

Glaszuschläge - Gefahr beim Einsatz von Glas

von Sabine Mutke und Stefan Heeß

Mit Glasbruchzuschlägen in Betonstein und Terrazzo lassen sich besonders attraktive Farbeffekte erzielen. Allerdings birgt die Verarbeitung auch besonderes Schadenspotential. Lesen Sie, worauf Sie bei der Verarbeitung von Glaszuschlägen achten müssen.

Warum Glas im Betonwerkstein? Die Idee, Glas im Betoneinzusetzen ist nicht neu. Seit vielen Jahren wird immerwieder versucht, Glasbruch in der Vorsatzschicht von Betonwerksteinen oder Terrazzoböden einzusetzen, um besondere farbliche Effekte zu erzielen. Denn Glas zeichnet sich neben seiner Farbbrillanz auch durch eine breite Palette verschiedener Farbtöne aus, wie sie von natürlichen Zuschlägen kaum geboten werden können - zumindest nicht zu erschwinglichen Preisen.



(Bild 1) Härtetest. In einer Cafeteria werden Betonwerksteinplatten mit feingeschliffener Glaszuschlagoberfläche stark belastet.

Die Färbung natürlicher Zuschläge unterliegt mehr oder minder dem Zufall und wird durch geologische und chemische Bedingungen geprägt, auf die der Mensch keinen Einfluß hat. Sie weist dadurch immer Schwankungen in Tönung und Intensität auf. Künstliche Zuschläge wie Glas haben demgegenüber den Vorteil einer hohen Farbkonstanz, da sie unter definierten Bedingungen nach Wunsch hergestellt werden können.

Auf diese Weise kann man besonders attraktive Betonoberflächen produzieren, wie sie vor allem für Betonwerksteinplatten oder Terrazzoböden gewünscht werden. Aufgrund der zunehmenden Probleme bei der Abfallentsorgung werden auch immer wieder Wege gesucht, Recyclingglas, das nicht mehr in der Glashütte verwendet werden kann, als Zuschlagmaterial im Beton zu verwenden, ohne die gestalterischen Möglichkeiten nutzen zu wollen.

Egal ob als farbgebende Komponente oder als Recyclingmaterial – es wurde und wird dabei leider selten die Frage gestellt, ob das Glas überhaupt für den Einsatz im Beton geeignet ist. Und das, obwohl bereits in den 50er Jahren die ersten Schäden an Betonbelägen und auf Betonstraßen festgestellt wurden, die auf Glaseinschlüsse zurückgeführt werden können.

Allerdings ist zu diesem Thema in der einschlägigen Fachliteratur nur wenig veröffentlicht worden,

was die geringe Verbreitung dieser Kenntnis erklären könnte. In der Begeisterung über die Ästhetik, die gerade Betonwerkstein mit buntem Glaszuschlag ausstrahlt, wird gerne vergessen, nach dem möglichen Schadenspotential zu fragen. Der folgende Artikel soll dabei helfen, die Zusammenhänge zwischen Glaszusammensetzung, äußeren Einflüssen und möglichen Schadensreaktionen zu verstehen und sowohl die Hersteller als auch die "Verbraucher" von Betonwerkstein für dieses Problem zu sensibilisieren.

Glas bietet vielfältige Anwendungsmöglichkeiten

Glas – jeder begegnet diesem Werkstoff täglich. Doch denkt man dabei in erster Linie an Flaschenglas, Trinkgläser oder die ewig verschmutzte Brille. Es ist jedoch ein wesentlich vielfältigerer Werkstoff. "Glas" ist lediglich die Bezeichnung für eine Gruppe von Materialien, die eines gemeinsam haben: sie wurden bei hohen Temperaturen geschmolzen und in diesem Zustand relativ zügig abgekühlt. Dabei haben die Atome, aus denen alle Materialien bestehen, keine Möglichkeit, sich zu ordnen, sondern bleiben regellos verteilt wie es in einer Flüssigkeit der Fall ist. Einen solchen Aufbau bezeichnet der Mineraloge als "amorph", und er ist typisch für Gläser aller Art.

