

Was ist Sicht-BETON? – Klagemauer oder Marmor des 21. Jahrhunderts?

Prof. Dr.-Ing. Christoph Dauberschmidt
Hochschule München
Fakultät Bauingenieurwesen / Lehrgebiet Baustoffe
Christoph.dauberschmidt@hm.edu

1. Einleitung

Sichtbeton ist *die* große Herausforderung der modernen Architektur an die Bautechnik des beginnenden 21. Jahrhunderts. Beeindruckende Bauwerke wie das Kunsthaus auf der Insel Hombroich (Architekt: Tadao Ando), das Phaeno Science Center in Wolfsburg (Architektin: Zaha Hadid), oder in München die Pinakothek der Moderne (Architekt: Stefan Braunfels) und die Hochschule für Fernsehen und Film mit dem Ägyptischen Museum (Architekt: Peter Böhm) zeigen das schier unendlich große Spektrum des Sichtbetons hinsichtlich Gestaltungsmöglichkeiten in den Bereichen Formen, Farben und Strukturen. Und diese herausragenden Bauwerke geben ein Versprechen an Ästhetik und Gestaltungsmöglichkeit (vergleichbar einem gießbaren Marmor), welches in der realen Bauwelt häufig nicht gehalten werden kann. Allzu oft entspricht das Ergebnis von Sichtbetonbauwerken nicht den Wünschen und Anforderungen des Bauherren und der Planer. Die Enttäuschung macht sich dabei nicht nur an subjektiven Kriterien des Erscheinungsbildes fest, sondern auch an objektiv erfassbaren Mängeln, die Nachbesserungen notwendig machen – so wird aus dem Sichtbetonbauteil für alle am Bau beteiligten häufig eine Klagemauer.

Mit dem Erscheinen des aktuellen Merkblattes „Sichtbeton“ des Deutschen Beton- und Bautechnikvereins können das von den Beteiligten häufig nur schwer zu vermittelnde gewünschte Qualitätsniveau des Sichtbetons im Vorfeld einer Baumaßnahme durch Vorgaben von Sichtbetonklassen definieren. Nach der Erstellung des Sichtbetonbauwerks können möglicherweise subjektiv empfundene Unzulänglichkeiten an klar definierten Anforderungen überprüft werden. Die maßgebenden Ziele des Merkblatts und die daraus abzuleitenden Anforderungen an Sichtbetonteile werden im Rahmen dieses Vortrags hinsichtlich der betontechnologischen und ausführungstechnischen Belange vorgestellt. Ferner werden aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse aus dem Bereich des Sichtbetons kurz vorgestellt.

Die nachfolgenden Ausführungen zeigen, dass Sichtbeton in erster Linie Teamwork zwischen Bauherr, Planer, Betontechnologen und Ausführer ist. Nur bei optimaler Abstimmung und Vernetzung aller Beteiligten können Ergebnisse erzielt werden, die den hohen Ansprüchen an Sichtbetonoberflächen gerecht werden. Wichtig dabei ist, dass sich das Team in einer möglichst frühen Planungsphase findet und nicht erst, nachdem ein Teil der Sichtbetonflächen mit nicht zufrieden stellendem Ergebnis erstellt wurde. Ästhetisch ansprechende Sichtbetonflächen bedürfen einer intensiven Vorplanung und Betreuung der Ausführung, wie die nachfolgenden Ausführungen belegen – fehlt dies bei einem Bauvorhaben, so können auch umfangreiche Sichtbeton-Kosmetik-Arbeiten das Ergebnis nicht mehr retten.

2. Das DBV-Merkblatt „Sichtbeton“

Das im August 2004 erschienene DBV-Merkblatt schließt die Lücke, die durch das Fehlen einer eindeutigen Normenregelung und Definition zur Technologie des Sichtbetons bis dato klaffte. Als Sichtbeton werden im Merkblatt solche Betonflächen, oder genauer, solche Ansichtsflächen aus Beton bezeichnet, an die – allgemein formuliert – Anforderungen an das Aussehen gestellt werden. Diese Ansichtsflächen sind nach der Fertigstellung sichtbarer Teil des Betonbauteils, der die Merkmale der Gestaltung und der Herstellung erkennen lässt. Hierzu gehören insbesondere die Textur der Fläche, d. h. deren geometrische Gestalt als Abweichung von der planen Ebene, die Porigkeit, die Farbtongleichmäßigkeit, die Ebenheit sowie die Qualität der Arbeits- und Schalhautfugen. Durch diese Merkmale wird die architektonische Wirkung eines „Sichtbeton“- Bauteils oder -Bauwerks maßgeblich bestimmt [12].

Wegen dieser Zusammenhänge werden im DBV-Merkblatt vier **Sichtbetonklassen** SB 1 bis SB 4 definiert (Tabelle 1). Aus dieser Definition von Sichtbetonklassen ergeben sich Anforderungen an die Textur, die Porigkeit, an die Farbtongleichmäßigkeit, die Ebenheit sowie an die Qualität von Arbeits- und Schalhautfugen. Diese Anforderungen sind wieder in einzelne Klassen, z.B. P 1 für die Porigkeitsanforderung, siehe Tabelle 2. Weitere Anforderungen betreffen Erprobungsflächen und die Qualität der Schalhaut.

Beispielhaft werden in Kapitel 5.5 (Seite 10) für die Porigkeit (Tabelle 3) und die Farbtongleichmäßigkeit (Tabelle 4) die Vorgaben des Merkblatts dargestellt und die daraus gestellten Anforderungen an die Ausführung zusammengestellt.

Das Ziel dieses Merkblattes besteht somit darin, durch die Vorgabe von „Sichtbetonklassen“ im Sinne der Tabelle 1 die häufig unterschiedlichen Anforderungen der am Bau Beteiligten (v.a. Bauherr, Planer, Ausführer) an das anzustrebende Qualitätsniveau des Sichtbetons quantifizierbar zu machen und damit den Dialog der Beteiligten zu fördern. Die Wahl einer Sichtbetonklasse hat unmittelbare Auswirkungen für die Planung, die Ausschreibung, die Baustoffwahl, die Kosten sowie für die Ausführung. Bei der abschließenden Abnahme ist festzustellen, ob die vertraglich vereinbarte Beschaffen-

heit unter Berücksichtigung unvermeidlicher Abweichungen und des Gesamteindrucks der „Sichtbeton“-Fläche erreicht wurde [12].

