Methode zur Bestimmung der Streuung von Gewicht, Dichte und Festigkeit

Reduzierung der Standardabweichung im Produktionsprozess von Pflastersteinen

Der Herstellungsprozess von Betonwaren mit steifer Konsistenz, oder „halbtrockenem Beton", wie er in vielen Ländern geläufig ist, unterscheidet sich sehr von dem Verfahren zur Herstellung von Betonprodukten mit weicher oder fließfähiger Konsistenz.
Während bei weichen Betonen der wichtigste Parameter, der direkten Einfluss auf die Qualität des Endproduktes hat, der Wasser-Zement-Wert ist, ist es bei Betonwaren mit steifer Frischbetonkonsistenz die endgültige Dichte nach sachgemäßem Verdichten. Dies liegt daran, dass die Enddichte der Betonwaren direkt vom Ausmaß der Verdichtung abhängt, und folglich unmittelbar dessen Porosität, Durchlässigkeit, Festigkeit, Wasserabsorption, usw. bestimmt.

Idário D. Fernandez, Doutor Bloco, Brasilien

Im vorigen Artikel in der BWI-Ausgabe 3/2014 wurde bereits dargestellt, dass eine erhöhte Wasserzugabe sich zu einem gewissen Grade nachteilig auf die Festigkeit dieser Betonarten aufgrund einer Veränderung der Dichte auswirken kann.

Darüber hinaus wird in manchen Ländern, wie Brasilien, die Abweichung der Festigkeitswerte vom Mittelwert oder die Standardabweichung zur Berechnung der Parameter und zur Bestimmung der Festigkeitseigenschaften des Produkts herangezogen. Es können mehrere andere Parameter für die Bewertung der Qualität von Betonwaren mit steifer Frischbetonkonsistenz verwendet werden, wie die folgenden am häufigsten verwendeten: Druckfestigkeit, Zugfestigkeit, Wasseraufnahme und Oberflächenverschleiß. Alle diese Parameter werden in hohem Maße von der Dichte des Frischbetons oder Dichte des fertigen Produkts beeinflusst.

Sicherlich gibt es viele andere mit dem Fertigungsprozess in Zusammenhang stehende Faktoren, die sich auf die Schwankungen der obenerwähnten Parameter auswirken. Wenn z. B. sich im Verlauf des Produktionsprozesses der Wasser-Zement-Wert, die Korngröße der Gesteinskörnungen, der Zementtyp, die Menge der dosierten Materialien beim Mischen oder die Wirksamkeit der Zusatzstoffe, usw. ändern, wird sich das mit Sicherheit auf die Eigenschaften des Betons, insbesondere seine Druckfestigkeit, auswirken.
Aber all diese Abweichungen treten seltener auf, als Abweichungen bei der Dichte der Steine. Die Abweichung bei der Dichte der Steine kann von einer Mischung zur nächsten auftreten. Sie kann zudem beispielsweise aufgrund einer Abweichung in der Wasserdosierung von einem zum anderen Zyklus in derselben Charge aufgrund des Füllstands im Materialtrichter, und selbst von einem Zyklus zum anderen oder gar auf derselben Produktionsplatte, in Erscheinung treten.

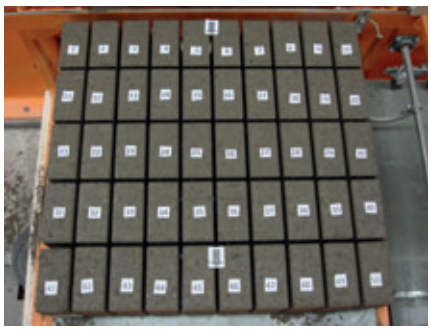
Wenn Abweichungen bei der Dichte auftreten, dann befinden sich auf derselben Produktionsplatte Elemente mit unterschiedlichem Verdichtungsgrad: Mehr oder weniger verdichtet, wenn sie sich in der Mitte, an den Rändern und hinten auf der Produktionsplatte befinden, und all das aufgrund von Unterschieden bei der Befüllung der Formen. Also kann die Überwachung der Dichte der Betonwaren sehr hilfreich bei der Verringerung der Standardabweichung im Produktionsprozess und bei der Verbesserung der charakteristischen Festigkeit der gesamten Produktcharge sein.

