EINFÄRBUNG VON BETON ENERGIZED BY

LANXESS
Energizing Chemistry

VERARBEITUNGSTECHNISCHE HINWEISE

BAYFERROX® Color for Life.

COLORTHERM® Color for Life.

EINFÄRBUNG VON BETON
VERARBEITUNGSTECHNISCHE HINWEISE

Beton ist ein moderner Werkstoff, der Städteplanern, Architekten und Bauherren vielfältige Möglichkeiten zur kreativen Gestaltung von urbanen Lebensräumen und Infrastrukturmaßnahmen bietet. Durch die Einfärbung von Betonmaterialien, wie Betonpflastersteinen und -dachsteinen, mit anorganischen Farbpigmenten, lassen sich zudem ästhetische Lösungen realisieren, die eine harmonische Integration in die Umwelt ermöglichen. Die Herstellung unterscheidet sich nur unwesentlich von der Produktion der entsprechenden ungefärbten Teile. Dennoch sollten bei der Verwendung von Farbpigmenten einige wichtige Details beachtet werden, um ein optimales Ergebnis zu erzielen.

Die vorliegende Broschüre fasst die Ergebnisse der LANXESS Laboruntersuchungen zum Thema Betoneinfärbung zusammen und berücksichtigt außerdem die Erfahrungen der Industrie. Das Ziel ist es, Verbrauchern von anorganische Farbpigmenten eine Hilfestellung bei der Herstellung qualitativ hochwertiger Produkte zu geben.

INHALTSVERZEICHNIS

- **Einfärbung von Beton: Verarbeitungstechnische Hinweise** 2
- **Die Komponenten für die Herstellung farbiger Betonwaren** 5
  Das Pigment
- **Einfluss der Mischungszusammensetzung auf den Betonfarbton** 9
  Der Zement
  Die Zuschläge
- **Die Herstellung farbiger Betonwaren** 14
  Dosierung und Verteilung von Pigmenten in Beton
- **Das Bewitterungsverhalten des eingefärbten Betons** 16
- **Betontechnologische Eigenschaften des farbigen Betons** 18
  Normen
  Die Betonkonsistenz
- **Qualität und Mehrwert für den Kunden** 19

DIE KOMPONENTEN FÜR DIE HERSTELLUNG

Das Pigment

Die Auswahl des Pigmentes ist von entscheidender Bedeutung für die Qualität des Endproduktes. Jahrelange Abtestungen farbiger Betonwaren unter unterschiedlichen orts- und klimaspezifischen Bedingungen haben gezeigt, dass anorganische Oxidpigmente aufgrund ihrer Farbstabilität und Beständigkeit besonders gute Echtheitseigenschaften aufweisen. Diese Oxidpigmente werden von LANXESS weltweit unter den Namen Bayferrox® und Colortherm® vertrieben.

Bayferrox®-Pigmente – Nachhaltigkeit und Umwelt

Die Einführung von Gütesiegeln für nachhaltige Produkte in zahlreichen Branchen zeigt deutlich, dass in unserer Gesellschaft ein breiter Konsens hinsichtlich der Notwendigkeit eines verantwortungsbewussten Umgangs mit den uns zur Verfügung stehenden Ressourcen besteht. Nachhaltigkeit ist ein zentrales Thema und ein entsprechendes Handeln wird von Kunden nicht nur honoriert, sondern auch erwartet.

Bei LANXESS ist nachhaltiges und verantwortungsbewusstes Handeln gegenüber der Umwelt und der Gesellschaft ein fester Bestandteil der Unternehmensstrategie. Produkte und Produktionsverfahren werden ressourcen- und umweltschonend, sicher und nachhaltig gestaltet sowie kontinuierlich verbessert.

Unsere Eisenoxid- und Chromoxidgrünpigmente der Marke Bayferrox® und Colortherm® sind weder toxisch noch reizend für Haut oder Schleimhäute. Aus Umwelt- und Gesundheitsschutzperspektive sind sie hervorragend für die Einfärbung von Baustoffen geeignet. Die Entwicklung von Staub sollte aus arbeitshygienischen Erwägungen dennoch grundsätzlich vermieden werden.

Bayferrox®- und Colortherm®-Pigmente schädigen Wasserorganismen aufgrund ihrer Unlöslichkeit zwar nicht, führen aber in Gewässern zu starken Verfärbungen. Freigesetzte Pigmente sollten daher immer trocken oder feucht aufgenommen werden.

Anforderungen an Pigmente für die Betoneinfärbung

Oxidpigmente sind perfekt für Baustoffeinfärbungen geeignet. Aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung und Struktur sind sie unlöslich in Wasser und verdünnten Säure. Zudem zeigen sie sich kalk- und alkalibeständig und sind absolut wetter- und lichtstabil.

Welche Farbtöne lassen sich erzielen?

Mit den für die Baustoffeinfärbung geeigneten Oxidpigmenten werden die besonders gefragten Farbtonbereiche abgedeckt. Die Farbtöne orientieren sich an den gedeckten Farben wie sie in der Natur vorkommen und fügen sich somit harmonisch in die Umwelt ein:

Rot: gelbstichiges Rot bis blaustichiges Rot
Gelb: grünstichiges Gelb bis rotstichiges Gelb
Braun: Hellbraun bis Dunkelbraun/Rotbraun
Schwarz: Dunkelgrau bis Anthrazit

Darüber hinaus sind weiße, grüne und blaue Einfärbungen möglich. Reine Farbtöne (z. B. Gelb) lassen sich unter Verwendung von Weißzement einstellen. Brillante Farbtöne, wie sie z. B. im Kunststoff- und Lackbereich möglich sind, lassen sich in Baustoffen aufgrund der Zusammensetzung und Struktur des Werkstoffs Beton allerdings nur sehr bedingt einstellen.

Abb. 1: Übersicht der wichtigsten Oxidpigmente

Farbe	Name	LANXESS Markenname
Schwarz	Eisenoxidschwarz	Bayferrox®-Schwarz
Rot	Eisenoxidrot	Bayferrox®-Rot
Gelb	Eisenoxidgelb	Bayferrox®-Gelb
Braun	Eisenoxidbraun	Bayferrox®-Braun
Grün	Chromoxidgrün	Colortherm® Green
Blau	Kobaltblau	–
Weiß	Titandioxid	–

Die Farbstärke von Pigmenten

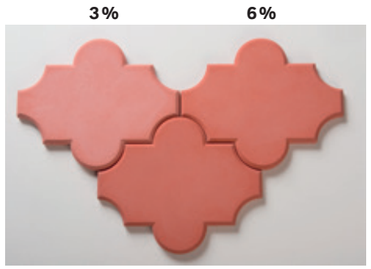
Die Farbstärke von Pigmenten ist ein wichtiges Qualitätsmerkmal, dessen Kenntnis für eine Beurteilung der Wirtschaftlichkeit unerlässlich ist. Als Farbstärke bezeichnet man das Vermögen eines Pigmentes, seine Eigenfarbe auf das einzufärbende Medium zu übertragen. Dazu ein anschauliches Beispiel: Die nachstehende Abbildung zeigt zwei rote Pulver: Ziegelmehl auf der linken sowie ein Bayferrox®-Rotpigment auf der rechten Seite. Erst bei der Betoneinfärbung oder der Prüfung im Labor zeigt sich der Farbstärkeunterschied zwischen beiden Mustern. Die zuvor angesprochene Laborprüfung erfolgt entsprechend der EN 12 878. Sie ist Basis der in der Produktspezifikation für Bayferrox®-Pigmente genannten Farbstärketoleranzen.