Tabelle 1: Einteilung der Sichtbetonklassen [1]





Sichtbetonklassen gemäß Merkblatt Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E. V.						
Anforderungen	Sichtbeton-klasse	Beispiel	Schalhaut-klasse	Erprobungs-fläche	Kosten	Beispiel
gering	SB 1	Kellerwände oder Bereiche mit vorwiegend gewerblicher Nutzung	SHK 1	freigestellt	niedrig	
normal	SB 2	Treppenhausräume, Stützwände	SHK 2	empfohlen	mittel	
besonders	SB 3	Fassaden im Hochbau	SHK 3	dringend empfohlen	hoch	
besonders hoch	SB 4	repräsentative Bauteile im Hochbau	SHK 4	erforderlich	sehr hoch	

Tabelle 2: Sichtbetonklassen und deren Verknüpfung mit Anforderungen [1]

Sichtbeton-klasse	Anforderungen an geschalte Sichtbetonflächen bezüglich						
	Textur	Porigkeit		Farbtongleichmäßigkeit		Ebenheit	Arbeits- und Schalhaut-fugen
		saugend	nichtsaugend	saugend	nichtsaugend		
SB 1	T 1	P 1		FT 1	FT 1	E 1	AF 1
SB 2	T 2	P 2	P 1	FT 2	FT 2	E 1	AF 2
SB 3	T 3	P 3	P 2	FT 2	FT 2	E 2	AF 3
SB 4	T 4	P 4	P 3	FT 3	FT 2	E 3	AF 4

3. Auswahl des Betons

3.1. Allgemeines

Die Auswahl einer geeigneten Betonzusammensetzung ist besonders wichtig für das Gelingen einer angestrebten Sichtbetonqualität. Allerdings ist die Betonzusammensetzung nicht der alleinige Schlüssel zum Herstellen hochwertiger Sichtbetonflächen; vielmehr gibt es eine ganze Reihe weiterer Faktoren, wie die sorgfältige Auswahl der Schalung, des Trennmittels, sowie baubetriebliche Vorgaben, die einen entscheidenden Einfluss auf das Flächenergebnis haben und in der Summe durchaus überwiegen können.

Hinsichtlich der Planung der Betonzusammensetzung sei darauf hingewiesen, dass diese Teil der baubetrieblichen Arbeitsplanung des Ausführenden ist. Nach VOB C ist der Ausführende dafür verantwortlich, auch wenn von Architekten und Tragwerksplanern vertragliche Vorgaben gemacht werden (die häufig den Anforderungen der Bauaufgabe nicht gerecht werden). Die vertraglichen Vorgaben hinsichtlich Art und Auswahl des Zementes sind jedoch vom Ausführenden zu beachten.

Durch die rasante Entwicklung der Betontechnologie in den letzten Jahren ist die Vorgabe von Standard- und Eckwerten zur Betonzusammensetzung für die Herstellung hochwertiger Sichtbetonflächen nicht mehr notwendig bzw. sinnvoll, da auch höchste Flächenanforderungen mit unterschiedlichsten Betonzusammensetzungen und Frischbetoneigenschaften erreicht werden können. Aus diesem Grunde wurden bei der Neufassung des Merkblattes Sichtbeton die in den vorhergehenden Fassungen angegebenen Richtwerte zur Betonzusammensetzung gestrichen oder relativiert [2].

Dennoch lassen sich zwei Kriterien hinsichtlich der Betonzusammensetzung benennen, die für das Gelingen hochwertiger Sichtbetonflächen zwingend erforderlich sind:

- Stabilität des frischen Betons gegen Sedimentation, insbesondere Wasserabsondern;
- Ausreichend hoher Mehlkorngelalt (Zement + Feinstsand + ggf. Zusatzstoffe).

3.2. Zementart

Der Einfluss der Zementart auf die Sichtbetonqualität ist zwar nicht zur Gänze wissenschaftlich erforscht, aber aus der Erfahrung lassen sich dennoch folgende Zusammenhänge ableiten [2]:

- Zemente mit mehreren Hauptbestandteilen (z.B. CEM II) sind meist qualitätsrobuster als reine Portlandzemente (CEM I).
- Portlandzemente (CEM I) sind häufig von dunkler Färbung betroffen.
- Zemente mit moderatem Anteil zugemahlenem Hüttensands (CEM II/A-S, CEM II/B-S) ergeben oft sehr gute Flächenergebnisse und sehr helle Farbtönung. Ab Hüttensandgehalten > 20 % können die Zemente eine bläulich bis türkisfarbene Färbung zeigen.

- Positive Ergebnisse liegen ebenfalls für CEM II-Zemente mit zugemahlenem Kalksteintmehl (CEM II/A-LL und CEM II/B-LL) vor.
- Beim Einsatz von Steinkohlenflugasche als Zusatzstoff ist zu beachten, dass die Flächen meist etwas dunkler werden. Außerdem erhöht sich die Gefahr von Farbunterschieden.
- Durch den Einsatz von Zementen mit mehreren Hauptbestandteilen (CEM II bzw. CEM III) oder der Mischung von Zementen verschiedener Zementfestigkeitsklassen kann auf baubetriebliche Anforderungen (z.B. Ausschallfristen) und dem jahreszeitlichen Verlauf des Baufortschritts eingegangen werden. So kann z.B. bei einer Mischung von CEM II-S 32,5 und CEM II-S 42,5 der Mischungsanteil im Sommer zugunsten des CEM 32,5 und im Winter zugunsten des CEM 42,5 angepasst werden.

Um im Vorfeld der Ausführung zu überprüfen, ob eine Zementart prinzipiell für die Herstellung von Sichtbeton geeignet ist, empfiehlt sich ein einfacher Sedimentationsversuch. Betone, die Wasser absondern, sollten nicht eingesetzt werden.

3.3. Gesteinskörnung

Der Farbton des Sichtbetons von unbehandelten Sichtbetonflächen wird kaum von der Farbe der Gesteinskörnung beeinflusst. Erst durch Bearbeitung der Betonoberfläche kommt der Farbe der Gesteinskörnung eine besondere Bedeutung zu (siehe Kapitel 7).

Entscheidend für die Einbaubarkeit des Betons ist dessen Größtkorn. Im Hochbau wird Sichtbeton üblicherweise mit einem Größtkorn von 16 mm verarbeitet. An stark bewehrten Bauteilen oder als Anschlussmischung für Wandbauteile sind Betone mit 11 mm Größtkorn den sand- und zementreichen Betonen mit einem Größtkorn von 8 mm vorzuziehen. Werden Betone mit unterschiedlichen Größtkörnern in einem Bauteil eingesetzt (z.B. als Anschlussmischung), so sollten die Betone mit dem gleichen w/z-Wert konzipiert werden, um Abweichungen in der Farbtönung zu vermeiden [2].

3.4. Konsistenz des Frischbetons

Hinsichtlich der Konsistenz des Frischbetons gibt das Merkblatt Sichtbeton [1] keine festen Vorgaben. Es wird lediglich empfohlen, eine Konsistenz im Übergangsbereich von plastisch zu weich zu wählen (F2/F3). Dem Ausführenden stehen aber auch sog. Leichtverdichtbare Betone (LVB) in den Konsistenzklassen F4 bis F6 (die von Betonherstellern offensiv beworben werden) und Selbstverdichtende Betone (SVB) zur Auswahl. Beim SVB ist allerdings ein deutlich erhöhter Prüfungs- und Überwachungsaufwand zu berücksichtigen. Auch sind einige SVB-Rezepturen empfindlich hinsichtlich des Wasserhaushaltes, weshalb erhöhte Anforderungen an die Dosiergenauigkeit gestellt werden.

Beim Einsatz von Leichtverdichtbaren Betonen und von Fließmitteln auf PCE-Basis sind bei großvolumigen und horizontalen Bauteilen (z.B. Geschossdecken) kaum Verdichtungsarbeiten erforderlich. Bei Stützen- und Wandbauteilen ist bei Verwendung von LVB-Betonen bei unzureichender Verdich-

tung das Auftreten großer Luftporen möglich, weshalb (infolge der vibrationsdämpfenden Wirkung des Betons) die Eintauchabstände der Innenrüttler verringert werden sollten [2], [9].

