

Effizientes Herstellen von eingefärbten Betonwaren

Hersteller von Pflastersteinen und ähnlichen Baumaterialien wissen alles über Beton, über Zement und Zuschlagstoffe, über Rezeptierung, Festigkeit und Stabilität - aber sie lieben es grau. Farbpigmente sind in einem Betonwerk Fremdkörper, die man besser nicht verwendet, aber ... Ja, aber der Kunde verlangt nach eingefärbten Betonwaren. Aufgrund dessen erwartet der Verwender von Pigmenten den Rat des Pigmentproduzenten zu Fragen der Auswahl geeigneter Pigmente und den Möglichkeiten deren Dosierung. Die folgende Übersicht beschäftigt sich mit den entsprechenden Parametern, um hier zu sinnvollen Entscheidungen zu gelangen.

Wahl der Pigmente für die Betoneinfärbung

Zahlreiche Veröffentlichungen haben sich in der Vergangenheit mit den allgemeinen Basisanforderungen an Pigmente zur Einfärbung von Baustoffen befasst. Ergebnisse aus einigen Jahrzehnten Praxis haben gezeigt, dass die Oxidpigmente des Eisens, Titans, Chroms sowie die Mischphasenpigmente hervorragende Eigenschaften bei der Betoneinfärbung aufweisen. Inzwischen existieren darüber hinaus zahlreiche nationale sowie internationale Normen, aus denen Hinweise auf die richtige Art des Pigmentes entnommen werden können. So sind z. B. in der EN 12 878, "Pigmente zum Einfärben von zement- und/oder kalkgebundenen Baustoffen - Anforderungen und Prüfverfahren" (die im Übrigen auch Arbeitsgrundlage eines europäischen Standards ist), die Anforderungen an Pigmente für die Betoneinfärbung festgelegt. Pigmente, für die der Hersteller die Eignung in Übereinstimmung mit diesen Normen garantiert, sind mit Sicherheit eine gute Wahl. Solche Produkte sind unlöslich in Wasser und in Alkalien des Zementes und beeinflussen weder die Betonfestigkeit noch das Erstarren des Zementes, sind wetterstabil und weisen höchste Konstanz die Grundanforderungen an Pigmente zur Betoneinfärbung.

Dies ist allerdings nur ein Aspekt; die nächste Entscheidung, die zu treffen ist, betrifft die Lieferform des Pigmentes. Heutzutage stehen neben den traditionellen Lieferformen als Pulverpigment auch flüssige Pigmentzubereitungen (wässrige Slurrys) sowie Pigmentgranulate zur Verfügung. Eine Entscheidung für eine bestimmte Lieferform ist normalerweise auch eine Entscheidung für eine bestimmte Form der Pigmentdosierung - ein grundlegender Punkt, der im Detail zu diskutieren ist.

Bis jetzt spielte eine definierte Farbe noch keine Rolle in unseren Überlegungen. Dies wird der Hauptpunkt in späteren Abschnitten sein. Doch zuvor sollten wir uns damit befassen, den Stand der Dinge bei der Pigmentdosierung darzustellen, um das Beste aus diesem "Fremdkörper Pigment" in einem Betonwerk zu machen.

Überlegungen zur Dosierung

Häufig - wenn über Pigmentdosierung in der Bauindustrie gesprochen wird - kommt die Frage nach vollautomatischer Dosierung auf. Aber zahlreiche Hersteller von Betonwaren, die einen geringen Bedarf an eingefärbten Produkten haben, dosieren ihre Pigmente mit gutem Ergebnis seit Jahren von Hand. Dabei wird das Pigment in Gefäße verworfen und von Hand in den Betonmischer gegeben. Angenommen, der jährliche Pigmentbedarf beträgt 20 t, die in einer Steinfertigungsanlage mit einem 0,5-m³-Mischer mit etwa 1000 kg Frischbetoninhalt verarbeitet werden, so kann von etwa 20 Dosiervorgängen pro Tag ausgegangen werden. In einem solchen Fall ist die Investition in eine automatische Dosieranlage natürlich nicht zweckmäßig. Doch selbst in diesem Fall brächte der Wechsel vom Pulverpigment zum Pigmentgranulat den Vorteil der einfacheren Handhabung während der Verwiegung und würde darüber hinaus die arbeitshygienischen Bedingungen durch die Verringerung der Staubbelastung in allen Produktionsschritten verbessern.

Anders stellt sich die Situation in einem Betonwerk mit einem jährlichen Pigmentbedarf von ca. 200 t dar. Hier sind normalerweise Mischer von mind. 1 m³ Größe installiert, die pro Mischzyklus etwa 2,3 t Frischbeton herstellen. Unter solchen Voraussetzungen kann man ca. 100 Dosiervorgänge pro Tag von ca. 10 kg erwarten - genug, um die Installation einer effizienten Dosieranlage zu erwägen und nach der günstigsten Lieferform zu suchen.

