

Pigmente zum Einfärben von Beton

Pigmente, die zum Einfärben von kalk- und zementgebundenen Baustoffen eingesetzt werden, erfüllen die Bedingungen der EN 12878. Bei den Anforderungen an das Pigment spielt neben den betontechnologischen Einflüssen (Festigkeit, Erstarrung), die Pigment-Zusammensetzung sowie weitere wichtige Eigenschaften wie die Wetterbeständigkeit, Alkalibeständigkeit, der Anteil an wasserlöslichen Substanzen als auch das lösliche Chlorid eine wichtige Rolle. Die Vielzahl der Anforderungen beschränkt die Auswahl an geeigneten Pigmenten auf eine überschaubare Anzahl.

Die üblicherweise verwendeten anorganischen Pigmente gehören zu folgenden Stoffklassen:

- Synthetische oder natürliche Oxide und Hydroxide des Eisens
- Oxide von Chrom, Titan und Mangan
- Komplexe anorganische Oxide und Hydroxide z. B. Cobalt-, Aluminium-, Nickel- und Antimonoxide und -hydroxide

Bei den Zulassungsprüfungen muss die Zugabemenge von anorganischen Pigmenten 5,0 % Feststoff bezogen auf die Zementmenge betragen.

Als organische Pigmente und Kohlenstoff berücksichtigt die Norm:

- Ultramarine
- Phthalocyaninblau und -grün
- Kohlenstoff (anorganisch)

Bei den Zulassungsprüfungen muss die Zugabemenge von organischen Pigmenten und Pigmentruß 2,0 % Feststoff bezogen auf die Zementmenge betragen.

Wenn eine größere Pigmentzugabemenge empfohlen wird, müssen die Prüfungen mit der empfohlenen Zugabemenge durchgeführt werden. Im Allgemeinen sollte nicht mehr als 10 % Pigment bezogen auf den Zement- oder Kalkanteil zugegeben werden. Eine Farbsättigung tritt je nach Pigmenttyp zwischen 7 und 10 % ein.

In der EN 12878 wird unterschieden zwischen:

Einzelpigmenten; Pigmentmischungen (aus Einzelpigmenten oder Füllstoff); wässrigen Pigmentpräparationen und Granulaten. Jede Lieferform (Pulver, wässrige Präparation und Granulat) für sich erfordert eine Erstprüfung sowie die wiederkehrenden Prüfungen nach EN 12878. Bei der Herstellung von wässrigen Pigmentpräparationen ist das zur Dispergierung verwendete Zusatzmittel ein zugelassenes Betonzusatzmittel nach EN934-2. Es reicht somit nicht aus ein Einzelpigment als Pulver nach EN12878 zuzulassen, um die damit hergestellte wässrige Präparation ebenfalls als zugelassen zu betrachten. Die wässrige

Präparation erfordert den gleichen Prüf- und Zulassungsaufwand wie ein einzelnes Pulverpigment.

Die Metalloxidpigmente eignen sich hervorragend für die Betoneinfärbung. Hier sind die Voraussetzungen für eine Zulassung nach EN 12878 wie z. B. Wetterbeständigkeit gegeben. Die Wetterbeständigkeit der Metalloxidpigmente ist nachweislich über mehrere Jahrzehnte gegeben. Problematischer ist der Einsatz von organischen Pigmenten und Pigmentrußen. Bei Ultramarinblau kann es durch chemische Reaktionen im Beton zu einem Farbkraftverlust kommen; die feinteiligeren Kohlenstoffpigmenten werden nicht ausreichend in der Gelporenstruktur des Beton eingebunden.

Die Prüfung der Wetterbeständigkeit (Farbkraftverlust) erfolgt nach einem zwischen den Vertragspartnern festzulegendem Prüfverfahren. Es gibt keine Vorgaben, wie lange ein eingefärbter Beton farbig zu sein hat. Das macht es möglich, auch für Pigmente die keine langfristige Einfärbung gewährleisten, durch ein zwischen den Vertragspartnern vertraglich vereinbartes Prüfverfahren eine CE-Zertifizierung zu beantragen.

