

Selektiver Einsatz von Top12:

Entfall üblicher
OS-Systeme und
geringste Lebens-
zykluskosten für
Parkbauten



Steeltec

Inhalt

Einleitung	04
------------	----

Typische Schadensbilder	06
Schäden bei aufgehenden Bauteilen (Stützen und Wände)	
Schäden bei Fundamenten	
Schäden bei Zwischendecken	

Maßnahmen zum Schutz vor Korrosion	08
Top12 - Chloridbeständige nichtrostende Edelstahlbewehrung	
Top12 - Ausführungsvarianten	

Lebenszykluskosten	12
Lebenszykluskosten von gepflasterten Parkgaragen	
Lebenszykluskosten für Stützen und Zwischendecken im Spritzwasserbereich	
Zusammenfassung der Lebenszykluskosten	

Baupraktische Gesichtspunkte	16
------------------------------	----

Fazit	18
-------	----

Einleitung

Parkbauten sind während des Betriebs in der Regel hohen Chloridbelastungen ausgesetzt, die aus den im Winter mit den Fahrzeugen eingeschleppten Tausalzen resultieren. In Abhängigkeit des Bauteil- bzw. Betonwiderstands können Chloride durch Transportvorgänge tief in den Beton bis zur Bewehrung vordringen. Überschreitet die Chloridkonzentration auf Höhe der Bewehrung den kritischen korrosionsauslösenden Chloridgehalt (C_{crit}) von konventionellem Betonstahl (B500B), kommt es gewöhnlich zur Bewehrungskorrosion. Die Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (RL SIB)“ des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton spricht in diesem Zusammenhang von einem Chloridschwellenwert für C_{crit} von 0,5 M.-%/z für B500B. Vielfach sind die Chloridbelastungen in der Praxis weitaus höher als der relativ geringe Chloridwiderstand von B500B. Die Folge sind dann Schäden wie Risse und Abplatzungen, welche die Gebrauchstauglichkeit und damit die Sicherheit in Parkhäusern und Tiefgaragen gefährden. Die resultierenden Instandsetzungen sind häufig sehr kostenintensiv.



Typische Schadensbilder

Folgende Bauteile sind besonders häufig von Schäden betroffen:

- a) Aufgehende Bauteile (Stützen und Wände)
- b) Fundamente
- c) Zwischendecken / Bodenplatten

Schäden bei aufgehenden Bauteilen

Ein fehlendes oder schadhafes Oberflächenschutzsystem (OS-System) im Stützen- oder Wandfußbereich führt speziell bei gepflasterten Parkgaragen dazu, dass Chloride eingetragen werden und Schäden zwangsläufig entstehen [1], siehe Bild 1 und 2. Das Einbringen des Splittbetts durch Rüttelplatten führt hier ohne zusätzliche Schutzmaßnahmen der Beschichtungen (z.B. Noppenbahnen) unweigerlich zu Fehlstellen. Der Deutsche Beton- und Bautechnik-Verein e.V. (DBV) schreibt deshalb beispielsweise die Verwendung eines sog. Anprallschutzes bei gepflasterten Parkgaragen explizit vor.

Eine fehlende Gefälleausbildung oder Hohlkehle sind genauso wie zu geringe Betondeckungen (vgl. Bild 3) vielfach die Ursache von späteren Schäden.

Schäden bei Fundamenten

Auch unbeschichtete Fundamente unterhalb eines Pflasterbelags sind beispielsweise nachweislich hohen Chloridbelastungen ausgesetzt [1]. Ohne zusätzlichen Schutz übersteigen die Chloridbelastungen selbst in dieser Tiefenlage unterhalb des Splittbetts schnell den kritischen korrosionsauslösenden Chloridgehalt (Ccrit) von konventionellem B500B. In Bild 4 ist eine notwendige Instandsetzungsmaßnahme infolge Bewehrungskorrosion beispielhaft dargestellt.

Schäden bei Zwischendecken

Falsche Annahmen beim Bemessungslastfall führen i.d.R. zu Rissen an der Oberfläche. Nicht selten stellen sich so große Rissweiten ein, dass auch sog. rissüberbrückende OS-Systeme reißen. Über diese Risse dringt Tausalz ein und hinterläuft die Beschichtung. Wenn parallel Trennrisse vorhanden sind, gelangen die Chloride durch den Riss an die Deckenunterseite. Die Folge: Korrosion der unteren Deckenbewehrung, vgl. Bilder 5 und 6. Die Instandsetzung solcher Schadensfälle ist sehr aufwendig und kostenintensiv. Es entstehen meist erhebliche Nutzungs- und Einnahmehausfälle für den Betreiber, da i.d.R. zwei Parkebenen bei diesen Maßnahmen betroffen sind.



1 Bewehrungskorrosion an einem Stützenfuß infolge Chlorideinwirkung (Quelle: Hochschule München)



4 Notwendige Instandsetzungsmaßnahme bei Fundament unter Pflasterbelag (Quelle: IB Schieß Gehlen Sodeikat GmbH)



2 Detailaufnahme von Querschnittsverlust an Bewehrung (Quelle: Hochschule München)



5 Korrosion der unteren Bewehrungslage eines Zwischendecks infolge eines Trennrisses (Quelle: IB Schieß Gehlen Sodeikat GmbH)



3 Korrosionsbedingte Betonabplatzungen im Wandfußbereich (Quelle: Steeltec AG)



6 Instandsetzungsmaßnahme entlang eines Trennrisses (Quelle: IB Schieß Gehlen Sodeikat GmbH)

¹
C. Dauberschmidt, F. Becker: Neue Forschungsergebnisse zum Schutz von Bauteilen unter Pflasterbelägen. Beton- und Stahlbetonbau 113 (2018), Heft 10, S.737-745.

Maßnahmen zum Schutz vor Korrosion

Zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit von Parkbauten sind vom Planer in Anlehnung an die DIN EN 1992-1-1/NA/A1 zusätzliche Maßnahmen zum Schutz der Stahlbetonbauteile mit Chloridexposition vorzusehen [1]. In der Regel kommen als zusätzliche Maßnahme OS-Systeme oder Abdichtungen zum Einsatz. Alternativ zu einem OS-System kann gemäß dem neuen DBV Merkblatt Parkhäuser und Tiefgaragen [2] nichtrostende chloridbeständige Bewehrung eingesetzt werden.

Top12 – Chloridbeständige nichtrostende Edelstahlbewehrung

Mit Top12 stellt die Steeltec einen kostengünstigen nichtrostenden Betonstahl mit der Werkstoffnummer 1.4003 und einem Chromgehalt $\geq 12,0\%$ her. Der warmgewalzte, ferritische Betonstahl wird zur Erhöhung des Korrosionsschutzpotentials zusätzlich in einem speziellen Verfahren gebeizt. Seit 2016 liegt für Top12 als B500B NR eine Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) für $D = 8 - 14$ mm vor. Im Jahr 2018 folgte zudem für Top12 B670B NR (Stabstahl) für die Durchmesser 16, 20, 25 und 28 mm eine weitere Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung.

