

EINFÄRBUNG VON BETON

VERARBEITUNGSTECHNISCHE HINWEISE

Planern, Architekten und Bauherren stehen heutzutage eine Vielzahl moderner Baustoffe zur Verfügung die nicht nur den technischen Anforderungen gerecht werden, sondern auch ästhetisch ansprechende Lösungen ermöglichen. Ein wichtiges Element für die Gestaltung unseres Lebensraumes ist dabei die Verwendung farbiger Baumaterialien, wie Betondachsteine, Betonpflastersteine etc. Farbige Betonwaren sind seit Jahrzehnten auf dem Markt. Ihre Herstellung unterscheidet sich nur unwesentlich von der Produktion der entsprechenden ungefärbten Teile.

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

Die Rohstoffe bei der Herstellung farbiger Betonwaren

1. Das Pigment

Die Auswahl des Pigmentes ist von entscheidender Bedeutung für die Qualität des Endproduktes. Jahrelange Beobachtung von farbigen Betonwaren, die an verschiedenen Orten unterschiedlichen Klimabedingungen ausgesetzt waren, haben erwiesen, dass anorganische Oxidpigmente besonders gute Echtheitseigenschaften aufweisen.

Anforderungen an Pigmente für die Betoneinfärbung

Die Farbpigmente sollen der aggressiven Beanspruchung durch den stark alkalischen Zementleim standhalten. Sie sollen außerdem lichtecht und wetterstabil sein. Schließlich sollen sie im Anmachwasser unlöslich sein und während der Herstellung fest und unverrückbar in den sich bildenden Zementstein eingebaut werden. Anorganische Pigmente - und unter ihnen insbesondere die Oxidpigmente - eignen sich hierfür besonders gut.

Die von der Bayer AG angebotenen Bayferrox®- und Chromoxidgrün-Pigmente erfüllen diese Anforderungen und bieten damit

"Qualität fürs Leben".

Moderne Produktionsanlagen sowie das seit langem praktizierte Qualitätsmanagement haben Maßstäbe für die Verarbeitbarkeit anorganischer Pigmente in Beton gesetzt.

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 :	Gelbrot bis Blaurot
Gelb:	Grüngelb bis Rotgelb
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.

Glänzende, brillante Farbtöne, wie sie z. B. im Kunststoff- und Lackbereich möglich sind, lassen sich in Baustoffen aufgrund der Zusammensetzung und Struktur des Werkstoffs Beton nur sehr bedingt einstellen.

Die wichtigsten Oxidpigmente

Farbe	Name	Bayer-Pigment
Schwarz	Eisenoxidschwarz	Bayferrox-Schwarz
Rot	Eisenoxidrot	Bayferrox-Rot
Gelb	Eisenoxidgelb	Bayferrox-Gelb
Braun	Eisenoxidbraun	Bayferrox-Braun
Grün	Chromoxidgrün	Chromoxidgrün

Bestimmung der relativen Farbstärke von Bayferrox-Pigmenten

Die EN 12 878 ist die Grundlage für die Untersuchung der Bayferrox-Pigmente bezüglich der relativen Farbstärke. Dabei wird eine trockene Mischung aus dem zu prüfenden Pigment und Schwerspat mit der aus dem entsprechenden Bayferrox-Standard und Schwerspat verglichen. Unterschiede in der Farbstärke zwischen Bezugs- und Prüfpigment werden durch Variation der Einwaage des Bezuges angeglichen. Die rel. Farbstärke berechnet sich dann wie folgt:

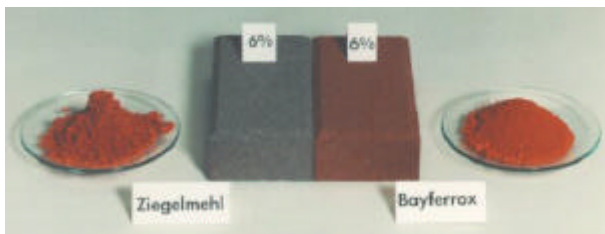
$$\text{relative Farbstärke} = \frac{\text{Gewichtsteile Bezugspigment}}{\text{Gewichtsteile Prüfpigment}} \cdot 100 \%$$

Mustermengen der zur Produktionskontrolle eingesetzten Standardpigmente werden den Kunden auf Wunsch zur Verfügung gestellt. Somit ist sichergestellt, dass eine den Qualitätsnormen entsprechende Eingangskontrolle der Pigmente möglich ist.

