

Flächenbefestigung mit Betonwaren

Von Peter Bilgeri, Ratingen, und Werner Remarque, Dortmund

1 Einleitung

Flächenbefestigungen mit vorgefertigten Betonerzeugnissen sind seit mehr als fünf Jahrzehnten Normalität und aus heutiger Sicht nicht mehr wegzudenken. Die bekanntesten Produkte hierfür sind Pflastersteine und Platten, deren Vielfalt – was Format, Farbe und Oberflächenstruktur anbelangt – außerordentlich groß ist. Deshalb besitzt kein anderer Baustoff eine so herausragende Bedeutung für die Gestaltung von Flächenbefestigungen. Die Akzeptanz von Betonwaren zur Flächenbefestigung ist in Deutschland, aber auch in den benachbarten Niederlanden sehr hoch.

Bord- und Einfassungssteine für einen fachgerechten Abschluss der Flächenbefestigung, Rinnen- und Muldensteine, Rinnenplatten, Rasengittersteine sowie Entwässerungselemente gehören ebenfalls zum Sortiment für Flächenbefestigungen; auf diese Produkte wird aber in den weiteren Ausführungen nicht eingegangen.

Charakteristisch für die meisten Betonwaren sind die Herstellung aus erdfeuchtem Beton und die dadurch mögliche Sofortentschalung der Produkte nach dem Verdichten. Abweichend von dieser klassischen Fertigungstechnik werden seit einigen Jahren Betonwaren alternativ

im WetCast-Verfahren hergestellt. Hierbei handelt es sich um Produkte, die nach der modernen Variante des „Gussbetons“ (ursprüngliches Herstellverfahren für Betonwaren) aus gießfähigem, leichtverdichtbarem oder selbstverdichtendem Beton (SVB) gefertigt werden. Diese Produkte sind aufgrund ihres Aussehens ihren Vorbildern aus Naturstein oder Holz zum Verwechseln ähnlich (Bild 1).

Die Verwendung von (Gehweg-)Platten aus Beton für Flächenbefestigungen im privaten Bereich (z.B. für die Terrasse, Gartenwege etc.) kann seit Jahrzehnten beobachtet werden (Bild 2). Aktuell ist ein zunehmender Trend zur (großformatigen) Platte auch bei öffentlichen Auftraggebern feststellbar. Eine bessere Lastverteilung ist technisch und der geringere Fugenanteil ggf. gestalterisch vorteilhaft im Vergleich zu kleinformatigen Produkten. Die Vakuum-Verlegetechnik erleichtert die Verarbeitung großformatiger Platten mit



Foto: Werner Remarque, Dortmund

Bild 1: Im WetCast-Verfahren hergestellte Betonwaren, zum Verwechseln ähnlich



Foto: REDSUN Garden Products, Kevelaer

Bild 2: Grau-antrazith nuancierte Platten erzielen wirkungsvolle Effekte.



Bild 3: Großformatige Platten kombiniert mit Pflastersteinen sind interessante Gestaltungsmittel für Flächenbefestigungen.

Abmessungen bis 1 m x 1 m und mehr (Bild 3). Bei entsprechender Dicke und fachgerechtem Aufbau der Flächenbefestigung können sie auch mit schweren Fahrzeugen befahren werden.

Viel wurde in den letzten Jahren geforscht und entwickelt mit dem Ziel, die Oberfläche von (großformatigen) Pflastersteinen und Platten bereits werkseitig mit einem Schutz zu versehen, damit die Produkte weniger anfällig für Verschmutzung und fleckenbildende Flüssigkeiten sind.

Betonwaren und Flächenbefestigungen, Funktionalität und kreative Gestaltung, sind eine Symbiose eingegangen, wie sie in der Geschichte der Betonwaren – und die ist immerhin über 160 Jahre alt – früher nicht vorhanden war. Ein historischer Rückblick zur Entwicklung der Betonwaren wird in [1] gegeben.

2 Anforderungen und Eigenschaften

Über die Anforderungen an Betone zur Herstellung von Betonwaren wurde bereits vor 50 Jahren berichtet [2]. Wenig später wurden als dominante Einflüsse auf die Qualität der aus erdfeuchtem Beton hergestellten Produkte die Eigenschaften des Zementleims bzw. Zementsteins und die vollkommene Frischbetonverdichtung genannt – Grundsätze, die bis heute ihre Gültigkeit haben.