Preislich (€/t) liegt Top12 aktuell lediglich ca. Faktor 4 über den Kosten für konventionellen B500B. Top12 schließt damit preislich die Lücke zwischen konventionellem B500B und den ansonsten am Markt verfügbaren höherlegierten Betonstählen (i.d.R. Duplex- oder Austenitische Stähle).

Für die Chloridbeständigkeit von Top12 sorgt ein von der Bundesanstalt für Materialprüfung nachgewiesener kritischer korrosionsauslösender Chloridgehalt (C_{crit}) von 2,3 M.-%/z [3]. Damit liegt der Chloridwiderstand von Top12 im Vergleich zu konventionellem Betonstahl (B500B: $C_{crit} = 0,5$ M.-%/z) um ein Vielfaches höher.

In Lebensdauerberechnungen nach [4] wurden für die Top12-Ausführungsvariante beim Worst-Case-Szenario hoch chloridbelasteter Zwischendecken selbst mit einem ungünstigen Bindemittel 100 Jahre Lebensdauer nachgewiesen. Konventioneller B500B erreichte bei gleichem Bindemittel hingegen weniger als 10 Jahre. Die angestrebte Nutzungsdauer von Parkbauten liegt i.d.R. bei 50 Jahren.

Top12 – Ausführungsvarianten

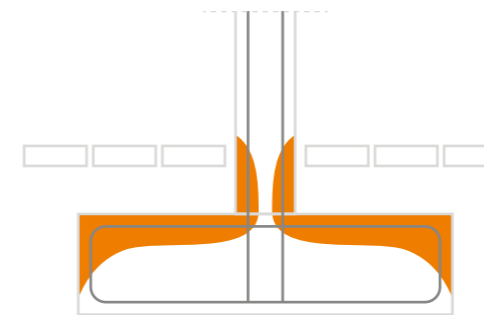
Wo immer möglich, wird Top12 selektiv nur in chloridbelasteten Bereichen eingesetzt. In Bereichen ohne Chlorideinwirkung wird konsequent B500B verwendet. Das heißt, Top12 und B500B werden vielfach im gleichen Bauteil in Mischbewehrung verbaut, was zum einen die Mengen und zum anderen die Kosten für Top12 pro Bauteil reduziert. Trotz elektrischem Kontakt beider Stahlarten kann Kontaktkorrosion ausgeschlossen werden [5].

² DBV-Merkblatt Parkhäuser und Tiefgaragen, 3. überarbeitete Ausgabe, Fassung Januar 2018.

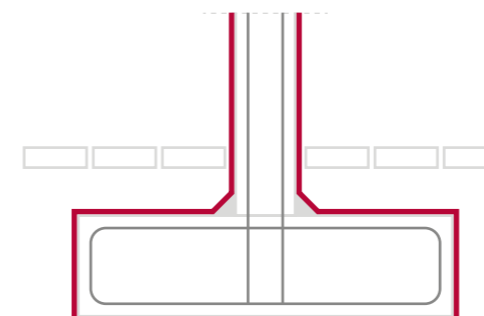
³ Ebell G., Burkert A., Günther T., Wilsch G.: Untersuchungen zum korrosionsauslösenden Chloridgehalt an nicht rostendem ferritischem Betonstahl in Mörteln. Bautechnik 97 (2020), Heft 1, S. 21-31, ISSN 0932-8351.

⁴ A. Schießl-Pecka, A. Rausch: Lebenszykluskosten für Parkbauten. Gutachterliche Stellungnahme 18-369/1. 1.2 vom 24.10.2019, Ingenieurbüro Schießl Gehlen Sodeikat GmbH, München.

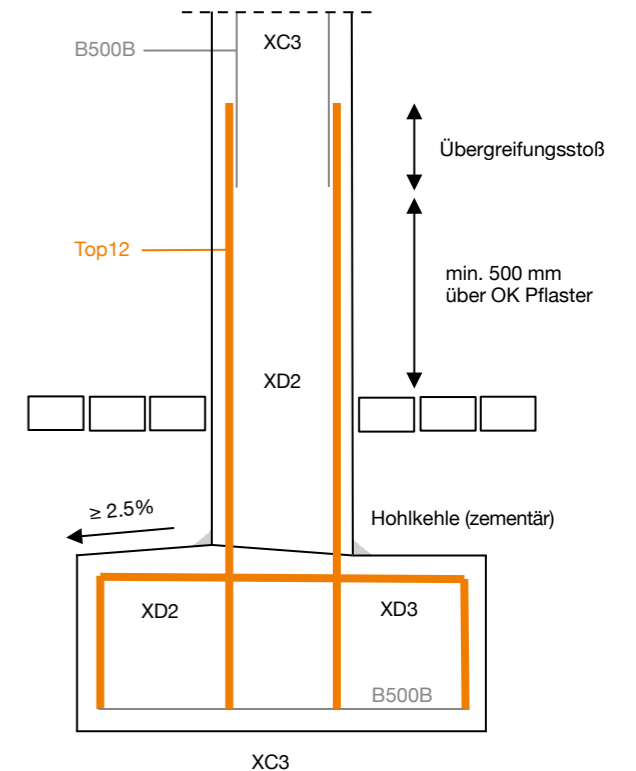
⁵ Nürnberger, U.: Nichtrostender Betonstahl. Merkblatt 866 der Informationsstelle Edelstahl Rostfrei. Düsseldorf, 2011.



7 Schematische Darstellung des Chlorideintrags unter Pflasterbelägen, gemäß [1]



8 Übliche Ausführung mit einem vollflächigen Oberflächenschutzsystem bzw. einer Abdichtung [2]



9 Top12-Ausführungsvariante „Stütze/Fundament“ ohne Oberflächenschutzsystem oder Abdichtung, Fundament an der Oberseite bewehrt

Top12-Variante für gepflasterte Parkgaragen [6]