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:

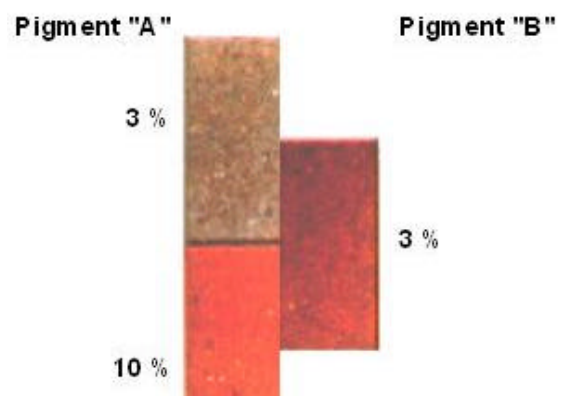
Die nachstehende Abbildung zeigt zwei rote Pulver: Ziegelmehl auf der linken sowie ein Bayferrox-Rotpigment auf der rechten Seite. Erst bei der Betoneinfärbung oder der Prüfung im Labor zeigt sich der Farbstärkeunterschied zwischen beiden Mustern.



Die zuvor angesprochene Laborprüfung erfolgt durch Mischung einer festgelegten Menge Pigment mit einer definierten Menge Schwerspat entsprechend der EN 12 878. Sie ist Basis der in der Produktspezifikation für Bayferrox-Pigmente genannten Farbstärketeranzen.

Kehren wir zur Praxis im Betonwerk zurück: Angeboten wird ein Eisenoxidrotpigment "A". Zur Erzielung eines bestimmten Farbtones ist eine Pigmentierungshöhe von 10 % dieses Pigmentes erforderlich.

Vergleich farbschwaches : farbstarkes Pigment



Wie die hier abgebildeten Betonpflastersteine zeigen, ist es jedoch ebenso möglich, den angestrebten Farbton durch Zugabe von 3 % des Rotpigmentes "B" zu erzielen.

Fazit: Selbst wenn Pigment "A" billiger angeboten wird, ist es durchaus nicht immer das wirtschaftlichere!

Wie werden die Pigmente angeliefert?

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. Aufgrund der o. g. Gründe ist der Bezug fertiger Pigmentsuspensionen lediglich in begrenztem Umkreis um das Lieferwerk sinnvoll.

Die neueste Entwicklung im Hinblick auf die Lieferform der Pigmente stellen frei fließende, trockene Pigmentzubereitungen dar. Diese wurden speziell für den Einsatz in der Baustoffindustrie entwickelt und erlauben die reibungslose Entleerung von Silos, Säcken und Bulk Bags und machen sowohl Silierung als auch Dosierung zur sauberen Sache dank ihrer staubarmen Beschaffenheit.

Nähere Informationen zu Lieferformen und Verpackung sind auf Anfrage erhältlich.

Pigment und Umwelt

Die Herstellung der Pigmente Bayferrox und Chromoxidgrün bei der Bayer AG erfolgt nach modernen Verfahren unter größtmöglicher Schonung von Umwelt und Ressourcen.

Die genannten Pigmente wirken weder toxisch noch reizend auf Haut oder Schleimhäute. Die Entwicklung von Staub sollte aus grundsätzlichen arbeitshygienischen Erwägungen dennoch vermieden werden.

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

2. Der Einfluss der Zementeigenfarbe auf den Betonfarbton

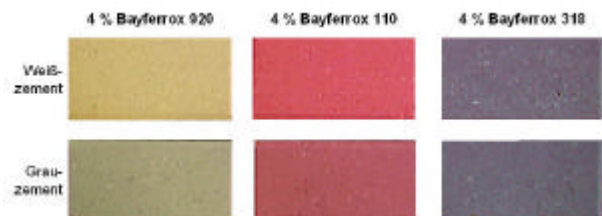
Der Grauschleier macht nicht nur Wäsche unschön. Grau dämpft vielmehr alle Farben, wo immer sie auch auftreten. Darum lässt sich auch Beton, der mit normalem Portlandzement hergestellt wurde, nicht so leuchtend einfärben wie solcher, der Weißzement enthält.

