

Härteverfahren und die Optimierung von CO₂-Gehalten in der Härtekammer

■ Sönke Tunn, Kraft Curing Systems GmbH, Deutschland

Die Härtung von Betonsteinen ist ein wichtiger Prozess, der die Festigkeit, Haltbarkeit und Optik des Materials bestimmt. Die Härtung der Betonsteine hängt stark von den Umgebungsbedingungen ab. In den letzten Jahren wurden daher moderne Härtekammern entwickelt, die die Härtung von Betonsteinen in einem kontrollierten Umfeld ermöglichen. In diesem Bericht werden die verschiedenen Methoden zur Härtung von Betonsteinen betrachtet. Dabei werden die Vor- und Nachteile der einzelnen Methoden sowie die Auswirkungen auf das Produktbild der Betonsteine aufgezeigt und der Ansatz von CO₂ in der Härteumgebung angeschnitten.

Beim Vergleich der wichtigsten Härteverfahren für Betonsteine wird bewusst zwischen einem Härte-/Trocknungsprozess unterschieden. Der wesentliche Unterschied zwischen Trocknung und Härtung ist, dass die Trocknung lediglich den Wassergehalt des Betonsteins verringert, während die Härtung die Festigkeit und Widerstandsfähigkeit des Betonsteins erhöht.

Trocknung in offenen Regalsystemen

Die einfachste und kostengünstigste Methode zur Härtung von Betonsteinen ist die Trocknung in einem Regalsystem in der Produktionshalle. Bei dieser Methode werden die Betonsteine nach dem Abformen in ein Regalsystem eingelagert und dort einige Tage belassen.

Der Vorteil dieser Methode sind die niedrigen Anschaffungskosten. Es ist lediglich ein Regalsystem erforderlich, das in der Produktionshalle aufgestellt werden kann.

Der Nachteil dieser Methode ist die ungleichmäßige Trocknung der Betonsteine. Diese hängt von der Lufttemperatur, dem Strömungsverhalten der Luft und der Jahreszeit ab. Im Winter kann es passieren, dass die Härtung nicht ausreichend ist und die Betonsteine nicht die gewünschte Festigkeit erreichen. Farbunterschiede, unterschiedliche Festigkeiten, abhängig von der Platzierung im Regalsystem und eben auch die Austrocknung der Oberfläche durch Zugluft sind die



Moderne Härtekammer der Kraft Curing Systems GmbH in Deutschland

Hauptgründe dafür, warum dieses System heute nicht mehr oft zum Einsatz kommt.

Trocknung in isolierten Härtekammern mit Umluft

Auch wenn die Feuchtigkeit durch die Isolierung hier schon besser sein kann, spricht man weiterhin vom Trocknen und nicht Härten, da die Kontrolle über die Feuchtigkeit fehlt.

Die Trocknung von Betonsteinen in einer isolierten Härtekammer ist eine Verbesserung gegenüber der Trocknung in einem offenen Regalsystem. Die Härtekammer ist so isoliert, dass die Wärme, die bei der Hydratation des Betons entsteht, nicht nach außen entweicht. Dadurch wird eine etwas gleichmäßigere Trocknung der Betonsteine in der Kammer erreicht.

Der Nachteil dieser Methode ist, dass die Trockenkammer noch immer von der Wärmeentwicklung durch die Hydratation des Betons abhängig ist. In der kalten Jahreszeit kann es daher immer noch zu Verzögerungen und zu unterschiedlichen Farben im Vergleich zu wärmeren Jahreszeiten kommen.

Trocknung in beheizten Härtekammern

Um die Nachteile der Trocknung in einer isolierten Trockenkammer mit Umluft zu beheben, wird bei dieser Methode zusätzlich Wärme zugeführt. Dies kann durch einen Wärmeer-

zeuger oder durch die Nutzung der Abwärme eines anderen Prozesses erfolgen.

