

Ausführung tragender Tiefgaragen-Bodenplatten unter wirtschaftlichen Aspekten

Kalkulierte Schäden statt Beschichtung?

In den letzten 15 Jahren hat sich eine große Anzahl von Fachleuten und Gremien mit der Ausführung direkt befahrener Parkdecks aus tragenden Stahlbetonkonstruktionen auseinandergesetzt, wobei technische und juristische Themen im Vordergrund standen. Eine streng wirtschaftliche Betrachtungsweise führt jedoch zu überraschenden Aspekten bzw. deutlich von solchen in zurückliegenden Veröffentlichungen abweichenden Empfehlungen, wobei im Rahmen dieses Aufsatzes ausschließlich die Ausführungsmöglichkeiten tragender Tiefgaragen-Bodenplatten analysiert werden.

1 Einleitung und Zielsetzung

Spätestens seit der bauaufsichtlichen Einführung der DIN 1045-1 [1] im Jahr 2001 werden in der Fachöffentlichkeit intensive Diskussionen hinsichtlich der Anforderungen zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit von direkt befahrenen Parkdecks geführt, wobei den zahlreichen Veröffentlichungen und Vorträgen zu dieser Thematik in technischer und juristischer Hinsicht erheblich differierende Beurteilungen zu entnehmen sind. Dies hat bezüglich der Frage, welche Ausführungsart nunmehr den anerkannten Regeln der Technik entspricht oder nicht, zu großen Unsicherheiten bei (Tragwerks)Planern und ausführenden Firmen, aber auch Gerichten geführt.

In den bisherigen Veröffentlichungen zum Thema Sicherstellung der Dauerhaftigkeit von befahrenen Parkdecks standen technische und/oder juristische Aspekte im Vordergrund. In Ergänzung hierzu wird nachfolgend eine streng wirtschaftliche Analyse der mit Bild 7 in [2] zusammengestellten Ausführungsvarianten vorgenommen, die sich auf tragende Tiefgaragen-Bodenplatten beschränkt.

Diese Fokussierung wird damit begründet, dass befahrene Bodenplatten im Gegensatz zu Zwischen- und Top-Decks von Parkhäusern und Tiefgaragen keinen dynamischen Verformungen aus Lasteinwirkung sowie erheblich geringeren Zwangsspannungen und zugehörigen Rissbreitenänderungen in Folge jahreszeitlicher Temperaturschwankungen ausgesetzt sind, wodurch letztlich Möglichkeiten für eine ökonomisch interessante Ausführung bei gleichzeitig beherrschbarer Risikoabwägung eröffnet werden. Darüber hinaus beträgt der zahlenmäßige Anteil von TG-Bodenplatten an allen befahrenen Parkdecks in Deutsch-

Execution of carrying carpark-baseplates under economic aspects. Calculated damages vs. coating?

In the last 15 years a large number of professionals and bodies set apart with the execution of *directly drive on parking decks* made of carrying reinforced concrete structures, in which the focus was on technical and legal themes. A strictly economical approach leads to surprisingly aspects respectively clear from such publications in history with different recommendations. This essay only analyzes the execution abilities of carrying underground carpark-baseplates.

land gemäß eigener Recherche mehr als 94 %¹. Der numerische „Marktanteil“ befahrener Zwischen- und Top-Decks ist somit statistisch betrachtet sehr gering.

Über die bevorzugt Bauherren/Bauträger interessierenden Auswirkungen der möglichen Ausführungsvarianten auf die Herstellungskosten hinaus sollen im Folgenden die bislang kaum thematisierten Folgen für die Käufer/Eigentümer von Wohnungen und Büros (in der Regel Verbraucher!) analysiert werden.

¹ Lt. Zensus-Datenbank des statistischen Bundesamts betrug die Anzahl von Gebäuden mit 3 Wohnungen oder mehr 2011 **ca. 3,44 Mio.** (Gewerbe nicht mitgerechnet). Unter der realistischen Annahme, dass jedes 3. derartige Gebäude über eine Tiefgarage verfügt, ergeben sich hieraus 1,15 Mio. Tiefgaragen, woraus sich unter Abzug von ca. 15 % doppel- oder mehrgeschossigen TG eine Anzahl von ca. 1 Mio. Bodenplatten errechnet. Von diesen dürften ca. 50 %, mithin **ca. 500 000 Bodenplatten** tragend sein. Entsprechend einer Erhebung der *International Real Estate Business School (IRE/BS) der Universität Regensburg* vom Januar 2013 – nachzulesen unter www.quantum.ag – wird bis 2020 ein Wachstum des kostenpflichtigen und professionell betriebenen Parkhaus-Marktes um rd. 5,5 % p.a. auf rd. **2 Millionen Stellplätze** erwartet. Hieraus lässt sich eine derzeitige Anzahl von **ca. 1,4 Mio. Parkhaus-Stellplätzen** rückrechnen. Unter Ansatz von ca. 100 Stellplätzen/Ebene (hierbei ist zu beachten, dass auch sehr ausge dehnte Parkhäuser – z. B. an der Allianz-Arena München – existieren) eine Gesamtanzahl von ca. 14 000 Ebenen errechnen, im Fall von ca. 50 Stellplätzen/Ebene würde sich diese Anzahl auf **ca. 28 000** verdoppeln.

