle) hergestellt werden. Mikrohohlkugeln benötigen eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung.

Mögliche Nebenwirkungen: Minderung der Betonfestigkeit. (Eine Erhöhung des Luftporengehalts um 1 V.-% kann eine Verminderung der Betondruckfestigkeit von 3 N/mm² und mehr bewirken.)

Zusatzmittel für Einpressmörtel

wirken bei Spannbeton dem Absetzen des Zementmörtels im Spannkanaal entgegen und bringen ein mäßiges Quellen. Außerdem wird der Wasseranspruch des Mörtels verringert und das Fließen beim Einpressen verbessert.

Mögliche Nebenwirkungen: Erstarrungsverzögerung, Minderung der Mörtelfestigkeit.

Dichtungsmittel

vermindern bei sachgemäß hergestelltem Beton die kapillare Wasseraufnahme. Die Betonzusammensetzung und -verarbeitung sowie die Nachbehandlung haben jedoch einen größeren Einfluss auf die Wasserundurchlässigkeit von Beton als ein Dichtungsmittel. Betone mit hohem Wassereindringwiderstand, FD-, FDE-Betone usw. sind auch ohne Dichtungsmittel sicher herstellbar.

Mögliche Nebenwirkungen: Minderung der Betonfestigkeit, Einführung von Luftporen, Nachlassen der Wirkung nach längerer Zeit.

Stabilisierer

können das Zusammenhaltevermögen des Frischbetons erhöhen, seine Verarbeitbarkeit verbessern und das Wasserabsondern (Bluten) vermindern. Der Frischbeton wird gleitfähiger und besser verarbeitbar. Stabilisierer erleichtern die Herstellung von Pumpbeton und erhöhen die Qualität von Spritzbeton (weniger Rückprall), Unterwasserbeton und Sichtbetonflächen, insbesondere bei Leichtbeton. Bei der Herstellung von selbstverdichtendem Beton können sie eine evtl. vorhandene Entmischungsneigung verringern.

Mögliche Nebenwirkungen: Bei Überdosierung Einführung von Luftporen, Kleben des Feinmörtels und dadurch schlechtere Verarbeitbarkeit.

Viskositätsmodifizierer

verbessern die Kohäsion und begrenzen die Entmischung ungünstig zusammengesetzter Betonmischungen und schützen Betonpumpen und Förderleitungen vor übermäßigem Verschleiß.

Chromatreduzierer

dienen der Reduktion von aus dem Zement stammendem löslichem Chrom(VI) zu Chrom(III). Sie werden bei Betonen und Mörteln eingesetzt, die in Bereichen mit Hautkontakt verarbeitet werden und nicht mit chromatarmem Zement [29] hergestellt wurden, um Hautallergien usw. zu reduzieren [28].

Recyclinghilfen für Waschwasser

sollen eine Wiederverwendung von Waschwasser, das beim Reinigen von Mischfahrzeugen anfällt, ermöglichen, indem sie die Hydratation des Zements blockieren.

Schaumbildner

dienen der Herstellung eines Schaumbetons bzw. Betons mit porosiertem Zementleim durch Einführung eines hohen Gehaltes an Luftporen.

Sedimentationsreduzierer

reduzieren das Sedimentieren von Betonbestandteilen im Frischbeton, z. B. bei selbstverdichtendem Beton.

Passivatoren (Korrosionsinhibitoren)

verzögern die chloridinduzierte Depassivierung der Stahlbewehrung in ungerissenem Beton.

Schwindreduzierer

reduzieren das Schwinden des Zementsteins und vermindern die Neigung zum Reißen und Verformen des erhärtenden Bauteils. Ihre Wirkung ist stark abhängig vom Wasserzementwert, der Zementart, der Dosierung, dem Betonalter sowie den Lagerungsbedingungen des Betons (Temperatur, Feuchte).

Mögliche Nebenwirkungen: Minderung der Betonfestigkeit, Verbesserung dauerhaftigkeitsrelevanter Betoneigenschaften.

