

Scharfe Kanten bei Sichtbeton

Planung und Ausführung sowie Möglichkeiten und Grenzen

In den meisten Veröffentlichungen über Sichtbeton wird üblicherweise auf die Gesamtgestaltung, auf Ausschreibung, Schalung und Beton eingegangen. Die vom Planer nach Merkblatt Sichtbeton [1] anzugebenden Einzeldetails, wie Schalungsanker [2] und die Ausführung von Kanten werden selten berücksichtigt. Da der Teufel aber meist im Detail liegt, soll in dieser Veröffentlichung auf das Detail „scharfe Kanten“ genauer eingegangen werden.

EINFÜHRUNG

Bei der Ausführung von Sichtbeton werden seitens der Planung häufig scharfe Kanten (ungefaste Kanten oder Null-Fase) ausgeschrieben. Allerdings sollten die Möglichkeiten und besonders die Grenzen bekannt sein, um materialgerecht zu planen, bei der Ausführung nur das Machbare zu fordern und die Ausführung preislich richtig einzuschätzen.

Das Merkblatt Sichtbeton Ausgabe 2004 [1] geht an verschiedenen Stellen auf die Herstellung und Ausführung von Bauteilkanten ein. Weil die Art der Kantenausführung ein meist primäres Gestaltungsmerkmal ist, muss die Art der Ausführung seitens der Planung nach dem Merkblatt Sichtbeton Abschnitt 5.2.2 (z. B. scharf, gebrochen) vorgegeben werden.

Unter Abschnitt 5.1.2 des Merkblatts (Ausführbarkeit) werden ungefaste, scharfe Kanten ohne kleinere Abbrüche und Ausblutungen als „technisch nicht oder nicht zielsicher herstellbar“ eingestuft.

In Tabelle 2 (Seite 11 des Merkblatts) werden Anforderungen an die Textur beziehungsweise Schalelementstöße definiert. Hierbei ist zu beachten, dass auch Kanten als Schalelementstöße zu betrachten sind. Für die drei Texturklassen T1 bis T3 sind zu tolerierende Breiten und Tiefen von ausgetretenem Zementleim/Feinmörtel an Kanten vorgegeben. Diese Regelungen gelten für Bauteilkanten sinngemäß.

Obwohl das Merkblatt als national maßgebende technische Regel des Sichtbetonbaus die mängelfreie Ausführung scharfer, ungefaster Bauteilkanten in Frage stellt, zeigt die Baupraxis an vielen Beispielen, dass die Ausführung solcher Kanten bei entsprechender Sachkunde und Sorgfalt sehr zuverlässig gelingen kann. Wie aber werden gute scharfe Kanten erreicht? Darüber soll in diesem Beitrag berichtet werden.

GEBROCHENE (GEFASTE) KANTEN

Die Erfahrung zeigt, dass die Kanten von Betonbauteilen abbrechen können. Dies geschieht entweder bei frühem Ausschalen auf Grund der noch geringen Festigkeit des Betons oder durch ungünstige Schalungsgeometrien im Kantenbereich – meist im Zusammenwirken mit brachialem Vorgehen der Arbeiter. Daher werden im Betonbau die Bauteilkanten normalerweise durch Einlegen einer Dreikantleiste gebrochen. In früheren Zeiten, als noch überwiegend mit sägeraum