Stütze/Fundament

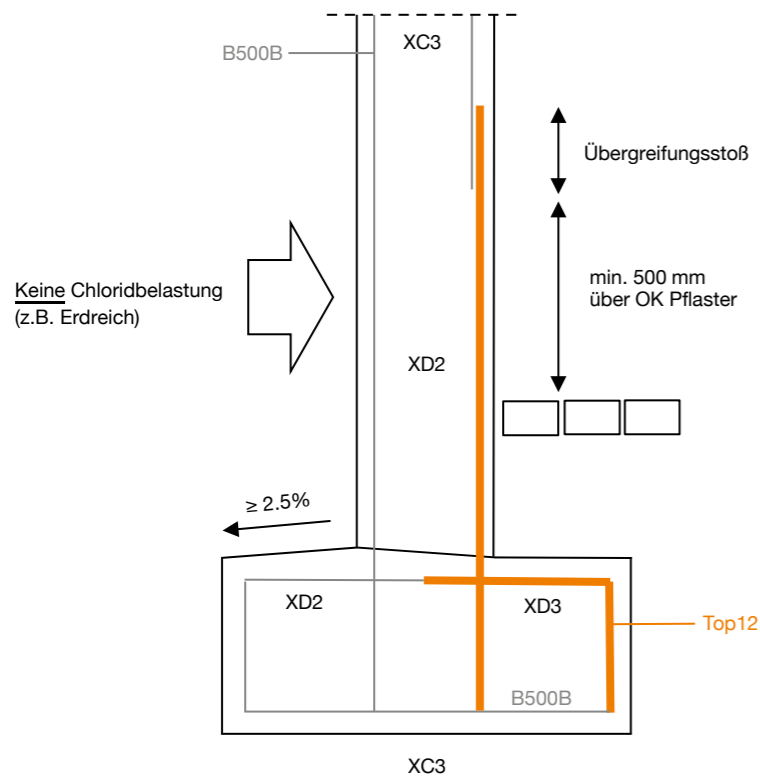
Top12 wird im unteren Stützenbereich verwendet, wo auch mit Tausalzbelastungen zu rechnen ist (s. Bild 7) und normalerweise ein OS-System oder ein Abdichtungssystem eingesetzt wird, Bild 8. In Bild 9 ist die erläuterte Top12-Variante „Stütze/Fundament“ grafisch dargestellt.

Entsprechend wird im Fundament (i.d.R. Einzelfundamente) die Bewehrung an der Oberseite wie auch an den Seitenflächen in Top12 ausgeführt. Die aufgehende Stützenbewehrung wird ausgehend von der Verankerung im Fundament bis in eine

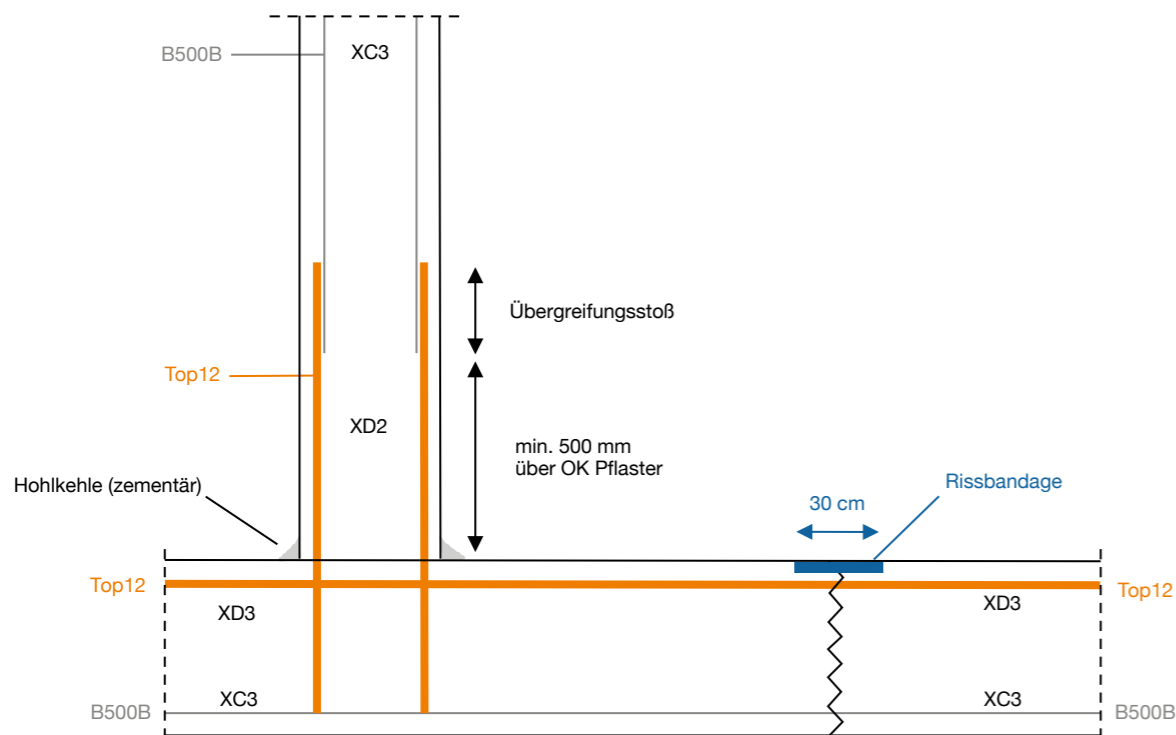
Höhe von 0,5 m über Oberkante (OK) Pflaster plus Übergreifungsstöße in Top12 hochgeführt (inkl. Bügel). Im oberen Teil der Stütze (d.h. ab 0,5 m) und für die Durchstanzbewehrung an der Fundamentunterseite kommt aufgrund fehlender Chloridbelastung konventioneller Betonstahl (B500B) zum Einsatz. Bei notwendigen Übergreifungsstößen von Top12 und B500B (Mischbewehrungsansatz) ist prinzipiell darauf zu achten, dass die Stöße in nicht-chloridbelasteten Bereichen eingeplant werden. Die Arbeitsfuge wird mit einer zementären Hohlkehle zusätzlich geschützt.

Gemäß [2] ist der Stützenbereich mindestens der Expositions-kategorie XD2 zuzuordnen. Die Fundamentoberseiten sind mit

⁶ Zintel M., Linden C.: Wirtschaftlichere und dauerhaftere Alternative zu üblichen Beschichtungen – Einsatz nichtrostender Edelstahlbewehrung in gepflasterten Parkgaragen. In Tagungsband: 9. Kolloquium „Parkbauten“, 4-5 Februar 2020, TAE – Technische Akademie Esslingen, S. 375-381, ISBN 978-3-8169-8497-9.



10 Top12-Ausführungsvariante „Wand/Fundament“ ohne Oberflächenschutzsystem oder Abdichtung, Fundament an der Oberseite bewehrt



11 Top12-Ausführungsvariante „Stütze und Zwischendecke im Spritzwasserbereich“. Variante mit Rissbandagen, aber ohne vollflächiges OS 8-System (vgl. Variante A2, EGS c [1])

Gefälle in XD2 bzw. ohne Gefälle in XD3 einzustufen [2]. Auf ein Oberflächenschutzsystem oder eine Abdichtung kann mit dieser Ausführungsvariante komplett verzichtet werden.

Werden Fundamente lediglich mit einer Durchstanzbewehrung, d.h. ohne äußere Bewehrungslage an den Fundamentoberseiten und Seitenflächen geplant, entfällt demnach dort ein Top12-Einsatz. Reduzierte Mengen an Top12 stehen in gleichem Maße reduzierten Beschichtungsflächen gegenüber.

Aufgrund der Kombination zweier Materialien (Top12 und B500B) und unterschiedlicher Expositionsklassen am gleichen Bauteil können über die gesamte Stützhöhe einheitlich mindestens 10 mm Betondeckung eingespart werden. Dies hat positive Auswirkungen auf den Parkkomfort.

