

Die Grautönung an Beton-Kleinelementen

Autor(en): **Trüb, U.A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Cementbulletin**

Band (Jahr): **54-55 (1986-1987)**

Heft 3

PDF erstellt am: **10.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-153694>

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.

CEMENTBULLETIN

MÄRZ 1986

JAHRGANG 54

NUMMER 3

Die Grautönung an Beton-Kleinelementen

Aufzählung und Kurzbeschreibung von grundlegenden Einflüssen auf die Tönung an Betonoberflächen. Folgerungen im Hinblick auf die Herstellung von Betonelementen.

Die Grautönung einer Betonoberfläche bildet sich aus der Lichtabsorption bzw. aus der Lichtrückstrahlung. Die Abstufung wird durch eine «Grautonskala» dargestellt, welche von 0% Absorption (= reines Weiss) bis 100% Absorption (= tiefes Schwarz) reicht und in der Regel von 10 zu 10% unterteilt ist.

Von der Nähe gesehen ergibt sich die massgebende Absorptionsstufe aus dem Zusammenwirken einer Grosszahl von kleinen Punkten, die verschiedene Lichtabsorptionen aufweisen (Abb. 1). Ein bekanntes Beispiel dafür ist die Rasterung bei gedruckten Reproduktionen. Für die Betonoberfläche im speziellen ergibt sich damit, dass der Grauton aus den summierten Beiträgen einzelner, unterschiedlich getönter Materialkomponenten entsteht. Solche Komponenten sind:

Hydratisierter Zement,
Zementstein

Grau bis hellgrau, milchig-transparent

Unhydratisierter Zement,
Zementrückstände

Schwarzgrau und sehr feinkörnig

Calciumverbindungen,
insbesondere Kalk in Form von
Calciumhydroxid oder
Calciumkarbonat

Feine Kristallite, Anhäufungen bis
geschlossene Schichten

2	Inertes Material, mehlfeine Zuschläge, Zusätze, Pigmente	Weiss-hellgrau, evtl. hellbraun oder buntfarbig
	Fremdkörper, Ablagerungen, Verschmutzungen, Bewuchs	Schwarzgrau bis dunkelbraun

Um für den Grauton wirksam zu sein, müssen diese Substanzen unmittelbar an der Oberfläche liegen oder vom transparenten Zementstein nur wenig überdeckt sein (kaum mehr als 0,1 mm). Die Tönung ergibt sich dann aus der individuellen Färbung und aus den Anteilen dieser Komponenten.

Der Grauton ist veränderlich, wenn sich diese Anteile oder deren Überdeckung verändern. Tabelle 1 zeigt diese Möglichkeiten und die Tendenzen der Veränderlichkeit:

Tabelle 1 Tendenzen der Grautönung der Betonoberfläche

Entwicklungsstufe	Veränderung der Tönung		
	weiss	grau	schwarz
Mischung	kleiner werdender <u>Wasserzementwert</u> (1) → grösser werdende <u>Zementdosierung</u> (2) →		
Verdichten	Wasserentzug, <u>Wasserauspressung</u> (3) → Zementan <u>reicherung</u> (4) → Wasser <u>ansammlung</u> (5) ← Revibration (6) →		
Nach dem Ausschalen	← <u>Ausschwitzen</u> von Wasser (7) rasches <u>Austrocknen</u> (8) → Abwaschen <u>des Kalkes</u> (9) →		
Erhärtungsphase (ca. 4 Wochen)	← <u>Kalkausblühungen</u> (10)		
Bewährungszeit	<u>Auflösung</u> des Kalkes (11) → <u>Verschmutzung</u> (12) → ← <u>Selbstreinigung</u> durch Regen (13) <u>Verstaubung</u> (14) →		

3 Kommentar zu Tabelle 1

(1), (2) – Die Grundfarbe des Zementsteins, der gelartigen Masse, in welcher die anderen Mörtelbestandteile eingebettet sind, ist hellgrau bei relativ hohem, dunkelgrau bei relativ tiefem Wasserzementwert (Abb. 6). Diese Erscheinung beruht in erster Linie darauf, dass der Zementstein mehr bzw. weniger Kapillarporen enthält. Die Poren sorgen für die teilweise Rückstrahlung des Lichtes, ähnlich wie Luftblasen in einem Glaskörper. Wenn der Wassergehalt bzw. der Zementgehalt schwankt, entstehen entsprechende Unterschiede der Grundfarbe des Betons.