Abb. 2: Farbstärkevergleich von Pigmenten

Vergleich farbschwaches gegen farbstarkes Pigment

Zurück zur Praxis im Betonwerk: Angeboten wird ein Eisenoxidrotpigment „A“. Zur Erzielung eines bestimmten Farbtones ist eine Pigmentierungshöhe von 6 % dieses Pigmentes erforderlich. Wie die hier abgebildeten Muster zeigen, ist es jedoch ebenso möglich, den angestrebten Farbton durch Zugabe von 3 % des Rotpigmentes „B“ zu erzielen.

Abb. 3: Farbstärkevergleich von Pigmenten

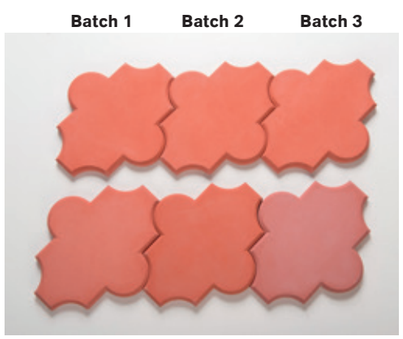


Fazit:
Der Preis allein sagt über die Wirtschaftlichkeit wenig aus. Selbst wenn Pigment „A“ billiger angeboten wird, kann es, bedingt durch die erforderliche Mehrmenge zur Erzielung des gewünschten Farbtons, durchaus die weniger wirtschaftliche Variante sein!

Farbkonstanz

Neben der Farbstärke ist die Farbkonstanz, also die Frage, ob zwischen unterschiedlichen Lieferungen Farbtonunterschiede zu verzeichnen sind, ein weiteres, überaus wichtiges Qualitätskriterium für Pigmente (Abb. 4). Dank moderner Produktionsanlagen und einer gewissenhaften Qualitätskontrolle bietet LANXESS seinen Kunden seit Jahrzehnten eine gleichbleibende Farbkonstanz in seinen Endprodukten.

Abb. 4: Farbkonstanz



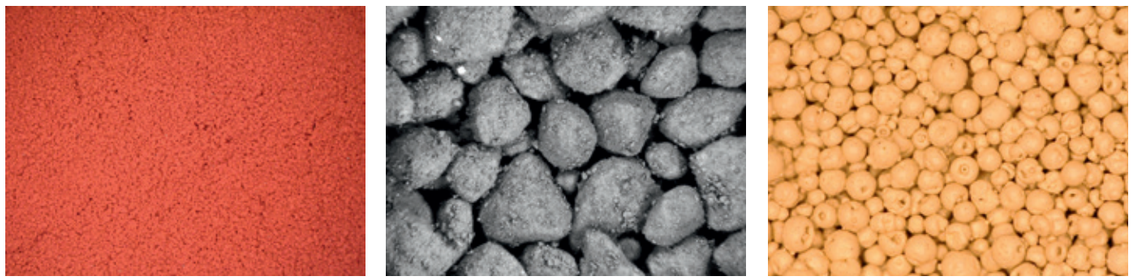
Lieferformen

Die Anforderungen an die Verarbeitungsmöglichkeit von Pigmenten haben sich mit den Jahren gewandelt. Kamen in den Anfangsjahren in der Bauindustrie praktisch ausschließlich Pulverpigmente zum Einsatz, so setzten sich später auch wässrige Pigmentaufbereitungen am Markt durch.

Diese bieten dem Verarbeiter neben der völligen Staubfreiheit den Vorteil einer einfachen Handhabung und Dosierung. Sie enthalten aber einen relativ hohen Anteil an Wasser, was im Vergleich zu Pulverpigmenten zu erhöhten Transportkosten führt. Darüber hinaus kann es zu Absetzerscheinungen des Pigmentes kommen, wenn die Pigmentsuspensionen längere Zeit nicht gerührt werden. Aus den o. g. Gründen ist der Bezug fertiger Pigmentsuspensionen lediglich in begrenztem Umkreis um das Lieferwerk sinnvoll.

Die letzte Entwicklung im Hinblick auf die Lieferform der Pigmente stellen frei fließende, trockene Pigmentzubereitungen dar. Diese erlauben die reibungslose Entleerung von Silos, Säcken und Bulk Bags und machen dank ihrer staubarmen Beschaffenheit sowohl Silierung als auch Dosierung zur sauberen Sache. Nähere Informationen zu Lieferformen und Verpackung sind auf Anfrage erhältlich.

Abb. 5: Lichtmikroskopische Aufnahmen (100-fache Vergrößerung) von Bayferrox®-Pigmenten



Pulver | Kompaktpigment | Granulat

EINFLUSS DER MISCHUNGS-ZUSAMMENSETZUNG AUF DEN BETONFARBTON

Der Zement

Auch heute noch wird Grauzement bei den meisten Bauprojekten eingesetzt - mit Folgen für die mögliche Einfärbung. Im Gegensatz zu Weißzement dämpft Grauzement alle Farben. Daher erzielt pigmentierter Beton, der mit normalem Portlandzement hergestellt wurde, keine leuchtenden, brillianten Farben.

Der Zugewinn an Farbreinheit, den man bei Verwendung von Weißzement erhält, hängt jedoch davon ab, welches Pigment man einsetzt. Handelt es sich um Schwarz, besteht zwischen Beton aus Weiß- und Grauzement praktisch kein Unterschied. Bei einem dunklen Braun und Rot ist er gering, bei Gelb und Grün hingegen sehr ausgeprägt. Je heller und reiner der gewünschte Farbton sein soll, desto mehr ist Weißzement zur Erzielung des angestrebten Farbtons erforderlich.

Dieser Unterschied bei der Einfärbung von Weiß- und Grauzement ist selbst für den Laien leicht zu verstehen. Für den Fachmann ist es darüber hinaus jedoch wichtig zu wissen, dass auch Grauzemente in der Farbe von Hellgrau bis Dunkelgrau variieren können. Beim Wechsel der Zementsorte oder des Zementlieferanten zeigt sich häufig, dass auch solche Unterschiede in der Eigenfarbe des Zementes das Ergebnis der Einfärbung beeinflussen.

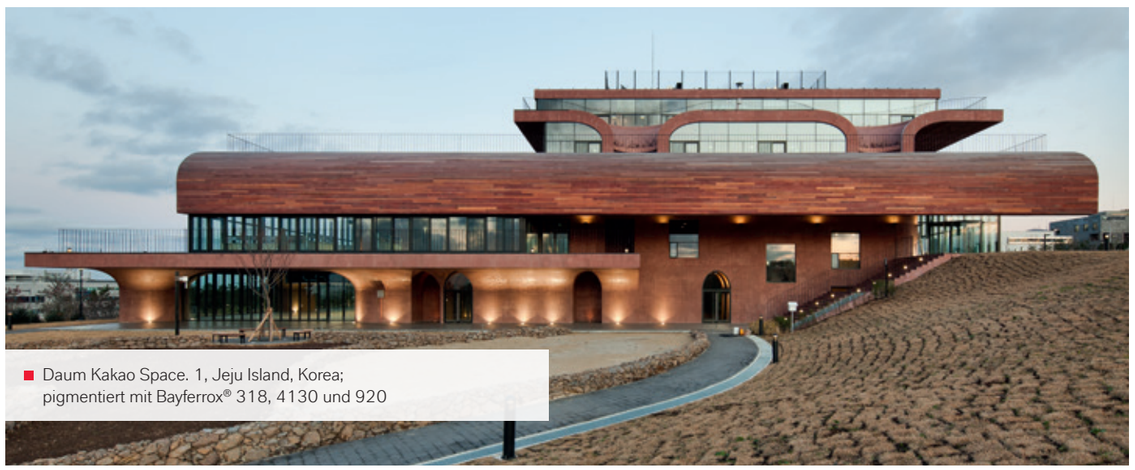
Abb. 6: Einfluss der Zementfarbe auf den Betonfarbton