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 Blau

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.

Einfluss der Zementfarbe auf den Betonfarbton



3. Die Zuschläge

Bei der Herstellung farbigen Betons 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).

Einfluss der Zuschlagfarbe auf den Betonfarbton



Einfluss der Mischungszusammensetzung auf den Betonfarbton

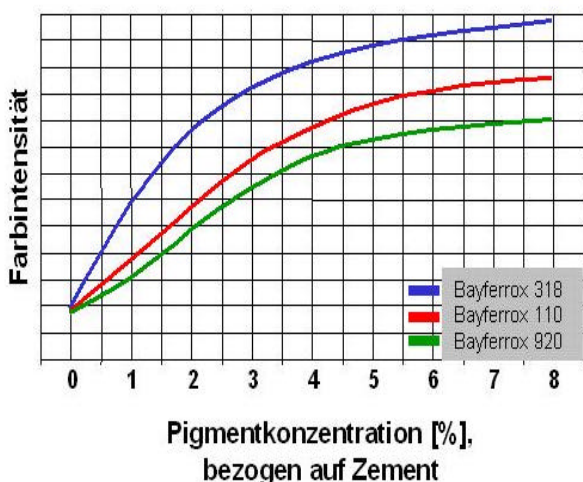
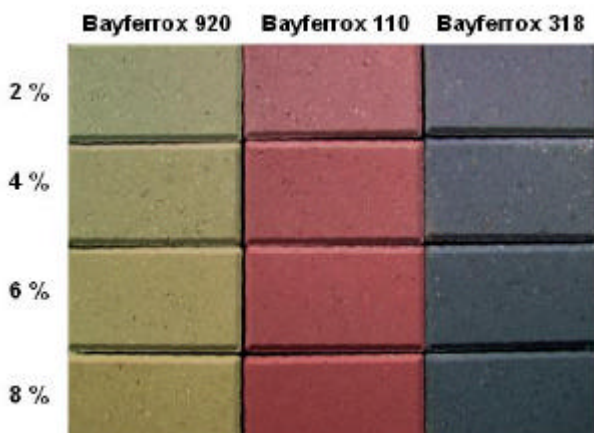
1. Einfluss der Pigmentierungshöhe auf den Farbton

Die Kenntnis der optimalen Pigmentierungshöhe hilft Geld sparen, weil man dadurch sicherstellen kann, nicht mehr Pigment einzusetzen, als unbedingt erforderlich ist.

Gibt man steigende Pigmentmengen zu einer Betonmischung, dann nimmt die Farbtintensität 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 farbstarke Bayferrox-Pigmente Zugabemengen oberhalb von 5 % (bezogen auf die Bindemittelmenge) nicht erforderlich.

Einfluss der Pigmentierungshöhe auf den Betonfarbton



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 Mehlkörnung sich negativ auf die betontechnologischen Eigenschaften des Betons auswirkt.

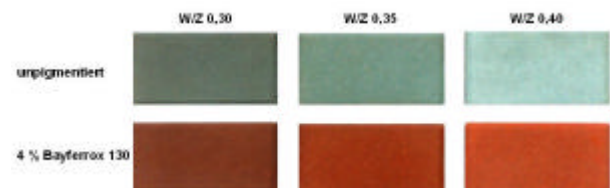
2. Wasser/Zement-Wert und Betonfarbton

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

Einfluss des W/Z-Wertes auf den Betonfarbton



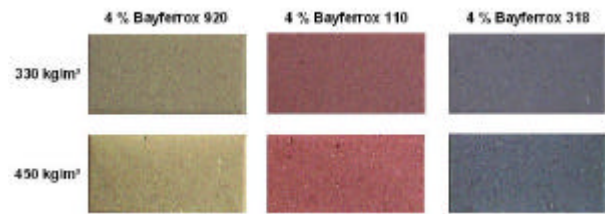
ment-Wert ist desto heller erscheint der Beton. Wie das nachfolgende Foto zeigt, unterliegt grauer Beton ohne Pigmentzusatz diesem Gesetz genauso wie eingefärbter Beton.

