

Les ajouts : les pigments

Autor(en): **Hermann, Kurt**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin du ciment**

Band (Jahr): **63 (1995)**

Heft 9

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-146375>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Les ajouts: les pigments

6e partie

Le béton peut être coloré dans la masse avec des pigments colorants sélectionnés.

Le béton est proverbiallement gris. Mais les essais fructueux pour lui donner de la couleur ne manquent pas. On peut obtenir un béton de couleur en peignant sa surface, en mettant à nu des granulats choisis en fonction de leur couleur, ou en colorant la pâte de ciment dans la masse au moyen de pigments. C'est de cette dernière possibilité que nous allons traiter ici.

Les pigments servant à colorer ou à éclaircir les bétons et mortiers sont des particules solides fines d'environ 0,1 à 1,0 μm (10^{-4} à 10^{-3} mm) de diamètre. En raison de leurs propriétés, ils font partie des ajouts du béton, qui ont été le sujet des cinq derniers numéros du «Bulletin du ciment» [1–5].

Les pigments utilisés dans le béton doivent répondre à de hautes exigences. Ils doivent être stables et insolubles dans l'eau en milieu fortement alcalin, être solidement fixés dans la pâte de ciment durcie, résister à la lumière et à la chaleur, et en outre, témoigner d'un pouvoir colorant relativement élevé. A la suite de longues années de recherches, on sait que seuls quelques pigments minéraux satisfont à ces exigences sévères, à savoir les pigments à base d'oxyde. Bien que l'on trouve certains de ces pigments dans la nature, on utilise



Les échantillons de mortier donnent un aperçu de la diversité des couleurs à la disposition de l'utilisateur de pigments.

des pigments synthétiques. Il est vrai qu'ils sont plus chers, mais ils ont l'avantage d'être purs et de présenter une répartition granulométrique relativement serrée. Les principaux pigments à base d'oxyde utilisés pour la coloration des bétons et mortiers figurent dans le *tableau 1*.

Il ressort de ce tableau que les pigments colorants sont principalement des composés d'oxyde de fer, qui se distinguent toutefois par leur composition chimique. Les oxydes de fer permettent en fait de colorer les bétons en jaune, rouge, brun et noir. La couleur des pigments ne dépend pas uniquement de leur composition chimique, mais également de la grosseur et de la forme de leurs parti-

cules, dont les diamètres sont inférieurs à 1 μm (0,001 mm). Ces particules sont donc au moins dix fois plus fines que les particules de ciment. Alors que la plupart sont de forme cubique à sphérique, celles de l'oxyde de fer jaune sont en aiguilles.

Colorer avec des pigments

Pour que la coloration du béton soit durable, les particules inertes des pigments doivent être solidement ancrées. Elles le sont, d'une part parce qu'elles se trouvent noyées dans les pores de la pâte de ciment durcie, et que d'autre part il se produit ce que l'on appelle des interactions électrostatiques entre structures ioniques [7]. Loin d'être déterminée uniquement par la sorte et la quantité de pigments, la couleur du béton dépend de nombreux autres facteurs, dont l'influence est plus ou moins forte.



Le béton apparent coloré donne du relief à l'annexe de l'Opéra de Zurich.

Photos: Kurt Hermann, TFB

On compte parmi ces facteurs, la couleur du ciment, la couleur des granulats, le rapport eau/ciment, le coffrage et le traitement de cure. Si l'on augmente progressivement la concentration de pigments, la courbe de l'augmentation d'intensité de la couleur est au début linéaire, pour ensuite s'aplatir de plus en plus. Avec les pigments les plus fréquemment utilisés, la saturation est atteinte avec 6 à 9 % de la masse (par rapport au ciment); des adjonctions supplémentaires de pigments ne rendent pas la couleur plus intense (voir *figure 1*). Les dosages usuels se situent entre 3 et 5 % de la masse (par rapport au ciment). La couleur du ciment est la couleur de base d'un béton, laquelle est modifiée par le pigment. Pour les colo-

rations foncées, soit noir ou un brun ou rouge foncé, l'influence du ciment Portland, ordinairement gris, est minime. Si l'on veut obtenir des couleurs claires et vives ou des teintes pastel, il faut utiliser du ciment blanc, nettement plus cher. Cela s'applique en particulier aux pigments jaunes, verts et bleus [8]. Éclaircir le ciment Portland au moyen de dioxyde de titane ne sert

pas à grand-chose. Un béton à peu près blanc ne peut être fabriqué qu'avec du ciment blanc et des granulats appropriés de couleur claire. L'adjonction de dioxyde de titane à raison de quelques pour cent de la masse intensifie toutefois la blancheur du béton à l'état humide [8]. Le rapport eau/ciment influence également la couleur ou teinte d'un béton: plus il est élevé, plus les couleurs sont vives, et plus il est bas, plus la teinte est foncée [7]. Pour le béton lavé, la couleur des gros granulats a également de l'importance [9].

