

## 7

# Fassaden aus Betonfertigteilen

## 7.1 Allgemeines

Beton hat sich zudem in den letzten Jahren zu einem leistungsfähigen Hochtechnologiebaustoff entwickelt, der aufgrund seiner Formbarkeit bislang ungeahnte kreative Möglichkeiten eröffnet. Eine zunehmende Experimentierfreude von Architekten und Betonfertigteilerherstellern geht mit dieser Entwicklung Hand in Hand.

Der Trend zu Fassaden aus Architekturbeton ist unverkennbar. Der Begriff „Architekturbeton“ beinhaltet nach [1] einerseits hohe Anforderungen an Oberfläche, Form und Farbe der Fertigteile und andererseits konzeptionelle Aspekte, wenn Betonfertigteile bewusst als Gestaltungselement der Architektur ausgewählt werden.

In der Fachliteratur erhält dieses Thema eine immer größere Bedeutung. Insbesondere das jährlich erscheinende Jahrbuch „Betonbauteile“ gibt interessante Einblicke in aktuelle Entwicklungen [2] (Abb. 7.1).

Beispiele für konstruktive und gestalterische Lösungen von Betonfassaden zeigt Abb. 7.2. Dies sind z. B.:

- Lochfassaden,
- aufgelöste Fassaden oder flächige Kombinationen,
- Gitter- und Bandfassaden.

Darüber hinaus kann eine Einteilung in die unterschiedlichen Typen von Wandplatten erfolgen:

- Sandwichplatten (Abschnitt 7.5),
- großformatige vorgehängte Wandplatten (Abschnitt 7.6.1),
- kleinformartige vorgehängte Wandplatten, z. B. Betonwerksteinplatten (Abschnitt 7.6.2).



Abb. 7.1 Fassaden aus Architekturbeton (Fotos: FDB-Mitgliedsunternehmen).

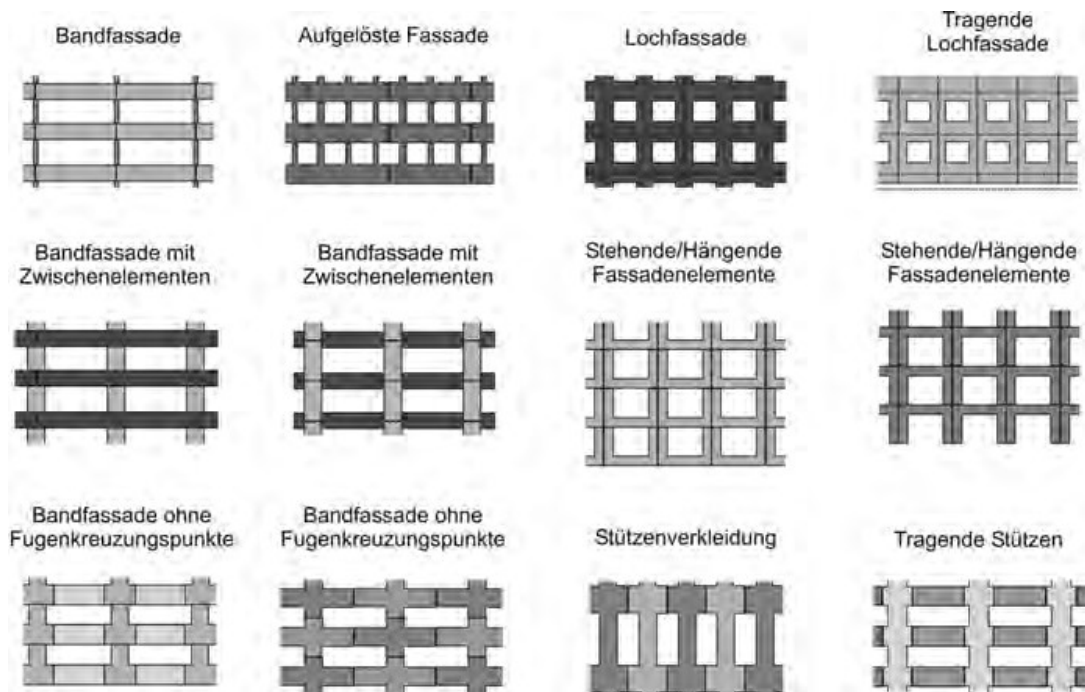


Abb. 7.2 Beispiele für Fassadengestaltungen.