(3) – Der Wasserzementwert bzw. die Porosität des Zementsteins kann sich in vielfältiger Weise durch *Entmischungsvorgänge* verändern (Abb. 1). Wasserentzug tritt ein bei saugendem Schalungsmaterial, bei Verdunstung und bei Undichtigkeiten der Schalung.

(4) – *Zementanreicherungen* treten im Rücken von starken Schalungslecks ein, wo sich beim Ausfließen ein Korngerüstfilter aufbaut. Der Zementstein kann dadurch sehr dunkel werden. Zementanreicherung bzw. Wasserverdrängung können sich auch bei starker Vibration und bei bestimmten Schwingungsresonanzen einstellen.



Abb. 1 Vergrößerte Wiedergabe einer Betonoberfläche aus glatter Schalung. Man erkennt eine stark heterogene Struktur infolge kleinräumiger Entmischungen: milchglasähnlicher Zementstein mit verschiedenen Tönungen infolge Wassergehaltsverschiebungen – Sandkörner – Reste unhydratisierten Zements – kleine Agglomerate von ausgeschiedenem Kalk. Auch Grobporen tragen als schwarze Punkte zum Grauton bei. Die Bildbreite entspricht ungefähr 10 mm.



Abb. 2 Die rechte Bildseite zeigt eine fast vollständig geschlossene Schicht ausgeschiedenen Kalkes, der auf der rechten Seite mit Salzsäure aufgelöst worden ist. Man erkennt die Beiträge der verschiedenen Komponenten an die Grautönung. Auch die zahlreichen Unebenheiten zeigen Wirkung mit ihrem Licht- und Schattenspiel.

(5) – Im Bereich von wasserdichten und glatten Schalungsflächen kann sich Wasser ansammeln (Abb. 3), ebenso gelegentlich in allfälligen Engnissen zwischen Gesteinskörnern und Schalung. Der Entmischungsvorgang führt zu einem helleren, oft fast weissen Zementstein. Die Ursachen für die Neigung des Betons zur *Wasserausscheidung* (Bluten) liegt in der Regel bei ungünstiger Kornabstufung im Mehlkornbereich oder in einer zu kurzen Mischzeit.

(6) – Erneute Rüttelung nach 30 bis 60 Min. (*Revibration, Nachverdichtung*) führt zu einem dunkleren Zementstein, weil dadurch die sich bildenden Kapillarporen teilweise geschlossen werden und dann optisch nicht mehr wirksam sind. Der Effekt kann auch durch unbeabsichtigte und unbemerkte Schwingungsübertragungen eintreten.

(7) – Unmittelbar nach dem Ausschalen ist der junge Beton besonders empfindlich auf farbverändernde Einflüsse. Es sind die verschiedenen möglichen *klimatischen Bedingungen*, wie Temperaturverteilung, Luftfeuchtigkeit und Luftbewegung, die gegensätzliche Folgen haben (Abb. 5 und 6). Wenn beispielsweise eine kaltfeuchte Atmosphäre besteht und der Betonkörper einige Eigenwärme entwickelt hat, so sind das extrem günstige Bedingungen für das Ausschwitzen von Kalkwasser und für die Bildung entsprechender weisser Krusten. Starke Kalkauscheidungen dieser Art können auch

5 dann entstehen, wenn durch Schwinden oder bei Setzungen Spalten zwischen Schalung und erhärtendem Beton sich bilden.