Eine Anforderung, die während des Produktionsprozesses gelegentlich sträflich vernachlässigt wird, ist der frühzeitige Schutz der jungen Betonwaren vor dem Austrocknen, dem so genannten „Verdursten“. Aus erdfeuchten Betonen hergestellte Produkte besitzen kein „Überschuss-Wasser“. Das durch Verdunstung dem Beton fehlende Wasser führt zwangsläufig zu einer verminderten Hydratation des Zements. Dadurch ver-

schlechtern sich Eigenschaften (u.a. Frost-Tausalz- und Verschleißwiderstand sowie der Widerstand gegen das Eindringen von Flüssigkeit), die maßgeblich die Gebrauchstauglichkeit und die Dauerhaftigkeit der Produkte bestimmen. Bild 4 zeigt deutlich die Auswirkungen eines geringeren Hydratationsgrads.

Anforderungen an Produkteigenschaften von Betonwaren sind den entsprechenden europäischen Produktnormen zu entnehmen. Um den unterschiedlichen klimatischen Bedingungen innerhalb Europas gerecht zu werden, sind die Anforderungen in verschiedene (Qualitäts-)Klassen eingeteilt. Um die bis zur Einführung der europäischen Produktnormen gewohnte Produktqualität von Betonwaren für die Flächenbefestigung weitestgehend zu bewahren, wurden zusätzliche „Anwendungsregeln“ mit entsprechenden Festlegungen der in Deutschland erforderlichen Produktqualität erstellt [3, 4]. Abweichungen von den dort festgelegten Regeln-

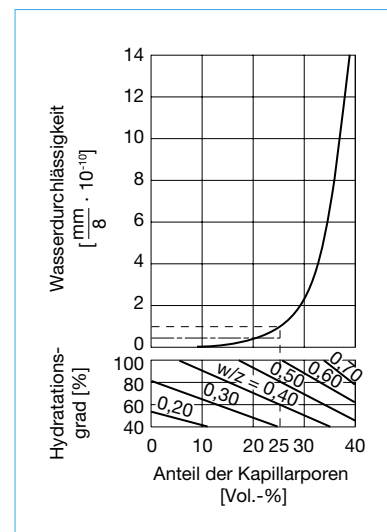


Bild 4: Wasserdurchlässigkeit von Zementstein in Abhängigkeit von der Kapillarporosität und vom Wasserzementwert (nach T. C. Powers)

forderungen (z.B. Festlegung einer geringeren Anforderungsklasse) sind grundsätzlich möglich, müssen jedoch in der Ausschreibung zweifelsfrei benannt werden und die ausgelieferten Produkte müssen deutlich die entsprechende Kennzeichnung aufweisen.

Wichtige technische Eigenschaften für die Gebrauchstauglichkeit von Betonwaren für die Flächenbefestigung sind:

- hohe Maßhaltigkeit
- hohe Festigkeit
- hoher Abriebwiderstand
- hoher Gleit-/Rutschwiderstand
- hoher Witterungswiderstand

Für die o.a. Eigenschaften sind die Anforderungen in den Produktnormen DIN EN 1338 (Pflastersteine aus Beton) und DIN EN 1339 (Platten aus Beton) sowie den zugehörigen nationalen Regelwerken festgelegt. Einige Bundesländer haben die Anforderungen an bestimmte Produkteigenschaften (z.B. Witterungswiderstand) zusätzlich verschärft, d.h., in ihrem Zuständigkeitsgebiet sind letztlich ihre eigenen Technischen Lieferbedingungen maßgebend.

Um beim Nutzer Akzeptanz für die gewählten Betonwaren zur Flächenbefestigung zu erzielen, müssen folgende Eigenschaften erfüllt werden:

- geringe Farbabweichungen
- geringe Ausblühneigung
- keine Gelb-/Braunverfärbung
- gute Reinigungsfähigkeit
- hohe Pigmentbeständigkeit farbiger Produkte
- lärmarme Oberflächenstruktur bei Verwendung auf innerörtlichen Straßen

Befestigungen von Verkehrsflächen in Pflasterbauweise sind dem Fach-

bereich Straßenbau zuzuordnen, deshalb sind außerdem die entsprechenden Regelwerke zu berücksichtigen. Die geforderten Eigenschaften Tragfähigkeit, Ebenheit, Griffigkeit, Verschleiß- und Frost-Tausalz-Widerstand müssen für den vorgesehenen Nutzungszeitraum sichergestellt sein. Zweifellos sind die nutzungsbedingten Beanspruchungen hierfür verwendeter Betonwaren sehr hoch im Vergleich zu Produkten für andere Anwendungen (z.B. Betonwaren für den Hochbau).