3.5. Betonzusammensetzung

Die Betonzusammensetzung hat so zu erfolgen, dass die Konsistenz und das Größtkorn dem Einbauverfahren und der Bauteilgeometrie angepasst sind und sich der Beton beim Einbau und Verdichten nicht entmischt und kein Wasser absondert. Auf eine gleich bleibende Zusammensetzung und Konsistenz des Betons ist besonders zu achten.

Das DBV-Merkblatt gibt folgende Hinweise, welche Maßnahmen sich in der Praxis bewährt haben:

- Einsatz von qualitätsrobusten Betonen (Betonsorten, die bei geringfügigen Schwankungen in den Ausgangsstoffen und in der Homogenität keine wesentlichen Änderungen der Oberfläche hervorrufen).
- Verwendung von Betonen mit ausreichendem Mehlkorngesamt (Verringerung der Sedimentation und Wasserabsonderung).
- Betone mit hohem Mörtel- und Leimgehalt.
- Begrenzung des Wasserzementwertes auf $w/z \leq 0,55$ bei geringen Schwankungen des w/z -Wertes.
- Kein Einsatz von Restwasser und Restbeton.
- Verzicht auf die in DIN EN 206- und DIN 1045-2 zulässigen Variationen der Betonzusammensetzung, um Farbtongleichmäßigkeit zu gewährleisten.
- Kein Wechsel der Ausgangsstoffe während des Baufortschrittes.
- Abstimmung mit dem Betonhersteller hinsichtlich der Anlieferung des Betons, der verlängerten Mischzeiten (mind. 60 sec.), genaues Einhalten der Konsistenz und deren verstärkte Kontrolle und hinsichtlich der Maßnahmen beim Ausfall des Lieferwerks.

4. Farbiger Beton

Durch Zugabe von Farbpigmenten kann die Farbe des Zementsteins im Beton gezielt verändert werden und so optisch anspruchsvolle Betonoberflächen geschaffen werden, da bei geschalteten Betonoberflächen ohne weitere Nachbearbeitungen die Farbe des Zementsteins die Oberflächenfarbe des Betonbauteils bestimmt. Bekannte Pigmente zur Betoneinfärbung sind [8]

- **Eisenoxide:** Dies sind die am häufigsten eingesetzten Pigmente zur Betoneinfärbung. Es gibt sie in den Grundfarben Rot, Gelb und Schwarz. Die Pigmenthersteller und Lieferanten fertigen aber auch Mischungen z.B. in den Farben Beige, Orange und Braun an.
- **Chromoxid:** Dieses Pigment wird standardmäßig zur Grüneinfärbung von Beton verwendet.

- **Titandioxid:** Dieses weiße Pigment dient zur Aufhellung von grauem und farbigem Beton oder zur Unterstützung der Helligkeit von Beton, der mit Weißzement hergestellt wird. Die Kosten hierfür sind nicht unerheblich.
- **Kobaltaluminiumoxid:** Dieses Pigment dient zur Blaufärbung von Beton.

Die Auswahl des Farbtons wird durch sog. Farbtankarten der Pigmenthersteller, siehe Bild 1, links, erleichtert. Es können durch die Pigmenthersteller in Absprache mit dem Zementhersteller nahezu alle Farbtöne und Farbintensitäten eingestellt werden, wobei der Farbton des Betons auch stark vom Farbton des Zementes und bei einer Oberflächenbearbeitung auch von der Farbe und Zusammensetzung der Gesteinskörnung abhängt.

Helle und brillante Betonfarben sind unter Verwendung von Weißzement und hellem Sand zu erzielen. Dabei ist zu beachten, dass durch die Zugabe von Titandioxid kein Weißzement zu erreichen ist. Selbst bei extrem hohen Titandioxid-Dosierungen wird der Zementstein bestenfalls hellgrau, siehe Bild 1, rechts. Wenn Weißzement zur FarbtonEinstellung nicht erforderlich ist, können preislich günstigere graue Zemente zum Einsatz kommen. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass diese Zemente unterschiedliche Helligkeiten, zum Teil auch unterschiedliche Farbnuancen aufweisen [4].



Bild 1: links: Einfluss der Zementfarbe auf den Farbton; rechts: Mustersteine mit Titandioxid-Aufhellung [4]

Doch nicht nur der Farbton, sondern auch die Farbintensität soll mit den Vorstellungen des Bauherren und Planers übereinstimmen. Die Intensität des Farbpigments lässt sich über die Zugabemenge steuern. Da das Pigment, mikroskopisch betrachtet, den Zementstein einfärbt, werden dessen Dosiermengen auf den im Beton vorhandenen Zementgehalt bezogen (Masseprozent). Pigmente sind sehr viel feiner als Zement und besitzen daher eine wesentlich größere Oberfläche. Bei Verwendung einer geringen Pigmentmenge bis rd.1 % wird nur eine schwache Einfärbung bzw. nur ein Pastell-Farbton erzielt. Besonders intensiv werden die Farben ab einer Dosiermenge von 5 %. Eine Farbsättigung tritt abhängig von dem Pigmenttyp zwischen 7 % und 10 % ein. Mehr als 10 % Pigment sollten dem Beton nach DIN EN 12818 nicht zugesetzt werden [4].

Zu empfehlen ist die Erstellung einer Erprobungsfläche unter Verwendung der tatsächlich zum Einsatz kommenden Ausgangsstoffe (Gesteinskörnung, Zement), da die im Betonwerk eingesetzten Sande und der Zement möglicherweise von denen des Urfarbmusters farblich differieren. Um bei der Ausführung Farbunterschiede infolge Dosierungsschwankungen der Pigmente zu vermeiden, sollten

leichter zu dosierende Flüssigfarben verwendet werden. Auch sollten die im DBV-Merkblatt genannten Herstellungsregeln besonders beachtet werden, um Schwankungen im Farbton auf ein Minimum zu reduzieren. Dazu sind möglichst konstante Vorgehensweisen beim Betonieren notwendig, wie etwa konstante, gleichmäßige Schalung zu verwenden oder das Betonieren immer zur gleichen Tageszeit – im Sommer z.B. durchgängig nur früh morgens vor dem Beginn großer Hitzeeinwirkung – einzuplanen [4].

Als nachträgliche farbliche Bearbeitung einer Betonfläche kommt nur eine Farblasur in Frage. Hierbei werden Farbpigmente dauerhaft in die Betonoberfläche eingearbeitet. Auch hierzu eignen sich helle oder weiße Betonflächen in der Regel besser als dunklere Ausgangsflächen. Lasuren werden durch Fachbetriebe ausgeführt. Das Farbergebnis muss an Erprobungsflächen entwickelt werden. Lasuren eignen sich auch zur Nachbesserung von Abweichungen an glatten Sichtbetonflächen [6].

5. Ausführung von Sichtbetonflächen

5.1. Schalung und Trennmittel

Die Thematik Schalung und Trennmittel wird im nachfolgenden Beitrag von Herrn Prof. Dr.-Ing. Roland Schmitt behandelt.