"Glas" ist also ein Sammelbegriff und sagt nichts aus über Zusammensetzung, Aussehen oder Nutzungsart. Man unterscheidet hierbei beispielsweise Silikat-, Borat-, Phosphat-, Alumosilikat- und Bleigläser, um nur die wichtigsten zu nennen. Für den alltäglichen Gebrauch spielen jedoch lediglich die sogenannten Silikatgläser eine Rolle, und wenn es um den Einsatz im Beton geht, finden sie für gewöhnlich Anwendung. Alle anderen Sorten werden nur in speziellen Bereichen genutzt und sollen hier nicht näher betrachtet werden.

Silikatgläserzeugnisse werden eingesetzt als Flachglas für Fensterscheiben, Behälterglas für Flaschen und andere Verpackungen, Brillenglas, Glasfasern, als Kochgeschirr, und vieles andere mehr. Für jede Anwendung werden bestimmte Eigenschaften gefordert, wie definierter Schmelzpunkt, gute Lichtdurchlässigkeit, hohe Temperaturwechselbeständigkeit oder chemische Widerstandsfähigkeit, und diese Eigenschaften werden im wesentlichen durch die chemische Zusammensetzung bestimmt.

Wenn man von Glas spricht, so muss man also präzisieren, um welche Sorte es sich im speziellen handelt und welche Eigenschaften sie hat. Es genügt nicht, von Glas allgemein zu sprechen. Und für den Einsatz im Beton ist eine Eigenschaft besonders wichtig: das Material muss laugenbeständig sein.

Schadensreaktionen im Beton

Die festigkeitsbildende Komponente im Beton ist der Portlandzement. Wird er mit Wasser angerührt, so werden unter anderem Kalk- und geringe Mengen Alkalilaugen (Calciumhydroxid, Alkalihydroxid) freigesetzt. Diese Laugen können mit Silikatgläsern reagieren und sie zerstören. Der Reaktionsmechanismus ist dargestellt.

Das vom abbindenden Portlandzement hauptsächlich freigesetzte Calciumhydroxid reagiert mit Wasser und Silikatglas zu Calciumsilikathydrat. Dies ist in Wasser schwer löslich und bildet eine Schicht rund um das Glaskorn, die einen weiteren Angriff erschwert. Diese Reaktion verbessert sogar den Verbund zwischen Zuschlag und Zementmatrix.

Die Alkalihydroxide reagieren analog mit dem Silikatglas und Wasser zu Alkalisilikat. Dieses Reaktionsprodukt ist jedoch im Unterschied zum Calciumsilikathydrat gut wasserlöslich und kann bei Durchfeuchtung des Betons herausgewaschen werden. Dadurch verschlechtert sich der Verbund zwischen dem Glaszuschlagkorn und der Zementmatrix, und das Glaskorn wird nach und nach zerstört. Unter Luftzufuhr wandeln sich die Alkalisilikate mit dem Kohlendioxid zu wasserlöslichen Alkalicarbonaten und Kieselsäure um, die weiße Ablagerungen bilden.

Die in Bild 3 unter b beschriebenen Reaktionen sind mit einer Volumenzunahme verbunden. Eine Volumenzunahme im erhärteten Beton führt zu Treiberscheinungen, zur Ausbildung von Rissen und unter mechanischer Einwirkung zu Abplatzungen an der Oberfläche; der Beton verliert bedeutend an Festigkeit und wird schließlich zerstört.