Somit ergibt sich unter Ansatz von ca. 28 000 Parkhaus-Ebenen ein halbwegs zutreffender Anteil von tragenden Bodenplatten an der Gesamtanzahl der befahrenen Parkdecks von 94,7 % (abgerundet **ca. 94 %**). Hierbei ist vereinfachend nicht berücksichtigt, dass sich auch in allen Parkhäusern Bodenplatten befinden.

Ziel dieser Analyse ist die Formulierung von Empfehlungen zur Ausführung direkt befahrener, tragender TG-Bodenplatten.

2 Thesen

2.1 These 1

Bei DIN-gerechter Ausführung nicht beschichteter Stahlbeton-Bodenplatten ist während der Nutzungsdauer nur mit sehr geringen Korrosionsschäden zu rechnen.

Anhand hunderter, durch das Ingenieur-/Sachverständigenbüro des Verfassers begleiteter Sanierungen mindestens 25 Jahre alter Tiefgaragen wurde festgestellt, dass in den Bodenplatten außerhalb nicht verschlossener Trennrisse und Stellen mit augenscheinlich erkennbaren Verdichtungsfehlern nur dann Korrosionsstellen mit ernstzunehmendem Schadenspotenzial vorzufinden waren, wenn die obere Betondeckung deutlich geringer als 40 mm ist/war. Hierunter sind solche Korrosionsstellen zu verstehen, die im Fall einer nicht unverzüglichen bzw. zeitnahen Sanierung (z. B. gemäß [3] und [4]) eine wesentliche Beeinträchtigung der Standsicherheit und/oder Gebrauchstauglichkeit zur Folge haben können – also nicht etwa die üblichen Kleinschäden, wie sie beispielhaft Bild 1 zu entnehmen sind.

Aus Vorstehendem wird der Schluss gezogen, dass dieses relativ überschaubare Schadensausmaß bei Bodenplatten, die fachgerecht auf Grundlage des in – hinsichtlich verbesserter Differenzierung verfasserseitig geringfügig modifizierten – Bild 7 des DBV-Merkblatts Parkhäuser und Tiefgaragen, Ausgabe 9/2010 [2] aufskizzierten Verfahrens 1ab (Bild 2) hergestellt werden, sicherlich nicht größer sein wird. Diesbezüglich ist anzumerken, dass zur Herstellung von TG-Bodenplatten vor mehr als 20 Jahren üblicherweise hinsichtlich des Korrosionsschutzes in der Fläche (also außerhalb von Rissen) ungeeignete Betone als heute verwendet wurden. Die gemäß derzeit gültiger Normung [5] für die Herstellung unbeschichteter, tragender TG-Bodenplatten vorgeschriebenen Betone der Expositionsklasse XD3 besitzen gegenüber den alten Betonen einen erheblich geringeren w/z-Wert von 0,55 oder weni-

ger, wodurch eine deutlich verbesserte Dichtigkeit und damit ein erhöhter Korrosionsschutz erzielt wird.

Letztendlich ist dem Verfasser im Verlauf seiner ca. 20-jährigen Sachverständigen-Tätigkeit (auch nach Studium der einschlägigen Literatur) im Gegensatz zu Decken kein einziger Fall eines korrosionsbedingten Tragwerksversagens einer TG-Bodenplatte mit ausreichender oberer Betondeckung bekannt geworden.

2.2 These 2

Zwangsbedingte Risse in nicht beschichteten Bodenplatten können noch innerhalb der üblichen Gewährleistungsfrist von fünf Jahren einfach und dauerhaft verschlossen werden.