Die Zuschläge

Bei der Herstellung von farbigem Beton werden die Zuschlagkörner von dem eingefärbten Zementleim umhüllt. Dabei ist es möglich, dass die Körner eines intensiv gefärbten Zuschlags nicht vollständig überdeckt werden und somit der resultierende Farbton durch die Eigenfarbe des Zuschlags beeinflusst wird. Dieser Effekt macht sich bereits bei der Produktion des farbigen Betons bemerkbar. Noch deutlicher wird der Einfluss der Eigenfarbe des Zuschlags in der Bewitterung, wenn Zuschlagkörner durch Abwitterung der Oberfläche zutage treten. Das Auge bildet dann einen Mischfarbton aus der Farbe des Zementsteins und der des sichtbaren Zuschlags.

Ähnlich wie beim Zement wirkt sich die Eigenfarbe des Sandes auf die hellen Betonfarbtöne (z. B. Gelb, Grün) stärker aus als auf dunkle (z. B. Braun, Schwarz).

Abb. 7: Einfluss der Zuschlagfarbe auf den Betonfarbton



Daum Kakao Space. 1, Jeju Island, Korea;
pigmentiert mit Bayferrox® 318, 4130 und 920

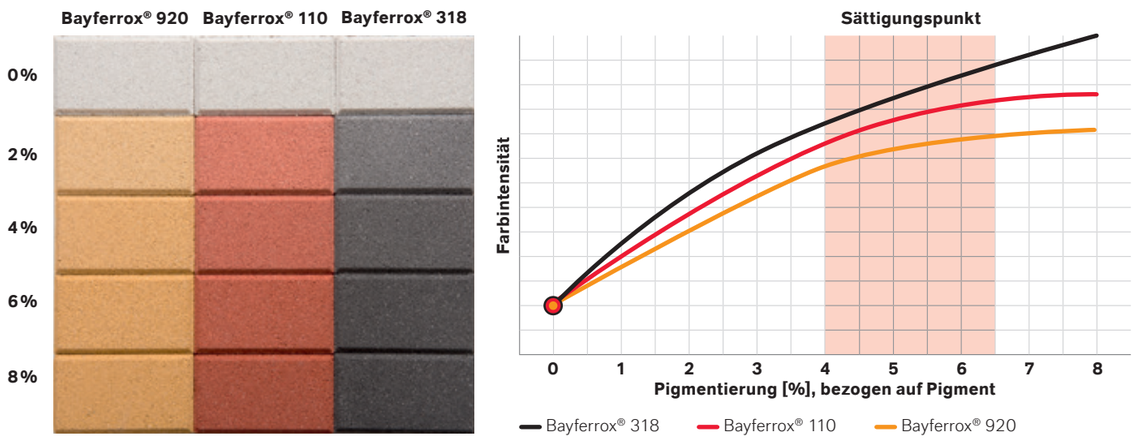
Einfluss der Pigmentierungshöhe auf den Farbton

Die Kenntnis der optimalen Pigmentierungshöhe ist unter wirtschaftlichen und technischen Aspekten ein entscheidender Faktor. So hilft das Wissen um die Pigmentierungshöhe, die Kosten für die Einfärbung transparent zu gestalten, und ist zudem zur Erzielung des gewünschten Farbtones und dessen Intensität unerlässlich.

Gibt man steigende Pigmentmengen zu einer Betonmischung, dann nimmt die Farbintensität zunächst linear mit der Pigmentierung zu. Im weiteren Verlauf der Pigmentzugabe kommt man dann jedoch in einen Bereich, bei dem die Zugabe weiterer Pigmentmengen keine wesentliche Intensivierung des Farbtones mehr bewirkt und damit unwirtschaftlich ist. Die Festlegung des Sättigungsbereiches ist u.a. von den Systemparametern des Betons abhängig; im Allgemeinen sind jedoch für die farbstarken Bayferrox®-Pigmente Zugabemengen oberhalb von 5 % (bezogen auf die Bindemittelmenge) nicht erforderlich.

Bei farbschwächeren Pigmenten hingegen wird der Sättigungsbereich erst bei wesentlich höheren Pigmentzusätzen erreicht. Die zur Einstellung eines bestimmten Farbtones erforderliche Pigmentmenge kann dadurch so groß werden, dass diese Erhöhung der Mehlkornmenge sich negativ auf die betontechnologischen Eigenschaften des Betons auswirkt.

Abb. 8: Einfluss der Pigmentierungshöhe auf den Betonfarbton



Wasser/Zement-Wert und Betonfarbton

Haben Sie sich bei einem Glas Bier schon einmal Gedanken darüber gemacht, warum der Schaum weiß ist, wo doch der Gerstensaft selbst eine gelbe Farbe hat?

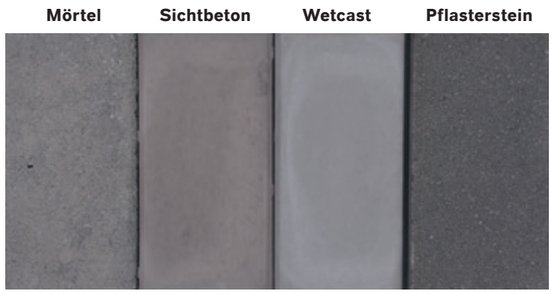
Der Schaum besteht aus vielen kleinen Luftbläschen und diese streuen das Licht ähnlich wie Weißpigmente das tun. Die Abschweifung ist wichtig, erklärt sie doch den Zusammenhang zwischen dem Farbton des Betons und seinem Wasser/Zement-Wert. Das überschüssige Anmachwasser verdunstet aus dem Beton und hinterlässt dabei Hohlräume in Form feiner Poren. Diese wirken dann wie die Bläschen im Bierschaum; sie streuen das einfallende Licht und hellen somit den Beton auf. Je höher also der Wasser/Zement-Wert ist, desto heller erscheint der Beton. Wie das nachfolgende Foto zeigt, unterliegt grauer Beton ohne Pigmentzusatz diesem Gesetz genauso wie eingefärbter Beton.

Abb. 9: Einfluss des Wasser/Zement-Wertes auf den Betonfarbton

Was bedeutet dieser Sachverhalt für die Praxis?

Vergleicht man den Farbton von Beton mit stark unterschiedlichen Wassergehalten (z.B. Betonpflastersteine mit Ortbeton), so stellt man fest, dass auch bei gleicher Pigmentierung der Farbton der Muster unterschiedlich ausfällt.