## 7.2 Entwurf

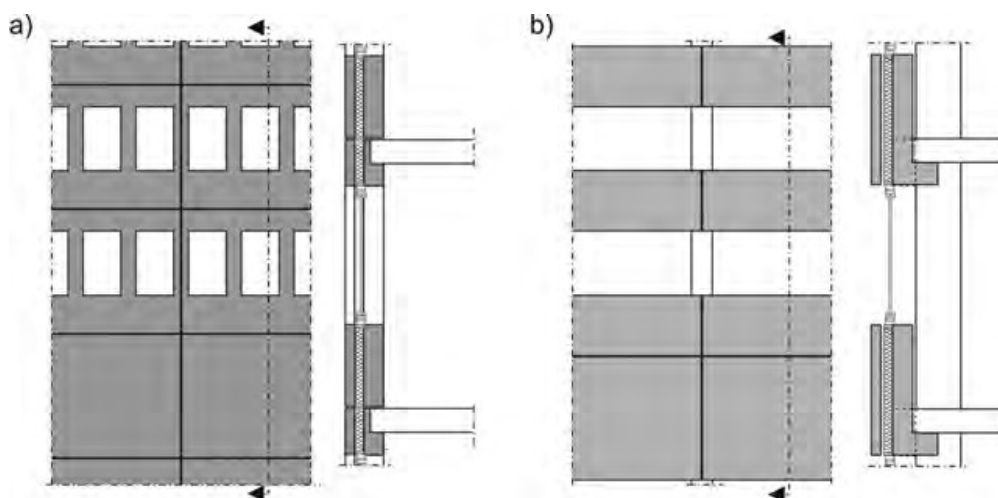
Betonfassaden lassen sich prinzipiell in Fassaden mit direkter Lastabtragung oder mit Lastabtragung durch Stützen einteilen. Im ersten Fall erfolgt die Abtragung der Lasten an den Gebäudeaußenseiten direkt durch die übereinanderstehenden Wandtafeln. Bei tragenden Fassaden aus Sandwichelementen werden die Lasten durch die innen liegende Tragschicht aufgenommen, die an den horizontalen Elementfugen durch Mörtel kraftschlüssig verbunden werden (Abb. 7.3).

Tragschichten können vor, zwischen oder hinter den Stützen angeordnet werden. Hieraus ergeben sich zusätzliche Gestaltungsmöglichkeiten z. B. bei der Einteilung der Fensteröffnungen.

Die Fassadenplanung muss die statischen, bauphysikalischen, haustechnischen und architektonischen Gesichtspunkte sowie die Einflüsse der Fremdgewerke berücksichtigen. Hierfür sollte ein frühzeitiger Kontakt mit einem Herstellerwerk aufgenommen werden.

Für die Fassadenplanung gelten nach [1] und [3] folgende Randbedingungen:

- Die Abmessungen sollten nicht größer sein als Länge/Höhe = 9,5 m/3,8 m. Dies ergibt sich aus den Abmessungen eines Innenladers, in dem die Elemente transportiert werden (s. Abschnitt 2.4.2).
- Bei Lochfassaden sollte die Pfostenbreite mindestens 200 mm betragen.
- Bei Konsolbändern sollten die Abmessungen nicht kleiner sein als Breite/Höhe = 140 mm/200 mm.
- Die Fugenbreite wird von verschiedenen Aspekten beeinflusst (s. Abschnitt 2.2.1) und sollte 20 mm nicht unterschreiten. Die bewusste Anordnung von Fugen kann insbesondere in Kombination mit Scheinfugen auch als Gestaltungselement eingesetzt werden.



**Abb. 7.3** Schematische Ansichten und Fassadenschnitte bei zwei Tragwerksarten aus [3]; a) Fassade mit direkter Lastabtragung (hier: Lochfassade), b) Fassade mit Lastabtragung durch Stützen (hier: Bandfassade).