Es sei lediglich darauf hingewiesen, dass es häufig zu Interaktionen zwischen Schalung und Beton bzw. Trennmittel und Beton kommt, die das optische Ergebnis der Sichtbetonqualität deutlich schmälern. Derzeit wird im Baustofflabor an der Hochschule München in Zusammenarbeit mit der BetonMarketing Süd der Einfluss von frischem Schalholz auf die Betoneigenschaften im Rahmen einer Bachelorarbeit untersucht. Weitere Information hierzu werden im Vortrag dargelegt.

5.2. Bewehrung

Hinsichtlich der Bewehrung sind bei Sichtbetonbauteilen einige Besonderheiten zu beachten. Hier sind zunächst **Abstandhalter** zu nennen: Abstandhalter aus Kunststoff oder anderen Materialien, wie sie meist im Hochbau verwendet werden, sind nicht unbedingt geeignet für Sichtbetonflächen. Bewährt haben sich Abstandhalter aus Faserzement mit möglichst kleinen, runden Aufstandspunkten. Die Eignung der Abstandhalter sollte anhand der Erprobungsfläche ermittelt werden [2].

Die Bewehrungsarbeiten an **Sichtbetonunterseiten** erfordern eine besondere Sorgfalt der Planung und der Arbeiten. So sind die Abstandhalter mit besonderer Aufmerksamkeit auszuwählen – hier zeigen sich im Alltag häufig Mängel durch ungeeignete Abstandhalter oder den falschen Einbau geeigneter Abstandhalter.

Häufig sind bräunliche Rostflecken Grund für Beanstandungen. Diese rühren vom Abrieseln der Flugrostschicht beim Verlegen der Bewehrung oder vom Abtropfen von Niederschlagwasser von den Bewehrungsstäben her. Die Rostpartikel haften dann auf dem öligen Trennmittelfilm und sind auch mit

Druckluftreinigung nicht mehr zu entfernen. Beim Betonieren schiebt der eingebrachte Beton die Rostpartikel vor sich her, wodurch sich die Rostpartikel in bestimmten Bereichen aufkonzentrieren und dort durch mehr oder weniger intensive Braunverfärbungen sichtbar bleiben [2]. Das DBV-Merkblatt Sichtbeton zählt Rostverfärbungen an Untersichten zu den „nur eingeschränkt“ vermeidbaren Abweichungen – z.B. durch den Einsatz verzinkter Bewehrung. Dies muss dem Planer und Ausführenden bewusst sein.

Verschmutzungen an den Untersichten sind nur durch intensive Planung von Arbeitsabläufen zu vermeiden. So sollten z.B. entsprechende Deckenschalhäute für den „Transitverkehr“ auf der Baustelle gesperrt werden. Betreten sollten die entsprechenden Flächen nur Personen mit Filzüberschuhen. Die Flächen sind für Lagerung von Material zu sperren und nach Verlegung der Bewehrung sollten die Flächen möglichst wenig begangen werden. Weiterhin ist die Verwendung von Trennmittel mit nicht klebendem Trennfilm hilfreich [2].

5.3. Ausschalfristen und Nachbehandlung

In der aktuellen DIN 1045 finden sich keine normativen Vorgaben zu den Ausschalfristen. Es liegt allein in der Verantwortung der technischen Bauleitung, den Ausschalzeitpunkt eines Betonbauteils festzulegen.

Für den Schutz der Sichtbetonoberfläche (z.B. vor nachfolgende Gewerken und „Schmierereien“) wäre es eigentlich sinnvoll, die Bauteile möglichst lange Zeit eingeschalt zu lassen, v.a. bei der Verwendung von sog. Einmalschalungen. Allerdings neigen lang eingeschaltete Bauteile zur Dunkelfärbung (siehe Kapitel 6.3). Insofern sollten Sichtbetonflächen möglichst frühzeitig ausgeschalt werden [2].

Junge und ausgeschaltete Sichtbetonflächen sollten nicht in Kontakt mit flüssigem Wasser (Niederschlagswasser, Kondenswasser) kommen, um Verfärbungen zu vermeiden. Insofern kommt als Nachbehandlung nur ein Verdunstungsschutz in Frage, der üblicherweise durch Einhausung des Bauteils mit PE-Folie sichergestellt wird. Dabei ist darauf zu achten, dass zum einen ein gewisser Luftaustausch mit der Umgebung stattfindet (verringert Kondenswasserbildung) und zum anderen das Anliegen der Folie vermieden wird. Dies wird durch Hilfskonstruktionen sichergestellt, die die Folie mit einigen Zentimetern Abstand zu Bauteiloberfläche halten. Zu beachten ist, dass die Hilfskonstruktion ihrerseits nicht wieder auf der Sichtbetonfläche auflagert, bzw. nur als Punkt auflagert. Die Einhausungen sind regelmäßig zu prüfen und warten, da sie empfindlich gegen Einflüsse des laufenden Baubetriebs und der Witterung (Wind, Starkregen) sind.

5.4. Schutz fertiger Flächen

Auch wenn es gelingt, eine optisch hochwertige Sichtbetonfläche herzustellen, so ist diese durch den weiteren Baufortschritt und maßgeblich nachfolgender Gewerke stark gefährdet. Dabei fehlt dem am Bau beteiligten Personal häufig das Wissen und die Einsicht über die Notwendigkeit, Sichtbeton-

flächen zu schützen und zu schonen. Die Erfahrung zeigt, dass nur handfeste Schutzmaßnahmen (Absperrungen, Abdeckungen, Beschilderung) einen sicheren Schutz der Sichtbetonfläche vor ungewollten Beschriftungen, Bohrungen und sonstigen Verunreinigungen sicherstellt.

Weitere Gefahren für die fertig gestellte Sichtbetonfläche gehen vom weiteren Baufortschritt und den Witterungseinflüssen aus. So können Stütz- und Hilfskonstruktionen gerade der Schalungen des darüber liegenden Geschosses zu Verfärbungen der fertigen Sichtbetonfläche führen. Fertige Flächen, die dem Regen ausgesetzt sein können, sind durch PE-Folien zu schützen. Dies gilt besonders für freiliegende Anschlussbewehrung, da sonst ablaufendes, rosthaltiges Niederschlagswasser Verfärbungen hervorrufen können [2].

5.5. Ausführungshinweise zum Erreichen einer vorgegebenen Sichtbetonklasse

Aus den vorhergehenden Ausführungen und den nachfolgende genannten Erkenntnissen aus Kapitel 6 können nun Ausführungshinweise gegeben werden. Im DBV-Merkblatt sind entsprechende Ausführungshinweise zur Einhaltung der Anforderungen hinsichtlich der Textur, Porigkeitsklassen, Farbtongleichmäßigkeitsklassen, Ebenheitsklassen und Schalhautklassen gegeben. In Tabelle 3 und Tabelle 4 sind die Anforderungen für die Porigkeits- und die Farbtongleichmäßigkeits-Klassen zusammengestellt.