Diese These setzt voraus, dass in der Bodenplatte eine ausreichend dimensionierte rissbreitenbegrenzende Bewehrung vorgesehen wird. Da Tiefgaragen mit tragenden Bodenplatten infolge direkter Ableitung der Vertikallasten aus Stützen und Wänden auf dieselben bzw. über die Bodenplatten auf angevoutete Einzel- und Streifenfundamente, unregelmäßiger Grund-/Aufrissgeometrie und/oder kraftschlüssiger Verbindung mit Gebäuden oder Rampen oftmals stark dehnungsbehindert sind, dürfte beim Nachweis zur Begrenzung der Rissbreiten gemäß Ziffer 7.3 in [5] im Regelfall der Lastfall später Zwang zu Grunde zu legen sein. Dasselbe gilt für natürlich belüftete Tiefgaragen mit größeren jahreszeitlichen Schwankungen der Innentemperatur. Alternativ hierzu ist der konsequenten Planung und baulichen Umsetzung der Tiefgarage mit geringstmöglicher Dehnungsbehinderung (z. B. durch Anordnung einer bituminösen Gleitschicht unterhalb der Bodenplatte) stets der Vorzug zu geben.

In beiden vorbeschriebenen Fällen ist nach Beendigung des Trocknungsschwindens ca. drei Jahre nach der Betonage nicht mehr mit Rissöffnungen in schadensträchtiger Relevanz zu rechnen (vgl. auch Ziffer 4.1 in [6]). Insbesondere sind für auf dem Untergrund aufliegende Bodenplatten nur sehr geringe jahreszeitliche Temperaturschwankungen anzunehmen, da die Bodentemperatur in ca. 3 m Tiefe oder mehr relativ konstant bleibt. Selbst



Bild 1 Fotos von typischen Korrosionsschädigungen auf ca. 20–30 Jahre alten Bodenplatten; a) Einzelne korrodierte Bewehrungsstäbe – örtlich begrenzt; b) Punktuelle Bewehrungskorrosion mit Betonausbruch; c) Kleinere Korrosionsschäden neben Rinnen
Photos of typical corrosion damages on about 20–30 year old baseplates; a) Individual corroded reinforcement bars-locally limited; b) Spot corrosion of reinforcements with concrete outburst; c) Minor corrosion damage beside drainage gullies