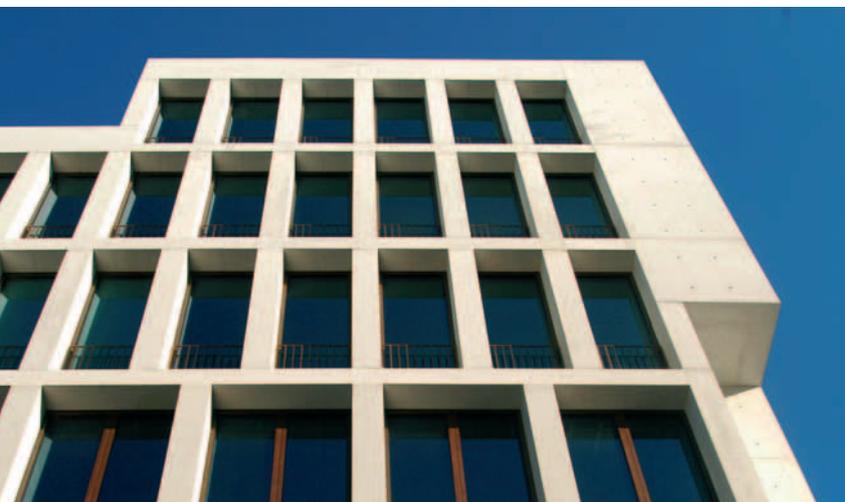


Photo: gilesphoto cologne



Photos: Bosold

Die sauber gebrochene Kante, Breite ca. 10 mm, Haus der Baustoffindustrie, Ostfildern



Gebrochene Kante, Breite ca. 10 mm mit Ausblutungen bis ca. 50 mm Breite, Haus der Baustoffindustrie, Ostfildern

Brettholz geschalt wurde, hat manchmal das sich bei Austrocknung zusammenziehende Holz beim Erhärten des Betons zu Kantenabbrüchen geführt, noch bevor ausgeschalt wurde. Die DIN 1045, Teil 3, aus dem Jahre 2001 fordert in Kapitel 5.6.1 (1) die Ausschalfrieten eines Bauteil so zu bemessen, dass die Bauteilkanten beim Ausschalen nicht beschädigt werden. Um sogenannte gebrochene beziehungsweise gefaste Kanten herzustellen, werden Dreikantleisten aus Holz oder Kunststoff eingesetzt. Allerdings kann allein durch das Einlegen einer Dreikantleiste das Ausbluten von Wasser oder Zementleim nicht vermieden werden. Auch hier muss die Schalfuge auf geeignete Weise abgedichtet und die Dreikantleiste sauber eingepasst sein.

SCHARFE (UNGEFASTE) KANTEN

Wie bereits erwähnt zeigt der derzeitige architektonische Trend des Bauens mit Sichtbeton eine deutliche Neigung zur Anordnung scharfer, ungefaster Bauteilkanten. Dies erfordert im Zuge der Ausführung in den Kantenbereichen der Schalung eine zuverlässige Abdichtung der Schalhautstöße.

Das Merkblatt Sichtbeton gibt in Abschnitt 6 (Anforderungen an die Ausführung) einen Hinweis: „Abdichtungen (Silikon oder komprimierbare, geschlossenzel-

lige Fugeneinlagen) können die Dichtheit der Schalungsstöße erhöhen“. Völlige Dichtheit ist damit allerdings nicht garantiert. Zudem ist es diese Art der Abdichtung meist nur an einer Seite der Wandschalungen möglich, da der Kantenbereich der nach Einbau der Bewehrung angefügten Schalhaut an der Innenseite naturgemäß nicht mehr manuell erreichbar ist.

Ausgelaufene Kanten ergeben sich immer dann, wenn die Schalhaut in den Bauteilkanten nicht dicht ausgeführt war oder bei einsetzendem Frischbetondruck geringfügig aufklafft. Daher ist auch zur zuverlässigen Abdichtung der Schalung eine möglichst steife Schalung günstig. Die Erfahrung zeigt, dass Trägerschalungen für die Erzielung scharfer Kanten meist besser geeignet sind als Rahmenschalungen.

ZUSÄTZLICHE ABDICHTUNG MIT EINER SILIKONFUGE

Da Silikonverfugungen kaum Bewegungen aufnehmen können, ist diese Art der Abdichtung nur bei Schalungen mit geringer Höhe und damit geringem Betonierdruck, oder bei hoher Systemsteifigkeit geeignet. Zusätzlich führt der Kontakt von Silikon mit dem frischen Beton zu Farbveränderung des Betons. Versuche



Photos: Bosold

Vorbildlich geschalte und betonierete scharfe Kante. BV Leitstand Holcim, Dotternhausen, Ausführung Bau-Mauch



Photo: Ed. Züblin AG

Verwindungssteife Schalung für schräge Stützen (Trägerschalung von Peri), Mercedes-Benz Museum Stuttgart

