setzt – hier lediglich in der oberen chloridbelasteten Bewehrungslage der Fahrbahnplatte, die untere Bewehrungslage verbleibt konventionell als B500B. Durch den selektiven Einsatz von Top12 in den ungerissenen Betonflächen konnte komplett auf ein Beschichtungssystem verzichtet werden, vgl. Variante A2 im o. g. DBV-Merkblatt. Höhere Erstellungskosten durch Top12 (hier lediglich ca. 25 €/m² bei insgesamt ca. 1,1 t Top12 mit D = 8 mm) wurden durch das Entfallen einer Beschichtung bereits bei Herstellung mehr als kompensiert.

Der Einsatz von nichtrostendem Betonstahl führt zu einer wartungsfreien Fahrbahnoberfläche – minimale Lebenszykluskosten sind wiederum die Folge. Zusätzlich bleibt die Zufahrt zu allen Parkplätzen über die geplante Nutzungsdauer (Verfügbarkeit) gewährleistet, da Sperrungen infolge sonst üblicher Wartungsarbeiten entfallen.

Bautafel: Instandsetzung Tiefgarage Schrammstraße 1, 97421 Schweinfurt

– Anwendung Top12:	Unbeschichtete Rampe inkl. Schrammborde
– Bauherr:	Landratsamt Schweinfurt
– Planer:	Bräuning + Partner mbB, Bamberg

www.steelforconstruction.com

„Nachhaltiges Bauen erfordert die richtigen Baustoffe“

Gespräch mit Prof. Dr. Dauberschmidt über seinen Arbeitsschwerpunkt Dauerhaftigkeit von Parkhäusern und Tiefgaragen

Prof. Dr.-Ing.
Christoph Dauberschmidt
Institut für Material- und Bauforschung der Hochschule München
Seit 2011: Gesellschafter der Ingenieurgesellschaft
Prof. Dauberschmidt & Vestner mbH
2006: Promotion über chloridinduzierte Korrosion an der RWTH Aachen

Herr Prof. Dauberschmidt, einer Ihrer Arbeitsschwerpunkte ist die Dauerhaftigkeit von Parkhäusern und Tiefgaragen. Dabei kennen Sie sowohl die wissenschaftliche Seite durch Ihre Arbeit am Lehrstuhl der Hochschule München, als auch die planerische Seite und die Belange der Ausführung durch Ihr Ingenieurbüro. Beschreiben Sie doch einmal zu Beginn das Themenfeld und seine Herausforderungen.
Unsere Parkhäuser und Tiefgaragen sind durch Tausalze stark belastet und dadurch in ihrer Dauerhaftigkeit eingeschränkt. Mit der Zeit dringen die Salze in den Beton ein und „konzentrieren sich sozusagen auf“. Wenn die Salze – und hier besonders die Chloride – in einer bestimmten Konzentration die Betonstahloberfläche erreichen, kann das zu einer sehr schädigenden Korrosion der Bewehrung führen, die man chloridinduzierte Korrosion nennt.

Das klingt problematisch …
Ist es auch. Und das Problematische hierbei ist, dass durch diese Lochkorrosion der Querschnitt der Bewehrung stark geschwächt werden kann, ohne dass dies von außen erkennbar wäre. Ein volkswirtschaftliches Problem stellt die chloridinduzierte Korrosion außerdem auch dar, weil einfach sehr viele Bauwerke, wie Parkhäuser, Tiefgaragen, aber auch Brücken und Tunnel davon betroffen sind.

Instandsetzungen sind da vermutlich eher teuer …
Sehr sogar, zumal die Bauwerke während der Instandsetzungsarbeiten ja gesperrt werden müssen – mit allen einhergehenden Problemen, wie Stau oder Parkplatzsuche …

Aber werden diese Bauwerke deshalb nicht beschichtet?
Ja, heute versucht man ja meistens, die Dauerhaftigkeit der Stahlbetonkonstruktion durch Beschichtungen der Betonoberfläche sicherzustellen. Erfahrungen zeigen aber, dass viele Beschichtungen eben nicht 50 Jahre funktionsfähig bleiben, sondern durch Verschleiß oder Rissbildung die Dauerhaftigkeit nicht mehr sicherstellen können. Auch wird eine erforderliche – und nun auch vorgeschriebene – Wartung häufig nicht durchgeführt. Das kann dann wieder zu chloridinduzierter Korrosion und zur Notwenigkeit mit Instandsetzungen führen.