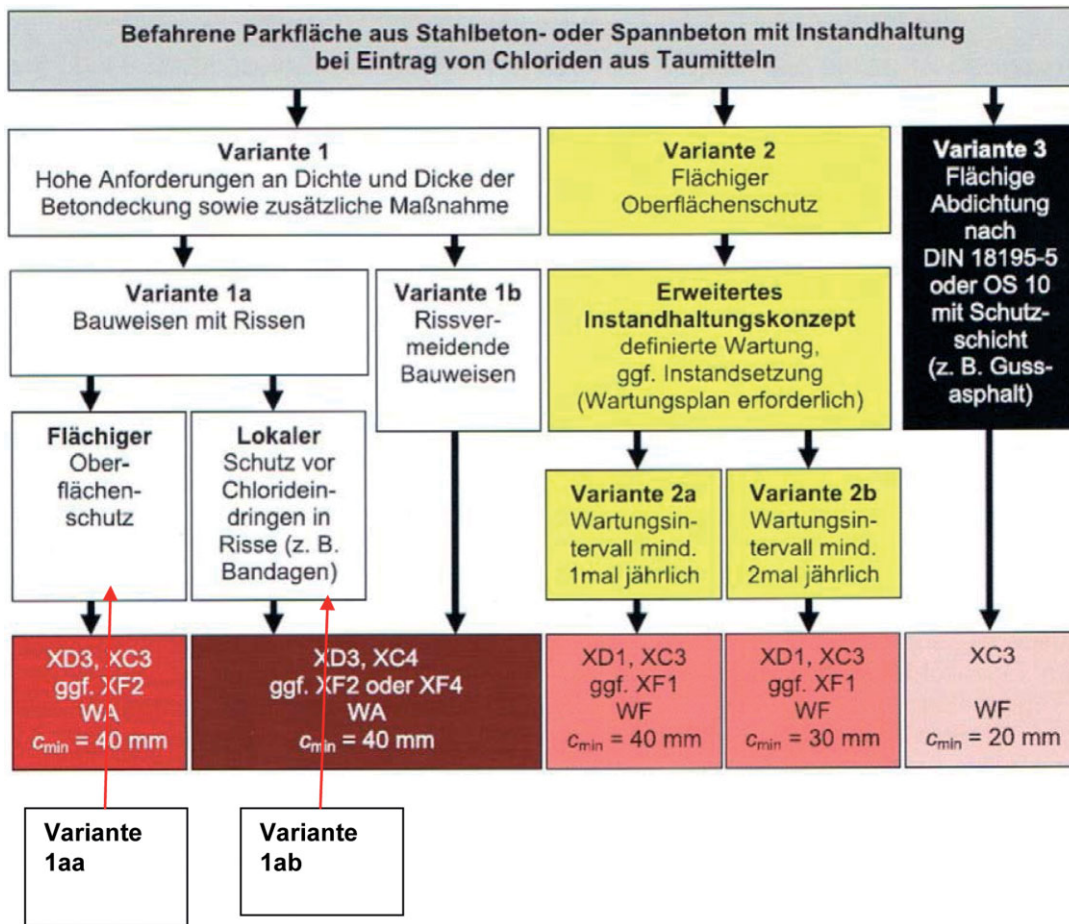


Bild 2 Ausführungsmöglichkeiten gemäß DBV-Merkblatt [2], verfassersseitig um die Bezeichnungen 1aa und 1ab erweitert.
Execution abilities in accordance with DBV-Fact sheet [2], extended the designation 1aa and 1ab from author side.

unter Zugrundelegung einer Innentemperatur von +25 °C im Sommer und -5 °C im Winter ergibt sich bei gleichbleibender Temperatur des Erdreichs unterhalb der Bodenplatte lediglich eine über die Dicke der Bodenplatte gemittelte jahreszeitliche Temperaturschwankung von 15 °K. Dieser moderate Maximalwert führt nach Beobachtung des Verfassers in Bodenplatten, die für den Lastfall später Zwang bemessen und/oder weitestgehend zwangungsfrei gelagert sind, nach erfolgtem Rissverschluss allenfalls an einzelnen kritischen Stellen wie z. B. den Enden von Entwässerungsrinnen oder an einspringenden Wandecken zu weiteren schadensrelevanten Rissöffnungen, die problemlos und kostengünstig nachbearbeitet werden können. Hierbei ist zu beachten, dass die maximale Temperaturdifferenz nur sehr selten vorkommt und sich im Allgemeinen langsam aufbaut. Im Übrigen können nach Beendigung des Trocknungsschwindens nur dann neue Risse entstehen, wenn in Folge bislang nicht aufgetretener Belastungen die zum jeweiligen Zeitpunkt vorliegende Betonzugfestigkeit (diese nimmt im Laufe der Jahre zu) überschritten wird.

Dies bedeutet, dass die während der ersten ca. drei Jahre entstandenen Risse nicht zwangsläufig, wie seitens des DBV in [2] bezüglich der vorzitierten Variante 1ab beispielhaft vorgeschlagen, mit sogenannten Bandagen abgedeckt werden müssen. Eine durchaus praktikable, in optischer Hinsicht weniger beeinträchtigende und war-

tungsfreundlichere Lösung besteht darin, auf Grundlage vorhergehender Untersuchungen die hinsichtlich ihres Chloridgehalts schadensträchtigen Risse in einer Breite von ca. 3 bis 5 cm bis zur Bewehrung „auszuräumen“ und mit geeignetem Reprofilierungsmaterial gemäß [3] und [4] zu verschließen. Diese Art des nachträglichen Rissverschlusses ist jedoch nicht möglich, wenn bezüglich der Rissbreiten erhebliche Schwankungen zu befürchten sind, z. B. in Folge eines stark variierenden Grundwasserdrucks (bei gleichzeitigem Aufriss der Biegezugzone). In diesem Fall sollte nach Meinung des Verfassers jedoch ohnehin die Variante 3 gemäß Bild 2 (z. B. Bahnenabdichtung mit Gussasphalt-Schutzschicht) vorgesehen werden, falls keine Bemessung für Zustand I erfolgt.

Seit dem Frühjahr 2013 beschäftigt sich der DAfStb erneut mit den Anforderungen zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit von direkt befahrenen Parkdecks und in diesem Zusammenhang u. a. mit der Frage, inwieweit die infolge des nachträglichen Verschlusses von Trennrissen „eingeschlossenen“ Chloride zu standsicherheitsrelevanten Korrosionsschäden an der Bewehrung führen können oder nicht. Der DAfStb kommt diesbezüglich in [7] zu folgendem Zwischenfazit:

Die bisher wenigen praktischen Erfahrungen deuten darauf hin, dass in Folge dieser (Anm.: über eine Wintersaison einwirkenden) kurzzeitigen Chlo-

ridbeanspruchungen zwar Korrosionsschäden an der Bewehrung in den gerissenen Bereichen auftreten können, diese aber in der Regel nicht stand-sicherheitsrelevant sind und der Korrosionsprozess bei einer im Anschluss an die Wintersaison durchgeführten dauerhaften Abdichtung des Risses weitestgehend zum Stillstand kommt.