Pour la fabrication de béton noir, en dehors de l'oxyde noir de fer, on utilise également de la suie [10]. Les particules de suie hydrophobes ne sont toutefois que faiblement fixées dans la pâte de ciment durcie, ce que démontrent par exemple des essais de résistance aux intempéries effectués en Allemagne par le «Bundes-

Couleur	Formule chimique	Appellation chimique	Nom courant
blanc	TiO ₂	oxyde titanique	blanc de titane
noir	Fe ₃ O ₄	oxyde ferrosferrique	oxyde noir de fer
rouge	α-Fe ₂ O ₃	oxyde ferrique	oxyde rouge de fer
jaune	α-FeOOH	oxyde-hydroxyde ferrique	oxyde jaune de fer
jaune	(Ti, Ni, Sb) ₂ O ₂	oxyde d'antimoine, nickel et titane	jaune de nickel-rutile
vert	α-Cr ₂ O ₃	oxyde chromique	vert de chrome
bleu	CoAl ₂ O ₄	aluminat de cobalt	bleu de cobalt
brun	mélange de α-FeOOH et/ou α-Fe ₂ O ₃ avec Fe ₃ O ₄		oxyde brun de fer

Tab. 1 Les principaux pigments à base d'oxyde [6].

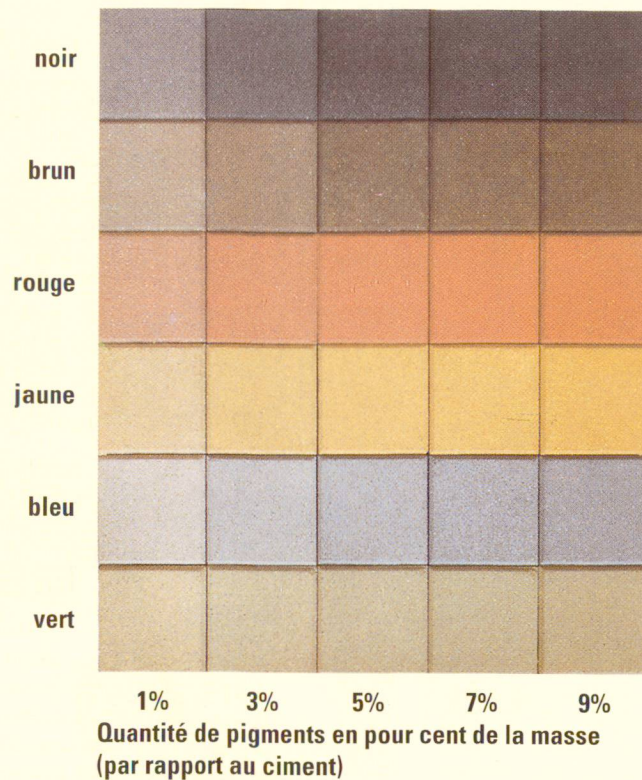


Fig. 1 L'augmentation d'intensité de la couleur d'un béton est parallèle à celle de la concentration de pigments, jusqu'à ce que la concentration de saturation soit atteinte.

Photo: Bayer AG

amt für Materialforschung und -prüfung» sur des pavés en béton colorés dans la masse avec de la suie. Après 24 mois dans un climat marin, les échantillons teintés avec de la suie étaient nettement décolorés, alors que le degré de noir des pavés pigmentés avec de l'oxyde noir de fer n'avait que peu changé.

Influences sur les propriétés du béton

Les pigments minéraux n'ont pas de réactions chimiques, mais ils peu-

vent exercer une influence sur les propriétés physiques d'un béton. Les pigments étant toutefois généralement utilisés en très faibles quantités, cette influence est relativement faible, et elle est souvent ignorée. L'ouvrabilité d'un béton frais coloré dans la masse ne change pas beaucoup si les dosages en pigments sont faibles. Les particules des pigments n'augmentent que peu le besoin en eau. Le dioxyde jaune de fer fait cependant exception, car ses fines aiguilles fixent (adsorbent) une

beaucoup plus grande quantité d'eau que les autres pigments de forme cubique ou sphérique [11]. Le dosage du dioxyde jaune de fer devant en outre être relativement élevé, l'augmentation du besoin en eau peut aller jusqu'à 20 % [12].