Der Vorteil dieser Methode ist die schnelle und gleichmäßige Trocknung der Betonsteine. Die Kammer kann auf eine konstante Temperatur eingestellt werden, wodurch die Trocknung der Betonsteine unabhängig von der Jahreszeit erfolgt.

Der Nachteil dieser Methode ist, dass die Betonsteine durch die Wärme entfeuchtet werden. Dies kann zu Qualitätseinbußen führen, wie z. B. niedrige Abriebfestigkeit, schlechte Frost-Tausalz-Beständigkeit, brüchige Ecken und Kanten, sowie verstärkte Ausblühungen.

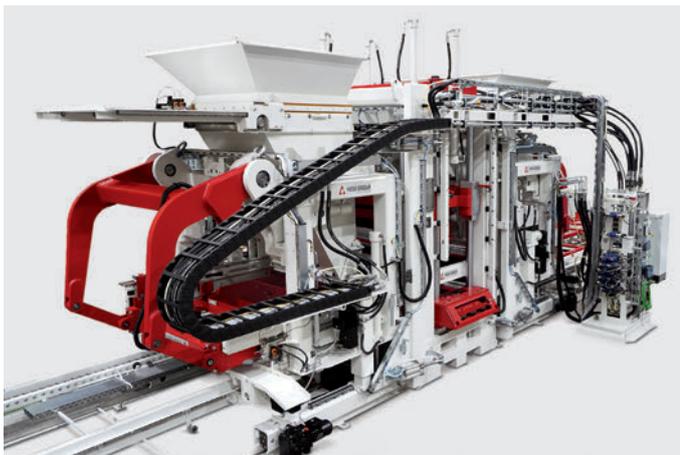
Härtung in beheizten Härtekammern mit Feuchtigkeitszugabe

Der nächste Schritt ist, die Härtekammer mit zusätzlicher Feuchtigkeit zu versorgen. Dadurch werden die bei der Trocknung in beheizten Härtekammern angeschnittenen Probleme verhindert und die Härte der Ecken und Kanten erheblich erhöht. Gerade auch bei hohen Kammertemperaturen ist dies qualitativ ein notwendiger Zusatz, den jedes moderne Kammersystem heute haben sollte.

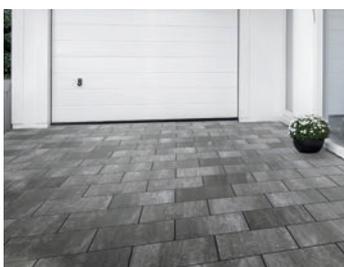
Der Nachteil, und dies erhält heute bereits deutlich mehr Aufmerksamkeit, ist der fehlende CO₂-Gehalt in der Härteumgebung. Der CO₂-Gehalt in gut isolierten Härtekammern



A member of **TOPWERK**



RH 2000-4 MVA –
hohe PRÄZISION bei der
BETONSTEIN-
FERTIGUNG



HESS GROUP ist ein weltweit führender Anbieter von Hochleistungs-betonsteinmaschinen, Dosier- und Mischanlagen sowie der dazugehörigen Paketierungs- und Fördertechnik.

www.hessgroup.com

Wir bringen Beton in Form.

liegt unter dem atmosphärischen Niveau. Beton nimmt das CO₂ aus der Luft auf. Die CO₂-Aufnahme ist im frischen Zustand am höchsten und nimmt mit der Zeit ab. Dadurch sinkt die normale CO₂-Konzentration in der Kammer ab. Die CO₂-Aufnahme geht aber weit über die normale Härtezeit hinaus.