2.1 Frost-Tausalz-Widerstand

Betonwaren für Flächenbefestigungen sind frostbeständig, jedoch (wie alle Bauteile und Bauwerke aus Beton) nicht frost- und tausalzbeständig. Normgerecht hergestellte Produkte besitzen aber einen sehr hohen Widerstand gegen Frost-Tausalz-Angriffe. Tausalze wirken aufgrund der chemisch-physikalischen Reaktionen stark betonangreifend und führen zwangsläufig im Laufe der Jahre zu Veränderungen der Produktoberflächen. Viele Betonwarenhersteller empfehlen daher – nicht zuletzt auch aus Umweltschutzgründen – auf die Verwendung von Tausalzen zu verzichten und bei Eis- oder Schneeglätte alternative Streumittel zu verwenden.

Die häufig geäußerte Behauptung, dass vor Einführung der europäischen Produktnorm DIN EN 1338 gemäß DIN 18501 hergestellte Pflastersteine bei Erfüllung der Anforderung an die Druckfestigkeit auch einen ausreichenden Frost-Tausalz-Widerstand aufwiesen, ist falsch. Weder eine hohe Druckfestigkeit noch eine hohe Spaltzugfestigkeit führen automatisch zu einem hohen Frost-Tausalz-Widerstand, jedenfalls nicht bei zweischichtigen Pflastersteinen. Die Widerstandsfähigkeit gegen Frost und

Tausalz ist überwiegend von der Qualität und Beschaffenheit der Vorsatzbetonschicht abhängig, die wiederum aufgrund ihrer geringen Dicke so gut wie keinen Einfluss auf die Druck- oder Spaltzugfestigkeit hat.

Ebenfalls unzutreffend ist die Meinung, dass die Anzahl der Frost-Tau-Wechsel des genormten Prüfverfahrens zur Bestimmung des Frost-Tausalz-Widerstands zu gering sei und nicht mit den Praxisbedingungen korreliere. Ziel eines solchen Laborprüfverfahrens ist es, die Widerstandsfähigkeit eines Produkts unter pessimalen Bedingungen in einem Zeitraffereffekt zu simulieren. Daher auch der extreme Temperaturwechsel von +20 °C nach -20 °C.

Trotz der erhöhten Anforderungen an die Dauerhaftigkeit in den Produktnormen sowie den zusätzlichen technischen Liefervereinbarungen einiger Länder kommt es in extremen Wintern zu Schäden an Flächenbefestigungen mit Betonwaren. Nach dem Winter 2009/2010 wurden vereinzelt ungewöhnliche Abwitterungen festgestellt. Bei den daraufhin durchgeführten Nachforschungen und Untersuchungen wurde jedoch festgestellt, dass keine handelsüblichen Tausalze sondern Düngemittel verwendet wurden.

Offenbar wurde in vielen Regionen unseres Landes mit allem gestreut, was Schnee- und Eisglätte verhinderte. So wird in [5] berichtet: „Streusalz wurde knapp – und teuer. Der Preis für Streusalz verdreifachte sich im Laufe des Winters. Wir haben schließlich auch salzhaltigen Dünger, Sand und Splitt gestreut, weil kein Salz mehr zu bekommen war.“ Vermutlich ist die unsachgemäße Behandlung bei Eis und Schnee mit Düngemittel ursächlich für die aufgetretenen Schäden.



Bild 5: Musterpflasterflächen für den Kö-Bogen in Düsseldorf im „Stresstest“



Bild 6: Betonpflaster für Kö-Bogen in Düsseldorf (17.450 m²)

2.2 Musterpflaster als Entscheidungskriterium [6]

Nicht alltäglichen Anforderungen mussten sich kürzlich verschiedene Produkte für die künftige Flächen-gestaltung rund um den Kö-Bogen in Düsseldorf stellen: Sie wurden über mehrere Monate einem „Stresstest“ unterzogen. Dafür hatten die Mitglieder der Kleinen Kommission Kö-Bogen im Juli 2011 aus insgesamt 21 Produkten sieben ausgewählt: drei aus Naturstein, vier aus Beton. Von Oktober bis einschließlich Januar wurde auf dem Schadowplatz auf einer Fläche von 350 m² (je Produkt 50 m²) die Belastbarkeit und Eignung der Musterpflaster geprüft (Bild 5). Über sechs Wochen mussten sie den Strapazen widerstehen, die von zigtausenden Weihnachtmarktbesuchern (Verschmutzung durch Getränke und Essensreste) verursacht wurden. Lastwagen, die für den Auf- und Abbau der Buden und die Belieferung des Weihnachtsmarkts benötigt wurden, sowie mehrfach die Musterflächen überfahrende schwere Reinigungsfahrzeuge strapazierten die Produkte zusätzlich.