1.2 Eignung für Beton

Für Beton, Stahlbeton und Spannbeton nach DIN EN 206-1 / DIN 1045-2 dürfen nur genormte Zusatzmittel nach [8], oder solche mit gültiger allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung verwendet werden. Damit ist u. a. gewährleistet, dass das Mittel die geforderten Eigenschaften aufweist, keine negativen Auswirkungen auf das Korrosionsverhalten von in Beton eingebettetem Stahl bzw. Spanngliedern hat und bei manchen Zusatzmitteln beispielsweise keinen nachteiligen Einfluss auf die Raumbeständigkeit und auf das Erstarren ausübt. Es wird aber auch ein Hinweis auf die allgemeine betontechnologische Brauchbarkeit gegeben. Rückschlüsse auf die Eignung im Einzelfall können hieraus jedoch nicht hergeleitet werden.

Manche Zusatzmittel können mehreren Wirkungsgruppen zugeordnet werden und beispielsweise sowohl als BV als auch als FM eingesetzt werden. Von den multifunktionalen Zusatzmitteln dürfen in Deutschland nur Produkte der Wirkungsgruppen Fließmittel/Verzögerer verwendet werden.

Zusatzmittel für Beton müssen die Anforderungen der DIN EN 934 [8] erfüllen und sie werden nach [7] vom Hersteller geprüft. Solche Zusatzmittel werden mit dem CE-Zeichen gekennzeichnet. Zusatzmittel, die nicht diesen Normen entsprechen, bedürfen der Zulassung. Solche Zulassungen werden vom Deutschen Institut für Bautechnik in Berlin auf Grundlage von [20] und [21] erteilt.

Granulatartige Zusatzmittel bedürfen immer der Zulassung.

Bei der Verwendung mehrerer Zusatzmittel muss deren Verträglichkeit in der Erstprüfung am Beton nachgewiesen werden.

Einschränkende Verwendungsbestimmungen gelten für den Ingenieurbau und Wasserbau, siehe Tafel 3.

1.3 Erstprüfungen am Beton

Die Wirkung der Zusatzmittel ist u. a. abhängig von Zusatzmenge, Zementart, Zementgehalt, Mehlkorngehalt, Wassergehalt sowie Verarbeitung und Temperatur der Mischung. Sie kann auch durch ein weiteres Zusatzmittel beeinflusst werden. Deshalb muss bei Verwendung einer neuen Betonzusammensetzung eine Erstprüfung durchgeführt werden, um einen Mischungsentwurf zu erhalten, der die festgelegten Eigenschaften oder die vorgesehene Leistung mit einem ausreichenden Vorhaltemaß erreicht.

Für folgende Betone ist eine eigene Erstprüfung jedoch nicht erforderlich:

- Betone, bei denen für einen ähnlichen Beton oder eine ähnliche Betonfamilie Langzeiterfahrungen vorhanden sind.
- Betone, die durch Interpolation bekannter Betonzusammensetzungen gewonnen wurden.
- Betone innerhalb der durch Erstprüfungen abgedeckten oberen und unteren Grenzwerte der Variationsbereiche der Betonzusammensetzung.

Bei Beton mit Betonverflüssiger oder Fließmittel dürfen die Ergebnisse der Erstprüfung ohne Zusatzmittel angerechnet werden,

- falls mit dem gleichen Zusatzmittel bereits ein positives Ergebnis mit einem anderen Beton unter Verwendung desselben Zements vorliegt,
- wenn die Eigenschaften der Ausgangsstoffe (z. B. Kornzusammensetzung der Gesteinskörnung) bekannt sind,
- wenn der Bereich üblicher Schwankungsbreiten nicht verlassen wird.

Der Betonentwurf und die Entwurfszusammenhänge müssen erneut nachgewiesen werden, wenn sich die Ausgangsstoffe wesentlich ändern. Ebenfalls müssen Betonzusammensetzungen unter Berücksichtigung der Änderung von Eigenschaften der Betonausgangsstoffe und der Ergebnisse der Bewertung der Übereinstimmung für die Betonzusammensetzung regelmäßig erneut überprüft werden, um sicherzugehen, dass alle Betonentwürfe noch den geltenden Anforderungen entsprechen. Für hochfesten Beton dürfen nur die gleichen Ausgangsstoffe verwendet werden, mit denen die Erstprüfung durchgeführt wurde (Art, Hersteller, Ort der Gewinnung).

Die auf der Verpackung der Zusatzmittel empfohlene sowie die größte zulässige Zugabemenge und die Gebrauchsanweisung des Herstellers sind auf jeden Fall zu beachten.