Härtung mit Wärme, Feuchtigkeit und CO₂ in der Härtekammer

In beheizten Härtekammern, mit Feuchtigkeit und CO₂-Zugabe, wird die Härtung der Betonsteine durch die erhöhte Karbonatisierung verstärkt. Dabei wird die CO₂-Konzentration in der Kammerluft angehoben. Die Karbonatisierungstiefe kann bei optimierten CO₂-Gehalten, Betonrezeptur und Erhärtungsdauer, gerne auch mal bis zu 1 cm betragen. Eine gut karbonatisierte Steinoberfläche gibt dem Produkt eine dichtere Oberfläche, was dazu führt, dass Ausblühungen weitestgehend verhindert werden und die Farbstabilität langfristig erhöht wird.

Mit dem TestCube von Kraft Curing lassen sich verschiedene Härtebedingungen und deren Auswirkung auf die Betonprodukte testen. Die Testversuche in mehreren Betonwerken haben gezeigt, dass die Zugabe von bereits geringen CO₂-Mengen, bzw. die Härtung bei vergleichsweise geringer CO₂-Konzentration, einen positiven Einfluss auf die Produkte hat.

Einfluss von CO₂ in einer Härteumgebung

Erhöhte Mengen CO₂ haben eine qualitätssteigernde Wirkung auf die Betonsteine in der Härteumgebung, weil sie die Härte und Festigkeit des Betons erhöhen. Bei der Hydratation des Zements entsteht Calciumhydroxid (Ca(OH)₂). Dieses re-

agiert mit Kohlendioxid (CO₂) aus der Luft zu Calciumcarbonat (CaCO₃). Das schwerlösliche Calciumcarbonat bildet eine harte und widerstandsfähige Schicht auf der Oberfläche des Betons.

Die Karbonatisierungstiefe des Steins ist abhängig von der Menge des Kohlendioxids, der Härtedauer und der Betonzusammensetzung. Bei höheren Mengen an Kohlendioxid bildet sich mehr Calciumcarbonat und die Karbonatisierungstiefe des Betons nimmt zu. Die Farbstabilität des Betons ist u.a. daher abhängig von der Menge des Kohlendioxids, die dem Beton während der Härtung zugeführt wird.

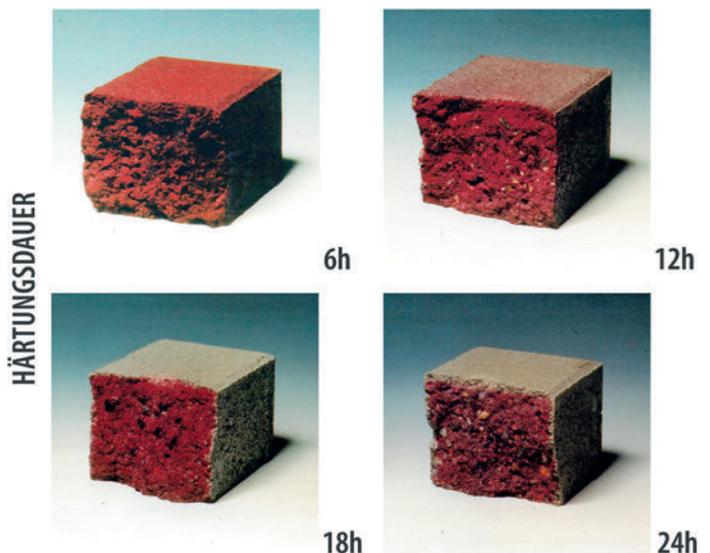
Die Härtezeit in der Kammer kann die Menge an CO₂-Aufnahme in den Stein steigern, da die Karbonatisierung des Betonsteins eine Zeit in Anspruch nimmt. Die Diffusionstiefe nimmt mit der Dicke des Betonsteins ab. Daher ist es wichtig, dass die Betonsteine in der Härtekammer eine ausreichende Zeit verweilen können, um die Karbonatisierung zu ermöglichen.

Bei einer längeren Härtezeit in der Kammer hat das CO₂ mehr Zeit, um in den Betonstein zu diffundieren und mit dem Calciumhydroxid zu reagieren. Dadurch wird die Menge an Calciumcarbonat im Betonstein erhöht und der Betonstein wird härter, dichter und fester.