Ende Januar wurde entschieden: Die Verlängerung der Königsallee (Kö),

die Hofgarten-Promenade, erhält einen Natursteinbelag (1.950 m²). Die weitaus größere Fläche (Schadowplatz und untere Promenade) wird mit einem Produkt aus Beton gestaltet (17.450 m²), beide Produkte hatten sich im „Stresstest“ bewährt.

Die Meinung der Bürger war ebenfalls gefragt, die Auswertung der rund 250 Beiträge ergab ein deutliches Votum für einen Naturstein. Dass sich die Stadt Düsseldorf trotzdem für die großflächige Befestigung mit Betonstein (Bild 6) entschieden hat, ist bei einer Preisdifferenz von rund 235 Euro pro m² nachvollziehbar.

2.3 Nachhaltigkeit

Bei der Wahl des Baustoffs für Flächenbefestigungen gewinnen Kriterien wie Umweltverträglichkeit, Klimaschutz und Ressourcenverbrauch zunehmend an Bedeutung. Die Betonwarenindustrie hat diesen Trend früh erkannt und hat seit vielen Jahren eine große Auswahl so genannter „Ökosteine“ im Angebot (Bild 7). Dazu gehören Produkte für wasserdurchlässige, flüssigkeitsdichte und lärmindernde Pflastersysteme. Aus ökologischer Sicht sind alle Betonwaren für Flächenbefestigung

gen interessant, da bei ihrer Produktion keine umweltbelastenden Stoffe freigesetzt werden und sie außerdem am Ende ihres Lebenszyklus vollständig recycelbar sind.

Bisher wurden Außenanlagen – und damit auch Flächenbefestigungen – bei der Nachhaltigkeitsbewertung nicht berücksichtigt. Dieser Tatbestand war Anlass für ein Forschungsprojekt des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung



Bild 7: Die Verwendung haufwerksporiger Pflastersteine ermöglicht die Versickerung von Regen- und Schmelzwasser und trägt zum Umweltschutz bei.

(BMVBS) sowie des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumentwicklung (BBR). Im Rahmen dieses Forschungsprojekts wurde im vergangenen Jahr der „Leitfaden Nachhaltiges Bauen – Außenanlagen“ erstellt, der nun auf der Basis von 27 Kriterien eine nachprüfbar Bewertung ermöglicht [7].

2009 bzw. 2011 veröffentlichte Studien zu Umwelteinflüssen typischer Verkehrsflächen zeigen, dass mit Pflastersteinen und Platten aus Beton vorteilhafte Lösungen aus ökologischer Sicht zu erzielen sind [8, 9]. Bei der Erprobung des Bewertungssystems gemäß dem „Leitfaden Nachhaltiges Bauen – Außenanlagen“ kann der Betonverband SLG mit diesen Ökobilanzstudien wichtige Unterstützung leisten.

3 Ausgangsstoffe – insbesondere Zemente für Betonwaren

Die Herstellung von Betonwaren für Flächenbefestigungen erfordert die gezielte Auswahl dafür geeigneter Ausgangsstoffe. In diesem Beitrag soll jedoch nur der wichtigste Ausgangsstoff – der Zement – näher betrachtet werden; für eine Übersicht aller verwendbaren Ausgangsstoffe kann auf [10] verwiesen werden. Zum Thema Zement ist in dem 1999 erschienenen Handbuch Folgendes zu lesen: „Zement ist der Ausgangsstoff, der maßgeblich die Qualität, aber auch die Herstellkosten von Betonwaren beeinflusst. Die Normen und Richtlinien schreiben die Verwendung von Zement gemäß DIN 1164 vor“.

Mittlerweile sind über zehn Jahre vergangen, zwischenzeitlich wurden viele nationale Normen durch europäische Normen ersetzt. Die erste

Aussage des o.a. Zitats ist nach wie vor aktuell. In den heute gültigen europäischen Produktnormen für Pflastersteine und Platten aus Beton ist der ausdrückliche Hinweis auf die Verwendung von Zementen gemäß europäischer Zementnorm DIN EN 197-1 jedoch nicht mehr zu finden. Vielmehr heißt es: „Es dürfen nur Materialien verwendet werden, deren Eignung für die Verwendung von Betonpflastersteinen aufgrund ihrer Eigenschaften und ihres Leistungsvermögens nachgewiesen ist“. Diese Produktnormen fordern nicht mehr die Verwendung genormter Ausgangsstoffe, sie stellen auch keine Anforderungen an die Zusammensetzung des Betons (z.B. Mindestzementgehalt oder max. w/z-Wert), sondern schreiben lediglich vor, welche Eigenschaften die hergestellten Produkte haben müssen. Wie diese Eigenschaften erreicht werden, bleibt dem Produzenten selbst überlassen. Trotz der freien Wahl des Bindemittels ist Zement nach DIN EN 197-1 immer noch das Bindemittel für Pflastersteine und Platten. Zum einen ist der normativ geforderte Nachweis der Eignung sicherlich aufgrund jahrzehntelanger Verwendung erbracht worden. Dar-