In der EN12878 unterscheidet man zwischen den Zulassungen Kat. A für unbewehrten Beton und der Kat. B für bewehrten Beton. Bei der Zulassung der Farben nach Kat. A sind die Einflüsse auf die Druckfestigkeit sowie der Anteil an wasserlöslichen Substanzen und das enthaltene lösliche Chlorid von Hersteller anzugeben. Es gibt in der Norm für diese Werte keine Reglementierung. Bei Farben, die für die Einfärbung von stahlbewehrten Beton verwendet werden (Kat. B), darf der durch den Einsatz der Farbe hervorgerufene Einfluss auf die Druckfestigkeit nicht mehr als 8 % verringert werden in Bezug auf die unpigmentierte Probe. Der wasserlösliche Anteil bei den Einzelpigmenten ist auf max. 0,5 % Masseanteil limitiert. Bei Verwendung von nicht pulverförmigen Pigmenten darf nach DIN 1045 der Gehalt an wasserlöslichen Substanzen bis zu 4 % Massenanteil bezogen auf den Festgehalt betragen, vorausgesetzt die wasserlöslichen Anteile entsprechen den Anforderungen der EN934-2. Der Gehalt von löslichem Chlorid und der Gesamtchlorgehalt darf nicht größer sein als 0,10 % Massenanteil.

Schwarzeinfärbung von Beton

Eine der wichtigsten Einschränkungen hierbei war bislang die Tatsache, dass mit einem herkömmlichen schwarzen Eisenoxidpigment zwar ein dunkler Stein erzeugt werden konnte, die Farbgebung jedoch eher einem Anthrazit als einem Schwarz entsprach. Und dies, obwohl eine Dosierhöhe nahe dem Sättigungsgrad des Eisenoxidpigmentes gewählt wurde.

Dies führte zu der Entwicklung, dass zunehmend Kohlenstoffe als Einfärbemedium eingeführt wurden. Diese Kohlenstoffe hatten nicht nur den Vorteil, bereits bei geringen Dosierhöhen eine hohe Farbstärke zu erreichen, sondern waren in der

Lage, den Beton tiefschwarz einzufärben und so den Wünschen des Endverbrauchers zu entsprechen.

Ein deutlicher Nachteil dieser Einfärbevariante war allerdings bislang, dass beim Einsatz von Kohlenstoffpigmenten bereits nach wenigen Monaten eine deutliche Aufhellung des eingefärbten Betons sichtbar wurde.

Betontechnologische Hintergründe

Eisenoxidpigmente werden während des Hydrationsprozesses des Zementes sowohl mechanisch als auch, wie bei allen Metalloxidpigmenten, elektrostatisch in die Gelporenstruktur des Betons eingebaut.

Herkömmliche Betonfarben auf Basis von Kohlenstoffpigmenten mit einer durchschnittlichen Teilchengröße von 20 – 30 Nanometer werden lediglich mechanisch im Kapillarporensystem der Betonmatrix eingelagert. Der durchschnittliche Durchmesser dieser Kapillarporen liegt bei ca. 50 – 70 Nanometer (1 Nanometer = 1 / 1.000 mm). Dort, wo die bei der Hydratation entstandenen Zementnadeln das Kohlenstoffpigment umschließen, bleibt das Pigment fest fixiert. Jedoch weist der erhärtete Betonstein je nach Höhe des Wasserzementwertes, der Sieblinie der gewählten Fraktionen und des Verdichtungsgrades des Betons unterschiedlich viele Kapillarporen auf. Ihre Größe kann jedoch bis zu einem gewissen Grad nicht weiter reduziert werden.

Diese feinteiligen Ruße mit einer mittleren Teilchengröße von ca. 30 nm besitzen aufgrund ihrer relativ großen Oberfläche eine hohe Farbkraft; jedoch können sie aufgrund der Tatsache, dass ihr Durchmesser in der Regel zweimal kleiner als der Durchmesser der Kapillarporen ist, relativ leicht aus dem Betongefüge herausgewaschen werden. In diesem Zusammenhang spricht man auch von „Porengängigkeit“ des Rußes. Dieser Vorgang führt zum Verblässen des eingefärbten Betons innerhalb kürzester Zeit. Wegen ihrer Farbstärke bieten diese Kohlenstoffpigmente dennoch eine sehr effiziente und kostengünstige Alternative zur Einfärbung von Kern- und Hinterbeton. Eine Abschwächung des Farbkraftverlustes kann durch eine ausreichend hohe Grunddosierung des feinteiligen Kohlenstoffpigments erreicht werden. Da diese feinteiligen Kohlenstoffpigmente die geforderte Wetterbeständigkeit nach EN 12878 nicht sicherstellen, ist die Dosierempfehlung nicht an den Vorgaben der Norm gebunden. Wir empfehlen mindestens eine Dosierung von mindestens 3 M.- % Kohlenstoffpigment (bezogen auf den Feststoffanteil) auf das Bindemittel.