Wand/Fundament

Im analogen Fall von Streifenfundamenten und eines Wandanstelle eines Stützenanschlusses wird entsprechend der i.d.R. einseitigen Chloridbelastung Top12 auch nur einseitig eingesetzt. Das heißt, Top12 kommt selektiv nur auf der chloridzugewandten Seite zum Einsatz, wo normalerweise OS-Systeme oder Abdichtungen angebracht werden. Top12 kann damit nicht nur über die Bauteilhöhe, sondern auch über die Bauteiltiefe selektiv in Mischbewehrung mit konventionellem B500B eingesetzt werden. Die umlaufende Bügelbewehrung bleibt in Top12. Auch hier ist bei notwendigen Übergreifungsstößen von Top12 und B500B darauf zu achten, dass diese im nicht-chloridbelasteten Bereich eingeplant werden. In Bild 10 ist die erläuterte Top12-Variante „Wand/Fundament“ grafisch dargestellt.

In der Regel stehen die im Vergleich zur Variante „Stütze/Fundament“ durch den selektiven Ansatz reduzierten Mengen an Top12 in gleichem Maße den geringeren erforderlichen Beschichtungsflächen gegenüber.

Top12-Variante für Stützen und Zwischendecken im Spritzwasserbereich

In DIN EN 1992-1-1 mit NA (EC2) sind chloridbelastete Flächen mit Spritzwasserbeaufschlagung in XD3 eingestuft.

Bei direkt befahrbaren Parkflächen enthält der EC2 den Hinweis, dass die Betontechnologie zur Korrosionsvermeidung nicht aus-

reicht und zusätzliche Maßnahmen wie z.B. rissüberbrückende Beschichtungen einzuplanen sind. Aus der Praxis ist bekannt, dass Risse auf Parkflächen nicht zu 100% vermeidbar sind. Durchaus üblich ist der Einsatz von starren OS 8-Systemen in der Fläche wobei auftretende Risse mittels Rissbandagen nachträglich geschlossen werden.

Im DAfStb-Heft 600 ist beschrieben, dass neben Beschichtungen auch andere gleichwertige Maßnahmen zulässig sind. Neben konstruktiven Möglichkeiten wie Vorspannung oder Einfeldträgersystemen wird explizit auf den möglichen Einsatz von nichtrostendem Betonstahl hingewiesen. Der Einsatz von nichtrostendem Betonstahl in Mischbewehrung (ggf. nur an der Bauteiloberseite) wird konkret genannt.

In Bild 11 ist die Top12-Variante „Stütze und Zwischendecke“ grafisch dargestellt. Das vertikale Bauteil (hier Stütze) wird analog der gepflasterten Variante ausgeführt, vgl. Bild 9. In der Fläche wird nur in der oberen Bewehrungslage Top12 eingesetzt, die untere Bewehrungslage verbleibt konventionell in B500B, s. Bild 11. Risse und hier speziell Trennrisse müssen z.B. über Rissbandagen geschlossen werden. Im Vergleich zur Standardanwendung (vollflächiger OS 8-Einsatz) entfällt bei der Top12-Variante das Beschichtungssystem in der Fläche. Anstelle einer Beschichtung wird Top12 als nichtrostender Stahl in der oberen exponierten Bewehrungslage in Mischbewehrung eingesetzt. Notwendige Übergreifungsstöße von Top12 und B500B sollten wiederum im nicht-chloridbelasteten Bereich vorgesehen werden.

Im Fall einer Wand/Zwischendecken-Kombination wird Top12 analog der Variante „Wand/Fundament“ für gepflasterte Oberflächen verbaut (vgl. Bild 10), d.h. die aufgehende Bewehrung wird nur einseitig in Top12 ausgeführt.

Lebenszykluskosten

Der Einsatz von Top12 als nichtrostende Edelstahlbewehrung spart im Vergleich zu einer Beschichtung über den Betrieb erhebliche Kosten. Ist kein OS-System vorhanden, entfallen auch alle zugehörigen Folgekosten im Betrieb, d.h. Reinigungs-, Wartungs- und Instandsetzungskosten infolge notwendiger Beschichtungserneuerungen.

Vergleicht man demnach verschiedene Ausführungsvarianten lediglich anhand der Herstellungskosten, so ist das nur ein sehr kurzfristiger Fokus. Um Varianten ganzheitlich zu betrachten und zu vergleichen, müssen neben den Herstellungskosten zumindest auch die Folgekosten in der Nutzung bzw. während des Betriebs berücksichtigt werden. Nicht selten übersteigen die Betriebskosten die Herstellungskosten. Bezieht man Herstellungs- und Betriebskosten in die Betrachtung mit ein, spricht man vereinfacht von Lebenszykluskosten. Mit dieser Fragestellung hat sich das IB Schießl Gehlen Sodeikat im Rahmen einer Gutachterlichen Stellungnahme [4; 7] befasst.

Die Ergebnisse von Lebenszykluskosten für verschiedene Varianten können beispielsweise über die Nutzungsdauer dargestellt werden.

Lebenszykluskosten von gepflasterten Parkgaragen

In Bild 12 sind für die Bauteilsituation „Stütze/Fundament, oberseitig bewehrt“ (Top12-Bewehrungsgehalt = 5 kg/m², vgl. Bild 9) exemplarisch die Lebenszykluskosten als Absolutwerte im zeitlichen Verlauf für folgende Varianten abgebildet:

- Einsatz eines OS 5b-Systems
- Einsatz von Top12 anstelle eines OS-Systems

Es ist zu erkennen, dass die Top12-Variante nach 50 Jahren mit 201 €/Bauteil im Vergleich zur OS 5b-Variante (492 €/Bauteil) die mit Abstand geringsten Lebenszykluskosten verursacht (entspricht einer Reduzierung der Lebenszykluskosten um ca. -59%). Selbst die Herstellungskosten (vgl. Jahr 0 in Bild 12) fallen

mit Top12 bei dem betont geringen Top12-Bewehrungsgrad im Vergleich zur OS 5b-Variante signifikant geringer aus (ca. -54%).

Da der wirtschaftliche Vorteil von Top12 (Herstellungs- und/oder Lebenszykluskosten) in hohem Maße vom Top12-Bewehrungsgehalt (Menge des selektiven Ersatzes von B500B durch Top12 pro m² chloridbeaufschlagter Fläche) abhängt, wurde in [4] eine sog. Sensitivitätsanalyse durchgeführt, um die Sensibilität der Herstellungs- und Lebenszykluskosten auf variierende Bewehrungsgehalte zu untersuchen.

In Bild 13 sind die Herstellungskosten und die Lebenszykluskosten von Top12 nach 50 Jahren im Vergleich zu einem üblichen OS 5b-System in Abhängigkeit des Top12-Bewehrungsgehalts dargestellt.

Bemerkenswert ist, dass die Herstellungskosten der Top12-Variante bis zu einem Bewehrungsgrad von ca. 15 kg/m² deutlich günstiger als die Beschichtungsvariante ausfallen.