1.4 Regeln für die Anwendung

Betonzusatzmittel tragen in vielen Fällen zur Verbesserung der Frisch- und Festbetoneigenschaften bei; sie setzen jedoch einen sachgemäß hergestellten Beton voraus. Man kann durch ein Zusatzmittel niemals einen „schlechten“ Beton in einen „guten“ Beton verwandeln. Die Verbesserung einer Betoneigenschaft kann die Verschlechterung einer anderen zur Folge haben. Für einige Betone sind Zusatzmittel praktisch unentbehrlich bzw. vorgeschrieben, für andere sind sie nützlich, teilweise aber auch umstritten.

Bei der Verwendung von Zusatzmitteln ist ggf. eine rechtzeitige Erstprüfung notwendig (siehe Abschnitt 1.3).

Tafel 3: Besondere Verwendungsbedingungen für Betonzusatzmittel und Betonzusatzstoffe nach [16] und [17]

ZTV-ING	ZTV-W (LB 215)
Nur ein Zusatzmittel je Wirkungsgruppe	
Keine Zusatzmittel (Verzögerer) mit den Wirkstoffgruppen Saccharose und Hydroxycarbonsäure, gilt auch für Mischprodukte	
Verzögerungszeiten > 12 h mit Auftraggeber abstimmen	
Fließmittel mit den Wirkstoffgruppen Polycarboxylat und Polycarboxylatether dürfen nur mit den gleichen Betonausgangsstoffen und dem Betontemperaturbereich wie in der Eignungsprüfung (Erstprüfung) verwendet werden.	
	Nur Verwendung von Betonverflüssigern, Fließmitteln, Luftporenbildnern und Verzögerern zulässig; in einem Beton nur Zusatzmittel eines Herstellers
	Gesamtmenge an Zusatzmitteln ≤ 50 g/kg Zement
	Beton der Konsistenz ≥ F4 ist mit verflüssigenden Zusatzmitteln herzustellen, Ausgangskonsistenz ≤ F2.
Bei der Nachdosierung darf die Ist-Konsistenz vor der Erstdosierung von Fließmittel nicht unterschritten werden.	Auf der Baustelle sind max. zwei Nachdosierungen von Fließmitteln zulässig; bei der Nachdosierung darf die Ist-Konsistenz vor der Erstdosierung von Fließmittel nicht unterschritten werden.
Bei Verwendung von Luftporenbildnern besondere Festlegungen für den Luftgehalt im Frischbeton unmittelbar vor dem Einbau in das Bauteil; es gilt [27].	
Bei Wechsel eines Zusatzmittels oder Zusatzstoffes Information des Auftraggebers zwei Wochen vor Betonierbeginn (längere Fristen möglich)	In der Regel kein Wechsel der Flugasche während der Bauzeit; Ersatzflugasche ist bei Baubeginn zu nennen; Wechsel ist mit Auftraggeber abzustimmen.
Flugaschegehalt ≤ 60 M.-% des Zementgehalts	
Anrechenbare Flugaschemenge ≤ 80 kg/m ³ ; bei Kappen keine Anrechnung zulässig	
Für Gründungsbauteile mit Zement CEM III/B Flugaschezugabe erlaubt, bei anderen Anwendungsbereichen nur mit Zustimmung des Auftraggebers	
Anrechnung von Flugasche in der Expositionsklasse XF2 bei Zement CEM I und CEM II zulässig, bei anderen Zementarten nur mit Zustimmung des Auftraggebers; bei XF4 Flugascheanrechnung nur mit Zustimmung des Auftraggebers	
Silikastaubzugabe nur als homogene Suspension (Ausnahme: Trockenmisch für Spritzbeton)	Keine Verwendung von Silikastaub
Gleichzeitige Verwendung von Flugasche und Silikastaub nur mit Zustimmung des Auftraggebers	

Der Hersteller von Zusatzmitteln kennzeichnet die Gebinde bzw. die Begleitzettel bei loser Lieferung mit den in den Zusatzmittelnormen oder in der Zulassung genannten Angaben (Leistungserklärung). Diese beinhalten u. a. Kennzeichnung und Name der Wirkungsgruppe bzw. des Zusatzmitteltyps, Chargennummer, Herstellwerk sowie das CE- und das Ü-Zeichen als Nachweis der Übereinstimmung mit den Normen bzw. der Zulassung. Diese Angaben sind zu kontrollieren.