Die Karbonatisierung kann mit entsprechenden Umbauten in einer gut abgedichteten Härtekammer erfolgen. Die Wahl der Kammerausführung entscheidet die Wunschmenge an CO₂ in der Härteumgebung. Bei der Karbonatisierung in einer gut isolierten Härtekammer wird das CO₂ in die Härteumgebung durch eine Gasdüse oder einen CO₂-Injektor eingeleitet und mit der Umgebungsluft vermischt. Abhängig von der Menge an CO₂ in der Umgebung, sind weitere Maßnahmen notwendig, um die Kammer für Mitarbeiter in der Arbeitsumgebung sicher zu machen.



Der CO₂ TestCube von Kraft ermöglicht verschiedene Härteszenarien.



Bei einer längeren Härtezeit in der Kammer hat das CO₂ mehr Zeit, um in den Betonstein zu diffundieren und mit dem Calciumhydroxid zu reagieren.

Diffusion und Kondensation

Kohlendioxid kann, in einer Härtekammer, über verschiedene Arten in den Stein gelangen.

Diffusion und Kondensation z. B. sind beides Prozesse, bei denen sich Stoffe von einem Ort zu einem anderen bewegen. Der grundlegende Unterschied zwischen den beiden Prozessen ist, dass Diffusion ein passives Phänomen ist, während Kondensation ein aktives Phänomen ist.

Diffusion ist ein Vorgang, bei dem sich Moleküle oder Atome von einem Ort zu einem anderen bewegen, um ein Gleichgewicht zu erreichen. Die Diffusion erfolgt durch die Brownsche Molekularbewegung, bei der die Moleküle oder Atome ständig zufällig in Bewegung sind. Bei der Diffusion von CO₂ in Betonsteinen diffundieren die CO₂-Moleküle aus der Luft durch die Oberfläche des Betonsteins in das Innere. Die Diffusionsrate hängt von der Dicke des Betonsteins, der CO₂-Konzentration in der Luft und der Temperatur ab.

Kondensation ist ein Vorgang, bei dem sich ein Gas in eine Flüssigkeit umwandelt. Die Kondensation erfolgt, wenn die Temperatur des Gases unter den Taupunkt sinkt. In der Kammer kondensiert der Wasserdampf aus der Luft, CO₂ kann als Begleitstoff in dem Kondensat vorgefunden werden. Rein logisch betrachtet: Je höher die CO₂-Konzentration in der Kammerluft, desto höher ist der CO₂-Anteil im Wasserkon-

densat. Die feuchte Schicht hat eine höhere Diffusionsrate als der trockene Betonstein, wodurch die Diffusionsrate von CO₂ in den Betonstein erhöht wird.

Im Einzelnen lässt sich der Transport von CO₂ in Betonsteinen durch Diffusion und Kondensation wie folgt erklären.

Diffusion

CO₂-Moleküle aus der Luft diffundieren durch die Oberfläche des Betonsteins in das Innere.

Die Diffusionsrate hängt von der Dicke sowie der Beschaffenheit des Betonsteins, der CO₂-Konzentration in der Luft und der Temperatur ab.

Kondensation

CO₂, als Gas in der Luft zusammen mit Wasserdampf, kondensiert auf der Oberfläche des Betonsteins zu Wasser. Das Wasser bildet eine feuchte Schicht auf der Oberfläche des Betonsteins. Die feuchte Schicht hat eine höhere Diffusionsrate als der trockene Betonstein. In einem Betonsteinwerk entsteht Kondensation, wenn die frischen Produkte aus der Produktionshalle in die Härtekammer einfahren. Die frischen Produkte haben z. B. eine Temperatur von 15° C und fahren durch eine Öffnung in eine Härtekammer mit 35° C und 95 % relative Luftfeuchtigkeit.