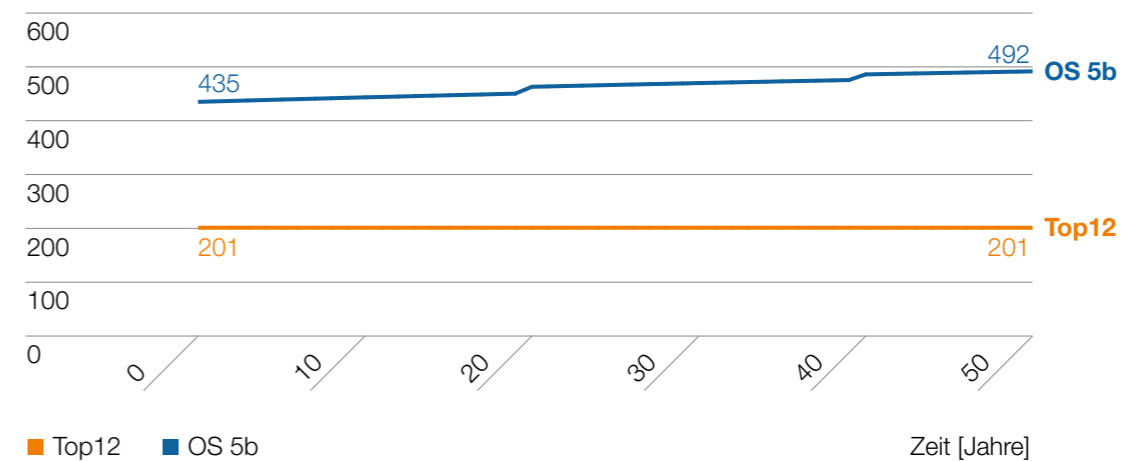
Wie erwartet, wird mit größeren Bewehrungsgehalten der Vorteil von Top12 im Vergleich zum OS-System kleiner (Ursache: je größer der Top12-Bewehrungsgehalt bei gleicher zu beschichtender Oberfläche, desto weniger rentabel ist der Einsatz von Top12).

Weiterhin reduzieren sich die Wartungsaufwendungen durch den Entfall einer Beschichtung bei der Top12-Variante über den Betrieb von 50 Jahren. Die Folge sind Vorteile bei den Lebenszykluskosten, welche konsequenterweise die wirtschaftlichen Vorteile in der Herstellung sogar noch übertreffen.

Erfahrungsgemäß liegen die Top12-Bewehrungsgehalte in der Praxis zwischen 5-12 kg/m², was einer durchschnittlichen Reduzierung der Herstellungskosten im Vergleich zu einem OS-System von ca. 37% entspricht. Der wirtschaftliche Vorteil von Top12 über den gesamten Lebenszyklus (Herstellung + Betrieb) liegt mit ca. 44% noch höher.

Gepflasterte Parkgarage

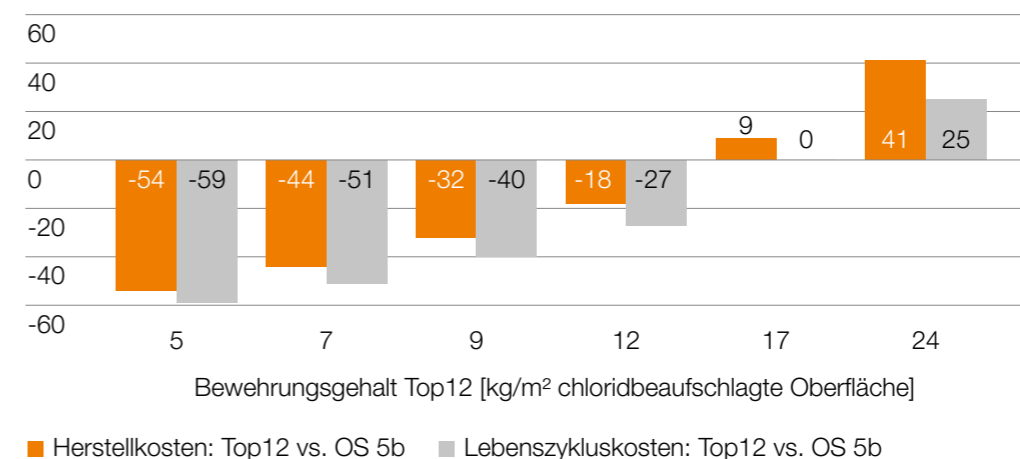
Entscheidungsrelevante Lebenszykluskosten [€/Bauteil]



12 „Stütze/Fundament, oberseitig bewehrt“: Entscheidungsrelevante Lebenszykluskosten (Absolutwerte) über die Nutzungsdauer von 50 Jahren [4; 7]. Umgerechneter Bewehrungsgrad: Stütze ca. 70 kg/m³ / Fundament ca. 40 kg/m³.

Gepflasterte Parkgarage

Herstellungs- und Lebenszykluskosten von Top12 im Vergleich zu OS 5b-System [%]

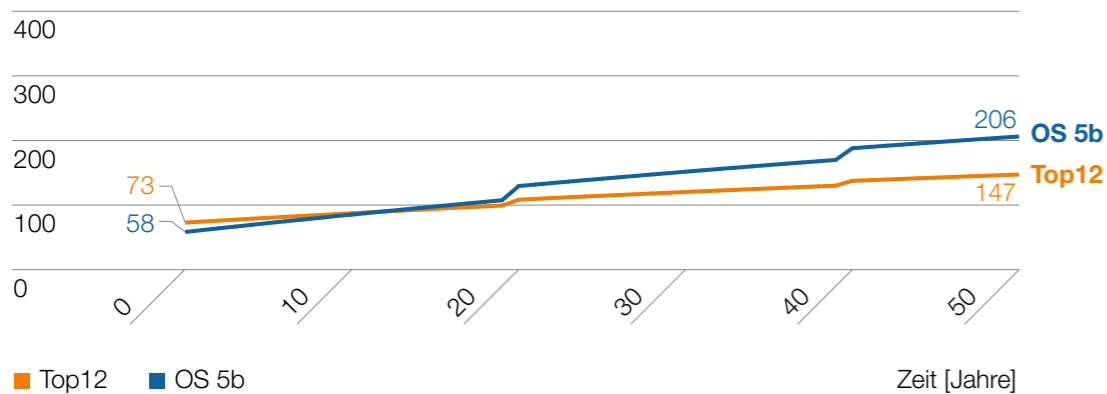


13 „Stütze/Fundament, oberseitig bewehrt“: Herstellungs- und Lebenszykluskosten von Top12 im Vergleich zu OS 5b-System in Abhängigkeit des Top12-Bewehrungsgehalts [4; 7]

7 Schießl-Pecka A., Rausch A., Zintel M., Linden C.: Lebenszykluskostenbetrachtungen für chloridexponierte Bauteile in Parkbauten. In Tagungsband: 9. Kolloquium „Parkbauten“, 4-5 Februar 2020, TAE – Technische Akademie Esslingen, S. 221-231, ISBN 978-3-8169-8497-9.