Der Spezialfall: Dosierung und Herstellung von Slurrys

Obwohl Eisenoxidpigment "als Pulver entwickelt wurde" und deshalb mit der Dosierung von Pulvern die längsten Erfahrungen vorliegen, sollten wir unsere Übersicht mit einem Abstecher zur Dosierung von Slurrys beginnen, da diese Methode in den meisten Fällen mit der Selbstherstellung dieser wässrigen Suspension kombiniert wird. Bei einem Blick auf die Liste der Bayferrox[®]-Flüssigpigmente in Tabelle 1 wird deutlich, dass solche Flüssigfarben etwa 50 % Wasser enthalten. Ein Bezug vom Hersteller ist deshalb nur in begrenztem Umkreis

Typ	Farbe	Feststoffgehalt DIN ISO 787 Teil 2 [%]		Dichte [g/ml]		pH-Wert DIN ISO 787 Teil 9		Viskosität Brookfield 20 °C, Nr. 4, 100 U/min [mPa·s]	
		min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
		Bayferrox® 110 flüssig	Rot	65	70	2,0	2,3	7	10
Bayferrox® 120 flüssig	65	70		2,0	2,3	7	10	700	1500
Bayferrox® 130 flüssig	65	70		2,0	2,3	7	10	700	1500
Bayferrox® 350 flüssig	Schwarz	50	55	1,5	1,7	7	10	800	1300
Bayferrox® 686 flüssig	Braun	54	61	1,7	2,0	7	10	800	1300
Bayferrox® 920 flüssig	Gelb	37	42	1,2	1,5	7	10	400	800

Tab. 1: Technische Daten der Bayferrox Flüssig-Typen

um das Herstellerwerk sinnvoll, um die Frachtkosten in vernünftigem Rahmen zu halten. In allen anderen Fällen ist es besser, die wässrigen Pigmentpräparationen selbst herzustellen. Bei einem hohen täglichen Pigmentdurchsatz im Betonwerk kann man im Fall von Rot- und Schwarzslurrys an eine einfache 2-Komponenten-Mischung aus Wasser und Pigment denken. Mit einem Hochgeschwindigkeitsrührer wird das Pigment in Wasser eingerührt, um einen 40- bis 50-%igen Feststoffgehalt zu erzielen. Dabei wird lediglich der pH-Wert im geeigneten alkalischen Bereich eingestellt. Im Fall der Eisenoxidgelbpigmente führen die nadelförmigen Teilchen zu einem relativ hohen Wasserbedarf, was lediglich zu Feststoffgehalten von max. 20 % führt; wodurch mit dem Pigment zuviel Wasser in den Beton eingeleitet wird. Darüber hinaus sind bei solchen unstabilierten Slurrys einige Vorsichtsmaßnahmen zu treffen: Die Slurrys sind durch ununterbrochenes Rühren zu homogenisieren, und alle Kessel, Leitungen und Ventile müssen schon bei kurzem Stillstand gereinigt werden. Wenn die limitierte Farbpalette und die vorher angeführten Einschränkungen akzeptiert werden können, bietet diese Methode eine Möglichkeit der kostengünstigen Herstellung von pumpbaren, staubfreien Präparationen.

Die günstigere Methode ist natürlich die Herstellung von stabilisierten Pigmentslurrys unter Verwendung von Netzmitteln, pH-Regulatoren und Antiabsetzmitteln. Die in Tabelle 2 aufgeführten, geeigneten Formulierungen für die Palette der Bayferrox®-Pigmente zeigt, dass unter diesen Umständen auch hochkonzentrierte Gelbslurrys produziert werden können, deren Wassergehalt gering genug ist, um den angestrebten Wasser/Zement-Wert des Betons zu erreichen. Werden diese Suspensionen im Lagerkessel in Intervallen gerührt, so sind sie zumindest für einige Wochen stabil.

Unabhängig davon, wie die Slurrys produziert wurden, bieten sie im Betonwerk im Hinblick auf die Dosierung eine Vielzahl von Möglichkeiten. Die Pigmentzugabe ist damit eine einfache und saubere Sache. Im Fall, dass eine neue Dosieranlage in ein existierendes Betonwerk installiert werden soll, treten oft Platzprobleme auf; häufig ist nicht genug Platz oberhalb des Betonmischers, z. B. für eine Pulveranlage. Da Slurrys über lange Wege hinweg pumpbar sind, können sie hier die Lösung darstellen. Mit diesen homogenen Präparationen, die eine definierte Dichte aufweisen, sind beide Formen der Dosierung möglich (sowohl volumetrisch als auch gravimetrisch), wofür die entsprechende maschinelle Umsetzung von einer Reihe verlässlicher Ingenieurfirmen angeboten wird.