Vor diesem Hintergrund beschäftige ich mich sehr intensiv, sowohl in der Forschung wie auch als sachkundiger Planer damit, wie man Parkhäuser und Tiefgaragen möglichst dauerhaft gestalten kann – denn auch hinsichtlich Klimadebatte ist eine ressourcenintensive Stahlbetoninstandsetzung ja unbedingt zu vermeiden. Und da muss man dann schon die Frage stellen, ob die heutige Standardbauweise mit möglichst preiswerten Beschichtungen noch zukunftsfähig ist.

Welche Möglichkeiten sehen Sie denn, Parkbauten langlebiger zu machen?
Das ist eine wichtige Frage. Im DBV-Merkblatt Parkhäuser und Tiefgaragen sind z. B. Ausführungsvarianten beschrieben, mit denen man die Dauerhaftigkeit sicherstellen kann – aber bei vielen Varianten eben mit erforderlicher Wartung und Rissbehandlung. Ein vielversprechender Weg bei Beschichtungen sind Entwicklungen sehr robuster und gleichzeitig rissüberbrückender Beschichtungssysteme.

Da gibt es ja schon einiges auf dem Markt …
Sicherlich, doch diese Systeme haben natürlich auch ihren Preis. Als sehr dauerhaft haben sich Abdichtungen mit Asphalt herausgestellt. Bei denen ist die Notwendigkeit einer Wartung weniger gegeben, aber in der Herstellung sind sie nicht gerade billig. Gerade bei hohen rückseitigen Wasserdrücken, die wir bei WU-Bauteilen im Grundwasser haben, kommen einige Beschichtungs- und Abdichtungssysteme an ihre Grenzen.

Und andere Lösungen?
Ein anderer Ansatz ist es, die Stahlbetonkonstruktion selbst robuster zu machen. Beispiele sind hier eine hohe Betondeckung und Betone mit hohem Chlorideindringwiderstand. Beides erhöht den Zeitraum, bis Chloride in schädigender Konzentration am Betonstahl sind. Hier haben schon unsere 2013[1] veröffentlichten Untersuchungen aus Labor und Praxis gezeigt, dass eine solche Bauweise durchaus eine Dauerhaftigkeit von 50 Jahren und mehr sicherstellen kann – bei Bodenplatten von Tiefgaragen ohne Beschichtung! Den Chlorideindringwiderstand kann man durch die Zugabe von Flugasche oder Hoch-

1 https://doi.org/10.1002/best.201200028

000_BATE_1021_Buch.indb 9 27.09.21 13:49

ofenzemente erhöhen – und hier stellt sich aktuell die Frage, wie zukunftsfähig dieser Ansatz sein kann.

Weil durch den Kohleausstieg die Verfügbarkeit von Flugasche in Zukunft nicht mehr gegeben ist?
Richtig. Auch übersteigt der Bedarf von Hochofenzementen schon jetzt das Angebot. Aber man kann Stahlbetonkonstruktionen auch auf einen anderen Weg robuster machen: indem man nichtrostende Stähle verwendet, bei denen auch hohe Chloridgehalte keine Korrosion auslösen. Dieser Weg ist im DBV-Merkblatt seit 2018 explizit als Alternative zu Beschichtungen, Abdichtungen oder chloriddichten Betonen genannt. Somit können bekannte nichtrostende Stähle wie der 1.4571, besser bekannt unter dem Namen V4A, ohne weitere Schutzmaßnahmen eingesetzt werden. Dann müssen nur noch Trennrisse verschlossen werden – ein sehr charmanter Weg hinsichtlich Dauerhaftigkeit und Wartungsfreundlichkeit!