Abb. 10: Farbeindruck bei unterschiedlichen Anwendungen



Pigmentierungshöhe bei allen Mustern: 3 % Bayferrox® 330

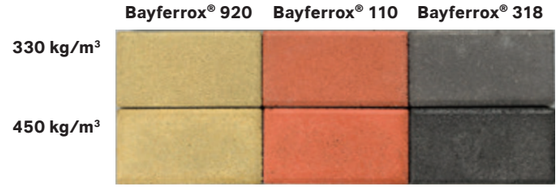
Ein anderes Bild ergibt sich bei Vergleichen innerhalb einer Produktlinie. Meist ist der Konsistenzbereich, der eine reibungslose Verarbeitung des Betons auf einem Betonwarenfertiger garantiert, eng begrenzt, so dass von Seiten der Hersteller in der Regel besonderes Augenmerk auf die sorgfältige Dosierung des Anmachwassers gelegt wird. Aus diesem Grund sind durch den Wasser/Zement-Wert bedingte Farbtonschwankungen, die innerhalb einer Produktionslinie auftreten, eher die Ausnahme. Solche Farbtonunterschiede können aber dann deutlich ausfallen, wenn die zu hohe Betonfeuchte eine starke Schlämmebildung an der Betonoberfläche zur Folge hat. In dieser Schlämme – bei der Pflastersteinherstellung auch Orangenhaut genannt – finden sich die Feinstanteile des Betons, wie Zement, Mehlkorn sowie eine überproportionale Anreicherung von Pigment, die dem Beton ein anderes Aussehen gibt, als eine schlämmearme Betonoberfläche.

Betonfarbton in Abhängigkeit vom Zementgehalt

Bei der Betoneinfärbung wird nicht der Zuschlag eingefärbt, sondern der Zementleim, der dann die einzelnen Zuschlagkörner umhüllt.

Für unsere Überlegungen, ob der Zementgehalt des farbigen Betons einen Einfluss auf den Farbton des eingefärbten Betons ausübt, gehen wir der Einfachheit halber von der Vorstellung aus, dass es sich dabei um eine 2-Stoff-Mischung handelt, bestehend aus farbigem Zementleim und Zuschlag. Je mehr man nun den farbigen Zementleim durch Zuschlag „verdünnt“, desto weniger intensiv wird der Farbton des Betons ausfallen. Diese theoretische Überlegung wird durch die Praxis bestätigt. Ein zementreicher Beton weist bei gleicher Pigmentierungshöhe – die üblicherweise prozentual auf die Zementeinwaage berechnet wird – einen deutlich intensiveren Farbton auf, als ein Beton mit geringerem Zementgehalt.

Abb. 11: Betonfarbton in Abhängigkeit vom Zementgehalt



Dosierung und Verteilung von Pigmenten in Beton

Qualität spielt in der heutigen Zeit eine immer wichtigere Rolle. Aus diesem Grund sind in der Bauindustrie die Begriffe „Dosierung und Dispergierung von Pigmenten“ wichtige Kriterien, denn für qualitativ hochwertige, eingefärbte Waren gehört eine exakte Dosierung der Pigmente in den Baustoff ebenso wie die gleichmäßige und ausreichende Dispergierung/Verteilung.

Hat der Pigmentverbrauch in einem Betonwerk eine bestimmte Größenordnung erreicht, so stellt sich häufig die Frage, wie sich die Pigmentzugabe automatisieren lässt. Wie oft bei technischen Problemlösungen, gibt es Vor- und Nachteile, so dass es für die Frage, ob der Einsatz einer Nass- oder Trockendosierung die günstigste Lösung bietet, keine Patentlösung gibt. Man kann nur Entscheidungshilfen geben, die bei genauer örtlicher Kenntnis des jeweiligen Betriebes und bei Berücksichtigung der verschiedensten kaufmännischen Belange nützlich sein können. Neben den offensichtlichen Vorteilen einer automatischen Pigmentzugabe eröffnet sich dem Betonhersteller darüber hinaus die Möglichkeit, weitere Farbtöne selbst einzustellen. Bayferrox®-Pigmente werden in den Grundfarben Rot, Schwarz und Gelb hergestellt. Innerhalb jeder Farbreihe stehen zudem verschiedene Farbtonnuancen zur Verfügung.

Durch Kombination von zwei oder drei Bayferrox®-Pigmenten lässt sich eine nahezu unbegrenzte Anzahl weiterer Farbtöne einstellen. Die heutige Betonmischtechnik gestattet die gleichzeitige Zugabe mehrerer Einzelpigmente direkt in den Betonmischer. Eine Vormischung der Pigmente miteinander ist nicht erforderlich.

Verteilung von Pigmenten in Beton

Wie bereits dargestellt, handelt es sich bei Pigmenten um sehr feine Produkte, die, wie andere feinteilige Pulver auch, beim Transport und der Lagerung zur Ausbildung von losen Zusammenballungen neigen. Diese Pigmentklumpen sind zwar relativ weich und lassen sich leicht zerdrücken, können aber bei ungünstigen Mischbedingungen unter Umständen den Mischprozess unzerstört überdauern. Dies ist besonders unschön, wenn ein solcher Pigmentklumpen sich an der Betonoberfläche zeigt. Die Folgen lassen sich deutlich erkennen (Abb. 12):

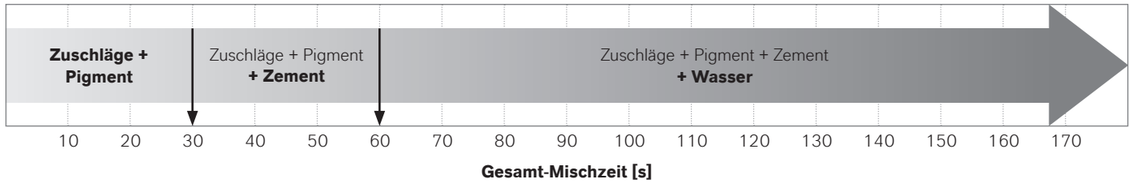
Abb. 12: Stein mit Pigmentklumpen an der Oberfläche

Aus diesem Grund ist bei der Herstellung des Betons der Mischprozess von entscheidender Bedeutung. Zusätzlich zu den üblichen Anforderungen, also die optimale Verteilung aller anderen Komponenten, um maximale Festigkeiten zu erzielen, gilt für den farbigen Beton, dass sich nur durch eine gute Dispergierung des Pigmentes eine homogene Einfärbung erzielen lässt.

Bei den heutigen, teilweise extrem kurzen Mischzeiten ist es deshalb von großer Wichtigkeit, die Reihenfolge der Zugabe der Komponenten in den Mischprozess so zu wählen, dass das Zerteilen von Pigmentagglomeraten und die gleichzeitige effektive Verteilung der Pigmentteilchen in der Mischung sichergestellt sind.

Entsprechende Laboruntersuchungen und die Erfahrungen in der Praxis zeigen, dass immer dann gute Ergebnisse erzielt werden, wenn das Pigment mit dem Zuschlag etwa 15 – 30 s vorgemischt wird, bevor die Zementzugabe und eine weitere 15 – 30 s dauernde Trockenmischzeit erfolgt. Im Weiteren entspricht der Mischvorgang dem des unpigmentierten Betons. Auf jeden Fall sollte es vermieden werden, alle Komponenten auf einmal zuzugeben oder als erste Komponente nach der Sandzugabe Zement einzumischen.