Tab. 2: Rezepturvorschläge zur Herstellung von Bayferrox-Slurrys

2.1 Slurrys für den direkten Einsatz (Lagerstabilität 1 Tag)

	B a y f e r r o x ®			
	110	130	330	920
Wasser	1220 kg	1000 kg	1497 kg	4550 kg
NaOH (50 % in Wasser)	4,4 kg	4 kg	5 kg	8 kg
Pigment	1000 kg	1000 kg	1000 kg	1000 kg
Feststoffgehalt	45 %	50 %	40 %	18 %

2.2 Stabilisierte Slurrys (Lagerstabilität 8 – 10 Wochen)

	B a y f e r r o x ®			
	110	130	330	920
Wasser	526 kg	526 kg	1211 kg	1490 kg
Netzmittel (40 % in Wasser)	15,4 kg	15,4 kg	11,1 kg	6 kg
NaOH (50 % in Wasser)	3,1 kg	3,1 kg	4,4 kg	4 kg
Pigment	1000 kg	1000 kg	1000 kg	1000 kg
Verdickungsmittel/ Stabilisator	3,1 kg	3,1 kg	4,4 kg	4 kg
Konservierer	3,1 kg	3,1 kg	4,4 kg	4 kg
Feststoffgehalt	65 %	65 %	45 %	40 %

Trotz all dieser genannten Vorteile sollte man einige Einschränkungen nicht vergessen. Auch mit hochkonzentrierten, stabilisierten Suspensionen wird bei jedem Dosiervorgang zusätzliches Wasser zum Beton hinzugegeben. Besonders dann, wenn auch die Zuschlagstoffe Wasser enthalten (z. B. nasser Sand), sind einige Bereiche des Wasser/Zement-Wertes nicht zu erzielen. Nehmen wir als Beispiel einen Beton mit 100 kg Zement und einem Mischungsverhältnis Zuschlag : Zement 6 : 1. Wenn die Zuschlagstoffe 5 % Feuchtigkeit enthalten (ein Wert, wie er oft in der Praxis gefunden wird), so werden allein durch diesen Gehalt 30 kg Wasser in den Beton eingearbeitet, was zu einem Wasser/Zement-Wert von 0,3 führt. Wenn wir nun 3 % Pigment (bezogen auf Zement) in Form einer Slurry mit einem Feststoffgehalt von 40 % zugeben, bringen wir weitere 4,5 kg Wasser in den Beton hinein, was nun zu einem Wasser/Zement-Wert von 0,35 führt. Dies ist der niedrigst mögliche Wasser/Zement-Wert, während im Fall von Pulverpigment ein Wasser/Zement-Wert von 0,3 eingestellt werden kann.

Was für die nicht stabilisierte Pigmentsuspension gesagt wurde, gilt - wenn auch in weniger nachteiligem Sinne - auch für die stabilisierte. Bei einem längeren Stillstand sollten die Förderleitungen mit Wasser gespült werden, um ein Absetzen des Pigmentes in den Leitungen und Verkrustungen der Ventile zu vermeiden. Wenn diese Sicherheitsmaßnahmen getroffen werden und die vorab genannten Einschränkungen akzeptiert werden können, wird der Verwender der Flüssigfarben zu der großen Anzahl zufriedener Kunden gehören.



Bild 1: Silos für Pulverpigmente mit steilem Auslauftrichter (im Einsatz mit Granulaten)

Automatische Dosierung von Pigmenten in Pulver- und Granulatform

Die längsten Erfahrungen in bezug auf Handhabung und Dosierung existieren auf Pulverpigmenten. Diese Materialien sind chemisch und physikalisch so aufgebaut, dass sie feine Partikel im µm-Bereich bilden, d. h. bis zu 100mal kleiner sind als die ohnehin schon feinen Teilchen des Zementes. Diese feinen Partikel sind absolut notwendig, um die angestrebten Farben und die hohe Farbstärke