Photos: Bosold



Ergebnisse eines Workshops: mit Silikon dick ausgerundete Kante mit deutlichen Farbveränderungen

in einem Workshop haben gezeigt, dass die Silikonfuge so schmal wie möglich sein sollte (zirka 1 bis 2 mm). Diese Art der Dichtung erfordert zwingend einen weiteren Arbeitsgang: beim Ausstreichen der Silikonfuge mit dem Finger bleibt auf beiden Seiten überschüssiges Silikon zurück. Dieses muss nach dem Aushärten (des Silikons) sorgfältig entfernt (abgerieben) werden. Ein Verbleiben dieses meist flächig und unregelmäßig verteilten Silikons führt zu einer deutlichen Farbveränderung der Betonoberfläche in diesem Bereich.

ZUSÄTZLICHE ABDICHTUNG MIT EINER FUGENEINLAGE

Die Abdichtung der Schalhaut im Bereich einer Bauteilkante kann auch durch komprimierbare, geschlossenzellige Fugeneinlagen erfolgen, die auf die Stirnseite der anstoßenden Schalplatte geklebt werden. Ein sehr vorsichtiges Vorgehen beim Schließen der Schalung ist sehr wichtig, damit der Streifen nicht abgerissen oder verschoben wird.

Diese Streifen drücken sich beim Zusammenbau der Schalung und Anziehen der Schalungsanker manchmal zur Seite raus. Dabei können sie möglicherweise in den späteren Betonquerschnitt hineinragen. Letztendlich muss ausprobiert werden, ob ein Profil einer Querdehnung unterliegt und ob es sinnvoll ist, dieses Profil ein paar Millimeter von der Kante entfernt anzubringen.

ZUSCHNITT DER SCHALTAFFELN

Wenn Schalhautelement vor Ort zugeschnitten werden müssen, sind die Maßhaltigkeit und die Qualität einer Schnittkante von der Art und Schärfe des Sägeblatts, von der Maßhaltigkeit der Kreissäge und natürlich von der handwerklichen Sorgfalt der handelnden Person abhängig. Handkreissägen werden auch beim Arbeiten mit einer Führungshilfe, etwa entlang eines Bretts, kaum ausreichende Ergebnisse liefern. Die üblicherweise auf Baustellen vorhandenen Tischkreissägen erlauben einen hinreichend genauen Zuschnitt nur an kleineren Elementen. Eine große Schalplatte, die an allen Seiten überhängt, ist auch mit einer Tischkreissäge kaum maßhaltig zu schneiden. Gute Ergebnisse werden mit Formatkreissägen erreicht, mit denen üblicherweise auch saubere Gehrungsschnitte möglich sind. Sie haben einen großen Tisch, auf dem die Schalplatte sicher aufliegt und somit auch eine stabile und ausreichend lange Führung. Die besten Schnitte erzielt man jedoch mit einer speziellen Plattensäge, die in einem gut ausgestatteten Montagebetrieb unerlässlich ist.

Die zuverlässige Abdichtung eines Kantenbereichs ist an Elementen mit unsauberen Schalhautkanten nicht möglich.

Hochwertige Platten beziehungsweise Formatkreissägen gehören allerdings nicht zur üblichen Baustellen-einrichtung. Die Kosten hierfür sind zu berücksichtigen.

Photos: Bosold



Rolle komprimierbare geschlossenzellige Fugeneinlage

Photo: Ed. Züblin AG



Schaltafelstoß im stumpfen Winkel, abgedichtet mit Fugeneinlage. Schalhaut verwendungssteif auf Trägerkonstruktion (Peri). Mercedes-Benz Museum Stuttgart