Stütze auf Zwischendecke

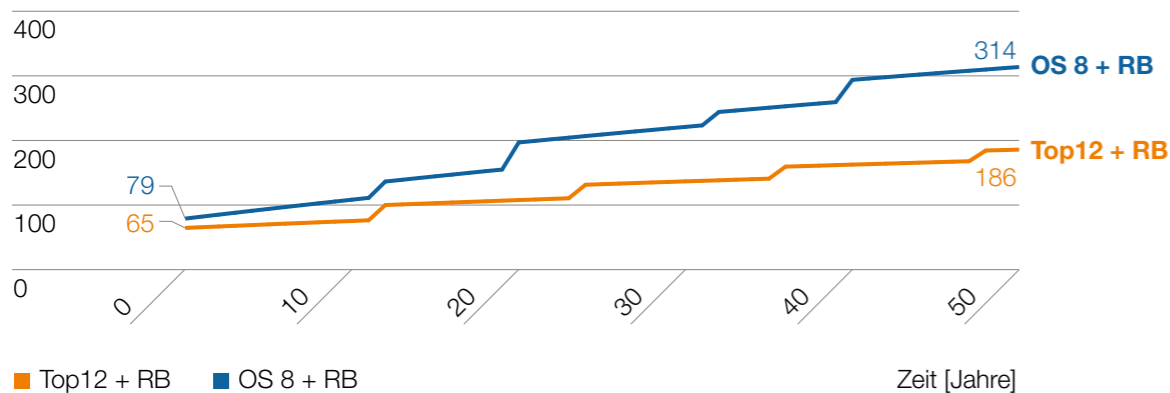
Entscheidungsrelevante Lebenszykluskosten [€/Bauteil]



14 Stütze von Zwischendecke im Spritzwasserbereich: Entscheidungsrelevante Lebenszykluskosten (Absolutwerte) über die Nutzungsdauer von 50 Jahren [4]. Umgerechneter Bewehrungsgrad Stütze von Zwischendecke ca. 68 kg/m³.

Zwischendecke

Entscheidungsrelevante Lebenszykluskosten [€/m²]



15 Zwischendecke im Spritzwasserbereich: Entscheidungsrelevante Lebenszykluskosten (Absolutwerte) über die Nutzungsdauer von 50 Jahren [4]. Umgerechneter Bewehrungsgrad Zwischendecke ca. 50 kg/m³.

Lebenszykluskosten für Stützen und Zwischendecken im Spritzwasserbereich

Die Entwicklung der Lebenszykluskosten ist in Bild 14 separat für eine Stütze auf einer Zwischendecke und in Bild 15 für eine Zwischendecke selbst dargestellt. Bei der Betrachtung wurden mit 17,5 kg/m² für die Stütze und 5,0 kg/m² für die Zwischendecke (obere Bewehrungslage) relativ geringe, aber durchaus praxisrelevante Top12-Bewehrungsgrade verwendet.

Bild 14 ist zu entnehmen, dass die Herstellungskosten für Top12 bei einer Stütze im Vergleich zur Beschichtungsvariante ca. 15 €/Stütze höher liegen. Dieser relativ geringe Vorteil wird über 50 Jahre Nutzungsdauer aufgrund unweigerlich anfallender Inspektions- und Wartungsaufwendungen mehr als aufgezehrt (vergleiche hierzu die unterschiedlichen Steigungen beider Kurven). Nach 50 Jahren, d.h. am Ende der geplanten Lebensdauer verursacht Top12 die mit Abstand geringsten Lebenszykluskosten. Der absolute Vorteil liegt bei 59 €/Stütze im Vergleich zu einem üblichen OS 5b-System. Relativ betrachtet liegt der Top12-Vorteil im Vergleich bei -29%.

Im Fall der Zwischendecke in Bild 15 liegt die Top12-Variante bei den Herstellungskosten bereits mit ca. 14 €/m² unterhalb eines OS 8-Systems mit begleitender Rissbandage (OS 8 + RB). Der Vorteil von Top12 erhöht sich erwartungsgemäß weiterhin über die Zeit aufgrund der signifikant geringeren Betriebskosten. Am Ende nach 50 Jahren liegt der absolute Top12-Vorteil bei 128 €/m² im Vergleich zu OS 8 + RB. Dies entspricht einem relativen Top12-Vorteil im Lebenszyklus von -41%.

Um wie gehabt auch für die beiden genannten Bauteile die Abhängigkeit der Herstellungs- und Lebenszykluskosten vom Top12-Bewehrungsgehalt zu untersuchen, wurde wiederum eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Bild 16 und 17 dargestellt.

Die Vorteile von Top12 im Lebenszyklus sind bei der betrachteten Stütze auf der Zwischendecke bei praxisüblichen Bewehrungsgehalten deutlich, siehe Bild 16. Für einen durchschnittlichen Top12-Bewehrungsgehalt von 23 kg/m² liegt der Top12-Vorteil bei -22%. Erst ab einem Top12-Bewehrungsgehalt von ca. 40 kg/m² überwiegen die wirtschaftlichen Vorteile zugunsten der Beschichtung. Ein Blick auf die Entwicklung der Herstellungs-

zykluskosten zeigt, dass die Top12-Variante in der Herstellung grundsätzlich teurer ist. Der wirtschaftliche Vorteil im Lebenszyklus wird also allein durch die geringen Inspektions- und Wartungskosten bei Top12 erreicht.

Ein anderes Bild zeigt sich für den Anwendungsfall von Top12 für die Zwischendecke (Bild 17). Hier erwirtschaftet Top12 über alle Top12-Bewehrungsgehalte hinweg große Vorteile. Selbst bei einem Top12-Bewehrungsgehalt in der oberen Lage der Zwischendecke von 20 kg/m² werden die Lebenszykluskosten im Vergleich zu OS 8 + RB noch um -23% reduziert. Bei geringen Top12-Bewehrungsgraden werden Lebenszykluskosten bis zu -41% reduziert, vgl. 5 kg/m². Ein Blick auf die Herstellungskosten zeigt, dass die Top12-Variante in der Fläche bei geringen bis mittleren Bewehrungsgraden (< 9 kg/m²) sogar günstiger abschneidet.

Bei ganzheitlicher Betrachtung einer Parkebene, welche sich im Wesentlichen aus Stützen, Wänden und natürlich der befahrbaren Zwischendecke zusammensetzt, führt ein Top12-Einsatz bei praxisüblichen Bewehrungsgehalten im Vergleich zur Beschichtung zu einer erheblichen Reduzierung der Lebenszykluskosten. Sind nur geringe Top12-Bewehrungsgehalte erforderlich, kann die Top12-Alternative bereits bei den Herstellungskosten wirtschaftlicher sein (vgl. Bild 16 + 17).

