



SikaPaver®

MEHR QUALITÄT UND PRODUKTIVITÄT IN DER BETONWARENHERSTELLUNG

SONDERDRUCK BWI - BETONWERK INTERNATIONAL - 3 | 2021

BUILDING TRUST



Immer besser, immer schneller

Mehr Qualität und Produktivität in der Betonwarenherstellung

■ Dipl.-Ing. (FH) Jorg M. Schrabback, Fachingenieur für Pflasterbau (EIPOS), Business Development Manager Betonwaren, Sika Deutschland GmbH

Kunden erwarten bei Pflastersteinen in zunehmendem Maße eine attraktive und dauerhaft gleichbleibende Optik. Diese geforderte höhere Qualität wird durch Eigenschaften wie brillante Farben, Ausblührefreiheit und Pflegeleichtigkeit definiert und umgangssprachlich mit dem Begriff „besser“ beschrieben. Auf der anderen Seite müssen die Hersteller dieser Pflastersteine profitabel arbeiten, das heißt mehr Produkte in kürzerer Zeit und mit weniger Ausschuss produzieren. Entsprechend ergibt sich die Forderung, dass die Produktion „schneller“ werden muss. Doch wie können die scheinbar gegensätzlichen Anforderungen aller Beteiligten mit Hilfe von betontechnologischen Kenntnissen, innovativen Zusatzmitteln und modernen Testmethoden in Einklang gebracht werden?

Reduktion und Kontrolle Verdichtungs-poren

Um gleichmäßigere und höhere Qualitäten zu erreichen, müssen die Einflussfaktoren und ihre Wirkmechanismen bekannt sein. Vor dem Hintergrund praktischer Erfahrung hat die Sika Deutschland GmbH spezialisierte Forschungsarbeiten durchgeführt, um Lösungen für die Herausforderungen bei der Produktion mit erdfeuchtem Beton zu finden.

Die Branche ist sich der Tatsache bewusst, dass alle Qualitätswerte mit der Betondichte zusammenhängen. Ein geringeres Porenvolumen (Verdichtungs- und Kapillarporen) führt zu einer höheren Festigkeit (Abb. 1) und vor allem zu einer

geringeren Wasseraufnahme (Abb. 2). Letzteres ist direkt mit einem gewünschten optischen Erscheinungsbild und einer längeren Lebensdauer verbunden.

Bevor wir darüber nachdenken, wie die Verdichtung verbessert werden kann, müssen wir zunächst sicherstellen, dass die vorhandenen Dichten kontrolliert werden. Die manuelle Messung von Gewicht und Höhe zur Bestimmung der Pflastersteindichte (Mittel aus Kern und Vorsatz) ist nach wie vor die gängigste Praxis. Automatische Systeme zur Höhenmessung in Kombination mit Brettverwiegung bieten eine gute und vor allem kontinuierliche Kontrolle der durchschnittlichen Dichte. Wenn von Zeit zu Zeit durch das Qualitätskontrollteam der Schwankungsbereich auf dem Brett ermittelt wird, kann das Produktionsteam bereits während seiner Arbeit die Qualitätsspanne der hergestellten Waren vorhersagen und somit steuern.

Bewertung Vorsatzverdichtung

Die für die Optik besonders wichtige Vorsatzbeton-Verdichtung kann an Pflastersteinen unmittelbar nach Verlassen des Fertigers mit dem Wasserpenetrationstest WPT überprüft werden. Dabei wird die Zeit in Sekunden gemessen, die 1,5 ml Prüfflüssigkeit benötigt, um in der frischen Vorsatzschicht zu versickern. Eine längere WPT-Zeit (Ziel >30 Sekunden) bedeutet ein dichteres Gefüge und somit eine dauerhaftere Vorsatzqualität.