Fünf Anwendungsregeln für Glaszuschläge

In puncto Glas sollten Sie sich über folgendes im klaren sein:

- Prinzipiell reagieren Silikatgläser mit Lauge, jedoch hängt das Maß des Angriffes stark von der Glaszusammensetzung ab
- Spezialgläser zeichnen sich durch eine hohe Laugenbeständigkeit aus, haben jedoch ihren Preis.
- Die Umgebungsbedingungen wie Temperatur und Feuchtigkeit sowie mechanische Einwirkungen spielen eine wesentliche Rolle.
- Für den Außenbereich ist der Einsatz von Glaszuschlag im Beton durch Witterungseinflüsse (Temperatur, Niederschläge) als kritisch anzusehen. Aber auch im Innenbereich muss berücksichtigt werden, dass Bodenbeläge bei jedem Reinigungsvorgang der Feuchtigkeit ausgesetzt werden und es dadurch auch dort zu Schäden kommen kann.
- Da Beschichtungen auf den Zuschlägen durch die mechanische Belastung bei der Betonherstellung nicht immer einen allumfassenden Schutz darstellen können, ist es wichtig, unbedingt auf die eingesetzte Glasqualität zu achten.

Zudem sollte beachtet werden, dass Glas kein Zuschlag nach DIN 4226 ist. Die Betonwerksteinnorm DIN 18 500 schreibt zwar keinen Zuschlag nach DIN 4226 vor, im Außenbereich wird jedoch bei möglicher Durchfeuchtung und Frosteinwirkung auch hier eine Teilprüfung nach dieser Norm gefordert.

Bild 3

Schadensreaktion im Beton

1. Calciumhydroxid + Silikatglas + Wasser -> Ca-Silikathydrat
-> schwerlöslich
Resultat: keine Schadensreaktion
2. Alkalihydroxid + Silikatglas + Wasser -> Alkalisilikat
Alkalisilikat + Kohlendioxid -> Alkalikarbonat + Kieselsäure
-> zum Teil leichtlöslich

Resultat: Treibschäden, mangelnde Haftung, Ausblühungen

Bild 3

Einflüsse auf die Schadensreaktion

Prinzipiell reagiert jedes Silikatglas mehr oder weniger mit Lauge. Das Maß der Reaktionsfähigkeit hängt jedoch wesentlich von der chemischen Zusammensetzung des Glases ab. Es gibt Komponenten, die ein Glas stabilisieren (wie Borat oder Zirkonoxid), und solche, die es gegenüber Laugenangriff empfindlicher machen (Natrium-, Kaliumoxid). Aus dem Zusammenspiel dieser stabilisierend und destabilisierend wirkenden Komponenten resultiert dann eine stärkere oder eine geringere Widerstandsfähigkeit gegenüber Laugen.

Eine weitere Möglichkeit, Schäden zu verhindern, besteht darin, eine Beschichtung auf die Glasoberfläche aufzubringen, die als Sperrschicht fungiert und eine schädigende Reaktion verhindern soll. Solchermaßen behandeltes Material ist unter dem Begriff "verspiegeltes Glas" auf

dem Markt. Da Zuschlag jedoch bei der Betonherstellung starken mechanischen Belastungen ausgesetzt wird, bleibt die Frage offen, inwieweit dieser Schutz auch nach dem Mischvorgang erhalten bleibt und in der Lage ist, einen laugenempfindlichen Zuschlag an einer Reaktion zu hindern. Diese Fragen müssen erst noch durch Untersuchungen geklärt werden.

Es gibt noch zwei weitere Einflussfaktoren, die bei dieser Schadensreaktion eine wichtige Rolle spielen: Feuchtigkeit und Temperatur. Feuchtigkeit ist notwendig, damit Lauge und Glas miteinander reagieren können. Ohne Feuchtigkeit können die oben beschriebenen Reaktionen nicht ablaufen. Andererseits werden sie durch eine starke oder regelmäßige Durchfeuchtung forciert.