Weiterhin wird in [7] darauf verwiesen, dass hierzu noch Untersuchungen an der RWTH Aachen (vgl. KOSALLA/ RAUPACH in [8]) laufen, mit deren Ergebnissen im Herbst 2014 gerechnet wird. Ein erstes, sehr interessantes Zwischenergebnis der Untersuchungen an der RWTH Aachen deutet darauf hin, dass die Korrosionsaktivität in Rissen von Bodenplatten, die vor der Rissöffnung starr beschichtet wurden, größer als diejenige in Rissen unbeschichteter Platten ist.

Die Frage, welches konkrete Verfahren des nachträglichen Rissverschlusses (Aufweitung/Tränkung, Verpressung, „Ausräumung“ oder Bandagierung) unter Berücksichtigung der Aspekte Dauerhaftigkeit, Wirtschaftlichkeit und Grad der optischen Beeinträchtigung sinnvoll und zielführend ist, muss im jeweiligen Einzelfall durch den Fachplaner auf Grundlage vorhergehender (Chlorid-)Untersuchungen entschieden werden. In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass derzeit kein globaler Grenzwert für „eingeschlossene“ Chloride in nachträglich verschlossenen Rissen existiert. So wurde beispielhaft durch DAUBERSCHMIDT in [9] mitgeteilt, dass anhand einer umfangreichen Untersuchungsreihe an Brücken in Norwegen mit über 4600 Chloridprofilen unterhalb einer Chloridkonzentration von 0,79 M-% bezogen auf den Zementgehalt keine Korrosion an der Bewehrung feststellbar war. Dies wird durch den Erfahrungsbericht von FLOHRER in [9] anlässlich der Instandsetzung eines vor zehn Jahren sanierten Parkhauses noch übertroffen. Gemäß diesem Bericht konnte festgestellt werden, dass trotz sehr hoher Chloridkonzentrationen von 0,8–3 M-% bezogen auf den Zement-

gehalt an Stellen mit funktionierendem Oberflächenschutz keine messbare Korrosionsaktivität vorlag.

Weitere Hinweise zum kritischen Chloridgehalt sind [10] zu entnehmen. In diesem Aufsatz wird ein unterer Grenzwert von 0,5 M-% bezogen auf den Zementgehalt für den kritischen korrosionsauslösenden Chloridgehalt entsprechend RILI-SIB [3] bestätigt, sofern der Abstand der Karbonatisierungsfront zur Bewehrung ≥ 5 mm ist, keine erhöhte Porosität des Betons, keine Kiesnester, keine verstärkte Auslaugung des Betons und keine verstärkte Polarisierung des Stahls sowie ungerissener Beton vorliegt. Der in [10] genannte Grenzwert bezieht sich jedoch nicht auf „eingeschlossene“ Chloride mit unterbundener bzw. reduzierter Feuchtigkeitszufuhr.

2.3 These 3

Während der üblichen Nutzungsdauer von 50 Jahren sind die Unterhaltskosten für beschichtete Bodenplatten immer höher als diejenigen für fachgerecht hergestellte, unbeschichtete Bodenplatten.

Bezüglich dieser These wird vorausgesetzt, dass die Kosten für den vorstehend unter These 2 beschriebenen Rissverschluss den Herstellungskosten zuzuordnen sind. Hinsichtlich der in diesem Zusammenhang und im Übrigen auch bei allen Beschichtungsvarianten erforderlichen vertraglichen Festlegungen wird auf bereits veröffentlichte juristische Beurteilungen, z. B. in [8, 9, 11] verwiesen. Nach erfolgter Riss-Nachbehandlung sind entsprechend vorstehender Ausführungen allenfalls noch geringe Kosten zur Schadstellenbeseitigung zu erwarten (die Kosten zur Beseitigung einer punktuellen Korrosionsstelle auf Grundlage des in [3] beschriebenen Verfahrens C-Cl belaufen sich derzeit auf ca. 50–60 € netto). Demgegenüber entstehen für beschichtete Bodenplatten im Zuge der immer erforderlichen Inspektion/Wartung dynamisch wach-