Zusatzmittel sind am Verwendungsort ggf. noch einmal zu homogenisieren. Sie müssen während des Hauptmischganges zugegeben werden. Fließmittel dürfen abweichend davon auch nach dem Hauptmischgang, z. B. auf der Baustelle, zugegeben werden. In diesem Fall muss der Beton nochmals gemischt werden, bis sich das Zusatzmittel vollständig und gleichmäßig in der Mischung verteilt hat und voll wirksam ist. In einem Fahr-mischer darf die Mischdauer nach Zugabe eines Zusatzmittels nicht weniger als 1 min/m³ und nicht kürzer als 5 min sein. Wenn die Verarbeitbarkeitszeit um mehr als 3 Stunden verlängert wird, ist [19] zu beachten.

Zusatzmittel müssen von einer zuverlässigen Person zugegeben werden, da Fehldosierungen Schäden anrichten können (eine automatisierte Dosierung kann sinnvoll sein). Die Abmessvorrichtung ist von Zeit zu Zeit zu überprüfen. Pulverförmige Zusatzmittel dürfen nicht im Fahr-mischer zugegeben werden.

Bei Transportbeton müssen – mit Ausnahme der Fließmittel und evtl. der Verzögerer – alle Zusatzmittel im Werk zugegeben werden.

Zusatzmittel können die Eigenschaften eines Betons (z. B. Saugfähigkeit, Oberflächenhaftung) eventuell so beeinflussen, dass nachfolgende Gewerke (z. B. Fliesen- oder Putzarbeiten) nur noch mit Schwierigkeiten ausgeführt werden können, zusätzliche Arbeitsgänge notwendig werden oder mit besonderen baulichen Produkten gearbeitet werden muss.

■ 2 Zusatzstoffe

Betonzusatzstoffe sind fein verteilte Stoffe, die bestimmte Eigenschaften des Betons beeinflussen. Dies sind vorrangig die Verarbeitbarkeit des Frisch- und die Festigkeit und Dichtigkeit des Festbetons. Im Gegensatz zu Betonzusatzmitteln ist die Zugabemenge im Allgemeinen so groß, dass sie bei der Stoffraumrechnung zu berücksichtigen ist.

Zusatzstoffe dürfen das Erhärten des Zementes sowie die Festigkeit und Dauerhaftigkeit des Betons nicht beeinträchtigen und den Korrosionsschutz der Bewehrung nicht gefährden. Deshalb dürfen nur Betonzusatzstoffe verwendet werden, die entweder einer in Tafel 4 genannten Norm entsprechen oder eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung besitzen.

Tafel 4: Zusatzstoffe und Kennwerte

Zusatzstoffart	Regel	Typ	Spezifische Oberfläche nach Blaine [cm ² /g]	Dichte [kg/m ³]	Schüttdichte [kg/dm ³]
Quarzmehl	DIN EN 12620 [9]	I	≥ 1000	ca. 2,65	1,3 ... 1,5
Kalksteinmehl	DIN EN 12620 [9]		≥ 3500	2,6 ... 2,7	1,0 ... 1,3
Pigmente	DIN EN 12878 [10]		50 000 ... 200 000	4 ... 5	–
Flugasche	DIN EN 450 und Zulassung für die Umweltverträglichkeit [5], [6]	II	2 000 ... 8 000	2,2 ... 2,4	0,9 ... 1,1
Trass	DIN 51043 [15]		≥ 5 000	2,4 ... 2,6	0,7 ... 1,0
Hüttensandmehl	DIN EN 15167 und Zulassung [13], [14]		> 2750	–	0,9 ... 1,1
Silikastaub ¹⁾	DIN EN 13263 [11], [12]		150 000 ... 350 000	ca. 2,2	0,3 ... 0,6
Silikasuspension ¹⁾	DIN EN 13263 [11], [12]		–	ca. 1,4	–

¹⁾ Bei Verwendung von Zementen, die Silikastaub als Hauptbestandteil enthalten, darf Silikastaub (Silikasuspension) nicht als Zusatzstoff eingesetzt werden.