(8) – Umgekehrt, wenn stark *astrocknende Umstände* vorherrschen, trockene Luft, die in Bewegung ist, so bildet sich eine dunkle Färbung aus, weil dann das Kalkwasser bereits im Porenraum verdunstet. Damit wird kein Kalk mehr an die Oberfläche transportiert. Zugleich werden die Poren abgedichtet und der Fortgang der Hydratation wird verzögert, was im gleichen Sinne die Tönung beeinflusst. Es sind dynamische Prozesse am Werk, die sich niemals genau vorausbestimmen lassen.

(9) – Mit fließendem Regen- oder Nachbehandlungswasser kann der als Lösung ausgeschwitzte Kalk noch vor seiner Ausscheidung oder seiner Karbonatisierung *weggewaschen* werden. Es kommt keine aufhellende Wirkung zustande und der Beton erscheint an diesen Stellen in seiner grauen Naturfarbe, die der materiellen Zusammensetzung des Zementsteins im Querschnitt entspricht.

(10) – Im Normalfall, abhängig von den klimatischen Verhältnissen [s. (7) und 8)] hellt sich die Betonoberfläche während der Erhärtungszeit in drei bis fünf Wochen etwas auf, indem noch kleine Mengen Kalk ausgeschieden werden (Abb. 2). Nach dieser Zeit hat die Grautönung bzw. die materielle Zusammensetzung der sichtbaren Betonoberfläche einen längerfristigen konstanten Wert erreicht.

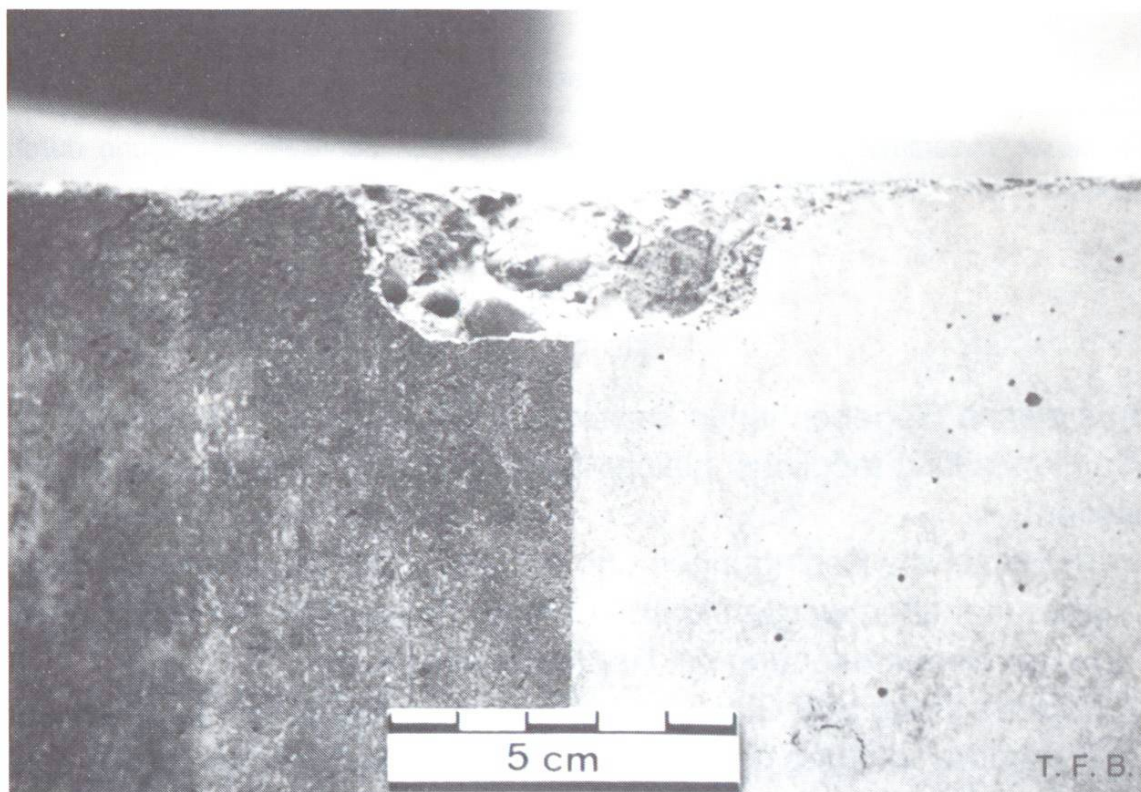


Abb. 3 Beton aus rauher und poröser Schalung links und aus dichter glatter Schalung rechts. Der starke Grautonunterschied beschränkt sich auf die Oberfläche.