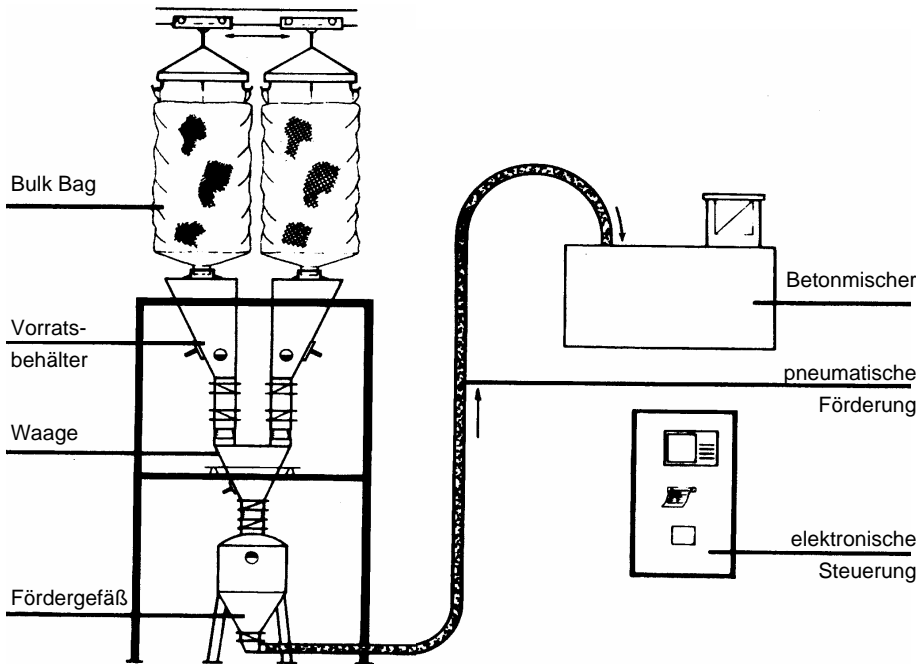
Mischungen aus rel. Farb stärke [%]	Bayferrox		Pigmentierung 3,6 %		Pigmentierung 2,0 %	
	420	110	ΔE*	rel. Farb stärke [%]	ΔE*	rel. Farb stärke [%]
100	X	X	0,0	100	0,0	100
95	X	X	0,2	101	0,5	101
105	X	X	0,6	103	0,7	106
95 100 105		X	0,3	100	0,5	99
95 100 105	X		0,5	102	0,6	105

Tab. 3: Farbtonschwankungen einer Pigmentmischung aus 64 % Bayferrox® 420 und 36 % Bayferrox® 110 bei verschiedenen Farbstärken

Mischungen aus rel. Farb stärke [%]	Bayferrox		Pigmentierung 3,6 %		Pigmentierung 2,0 %	
	320	110	ΔE*	rel. Farb stärke [%]	ΔE*	rel. Farb stärke [%]
100	X	X	0,0	100	0,0	100
95	X	X	0,3	98	0,1	101
105	X	X	0,2	101	0,4	103
95 100 105		X	0,3	98	0,4	98
95 100 105	X		0,5	102	0,4	100

Tab. 4: Farbtonschwankungen einer Pigmentmischung aus 55 % Bayferrox® 320 und 45 % Bayferrox® 110 bei verschiedenen Farbstärken

Bild 2: Schematische Darstellung einer pneumatischen Dosieranlage



zu erzielen. Solche feinen Pulver haben hohe spezifische Oberflächen, was zu Klumpenbildung, zur Krustenbildung an den Wänden von Silos und Zuleitungen sowie zur Brückenbildung in Silos führen kann. Darüber hinaus führt dieses Verhalten der Pulver ebenso zu Schüttdichten, die im Wesentlichen von der Historie des Materials abhängen: Die Schüttdichte ist direkt nach der Produktion und Mahlung gering, steigt allerdings durch die Vibration während des Transportes, der Förderung und der Lagerung an. Dies führt zu dem Schluss, dass eine volumetrische Dosierung auf keinen Fall möglich ist, sondern nur die gravimetrische Dosierung zu ausreichender Genauigkeit führt.

In der Praxis der Pflastersteinherstellung arbeitet die überwältigende Mehrheit beim Einsatz automatischer Dosieranlagen mit Pulvern. Eine große Anzahl von Ingenieurfirmen in vielen Ländern hat geeignete Maschinen entwickelt, um die Probleme der Verwiegung und des Transportes von feinen Pigmenten zu lösen: Trotzdem ist es schwierig, Pulver aufwärts zu fördern. Das ungünstige Fließverhalten von Pulvern machte es darüber hinaus unmöglich, Silos mit einem flachen Bodenwinkel zu konstruieren; der Winkel sollte nicht kleiner als 60° zur Horizontalen sein. Um einen gleichmäßigen Fluss des Pulverpigmentes zu garantieren, sollte der Auslauf des Silos während der Pigmententnahme gerüttelt werden, aber - das ist wichtig - nicht ständig. Ständige Vibration würde nämlich zu Verdichtungen im Auslass des Silos führen. Die eigentliche Dosierung in eine automatische Waage wird normalerweise mit einer Förderschnecke durchgeführt, in der der Produktfluss zusätzlich durch eine Spirale, die Klumpen zerteilt, verbessert wird. Bei der Abstimmung der Pigmentdosiervorgänge auf den Mischvorgang des Betons ist das Prinzip der automatischen Dosierung zu berücksichtigen: Mit hoher Geschwindigkeit wird der Hauptanteil der Pigmentmenge in den Wägebehälter transportiert (Grobdosierung), um dann mit geringer Geschwindigkeit, aber hoher Genauigkeit

den kleinen Rest zu der vorherigen Menge zuzugeben. Wenn z. B. drei Farben in eine Formulierung verwogen werden sollen, muss die vom Hersteller der Dosieranlage vorgegebene Wäge-/Dosierzeit mit in die Planung eingezogen werden.