Tabelle 3: Definition von Porigkeitsklassen und Anforderungen an die Ausführung [1], [9]

Porigkeit	maximaler Porenanteil in [mm ²] ¹⁾	Anforderungen an die Ausführung
P 1	rd. 3000	Aufwand wie bei DIN 1045 üblich
P 2	rd. 2250	wie Klasse P 1, zusätzlich <ul style="list-style-type: none"> ▪ Betonsorte, Trennmittel und Schalhaut aufeinander abstimmen ▪ Gleiche Art und Vorbehandlung der Schalhaut sicherstellen ▪ Sauberkeit der Schalung und dünnen, gleichmäßigen Trennmittelauftrag sicherstellen ▪ Erprobungsfläche empfohlen
P 3	rd. 1500	wie Klasse P 2, zusätzlich <ul style="list-style-type: none"> ▪ Besondere Sorgfalt beim Betonieren im Bereich unterschrittenen Schalungen, Deckenschalungen, horizontalen Kanten von Leisten und Einbauteilen erforderlich ▪ Wechsel der Betonzusammensetzung bzw. der Betonausgangsstoffe ausschließen ▪ Verwendung von Restwasser und Restbeton ausschließen ▪ Nachverdichten der obersten Betonierlage ▪ mind. 2 Erprobungsflächen vorsehen
P 4	rd. 750 ²⁾	wie Klasse P 3, zusätzlich <ul style="list-style-type: none"> ▪ besondere Sorgfalt beim Betonieren im Bereich von horizontalen Kanten von Leisten und Einbauteilen erforderlich ▪ keine unterschrittenen Schalungen, Deckenschalungen vorsehen ▪ mind. 2 Erprobungsflächen vorsehen

1) Porenanteil in mm² der Poren mit Durchmesser d in den Grenzen 2 mm < d < 15 mm (je Prüffläche 500 * 500 mm²)

2.) 750 mm² entsprechen 0,30 % der Prüffläche (500 * 500 mm²)

Tabelle 4: Anforderungen an die Ausführung in Abhängigkeit von der Farbtongleichmäßigkeits-Klasse [1]

Farbtongleichmäßigkeit	Anforderungen	Anforderungen an die Ausführung
FT 1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hell- und Dunkelverfärbungen sind zulässig ▪ Rost- und Schmutzflecken sind unzulässig 	Aufwand wie bei DIN 1045 üblich
FT 2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gleichmäßige, großflächige Hell- / Dunkelverfärbungen sind zulässig ▪ Rost- und Schmutzflecken sind unzulässig ▪ Unterschiedliche Arten und Vorbehandlung der Schalhaut sowie Ausgangsstoffe verschiedener Art und Herkunft sind unzulässig 	wie Klasse FT 1, zusätzlich <ul style="list-style-type: none"> ▪ Betonsorte, Trennmittel und Schalhaut aufeinander abstimmen ▪ Gleiche Art und Vorbehandlung der Schalhaut sicherstellen ▪ Sauberkeit der Schalung und dünnen, gleichmäßigen Trennmittelauftrag sicherstellen ▪ Wechsel der Betonzusammensetzung bzw. der Betonausgangsstoffe ausschließen ▪ Verwendung von Restwasser und Restbeton ausschließen ▪ Mischdauer je Charge mind. 60 sec ▪ Lieferung in zusammenhängende Bauteile jeweils nur aus einer Produktionsstätte (Lieferwerk) ▪ Ggf. mehrere Erprobungsflächen vorsehen
FT 3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Großflächige Verfärbungen, verursacht durch Ausgangsstoffe verschiedener Art und Herkunft, unterschiedlicher Art und Vorbereitung der Schalhaut, ungeeignete Nachbehandlung des Betons sind unzulässig ▪ Zulässig sind geringe Hell- / Dunkelverfärbungen (z.B. leichte Wolkenbildung, geringe Farbtonabweichungen) ▪ Unzulässig sind Rost- und Schmutzflecken, deutlich sichtbare Schüttlagen sowie Verfärbungen, verursacht durch Nichteinhaltung der Vorgaben der rechten Spalte dieser Tabelle ▪ Auswahl eines besonderen und geeigneten Trennmittels erforderlich ▪ 1) 	wie Klasse FT 2, zusätzlich <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bauzeitenplanung muss witterungsbedingte Einschränkungen / Verzögerungen vorsehen ▪ Bauteilgeometrie und Bewehrungsführung müssen so geplant sein, dass eine einfache und zügige Betonage möglich ist. Schütt- und Rüttelöffnungen in gleichmäßigen Abständen sind vom Planer vorzusehen ▪ Bewehrungsführung, Schütt- und Rüttelöffnungen sind so zu planen, dass das Berühren von Schalung und Bewehrung mit dem Innenrüttler weitgehend vermieden werden kann ▪ Schalungsstöße, Durchbindungen und Aufstandsflächen sind gegen das Auslaufen von Zementleim abzudichten. Die Art der Abdichtung ist vom Planer festzulegen. ▪ Betondeckung c_{nom} von mind. 30 mm vorsehen. ▪ Komplizierte Bauteilgeometrien vermeiden, Schalungsanker müssen gleichmäßig angezogen werden können ▪ Aufstellen eines Qualitätssicherungsplans mit Einzelheiten zu Material, Ausführung und Überwachung ▪ Kein Betonieren bei starken Regenfällen ▪ Spülwasserkontrolle vor der Beladung eines jeden Fahrmischers durchführen ▪ Mehrere Erprobungsflächen vorsehen ▪ Einhaltung der Wasserzementwertes auf $\pm 0,02$ genau, bzw. Einhaltung der Ausgangskonsistenz a_{10} auf ± 20 mm genau

1) Farbunterschiede und Verfärbungen sind auch bei größter handwerklicher Sorgfalt und bei Einhaltung der Vorgaben der rechten Spalte dieser Tabelle nicht gänzlich auszuschließen

6. Verfärbungen und Ausblühungen

6.1. Allgemeines

Der Farbton der Ansichtsfläche nach dem Ausschalen wird durch die Zusammensetzung des Betons, ihre Wechselwirkungen mit der Schalhaut und die Witterungsbedingungen bestimmt. Der Farbton vergleichmäßig sich im Laufe der weiteren Erhärtung und Austrocknung. In dieser Phase können temporäre und bleibende Verfärbungen an der Betonoberfläche auftreten [1].

6.2. Kalkausblühungen

Bei Kalkausblühungen handelt es sich um meist hauchdünne schleierartige weiße oder auch bräunliche Beläge auf der Betonoberfläche, die dadurch zustande kommen, dass im Beton befindliches freies Calciumhydroxid, das beim Abbinden des Zementes entsteht, durch Feuchtigkeit an die Betonoberfläche wandert und dort mit Kohlendioxid aus der Luft zu dem weißen Kalkschleier reagiert. Dieser weiße Kalkschleier bedeckt die Betonoberfläche und „verschleiert“ dann die darunter befindliche eigentliche Betonfarbe.

Ob es nun zu Ausblühungen kommt, hängt mit der Porosität des Betons zusammen, die wiederum durch den Hydratationsgrad und somit durch die Betonrezeptur, die Temperatur und insbesondere durch den Wasserhaushalt beeinflusst werden. Ausblühungen werden durch kalte und feuchte Witterungen begünstigt und sind in jungem Alter relativ häufig. Während sie auf hellen Sichtbetonflächen kaum auffallen, sind insbesondere bei schwarzen Oberflächen deutliche Veränderungen erkennbar. Ausblühungen sind baustoffbedingt und stellen keine technische Einschränkung dar [2], [8].