über hinaus hat Zement den Vorteil, dass die zur Herstellung des Portlandzementklinkers benötigten Rohstoffe weltweit beinahe unbegrenzt zur Verfügung stehen und der Preis, im Vergleich zu anderen Bauprodukten, sehr günstig ist.

Ein gestiegenes Umweltbewusstsein führt dazu, dass seitens der Konsumenten neben technischen Eigenschaften eines Bauprodukts auch die Umweltwirkungen erfragt werden. In der Zementindustrie hat das veränderte Umweltbewusstsein bereits vor Jahren zur Weiterentwicklung von Zementen geführt, die neben Portlandzementklinker weitere Hauptbestandteile enthalten.

In Deutschland hat die Verwendung weiterer Hauptbestandteile zur Zementherstellung bereits eine lange Tradition. 1879 wurde erstmals Hüttensand im Zement verwendet [11]. Aktuell werden neben Hüttensand weitere Hauptbestandteile wie z.B. Kalkstein, Flugasche, gebrannter Ölschiefer und Trass zur Zementherstellung eingesetzt. In der Europäischen Zementnorm EN 197-1 sind fünf Hauptzementarten (CEM I bis CEM V) gelistet; die Zemente mit

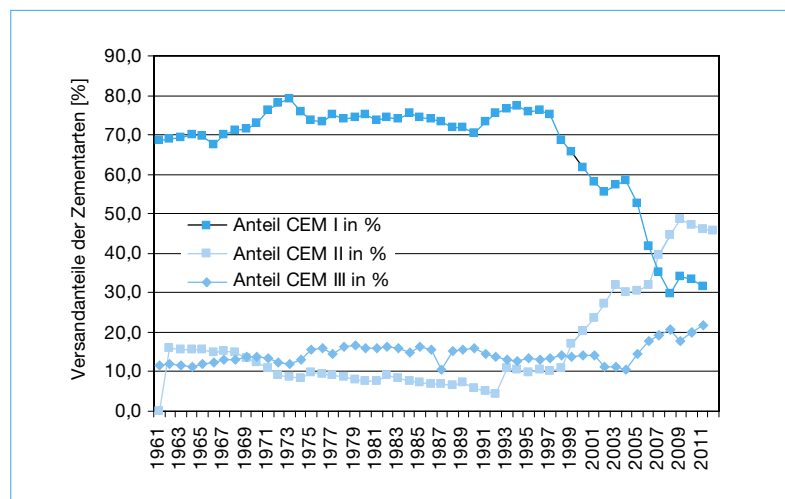


Bild 8: Entwicklung der Zementarten in Deutschland 1961–2011

Quelle: VDZ

mehreren Hauptbestandteilen (CEM II bis CEM V) verdrängen zunehmend die klassischen Portlandzemente (CEM I). Der Anteil an CEM II- und CEM III-Zementen ist auch in Deutschland mittlerweile deutlich höher im Vergleich zu CEM I-Zementen. Anhand der vom Verein Deutscher Zementwerke (VDZ) veröffentlichten Inlandsversand-Daten ist zu erkennen, dass der Anteil an CEM I-Zementen von rund 60 % im Jahr 2001 auf rund 30 % im Jahr 2010 zurückgegangen ist (Bild 8).

Erfolgte die Herstellung hütten-sandhaltiger Zemente in den Anfängen sicherlich aus überwiegend ökonomischen Gründen, so sind diese Zemente in der heutigen Zeit eine wesentliche Säule der Nachhaltigkeitsstrategie in der deutschen Zementindustrie. Dies gilt gleichermaßen für die Verwendung weiterer Hauptbestandteile, die eine Reduzierung des Gehalts an Portlandzementklinker ermöglichen. Dies trägt maßgeblich zur Verringerung des CO₂-Ausstoßes der Zementindustrie bei. Darüber hinaus können so Zemente mit besonderen bzw. speziellen Eigenschaften hergestellt werden.