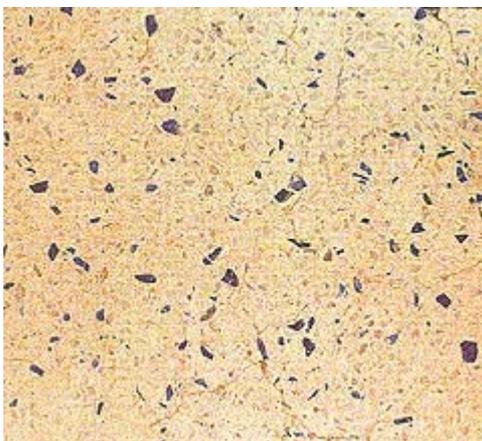


(Bild 4) Belastungsprobe. Vergleich einer Betonwerksteinplatte nach dreimonatiger Nebelkammerlagerung bei 40°C und 100 Prozent relativer Feuchte (links) mit einer bei Raumklima gelagerten Probe.

Ähnliches gilt für die Temperatur: Je höher sie ist, desto schneller läuft die Schadensreaktion ab. Das macht man sich bei der Prüfung von Glaszuschlägen im Betonwerkstein zunutze. Der Prüfkörper, zum Beispiel eine Betonwerksteinplatte mit Glaszuschlag, wird in einer Nebelkammer bei 40°C und 100 Prozent relativer Luftfeuchte gelagert. Diese Lagerungsbedingungen haben einen Zeitraffereffekt, und die Reaktion läuft beschleunigt ab. Bei besonders laugenempfindlichen Materialien zeigen sich bereits nach drei Monaten deutliche Schäden in Form von weißen Ausblühungen und Rissen. Außerdem kann bei starken mechanischen Beanspruchungen der Glaszuschlag bei ungünstigen Kornformen und großen Glasstücken beschädigt werden und ausbrechen.

Erfahrungen mit Glaszuschlag

In der Praxis können Monate oder Jahre vergehen, bis die ersten Schäden auftreten. Diese Zeitspanne hängt von der Nutzung des Materials ab. Das zeigen auch einige Beispiele aus der Praxis.

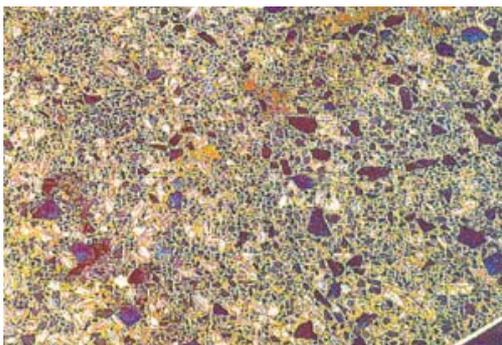


(Bild 5) Schadensfall. Auf der Oberfläche einer Betonwerksteinstufe haben sich Risse gebildet.



(Bild 6) Gelungene Mischung. Die Detailaufnahme der Betonwerksteinfläche in einer Cafeteria zeigt auch nach fünf Jahren keine Schäden.

- Weiße Betonwerksteinplatten mit blauem Glaszuschlag wurden im Innenbereich in einer Treppenhauseanlage verlegt. Während der Nutzung bildeten sich allmählich netzförmige Risse aus. Da der Beton mit Kunststoffasern bewehrt war, traten trotz Rissbildung zunächst keine Abplatzungen an der Oberfläche auf. Aufgrund des bereits vorhersehbaren Schadens wurden die Stufen vorbeugend ausgetauscht. Es wäre nur eine Frage der Zeit gewesen, bis auch hier durch die mechanische Belastung unter Gebrauch Ausbrüche entstanden wären (Bild 5).
- In einer Cafeteria wurden 1991/92 rund 130 m² schwarze Betonwerksteinplatten mit feingeschliffener Oberfläche verlegt, wobei in der Vorsatzschicht ein blauer, beschichteter Glaszuschlag (bis circa 15 mm) eingesetzt wurde. Trotz intensiver Nutzung und Reinigung zeigten sich auch nach fünfjähriger Nutzung keinerlei Ausbrüche an der Oberfläche (Bild 6).
- In einem Schnellrestaurant wurde 1994 ein Terrazzoboden mit Glaszuschlag eingebaut. Der Terrazzo wurde in den verschiedenen Sitzbereichen in unterschiedlichen Farben und mit unterschiedlichen Zuschlägen ausgeführt. Im Anschlussbereich an die Glasfassade war er gelb eingefärbt und enthielt blaue, bis circa 30 mm große Glasstücke. Nach zwei Jahren intensiver Nutzung traten in diesem Bereich massive Abplatzungen an der Terrazzooberfläche auf, wobei die Zuschläge und die umgebende Betonmatrix herausbrachen. An einigen Stellen wurden diese Ausbrüche mit einer Spachtelmasse, die sich farblich deutlich vom Terrazzo abhebt, ausgebessert. Es ist anzumerken, dass in den Nachbarbereichen, in denen andere Glaszuschläge verwendet wurden, im gleichen Zeitraum keine Abplatzungen auftraten (Bild 7).