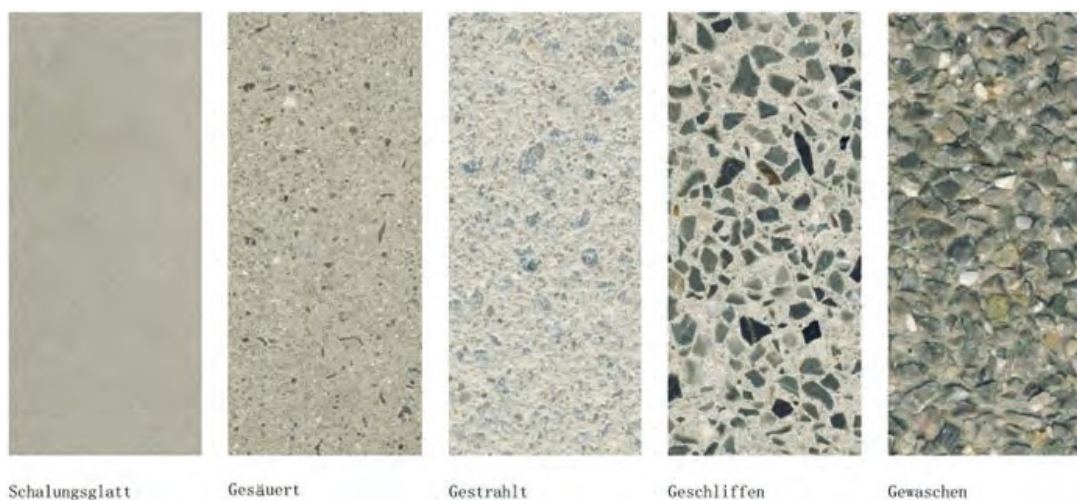
- Die Ausbildung der Kanten mit einer Fase wird empfohlen. Diese wird durch Einlegen einer Dreikantleiste aus Kunststoff hergestellt, die die Dichtigkeit der Schalung sicherstellt. Eine „scharfkantige“ Ausbildung ist möglich, benötigt allerdings einen für die Herstellung notwendigen Radius von ca. 3 mm und erfordert darüber hinaus einen erhöhten Aufwand [1].
- Die Ausbildung der Laibungen und ihre Oberflächenbeschaffenheit müssen detailliert festgelegt werden. Dies betrifft z. B. Fensteranschlüsse, Fensterbänke oder Sonnenschutzeinrichtungen.
- Bei geometrisch aufwendigen oder allseitig sichtbaren Architekturbetonelementen können sichtbar bleibende Transportanker nicht immer vermieden werden. Deshalb sind in diesen Fällen die Lage, Anordnung und das Verschließen zu planen und festzulegen.

## 7.3 Oberflächen

### 7.3.1 Allgemeines

Aufgrund der Witterungsunabhängigkeit und gleichbleibender Herstellungsbedingungen sowie der ortsfesten Schalungen bietet die werkmäßige Herstellung von Betonbauteilen gute Voraussetzungen für eine gleichmäßige Qualität der Oberfläche.

Die Betonoberfläche ist das Spiegelbild der Schalung. Neben schalungsglatten Oberflächen gibt es zahlreiche nachträglich durchzuführende Arbeitstechniken wie Auswaschen, Feinwaschen, Säuern, Strahlen, Bürsten oder Schleifen bzw. traditionelle handwerkliche Techniken wie Spitzen, Stocken oder Scharrieren. Unterschiedliche Arbeitstechniken führen selbst bei gleichen Betonrezepturen zu deutlichen Unterschieden in Struktur und Farbe (Abb. 7.4).



**Abb. 7.4** Unterschiedliche Arbeitstechniken bei gleicher Betonrezeptur (aus [4]).



Die Sichtseiten von Fassadenplatten lassen sich auch mithilfe von Schalungsmatrizen durch Aufdickungen oder Vertiefungen sowie mit partiell unterschiedlichen Oberflächenbeschaffenheiten und flächengliedernden Scheinfugen plastisch gestalten. Darüber hinaus kann eine Beschichtung z. B. mit Natursteinplatten oder Mauerziegeln erfolgen. Die Unterschiede zwischen „Architekturbeton“ [1] und Sichtbeton [5] werden in Abschnitt 7.3.2 erläutert.

Unterschiedliche Farbwirkungen und Farbeffekte können durch die Verwendung farbiger Gesteinskörnungen erzielt werden. Gesteinskörnungen sollten möglichst einer Charge entnommen werden, um gute Voraussetzungen für gleichmäßige Eigenschaften zu erhalten. Der Einsatz von unplanmäßig verfärbenden Bestandteilen in der Gesteinskörnung sollte möglichst vermieden werden. Zu diesen Bestandteilen gehört beispielsweise Pyrit, ein Eisensulfid, welches bei der Oxidierung Eisenoxyd erzeugt und dadurch sichtbare „Roststellen“ an der Betonoberfläche hinterlassen kann. Da momentan keine zuverlässige Prüfmethode bekannt ist, mit der Pyritbestandteile erfasst und aussortiert werden können, bleibt hierfür bislang nur die Augenscheinprüfung übrig. Da diese bekanntermaßen ungenau ist, wird man einzelne „Roststellen“ als natürlichen Bestandteil des Baustoffs Beton weiterhin akzeptieren müssen. Bei häufigerem Auftreten sollten die entsprechenden Lagerungsstätten gemieden werden.