Die Leistungsfähigkeit von CEM II- und CEM III-Zementen konnte in den vergangenen zehn Jahren deutlich gesteigert werden, so war die erfolgreiche Umstellung von CEM I-Zementen auf Zemente mit mehreren Hauptbestandteilen im Betonbau möglich. Für die Produktion von Betonwaren sind sie besonders zu empfehlen, da sie im Vergleich zu CEM I-Zementen speziell für diesen Anwendungsbereich einige Vorteile bieten:

- ausreichend lange Verarbeitbarkeit auch bei höheren Temperaturen

- geringe Neigung zu Ausblühungen und Gelb-/Braunverfärbungen
- Unterstützung der Farbwirkung pigmentierter Betonwaren durch die helle Eigenfarbe

4 Eigenschaften von Betonwaren mit CEM II- und CEM III- Zementen

4.1 Festigkeit

Untersuchungen haben gezeigt, dass Pflastersteine aus CEM III-Zementen eine höhere Spaltzugfestigkeit aufweisen können im Vergleich zu Pflastersteinen mit CEM I [12]. Bei einer Betondruckfestigkeit von 60 N/mm² wird in der Fachliteratur ein mittlerer Verhältniswert für Druckfestigkeit/Spaltzugfestigkeit von 14,5 angegeben. In den zuvor erwähnten Untersuchungen wurden Verhältniswerte von 15,3 bei Verwendung von CEM I und 13,8 mit CEM III ermittelt.

Aus Überwachungsergebnissen der Zementhersteller ist bekannt, dass bei Portlandhüttenzementen und Hochofenzementen das Verhältnis von Biegezugfestigkeit zu Druckfestigkeit günstiger ist als bei Portlandzementen [13]. Betonwaren weisen bei Verwendung hütten-sandhaltiger Zemente, fachgerechten Herstell- und Lagerungsbedingungen höhere Biegezugfestigkeiten auf. Diese Eigenschaft ist von Bedeutung, wenn für die Flächenbefestigung großformatige Pflastersteine oder Platten verwendet werden, da mit zunehmender Größe der Produkte auch die Biegebeanspruchung durch vertikale Lasten steigt.

4.2 Farbe

Bekanntlich führen schon geringe Schwankungen des w/z-Werts, die selbst bei sorgfältiger Herstellung von Betonwaren nicht immer auszuschließen sind, zu unterschiedlicher Farbtonung der Produkte. Ebenso können unterschiedliche Lagerungs-



Foto: Kortmann Beton, Schüttorf

Bild 9: Platten und Pflastersteine mit ineinander übergehenden Farbtönen schaffen eine stimmungsvolle Atmosphäre.



Bild 10: Die vielen Farb­tönungen und Formen der Pflastersteine aus Beton bieten grenzenlose Gestaltungsmöglichkeiten.

bedingungen im jungen Alter Farb­unterschiede bewirken. Aufgrund der hellen Eigenfarbe der mit CEM II- und CEM III-Zementen hergestellten Produkte treten diese Einflüsse optisch nicht so in Erscheinung, auch gelegentlich auftretende schwache „Kalkschleier“ werden kaum wahrgenommen.

Bei Produkten mit werksteinmäßig bearbeiteter Oberfläche wird der Kontrast zwischen den freigelegten farbigen Gesteinskörnungen und dem Zementstein mit CEM II- und CEM III-Zementen noch verstärkt.

Farbiger Beton für Pflastersteine und Platten lässt sich mit CEM II- und insbesondere CEM III-Zementen leichter einfärben als mit dunkleren Portlandzementen (Bilder 9 und 10).

4.3 Dauerhaftigkeit

Bereits Mitte der 80er-Jahre zeigten Ergebnisse von Laboruntersuchungen, dass Betone für Pflastersteine mit Portlandhüttenzement und Hochofenzement einen ebenso hohen Frost-Tausalz-Widerstand auf-

weisen können wie Betone mit Portlandzement [14].

Vor zwei Jahren wurde im Rahmen eines Projekts [15] der Frost-Tausalz-Widerstand zweischichtiger Pflastersteine verschiedener Formate und Hersteller ermittelt. In Bild 11 sind die Ergebnisse aus den Untersuchungen zum Frost-Tausalz-Widerstand gemäß DIN EN 1338 wiedergegeben.