Da Ausblühungen nahezu wasserunlöslich sind, helfen i.A. nur mechanisch unterstützte Reinigungsverfahren, wodurch die Oberfläche rauer und optisch dunkler erscheint. Auch können oberflächennahe Poren geöffnet werden. Je nach Bauteil können raue Spülschwämme, Bearbeitung mit Foamglas, handgeführte elektrische Geräte und/oder großflächiges Strahlen zum Einsatz kommen [2]. Weiterführende Informationen sind auch in [5] zu finden.

6.3. Dunkelverfärbungen

Insbesondere bei Betonoberflächen, die in Ortbetonbauweise mit glatter, nicht saugender Schalung hergestellt worden sind, treten immer wieder unerwünschte Farberscheinungen, wie Schwarzverfärbungen, Wolkenbildungen oder Marmorierungen auf. Im Rahmen eines koordinierten Forschungsvorhabens (AIF), u.a. an der TU München, wurden die maßgeblichen Ursachen dieser Dunkelverfärbungen erforscht. Dabei wurden der Einfluss der Betonoberflächenstruktur bzw. -textur auf die Farberscheinungen an Sichtbetonoberflächen sowie der Einfluss der Umgebungsbedingungen und der daraus resultierenden Transport- und Kristallisationsmechanismen untersucht. Nachfolgend werden die maßgebenden Erkenntnisse vorgestellt [7].

Untersuchungen zum tiefenabhängigen Gefüge von Bauwerksproben zeigten, dass an den dunkel verfärbten Stellen ein dichteres und kompakteres Gefüge an der Oberfläche mit einer Tiefenausdehnung von rd. 200 µm vorliegt. Die Oberflächenstruktur an den dunkel verfärbten Bereichen ist im Vergleich zu den hellen Bereichen deutlich ebener (glatter), größere Porenausgänge sind nicht erkennbar.

Der Mineralbestand an der Oberfläche der hellen und dunklen Bereiche wurde mit Hilfe der Energie-dispersiven-Röntgenanalytik (EDX) bestimmt. Während sich auf der Oberfläche des dunklen Bereichs mehr kristallines Calcit (CaCO_3) bildete, trat auf der hellen Oberfläche deutlich mehr kristallines Quarz (SiO_2) auf, was auf eine verstärkte Ablagerung von CaCO_3 in den dunkel verfärbten Bereichen schließen lässt. Da die Oberfläche eines Körpers umso dunkler erscheint, je glatter die Oberfläche ist (diffuse Reflektion) und die dunklen Bereiche durch die Kalkablagerungen deutlich ebener (glatter) sind, erscheint deren Oberfläche somit dunkler (auch wenn sich Kalk abgelagert hat).

Dies bedeutet bautechnisch, dass bei der Betonage im Sommer die Gefahr von Dunkelverfärbungen bei hohen Luftfeuchten zunimmt, da die Verdunstungsebene zur Betonoberfläche hin verschoben wird, wodurch Kalk an der Betonoberfläche ausfällt. Das Betonieren bei tiefen Temperaturen verstärkt diesen Prozess, insbesondere bei hohen Luftfeuchten. Wohingegen Windeinwirkung nach dem Ausschalen die Sichtbetonqualität hinsichtlich Dunkelverfärbung verbessert.

Bei den hellen Bereichen verdunstet Wasser bereits wenige Zehntelmillimeter unterhalb der Betonoberfläche, wodurch CaCO_3 im Bauteilinneren ausfällt. Erst das Verschieben der Verdunstungsfront an die Betonoberfläche durch tiefe Temperaturen, hohe Luftfeuchtigkeiten und Windstille führt zu einem Ausfall von CaCO_3 an der Betonoberfläche mit einhergehender Dunkelverfärbung vgl. Bild 2.

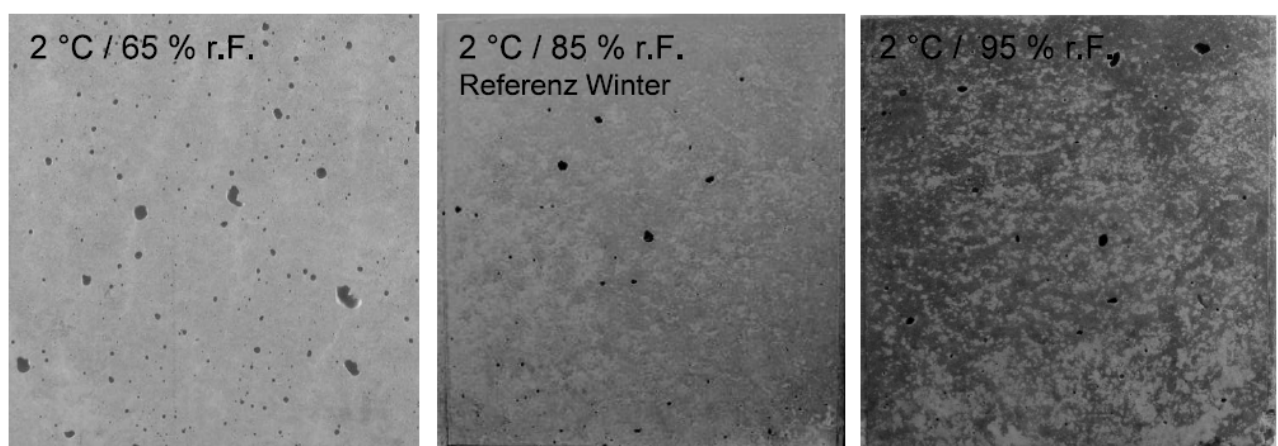


Bild 2: Einfluss der Luftfeuchte der Umgebung auf die Dunkelfärbung der Betonoberfläche: links: 65 % r.F.; Mitte: 85 % r.F. rechts: 95 % r.F. [7]

6.4. Blau- und Grünverfärbungen

Bei Verwendung von CEM-III-Zementen (Hochofenzement) und nichtsaugender Schalung können nach dem Ausschalen Grün- bis Blauverfärbungen auftreten. Hier sind besonders Zemente mit einem

Hüttensandgehalt ab 20 % betroffen. Im Allgemeinen verblässen die Verfärbungen nach dem Ausschalen innerhalb von Stunden oder Tagen. Je nach Betonzusammensetzung, Luftaustausch und Witterungsbedingungen kann dieser Vorgang auch einige Monate in Anspruch nehmen [1].

6.5. Gelb- und Braunverfärbungen

Die Ursachen solcher Verfärbungen können sein:

- Rostablagerungen der Bewehrung bei horizontalen oder geneigten Bauteilen,
- Rostablagerungen von Stahlgurtungen beim stapelförmigen Lagern von Schalungselementen,
- Verharzungen des Trennmittels,
- Blütenstaubablagerungen auf der Schalung,
- fehlerhafte Beschichtung der Schalung, z. B. bei einem unzureichend ausgehärteten Phenolharzfilm,
- nicht ausreichend resistente Phenolharze der Schalung, die bei kurzzeitiger UV-Strahlung, Wasser- oder Alkalieinwirkung empfindlicher werden,
- nicht farbechte Pigmente in der Deckbeschichtung der Schalungsplatte.