Was bedeutet dieser Sachverhalt für die Praxis?

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

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 Farbtenschwankungen, die innerhalb einer Produktionslinie auftreten, eher die Ausnahme. Solche Farbtonunterschiede können andererseits 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.

Einfluss des Zementgehaltes auf den Betonfarbton



3. 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-Stoffmischung 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.

Die Herstellung farbiger Betonwaren

1. 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 zur qualitativ hochwertigen, eingefärbten Ware gehört eine exakte Dosierung der Pigmente in den Baustoff ebenso wie die gleichmäßige und ausreichende Dispergierung/Verteilung.

Dispergierung von Pigmenten

Empfohlene Reihenfolge der Mischerbefüllung:
Zuschläge + Pigment vormischen + Zement + Wasser

Mischdauer bei Verwendung von Zwangsmischern 1,5 bis 2 min

Aufspaltung der Mischzeit:

Sand + Pigment:	etwa 10 - 20 s
Sand + Pigment + Zement:	etwa 15 - 20 s
Sand + Pigment + Zement + Wasser:	etwa 1 - 1,5 min

Jeder Mischer hat eine Mindestmischdauer. Wird diese unterschritten kann auch durch Änderung der Einzelmischdauer oder der Zugabe der Komponenten in den Mischer keine homogene Verteilung des Pigmentes erzielt werden.

Die erforderlichen Mischzeiten sind erheblich von der Leistungsfähigkeit des Betonmischers abhängig. Die zuvor gemachten Angaben betreffend die Mischzeit sind deshalb lediglich als grober Anhaltspunkt zu betrachten.

Im Hinblick auf die Dispergierung der Pigmente hat sich in der Praxis gezeigt, dass die Frage, wann das Pigment in den Mischer gegeben wird, von entscheidender Bedeutung ist. Dabei hat es sich bewährt das Pigment mit dem Zuschlag etwa 15 s vorzumischen, bevor dann der Zement zugegeben wird.

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. Selbstverständlich spielt auch die Mischdauer eine Rolle bei der Frage, ob eine homogene Verteilung des Pigmentes 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.

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. Die nachfolgende Tabelle versucht, in vereinfachter Form die Vorteile (+), die Nachteile (-) und die Gleichwertigkeit (=) der unterschiedlichen Dosiermethoden aufzuzeigen. Neben den offensichtlichen Vorteilen einer automatischen Pigmentzugabe eröffnet sich dem Betonhersteller darüber hinaus die Möglichkeit, weitere Farbtöne selbst einzustellen. Bayferrox-

Vor- und Nachteile unterschiedlicher Dosiermethoden

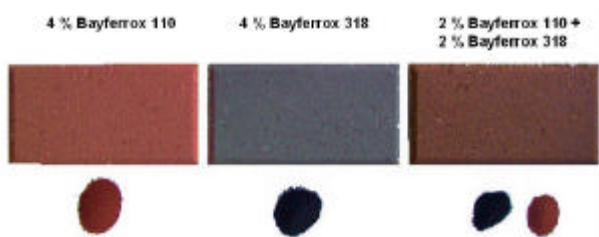
1 = Pulver; 2 = Mikrogranulat; 3 = on site-Slurry; 4 = fertige Slurry

	Trockendosierung		Nassdosierung	
	1	2	3	4
Genauigkeit	=	++	=	=
Platzbedarf	-	++	+	+
Sauberkeit der Anlage	+	++	+	++
Zuschlagstoffe (nasser Sand)	++	++	--	(+)
Kosten				
Investition	--	+	--	(+)
laufende	(+)	(+)	+	--
Farbwechsel	=	=	=	=

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. Hierzu ein Beispiel: Die nachfolgende Abbildung zeigt, wie sich durch Kombination eines Bayferrox-Rotpigmente mit einem Bayferrox-Schwarz ein brauner Farbton einstellen lässt.