Abb. 13: Empfohlene Mischsequenz bei der Herstellung von farbigem Beton



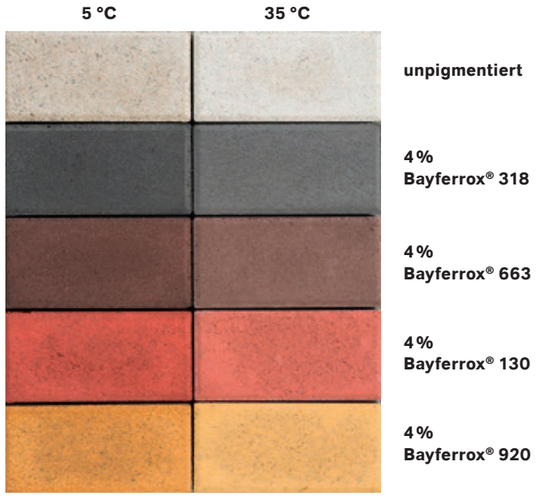
Selbstverständlich spielt auch die Mischdauer eine Rolle bei der Frage, ob eine homogene Verteilung des Pigments erzielt wird oder nicht. Jeder Mischer benötigt eine Mindestmischdauer. Bei Zwangsmischern liegt diese bei etwa 1,5 – 2 min. Wird sie unterschritten, kann auch durch eine Änderung der Einzelmischdauer oder Reihenfolge der Zugabe der Komponenten keine homogene Mischung mehr erzielt werden.

Einfluss der Härtungsbedingungen auf den Farbton des Betons

Der Zementstein, der bei der Reaktion des Anmachwassers mit dem Zement entsteht, bildet je nach Temperatur, bei der die Betonhärtung erfolgt, mehr oder weniger große Kristalle. Die Größe dieser Kristalle ist wiederum dafür verantwortlich, wie das auf den Beton auftreffende Licht gestreut wird. Dabei gilt folgender Leitsatz: Höhere Härtungstemperaturen führen zu feineren Kristallnadeln. Die stärkere Lichtstreuung feiner Kristallnadeln bewirkt, dass der Betonfarbton heller ausfällt als der Farbton eines sonst gleichen Betons, der bei niedrigerer Temperatur gehärtet wurde. Dieses Phänomen wird in der Regel allerdings erst dann erkennbar, wenn der Temperaturunterschied eine bestimmte Größenordnung erreicht, also z. B. ein dampfgehärteter Beton mit einem bei normaler Raumtemperatur und -feuchtigkeit gehärtetem Beton verglichen wird.

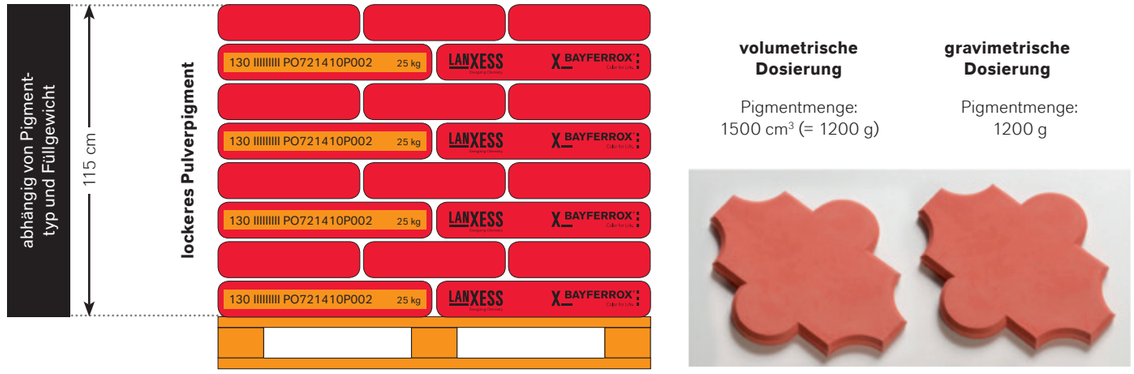
Diese Verhalten wird in der Abb. 14 detailliert dargestellt. Hier wird die erhaltene Einfärbung eines bei 5 °C und bei 35 °C ausgehärtetem Beton verglichen:

Abb. 14: Einfluss der Härtungsbedingungen auf den Farbton von farbigem Beton



Zuletzt noch ein wichtiger Hinweis zu der Frage, wie die Pigmente abgemessen werden sollen: Farbpigmente sind sehr feine Pulver (etwa 10mal feiner als Zement), die sehr empfindlich in ihrer Kompressibilität sind. Das bedeutet, dass die Schüttdichte feiner Pulver aufgrund verschiedenster äußerer Einflüsse (wie z. B. Lagerbedingungen und Transport) variieren kann. Beim volumetrischen Abmessen von Pulverpigmenten kann es also durchaus vorkommen, dass zwar gleiche Volumina abgemessen werden, die Pigmentmenge in Hinblick auf das Gewicht jedoch trotzdem Unterschiede aufweist. Das volumetrische Abmessen von Pulverpigmenten kann somit zu Farbtonunterschieden führen, die sich durch das Abmessen nach Gewicht leicht vermeiden lassen.

Abb. 15: Vergleich volumetrisches/gravimetrisches Abmessen



DAS BEWITTERUNGSVERHALTEN DES EINGEFÄRBTEN BETONS

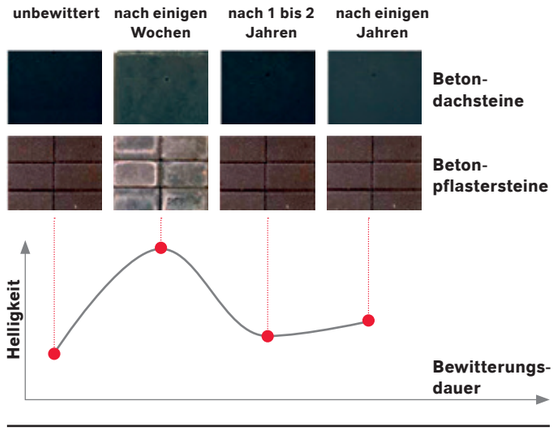
Der römische Aquädukt, der Köln vor 2000 Jahren mit Wasser aus der Eifel versorgte, war mit Trass-Zement gebaut. Hätte man diesen antiken „Beton“ bereits mit natürlichen Eisenoxiden, die damals durchaus schon bekannt waren, gefärbt, wäre die Wasserleitung, die teilweise noch besichtigt werden kann, heute noch farbig. Die Abweichungen vom Originalfarbton hielten sich in engen Grenzen. Diese Farbänderungen, die am nicht eingefärbten Beton ebenso festzustellen sind wie am farbigen Beton, lassen sich auf verschiedene Ursachen zurückführen und können sowohl vorübergehenden (z. B. Kalkausblühungen) als auch bleibenden (z. B. Freilegen des Zuschlags) Charakter aufweisen.

Kalkausblühungen auf Beton

Ausblühungen sind die Geißel aller Betonhersteller, vor allem dann, wenn Farbe mit im Spiel ist und besonders hohe Anforderungen an die Ästhetik des Betons gestellt werden.

Dabei ist festzuhalten, dass weder Bayferrox®- noch Colortherm®-Pigmente einen Einfluss auf das Auftreten von Ausblühungen ausüben. Naturgemäß sind die weißen Kalkausscheidungen jedoch auf einem farbigen Beton leichter zu erkennen als auf naturgrauem oder gar weißem Beton. Kalkausblühungen entstehen dadurch, dass beim Abbinden des Zementes freier Kalk gebildet wird, der bereits im Anmachwasser (Primärausblühungen) oder im Fremdwasser, z. B. Regen oder Tau, (Sekundärausblühungen) gelöst an die Betonoberfläche gelangt und dort durch Reaktion mit Kohlendioxid aus der Luft zu unlöslichem Calciumcarbonat reagiert. Dabei spielt die Porosität des Betons eine wichtige Rolle: Je dichter er ist, desto weniger neigt er zum Ausblühen.