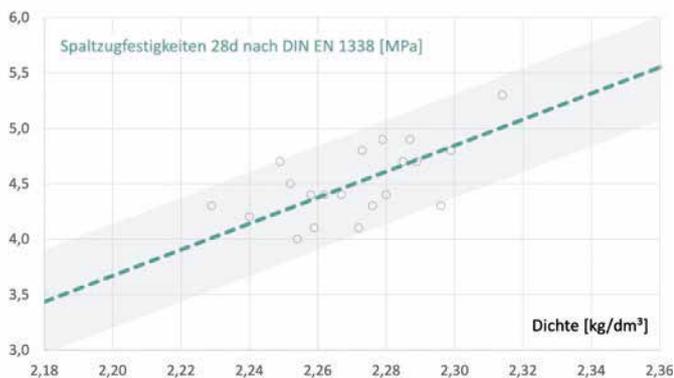


Abb. 1: Entwicklung der Festigkeit in Abhängigkeit von der Dichte des jeweiligen Pflastersteins

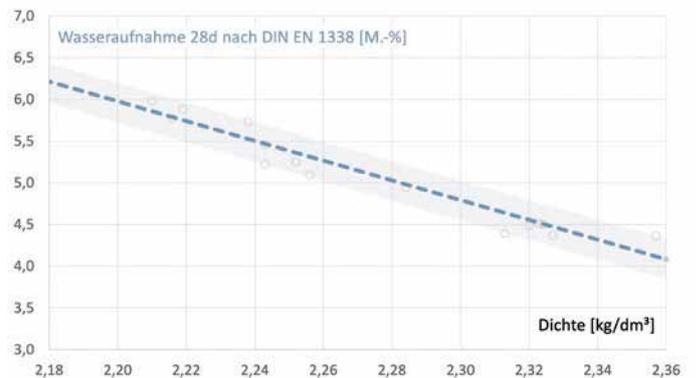


Abb. 2: Entwicklung der Wasseraufnahme in Abhängigkeit von der Dichte des jeweiligen Pflastersteins



■ Dipl.-Ing. (FH) Jorg Schrabback, seit 1994 Betontechnologie mit Schwerpunkt auf Optimierung und Beratung von erdfeuchtem Beton sowie der dafür benötigten Zusatzmittel. 1999 bis 2015 international tätig mit Fokus auf Betonwaren und Zementtechnologie. Umfangreiche praktische Erfahrung führte seit 2016 zur Intensivierung der Forschung hinsichtlich Formfüllverhalten, Verdichtung und Dauerhaftigkeit von erdfeuchtem Beton.

Optimierung Feuchtegehalt

Beim Thema wirtschaftliche Steigerung der Verdichtung spielt der Feuchtegehalt der Betonmischung eine entscheidende Rolle. Es heißt, dass im erdfeuchten Beton höhere Wasserzementwerte (w/z -Wert) beziehungsweise Wasserbindemittelwerte (w/b -Wert bei voller Anrechnung der Flugasche als hydraulisches Bindemittel) zu besseren Ergebnissen führen, da mehr Wasser eine stärkere Verdichtung und eine vollständigere Hydratation des Zements bewirkt.

Die praktischen Ergebnisse bestätigen die Theorie, dass dies bis zum maximalen w/z - beziehungsweise w/b -Wert von 0,40 gilt.

Wassergehalte im Kernbeton, die diesen durch die Zementtechnologie vorgegebenen Grenzwert überschreiten, bewirken Kapillarporosität mit negativen Folgen wie geringere Festigkeit (Abb. 3) und stark reduzierte Frost-Tausalz-Beständigkeit (Abb. 4). Vorsatzbetone werden aufgrund der Gefahr von Stempelklebern im Allgemeinen mit deutlich niedrigeren w/z -Werten verarbeitet und erreichen somit bei guter Verdichtung entsprechend geringe Abwitterungsraten.