Kombination von Bayferrox-Pigmenten

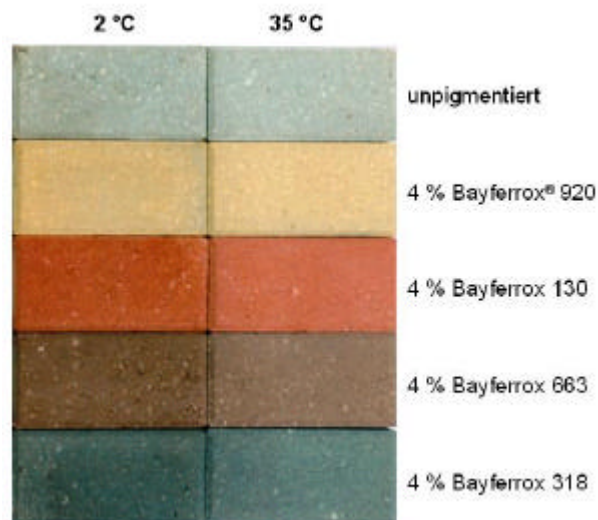


Die heutige Betonmischtechnik gestattet die gleichzeitige Zugabe mehrerer Einzelpigmente direkt in den Betonmischer. Eine Vormischung der Pigmente miteinander ist nicht erforderlich.

2. Einfluss der Härtingsbedingungen 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 Beton verglichen wird, der bei normaler Raumtemperatur gehärtet wurde.

Einfluss der Härtungstemperatur



Das Bewitterungsverhalten des eingefärbten Betons

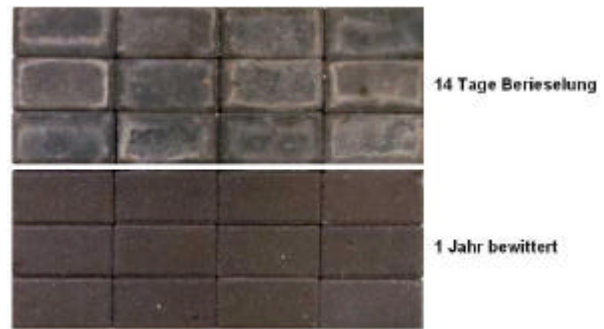
Der römische Aquädukt, der Köln vor 2000 Jahren mit Wasser aus der Eifel versorgte, war mit Trass-Zement gebaut. Hätte man diesen antiken "Beton" bereits mit natürlichen Eisenoxiden, die damals durchaus schon bekannt waren, gefärbt, die Wasserleitung, die teilweise noch besichtigt werden kann, wäre heute 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 Zuschlages) Charakter aufweisen .

1. 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 erst einmal festzuhalten, dass weder Bayferrox- noch Chromoxidgrün-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.

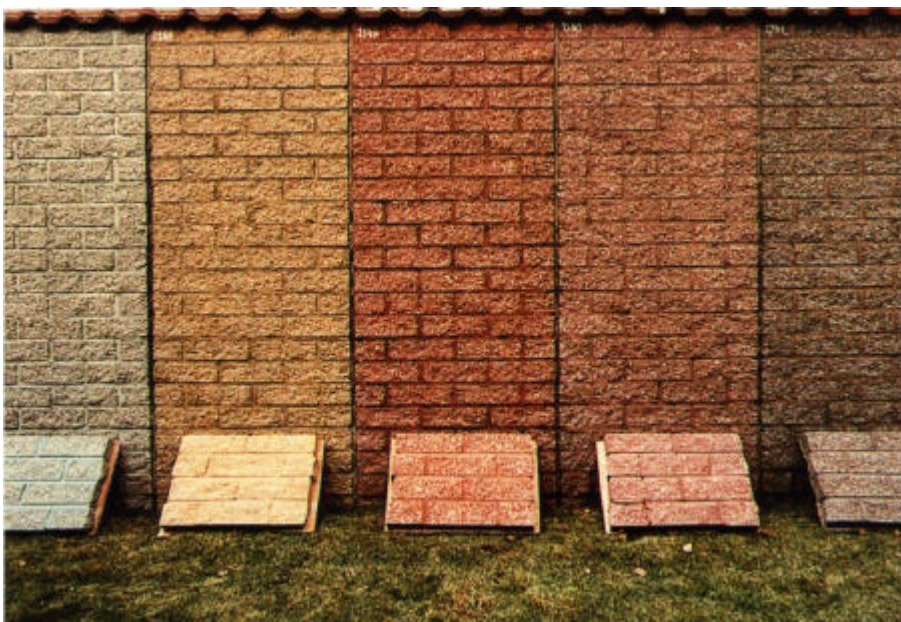
Kalkausblühungen entstehen dadurch, dass beim Abbinden des Zementes freier Kalk gebildet wird, der bereits im Anmachwasser (Primärausblühungen) oder im Fremdwasser