L'adjonction de pigments n'a pas d'effet négatif sur la résistance à la compression, pour autant que l'on n'augmente pas le facteur e/c par rapport au béton de départ. Si l'on compare des bétons de même consistance, on constate que les pigments jaunes mentionnés plus haut provoquent une perte de résistance à la compression, en raison de l'augmentation du facteur e/c. Cet effet négatif ne se produit pas si l'on rend la consistance pareille à celle du béton de départ par l'adjonction d'un plastifiant (BV) ou d'un superfluidifiant (HBV). L'adjonction de BV ou HBV permet de mieux compacter le

Temps	Cause	Teinte par rapport à l'original
4 semaines à 4 mois	des efflorescences apparaissent	plus claire et laiteuse
1,5 à 3 ans	les efflorescences disparaissent	couleur originale
3-8 ans	érosion	teinte changeant brusquement dans le sens de la couleur propre des granulats
à partir de 5 ans	début de l'encrassement	teinte devenant irrégulièrement plus foncée
à partir de 8 à 10 ans	attaque par champignons, formation de mousse et d'algues	jaune, brun, noirâtre, vert

Tab. 2 Changement de teinte des surfaces en béton coloré dans la masse (essais de résistance aux intempéries) [13].



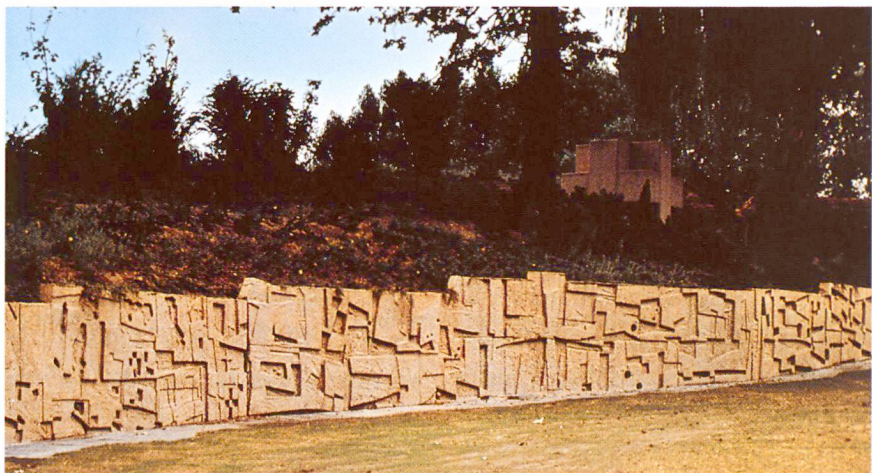
Béton coloré dans la masse coulé sur place en Afrique du Sud.

béton frais, ce qui améliore la qualité de la surface et l'effet de la couleur. Il est toutefois possible que cela favorise les efflorescences [7].

Changements de couleur

Les éléments en béton colorés vieillissent comme le béton «normal». A l'extérieur, ils sont soumis à des sollicitations multiples. Pensons seulement à l'ensoleillement (rayons U.V.), à l'humidité ou aux écarts de température. Il en résulte des changements de couleur, dont les causes peuvent varier. Quelques-unes de ces causes sont résumées dans le *tableau 2*.

Les plus fréquentes sont certainement les efflorescences, dues à la réaction de l'hydroxyde de calcium – qui se forme lors de l'hydratation du ciment – avec le CO₂ de l'air («gaz carbonique»). Sur le béton coloré, les efflorescences sont d'autant plus gênantes qu'elles se remarquent particulièrement bien. Si l'on ne choisit pas la patience – la plupart des efflorescences disparaissent avec le temps –, on peut y remédier au moyen de divers procédés [13]. Sur une surface de couleur, on peut par exemple éliminer les taches et efflorescences par sablage, à sec ou humide. L'aspersion avec de l'acide chlorhydrique dilué, également conseillée, doit être utilisée avec pru-



Mur de soutènement en béton de couleur coulé sur place en Allemagne.



Béton coloré dans la masse coulé sur place et sablé (Italie).

dence. Tous les procédés exigent beaucoup d'expérience de l'utilisateur. Il faut donc faire appel uniquement à des gens de métier qualifiés, afin que le plaisir que procure un béton de couleur ne soit pas inutilement gâché.