Um die positive Wirkung des Wassers auf Verdichtung und Hydratation ohne negative Auswirkungen zu nutzen, ergibt sich bei einer üblichen Variation des Wassergehalts um $\pm 6 \text{ l/m}^3$ Beton ein Zielwert von w/z beziehungsweise $w/b = 0,38$.

Die Feuchtigkeitskontrolle ist daher von höchster Bedeutung. Dies impliziert die Kontrolle der Feuchtigkeit aller Gesteinskörnungen sowie die Feuchtemessung jeder Betoncharge im Mischer. Neben diesen elektronischen Systemen ist die manuelle Kontrolle des tatsächlichen Feuchtigkeitsgehalts mit Darre oder Mikrowelle unabdingbar. Praktische Ergebnisse

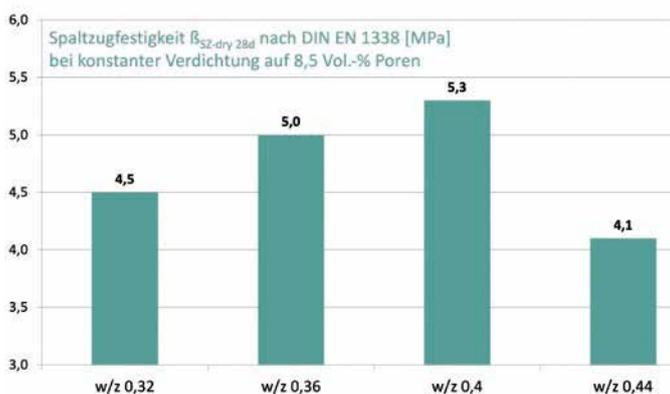


Abb. 3: Spaltzugfestigkeit Kernbeton in Abhängigkeit vom w/z -Wert bei konstantem Porengehalt

zeigen, dass der tatsächliche Wassergehalt sowohl signifikant niedriger (w/z beziehungsweise $w/b = 0,32$) als auch deutlich höher (w/z beziehungsweise $w/b = 0,48$) als der Zielwert sein kann.

Verdichtbare Körnungszusammensetzung

Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Sieblinie der Gesteinskörnung, die maßgeblich für eine gute Verdichtung und die benötigte Wassermenge verantwortlich ist. Eine gut abgestimmte Sieblinie führt zu verbesserter Packungsdichte und somit zu weniger Verdichtungsporen. Eine zu grobe Sieblinie bewirkt selbst bei guter Verdichtung zu viele Poren. Eine zu feine Sieblinie hingegen benötigt viel Wasser, was beim Drang wirtschaftlicher zu produzieren, zur Minimierung des Bindemittelgehaltes einen zu hohen w/z -Wert riskiert. Es hat sich gezeigt, dass eine möglichst leicht verdichtbare Kornabstufung durch das Anstreben der Fuller-Kurve erzielt werden kann. Trotz hoher Feinst-Anteile wird dabei der Wasseranspruch der Sieblinie geringgehalten. Basis ist also eine gute Betontechnologie.

Minimierung Qualitätsschwankungen

Durch eine auf den Zielporengehalt ausgerichtete Betonformulierung unter Berücksichtigung aller betontechnologischen Faktoren, einer automatisierten Feuchtemessung der Gesteinskörnung und akkuraten Dosiersystemen kann die Schwankung zwischen einzelnen Betonchargen minimiert werden. Trotz alledem variiert die Qualität der Produktion aufgrund von Dichteschwankungen, welche ihre Ursache in ungleicher Materialverteilung innerhalb eines Produktionsbretts (Formfüllung) haben. Bereits 80 g weniger Gewicht bei einem Rechteckstein mit $10 \times 20 \times 8 \text{ cm}$ (Zielgewicht ca. 3,6 kg) reduziert bei gleicher Höhe die Dichte um $0,05 \text{ kg/dm}^3$ beziehungsweise bewirkt 2 Vol.-% mehr Verdichtungsporen und entsprechend ca. 1 M.-% mehr Wasseraufnahme.