Abb. 16: Ausblühungen



In einer langsamen Reaktion vermag das an der Betonoberfläche befindliche Calciumcarbonat mit weiterem, in Wasser gelöstem Kohlendioxid zu Calciumhydrogencarbonat zu reagieren, das wiederum in Wasser löslich ist. Die Ausblühungen wittern auf diese Weise wieder ab. Natürlich bewirken auch saure Bestandteile der Atmosphäre ein Auflösen der Kalkablagerungen an der Betonoberfläche.

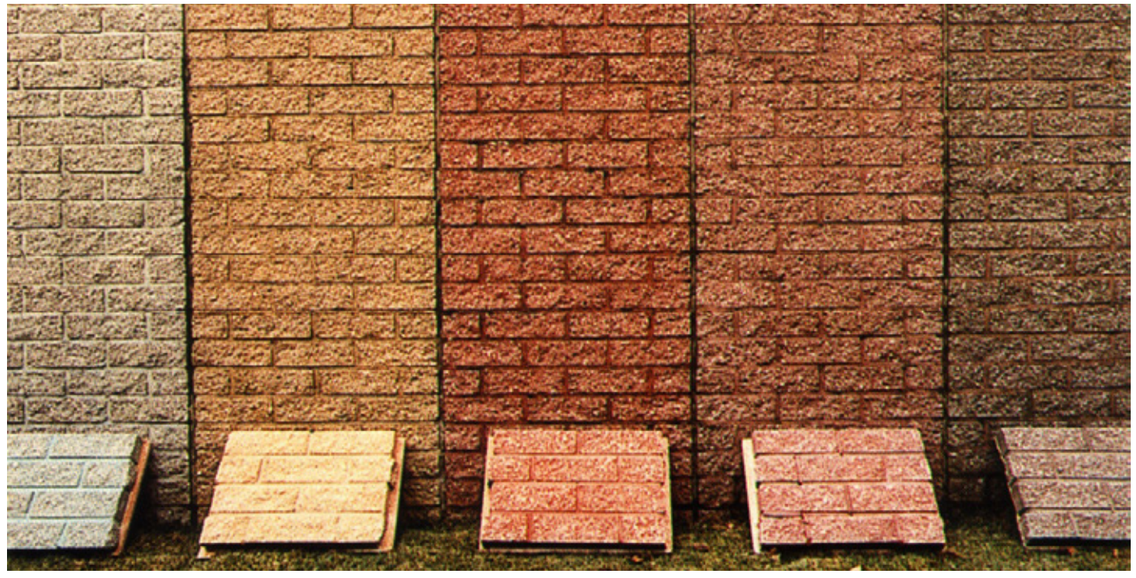
Zum Thema „Ausblühungen auf Beton“ ist von der LANXESS Deutschland GmbH eine Broschüre herausgegeben worden, der den Kunden auf Anfrage zur Verfügung steht.

Die Verwitterung des Zementsteines

Je nach Mischungszusammensetzung, Art der Verdichtung etc. weist der Beton an der Oberfläche eine mehr oder minder starke Schicht auf, die sich aus den Feinstanteilen des Zuschlages und Zement zusammensetzt. Durch die Abwitterung dieser sogenannten Schlämmeschicht (Zementstein) wird nach einigen Jahren das in der Betonoberfläche liegende Zuschlagkorn freigelegt, so dass dessen Eigenfarbe zum Gesamteindruck beitragen kann. Dass sich die Farbänderungen bei eingefärbten Baustoffen in relativ engen Grenzen halten, wird deutlich, wenn man die unten stehende Abbildung betrachtet, was auf die Farbe des Zuschlags sowie die geänderte Lichtreflexion zurückzuführen ist.

Abb. 17: frischer und bewitterter Pflasterstein, bei dem die Farbe des Sandes zu erkennen ist

Abb. 18: Betonmauersteine nach 25 Jahren Freibewitterung



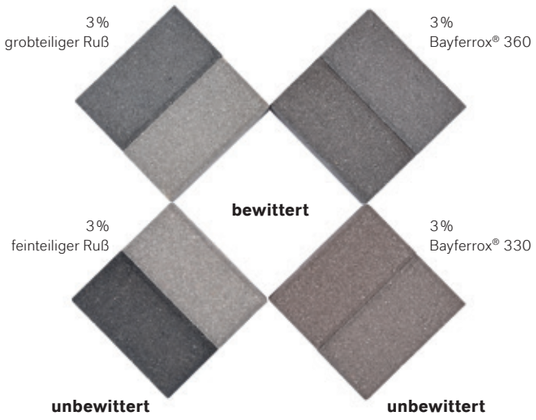
Die Wetterbeständigkeit der Pigmente

Werden wetterstabile Pigmente, wie Bayferrox®- und Chromoxidgrün-Pigmente, also oxidische Pigmente, zur Baustoffeinfärbung eingesetzt, ist eine dauerhafte Einfärbung zu erwarten. Diese Aussage stützt sich auf Erfahrungen aus mehr als einem Vierteljahrhundert systematischer Untersuchungen zu Stabilitätsfragen pigmentierter Baustoffe. Bei diesen Untersuchungen zu verschiedenen Fragestellungen zeigte sich auch, dass erst unsere Freibewitterungstests fundierte Aussagen zur Wetterstabilität von Pigmenten in Baustoffen erlauben.

Dass sich die Farbänderungen bei eingefärbten Baustoffen in relativ engen Grenzen halten, wird deutlich, wenn man die oben stehende Abbildung betrachtet. Im Vergleich zur unbewitterten Probe im Vordergrund zeigen 25 Jahre dem Wetter ausgesetzte Betonmauersteine kaum Veränderungen, sieht man von leichten Verschmutzungen auf der Oberfläche ab.

Je nach Wahl des Pigments kann sich jedoch in Hinblick auf die Langzeitwetterstabilität ein vollkommen anderes Bild bieten. Als Beispiel hierfür gilt, dass bei Betonpflastersteinen, die im Seeklima bewittert wurden, bereits nach relativ kurzer Bewitterungsdauer mit Ruß pigmentierte Steine verblassen und allein die auf Basis von Eisenoxidschwarz gefärbten Steine die gewünschte Farbstabilität aufwiesen. Auf diese Weise konnte belegt werden, dass etliche Pigmente (z. B. Ruße oder verschiedene organische Pigmente) nicht ausreichend wetterstabil sind (Abb. 19).

Abb. 19: Wetterstabilität von Schwarzpigmenten



BETONTECHNOLOGISCHE EIGENSCHAFTEN DES FARBIGEN BETONS

Normen

Die Anforderungen an Pigmente für die Einfärbung von Baustoffen sind in Normen festgelegt. Im europäischen Raum ist der Einsatz von Pigmenten durch die EN 12 878 „Pigmente zur Einfärbung von zement- und kalkgebundenen Baustoffen“ beschrieben. Für die USA gilt die ASTM C 979 „Pigments for integrally colored concrete“.