Photo: Doka



Abdichtung eines Schalhautstoßes mit Fugeneinlage



Photos: Bosold

Schalhautzuschnitt auf der Baustelle, Mercedes-Benz Museum Stuttgart



Photo: Doka

Schalungsbau mit großer Formatkreissäge



Photo: Doka

Mit einer speziellen Plattensäge werden die besten Schnitte erreicht

SCHALUNG AUS SÄGERAUEN HOLZBRETTERN

Wird die Schalung nicht aus den üblichen Systemschalungen sondern aus sägerauem Holz erstellt, sind weitere Dinge zu beachten. Die Holzbretter müssen so ausreichend vorgehässt sein (6 bis 12 Stunden), dass sie komplett aufgequollen sind. Andernfalls kann das später aufquellende Holz im langsam erhärtenden Beton zu Rissen führen. Da die raue Oberfläche des Holzes einen guten Verbund mit dem Beton eingeht, darf erst dann ausgeschalt werden, wenn der Beton ausreichend erhärtet ist. Das wiederum ist von der Betonzusammensetzung und den Umgebungsbedingungen abhängig. Das Ausschalen ist mit besonderer Sorgfalt durchzuführen.

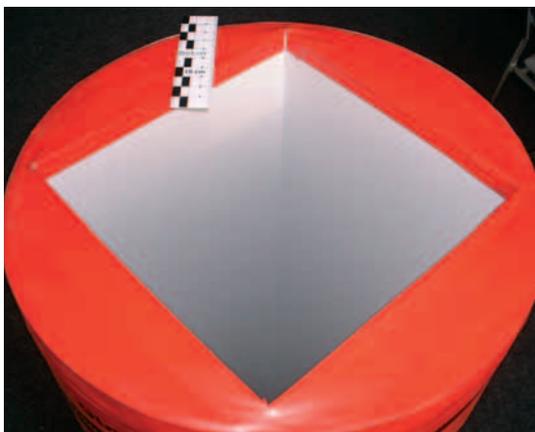
FERTIGSCHALUNGEN

Stützen werden häufig mit Einwegschalungen aus Pappe oder ähnlichen Verbundmaterialien errichtet. Diese Systeme gibt es auch mit scharfen, ungefasten Bauteilkanten. Zusätzliche Kantenabdichtungen sind bei unbeschädigten Einwegschalungen im Allgemeinen nicht erforderlich.

SCHUTZ VON SCHARFEN KANTEN

Sind die Kanten eines Sichtbetonbauteils zur Zufriedenheit aller Beteiligten gelungen, gilt es, diese im Weiteren vor Beschädigung zu schützen. Das gewerbliche Personal der Rohbaufirma verfügt meist über hinreichende Sensibilität gegenüber den selbst mit Aufwand und Sorgfalt hergestellten Sichtbetonbauteilen. Dennoch sind kleinere Beschädigungen, wie der Anprall einer Schubkarre oder eines Krangehänges, auch beim aufmerksamsten Arbeiten nicht ganz auszuschließen. Deutlicher wird der Schutzbedarf der fertigen Leistung meist im Zuge der Ausbuarbeiten, wenn viele Fremdfirmen auf der Baustelle tätig sind, deren Mitarbeiter den Qualitätsmerkmalen der Sichtbetonbauteile, vor allem aber den Bauteilkanten, mit der üblichen Ignoranz und Robustheit begegnen.

Die am häufigsten ausgeführte Variante eines Kanten-schutzes ist eine aus zwei Brettern zusammen geschraubte oder genagelte Winkelkonstruktion, die auf der Kante befestigt wird (Bild S. 66). Dabei ist zu beachten, dass Beton in jungem Alter in direktem Kontakt mit Holz (oder anderen Materialien) unter den ab-



Photos: Bosold

Einwegschalung mit scharfen Kanten, Tubbox, MaxFrank



Photo: MaxFrank

Einwegschalung – ausgeschaltete Stütze



Photos: Bosold

Schutzkonstruktion für eine scharfe Kante, Neubau Autobahnkapelle A 81, Hegau-West

gedeckten Bereichen unterschiedlich hydratisiert und austrocknet und nach dem Entfernen des Kantenschutzes in den abgedeckten Bereichen eine zum Restbauteil abweichende Farbtonung aufweisen kann. Derartige Farbabweichungen können je nach Abdeckdauer sehr dauerhaft und von erheblicher Störwirkung sein. Werden Bretter aus relativ frischem Holz verwendet und wird die Schutzkonstruktion gleich nach dem Ausschalen befestigt, kann der enthaltene Holzzucker für eine verzögerte Abbindung des Betons im oberflächennahen Bereich sorgen und eine dunklere Tönung des Betons zur Folge haben.