Die Festlegung eines Standardgewichts der Betonwaren vor und nach dem Verdichtungsprozess ist die am häufigsten verwendete Methode zur Erreichung dieses Ziels. Aber wichtiger als die Überwachung des Problems, ist die Bestimmung seines Ursprungs und, wenn Ausmaß und Ursache erkannt sind, seine Beseitigung. Der erste Schritt besteht in der Bestimmung der Standardabweichung, im Lokalisieren, wo die meisten kritischen Steine sich auf der Palette befinden, also diejenigen mit einer Dichte, die deutlich vom Mittelwert auf der Palette oder vom bestimmten Chargenmittelwert abweicht.

Man sollte damit beginnen, die aus dem Steinfertiger kommende Produktionsplatte zu fotografieren und die Steine eindeutig zu nummerieren, z. B. von links nach rechts und von hinten nach vorne, wie in Abbildung 1 zu sehen ist.

Anschließend erstellt man eine Tabelle (in Excel) mit genau der Anordnung der Steine, wie auf der Produktionsplatte, siehe Beispiel in Abb. 2.

Danach ermittelt man die Werte, die vom Mittelwert nach oben oder nach unten abweichen, und visualisiert die Abweichungen mit verschiedenen Zellenhintergrundfarben, wie im Beispiel gezeigt. Hierbei



Produktionsplatte mit Pflastersteinen am Ausgang der Maschine

	Minimum		Durchschnitt		Maximum		
	3390		3552		3664		
-5,0%	-3,8%	-2,5%	-1,3%	1,3%	2,5%	3,8%	5,0%
3375	3419	3464	3508	3597	3641	3686	3730
D	C	B	A <= Klasse => A		B	C	D
wenig kompakt						sehr kompakt	

Excel-Tabelle mit farbkodierter Bewertung

Idário Fernandes ist Bautechniker und Bauingenieur mit mehr als 30 Jahren Erfahrung in Zementproduktion und Qualitätskontrolle. Er hat in Brasilien und Südamerika mehr als 250 Lehrgänge und Vorlesungen über Zement und Beton gehalten und in technischen Magazinen diverse Fachartikel über Zement veröffentlicht. Er ist Autor der Bücher „Blocks and Pavers – Production and Quality Control" („Pflastersteine und Pflaster – Produktion und Qualitätskontrolle") und „Concrete Tiles – Production and Quality Control" („Betonfliesen – Produktion und Qualitätskontrolle"). Idário Fernandes ist Berater für Betontechnologie und zementbasierte Bausysteme, Spezialisierung Betonblöcke, Verbundpflaster und sonstige Erzeugnisse aus Rüttelbeton. Er ist Technischer Leiter bei Interblock Arfatos de Cimento.

idariof@uol.com.br

kann man die Steine auf der Palette identifizieren, die eine geringere oder größere Materialmenge gegenüber dem Mittelwert haben, und somit extremale Gewichts- und Dichtewerte aufweisen.
Unter www.doutorbloco.com.br kann ein Beispiel heruntergeladen werden, auf dessen Grundlage man ein eigenes Arbeitsblatt, das der Größe der Palette entspricht, erstellen kann.

Formen, die große Materialmengen benötigen, sind schwieriger gleichmäßig zu füllen und sie führen oft zu schlechten Verdichtungswerten im Vergleich zu Formen mit geringeren Füllmengen.

Zur Identifizierung von Fehlerursachen, können Prozessabläufe kontrolliert werden, wie z. B. das Siloförderbandsystem, die Verteilung des Materials im Silo und im Transportkübel, die Einsatzhäufigkeit des Rührwerks, die Finger des Betonverteilers, die Höhe des Abstreifers, oder die Frequenz und Amplitude des Verdichtens an verschiedenen Stellen der Palette, um somit eine gleichmäßigere Verteilung des Betons in den Formen zu erhalten.