Schreckt da nicht eventuell der hohe Preis viele Planer und Bauherren ab?
Nicht unbedingt, denn man braucht häufig gar nicht diese sehr teuren nichtrostenden Betonstähle mit sehr hohen Legierungsgehalten. Für viele Anwendungen sind auch korrosionsarme Stähle mit geringeren Legierungsgehalten und deutlich günstigeren Kosten sicher einsetzbar. Das zeigen Untersuchungen u. a. an unsere Hochschule und Erfahrungen aus der Praxis.

Um was für ein Produkt oder welchen Stahl handelt es sich denn hierbei und welche Möglichkeiten ergeben sich mit diesem Produkt?
Es ist ein Stahl mit der Werkstoffnummer 1.4003, der als Top12 von der Fa. Steeltec aus der Schweiz entwickelt und vertrieben wird. Er hat 12 % Chrom-Anteil, ist also wirtschaftlich. Zahlreiche Labor- und Bauwerksuntersuchungen[22] belegen, dass der kritische korrosionsauslösende Chloridgehalt des Top12 je nach Untersuchungsmethode zwischen 2,6 % und 4,9 % M.-% Cl/z. beträgt. Er ist damit deutlich höher, als der kritische Chloridgehalt von herkömmlichen Bewehrungsstahl. Auch im Rissbereich wurde ein signifikant höherer kritischer Chloridgehalt beim Top12 festgestellt.

Das erlaubt, durch selektiven Einsatz des Top12 in mit Chloriden hochbelasteten Bereichen bei bestimmten Bauteilen auf Beschichtung zu verzichten. Als vielversprechend sehe ich den Einsatz bei gepflasterten Tiefgaragen – durch die hohe Chloridbelastung bei Stahlbetonbauteilen unter dem Pflasterbelag werden heute üblicherweise Fundamente, Zerrbalken und Wand- und Stützenfüße abgedichtet.

Und auf diese Abdichtung kann bei lokalem Einsatz des Top12 verzichtet werden?
Ganz genau! Außerdem kommt es noch zu entsprechenden Vorteilen im Bauablauf. Perspektivisch kann bei kluger Anwendung der Entwurfsgrundsätze a und c der Top12 auch in Rampen und befahrbaren Tiefgaragenbodenplatten eingesetzt werden – bei Verzicht auf Beschichtung. (Bild 1)

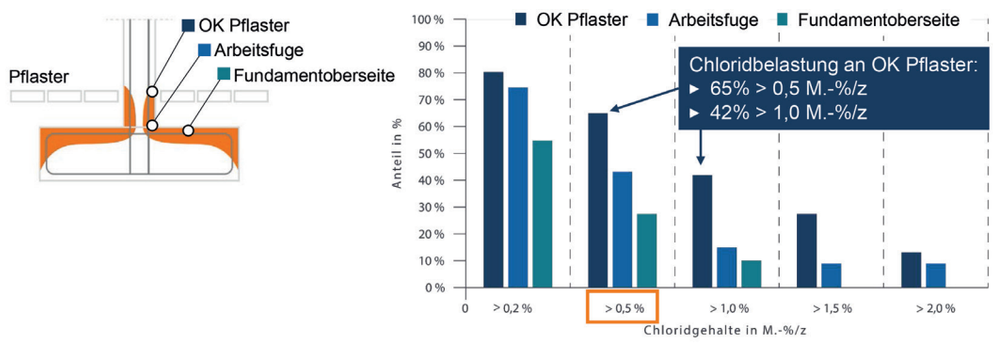
„Nichtrostend" und „kostengünstig", ist das nicht in den Augen vieler Planer in Sachen Bewehrung ein Widerspruch in sich selbst?
Da haben Sie recht! Planer verbinden mit nichtrostendem Stahl deutlich höhere Preise als mit Schwarzstahl, teilweise um bis zu Faktor 10. Das war in der Vergangenheit auch richtig, als fast ausschließlich hohe Stahlgüten wie 1.4571 (V4A) und 1.4301 (V2A) als Bewehrungsstahl verfügbar waren. Diese Qualitäten zeichnen sich durch einen hohen Anteil an Nickel aus. Der macht diese Stähle sehr teuer. Durch die Einführung neuer Stahlgüten, wie die sogenannten Duplexstähle oder jetzt Top12 als ferritischen nichtrostenden Stahl sind die Kosten deutlich nach unten gegangen. So liegen die Kosten von Top12 verlegt im Bauwerk nur noch ca. um den Faktor 4 höher verglichen mit B500B.