2.1 Zusatzstoffgruppen und -arten

Zusatzstoffe lassen sich in verschiedene Gruppen einteilen. Es kann jedoch bei der Wirkungsweise Überschneidungen geben. Unterschieden werden:

- inaktive Zusatzstoffe,
- puzzolanische Zusatzstoffe,
- latent hydraulische Stoffe,
- organische Zusatzstoffe.

DIN EN 206-1 / DIN 1045-2 teilt diese Gruppen in zwei Arten von Zusatzstoffen ein:

Typ I: nahezu inaktive Zusatzstoffe,

Typ II: puzzolanische oder latent hydraulische Zusatzstoffe.

Zusatzstoffe vom Typ II dürfen, sofern die Eignung nachgewiesen ist, auf den Zementgehalt und den Wasserzementwert angerechnet werden, siehe [1] und [2].

Inaktive Zusatzstoffe, wie Quarz- und Kalksteinmehl oder Pigmente, reagieren nicht mit Zement und Wasser und greifen somit nicht in die Hydratation ein. Sie dienen aufgrund ihrer Korngröße, -zusammensetzung und -form der Verbesserung des Kornaufbaus im Mehlkornbereich. Sie werden zugesetzt, um beispielsweise bei Betonen mit feinteilarmen Sanden einen für die Verarbeitbarkeit und ein geschlosseneres Gefüge ausreichenden Mehlkorngehalt zu erzielen.

Puzzolanische Zusatzstoffe lassen sich in natürliche Puzzolane, wie Trass und künstliche Puzzolane, wie Flugasche oder Silikastaub, einteilen. Sie reagieren mit dem bei der Hydratation des Zementsteins entstehenden Calciumhydroxid und bilden dabei zementsteinähnliche Erhärtungsprodukte. Solche Stoffe tragen zur Erhärtung bei und dienen aufgrund ihrer Korngröße, -zusammensetzung und -form der Verbesserung des Kornaufbaus im Mehlkornbereich.

Latent hydraulische Stoffe wie z. B. Hüttensand benötigen einen Anreger (Calciumhydroxid oder Calciumsulfat), um dann selbst hydraulisch zu erhärten.

Organische Zusatzstoffe können z. B. Polymerdispersionen, Bitumenemulsionen oder Wachsemulsionen sein. Sie können Verarbeitbarkeit, Dichtigkeit, (Biege-)Zugfestigkeit und den Widerstand gegen chemischen Angriff verbessern. Einsatzbereiche sind u. a. Instandsetzungsmörtel und -betone. Für den

Einsatz in Beton ist eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung erforderlich.

Da Betonzusatzstoffe auch ungünstige Nebenwirkungen haben können, sind bei solchen Stoffen, die nicht mineralischen Ursprungs sind oder bei solchen, die in den Erhärtungsvorgang eingreifen, stets Erstprüfungen durchzuführen. Sinngemäß gilt hier auch Abschnitt 1.3.

2.2 Genormte, mineralische Betonzusatzstoffe

Gesteinsmehl

Feingemahlene, natürliche Gesteinsmehle, aus den üblicherweise auch als Gesteinskörnung verwendeten Gesteinen, wie Quarz- oder Kalksteinmehl, zählen zu den nahezu inaktiven Stoffen.

Pigmente

Pigmente werden zum Einfärben des Betons verwendet. Sie dürfen nur eingesetzt werden, wenn der Nachweis einer ordnungsgemäßen Überwachung der Herstellung und Verarbeitung des Betons erbracht ist. Pigmente sind i. d. R. nahezu inaktiv.

Trass

Trass ist ein fein gemahlener Tuffstein mit puzzolanischen Eigenschaften. Er wird vornehmlich im Wasserbau und bei Massenbeton eingesetzt.