Darüber hinaus ist zu entscheiden, an welcher Stelle die verwogene Pigmentmenge zur Betonmischung zugegeben werden soll; zahlreiche Möglichkeiten sind hier inzwischen Stand der Technik. In einigen Anlagen befindet sich die Vorrats- und Verwiegeeinheit relativ nahe über dem Betonmischer, und das verwogene Pigment fällt direkt in die Mischkammer. Platzprobleme machen es oft notwendig, die Dosiereinrichtung etwas abseits zu konstruieren. Ein bewährter Platz ist dabei der hintere Teil des Förderbandes, mit dem der Hauptstrom der anderen Zusatzstoffe in den Aufzugskübel oder direkt in den Mischer transportiert wird. Das Pigment fällt dabei frei in die sich bewegenden Zuschlagstoffe, wobei ein Zusatzteil, konstruiert wie eine Pflugschar, die im Produktstrom angebracht ist, das Pigment mit Zuschlagstoffen bedeckt und so die Staubbelastung verringert.



Bild 3: Bewegliches Wägegefäß, beim Entleeren in einen mit Zuschlägen halbgefüllten Förderkübel

Bei der Dosierung von granulierten Pigmenten wird alles viel einfacher. Pigmentgranulate kombinieren nämlich die Vorteile des Pulvers mit denen der Pigmentlurrys: Wir haben trockenes Material mit 100 % Färbekraft und zusätzlich guten Fließeigenschaften wie eine Flüssigkeit, einfach zu dosieren, nicht zusammenballend, mit der Möglichkeit, das Produkt pneumatisch zu transportieren.

Da Eisenoxidgranulate eine relativ neue Entwicklung darstellen, gibt es mehr Fälle, wo von einer existierenden Pulverdosierung auf Granulate umgestellt wird, als Beispiele, wo eine absolut neue Produktionsanlage geplant wird, die auf die Verwendung von Granulaten maßgeschneidert ist. Deshalb ist es wichtig zu wissen, dass die Umstellung von einer existierenden Pulverdosieranlage auf die Verwendung von Granulaten relativ einfach ist. Beim Übergang von den schwer fließenden Pulvern zu frei fließenden Granulaten ist es möglich, die gleichen Silos zu benutzen, wobei die Rüttler abgeschaltet werden können. Auch das existierende Fördersystem in die automatische Waage kann benutzt werden. Die einzig notwendige Änderung ist, dass die Transportschnecke nach jedem Dosierzyklus verschlossen werden muss (z. B. mit einem pneumatischen Ventil), um die leicht fließenden Granulate am unkontrollierten Auslauf zu hindern. Bild 1 zeigt ein Beispiel: Das Silo mit seinen typischen steilen Wandungen wurde für den Einsatz von Pulvern konstruiert. Für den Wechsel zu Granulaten wurden lediglich die Rüttler entfernt.

Eine weitverbreitete Möglichkeit für die Granulatdosierung ist, eine vorbestimmte Menge - wie vorher beschrieben - zu wiegen und diese dann pneumatische in den Mischer zu transportieren (Bild 2). Unter diesen Bedingungen wird zur Abtrennung des Feststoffs von der Transportluft ein Zyklon und/oder ein Filtersack auf dem Mischer installiert. Da ein solcher Aufbau nicht ganz einfach ist (es wird trockene Druckluft benötigt, größere Mengen der Förderluft müssen vom Festanteil ge-