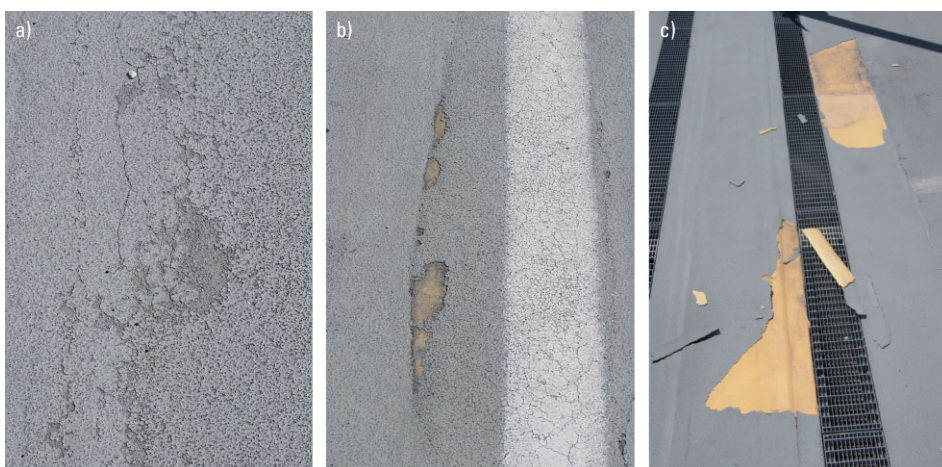


Bild 3 Schädigungen von ca. vier Jahre alten OS11a-Beschichtungen auf hoch beanspruchten Bereichen; a) beginnende Auflösung der Deckversiegelung mit ersten Einrissen in der Deckschicht; b) beginnende Deckschicht-Ablösung; c) großflächige Deckschicht-Ablösungen mit Freilegung der Schwimmschicht. Damage of about 4 year old OS11a-coatings on high frequented areas; a) beginning delamination of the cover sealing with first rips in the top layer; b) beginning top layer delamination; c) extensive top layer delamination with stripping of the floating coat.

sende Kosten, die speziell gegen Ende der Lebensdauer der Beschichtung jährlich höher liegen können, als diejenigen für die gesamte Schadstellenbearbeitung einer ordnungsgemäß hergestellten, unbeschichteten Bodenplatte in 50 Jahren. Hinzu kommt, dass alterungs- und verschleißbedingt jede Art der Beschichtung irgendwann erneuert werden muss, wodurch für die jeweiligen Nutzer Kosten von mehreren Tausend Euro je Stellplatz (Fahr-gassenanteil eingerechnet) entstehen können. Letztendlich stellt sich bezüglich einer starren OS8-Beschichtung die Frage, welchen Vorteil diese (von einer temporär höheren Verschleißfestigkeit abgesehen) gegenüber einer nicht beschichteten Bodenplatte besitzen soll, vgl. hierzu auch KOSALLA/RAUPACH in [8]. Zudem könnte der Verschleißwiderstand einer nicht beschichteten Bodenplatte problemlos (wie bei Industriebodenplatten üblich) durch eine rutschhemmende Hartkorn-Einstreuung erheblich verbessert werden. Bezüglich der rissüberbrückenden OS11a-Beschichtung (eine OS11b-Beschichtung kommt wegen ihrer sehr geringen Verschleißfestigkeit ohnehin nicht in Frage, vgl. beispielhaft WOLFF in [11]) hat sich zwischenzeitlich herausgestellt, dass diese der anfallenden Verschleißbeanspruchung zumindest auf hoch beanspruchten Teilflächen nicht allzu lange standhält. In Kurvenbereichen ist noch während der Gewährleistungsfrist mit Ablösungen der Deckversiegelung und im Fall nicht unverzüglich durchgeführter Reparatur mit teilweiser Zerstörung zu rechnen (Bild 3).

3 Kosten-Analyse

3.1 Vorüberlegungen

Im Folgenden werden die Gestehungs- und Unterhaltskosten im Fall der Realisierung einer nicht beschichteten Bodenplatte (Variante 1ab gem. Bild 2) denjenigen gegenübergestellt, die im Fall des Aufbringens einer geeigneten Beschichtung zu erwarten sind. Obgleich das Ingenieur-/Sachverständigenbüro des Verfassers zurückliegend eine große Anzahl von Tiefgaragen-Sanierungen begleitet hat, wird auf eine Auswertung des in diesem Zusammenhang angefallenen Zahlenmaterials verzichtet und stattdessen eine Analyse der Kosten für neu zu errichtende Tiefgaragen vorgenommen. Dies wird im Wesentlichen damit begründet, dass über 20 Jahre alte TG-Bodenplatten nur in Ausnahmefällen beschichtet wurden und die heute üblichen Beschichtungs-/Abdichtungsmaterialien seinerzeit noch nicht zur Verfügung standen. Aus einer empirischen Gegenüberstellung der Kosten für alte Bodenplatten ließen sich somit nur sehr eingeschränkt Prognosen für derzeit geplante Tiefgaragen erstellen. Hinzu kommt, dass die wenigen, dem Verfasser zur Verfügung stehenden Daten betreffend alte TG-Bodenplatten mit Beschichtung ohnehin keine ausreichend repräsentativen Aussagen ermöglichen.