Abb. 4 Gleiche Elemente – ungleiche Betonzusammensetzung.

(11) – Calciumkarbonat, das schliesslich als aufhellende Komponente praktisch an allen Betonoberflächen vorliegt, ist nicht vollständig unlöslich. Weiches Regenwasser und besonders auch der «saure Regen» lösen es langsam auf. Aus diesem Grunde werden bewitterte Betonflächen mit der Zeit wieder etwas dunkler (Abb. 2).

(12) – Ein anderer Grund für ein langsames Nachdunkeln besteht in der Verschmutzung, insbesondere durch Russteilchen. Auch der Bewuchs mit Algen und Flechten kann hier erwähnt werden. Der Belag mit solchen Fremdkörpern ist meistens sehr unregelmässig und damit auffällig.

(13) – Fliessendes Niederschlagswasser verhindert die Verschmutzung oder wäscht solche wieder ab. Das ist ein weiterer Grund für das farblich unregelmässige Erscheinungsbild von Fassaden (aber nicht nur von Betonfassaden).

(14) – An unbewitterten Betonflächen treten in der Regel keine Farbänderungen ein, es sei denn durch Staubablagerungen.

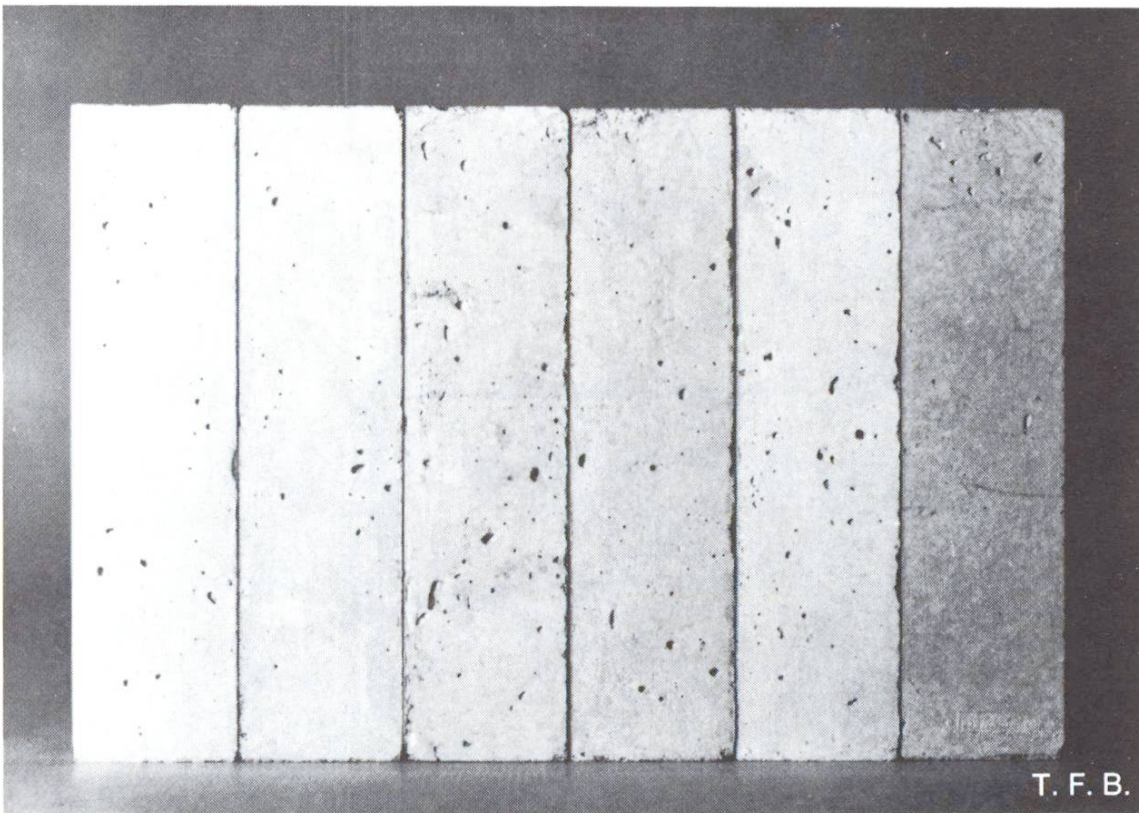


Abb. 5 Prismen aus identischem Beton nach 12 Std. ausgeschalt und 2½ Tage unter verschiedenen Bedingungen gelagert, und zwar: 20/98, 20/80, 20/70, 20/60, 20/75, 3/75, von links nach rechts (Lufttemperatur in °C/relative Luftfeuchtigkeit).

Diese Aufzählung der möglichen Grautonverschiebungen an der Betonoberfläche zeigt, dass hier ein Feld vorliegt, das nur schwer zu überblicken ist. Die Vielfalt der Einwirkungen ist gross, und einige massgebende Vorgänge sind nicht exakt bestimmbar. Tabelle 2 zeigt dies noch mehr in einer Zusammenfassung.

Bei der *Fabrikation von Betonelementen* ist man bestrebt, den Grauton* der Produkte möglichst konstant zu halten und zwar

- innerhalb der Sichtfläche eines Elementes,
- zwischen den Sichtflächen von Element zu Element,
- unter den Sichtflächen von Serie zu Serie.

Bei diesen Anforderungen liegt das Hauptaugenmerk jeweils auf verschiedenen Einflüssen. Für die einheitliche Tönung innerhalb des