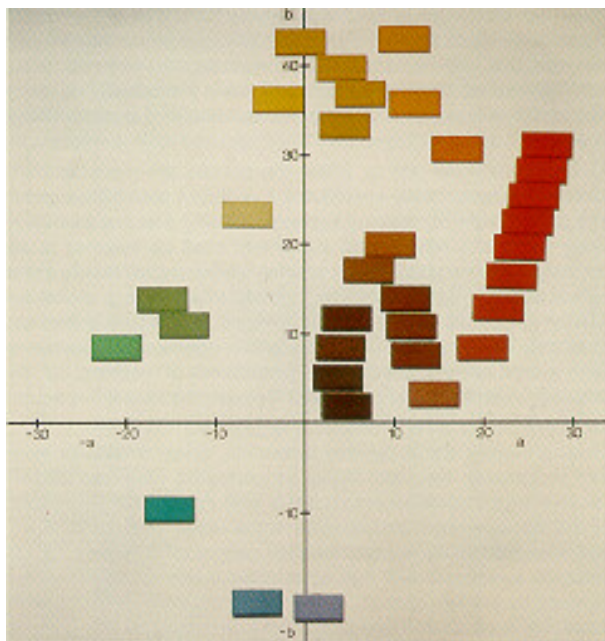


Bild 4: Gesamter Farbraum der Oxidpigmente in Beton

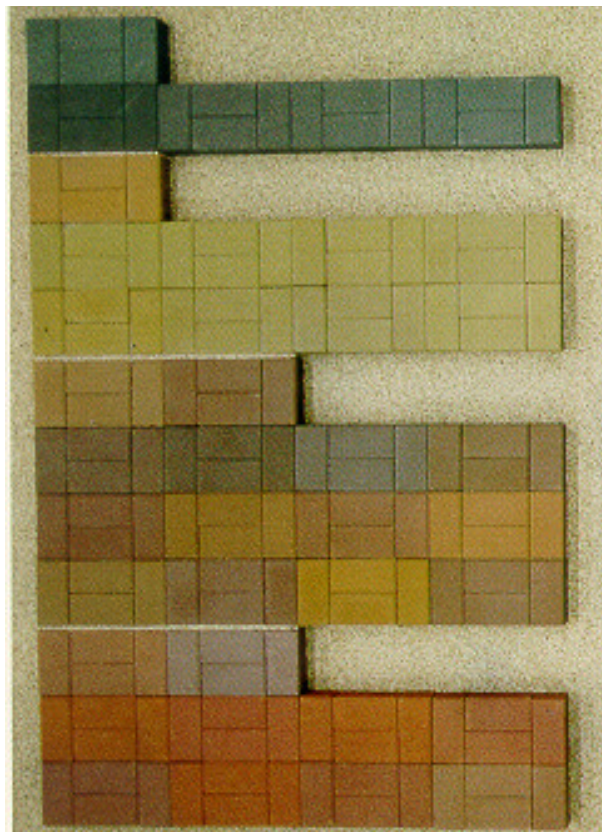


Bild 5: Farbpalette der Bayferrox®-Pigmente in Beton

trennt werden), wurden andere Lösungen erarbeitet. Bild 3 zeigt, wie ein geschlossener, beweglicher Wägebehälter in der Gesamtmenge an Pigmentgranulat für einen Mischzyklus in den Aufzugskübel entleert wird. Da dieser Vorgang während der Befüllung des Aufzugskübels geschieht, befindet sich das verwogene Granulat inmitten der Zuschlagstoffe und wird somit im Mischer von Anfang an dispergiert.

Rationalisierung der Pigmentlagerhaltung durch additive Dosierung von Pigmentfarben

Wenn bis jetzt über die Dosierung von Eisenoxidpigmenten gesprochen wurde, so spielte die Farbe an sich noch keine Rolle. Doch natürlich dürfen wir den wirklichen Grund für die Pigmentierung nicht vergessen: Farbe in grauen Beton bringen.

Mit anorganischen oxidischen Pigmenten, die den Normen entsprechen, kann das in Bild 4 gezeigte Farbspektrum erreicht werden, eingeschlossen die sehr hellen, gelben Farbtöne sowie Grün und Blau.

Wirtschaftliche Gründe führen in den meisten Fällen dazu, dass man sich auf Eisenoxidpigmente konzentrieren wird, die ein optimales Preis-Leistungs-Verhältnis bieten. Bild 5 gibt einen Überblick über die möglichen Farbtöne der Pigmente Bayferrox®, dargestellt in Betonpflastersteinen. Betrachtet man die Muster, so hat der Anwender die Wahl zwischen zehn verschiedenen Rottönen von Hell bis Dunkel, acht Gelb-, fünf Schwarz- und 13 Brauntypen (mehr oder weniger hell- bis dunkelbraun), z. T. in zwei unterschiedlichen Farbstärkeniveaus). Ist es wirklich nötig, all diese verschie-

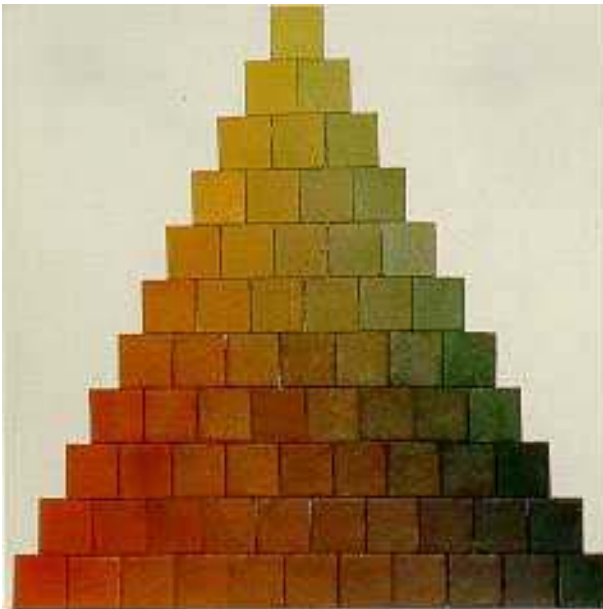


Bild 6: "Farbdreieck": Möglichkeiten der Farbgebung durch additives Mischen von drei Bayferrox-Granulaten (oben: Bayferrox® 920 G, links: Bayferrox® 110 G, rechts: Bayferrox® 330 G

denen Farbtöne auf Lager zu halten, um den Anforderungen des Marktes gerecht zu werden?