Zusammenfassung der Lebenszykluskosten

In Bild 18 sind die auf Top12 normierten Lebenszykluskosten für geringe Bewehrungsgehalte dargestellt. Das heißt, die Lebenszykluskosten von Top12 wurden für alle Varianten auf 1,0 normiert: Fallen die Werte der Vergleichsvarianten > 1,0 aus, sind sie auch im Verhältnis teurer. Fallen die Werte der Vergleichsvarianten < 1,0 aus, wäre die Variante im Vergleich im Verhältnis günstiger. Am Beispiel der Zwischendecke liegt die Standardvariante mit OS 8 + RB bei 1,7 über Top12, was bedeutet, dass die Standardvariante 70% teurer ist als die Top12 Variante.

Bei der Stütze auf der Zwischendecke ist die Standardvariante mit OS 5b entsprechend um 40% teurer als die Top12-Variante.

Bei den gepflasterten Oberflächen (Stütze und Fundament oberseitig bewehrt) liegen die Kosten für eine Beschichtung mit OS 5b sogar 140% über Top12.

Baupraktische Gesichtspunkte

Neben der Dauerhaftigkeit und den entscheidungsrelevanten Lebenszykluskosten [4; 7] bietet Top12 gegenüber üblichen Beschichtungssystemen weitere Vorteile:

(a) Unabhängigkeit von klimatischen Bedingungen beim Einbau

OS-Systeme dürfen im Gegensatz zu Top12 nur unter bestimmten klimatischen Bedingungen appliziert werden (Beachtung des Taupunktes, Mindesttemperaturen etc.).

(b) Unabhängigkeit von der Ausführungsqualität auf der Baustelle

Die dauerhaftkeitsrelevanten Eigenschaften von Top12 werden unabhängig von der Ausführungsqualität auf der Baustelle erreicht. Bei OS-Systemen ist eine gute Ausführungsqualität (Untergrundvorbereitung, Auftragsmenge, Sorgfalt beim Auftrag etc.) für die Funktionalität entscheidend.

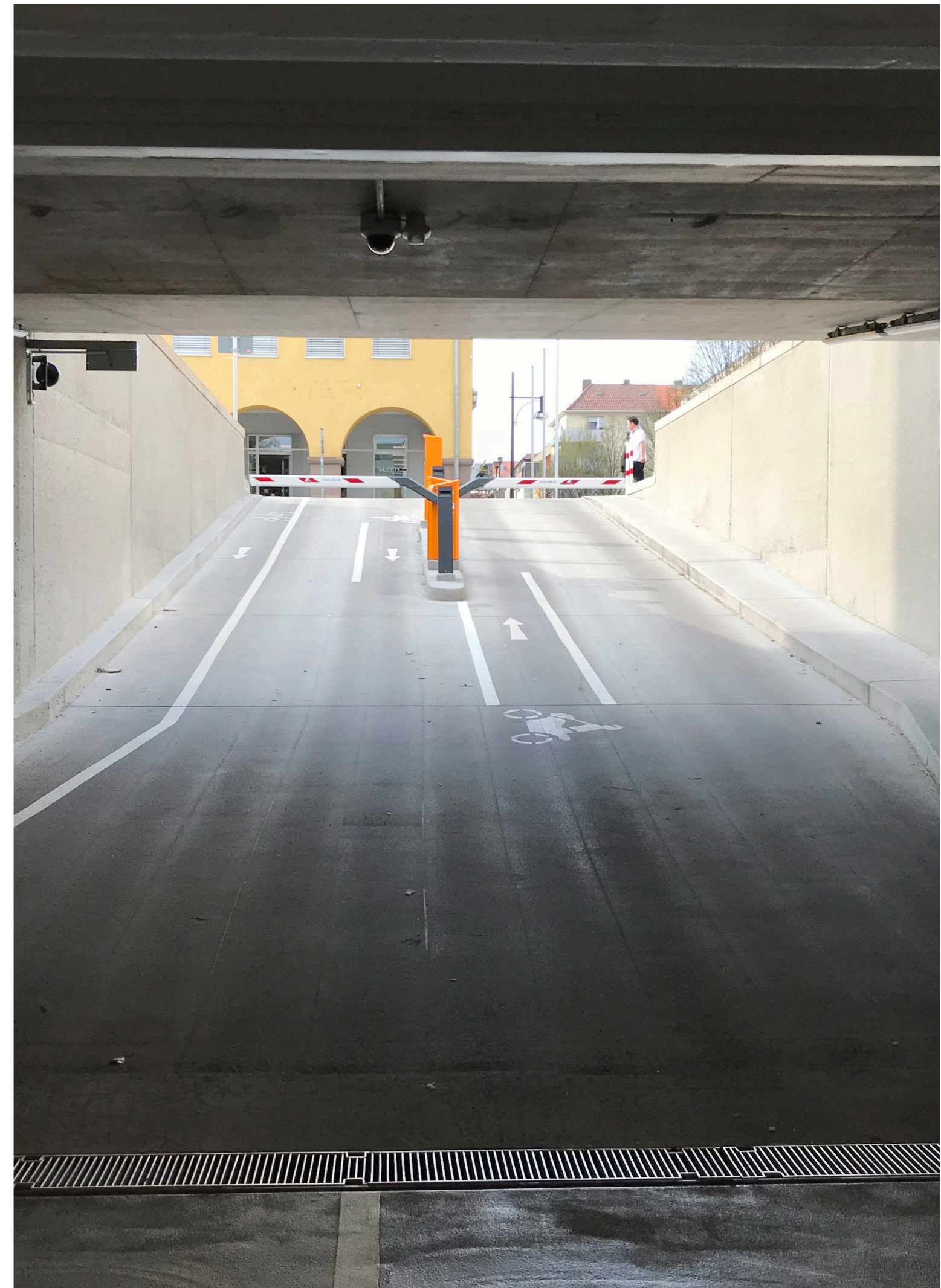
(c) Größere Kostensicherheit

Bei der Verwendung von Top12 sind bei den hier betrachteten Lebenszyklen keine Instandsetzungsmaßnahmen erforderlich. Demzufolge ist die Kostenermittlung bei der Planung von Bauteilvarianten mit Top12 mit deutlich geringeren Unsicherheiten behaftet, als die der Planung von Bauteilvarianten mit nachträglichen Instandsetzungsmaßnahmen (z.B. mit regelmäßigem Neuauftrag des OS-Systems).

Top12 – Kostenneutral auf Beschichtungen bei Parkbauten verzichten und Lebenszykluskosten im Vergleich zu üblichen Beschichtungen um bis zu 59% reduzieren.

⁴
A. Schießl-Pecka, A. Rausch: Lebenszykluskosten für Parkbauten. Gutachterliche Stellungnahme 18-369/1. 1.2 vom 24.10.2019, Ingenieurbüro Schießl Gehlen Sodeikat GmbH, München.