Erfahrungsgemäß nehmen die Auswirkungen schwankender Einflussfaktoren ab, je stärker sich die erzielte Dichte der maximal möglichen Dichte annähert. Ziel für eine hohe und gleichmäßige Qualität muss also sein, möglichst schnell einen hohen Verdichtungsgrad zu erreichen. Verdichtungs-

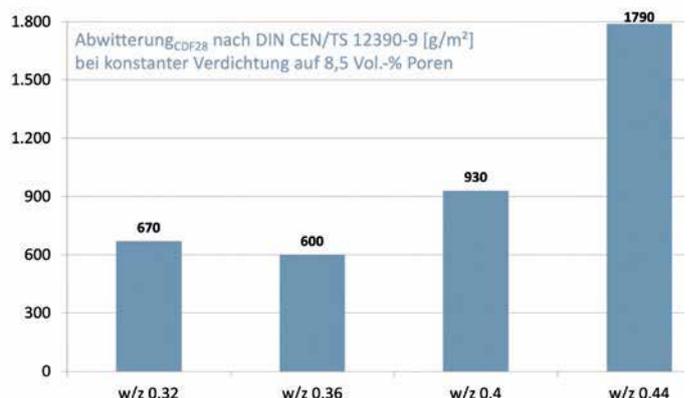


Abb. 4: Abwitterungsrate Kernbeton nach 28 Frost-Tau-Wechseln nach CDF-Verfahren in Abhängigkeit vom w/z -Wert

hilfen reduzieren den Porengehalt und verringern damit bereits die Schwankungsbreite innerhalb einer Charge. Da sie zudem besonders bei trockeneren Betonmischungen wirken, werden zusätzlich die Unterschiede der Verdichtungswilligkeit zwischen Chargen mit variierenden Feuchtegehalten soweit wie möglich minimiert.

Rieselfähiges Füllverhalten

Höhere Wassergehalte unterstützen ebenso das Ziel der schnelleren Verdichtung. Allerdings führen sie auch zu klebrigeren und schlechter rieselfähigen Betonmischungen. Neben den Einflüssen in Verbindung mit dem Füllwagen (Befüllung, Geschwindigkeit, Schüttelrost) stellt die Rieselfähigkeit einen wichtigen Einfluss bei der Formfüllung dar. Sinkende Rieselfähigkeit und höhere Klebrigkeit verstärken die inhomogene Befüllung der Form und damit Qualitätsschwankungen. Dies gilt für Kern- und Vorsatzbetone.

Neben dem Ausgleichen der Schwankungen von Feuchte und Zusammensetzung zwischen den Chargen gilt es in der