Flugasche

Flugasche ist ein feinkörniger, hauptsächlich aus kugelförmigen, glasigen Partikeln bestehender Staub, der bei der Verbrennung fein gemahlener Kohle anfällt, puzzolanische Eigenschaften hat und im Wesentlichen aus SiO₂ und Al₂O₃ besteht. Der Gehalt an wirksamem SiO₂ beträgt mindestens 25 M.-%. Flugasche wird durch elektrostatische oder mechanische Abscheidung staubartiger Partikel aus Rauchgasen von Feuerungsanlagen gewonnen, die mit fein gemahlener Kohle befeuert werden. Ihre Eigenschaften hängen von der Art und der Herkunft der Kohle und den Verbrennungsbedingungen ab. Bei der Erhärtung ist einerseits ein puzzolanischer Beitrag festzustellen, während andererseits vornehmlich der „Füllereffekt“ die positiven Eigenschaften bewirkt. Die Anwendung kann dort zweckmäßig sein, wo neben höherem Mehlkorngehalt im Beton der Wasseranspruch verringert, die Verarbeitbarkeit verbessert, die Entmischung verringert, die Wärmeentwicklung herabgesetzt, die Wasserundurchlässigkeit erhöht und der Sulfatwiderstand ggf.

verbessert werden soll. Bei der Verwendung für Sichtbeton können besondere Anforderungen an die Flugasche sinnvoll sein. Die Umweltverträglichkeit der Flugasche ist durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung nachzuweisen.

Silikastaub

Silikastaub ist ein extrem feinkörniger, mineralischer Zusatzstoff, der beim Herstellen von Silizium und Siliziumprodukten entsteht und pulverförmig oder in wässriger Suspension geliefert wird. Er besitzt ausgeprägte puzzolanische Eigenschaften. Der hohe Wasseranspruch macht die Verwendung eines Verflüssigers oder Fließmittels unumgänglich. Mit Silikastaub können sehr hohe Betondruckfestigkeiten von über 100 N/mm² und eine Verbesserung der Dichtigkeit erzielt werden. Ebenso führt der Einsatz von Silikastaub beispielsweise zu einer Verbesserung des Widerstands gegen chemischen Angriff oder gegen das Eindringen von Chloriden.

Die Verwendung von Silikastaub erfordert eine zuverlässige Qualitätssicherung und besondere Maßnahmen bei der Nachbehandlung. Bei der Verwendung von Silikasuspension für hochfesten Beton ist deren Wasseranteil dem Wassergehalt des Betons zuzurechnen. Zur Sicherung des Korrosionsschutzes der Bewehrung darf der Gehalt an Silikastaub max. 11 M.-% des Zements betragen. Weitere Begrenzungen der Zusatzmengen bestehen bei gemeinsamer Verwendung von Silikastaub und Flugasche.

Hüttensandmehl

ist glasartiges Material, das durch die rasche Abkühlung einer durch Schmelzen von Eisenerz in einem Hochofen hergestellten Schlackenschmelze von geeigneter Zusammensetzung entsteht und bei Aktivierung hydraulische Eigenschaften hat. Aufgrund des Fehlens aktueller Erfahrungen mit Hüttensandmehl als Betonzusatzstoff ist in Deutschland eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung erforderlich.

2.3 Mineralische Betonzusatzstoffe mit bauaufsichtlicher Zulassung

Getempertes Gesteinsmehl

Getempertes Gesteinsmehl ist ein feinkörniger, mineralischer Zusatzstoff mit puzzolanischen Eigenschaften, der durch Tempern (thermische Aktivierung) von natürlichem Gestein mit anschließender Mahlung entsteht. Die Anwendungsmöglichkeiten sind ähnlich denen des Gesteinsmehls. Weitere Einzelheiten regeln allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen.

■ 3 Prüfungen bei Verwendung von Betonzusätzen

Bei der Verwendung von Betonzusätzen sind die in Tafel 5 aufgeführten Prüfungen durchzuführen.

Tafel 5: Prüfungen bei der Verwendung von Betonzusätzen nach [1] und [2]

Gegenstand der Prüfung	Prüfungen ¹⁾	Häufigkeit ¹⁾
Betonzusatzmittel, Betonzusatzstoffe	Überprüfung des Lieferscheins und der Bezeichnung auf dem Behälter vor dem Entladen einschließlich der Leistungserklärung	Jede Lieferung
	Entnahme und Aufbewahrung von Rückstellproben (empfohlen)	
Beton	Erstprüfung oder gleichwertig (siehe Abschnitt 1.3 und 2.1)	

¹⁾ Im Zweifelsfall, bei Suspensionen und bei hochfestem Beton sind zusätzliche Prüfungen erforderlich