(Bild 7) Verspachtelt. Im Terrazzoboden eines Schnellrestaurants sind Ausbrüche und ausgebesserte Stellen erkennbar.

- 1995 wurden in einem Kaufhaus Betonwerksteinplatten mit feingeschliffener Oberfläche verlegt. In dem Belag wurden grüne Glaszuschläge verwendet. Auch in einem Kaufhaus muss der Boden regelmäßig gründlich gereinigt werden. Im vorliegenden Fall sind jedoch auch nach einer Nutzungsdauer von knapp zwei Jahren noch keine Schäden sichtbar (Bild 8).



(Bild 8) Kaufhausboden. Auch nach knapp zwei Jahren Nutzung sind auf der Oberfläche keine Schäden sichtbar.

Fazit

Die genannten Beispiele zeigen, dass es in der Praxis sowohl negative als auch positive Beispiele für Betonwerkstein mit Glaszuschlag gibt, die zumindest in einem Zeitraum von bis zu fünf Jahren keinerlei Schäden zeigen. Verschiedenfarbige Glaszuschläge können Betonwerksteinoberflächen zweifellos attraktiver und bunter machen als es mit natürlichen Zuschlägen möglich ist.

Auf der anderen Seite ist ein empfindlicher Glaszuschlag in der Lage, bereits innerhalb von zwei Jahren zu solch massiven Schäden zu führen, die die Nutzung des Betonwerksteines sowohl für den Anwender als auch für den Hersteller statt zur Freude zu einem teuren Alptraum werden lassen, wenn komplette Bodenbeläge ausgetauscht werden müssen. Außerdem schaden solche Fälle sowohl dem Image der Firma als auch dem Ansehen von Betonwerkstein.

Der sicherste Schutz liegt sicherlich darin, erst gar kein Glas einzusetzen. Wenn man jedoch aus dem einen oder anderen Grund nicht darauf verzichten kann oder will, sollte man sich zumindest des maßgebenden Einflusses von chemischer Zusammensetzung, Temperatur und Feuchtigkeit und der möglichen Risiken bewusst sein und entweder eine Nebelkammerprüfung durchführen oder positive Langzeiterfahrungen aus der Praxis als Entscheidungshilfe heranziehen.

Fachleute für Glaszuschläge



Dipl.-Bau-Ing. Sabine Mutke studierte an der Fachhochschule Fresenius in Wiesbaden Chemieingenieurwesen und ist seit 1989 im Wilhelm Dyckerhoff Institut für Baustofftechnologie beschäftigt. Sie leitet das Sachgebiet "Physikalische Chemie/Mineralogie".



Dipl.-Bau-Ing. Stefan Heeß hat Bauingenieurwesen mit Schwerpunkt "Konstruktiver Ingenieurbau" an der Universität der Bundeswehr in München studiert und ist seit 1993 Bauberater bei der Dyckerhoff Weiss Marketing- und Vertriebs-Gesellschaft in Wiesbaden.