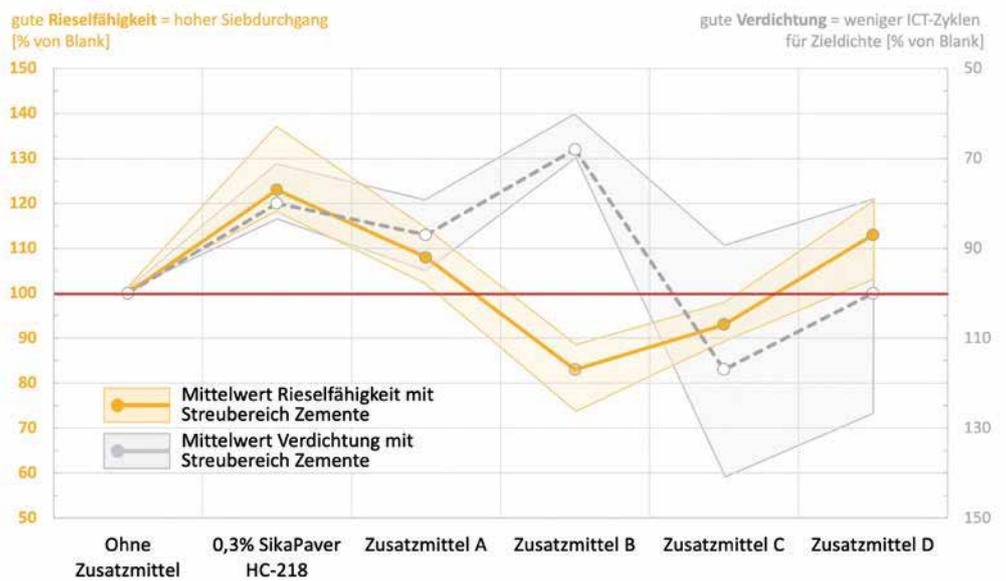
Produktion, die einzelnen Kammern einer Pflastersteinform so gleichmäßig wie möglich zu befüllen. Dabei lässt sich eine trockenere Betonmischung leichter in die einzelnen Kammern füllen. Im Gegensatz dazu wird eine schnelle Verdichtung mit einem feuchteren Beton erreicht. Um eine Lösung für diese gegenläufigen Anforderungen zu entwickeln, musste erst das Füllverhalten im Labor messbar werden. Die von Sika entwickelte Labor-Testmethode „Rieselfähigkeit“ ermöglicht das objektive Messen der Einflüsse auf die für den gleichmäßigen Füllvorgang maßgebliche Rieselfähigkeit.

Dabei bestätigten sich die praktischen Erkenntnisse hinsichtlich des Zusammenhangs von Rieselfähigkeit und Wassergehalt (Abb. 5). Die Untersuchungen zeigten auch, dass eine Steigerung des Wassergehaltes von $w/z = 0,40$ auf $w/z = 0,44$ die Verdichtungswilligkeit kaum noch verbessert, dagegen aber die Rieselfähigkeit stark reduziert. Von besonderem Interesse war, dass Betonzusatzmittel sich dabei positiv bis negativ auf die Parameter Rieselfähigkeit und Verdichtungswilligkeit auswirken können (Abb. 6). Ziel sollte im Allgemeinen sein, beide Parameter positiv zu beeinflussen.



Abb. 5: Einfluss des w/z-Werts auf Rieselfähigkeit und Labor-Verdichtungswilligkeit

Abb. 6: Einfluss verschiedener Zusatzmittel auf Rieselfähigkeit und Labor-Verdichtungswilligkeit



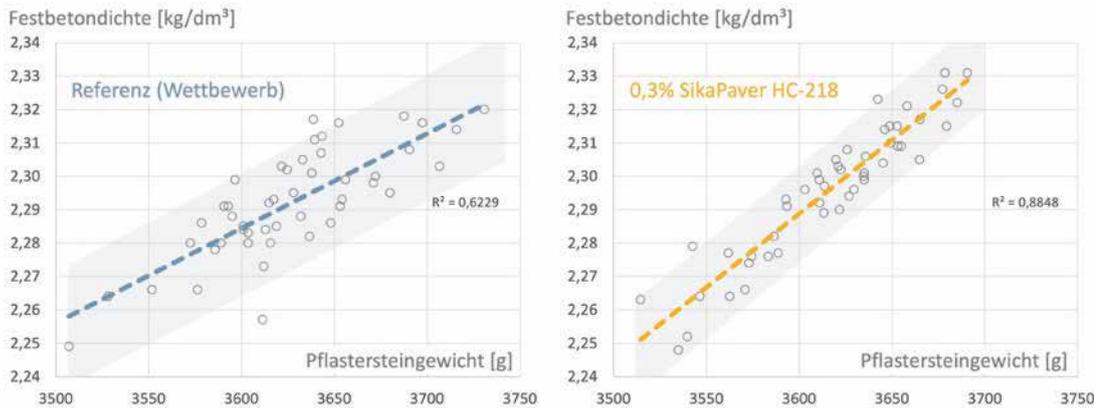


Abb. 7:
Reduzierte
Schwankungs-
breite der erziel-
ten Betondichte
auf einem Pro-
duktionsbrett im
Verhältnis zum
jeweiligen Pflas-
tersteingewicht