Zur weiteren Farbgestaltung können unterschiedliche Zementsorten verwendet sowie farbige Pigmente zum Beton beigemischt werden. Graue Zemente erzeugen eher „gedeckte“ und dunkle Farbtöne, während durch die Verwendung von Weißzement leuchtende und hellere Farben entstehen.

Farbpigmente oder flüssige Farbe sind z. B. Eisenoxid für Braun-, Gelb-, Rot- und Schwarz-, Chromoxid für Grün- sowie Kobalt-Aluminiumoxid für Blautöne. Bearbeitete oder texturierte Oberflächen besitzen in der Regel eine höhere Farbgleichmäßigkeit.

Zur Abstimmung der Betonzusammensetzung, Oberflächenbearbeitung und Oberflächenbehandlung empfiehlt es sich, Erprobungsflächen herzustellen. Die Erprobungsfläche, die den Wünschen des Bauherrn entspricht, wird als Referenzfläche für den Auftrag festgelegt und als Beurteilungskriterium bei der Abnahme herangezogen. Die Größe der Referenzfläche sollte der tatsächlichen Bauteilgröße entsprechen und unter gleichen Bedingungen hergestellt werden.

Ausblühungen entstehen durch Abscheidungen von Calciumcarbonat und erzeugen Kalkfahnen an Betonoberflächen. Durch besondere Maßnahmen (z. B. Hydrophobieren) können diese zwar reduziert, aber nicht vollständig vermieden werden. Bearbeitete Oberflächen neigen zu deutlich weniger Ausblühungen als unbearbeitete. Zum Thema Ausblühungen siehe auch [6].

Ein Abzeichnen der Bewehrungsabstandhalter kann durch besondere Maßnahmen wie das Aufhängen der Bewehrung oder das Betonieren der Vorsatzschicht in zwei Abschnitten erfolgen. Dabei wird zunächst die halbe Vorsatzschicht vorbetoniert, dann die Bewehrung eingelegt und in einem weiteren Betonschritt die zweite Hälfte der Vorsatzschicht betoniert. Da diese Maßnahmen sehr zeit- und

kostenintensiv sind, sollten sie nur bei höchsten Anforderungen an die Oberflächen vereinbart werden.

Für Transport und Montage sollten hochwertige Fertigteilelemente durch geeignete Maßnahmen geschützt werden. Um Abdrücke oder Verfärbungen an den Bauteilen zu vermeiden, hat sich nach [1] eine Lagerung z. B. auf Kunststoffnoppenplatten bewährt.

Kleinere Schäden an Fassadenelementen, z. B. bei der Handhabung auf der Baustelle, können durch Betonkosmetik behoben werden. Es empfiehlt sich in diesen Fällen, vor der Ausführung Arbeitsproben an Referenzflächen durchzuführen.

### 7.3.2 Sichtbeton und Architekturbeton

Nach [5] wird mit dem Begriff „Sichtbeton“ die sichtbar bleibende Betonfläche mit Anforderungen an das Aussehen, jedoch ohne ausgeprägte Gestaltungsabsicht bezeichnet. Die Sichtbetonfläche ist dabei der sichtbar bleibende Teil, der herstellungstechnische Merkmale erkennen lässt und die architektonische Wirkung eines Bauteils oder Bauwerks maßgebend bestimmt. Hierbei ist zwischen den geschalteten Seiten und der Einfüllseite zu unterscheiden. In [5] wird eine Standard-Ausführung von Sichtbetonflächen bei Fertigteilen definiert, die der Sichtbetonklasse 2 (SB 2) gem. [5] entspricht.

Die Forderung im Leistungsverzeichnis nach „Sichtbeton nach FDB-Merkblatt Nr. 1“ reicht demnach nur für die Standard-Ausführung aus. Bei Abweichungen von der Standard-Ausführung muss vor der Ausführung eine eindeutige und praktisch ausführbare Leistungsbeschreibung unter Berücksichtigung der aufgeführten Merkmale vorliegen, die ggf. durch Zeichnungen, Referenzflächen oder Hinweise auf ähnliche Leistungen zu erläutern ist. Als Hilfsmittel dazu dient die Checkliste in [6].

Bei Sichtbetonoberflächen ist ein Vergleich mit ausgeführten Bauten eine wirkungsvolle Hilfe. Bei einem Vergleich mit bestehenden Bauwerken ist jedoch zu berücksichtigen, dass die geforderte Ansichtsfläche der gewählten Referenzfläche nur bei gleichen Ausgangsbedingungen (Form, Abmessungen, Ausgangsstoffen, Betonzusammensetzung, Schalung, Verarbeitung, Nachbehandlung, Witterung, Betonalter usw.) entsprechen wird.