PENTA®

Handling your future

- ✓ **P**RECISE
- ✓ **E**NGINEERED
- ✓ **N**EXUS
- ✓ **T**RUST WORTHY
- ✓ **A**MBITIOUS

CONTACT US    

 www.penta-automazioni.it / www.pentaus.us

 sales@penta-automazioni.it / sales@pentaus.us

Die relative Luftfeuchtigkeit ist ein Maß für den Anteil des Wasserdampfs in der Luft. Bei 100 % relativer Luftfeuchtigkeit ist die Luft gesättigt mit Wasserdampf und es kann kein weiterer Wasserdampf aufgenommen werden.

Wenn die frischen Produkte aus der Produktionshalle in die Härtekammer einfahren, kommt es zu einer starken Temperaturdifferenz zwischen den Produkten und der Umgebungsluft in der Härtekammer. Die Produkte haben eine Temperatur von ca. 15° C, die Umgebungsluft in der Härtekammer hat eine Temperatur von 35° C. Durch diese Temperaturdifferenz sinkt die Temperatur der Luft, welche in Berührung mit der Oberfläche des Steins kommt, ab.

Die relative Luftfeuchtigkeit in der Härtekammer beträgt 95 %. Das bedeutet, dass die Luft in der Härtekammer bereits fast gesättigt ist mit Wasserdampf. Wenn die Temperatur der Luft auf der Oberfläche abfällt, sinkt auch der Taupunkt der Luft. Der Taupunkt ist die Temperatur, bei der der Wasserdampf kondensiert.

Die Kombination von Diffusion und Kondensation führt zu einer schnellen und gleichmäßigen Karbonatisierung der Betonstein Oberfläche.

Vergleich von Wassermengen bei jeweils 1 m³ Luft

Temperatur	Relative Feuchte	Absolute Feuchte
15° C	95 %	12,45 g/m ³
35° C	95 %	37,6 g/m ³

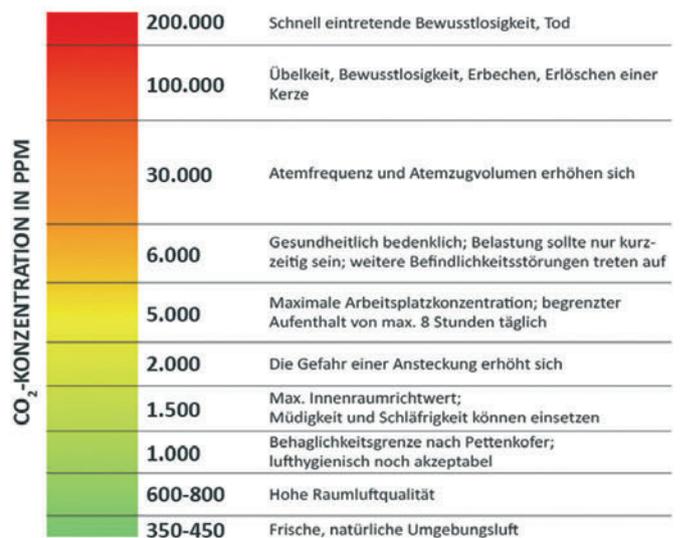
Die relative Luftfeuchtigkeit gibt an, wie viel Wasserdampf in der Luft vorhanden ist, im Vergleich zu der maximalen Menge an Wasserdampf, die die Luft bei der jeweiligen Temperatur aufnehmen kann. Bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 95 % ist die Luft bereits fast gesättigt mit Wasserdampf.

- Bei einer Temperatur von 15° C hat 1 m³ Luft, mit einer relativen Luftfeuchtigkeit von 95 %, somit eine absolute Feuchte von 12,45 g/m³.
- Bei einer Temperatur von 35° C hat 1 m³ Luft, mit einer relativen Luftfeuchtigkeit von 95 %, somit eine absolute Feuchte von 37,6 g/m³.