Eine intensive Schwarzeinfärbung von Beton wäre somit nur möglich mit einem stabilen Kohlenstoffpigment dessen mittlere Teilchengröße weit über dem Durchmesser der Kapillarporen liegt. Leider ist die Farbkraft eines Pigmentes umgekehrt proportional zu dessen Teilchengröße. Die mittlere Teilchengröße ist hierbei die Wahrscheinlichkeitsdichte der am häufigsten vorkommenden Teilchengröße in

der Pigmentqualität (Pigmentverteilung nach der Gaußschen Glockenkurve). Tatsächlich enthält jedes Pigment auch größere und kleine Bestandteile.

Ein Kohlenstoffpigment, dessen durchschnittliche Teilchengröße bei ca. 250 Nanometer liegt, kann durch ein spezielles thermisches Verfahren erzielt werden. Hierbei reagieren die Ausgangsstoffe unter Ausschluss von Sauerstoff zu überproportional großen Kohlenstoffpigmenten mit einzigartigen Oberflächeneigenschaften. Die unter dem Namen DARKODUR® im Hause REMEI entwickelte Kohlenstoffsuspension besteht aus diesen speziellen Kohlenstoffpigmenten. Ein Pigment mit einer solchen Größenstruktur (8 – 10-mal größer als herkömmliche Ruße) kann durch die vorhandenen Kapillarporen des normgerechten Betons nicht herausgewaschen werden.

Entscheidend für die Dauerhaftigkeit der Schwarzeinfärbung von Beton mit Kohlenstoffpigmenten ist die Qualität der Porenstruktur des Betons. Die Porenstruktur von erdfeuchten Beton eignet sich erfahrungsgemäß besser zum Einfärben mit Kohlenstoffpigmenten als fließfähige Betone mit vorhandenen Überschusswasser und einer hauchdünnen Zementleimschicht auf der Oberfläche der Betonware. Aufhellungen von erdfeuchten Betonwaren bei Einsatz von geeigneten grobteiligen Kohlenstoffpigmenten haben die Ursache in der Betonqualität. Diese liegt in der Verantwortung des Betonwarenherstellers.

Eine Einfärbung von Beton mit Metalloxidpigmenten (z. B. Eisenoxid, Titandioxid, Chromoxid) erfolgt unabhängig von der Porenstruktur u. a. durch die elektrostatische Verbindung die Betonwaren dauerhaft ein.

Dies gilt bei der Verwendung von herkömmlichen Fließmitteln basierend auf Naphtalin- und Melaminsulfonatcondensaten sowie Polyacrylaten. Bei der Verwendung von Hochleistungsfließmitteln zur Herstellung von Selbstverdichtendem Beton (SVB) kommt es aufgrund der Wirkungsweise der PCE's zu einer elektrostatischen und sterischen Abstoßung am Zement. Dies führt zu der deutlich verbesserten Dispergierung des Zementes, der für die Herstellung eines SVB entscheidend ist. Aufgrund des niedrigeren W/Z-Wertes des SVB im Vergleich zu dem klassischen farbigen Ortbeton müsste beim Einfärben von SVB eine dunklere und intensivere Färbung erzielt werden. Dies ist der Fall bei den Eisenoxidrot- und Eisenoxidgelb-Pigmenten sowie bei den Chromoxiden. Bei Verwendung von Eisenoxidschwarz-Pigmenten in SVB kann jedoch bei Einsatz von PCE's ein dramatischer Farbkraftverlust auftreten. Dieser kann von einer Wolkenbildung bis zur Erscheinung der „fehlenden Farbe“ führen. Scheinbar verhindert der PCE eine elektrostatische Einbindung des Eisenoxidschwarz-Pigmentes. Eine endgültige Erklärung für dieses Phänomen liegt aber leider noch nicht vor.

Eine empfehlenswerte Möglichkeit ist die Formulierungsreihenfolge bei der Herstellung von SVB anzupassen. Hier wird der PCE erst nach der Nassmischphase zugegeben, um dem Eisenoxidschwarz-Pigment die Möglichkeit zu geben, sich

farbgebend in die Zementmatrix zu verteilen. Mit der Änderung der Formulierungsreihenfolge ist eine Schwarzeinfärbung möglich, jedoch kein Tiefschwarz.