Klingt ein um den Faktor 4 höherer Preis denn so attraktiv?
Schon, wenn man dabei zwei Punkte berücksichtigt: Durch den selektiven Einsatz an besonders exponierten Bauteilen sind die verbauten Stahlmengen häufig sehr überschaubar. Außerdem kommt im Parkhaus hinzu, dass je nach Anwendung mit Top12 entweder teilweise oder komplett auf eine Beschichtung verzichtet werden kann. So verschieben sich die Kosten einfach von der Beschichtung zum Betonstahl hin.

Eigene Untersuchungen an der Hochschule und ein Gutachten vom Büro Schießl Gehlen Sodeikat belegen, dass je nach Anwendung im Parkhaus die Verwendung von Top12 schon heute günstiger oder zumindest preisneutral im Vergleich zur Standardbauweise mit Beschichtung sein kann.

Können Sie den Punkt der selektiven Bauweise noch genauer beleuchten?
Gerne. Ein Vorteil des Top12 ist, dass im Beton bei Kontakt zu herkömmlicher Bewehrung keine Kontaktkorrosion stattfindet. So kann man den Top12 genau an den Stellen einsetzen, wo das unbeschichtete Stahlbetonbauteil nicht robust genug ist.

2 DOI: 10.1002/maco.202112609



Zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit von Stützen oder Fundamenten müssen zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden (z.B. wasserbeständige OS-Systeme oder nichtrostende Bewehrung)!

Bild 1 Praxisuntersuchungen an unbeschichteten Stahlbetonbauteilen gepflasterter Tiefgaragen

[1] C. Dauberschmidt, F. Becker: Neue Forschungsergebnisse zum Schutz von Bauteilen unter Pflasterbelägen. Beton- und Stahlbetonbau 113 (2018), Heft 10.

000_BATE_1021_Buch.indb 10 27.09.21 13:49

Als Beispiel können Sie bei einer Stahlbetonstütze mit Chloridbelastung am Stützenfuß nur den unteren Bereich mit Top12 bewehren und den oberen Bereich mit Schwarzstahl. So können Sie ganz bewusst einzelne Bereiche Ihrer Konstruktion robuster machen, z. B. bei Verdunstungsrinnen, Bereichen erhöhter Rissgefährdung, Konsolen usw. Aber auch da, wo bei Schwarzstahl eine zu hohe Betondeckung gefordert wird – denn Sie können auch die Betondeckung reduzieren, z. B. von c_{min} = 40 mm bei XD3 auf c_{min} = 30 mm – Stichwort: Verdunstungsrinnen.

Durch diesen selektiven Einsatz des Top12 sind die Stahlmengen, wie gesagt, häufig gering. Und so ist der Einsatz schon bei der Herstellung wirtschaftlich. Über den Lebenszyklus wird die Bilanz dann natürlich noch besser. (Bilder 2 + 3)

Bild 2 Bewehrungskorrosion und Instandsetzungsmaßnahme an einem Stützenfuß infolge Chlorideinwirkung

W*ie kann das sein?*
Naja, wie angedeutet, sind ja viele Beschichtungen nicht hinreichend dauerhaft, gerade wenn sie rissüberbrückend sind. Diese Rissüberbrückungsfähigkeit erreichen viele Systeme durch weiche Schichten. Die sind dann aber entsprechend verschleißempfindlich. Damit kommen wir gerade bei stark frequentierten Parkhäusern und hier im Rampen- oder Kurvenbereich zu einer nicht hinreichenden Lebensdauer der Beschichtungen. Die defekten Beschichtungen müssen durch z. B. Fräsen entfernt, das Fräsgut teilweise teuer entsorgt und die Beschichtung neu aufgebracht werden.