Darüber hinaus können auch Kombinationen aus diesen Einzeleinflüssen Ursache für Gelb- und Braunverfärbungen sein [1], [10].

7. Oberflächenbearbeitung

7.1. Gestaltung durch die Schalung

Die Gestaltungsmöglichkeiten, die durch die Wahl der Schalung erreicht werden, sind im nachfolgenden Beitrag von Herrn Prof. Dr.-Ing. Roland Schmitt dargelegt. Dieser Beitrag behandelt nachfolgend lediglich die Techniken der Flächengestaltung durch Oberflächenbearbeitung.

7.2. Waschbetonflächen

Waschbetonoberflächen wurden v.a in den 1960er bis 1980er Jahren häufig eingesetzt. Der Einsatz in der Architektur war anschließend weitgehend verpönt. Heutzutage wird Waschbeton zur Generierung von Flächenbildern mit geringen Auswaschtiefen wieder vermehrt eingesetzt. Als Waschbeton werden Betonflächen bezeichnet, an denen das Erhärten der Mörtelmatrix an der Oberfläche stark verzögert und diese nach dem Erhärten des Kernbetons durch Abwaschen entfernt wird. Dabei wird die Kornstruktur sichtbar [6].

Die Verzögerung der Betonerhärtung an der Oberfläche erfolgt durch Erstarrungsverzögerer, der entweder als Paste auf die Schalung aufgegeben wird oder der auf einer getränkten Folie in die Schalung eingelegt wird (horizontale Schalung). Anschließend wird der frische Beton herkömmlich eingebracht. Durch den eingebrachten Verzögerer bleibt die Betonoberfläche nach dem Ausschalen noch

leicht auswaschbar. Die Auswaschtiefen können sehr genau variiert werden und bewegen sich je nach Korngröße üblicherweise zwischen etwa einem und sechs Millimetern [11].

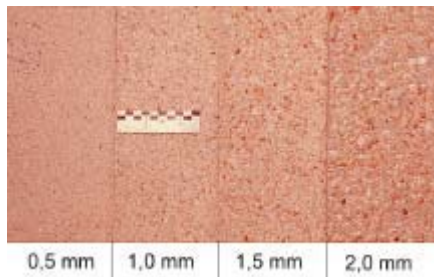
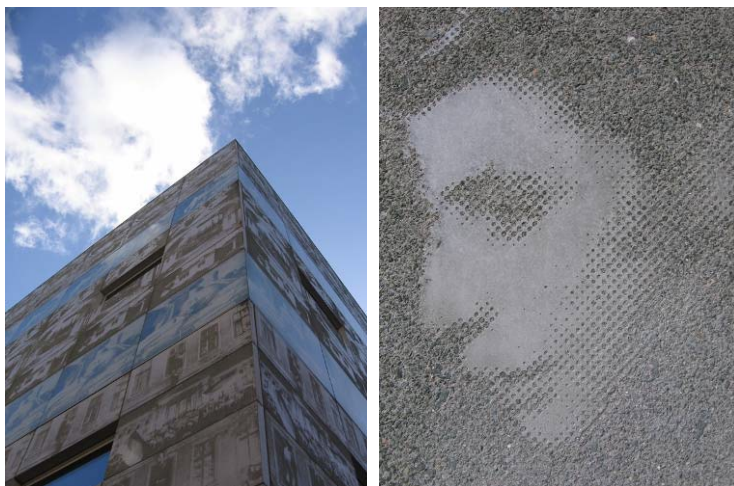


Bild 3: Feingewaschene Oberflächen mit Waschtiefen von 0,5/1,0/1,5 und 2,0 mm mit gleicher Rezeptur[11]

Da das Aussehen der fertigen Flächen nur bei liegender Herstellung der Betonteile steuerbar ist, sind qualitativ hochwertige Waschbetone nur als Betonfertigteile technisch sinnvoll herstellbar.

7.3. Fotobeton

Eine Sonderform des Waschbetons ist der so genannte Fotobeton. Bei dieser Technik wird ein Foto nach Erfahrungswerten in Rauigkeiten (Auswaschtiefen) umgesetzt, die an einer im Ursprung glatten Betonfläche bildgebende Grautonabstufungen erzeugen. Dies erfordert eine sehr genaue, mechanisierte Dosierung des Oberflächenverzögerers auf eine Trägerfolie. Das Verzögererprofil erzeugt aufgrund der unterschiedlichen Auftragsdicken und den daraus resultierenden Auswaschtiefen an der Betonoberfläche das ursprüngliche Bild. Die präparierte Trägerfolie wird überbetoniert und die verzögerte Fläche nach dem Erhärten des Bauteils gewaschen [6].



*Bild 4: Fotobetonfassade der Bibliothek der Fachhochschule Eberswalde
(www.swissmade-architecture.com)*

7.4. Gesäuerte Oberflächen

Durch den Einsatz von lösenden Säuren an der Betonoberfläche kann ein ähnlicher Oberflächeneffekt wie beim Waschbeton erzielt werden. Dabei wird die Abtragstiefe durch die Intensität der Säurean-

wendung gesteuert. Die Säure löst den Zementstein, der mit mechanischer Unterstützung (Bürste, scharfer Wasserstrahl) abgewaschen werden kann. Säureanwendungen ergeben verhältnismäßig geringe, gut steuerbare Texturtiefen. Der Farbausdruck einer gesäuerten Fläche wird vor allem durch die sichtbaren Gesteinskörner bestimmt. Gesäuerte Flächen zeigen meist eine gute Farbbrillanz, weshalb sich das Säuern vor allem für hellere Farbgestaltungen eignet. Zum Säuern werden meist organische Säuren (Zitronensäure) eingesetzt [6].

7.5. Strahlen mit festen Strahlmitteln

Die Bearbeitung von fertigen Betonoberflächen durch Strahlen mit festen Strahlmitteln ist ein verhältnismäßig preisgünstiges Verfahren zur Oberflächengestaltung. Als Strahlmittel werden überwiegend Sande eingesetzt. Die durch Sandstrahlen entstehenden Flächenergebnisse sind nur eingeschränkt prognostizierbar. Flächen, die bei der Herstellung untere, horizontale Bauteilflächen sind (Fertigteile), ergeben nach dem Strahlen ein relativ gleichmäßiges Strahlbild. Vertikale Ortbetonflächen (Stützen und Wände) ergeben im Allgemeinen kein gleichmäßiges Strahlbild, da die Gefügefestigkeit und die Kornverteilung in der Betonrandzone stark variieren. In der gestrahlten Fläche vervielfachen sich Zahl und Größe der sichtbaren Poren. [6].

Der Bearbeitung von Bauteilkanten ist bei der Planung gestrahlter Oberflächen ein besonderes Augenmerk zu lenken, da diese dauerhaft geschädigt werden können. Hier sind Vorversuche dringend anzuraten.

Da das Strahlergebnis von den handwerklichen Fertigkeiten der Ausführenden abhängt, sollte ein Personalwechsel vermieden werden. Ferner sind die Betonflächen in gleichem Betonalter zu strahlen [6].