Abb. 8:
Flankenbild und
kritischer Bereich
bei Formfüllung in
laufender Produktion



Neue Zusatzmitteltechnologie: Befüllhilfe

Das gewonnene Wissen führte zur Entwicklung einer neuen Zusatzmitteltechnologie, welche dem Markt unter dem Produktnamen SikaPaver HC-218 zur Verfügung steht. Diese innovative Befüll- und Verdichtungshilfe fördert eine gleichmäßigere Materialverteilung in den einzelnen Kammern der Form und unterstützt damit die Gleichmäßigkeit der Pflastersteinqualität auf dem Produktionsbrett. Neben vielen positiven Qualitätsmesswerten in der täglichen Praxis fällt vor allem die reduzierte Schwankungsbreite der erzielten Betondichten auf einem Produktionsbrett im Verhältnis zum jeweiligen Pflastersteingewicht auf (Abb. 7). So verbesserte sich im abgebildeten Beispiel bei konstanter Betonfeuchte das Bestimmtheitsmaß der Trendlinie von 62 % auf 88 %.

Dies hat seine Ursache in der gleichmäßigeren Formfüllung, die auch direkt auf der Frischseite der Produktion an einem gleichmäßigeren Flankenbild und klareren Kanten erkennbar ist (Abb. 8). Zusätzlich verbessert SikaPaver HC-218 die Verdichtungswilligkeit.

Durch die wasserhaltende Wirkung kann zudem die Betonmischung am oberen Rand des Wassergehaltes gefahren werden, was eine noch schnellere Produktion ermöglicht. Hervorzuheben ist dabei, dass sich die größere Leistungsfähigkeit bereits bei einer optimalen Dosierung von 0,3 M.-% des Bindemittels zeigt und mit allen üblichen Zement-Typen kompatibel ist.

Zusammenfassung

Sowohl Anforderungen der Kunden an die optische Qualität als auch die Wünsche einer wirtschaftlichen Produktion können erfüllt werden. Dies erfordert ein schlüssiges Gesamtkonzept, bestehend aus einem theoretisch optimierten Mischungsentwurf (Dichte, Wassergehalt, Sieblinie), der Kontrolle und Sicherstellung der Schlüsselparameter in der täglichen Produktion (Feuchtegehalt und Verdichtung von Kern und Vorsatz) sowie leistungsfähigen und auf die Anwendung abgestimmten Zusatzmitteln. Die intensive Forschung von Sika auf dem Gebiet erdfeuchter Betone führte zur Messbarkeit der für diese spezielle Produktionsart wichtigen Eigenschaft der Rieselfähigkeit. Die daraus entstandenen Erkenntnisse ermöglichten die Entwicklung der Befüll- und Verdichtungshilfe SikaPaver HC-218. Damit leistet Sika einen wesentlichen Beitrag zur Optimierung einer modernen, hochwertigen und wirtschaftlichen Produktion von Pflastersteinen aus erdfeuchtem Beton. ■

WEITERE INFORMATIONEN



Sika Deutschland GmbH
Kornwestheimer Str. 103-107
70439 Stuttgart, Deutschland
T +49 711 8009 0, F +49 711 8009 321
info@de.sika.com, www.sika.de

HABEN SIE FRAGEN?