* Die Grautondifferenz zwischen aneinandergrenzenden Flächenabschnitten sollte die Spanne 20% Lichtabsorption nicht überschreiten (beim Vergleich mit der Grautonskala).

(s. *Trüb*, Baustoff Beton, Wildegg 1979)

8 gleichen Elementes wird man vor allem Entmischungen vermeiden wollen und auf die Punkte (3), (4) und (5) achten sowie bei der Lagerung auf Vorgang (9). Wenn es darum geht, den gleichen Grauton von Element zu Element zu gewährleisten, steht die Überwachung der Zusammensetzung (1) und (2) und der Lagerungsbedingungen gemäss (7) und (9) im Vordergrund. Um den Grauton der Produkte über eine längere Zeitspanne von Serie zu Serie konstant zu halten, sind die gleichbleibende Zusammensetzung (1) und (2) sowie bei der Aushärtung Punkt (8) und (10) vermehrt massgebend.

Tabelle 2 Die Beherrschung der Grautonbildung bei der Herstellung von Betonelementen

Berechenbarkeit	–	Steuerbarkeit	–	Beherrschbarkeit
exakt	gut	beschränkt	wenig	keine
(1) Wasserzementwert				
(2) Zementdosierung				
(3) Wasserentzug				
		(4) Zementanreicherung		
		(5) Wasseransammlung		
		(6) Revibration		
			(7) Ausschwitzen	
		(8) rasches Austrocknen		
(9) Abwaschen des Kalkes				
		(10) Kalkausblühungen		
		(11) Auflösung des Kalkes		
			(12) Verschmutzung	
	(13) Selbstreinigung			
		(14) Verstaubung		

(In dieser Zusammenstellung sind die Veränderungen der Betonoberfläche durch Bearbeitungen naturgemäss ausgeschlossen).

Aus diesen Gegebenheiten lassen sich die folgenden Richtlinien für die Herstellung möglichst gleichmässig getönter Betonelemente aufstellen:

- Je besser die Bedingungen und Abläufe der Produktion durchweg gleichgehalten werden können, desto besser fällt die Gleichmässigkeit der Grautönung der Betonkörper aus.
- Beherrschung und Gleichschaltung müssen sich nicht nur auf die Zusammensetzung des Betons, auf alle Arbeitsgänge und auf die Verlaufzeiten beziehen, sondern sollten nach Möglichkeit auch die Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsverhältnisse betreffen.