Um solche Farbveränderungen zu verhindern, sollte der Beton nach dem Ausschalen zunächst ohne Abdeckung „reifen“. Erst wenn der Beton im oberflächennahen Bereich karbonatisiert ist, werden keine oder zuverlässig nachteilige Farbveränderung auftreten. Der Zeitpunkt zur Befestigung der Schutzkonstruktion, hängt von den Umgebungsbedingungen, der Betonrezeptur und dem Material der Schutzkonstruktion ab. Die praktische Erfahrung zeigt, dass bei Konstruktionen aus beschichteten Mehrschichtplatten etwa 5 bis 10 Tage Reifezeit nötig sind.

Alternativ kann durch Abstandhalter dafür gesorgt werden, dass die Schutzkonstruktion nicht direkt an der Betonoberfläche anliegt, sondern eine ausreichende Distanz zum Beton hat. Die Abstandhalter sollten möglichst nur punktuellen Kontakt zur Betonoberfläche haben und aus einem Material bestehen, das den Abbinde- und Austrocknungsvorgang des Betons nicht verändert. Alternativ können Abstandhalter in Bereichen angeordnet werden, in denen Verfärbungen bei der späteren Nutzung nicht zu sehen sind, etwa im Bereich des späteren Bodenaufbaus oder der abgehängten Decke.

Die Auswahl der zwischengelegten Materialien erfolgt meist nach Erfahrungen oder danach, welche Materialien auf der Baustelle verfügbar sind. Wenn rohes Holz längere Zeit in Kontakt mit jungen Betonflächen gebracht wird, muss stets mit erheblichen, oft irreversiblen Farbveränderungen gerechnet werden.

Zum diesbezüglichen Verhalten anderer, an Baustellen üblicherweise verfügbarer Stoffe, kann an dieser Stelle keinerlei Aussage gemacht werden. Eine systematische Versuchsreihe solcher Stoffe als Abstandhalter ohne die Farbtonung des Betons zu verändern ist nicht bekannt. In Einzelfällen wurden kurze Abschnitte sog. Mauerstärken aus PVC (Länge zirka 1- 2 cm) erfolgreich angewendet. Diese sind nahezu immer vorhanden und können bedarfsgerecht rasch und sehr kostengünstig aus Reststücken hergestellt werden.

SICHERHEITASPEKTE BEI SCHARFEN KANTEN

Gemäß den technischen Vorschriften der Gemeindeunfallversicherer für Schulen ([3], §6) dürfen „Ecken und Kanten von Wänden und Stützen ... bis zu einer Höhe von 2,00 m ab Oberkante Standfläche (Nutzungshöhe des Bodens!) nicht scharfkantig ausgeführt sein“. Ecken und Kanten gelten gemäß GUVV als nicht scharfkantig, wenn sie bei Betonausführung gebrochen oder gerundet sind.



Photos: Bosold

Vorbildlicher Kantenschutz bei einer Wandscheibe mit Abstandhaltern aus Schaumstoffresten im Bereich des späteren schwimmenden Estrichs, BV Leitstand Holcim in Dotternhausen, Ausführung Bau-Mauch



Photos: Bosold

Kantenschutz bei einer Stütze mit zwischengelegten Schaumstofflagen, Mercedes-Benz Museum Stuttgart



Photos: Bosold

Stütze in einer Berufsschule in Karlsruhe. Kante bis zirka 2 m Höhe durch Dreikantleiste gebrochen



Photos: Bosold

Kanten bei Sichtbeton mit eingelegten Profilen, Swarovski Kristallwelten, Wattens, Österreich

SONDERLÖSUNGEN

Manchmal werden Betonkanten aber auch ganz anders ausgeführt. Bei diesem Eingangsbereich zu einer Toilettenanlage wurden die Betonkanten durch in die Schalung eingelegte Metallkanten ersetzt.