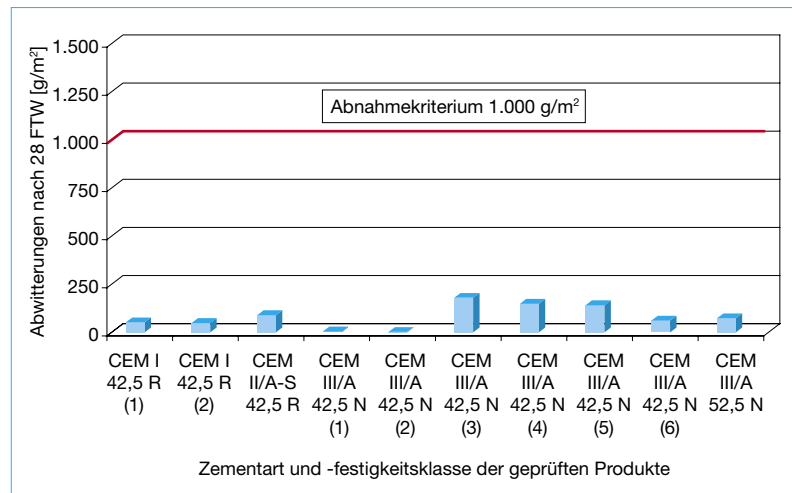


Bild 11: Frost-Tausalz-Widerstand von unterschiedlichen Betonpflastersteinen verschiedener Hersteller bei Prüfung nach DIN EN 1338

Bei Verwendung von CEM I, CEM II und CEM III/A der Festigkeitsklasse 42,5 oder 52,5 liegen die Abwitterungen bei sachgerechter Herstellung und Lagerung deutlich unterhalb des Abnahmekriteriums von 1.000 g/m².

Bei Vergleichsprüfungen von Pflastersteinen und Platten mit verschiedenen Zementen werden gelegentlich unterschiedliche Ergebnisse festgestellt. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass vergleichende Produktprüfungen insofern problematisch sind, als dass es innerhalb einer Produktionscharge fertigungsbedingt unterschiedliche Qualitäten gibt. Für einen objektiven Vergleich von Prüfergebnissen müssen die Probenanzahl erhöht und einige Kriterien bei der Beurteilung beachtet werden [1].

Für die Herstellung von Produkten mit außergewöhnlichem Design werden gelegentlich sonst unübliche Gesteinskörnungen verwendet. Hier ist besonders auf die Witterungsbeständigkeit und den Verschleißwiderstand zu achten, aber auch darauf, dass die Gesteinskörnungen

keine alkaliempfindlichen Bestandteile enthalten. Das Risiko einer Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) kann durch die Verwendung hütten-sandhaltiger Zemente deutlich reduziert werden, da Hütten-sand die Wirksamkeit der Alkalien im Zement vermindert.

Hinsichtlich der Dauerhaftigkeitseigenschaften von Betonwaren mit CEM III-Zementen ist die mit zunehmendem Alter wachsende Festigkeit zu erwähnen. Mit CEM III-Zementen hergestellte Betone verfügen über ein ausgeprägtes Nacherhärtungspotenzial [16]. Bei Pflastersteinprüfungen wurde mehrfach die Spaltzugfestigkeit auch im höheren Alter ermittelt. So konnte bereits im Alter von drei Monaten eine Festigkeitssteigerung von 30 % festgestellt werden. Deshalb kann angenommen werden, dass auch bei höherer Verkehrsbelastung, als ursprünglich der Bemessung zugrunde gelegt wurde, eine ausreichende Festigkeitsreserve gegeben ist.

5 Fazit und Ausblick

Zusammengefasst können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Flächenbefestigungen mit Betonwaren sind bei fachgerechter Planung und Bauausführung (mit Qualitätssicherungssystem) eine nachhaltige Bauweise mit hervorragenden ökonomischen, ökologischen und technischen Eigenschaften.
- Mit Betonwaren können hoch belastbare Flächenbefestigungen mit einer langfristig hohen optischen Qualität erstellt werden.
- Pflastersteine und Platten aus Beton bieten nicht nur ein ausgezeichnetes Preis-Leistungs-Verhältnis, sondern auch ein

außergewöhnliches Spektrum ästhetischer Flächengestaltung.

- Kein anderer Baustoff kann für den Bereich Straßen-, Garten- und Landschaftsbau eine vergleichbare Vielfalt an Gestaltungsmöglichkeiten aufweisen.
- Die generell vorhandene Nachhaltigkeit der Betonwaren für Flächenbefestigungen kann noch verbessert werden durch die Verwendung von CEM II- und CEM III-Zementen, da bei ihrer Herstellung der Ausstoß von klimaschädlichem CO₂ deutlich reduziert ist und die natürlichen Ressourcen weitgehend geschont werden.
- CEM II- und CEM III-Zemente sind Zemente mit hoher Energieeffizienz und aufgrund ihrer technischen und ästhetischen Eigenschaften besonders geeignet für die Herstellung von Betonwaren.