Palette 1

3580	3508	3502	3445	3390
3588	3588	3490	3486	3398
3602	3585	3580	3499	3440
3650	3595	3565	3545	3490
3645	3608	3570	3554	3498
3661	3625	3588	3568	3500
3664	3618	3580	3580	3472
3659	3605	3591	3576	3477
3640	3601	3576	3535	3414
3636	3594	3555	3502	3406
3632,5	3592,7	3559,7	3529	3448,5

Maximum	3664
Minimum	3390
Durchschnitt	3552

Excel-Tabelle mit Daten der Produktionsplatte

Abweichung aufgrund einer schwankenden Materialmengendosierung

Wird die Abweichung durch veränderte Dosierungsmengen der Ausgangsstoffe verursacht, kann dies leicht erkannt werden, weil die Veränderung der Festigkeit ohne Dichteveränderung, sondern mit Veränderung der Textur oder Farbe, also des Aussehens der Betonwaren, einhergeht.

Eine sehr einfache Prüfung dieses Sachverhalts besteht im Vergleich der verbrauchten Gesamtmengen am Ende eines Produktionstages, einschließlich Wasser, und dem Gesamtgewicht der an diesem Tag produzierten Produkte. Dies kann durch Multiplikation der Anzahl produzierter Steine mit dem mittleren Steingewicht ermittelt werden. Liegen diese Werte weit auseinander, muss nach der Ursache dieser Abweichung gesucht werden.

Abweichung aufgrund des Wassergehalts in der Mischung

Eine weitere mögliche Ursache für eine ungleichmäßige Produktion ist die Abweichung beim Wassergehalt, also der Feuchtigkeit der Mischung. Ist dies der Fall, sollten unbedingt Feuchtesensoren, wie z. B. von Conductive, Hydronix oder Hydrostop, um nur einige der guten, für diesen Zweck geeigneten Geräte zu nennen, verwendet werden.

Wenn man nicht über Feuchtesensoren verfügt, ist es ratsam, die senkrechten Außenflächen des Pflastersteins im Auge zu behalten, und auf eine Streifenbildung zu achten. Die Oberfläche des Pflastersteins gibt aber auch Aufschluss über den Wassergehalt im Beton. Das Vorhandensein einer „Orangenhaut", ist ein Nachweis dafür, dass die Steine mit der richtigen Wassermenge produziert und korrekt verdichtet wurden. ■

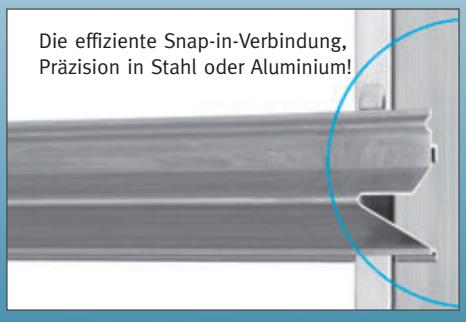
HS

Härtekammern
für die Betonsteinindustrie

Stahl-Spezialverzinkung oder Aluminiumausführung?

Keine Frage, immer eine richtige Entscheidung, denn wir liefern beides und die Gemeinsamkeiten sind groß.
Einige Beispiele:

- Das gleiche Grundprinzip – die TÜV-geprüfte Snap-in-Verbindung steht für eine einfache, schnelle und sichere Montage; unverrückbarer Halt inklusive.
- Zusätzliche Stabilisierungsstützen sind nicht erforderlich.
- Hohe Lebensdauer durch Aluminiumprofile oder Spezialverzinkung der Stahlprofile.
- HS-Auflageprofil mit durchgehender Brettführung und -zentrierung.



Wünschen Sie eine spezielle Ausstattung wie z. B. Umluftsystem, Kammerisolierung oder Rolltore? Wir liefern die Systemlösung und beraten Sie jederzeit zielorientiert und kompetent!

Weitere Informationen Sie auf unserer Website:
www.hsanlagentechnik.com

HS Anlagentechnik C.V.
Veldkuilstraat 53 • NL-6462 BB Kerkrade
Tel. 0031/45/5671190 • Fax 0031/45/5671192
info@hsanlagentechnik.com

Kundendienst/Montage:
HS Anlagentechnik Ant GmbH & Co. KG
Hegelstraße 6 • D-57290 Neunkirchen
Tel. 0049/2735/781160 • Fax 0049/2735/781162