7.6. Steinmetzmäßige Bearbeitungen

Das steinmetzmäßige Bearbeiten von Betonflächen umfasst Stocken, Scharrieren, Schleifen und Polieren und wird von spezialisierten Steinmetzbetrieben angeboten. Bei diesen Verfahren wird ein Teil der Betonrandzone entfernt - mit unterschiedlichen Ergebnissen. Die Betondeckung muss auch nach der Bearbeitung noch normgerecht eingehalten werden – darauf ist bei der Planung zu achten. Die Bearbeitung einer im Ursprung meist glatt hergestellten Betonfläche ergibt im Allgemeinen gut prognostizierbare Ergebnisse großer Gleichmäßigkeit [6].

Unter **Stocken** versteht man die Bearbeitung der Betonoberfläche mit einem Elektro- oder Drucklufthammer mit mehr oder weniger spitzen Meißeln. Je nach Werkzeugwahl können tiefe Texturen (Abtragstiefen bis zu 20 mm, auch Spitzen genannt) erzeugt oder es kann nur eine dünne Schicht entfernt werden (Feinstocken). Zur Bearbeitung eignen sich ebene Betonflächen ohne größere Fehlstellen. Risse bleiben meist auch nach der Bearbeitung sichtbar. Große Texturtiefen werden meist an Außenbauteilen hergestellt, die starken Witterungseinflüssen ausgesetzt sind. Die Oberflächenbear-

beutung egalisiert das Aussehen und macht Abwitterungen durch Frost und Niederschläge weniger erkennbar [6].

Auch beim **Feinstocken** wird das oberflächennahe Betongefüge als Bruchfläche sichtbar gemacht. Feingestockte Flächen eignen sich besonders für Innenbereiche. Es entstehen edel wirkende Flächen mit besonderer unnachahmlicher Ausstrahlung. Die Farbtönung ist meliert und kann durch die Farben von Mörtelmatrix und Gesteinskörnung gesteuert werden. Gelegentlich wird Feinstocken auch zur „Rettung“ misslungener, glatter Sichtbetonflächen eingesetzt [6].

Beim **Scharrieren** wird anstatt eines spitzen ein flacher Meißel eingesetzt. Im Flächenbild bleiben einzelne Meißelansätze sichtbar und können in der Fläche bewusst angeordnet werden. Scharrieren eignet sich für mittlere bis geringe Abtragtiefen und wird oft in Kombination mit Stocken eingesetzt, etwa zur Herstellung von Randleisten und anderen Flächenakzenten [6], [3].

Zum **Schleifen** werden handgeführte Diamantschleifplatten an Winkelschleifern eingesetzt. Das Gesteinskorn und die Betonmatrix werden geöffnet, aber nicht gebrochen. Die Oberfläche ist nach dem Schleifen meist glatter als die Ausgangsfläche und das Betongefüge ist als Anschnitt sichtbar. Die Abtragtiefe wird im Versuch ermittelt. Beim **Polieren** wird von einer geschliffenen Betonfläche ausgegangen, die mit feiner Schleifkörnung weiterbearbeitet wird. Es entstehen »spiegelglatte«, glänzende Flächen, in denen Licht reflektiert wird und sich die Umgebung spiegelt. Dieser Hochglanzeffekt ist nicht dauerhaft und baut sich etwa in Jahresfrist nach und nach ab [6].



Bild 5: Betonoberflächen: links: sandgestrahlt; Mitte: gestockt rechts: scharriert [6]

8. Zusammenfassung

Die vorliegenden Ausführungen belegen, dass die Herstellung hochwertiger Sichtbetonflächen nicht trivial ist. Es bedarf vieler einzelner Planungs- und Ausführungsschritte, um Sichtbetonbauteile nicht zu Klagemauern werden zu lassen. Hier ist zum einen das Team der am Bau Beteiligten zu nennen, deren Planung ineinander greifen muss – und die die Chance erhalten müssen, frühzeitig in das Planungsgeschehen eingreifen zu können.

Die im Merkblatt „Sichtbeton“ des DBV definierten Sichtbetonklassen beschreiben ein zu vereinbarendes und einfordersbares Qualitätsniveau der Sichtbetonfläche. Dieses Qualitätsniveau wird durch nachvollziehbare und nachmessbare Anforderungen an z.B. Textur, Porigkeit oder Farbgleichmäßigkeit beschrieben. Um dieses Qualitätsniveau erreichen zu können sind Anforderungen an die Ausführung und die Betonzusammensetzung aufgestellt.

Durch neue Erkenntnisse aus der Forschung können künftig verstärkt Ursachen für Abweichungen von dem vereinbarten Qualitätsniveau in der Praxis vermieden werden. Die Möglichkeiten, farbigen Beton gleichmäßig von hoher Farbbrillanz herzustellen, oder Betonoberflächen durch Bearbeitung gezielt zu veredeln, eröffnen die Chance, Sichtbeton als Marmor des 21. Jahrhunderts auch im Baualltag Realität werden zu lassen.

9. Literatur

- [1] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V., Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V.: Merkblatt „Sichtbeton“. Fassung August 2004, 2. korrigierter Nachdruck Berlin, Köln: Selbstverlag 2008.
- [2] Peck, M.; Bose, T.; Bosold, D.: Technik des Sichtbetons. Verlag Bau + Technik. Düsseldorf 2007
- [3] Sodeikat: Praxisgerechte Planung von Sichtbetonbauwerken. VBT Verlag Bau u. Technik, 2007.
- [4] Weber, R.: Gestalten mit farbigem Sichtbeton – Planung und Herstellung. Beton 5/2007, 57. Jahrgang
- [5] Zement-Merkblatt Betontechnik: Ausblühungen, Entstehung, Vermeidung, Beseitigung. B27 12.2003
- [6] Zement-Merkblatt Hochbau: Sichtbeton – Techniken der Flächengestaltung, H 8; 1.2009
- [7] Strehlein, D.; Schießl, P.: Fleckige Dunkelverfärbungen an Sichtbetonflächen - Charakterisierung und ursächliche Mechanismen im erhärtenden Beton. Beton, (2009) 1/2, S. 24-31.
- [8] Weber, P.: Farbiger Beton – Einflüsse auf die Farbe bei Herstellung, Verarbeitung und Alterung; Opus C Heft 6/2007
- [9] Schulz, R.-D.: Technische Kriterien für die Beurteilung und Abnahme von Sichtbeton. Symposium Sichtbeton – Planen, Herstellen, Beurteilen. Technische Universität Karlsruhe, Institut für Massivbau und Baustofftechnologie, 17.03.2005
- [10] Fiala H., Raddatz, J.: Braune Verfärbungen auf Sichtbetonflächen. Beton-Information 43 (2003)
- [11] Heß, S.: Herstellung von feingewaschenen Betonwerksteinoberflächen. 2008 Dyckerhoff Weiss Marketing und Vertriebs-Gesellschaft mbH, Wiesbaden
- [12] Litzner, H.-U.; Goldammer, K.-R.: Philosophie des neuen DBV/BDZ-Merkblattes "Sichtbeton". Beton- und Stahlbeton, 100, Nr. 6 2005