3.2 Herstellungskosten

Der nachfolgenden Abschätzung liegen folgende Voraussetzungen zugrunde:

- Wie vorstehend unter These 3 ausgeführt, wird vorausgesetzt, dass die Kosten für den im Fall der Realisierung von Variante 1ab erforderlichen nachträglichen Rissverschluss den Herstellungskosten zuzuordnen sind.
- Die Abschätzung wird beispielhaft für eine Tiefgarage von mittlerer Größe und einer Grundfläche von 1 000 m² vorgenommen.
- Als Beschichtung wird die Variante 3 Flächige Abdichtung nach DIN 18195-5 oder OS 10 mit Gussasphalt-Schutzschicht gewählt. Dies wird unter Verweis auf vorstehende Ausführungen damit begründet, dass ein Oberflächen-Schutzsystem OS 11a nach Meinung des Verfassers nur eine sehr geringe Dauerhaftigkeit besitzt (woraus überdurchschnittlich hohe Unterhaltskosten resultieren) und im Fall des Aufbringens eines Oberflächenschutzsystems OS 8 ebenso wie bei einer nicht beschichteten Bodenplatte eine Riss-Nachbehandlung erforderlich wird. Ein OS 8 besitzt somit gegenüber einer Nichtbeschichtung keine nennenswerten Vorteile, verursacht jedoch zusätzliche Gesteinskosten.
- Im Hinblick darauf, dass die Gesamtlänge der nachträglich zu verschließenden Risse von sehr vielen Faktoren (u. a. Grund- und Aufrissgeometrie, Art der Bodenplatten-Lagerung, Dehnfugen, Bewehrungsgehalt und Verlegeart, Nachbehandlung, Witterungseinflüsse, Betonzusammensetzung etc.) abhängig und somit nie exakt prognostizierbar ist, werden bei Variante 1ab nach Bild 2 drei unterschiedliche Risslängen (50 m, 100 m und 200 m) in Ansatz gebracht.
- Bei Variante 1ab wird ein erster Rissverschluss mittels Pinseltränkung vor Nutzungsaufnahme berücksichtigt. Hierdurch soll die Chlorid-Konzentration zum Zeitpunkt des endgültigen Rissverschlusses nach ca. 2 bis 3 Jahren derart vermindert werden, dass nur noch in Ausnahmefällen ein „Ausräumen“ der Risse erforderlich wird.
- Die Kosten für Anschlüsse, Fugen, Hohlkehlen etc. werden in die Gegenüberstellung nicht einbezogen, da sie bei beiden Varianten in etwa derselben Größenordnung anfallen.
- Bei allen nachfolgenden Kosten handelt es sich um Netto-Preise.

Variante 1ab

Pinseltränkung von Rissen vor Nutzungsaufnahme	4,00 €/m
Riss-Nachbehandlung nach ca. 2 bis 3 Jahren mittels Ausweitung der Risse, Entfernen von Abplatzungen, Ausräumen auf Teillängen (ca. 20 %), Druckluftreinigung und Tränkung (z. B. mit EP, auf den ausgeräumten Strecken	<u>26,00 €/m</u>
Verfüllung mit PC-Mörtel)	<u>30,00 €/m</u>

für 50 m:	1 500,00 €
für 100 m:	3 000,00 €
für 200 m:	6 000,00 €

Zuzüglich geschätzter Mehrkosten wegen gegenüber Variante 3 erhöhter Anforderungen an die Betonrezeptur vergrößerter Stahlmenge aus dem Nachweis zur Begrenzung der Rissbreite (Wert wegen vielfältiger Einflussfaktoren stark streuend).

für 1 000 m²: **25 000,00 €**

Variante 3

Untergrundvorbereitung (Kugelstrahlen)	5,50 €/m ²
Bitumen-Voranstrich	1,90 €/m ²
Polymer-Bitumenschweißbahn mit hoher Trägereinlage, einlagig	17,00 €/m ²
Gussasphalt-Schutzschicht d = 25 mm	27,00 €/m ²
Gussasphalt-Deckschicht d = 30 mm	<u>32,00 €/m²</u>
	<u>83,40 €/m²</u>

Für 1 000 m²: **83 400,00 €**

Differenz

Aus vorstehender Gegenüberstellung ergibt sich bei Realisierung der Variante 1ab gegenüber der Variante 3 selbst unter Zugrundelegung einer Gesamt-Risslänge von 200 m ein Kostenvorteil von ca. 50 000,00 € netto, bezogen auf eine Grundrissfläche von 1 000 m².