Mit der Folge hoher Kosten …
… und Nutzungsausfällen, klar! Bei starren Beschichtungen ist die Dauerhaftigkeit durch den höheren Verschleißwiderstand zwar deutlich höher, aber hier kommt häufig das Problem der unzureichenden Rissbegleitung hinzu. Das macht dann in der Praxis oftmals eine aufwändige Stahlbetoninstandsetzung mit Abtrag des chloridbelasteten Betons im Rissbereich erforderlich. Nachhaltig geht anders …

Dagegen kann bei klugem Einsatz von korrosionsarmer Bewehrung auf die Beschichtung verzichtet werden und dennoch eine Lebensdauer von 50 Jahren und mehr sichergestellt werden.

Wie Sie gerade gesagt haben, kommen wir über die Lebenszykluskosten auch zum Thema Nachhaltigkeit. – Die Wiener Germanistin Eva Horn sieht im Thema Nachhaltigkeit eine gewisse Krux. Sie impliziere „immer so ein bisschen, dass die Dinge möglichst nachhaltig so bleiben können, wie sie sind." Wie begegnen Sie dem Einwand in Sachen Beton und Nachhaltigkeit?
Da spricht mir Frau Horn aus dem Herzen: der Begriff „Nachhaltigkeit" wird so häufig für Greenwashing missbraucht, dass er auf dem Weg zu einem Unwort ist. Denn Greenwashing gibt nur vor, dass ein Produkt oder eine Bauweise nachhaltig ist – und häufig mit dem Antrieb, dass die Dinge so bleiben, wie sie sind …

… und sie sind eben häufig nicht gut.
Genau! Nachhaltigkeit bedeutet hier dagegen, dass wir mit möglichst wenigen Ressourcen möglichst dauerhaft bauen. Dafür brauchen wir gute Produkte und kluge Planer:innen. Und den Ressourceneinsatz dürfen wir natürlich nicht nur bei der Herstellung betrachten, sondern auch während der gesamten Nutzungsdauer und insbesondere auch beim Rückbau. Gerade bei letzterem hat eine beschichtungsfreie Bauweise enorme Vorteile bei der Wiederverwendung der Baumaterialen – Stichwort urban mining, also die gebaute Stadt als Ressource für zukünftige Baustoffe.

Gibt es denn neben den zu erwartenden wirtschaftlichen und ökologischen Vorteilen weitere Aspekte, die für die Verwendung von Top12 sprechen?
Ich gehe davon aus, dass er bei Wegfall von Flugasche und Hochofenzementen in Zukunft ein wichtiger Baustein sein wird, die Dauerhaftigkeit von unbeschichteten Stahlbetonbauteilen sicherzustellen. Und natürlich ist es ein wichtiger Aspekt, dass das Bauwerk robuster wird.