Abwitterung von Ausblühungen



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. 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 "Kalkausblühungen auf Beton" ist von der Bayer AG ein Sonderdruck herausgegeben worden, der den Kunden auf Anfrage zur Verfügung steht.



2. 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 sog. Schlammeschicht (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 vorstehende Abbildung betrachtet. Im Vergleich zur unbewitterten Probe im Vordergrund zeigen 25 Jahre dem Wetter auf dem Bewitterungsstand ausgesetzte Betonmauersteine kaum Veränderungen, sieht man von leichten Verschmutzungen auf der Oberfläche ab.

3. 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.

Betontechnologische Eigenschaften des farbigen Betons

1. Betonfestigkeit und Erstarrungsverhalten des Zementes

In der EN 12 878, die auch als Arbeitsgrundlage für eine zukünftige Europeanorm dient, sind die Anforderungen an Pigmente zum Einfärben von zement- und kalkgebundenen Baustoffen definiert. Neben Fragen zur Prüfung der Pigmente etc. sind in der Norm Grenzen festgesetzt, inwieweit Pigmente Einfluss auf das Erstarrungsverhalten des Zementes sowie die Betonfestigkeit nehmen dürfen. Bei entsprechenden Prüfungen eines unabhängigen Prüfinstituts, wie sie bereits seit längerem in regelmäßigen Abständen durchgeführt werden, zeigte sich, dass die Bayferrox-Pigmente die in der Norm gesetzten Grenzwerte einhalten.

2. 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 möge hier die Angabe dienen, 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 von Bayferrox-Rot und -Schwarz, 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.

Ausbreitmaß (W/Z-Wert 0,56)



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 andererseits jedoch einen negativen Einfluss auf die Betonfestigkeit ausüben kann.

Grundprüfung für Pigmente
nach DIN EN 12878

Tagebuch-Nr.
474/11

Pigment:	Schwarzpigment		
Bezeichnung durch Hersteller - Einlieferer:	Bayferrox 318		
Eingeliefert von:	Bayer AG, Werk Uerdingen	Eingang am:	15.11.2001

Leim/Mörtel (CEM I 42,5 R)		Ohne Pigment	mit Pigment*)	Differenz
Erstarren	Beginn	170 min	175 min	+ 5 min
	Ende	200 min	200 min	- 0 min
	Wasseranspruch	28.0 M.-%	29.0 M.-%	-
Raubeständigkeit	(Le Chatelier)	0.5 mm	1.0 mm	-
Druckfestigkeit 28 Tage (in MPa)	Einzelwerte	54.4	55.4	-
		55.8	55.2	
		55.3	55.4	
		53.7	54.6	
		56.1	54.4	
		56.3	55.4	
	Mittelwert	55.3	55.1	- 0.4 %

Mikroskopischer und chemischer Befund			Hauptbestandteile
Wasserlösliche Anteile	0.30	M.-%	Magnetit (Fe ₃ O ₄) Die Überprüfung erfolgte durch Röntgenbeugungsanalyse
Chloridgehalt	0.02	M.-%	
Nitratgehalt	<0.01	M.-%	
Sulfatgehalt als SO ₃ ²⁻	0.06	M.-%	

Anmerkungen

Die Anforderungen an Einzelpigmente bei der Grundprüfung nach DIN EN 12878 wurden erfüllt.

Die Hauptbestandteile des Pigments entsprachen nach Art den Angaben des Pigmentherstellers.

*) Die Pigmentzugabe bei Erstarrungs- und Druckfestigkeitsprüfung betrug 5 % bezogen auf die Zementmenge.

Düsseldorf, den 01.02.2002

Sachbearbeiter

Fischer



Forschungsinstitut der Zementindustrie
Abteilung Qualitätssicherung

U. L. K.