Ansprechpartner Nord

Vincenzo Tesse
Regionalverkaufsleitung Nord
Mobil 0173 - 6774743
tesse.vincenzo@de.sika.com

Oliver Herzog
VB Hamburg/Bremen/
Schleswig-Holstein
Mobil 0173 - 6774715
herzog.oliver@de.sika.com

Marco Griesbach
VB Berlin-Brandenburg/
Mecklenburg-Vorpommern
Mobil 0173 - 6784223
griesbach.marco@de.sika.com

Markus Holle
VB Nordrhein-Westfalen
Mobil 0173 - 6774946
holle.markus@de.sika.com

Thomas Barz
Niedersachsen
Mobil 0173 - 6774826
barz.thomas@de.sika.com

Reinhard Volke
VB Sachsen/Sachsen-Anhalt/
Thüringen
Mobil 0173 - 6774888
volke.reinhard@de.sika.com



Ansprechpartner Süd

Frank Hofmann
VR SW/Betonwaren
Mobil 0172 - 1403376
hofmann.frank@de.sika.com

Andreas Möhler
VR SO/Transportbeton
Mobil 0172 - 6332012
moehler.andreas@de.sika.com

Helmut Huttner
VR SO/Fertigteile
Mobil 0172 - 7309007
huttner.helmut@de.sika.com

Peter Stangl
VR SO/Transportbeton
Mobil 0172 - 6204964
stangl.peter@de.sika.com

Ralf Hauber
VR SW/Fertigteile
Mobil 0172 - 6332031
hauber.ralf@de.sika.com

Fabian Klein
VR SW/Transportbeton
Mobil 0172 - 1392074
klein.fabian@de.sika.com

Michael Herrmann
VR SO/Transportbeton
Mobil 0172 - 6235577
herrmann.michael@de.sika.com

Markus Becker
VR SW/Transportbeton
Mobil 0172 - 7428471
becker.markus@de.sika.com

Andreas Steiniger
VR SO/Betonwaren
Mobil 0172 - 6263815
steiniger.andreas@de.sika.com

Birgit Westermann
VR SW/Transportbeton
Mobil 0172 - 6365890
westermann.birgit@de.sika.com

Markus Siemund
VR SW/Transportbeton
Mobil 0172 - 6263822
siemund.markus@de.sika.com

EGAL WOHIN ICH SCHAU E –
ÜBERALL EINWANDFREIE

BETONWAREN



SikaPaver® MEHR ALS ZUSATZMITTEL

■ ZUVERLÄSSIGER SERVICE

mit ganzheitlichem Konzept von der Ursachenermittlung
bis hin zu individuellen Lösungen

■ ZIELSICHERE ANWENDUNG

bei unterschiedlichsten Materialien und großer Formenvielfalt

■ GLEICHMÄSSIGE BEFÜLLUNG

von kritischen Formen mit wirtschaftlich optimierten Betonzusammensetzungen

■ SCHNELLE PRODUKTION

bei betontechnologisch optimalem Wassergehalt

■ BESSERE BETONWARENQUALITÄT

mit einheitlichem Erscheinungsbild und minimiertem Ausschuss

WELTWEITE SYSTEMLÖSUNGEN FÜR BAU UND INDUSTRIE



BETON- UND GIPSZUSATZMITTEL



BAUWERKSABDICHTUNG



FLACHDACHABDICHTUNG



BODENBESCHICHTUNG



KORROSIONS- UND BRANDSCHUTZ



KLEBEN UND DICHTEN AM BAU



BETONSCHUTZ UND INSTANDHALTUNG



FLIESEN-, WAND- UND FUSSBODENTECHNIK



KLEB- UND DICHTSTOFFE FÜR DIE INDUSTRIE

Als Tochterunternehmen der global tätigen Sika AG, Baar/Schweiz, zählt die Sika Deutschland GmbH zu den weltweit führenden Anbietern von bauchemischen Produktsystemen und Dicht- und Klebstoffen für die industrielle Fertigung.



SIKA DEUTSCHLAND GMBH

Kornwestheimer Straße 103-107
70439 Stuttgart
Telefon 0711 8009-0
Telefax 0711 8009-321
www.sika.de

Peter-Schuhmacher-Straße 8
69181 Leimen
Telefon 06224 988-04
Telefax 06224 988-522
E-Mail: info@de.sika.com

BUILDING TRUST