Vor dem Hintergrund der Möglichkeit der Pigmentdosierung in einem Betonwerk - sei es von Hand oder automatisch - ist es möglich, mit drei oder vier ausgesuchten Pigmenten eine breite Palette von angestrebten Farbtönen selbst zu mischen.

So kann z. B. der typische Farbton von gebranntem Ton durch Mischung eines gelbstichigen Rots mit einer relativ großen Mengen von Gelb erzielt werden. Eine Vielzahl von hellen und gelben Brauns lassen sich durch die Mischung mittlerer Rots und Gelbs erzielen, während kastanienbraune Farbtöne alle drei Basisfarben (Rot, Gelb und Schwarz) enthalten. Die dunklen Brauns basieren ausschließlich auf Mischung aus Rot und Schwarz. Ist ein Hersteller von Betonwaren in der Lage, seine Pigmente korrekt zu dosieren, kann er diese Farbtöne selbst realisieren. Die Bilder 6 und 7 zeigen ein Farbdreieck, bei dem demonstriert wird, welche Farbtöne mit den drei Basisfarben Rot, Gelb und Schwarz erzielt werden können. Dabei wurden in einer Betonmischung, die in ihrer Zusammensetzung der Vorsatzschicht von Betonpflastersteinen entspricht, Bayferrox®-Mikrogranulate eingearbeitet. Im ersten Fall wurden als Gelbtypen Bayferrox® 920 G, Bayferrox® 330 G und als Rot Bayferrox® 110 G gewählt, da gewollt war, das Rot mit dem stärksten Gelbstich zu benutzen. Die Mischungszusammensetzung für die drei Farbtöne variiert in Schritten von 10 %, sowohl in den 2-Komponenten-Mischungen. In Bild 6 wurde das gleiche Bayferrox®-Gelb 920 G und Schwarz (Bayferrox® 330G) gewählt, während für das Rot Bayferrox® 130 G eingesetzt wurde, das ungefähr in der Mitte der verfügbaren Rottypen liegt. Mit diesem Rot erhalten die Brauntöne einen mehr rötlichen Unterton, wodurch eine Reihe anderer Brauntöne ermöglicht wird. Insgesamt sind in den Bildern 6 und 7 132 Farbtöne dargestellt, und es

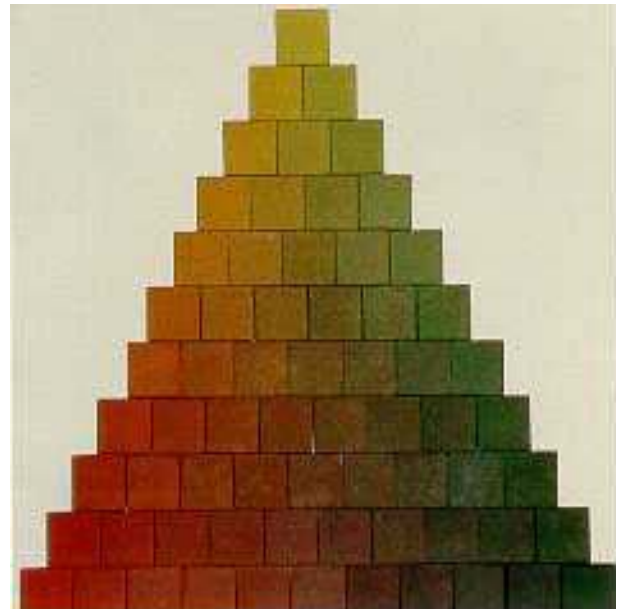


Bild 7: "Farbdreieck": Möglichkeiten der Farbgebung durch additives Mischen von drei Bayferrox-Granulaten (oben: Bayferrox® 920 G, links: Bayferrox® 130 G, rechts: Bayferrox® 330 G

gilt zu bedenken, dass durch die Verwendung anderer Mischungsverhältnisse noch mehr möglich sind.

Dabei zeigt sich: Um auf Anforderungen des Marktes schnell reagieren zu können und eine leichte Auswahl von Farben zu ermöglichen, ist es günstig, die Pigmente selbst zu mischen.

Zusammenhang zwischen der Genauigkeit der additiven Dosierung und Farbtonunterschieden der Betonpflastersteine

Ein Hersteller von farbigem Beton, der bis jetzt vorgemischte Pigmente des Pigmentlieferanten verwendet hat, ist an Toleranzen für die Farbstärke des Pigmentes von $100 \pm 5 \%$ gewöhnt. Für den Fall, dass man zur Selbsterstellung solcher Braunmischungen übergeht, stellt sich die Frage, wie sich der Farbton solcher Mischungen ändert, wenn die Farbstärke der Einzelkomponenten von einer Lieferung zur nächsten zwischen 95 und 105 % variiert. Die technische Ausführung von Dosiersystemen ist mittlerweile so ausgefeilt, dass Dosiergenauigkeiten von $< 2 \%$, häufig $< 1 \%$, Stand der Technik sind.