EN 12 878

Die Konformität wird durch die werkseigene Produktionskontrolle und die daraus folgende Zertifizierung durch eine zugelassene Stelle bestätigt (CE-Prüfzeichen). Diese Stelle („notified body“) erstellt Zertifikate, die die bisherigen Übereinstimmungszertifikate ersetzen.
Durch das CE-Zeichen, das auf den Lieferpapieren ausgewiesen ist, wird die Konformität dokumentiert.
In der EN 12 878 werden für den bewehrten Beton (Kat. B) weitergehende Prüfungen insbesondere in Bezug auf deren Häufigkeit, einem enger gefassten Chloridgehalt und einem geringen Anteil wasserlöslicher Anteile vorgeschrieben. Um den Anforderungen der Norm u. a. auch in Bezug auf die Dokumentation zu entsprechen, werden diese Produkte bei LANXESS als sogenannte Sondereinstellungen separat geführt. Im Prüfzeugnis werden die geforderten Daten zur jeweiligen Charge aufgeführt und der Einsatzzweck deklariert.

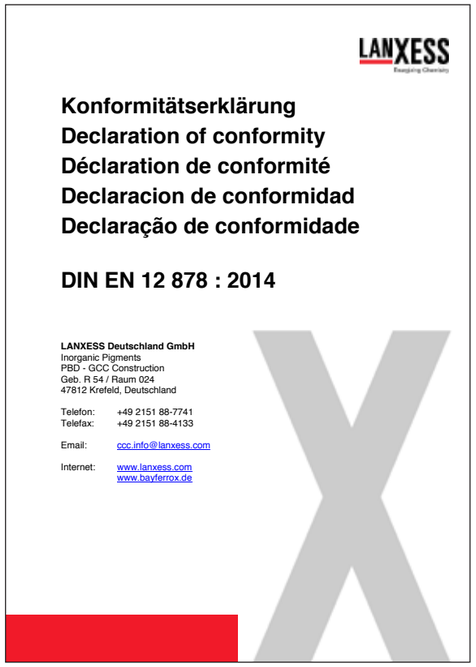
ASTM C 979

In dieser Norm werden Anforderungen an Pigmente für eingefärbten Beton festgelegt.

Fazit:
LANXESS Pigmente erfüllen die in den Normen EN 12 878 und ASTM C 979 gestellten Anforderungen.

Betonfestigkeit und Erstarrungsverhalten des Zementes

In der EN 12 878 sind neben Fragen zur Prüfung der Pigmente Grenzen festgesetzt, inwieweit Pigmente Einfluss auf das Erstarrungsverhalten des Zementes sowie auf die Betonfestigkeit nehmen dürfen.



LANXESS
Energizing Chemistry

Konformitätserklärung
Declaration of conformity
Déclaration de conformité
Declaracion de conformidad
Declaração de conformidade

DIN EN 12 878 : 2014

LANXESS Deutschland GmbH
Inorganic Pigments
PBD - GCC Construction
Geb. R 54 / Raum 024
47812 Krefeld, Deutschland

Telefon: +49 2151 88-7741
Telefax: +49 2151 88-4133

Email: ccc.info@lanxess.com

Internet: www.lanxess.com
www.bayferrox.de

vdz.

Certificate of conformity
of the factory production control

0840-CPR-7829-090005-06

In compliance with Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 (Construction Products Regulation), this certificate applies to the construction product

Eisenoxidrot Bayferrox
EN 12878 – Pulverpigment
CAS-Nr. 1309-37-1)

produced by **LANXESS Deutschland GmbH**
Inorganic Pigments
Rheinuferstraße 7-9
47829 Krefeld.

This certificate was issued by the notified certification body

Forschungsinstitut der
Zementindustrie GmbH

and attests that all provisions concerning the assessment and verification of constancy of performance described in Annex ZA of the standard

EN 12878 : 2014

under system 2+ are applied and that the factory production control fulfils all the prescribed requirements.

This certificate was first issued on 25.08.2006. It is valid until 31 January 2016, however, to a maximum as long as the test methods and/or factory production control requirements included in the harmonised standard, used to assess the performance of the declared characteristics, do not change, and the product, and the manufacturing conditions in the plant are not modified significantly.

Düsseldorf, 15.01.2015

Dr. Silvan Baetzner
Head of the Certification Body

Forschungsinstitut der Zementindustrie · Tannenstrasse 2 · 40476 Duesseldorf · Phone: +49-211-45 78-1 · qsa@vdz-online.de · www.vdz-online.de

Die Betonkonsistenz

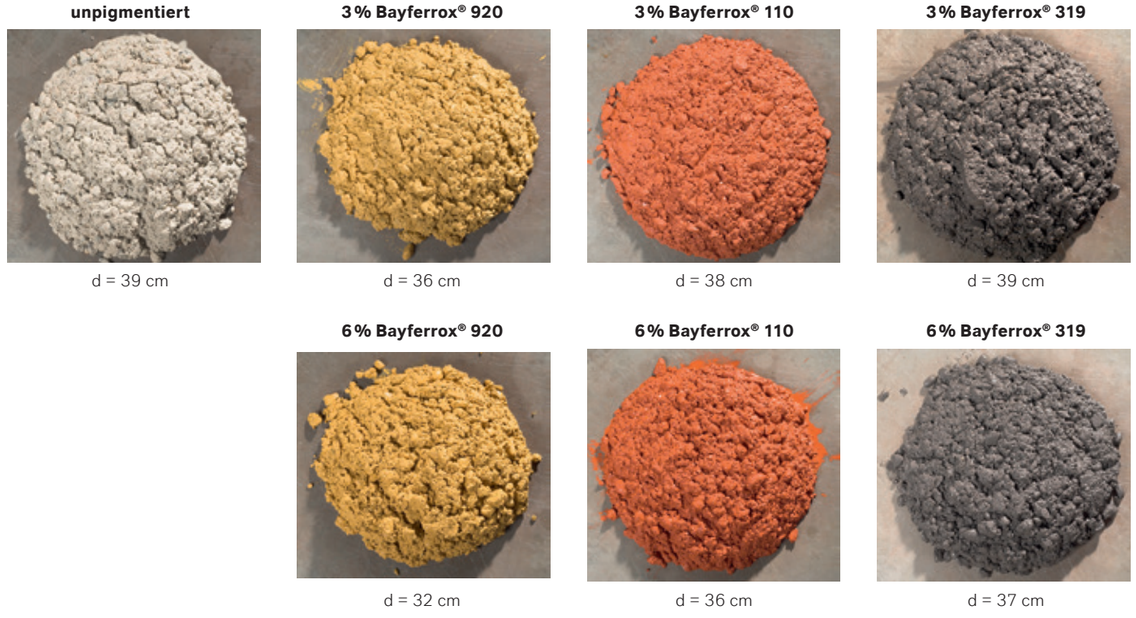
Pigmente sind sehr feinteilige Produkte. Genaue Angaben zur durchschnittlichen Teilchengröße, die je nach Typ sehr unterschiedlich sein kann, finden sich in der Baustoff-Farbkarte. Als Richtlinie dient hier die Angabe, dass Pigmente etwa 10- bis 20mal feiner als Zement sind. In diesem Zusammenhang stellt sich dem Pigmentverarbeiter die Frage, ob der Zusatz eines solch feinteiligen Produktes nicht einen Einfluss auf den Wasseranspruch des Betons ausübt.