Directives pour la pratique

«La coloration du béton est un art que l'on apprend [14].» Étant donné les nombreux paramètres qui exercent une influence sur la couleur d'un béton coloré dans la masse avec des pigments, cette assertion

Symptôme	Cause	Prévention
Nids de pigments	pigments vieux et humides (l'humidité peut traverser les sacs en papier et provoquer la formation de grumeaux)	entreposer au sec, «first in, first out»
	dosage fait dans un mauvais ordre et temps de malaxage trop court pour les pigments en poudre	ajouter des pigments aux granulats et malaxer à sec
	suspension dosée avec le ciment	ajouter de la suspension aux granulats
	incompatibilité entre suspension et adjuvant	tester la compatibilité suspension/adjuvant et év. renoncer à l'adjuvant
Coloration ratée	pigments défectueux	utiliser uniquement des pigments de qualité certifiée
	erreur de dosage	– peser les pigments avec une balance automatique – homogénéiser les suspensions avant l'emploi
	le rapport eau/ciment varie	régler avec précision le rapport eau/ciment
	dispersion irrégulière des pigments	doser les pigments toujours au même moment du cycle de malaxage
	variations de couleur dans – le ciment – le filler – les fines	contrôle à la livraison
	mauvais fonctionnement du malaxeur et/ou de l'organe de dosage	entretien et réparation

Tab. 3 Sources d'erreurs et façons d'y remédier lors de la coloration du béton [14].

n'est pas étonnante. Des essais préliminaires poussés, dans des conditions aussi proches que possible de la réalité, sont indispensables.

Actuellement, on peut obtenir les pigments sous trois formes:

- poudre
- suspensions fluides (slurries)
- granulés (perles de 30 à 500 µm de diamètre [15])

La forme appropriée dépend des installations dont dispose celui qui utilise les pigments. Les granulés présentent l'avantage de ne pas faire de poussière et de s'écouler librement. Ils se répartissent dans le béton frais aussi bien, ou même mieux, que la poudre correspondante [15]. Les suspensions, malgré des concentrations de pigments élevées, coulent bien et sont stables. Elles doivent tout de même être mises en œuvre dans un délai relativement court (1 à 2 mois à dater de la livraison), et il faut toujours les brasser avant l'emploi.

Le dosage peut être volumétrique (suspensions et granulés) ou gravimétrique (les trois formes). Les malaxages effectués dans les ordres suivants ont fait leurs preuves [16]:

- granulats – poudre ou suspension – malaxage 10 à 15 s – ciment – eau, ou
- granulats – majeure partie de l'eau – granulés (observer un temps de malaxage de 10 à 15 s) – ciment – reste de l'eau

Il est surtout important de toujours procéder selon le même ordre, et de veiller à ce que la qualité des différents composants soit aussi régulière que possible. Des erreurs fréquentes et des propositions pour y remédier figurent dans le *tableau 3*. Le traitement de cure a une influence déterminante sur les efflorescences apparaissant ultérieurement. Avec les éléments préfabriqués par exemple, les efflorescences sont carrément «cultivées» si le lieu d'entreposage est trop froid ou trop humide. Le coffrage, qui doit rester en place

un certain temps, suffit pour le traitement de cure des murs verticaux en béton coulé sur place. Il faut le laisser en place le même laps de temps partout. Un traitement de cure humide après que le coffrage a été enlevé peut avoir un effet nuisible pour la couleur. Pour obtenir un aspect uniforme des surfaces verticales, on conseille un léger sablage. Les couleurs s'en trouvent toutefois un peu atténuées [17].

Les surfaces horizontales ne doivent pas être recouvertes de feuilles en matière plastique, de jute humide ou de matériaux similaires, car cela favoriserait l'apparition de taches et d'efflorescences. L'aspersion avec des curing compounds spécialement mis au point, qui ne provoquent pas de jaunissement, a fait ses preuves [17, 18].

Aspects écologiques

En Allemagne, les pigments sont classés en tant que poussières inertes. Ils ne sont pas toxiques (LD₅₀

pour les rats > 10 g/kg) et n'irritent pas la peau. On a toutefois constaté de légères irritations s'ils entrent en contact avec les muqueuses [6]. Les oxydes de fer ne se transforment pas en substances dangereuses à des températures élevées. Brûler les emballages ne pose donc pas de problème [6].

Même en faibles quantités, les oxydes de fer colorent fortement l'eau. Ils ne sont pas toxiques pour les poissons. Mais en se fixant sur les plantes, ils empêchent celles-ci d'ab-

sorber la lumière, perturbant ainsi l'assimilation. Étant très fins, ils se déposent lentement dans les bassins de décantation, et en général incomplètement. L'utilisation d'agents anioniques flocculants permet d'obtenir un «dépôt assez complet» [6].