AUSSCHREIBUNGSHINWEISE

Gemäß der derzeitigen Rechts- und Normenlage sollten sich die planerischen Vorgaben in Ausschreibung und Bauvertrag auf die möglichst genaue Beschreibung der gewünschte Oberflächenbeschaffenheit der Sichtbetonflächen und der Kantenausbildung beschränken. Insbesondere die Regelungen der VOB C, Allgemeine Technische Vertragsbedingungen, DIN 18331 „Betonarbeiten“ [4] fordern die strikte Trennung von Planung und Baubetrieb. DIN 18331, wie auch das Merkblatt Sichtbeton, führen zwar auch das Schalungssystem als ggf. anzugebendes Planungsdetail auf, hiermit sind im Allgemeinen nur grobe Systemvorgaben gemeint, wie etwa die Forderung einer Großflächenschalung oder den Ausschluss einer Rahmenschalung, da diese Systeme von unmittelbarem Einfluss auf das Aussehen von Flächen und Kanten sind.

Da der Planer das Schalungs- und Schalhautsystem vorgeben kann, ist seitens der Ausführung stets zu prüfen, ob das vorgesehene Schalungssystem für die Ausführung, vor allem für die Abdichtung von scharfen Kanten hinreichend verwindungssteif und geeignet ist. Erforderlichenfalls ist die Schalung entsprechend technisch aufzuwerten.

Wenn der Planer eine detaillierte Planung von Schalungssystem und Schalhaut erwägt, sollte er in jedem Falle Beratungskontakte mit Schalungsherstellern aufnehmen und hierbei auch die Ausführung der Bauteilkanten, insbesondere deren sichere Abdichtung, diskutieren. Hierbei sollte die geplante Ausführung mit dem schalungstechnisch Machbaren abgestimmt werden. Die Herstellung von Probeflächen ist bei der Forderung nach scharfen Kanten dringend zu empfehlen.

Scharfe Kanten sind nicht zwingend an eine Sichtbetonklasse gebunden. Es lassen sich auch scharfe Kan-

ten bei Sichtbetonklasse 1 fordern und ausführen. Allerdings stehen die ästhetischen Vorstellungen der Ausführung scharfer Kanten mit den Flächenmerkmalen der Sichtbetonklasse SB 1 (Einzelkriterien: Feinmörtelaustritt, Textur, Schalelementstoß) sicherlich im Widerspruch.

ZUSAMMENFASSUNG

Zunehmend werden bei Ausschreibungen für Sichtbeton „scharfe Kanten“ gefordert. Das Merkblatt Sichtbeton gibt die Art der Ausführung (scharfkantig oder gebrochen) als anzugebendes Gestaltungsmerkmal an. Außerdem gibt es Hinweise für die Ausführung, zeigt aber auch technische Einschränkungen wie etwa Ausblutungen. Wichtig für die Ausführung von scharfen Kanten sind generell Erfahrung bei der Ausführung von Schalarbeiten, eine steife Schalung, eine passgenaue Schalhaut und vertiefte Kenntnisse zur zusätzlichen Abdichtung von Schalungsstößen. Weiterhin ist eine Abstimmung der beteiligten Partner im Sinne des häufig zitierten „Bau-Teams“ notwendig. Die detaillierte Abstimmung über das geforderte Aussehen und das technisch Machbare sollte dann an Probeflächen erfolgen.

*Dr.-Ing. Diethelm Bosold,
Beton Marketing Süd GmbH, Ostfildern*

LITERATUR

- [1] Merkblatt Sichtbeton, Fassung August 2004, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V. und Bundesverband der Deutschen Zementindustrie
- [2] Diethelm Bosold, Gestaltung von Ankerlöchern und Spannstellen bei Sichtbeton, opus C 6/2005, Seite 80 - 85
- [3] Unfallverhütungsvorschriften Schulen vom Mai 2001 mit Durchführungsanweisungen vom Juni 2002, Gesetzliche Unfallversicherung
- [4] DIN 18331 VOB Teil C, Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Betonarbeiten, 10/2006