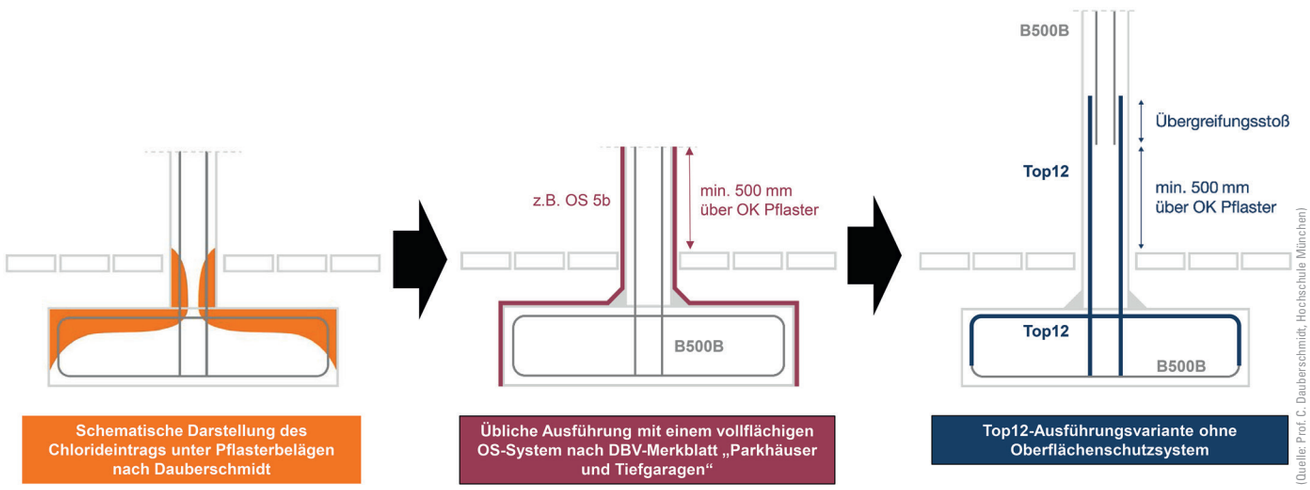


Bild 3 Standardausführungsvariante vs. Top12-Variante bei gepflasterten Parkflächen

000_BATE_1021_Buch.indb 11 27.09.21 13:49

Der Klassiker „mangelnde Ausführungsqualität“?
Exakt! Wir können ja aber auch dünner bauen, da die Betondeckung reduziert werden kann. Dies wird auch die Möglichkeiten von Fertigteilherstellern erweitern – erste Ideen werden hier gerade mit BFT von Rohrdorfer weiterentwickelt.

Sie sind an der Hochschule München auch im Bereich der Materialforschung tätig. Wohin geht die Reise in Sachen Beton, welche Rolle werden etwa Sensoren im Beton und der 3-Druck auch für Top12 spielen?
Das Drucken von Beton wird das Bauen sicherlich revolutionieren. Und bei dünnwandigen Bauteilen, die ja dabei anzustreben sind, braucht man halt auch eine hinsichtlich Carbonatisierung korrosionsarme Bewehrung mit hoher Brandwiderstandsdauer – da wird der Top12 bestimmt ein wichtiger Baustein bei der Bewehrung von gedruckten Bauwerken sein.

Und ähnlich wie beim Maschinenbau (denken Sie an unsere mit Sensoren vollgestopften Autos) werden wir auch beim Bauen deutlich mehr Sensoren verwenden, die uns jederzeit über den Zustand des Bauwerks informieren. Das wird hoffentlich die Einsicht befördern, dass nachhaltiges Bauen mit den richtigen Baustoffen der richtige Weg ist – und auch dabei sehe ich für den Top12 eine wichtige Rolle.

Herr Dauberschmidt, haben Sie Dank für dieses Gespräch.

www.steelvorconstruction.com

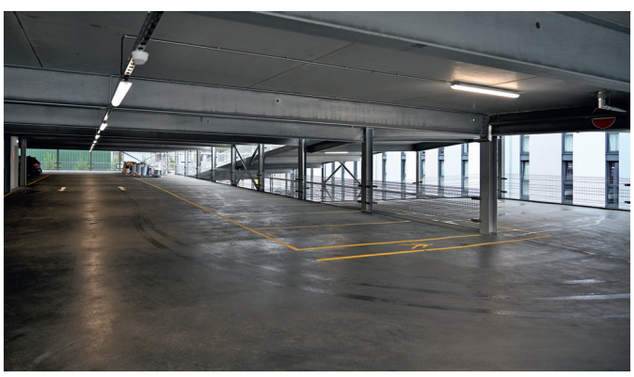
Zwei OS-Systeme für Parkhaus des Hotels DAS SCHLAFWERK

Eichenzell, Korntal-Münchingen/Baden Württemberg – Einfach gut und dennoch preiswert übernachten. Für den Raum Stuttgart eine attraktive Ansage – umso mehr, wenn Hotelgästen ein Parkhaus mit breiter Zufahrt und großzügig dimensionierten Parktaschen zur Verfügung steht: Wer sich im Hotel DAS SCHLAFWERK in Korntal-Münchingen einquartiert, parkt in Sichtweite auf einem der drei Parkdecks gleich nebenan – statt irgendwo fernab am Straßenrand. Für fachgerechten Bautenschutz im Parkhaus-Neubau sorgte auf einer Fläche von 2400 m² ein fünfköpfiges Team der EPOWIT Bautechnik GmbH aus Eichenzell.