Utilisations

Des indications ont déjà été données sur certaines utilisations du béton coloré, et il en a également souvent été traité dans le «Bulletin du ciment» [19–24].

Il n'est pas facile de réaliser de grandes surfaces colorées régulièrement. Elles seraient sinon certainement utilisées encore beaucoup plus souvent comme éléments de décoration des bâtiments. Les revêtements colorés en rouge ont fait leurs preuves pour les arrêts de bus et les pistes cyclables. Mais les principaux acheteurs de pigments colorants sont les fabricants d'articles en béton de tout genre. Les pavés, dalles et tuiles en béton coloré dans la masse en sont des exemples. *Kurt Hermann*

Bibliographie

- [1] *Hermann, K.*, «Les ajouts», Bulletin du ciment **63** [4], 3–7 (1995).
- [2] *Hermann, K.*, «Les ajouts: la chaux hydraulique», Bulletin du ciment **63** [5], 3–7 (1995).
- [3] *Hermann, K.*, «Les ajouts: les cendres volantes», Bulletin du ciment **63** [6], 3–7 (1995).
- [4] *Hermann, K.*, «Les ajouts: les fumées de silice», Bulletin du ciment **63** [7], 3–7 (1995).
- [5] *Hermann, K.*, «Les ajouts: les fillers», Bulletin du ciment **63** [8], 3–7 (1995).
- [6] *Püttbach, E.*, «Pigmente für die Einfärbung von Beton», Betonwerk und Fertigteil-Technik **53** [2], 124–137 (1987).
- [7] *Veit, A. M.*, «Vorschläge zur Verbesserung farbiger Betonwaren», Betonwerk und Fertigteil-Technik **60** [11], 92–100 (1994).
- [8] *Schleusser, W.*, «Farbiger Beton: Möglichkeiten der Farbgebung mit Pigmenten», Betonwerk und Fertigteil-Technik **57** [8] 44–53 (1991).
- [9] *Hodson, R. C.*, and *Kushner, D. D.*, «Ingredients, texture, and industrially-colored concrete», Concrete International **14** [9], 21–25 (1992).
- [10] *Jungk, A. E.*, *Kümmel, S.*, and *Zoch, F. H.*, «Eleganz in Schwarz – Welches Pigment für welchen Beton?», Betonwerk und Fertigteil-Technik **61** [1], 130–135 (1995).
- [11] «Gekleurd beton», Betoniek **8** [12], 1–8 (1990).
- [12] *Büchner, G.*, «Pigmente und die Betonherstellung», Betonwerk und Fertigteil-Technik **57** [8], 54–61 (1991).
- [13] *von Szadkowski, G.*, «Bewitterung von farbigem Beton», Betonwerk und Fertigteil-Technik **57** [11], 50 (1991).
- [14] *Jungk, A. E.*, and *Hauck, H. G.*, «Beton in Farbe – Mit kleinen Fehlern?», Betonwerk und Fertigteil-Technik **54** [5], 75–81 (1988).
- [15] *Jungk, A. E.*, and *Wölfert, B.*, «Beton und Farben – ein Vergnügen?», Betonwerk und Fertigteil-Technik **55** [1], 30–36 (1989).
- [16] *Plenker, H. P.*, «Dosierung und Verteilung von Pigmenten in Beton», Betonwerk und Fertigteil-Technik **57** [9], 58–65 (1991).
- [17] *Hurd, M. K.*, «Tips for coloring concrete», Concrete Construction **38** [5], 345–351 (1993).
- [18] *Arnold, P. J.*, «Getting ahead with colored concrete», Concrete Construction **33** [9], 853–857 (1988).
- [19] *Meier, B.*, «Allée bordée de sculptures dans une piscine», Bulletin du ciment **58** [12], 1–10 (1990).
- [20] *Trüb, U.*, «La coloration du béton», Bulletin du ciment **52** [3], 1–4 (1984).
- [21] «Béton apparent bien adapté à son environnement», Bulletin du ciment **51** [13], 1–8 (1983).
- [22] «Pavés en béton teinté», Bulletin du ciment **50** [1], 1–8 (1982).
- [23] «Béton coloré», Bulletin du ciment **49** [13], 1–8 (1981).
- [24] *Trüb, U.*, «Écharpe colorée en béton», Bulletin du ciment **47** [24], 1–8 (1979).