Der Begriff „Architekturbeton“ umschreibt nach [1] sehr hochwertige und anspruchsvolle Ausführungen, die eine möglichst „perfekte“, einheitliche Oberfläche und Farbe zum Ziel haben. Die Bauteile sind mit ausgeprägter architektonischer Gestaltungsabsicht konzipiert und müssen hinsichtlich Oberfläche, Farbe und Form mit einem hohen Maß an Fachwissen und besonderer Sorgfalt hergestellt werden. Dabei spielen auch Detailpunkte, Betonrezepturen, Gesteinskörnungen, Oberflächenbearbeitungen und Nachbehandlungsmethoden eine besondere Rolle.

Daher ist Architekturbeton sehr beratungsintensiv und kann nicht, wie der Sichtbeton, durch das Festlegen von bestimmten Eigenschaften beschrieben werden. Der Umgang mit Architekturbeton erfordert in der Planungs- und Ausführungsphase

wesentlich mehr Zeit als bei üblichen Bauvorhaben. In [1] ist ein Leitfaden für die Ausschreibung von Architekturbeton enthalten, der u. a. folgende Vorgehensweise empfiehlt:

- Im Dialog zwischen Architekten, Planer und Architekturbetonhersteller wird das Ziel für die anstehende Aufgabe jeweils individuell definiert. Diese Definition wird als Zusätzliche Technische Vertragsbedingung (ZTV) Bestandteil der Ausschreibung.
- Es werden Erprobungsflächen zur Abstimmung der Betonzusammensetzung, der Oberflächenbearbeitung, des Oberflächenschutzes und der Kanten- und ECKausbildung ausgeschrieben: Erprobungsplatte (Größe bis 30 cm × 30 cm) zur Abstimmung der Oberflächenbeschaffenheit bzw. Erprobungsflächen (Größe bis 2 m × 2 m) zur Abstimmung der Betonzusammensetzung, der Oberflächenbearbeitung, des Oberflächenschutzes und der Kanten- und ECKausbildung. Die Erprobungsflächen, die den Wünschen des Bauherrn entsprechen, werden als Referenzfläche für den Auftrag festgelegt.
- Nach Bedarf werden Referenzelemente (Mock-Up) ausgeschrieben. Das Referenzelement, das den Wünschen des Bauherrn entspricht, wird als Referenzelement für den Auftrag festgelegt.

Werks- und Objektbesichtigungen sowie das Herstellen von Erprobungs- und Referenzelementen sind beim Architekturbeton zum Erreichen des Konsenses zwischen den Vorstellungen des Planers und dem ausführungstechnisch Machbaren unabdingbar. Diesem Prozess, der für das Ergebnis und die Zufriedenheit des Kunden entscheidend ist, muss ein hoher Stellenwert eingeräumt werden.

### 7.3.3 Gestaltung durch die Schalung

#### 7.3.3.1 Allgemeines

Betonoberflächen geben die aus dem Zementstein und der feinen Gesteinskörnung gebildete Mörtelschicht an der Oberfläche wieder. Die Oberfläche der Schalungsseite und die Oberfläche der Einfüllseite sind dabei nicht gleich. Die Einfüllseite wird als ungeschalte Seite nachträglich z. B. durch Abziehen, Reiben, Glätten oder Rollen bearbeitet.

Schalungsstöße sollten in der Planung berücksichtigt werden. Das Abzeichnen von Schalungsstößen kann durch das Aufbringen von Beschichtungen über den gesamten Schalungsboden vermindert werden.

#### 7.3.3.2 Glatte Schalungen

Für die Herstellung schalungsglatte Sichtbetonoberflächen werden häufig beschichtete oder lackierte Holzschalungen verwendet. Hierdurch wird eine gleichmäßigere Oberflächenqualität erreicht als bei Stahlschalungen, die aufgrund der häufigen Verwendung oftmals kleinere Schadstellen, z. B. Kratzer, aufweisen. Allerdings sind Holzschalungen auch teurer als Stahlschalungen.

### 7.3.3.3 Strukturschalung

Strukturmatrizen bestehen zumeist aus Kunststoff und ermöglichen eine beliebige Oberflächentextur, wobei die dadurch entstehenden Licht- und Schattenwirkungen der Ansichtsfläche eine größere optische Gleichmäßigkeit verleihen können. Es ist bei der Planung darauf zu achten, dass die Abmessungen der Fertigteile auf die verfügbaren Formengrößen der Matrizen abgestimmt werden. Die Fugen an den Stoßstellen der Matrizen sollten sorgfältig geplant werden. Abb. 7.5 zeigt einige Beispiele.