Der Vergleich zeigt, dass 1 m³ Luft bei einer Temperatur von 35° C deutlich mehr Wasser aufnehmen kann als mit einer Temperatur von 15° C. Im Beispiel des Betonsteinwerks fahren die kälteren Produkte in die Kammer, die fast vollständig gesättigte Luft an der Oberfläche der Produkte kann die Menge an Feuchtigkeit nicht mehr aufnehmen, was zur Kondensatbildung auf dem Produkt führt.

CO₂-Gehalte und deren Einfluss auf den menschlichen Körper

Kohlenstoffdioxid (CO₂) ist ein natürlicher Bestandteil der Luft. Die normale CO₂-Konzentration in der Erdatmosphäre beträgt etwa 400 ppm (parts per million), also etwa 0,04 %.



Das Umweltbundesamt empfiehlt bereits bei der Überschreitung eines Wertes von 1.000 ppm CO₂, frische Luft von draußen in den Raum zu lassen.

Das Umweltbundesamt empfiehlt bereits bei der Überschreitung eines Wertes von 1.000 ppm CO₂, frische Luft von draußen in den Raum zu lassen. Die sogenannte Maximale Arbeitsplatz-Konzentration in geschlossenen Räumen, auch kurz als MAK-Wert bezeichnet, entspricht knapp 5.000 ppm und das bei einem Aufenthalt von acht Stunden. Dies vorweg, um die folgenden Werte etwas greifbarer zu machen.

Bei einer CO₂-Konzentration von etwa 1.000 ppm kann es zu leichten Symptomen wie Kopfschmerzen, Müdigkeit und Konzentrationsschwierigkeiten kommen. Bei einer CO₂-Konzentration von etwa 5.000 ppm können bereits Symptome wie Schwindel, Übelkeit, Erbrechen und Atembeschwerden auftreten. Bei einer CO₂-Konzentration von über 10.000 ppm kann es bereits zu Bewusstlosigkeit und Tod kommen. Die Auswirkungen auf den Körper verstärken sich mit der Aufenthaltsdauer.

Der Arbeitsplatz neben einer Kammer mit erhöhtem CO₂-Gehalt, je nach Konzentration, ist mit Vorsicht zu genießen, da es zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen kommen kann. Allerdings ist die Gefahr einer dauerhaften Belastung durch hohe CO₂-Konzentrationen in der Halle gering, da der CO₂-Gehalt in der Halle meist auf dem Niveau der normalen Umgebungsluft liegt.

Die Installation von entsprechenden Messgeräten und Warnsystemen ist in einem Betonsteinwerk, in dem Produkte in einer Kammer mit hoher CO₂-Konzentration gehärtet werden, unerlässlich, um die Gesundheit der Beschäftigten zu schützen.

Eine Vision mit Zukunft

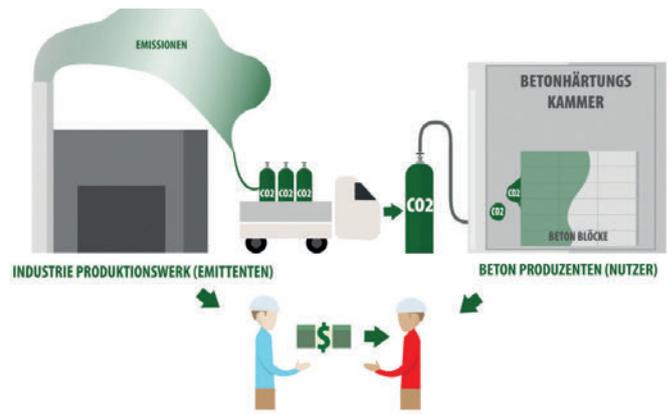
Die Härtung von Betonsteinen mit CO₂ ist ein vielversprechendes Verfahren. Das ist nicht nur gut, um die Qualität der

Steinprodukte zu verbessern, sondern auch um CO₂ aus der Atmosphäre zu binden und so einen Beitrag zur Bekämpfung des Klimawandels zu leisten. Hohe CO₂-Gehalte in der Härteumgebung erhöhen die Härte und Festigkeit des Steins, steigern die Farbstabilität und helfen bei der Tiefe der Karbonisierung, was die Anfälligkeit von Ausblühungen nicht unerheblich reduzieren kann.