⁷
Schießl-Pecka A., Rausch A., Zintel M., Linden C.: Lebenszykluskostenbetrachtungen für chloridexponierte Bauteile in Parkbauten. In Tagungsband: 9. Kolloquium „Parkbauten“, 4-5 Februar 2020, TAE – Technische Akademie Esslingen, S. 221-231, ISBN 978-3-8169-8497-9.



Fazit

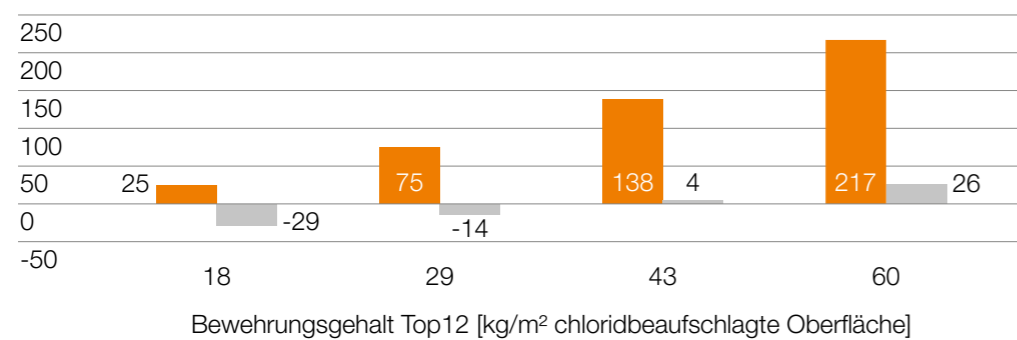
- Die Regelwerke / Technische Merkblätter legen für den Parkhausbereich dauerhafte Bauweisen fest.
- Erfahrungen und Berechnungen zeigen, dass bei der Verwendung üblicher Bindemittel dennoch Schäden auftreten können.
- Bei der Verwendung geeigneter Oberflächenschutzsysteme oder nichtrostender Bewehrung sowie einer regelmäßigen Wartung kann ohne Instandsetzungsmaßnahme sicher eine Lebensdauer von 50 Jahren erreicht werden.
- Der Einsatz von Top12 spart im Vergleich zu einer Beschichtung erhebliche Betriebskosten. Ist kein OS-System vorhanden, entfallen auch alle Folgekosten im Betrieb, d.h. Reinigungs-, Wartungs- und Instandhaltungskosten infolge notwendiger Beschichtungsüberarbeitungen oder -erneuerungen.

Bei allen untersuchten Varianten führt die Verwendung von Top12-Stahl bei praxisüblichen Bewehrungsgehalten nach 50 Jahren zu den mit Abstand geringsten Lebenszykluskosten.

Durchgeführte Referenzobjekte bestätigen aktuell die theoretisch berechneten Einsparpotentiale.

Stütze auf Zwischendecke

Herstellungs- und Lebenszykluskosten von Top12 im Vergleich zu OS 5b-System [%]

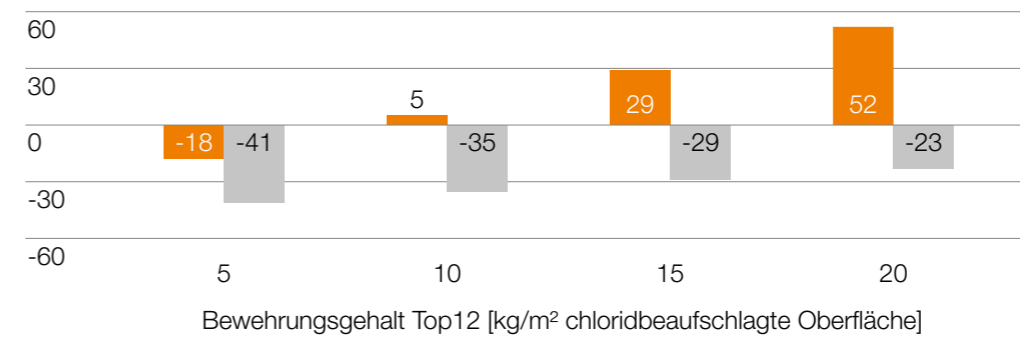


■ Herstellkosten: Top12 vs. OS 5b ■ Lebenszykluskosten: Top12 vs. OS 5b

16 Stütze auf Zwischendecke im Spritzwasserbereich: Herstellungs- und Lebenszykluskosten von Top12 im Vergleich zur Beschichtung in Abhängigkeit des Top12-Bewehrungsgehalts [4]

Zwischendecke

Herstellungs- und Lebenszykluskosten von Top12 im Vergleich zu OS 8 + Rissbandage [%]

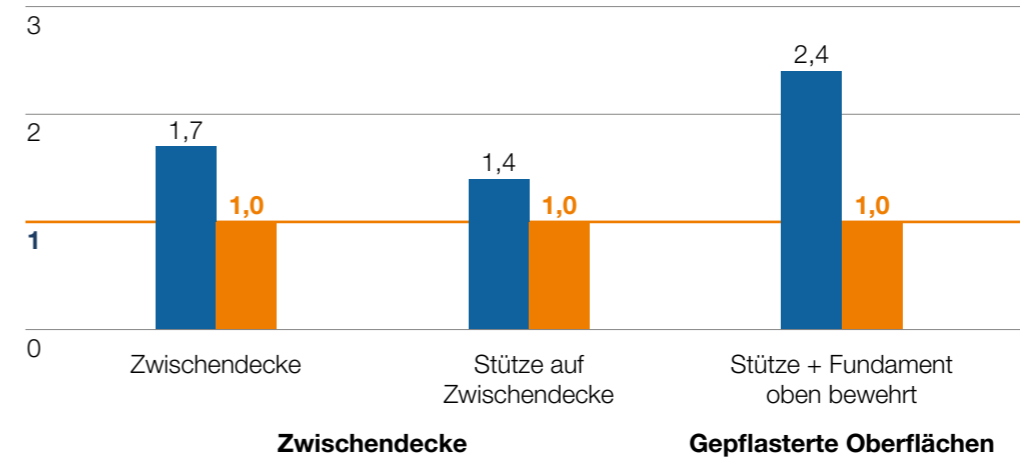


■ Herstellkosten: Top12 + RB vs. OS 8 + RB
■ Lebenszykluskosten: Top12 + RB vs. OS 8 + RB

17 Zwischendecke im Spritzwasserbereich: Herstellungs- und Lebenszykluskosten von Top12 im Vergleich zur Beschichtung in Abhängigkeit des Top12-Bewehrungsgehalts [4]

Ergebnisse der Lebenszykluskosten

Lebenszykluskosten normiert auf Top12 [-]



■ OS-System ■ Top12

18 Überblick der ermittelten Lebenszykluskosten – Vergleich der verschiedenen Varianten (normiert auf Top12) hinsichtlich Lebenszykluskosten [4, 7]

Steeltec AG

Emmenweidstrasse 90
CH-6020 Emmenbrücke
steelforconstruction.com

Member of Swiss Steel Group

swisssteel-group.com