### 7.3.4 Nachträglich bearbeitete Oberflächen

Es gibt eine große Vielzahl nachträglicher Bearbeitungsmöglichkeiten:

- Auswaschen der oberen Mörtelschicht zum Freilegen der Gesteinskörnung. Hierfür wird vor dem Betonieren ein Kontaktverzögerer auf die Schalung aufgetragen. Es ergibt sich in Abhängigkeit von der Auswaschtiefe und der verwendeten Gesteinskörnung eine strukturierte, „körnige“ Oberfläche (Abb. 7.6).

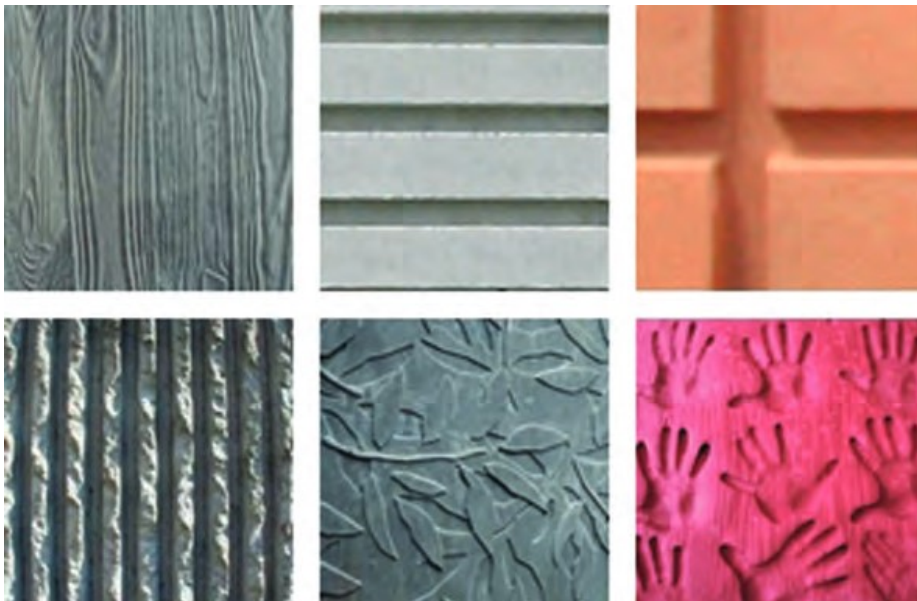


Abb. 7.5 Beispiele für Oberflächen mit Strukturschalungen.

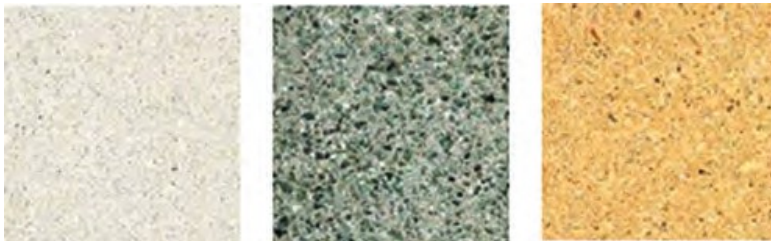


Abb. 7.6 Ausgewaschene Betonoberflächen.