■ Normen, Regelwerke, Literatur

- [1] DIN EN 206-1 Beton – Teil 1: Festlegungen, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1
- [2] DIN 1045-2 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Festlegungen, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
- [3] DIN EN 13670 Ausführung von Tragwerken aus Beton
- [4] DIN 1045-3 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3: Bauausführung; Anwendungsregeln zu DIN EN 13670
- [5] DIN EN 450-1 Flugasche für Beton – Teil 1: Definition, Anforderungen und Konformitätskriterien
- [6] DIN EN 450-2 Flugasche für Beton – Teil 2: Konformitätsbewertung
- [7] DIN EN 480 Zusatzmittel für Beton, Mörtel, Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teile 1 bis 15
- [8] DIN EN 934 Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Teile 1 bis 6
- [9] DIN EN 12620 Gesteinskörnungen für Beton
- [10] DIN EN 12878 Pigmente zum Einfärben von Zement- und/oder kalkgebundenen Baustoffen – Anforderungen und Prüfverfahren
- [11] DIN EN 13263-1 Silikastaub für Beton – Teil 1: Definitionen, Anforderungen und Konformitätskriterien
- [12] DIN EN 13263-2 Silikastaub für Beton – Teil 2: Konformitätsbewertung
- [13] DIN EN 15167-1 Hüttensandmehl zur Verwendung in Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Teil 1: Anforderungen und Konformitätskriterien
- [14] DIN EN 15167-2 Hüttensandmehl zur Verwendung in Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Teil 2: Konformitätsbewertung
- [15] DIN 51043 Traß, Anforderungen, Prüfung
- [16] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten ZTV-ING – Teil 3: Massivbau
- [17] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen – Wasserbau (ZTV-W) für Wasserbauwerke aus Beton und Stahlbeton (Leistungsbereich 215)
- [18] DAfStb-Richtlinie Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton (Alkali-Richtlinie)
- [19] DAfStb-Richtlinie für Beton mit verlängerter Verarbeitbarkeitszeit (Verzögerter Beton)
- [20] Grundsätze für die Erteilung von Zulassungen für Beton-zusatzmittel (Zulassungsgrundsätze), DIBt
- [21] Grundsätze für die Überwachung von Betonzusatzmitteln (Überwachungsgrundsätze), DIBt
- [22] Sachstandsbericht Betonzusatzmittel und Umwelt, Deutsche Bauchemie
- [23] Informationsschrift Herstellen von Luftporenbeton, Deutsche Bauchemie
- [24] Informationsschrift Herstellung und Anwendung von Betonzusatzmitteln nach europäischer Norm EN 934 in Deutschland, Deutsche Bauchemie
- [25] Informationsschrift Moderne Fließmittel in der Betontechnologie – Herstellung und Verwendung von Beton mit PCE, Deutsche Bauchemie
- [26] Informationsschrift Anwendung von Fließmitteln auf PCE-Basis im Industriebodenbau, Deutsche Bauchemie
- [27] Merkblatt für die Herstellung und Verarbeitung von Luftporenbeton, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
- [28] Ersatzstoffe, Ersatzverfahren und Verwendungsbeschränkungen für chromathaltige Zemente und chromathaltige Zubereitungen, Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung
- [29] Zementmerkblatt B1 Zemente und ihre Herstellung; Herausgeber: Verein Deutscher Zementwerke e.V., Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf

Beratung und Information zu allen Fragen der Betonanwendung

Herausgeber

InformationsZentrum Beton GmbH, Toulouser Allee 71, 40476 Düsseldorf

www.beton.org

Kontakt und Beratung vor Ort

Büro Berlin, Kochstraße 6–7, 10969 Berlin, Tel.: 030 3087778-0, berlin@beton.org

Büro Hannover, Hannoversche Straße 21, 31319 Sehnde, Tel.: 05132 502099-0, hannover@beton.org

Büro Beckum, Neustraße 1, 59269 Beckum, Tel.: 02521 8730-0, beckum@beton.org

Büro Ostfildern, Gerhard-Koch-Straße 2+4, 73760 Ostfildern, Tel.: 0711 32732-200, ostfildern@beton.org

Verfasser

Dipl.-Ing. Rolf Kampen, Dr.-Ing. Thomas Richter, InformationsZentrum Beton GmbH