Für die Bayferrox®-Pigmente gilt, dass bei Zugabemengen sowohl von Bayferrox®-Schwarz als auch Rot, wie sie in der Praxis üblich sind, in dieser Hinsicht praktisch kein Einfluss zu erkennen ist. Eisenoxidgelbpigmente unterscheiden sich von den zuvor genannten schwarzen bzw. roten Eisenoxiden dadurch, dass sie im Gegensatz zu diesen eine nadelförmige Struktur besitzen und deshalb an der Oberfläche mehr Wasser adsorbieren können. Dieser Effekt kommt allerdings erst bei Pigmentierungen oberhalb von etwa 4 – 5 % zum Tragen. Bei Verwendung farbstarker Pigmente, wie den Bayferrox®-Gelbtypen, wird in der Regel dieser Wert nicht überschritten, so dass die erhöhte Wasseradsorption der Gelbpigmente für den Betonhersteller nur von begrenztem Interesse ist.

Werden dem Beton allerdings größere Mengen an Eisenoxidgelbpigmenten zugesetzt, so führt das an der Pigmentoberfläche gebundene Wasser zu einer erkennbaren Reduzierung des effektiven Wasser/Zement-Wertes und damit verbunden zu Veränderungen in der Betonkonsistenz. Im Vergleich zum unpigmentierten Beton ist also zur Erzielung des gleichen Ausbreitmaßes der Wasserzusatz zu erhöhen, was jedoch einen negativen Einfluss auf die Betonfestigkeit ausüben kann.

Abb. 20: Slump-Test Vergleich unpigmentierter : pigmentierter Ortbeton

Ausbreitmaß (Wasser/Zement-Wert 0,56)



QUALITÄT UND MEHRWERT

Bei näherer Betrachtung wird schnell deutlich, dass Beton- und Pigmenttechnologie grundverschiedene technische Disziplinen sind. Falls der Betonhersteller ein Labor betreibt, beschränkt sich dieses im Regelfall auf betontechnologische Untersuchungen und auf die Entwicklung von Betonrezepturen. Ein solches Labor ist jedoch auf Fragestellungen im Zusammenhang mit der Einfärbung, wie beispielsweise der Aufgabe, Beton in einem ganz bestimmten Farbton einzufärben, nicht eingerichtet. Auch Rationalisierungsfragen hinsichtlich der Anzahl der Pigmente, die für das Farbprogramm des Betonherstellers notwendig sind, oder Fragen im Zusammenhang mit der Farbkonstanz der Baustoffe können in einem solchen Labor im Allgemeinen nicht bearbeitet werden.

Hier sind die Spezialisten des Pigmentherstellers gefragt: Das Global Competence Center Construction bei LANXESS Inorganic Pigments bietet den Kunden umfassenden globalen anwendungstechnischen Service, der nicht nur die Durchführung von Farbnachstellungen unter realistischen Bedingungen umfasst, sondern auch alle Themen im Zusammenhang mit dem Einsatz der Farbpigmente sowie auch Fragen zur Misch- und Dosiertechnik abdeckt.

Auf diese Weise kann LANXESS den Kunden helfen, die Qualität des hergestellten Endprodukts entscheidend zu verbessern.

Rathaus Middelburg in den Niederlanden, pigmentiert mit Bayferrox® 330

LANXESS
Energizing Chemistry

LANXESS Deutschland GmbH
Business Unit Inorganic Pigments
Rheinuferstraße 7-9
47829 Krefeld
Deutschland
Tel. +49 2151 88-7504
Fax +49 2151 88-4133
www.lanxess.de
www.bayferrox.de

Gesundheits- und Sicherheitsinformationen:
Es wurden entsprechende Unterlagen mit Informationen über die Gesundheits- und Sicherheitsmaßnahmen zusammengestellt, die beim Umgang mit den in dieser Broschüre genannten LANXESS Produkten zu beachten sind. Bei hierin aufgeführten Materialien, die keine LANXESS Produkte sind, sind die von den jeweiligen Herstellern empfohlenen Maßnahmen zur betrieblichen Hygiene und andere Sicherheitsmaßnahmen zu beachten. Vor dem Arbeiten mit diesen Produkten müssen Sie die verfügbaren Informationen zu Gefahren, sachgemäßer Anwendung und Handhabung lesen und sich mit ihnen vertraut machen. Dieser Punkt ist von entscheidender Bedeutung. Informationen sind in unterschiedlicher Form verfügbar: z. B. Sicherheitsdatenblätter, Produktinformationen und Produktetiketten. Wenden Sie sich bitte an Ihren LANXESS Vertreter in Deutschland oder die Abteilung Regulatory Affairs and Product Safety von LANXESS Deutschland. Bei Geschäften in den USA kontaktieren Sie bitte das LANXESS Product Safety and Regulatory Affairs Department in Pittsburgh, Pennsylvania.

Informationen zur Regulatory Compliance:
Bei einigen Endverwendungszwecken der in dieser Broschüre aufgeführten Produkte sind einschlägige Vorschriften z. B. von der FDA, BfR, NSF, USDA und CPSC einzuhalten. Haben Sie Fragen bezüglich des Zulassungsstatus dieser Produkte, so wenden Sie sich bitte an Ihren Vertreter bei der LANXESS Deutschland GmbH oder die Abteilung Regulatory Affairs and Product Safety der LANXESS Deutschland GmbH bzw. für Geschäfte in den USA an Ihren Vertreter bei der LANXESS Corporation, den LANXESS Regulatory Affairs Manager in Pittsburgh, Pennsylvania.
Wie und für welche Zwecke Sie unsere Produkte, unsere technische Unterstützung und unsere Informationen (in Wort, Schrift oder durch Produktbewertungen) nutzen, liegt außerhalb unserer Kontrollmöglichkeiten. Gleiches gilt für vorgeschlagene Formulierungen und Empfehlungen. Daher ist es unerlässlich, dass Sie unsere Produkte, unsere technische Unterstützung und unsere Informationen auf ihre Eignung für die beabsichtigten Verfahren und Zwecke prüfen. Diese anwendungsspezifische Analyse muss mindestens Eignungstests in Bezug auf technische sowie Gesundheits-, Sicherheits- und Umweltaspekte umfassen. Derartige Versuche sind nicht unbedingt von uns durchgeführt worden. Soweit nicht anderweitig schriftlich vereinbart, werden alle Produkte ausschließlich gemäß unseren Allgemeinen Verkaufs- und Lieferbedingungen verkauft. Die Bereitstellung von Informationen und die technische Unterstützung erfolgen ohne Garantie (jederzeitige Änderungen vorbehalten). Es wird ausdrücklich vereinbart, dass Sie uns freistellen aus einer eventuellen Haftung, die im Zusammenhang mit der Verwendung unserer Produkte, der technischen Unterstützung und Informationen aufgrund von Verschulden, Vertrag oder aus anderweitigen Gründen entsteht, und diese Haftung selber übernehmen.
Nicht in dieser Broschüre enthaltene Aussagen und Empfehlungen sind unautorisiert und für uns nicht verbindlich. Keinerlei Informationen in dieser Broschüre sind als Empfehlung auszulegen, die Produkte in einer Weise einzusetzen, dass gewerbliche Schutzrechte wie z. B. Patente bezüglich irgendwelcher Materialien oder deren Verwendung verletzt werden. Es wird ferner weder explizit noch implizit eine Lizenz unter gewerblichen Schutzrechten wie z. B. Patenten eingeräumt.

Ausgabe 04/2016

Bayferrox® ist eine eingetragene Marke der Bayer AG, Leverkusen, Deutschland.
Colortherm® ist eine eingetragene Marke der LANXESS Gruppe.