Allerdings muss man nach aktuellem Stand die Härtung mit CO₂ noch in Frage stellen.

Gründe dafür sind:

- Die Verfügbarkeit von Recycling-CO₂ ist noch begrenzt. Recycling-CO₂ wird aus industriellen Prozessen gewonnen, in denen CO₂ als Nebenprodukt entsteht. Die Kapazitäten dieser Prozesse sind noch nicht ausreichend, um die Nachfrage nach Recycling-CO₂ für die Härtung von Betonsteinen zu decken.
- Die Filter- und Auffangtechniken für Recycling-CO₂ müssen sich deutlich verbessern. Recycling-CO₂ enthält oft noch Verunreinigungen, die sich negativ auswirken können. Die Filter- und Auffangtechniken müssen daher so weiterentwickelt werden, dass sie diese Verunreinigungen effektiv entfernen können.
- Die Transportfrage muss geklärt werden. Recycling-CO₂ wird in der Regel in der Nähe der Quellen, in denen es



Vision Emissionshandel in der Betonindustrie

entsteht, verwendet. Es macht keinen Sinn, CO₂ über lange Strecken zu den Betonsteinwerken zu transportieren. Daher muss die Transportfrage geklärt werden, damit Recycling-CO₂ auch in Regionen mit geringer CO₂-Verfügbarkeit verwendet werden kann.

Trotz dieser Herausforderungen ist die Härtung mit CO₂ für die Zukunft eine vielversprechende Option. Wenn die Verfügbarkeit von Recycling-CO₂, die Filter- und Auffangtechniken und die Transportfrage geklärt werden können, ist es mög-



S.T.I. GmbH | Wasserwerkstrasse 44a
8430 Leibnitz, Österreich
T +43 3182 29305 | F +43 3182 29300
office@s-t-i.at | www.s-t-i.at

Mobiler Bodenfertiger STI 1200 u. 1200 H

Vollautomatischer, schienengebundener Bodenfertiger für die Produktion von Hochbau- und Infrastrukturprodukten.

Paketiergerät STI 120

Das manuell bediente Paketiergerät zum Palettieren und Transportieren von Betonprodukten.

S.T.I. – „Service Team for Industry“: ihr Ansprechpartner, wenn sie einen Anbieter mit langjähriger Erfahrung im Bereich Wartungs- und Servicearbeiten, Industriemontagen, Automatisierungstechnik oder Sonderlösungen für spezielle Aufgabenstellungen suchen.

S.T.I. richtet komplette Betonwerke ein. Sie suchen Produktions- oder Veredelungsanlagen, Förder- und Verpackungstechnik – wir sind immer Ihr richtiger Ansprechpartner.

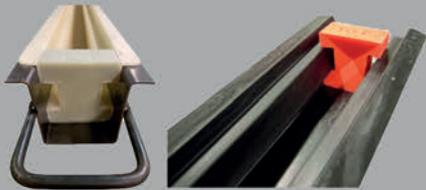
Unser international tätiges Unternehmen zeichnet sich besonders durch zuverlässige Mitarbeiter aus, welche auf jahrzehntelange Erfahrung, speziell im Bereich industriell gefertigter Betonwaren, zu rück greifen können. Die außergewöhnlich hohe Flexibilität und Kompetenz unserer Mitarbeiter ermöglicht es auch außerhalb der normalen Produktionszeiten rasch und unkompliziert auf Kundenanfragen zu reagieren und ihnen schnell und professionell bei ihren individuellen Anforderungen mit Lösungen zur Seite zu stehen.