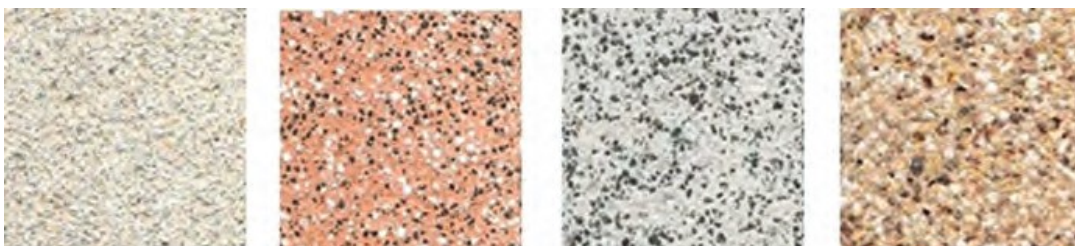


- Beim Absäuern wird eine Säure auf die erhärtete Betonoberfläche aufgetragen, mit der die oberste Mörtelschicht entfernt und die Zementhaut aufgeraut wird. Die Säure wird anschließend mit Wasser vollständig neutralisiert. Abgesäuerte Oberflächen sind durch sandsteinartige Oberflächen gekennzeichnet, bei der die Feinanteile des Betons optisch hervorgehoben werden (Abb. 7.7).
- Beim Sandstrahlen wird durch den Beschuss mit einem festen Strahlgut die obere Mörtelschicht mechanisch abgetragen. Im Gegensatz zum Absäuern und Auswaschen wird bei dieser Methode auch die Gesteinskörnung selbst gebrochen, was eine stark aufgeraute Oberfläche erzeugt (Abb. 7.8).
- Beim Schleifen werden wenige Millimeter der Betonoberfläche abgetragen, wodurch die Gesteinskörnung sichtbar bleibt. Durch ein mehrmaliges Fräsen und Polieren entstehen sehr glatte, glänzende und äußerst repräsentative Oberflächen (Abb. 7.9).
- Durch Stocken, Spitzen, Scharrieren oder Bossieren werden steinmetzmäßige Effekte von Hand oder maschinell erzeugt.

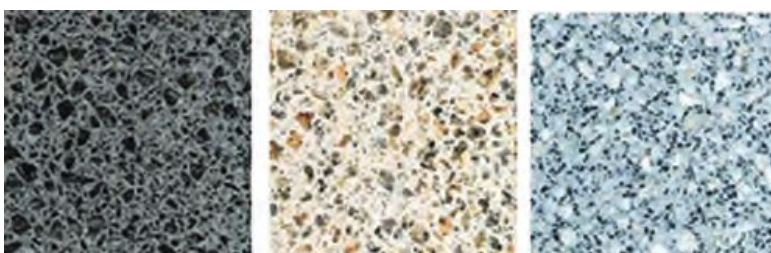
Bei allen genannten Methoden ergeben sich durch eine gezielte Auswahl der Gesteinskörnungen (Granit, Kalkstein, Porphyr oder Quarz) sowie der Kornformen (runder Kies oder eckiger Splitt) unterschiedliche Strukturwirkungen.



**Abb. 7.7** Abgesäuerte Betonoberflächen.



**Abb. 7.8** Sandgestrahlte Oberflächen.



**Abb. 7.9** Geschliffene Oberflächen.

### 7.3.5 Witterungsverhalten

#### 7.3.5.1 Allgemeines

Betonoberflächen sind im Laufe der Jahre der Witterung und damit Umwelteinflüssen und verkehrsbedingten Verunreinigungen ausgesetzt. Betonoberflächen können über einen langen Zeitraum ansehnlich bleiben, wenn Aspekte wie Wasserführung oder Schutz gegen Verschmutzungen planerisch berücksichtigt werden [5, 7, 9, 10]. Die kontrollierte Ableitung des Regenwassers spielt hier eine besondere Rolle, da durch das Regenwasser die Schmutzpartikel über die gesamte Fassade transportiert werden.

Verschmutzungen oder optische Veränderungen durch die Alterung der Oberfläche können auch durch betontechnologische Maßnahmen verringert werden. Insbesondere hochfeste und damit auch sehr dichte und dauerhafte Betone wie UHPC weisen hervorragende Eigenschaften auf (siehe z. B. [11]).

#### 7.3.5.2 Planung

Die Menge des anfallenden Regenwassers und daraus resultierende Schmutzablagerungen hängen von der Windrichtung und den Windschattenbereichen ab. Schmutzablagerungen an Bauwerksflächen sind bei geringer Windgeschwindigkeit am größten. Mit zunehmendem Regenwasseranfall werden Schmutzpartikel auf Fassadenflächen weiter transportiert. Die Intensität von Schmutz- und Staubablagerungen ist an den Fußpunkten von Gebäuden daher am größten [12].

Verschieden geneigte Flächen binden unterschiedliche Regenwassermengen. Die Menge des anfallenden Regenwassers und somit auch Schmutzablagerungen sind bei senkrechten Flächen naturgemäß geringer als bei nach innen geneigten (Abb. 7.10a). Bei Schlagregenbeanspruchung kann das Wasser bei senkrechten Flächen darüber hinaus nahezu ungehindert abfließen.

Trotz der größten anfallenden Regenmenge zeigen nach innen geneigte Flächen ein geringeres Selbstreinigungsverhalten als eine senkrechte Fläche, da sich insbesondere an den unteren Rändern der abgewaschene Schmutz ablagert (Abb. 7.13b). Nach innen geneigte Fassadenflächen sollten daher durch eine Überdeckung wie z. B. eine überstehende Balkon- oder Dachfläche geschützt werden.