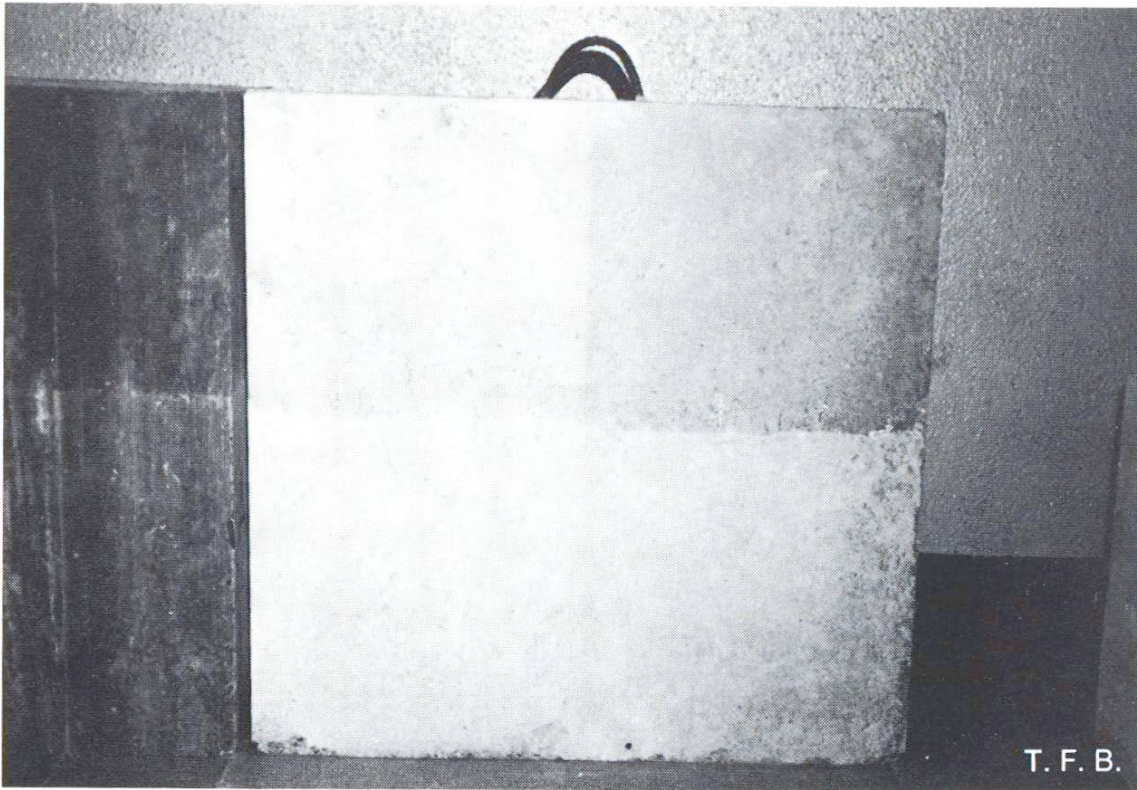


Abb. 6 Betonplatte mit vier verschiedenen Grautönungen. Unten: Beton mit Wasserzementwert = 0,55, oben mit Wasserzementwert = 0,48. Links: langsame Austrocknung, 3 Tage abgedeckt; rechts: 3 Tage offene Lagerung mit Luftzug.

- Es ist nicht möglich, einen vorausbestimmten Grauton sicher zu reproduzieren.
- Es ist möglich, den Grauton tendenzmässig, z. B. «mehr hell», zu steuern.
- Wenn sich die Grautonunterschiede besonders zwischen aufeinanderfolgenden Serien einstellen, so sind die einzelnen Lose zu vermischen, wenn sie am gleichen Bau oder Bauteil eingesetzt werden sollten.

U. A. Trüb, TFB

s. auch «CB» Nr. 7/80, 5/82, 9/82, 11/82, 11/84