**Wir kaufen
Ihre gebrauchten
Betonsteinmaschinen!**

MOULDS FOR WETCAST

For use on automated machinery.
Suitable for all machinery companies



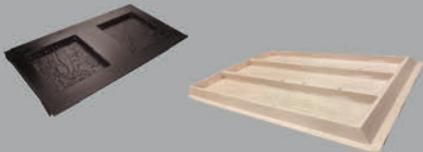
Heavy Duty Industrial 130x130 (5"x5") Post System for security fencing and boundary protection.



4m x 5"x4" Post & ABS Panels
For motorway noise barrier



Client manufacturing plant using
Coote Machinery with Numold moulds



ABS Paving moulds in Gang format & Polyurethane Multi set up for
Timber Sleeper. Both for use on automatic machinery



Timber Sleeper product used for flooring and walling



Double sided Random Rockface Post & Panel moulds
made in rigid polyurethane for steel gangs

NUMOLD

The Canalside, Merchants Road
Gloucester ENGLAND GL2 5RG
M: 0044 7917350505
E: sales@numold.com
W: www.numold.com

BETONWAREN/BETONWERKSTEIN

lich, Betonsteine herzustellen, die deutlich mehr CO₂ aufnehmen als bisher. Dies würde einen wichtigen Beitrag zur Bekämpfung des Klimawandels leisten und dazu beitragen, die Steinqualität nochmals zu steigern.

Zusammenfassung

Die Härtung von Betonsteinen in modernen Härtekammern hat gegenüber der Trocknung in einem Regalsystem in der Halle zahlreiche Vorteile. Die Härtekammer sorgt für eine gleichmäßigere Härtung, unabhängig von der Jahreszeit. Die Härtung kann durch die Zufuhr von Wärme beschleunigt werden. Die verstärkte Karbonatisierung ist die neueste Methode zur Härtung von Betonsteinen und bietet die besten Eigenschaften in Bezug auf Härte, Festigkeit und Haltbarkeit.



Deutlich erhöhte Karbonatisierungstiefe durch höhere CO₂-Mengen
in der Kammer

Die bisherigen CO₂-Werte in den Härtekammern sind zu gering, um eine maximale CO₂-Aufnahme der Betonsteine zu erreichen. Messungen an bisherigen Kammer-Systemen zeigen, dass das Potenzial für die CO₂-Aufnahme der Betonsteine um einiges höher ist als bisher angenommen. Bei einer optimalen CO₂-Konzentration und entsprechender Härtezeit in der Kammer, ist die CO₂-Aufnahme des Betonsteins zukünftig deutlich steigerbar.

Die CO₂-Härtung ist ein Verfahren mit großem Potenzial. Die Karbonatisierungstiefe kann bei optimierten CO₂-Gehalten sowie Rezepturen deutlich verbessert werden. Außerdem sollten Ausblühungen bei diesem Verfahren kein Problem mehr darstellen. Es ist ohne Frage eine interessante Alternative zu herkömmlichen Härteverfahren. Es wird dazu an vielen Stellen bereits geforscht und getestet.

Über weitere Einblicke und Ergebnisse aus einem Praxistest wird in den kommenden Ausgaben der BWi ausführlich berichtet. ■



Kraft Curing ermöglicht allen Lesern der BWi den kostenlosen Download dieses Artikels im pdf-Format. Besuchen Sie die Webseite www.cpi-worldwide.com/channels/kraft_curing oder scannen Sie den QR-Code mit Ihrem Smartphone ein, um direkt auf diese Webseite zu gelangen.



WEITERE INFORMATIONEN

KRAFT CURING
CONCRETE CURING SOLUTIONS - MADE IN GERMANY

Kraft Curing Systems GmbH
Mühlenberg 2, 49699 Lindern, Deutschland
T +49 5957 96120
info@kraftcuring.com, www.kraftcuring.com