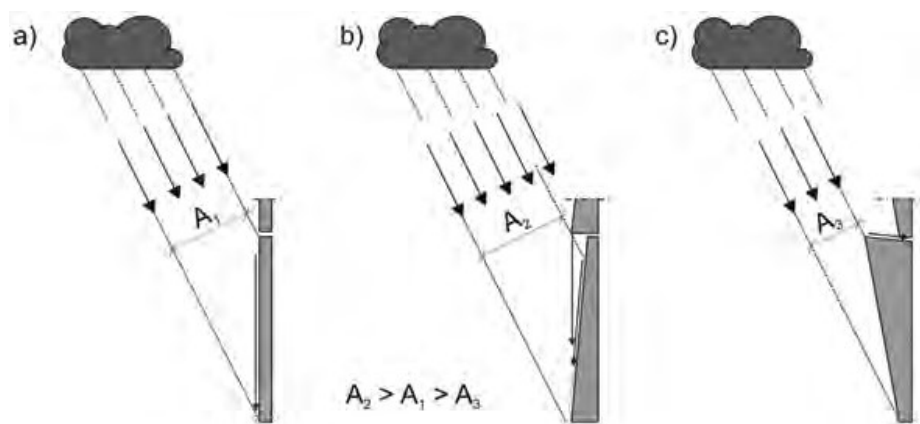
Die Regenwassermenge ist bei nach außen geneigten Fassadenflächen am geringsten. Der obere Rand und die Wasserführung müssen jedoch so ausgebildet werden, dass das Wasser nicht außen an der Fassadenfläche ungehindert und unkontrolliert abfließt (Abb. 7.10c).

Unbehandelte Betonoberflächen können relativ große Wassermengen absorbieren und somit auch viele Schmutzpartikel aufnehmen. Das überschüssige Wasser wird so lange in die unteren trockenen Bereiche befördert, bis die gesamte Fläche wassergesättigt ist. Erst danach findet ein unkontrollierter Abfluss des Regenwassers statt. Die Fließzonen des Regenwassers werden daher heller, während die

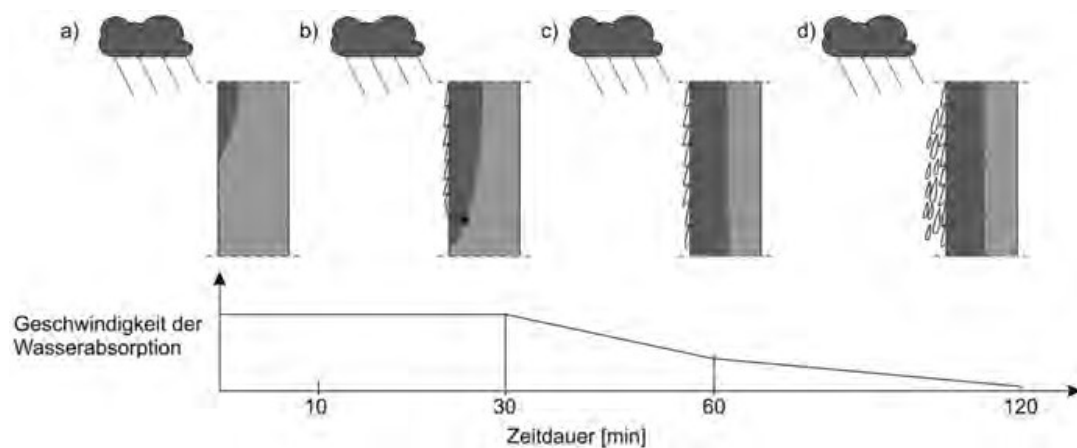
Absorptionszonen durch die ständige Schmutzablagerung zunehmend dunkler erscheinen [12] (Abb. 7.11).

Durch deutliche Überstände horizontaler Bauteile (z. B. Fensterbänke) und die Ausbildung von Tropfkanten, die das Wasser vor der Fassadenfläche ableiten, können Betonfassaden vor Verschmutzungen geschützt werden (Abb. 7.12).

Eine geplante Wasserführung durch eine richtungsgebundene senkrechte Oberflächenstruktur kann nach [1] das unkontrollierte Abfließen des Wassers vermeiden. Eine weitere Möglichkeit der Wasserführung und der Vermeidung von Schmutzablagerungen durch Regenwasser sind Innenentwässerungen, die das Wasser in speziellen Rohrleitungen hinter der Vorsatzschicht abführen.



**Abb. 7.10** Unterschiedliche Regenwassermengen bei verschiedenen geneigten Flächen (nach [12]); a) senkrechte Fläche, b) nach innen geneigte Fläche, c) nach außen geneigte Fläche.



**Abb. 7.11** Wasserabsorption und Wassersättigung einer Oberfläche (nach [12]); a) Absorption, b) Beginn des Abrieselns und Absorption, c) Untergrund gesättigt und Abfließen des Wassers, d) Abfließen und Abtropfen des Wassers.