Die Fachkräfte und Ingenieure des bundesweit tätigen Bautenschutzbetriebs EPOWIT Bautechnik führten im SCHLAFWERK-Parkhaus den Betonschutz standortspezifisch aus. Zwei verschiedene Oberflächenschutz-Systeme wurden dort appliziert, um das erste und zweite Parkdeck sowie die Rampen vor Abrasion (Substanzabtrag), Chloridinduktion (Schneematsch, Tausalz), Korrosion der Bewehrung (Rost), Lunkern (Ausbrüchen) und anderen potenziellen Verschleißerscheinungen bestmöglich zu schützen.

Bautenschutz in Bestform

EPOWIT Bautechnik gehört zur in Fulda ansässigen WERNER-Gruppe und ist für exzellente Ausführungsqualität bekannt. Sie schauen sich jedes Objekt vor Ort an, analysieren die Gegebenheiten und empfehlen optimal passende Betonschutzprodukte. Man achtet bei seinen Empfehlungen strikt auf Herstellerneutralität. In erster Linie sind das Objekt und die Nutzungsabsichten seiner Betreiber für die Produktauswahl entscheidend. Da bei der Produktempfehlung sowie dem Angebot zur fachgerechten Applikation stets auch das Wirtschaftlichkeitsgebot beachtet wird, erhielt EPOWIT Bautechnik für das SCHLAFWERK-Parkhaus in Korntal-Münchingen den Zuschlag.



(Foto: EPOWIT/Achim Dathe)

Durchgehend geschützte Fläche: Auf dem überdachten Parkdeck kam ein Standard-Oberflächen-Schutzsystem zum Einsatz.

Laster unten, Limousinen oben

Für Kleinlaster, Liefer-, Mannschafts- und Pritschenwagen gibt es im überdachten EG 44 Stellplätze. Deren Boden ist gepflastert, so dass ihn auch schwerere Fahrzeuge befahren können, ohne die Fahrwege und Parktaschen über Gebühr zu strapazieren.

Für PKW sind das überdachte 1. und das freibewitterte 2. Parkhausdeck vorgesehen. Beide Flächen – insgesamt ca. 2.400 m² – wurden von EPOWIT mit nutzungsspezifisch abgestimmten Oberflächen-Schutzsystemen beschichtet und dauerhaft versiegelt. Auf dem 1. Deck kam ein Standard-OS-System zum Einsatz. Mit dem gleichen Beschichtungsaufbau wurde die überdachte Rampe, die vom EG hinauf zum 1. Parkdeck führt, vor vorzeitigem Verschleiß geschützt.

OS 11a, wenn freibewittert

Zur Beschichtung der 2. Ebene des Parkhauses sowie der Rampe, die auf das oberste Parkdeck führt, empfahl EPOWIT ein OS 11a-Oberflächen-Schutzsystem auf Polyurethanbasis. Ausschlaggebend dafür war, dass bei Freibewitterung mit höheren Temperaturspannungen und UV-Belastungen zu rechnen ist als auf überdachten Parkebenen. Ein dauerhaft intaktes Oberflächen-Schutzsystem sollte für den Einsatz unter Freibewitterungsbedingungen hinreichend elastisch sein und eine höhere Rissüberbrückungsfähigkeit besitzen, als dies bei Standardbeschichtungen der Fall ist. Bei beiden Rampen war Rutschsicherheit R12 herzustellen; sie wurde daher mit Quarzsand 0,7–1,2 mm abgesandet und fachgerecht versiegelt. Das Ergebnis ist ein vorbildliches Parkhaus, das allen Regeln der Bautechnik entspricht.

Achim Dathe M.A., Stuttgart

www.epowit.com; www.wernergruppe.com

000_BATE_1021_Buch.indb 12 27.09.21 13:49