Zur Untersuchung der zuvor angesprochenen Frage wurde eine Reihe von Experimenten durchgeführt. Dabei wurde eine Reihe von Betonmischungen - wie sie üblicherweise für Vorsatzmischungen verwendet werden - hergestellt, um diese mit 2 und 3 und 6 % einer Pigmentmischung einzufärben. Die Idee, die dahintersteckt war, dass wir sowohl geringe Pigmentierungen, die relativ weit vom Sättigungspunkt entfernt sind und bei denen Farbtonunterschiede gut sichtbar sein sollten, als auch normale Pigmentierungsraten betrachten sein sollten. Wir mischten drei Farbtöne ein: ein Orange, das sich aus 64 % Bayferrox®-Gelb 420 und 36 % Bayferrox®-Rot 110 zusammensetzte,

ein dunkles Braun mit einer Zusammensetzung aus 45 % Bayferrox®-Rot 110 und 55 % Bayferrox®-Schwarz 330 und ein helles Braun mit einer Zusammensetzung aus 50 % Bayferrox®-Gelb 920, 36 % Bayferrox®-Rot 130 und 14 % Bayferrox®-Schwarz 330. In diesen Mischungen variierten wir das Gewicht aller Komponenten zwischen 95, 100 und 105 % und simulierten damit die Farbstärkevariationen von 95 - 105 %. Die Herstellung, Härtung und Lagerung der Steine wurde unter kontrollierten Laborbedingungen vorgenommen, um Farbtonveränderungen, die nicht durch die gewollten Farbstärkevariationen hervorgerufen sind, zu vermeiden. Nach der Härtung der Steine wurden die Farbtondifferenzen zwischen den entsprechenden Standards (alle Komponenten mit Farbstärke 100 % und den variierten Steinen gemessen. Die detaillierten Ergebnisse aus 92 Versuchen bleibt festzuhalten: Obwohl bis zu drei Komponenten in allen denkbaren Möglichkeiten der Farbstärkevariationen geändert wurden, schwankte die Farbstärke der gemischten Farben nur zwischen 98 und 106 %, mit einem Durchschnitt bei 102%, und der Gesamtfarbabstand ΔE von 0,1 - 1, mit einem Mittelwert von 0,5. Dieses Ergebnis zeigt deutlich, dass die additive Dosierung von Pigmenten zu eingefärbten Betonprodukten innerhalb sehr enger Toleranzen führt.

Zusammenfassung

Für die Betoneinfärbung in unterschiedlichsten Farbtönen werden von der Betonindustrie üblicherweise Eisenoxidpigmente verwendet. Heutzutage hat der Verwender nicht nur die Wahl zwischen unterschiedlichen Farbtönen von Rot, Gelb über Schwarz bis zu einer Vielzahl von Brauntönen, sondern auch zwischen unterschiedlichen Lieferformen: das traditionelle Pulverpigment, Slurrys (entweder vorgefertigt oder selbst hergestellt) oder neuerdings Pigmentgranulate. Es werden die unterschiedlichen Parameter, die die Qualität der Einfärbung von zement- und kalkgebundenen Baustoffen beeinflussen, zusammengefasst. Bei der Diskussion des Hauptthemas "Dosierung von Pulvern und Granulaten" wird das Augenmerk hauptsächlich auf zukünftige Entwicklungen gelegt; die Untersuchung der Dosiergenauigkeit führt zu Empfehlungen hinsichtlich der additiven Mischung des Spektrums der Eisenoxide und gibt Hinweise in bezug auf die Optimierung und Rationalisierung der notwendigen Pigmentpalette in einem Betonwerk.

Mischung aus rel. Farbstärke [%]	Bayferrox			Pigmentierung 3,6 %		Pigmentierung 2,0 %	
	920	130	330	ΔE^*	rel. Farbstärke [%]	ΔE^*	rel. Farbstärke [%]
100	X	X	X	0,0	100	0,0	100
95	X	X	X	0,3	98	0,2	99
105	X	X	X	0,5	104	0,3	100
95 100 105	X			0,5	105	0,8	106
95 100 105	X		X	0,4	102	0,4	103
95 100 105	X	X	X	0,2	100	0,5	103
95 100 105		X	X	0,3	98	0,3	101
95 100 105	X	X		0,5	102	0,6	105
95 100 105	X	X		0,5	104	0,5	102
95 100 105		X		0,4	102	0,6	106
95 100 105	X		X	0,3	100	0,8	106
95 100 105	X		X	0,4	99	1,0	105
95 100 105	X	X		0,5	101	0,2	101

Tab. 5: Farbtenschwankungen einer Pigmentmischung aus 50 % Bayferrox 920, 36 % Bayferrox 130 und 14 % Bayferrox 330 bei verschiedenen Farbstärken