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeit für Flächenbefestigungen mit Betonwaren wird fortgesetzt. Der Einfluss der Steinqualität auf die Entstehung von Kantenabplatzungen wird in einem aktuellen Forschungsvorhaben unter Beteiligung des Betonverbands SLG ermittelt. Anschließend soll ein Prüfverfahren zur Bestimmung der Kantenfestigkeit entwickelt werden. Die Verbesserung bestimmter Eigenschaften und die Umsetzung weiterer Wettbewerbsvorteile gegenüber alternativen Produkten (Asphalt, Naturstein, Klinker) ist das Ziel der Betonwarenindustrie [17].

Die richtige Wahl des Baustoffs für Flächenbefestigungen unter Berücksichtigung aller relevanten ökologischen, ökonomischen, technischen und gestalterischen Eigenschaften spielt eine große Rolle. Durch die Verwendung von Betonwaren können die Weichen für eine nachhaltige Zukunft gestellt werden.

Literatur

- [1] Bilgeri, P.: Innovative Produktentwicklungen und Nachhaltigkeit – Betonwaren im Wandel der Zeit. Betonwerk und Fertigteil-Technik (2010) H. 1, S. 4–39
- [2] Wierig, H. J.: Betontechnische Gesichtspunkte bei der Herstellung von Betonwaren. Betonstein-Zeitung, (1962) H. 1, S. 10–18
- [3] TL Pflaster-StB 06: Technische Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2006 einschl. Korrekturen Stand 2007 (Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV)
- [4] DIN 18318 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Verkehrswegebauarbeiten – Pflasterdecken und Plattenbeläge in ungebundener Ausführung, Einfassungen. Ausgabe April 2010 (Hrsg.: Deutsches Institut für Normung – DIN)
- [5] DEGA-Praxisratgeber Winterdienst 2010/2011. Verlag Eugen Ulmer KG, Stuttgart
- [6] Rheinische Post Verlagsgesellschaft mbH, www.rp-online.de
- [7] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung BMVBS (Hrsg.): Leitfaden Nachhaltiges Bauen – Außenanlagen. Berlin 2011
- [8] Betonverband Straße, Landschaft, Garten e.V. – SLG (Hrsg.): Vergleichende Ökobilanz – Oberbaukonstruktionen von Verkehrsflächen mit unterschiedlichen Deckschichten. Bonn 2009
- [9] Betonverband Straße, Landschaft, Garten e.V. – SLG (Hrsg.): Ökobilanzieller Vergleich von Pflastersteinen und Platten aus Beton mit vergleichbaren Lösungen aus Naturstein, Klinker und Asphalt. Bonn 2011
- [10] Bilgeri, P.; Feldmann, H.; Gerhards, R.; Gerne, L.; Kaymer, F. K.; Pickel, U.; Tegelaar, R. A.; Widmann, H.: Handbuch Betonfertigteile, Betonwerkstein, Terrazzo. 2. Auflage, Verlag Bau + Technik GmbH, Düsseldorf 1999, Kapitel 6 Betonwaren, S. 463–620
- [11] Stark, J.; Wicht, B.: Geschichte der Baustoffe. Schriften der Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar, Heft 99
- [12] Bilgeri, P.: Erfahrungen mit Hochofenzement im Verkehrsbau – Betonfertigteile, Betonwaren und Ort beton. Beton-Informationen 41 (2001) H. 5, S. 3–13
- [13] Bilgeri, P.; Eickschen, E.; Felsch, K.; Klaus, I.; Vogel, P.; Rendchen, K.: Verwendung von CEM II- und CEM III-Zementen in Fahrbahndeckenbeton –Erfahrungsbericht. Straße und Autobahn 58 (2007) H. 12, S. 61–68
- [14] Prüfbericht Nr. 1985/199 des Forschungsinstituts der Forschungsgemeinschaft Eisenhütten-schlacken, Duisburg-Rheinhausen 1985
- [15] Bilgeri, P.: Frost-Tausalz-Widerstand von Betonpflastersteinen. Vergleichsprüfungen nach DIN EN 1338 und Vornorm DIN CEN/TS 12390-9 (CDF-Test) – Projektbericht. CEMEX HüttenZement GmbH, Dortmund 2010 (unveröffentlicht)
- [16] Smolczyk, H.-G.: Dauerhaftigkeit und Porenstruktur von sehr alten Betonen. Beton-Informationen 26 (1986) H. 1, S. 3–10
- [17] Betonverband Straße, Landschaft, Garten e.V. (SLG), www.betonstein.de