3.3 Unterhaltskosten

Im Folgenden wird vorausgesetzt, dass beide vorstehend gegenübergestellte Varianten den anerkannten Regeln der Technik entsprechend fehlerfrei hergestellt wurden. Dies bedeutet, dass bei Variante 1ab nach erfolgtem Rissverschluss Bewehrungskorrosion auf untergeordneten Teilflächen mit unbeabsichtigt zu geringer Betonüberdeckung und bei Variante 3 lokale Oberflächenschäden bzw. Beschädigungen allenfalls in marginalem Umfang zu erwarten sind.

Wie bei der Gegenüberstellung der Herstellungskosten werden eine Grundfläche von 1 000 m² und bei Variante 1ab lokale Schadstellen in unterschiedlicher Häufigkeit (20 Stk., 50 Stk. und 100 Stk.) während des Betrachtungszeitraums von 50 Jahren zugrunde gelegt. Bei Variante 3 wird angenommen, dass während einer 50jährigen Nutzung ein einmaliger Komplettaustausch erforderlich ist. Dies entspricht den bisherigen Erfahrungen des Verfassers, gemäß derer Bitumenbahnen nach ca. 30–35-jähriger Verkehrsbelastung vollflächig brüchig werden, was sich auch durch regelmäßige Wartungen nicht verhindern lässt. In Bild 4 ist eine in Kleinbestandteile von weniger als 10 cm Kantenlänge zerbrochene, ca. 35 Jahre alte Bitumenschweißbahn mit hoher Trägereinlage und oberseitiger Alu-Kaschierung zu erkennen, die sich unter einer 7 cm starken Asphaltsschicht befand. Bezüglich des Erfordernisses eines Komplettaustauschs der Abdichtung nach



Bild 4 Zerstörung einer ca. 35 Jahre alten Bitumenschweißbahn mit hoher Trägereinlage unter einer 70 mm dicken Asphaltsschicht.
Destruction of a 35-year-old bitumen sheet with raised reinforcement under a 70 mm thick asphalt layer.

Erreichen der Lebensdauer muss berücksichtigt werden, dass die Betondeckung c_{min} im Regelfall nur 20 mm und damit die Hälfte derjenigen bei Variante 1ab beträgt (vgl. Bild 2).

Unter den beschriebenen Voraussetzungen ergibt sich folgende Gegenüberstellung:

Variante 1ab

Die nachfolgende Kosten-Abschätzung basiert auf folgenden weiteren Voraussetzungen:

- Es wird eine gewissenhafte Eisenverlegung vorausgesetzt, sodass nur sehr vereinzelt Unterschreitungen der erforderlichen Mindest-Betondeckung von 40 mm vorkommen. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass die Risse nachträglich dauerhaft verschlossen wurden.
- Mit der Methode der Sanierung lokaler Korrosionsstellen wird die Bewehrung in teilweiser Abweichung von Ziffer 6.4.4.1 in [3] trotz vorstehender Voraussetzung u. U. nicht in allen Bereichen, die während der vorgesehenen Restnutzungsdauer passiviert werden können, dauerhaft vor Korrosion geschützt. Aus diesem Grund wird davon ausgegangen, dass in regelmäßigen Abständen Schadstellen-Reparaturen erforderlich sind.
- Größere Teilflächen setzen sich aus mehreren kleineren Teilflächen mit einer Größe von 0,1 m² zusammen, wobei der Einheitspreis nicht abgemindert wird.
- Sowohl bei Variante 1ab, als auch Variante 3 wird vereinfachend das heutige Preisniveau in Ansatz gebracht.

Sanierung von punktuellen Schadstellen nach dem Verfahren C-CL gemäß [3],
Größe bis 0,1 m² 60,00 €/Stk.

für 20 Stk.	1 200,00 €
für 50 Stk.	3 000,00 €
für 100 Stk.	6 000,00 €

Variante 3

Vollständiger Abbruch des Gussasphalts sowie der bituminösen Abdichtung mit Kleingeräten incl. Abfuhr und Entsorgung	22,00 €/m ²
Aufbringen einer neuen Bitumenschweißbahn mit Gussasphalt-Schutzschicht wie unter Ziffer 4.2 beschrieben	<u>83,40 €/m²</u>
	<u>95,40 €/m²</u>
für 1 000 m ²	95 400,00 €

Differenz

Aus vorstehender Gegenüberstellung ergeben sich bei Variante 1ab selbst unter Zugrundelegung von 100 zu sanierenden Schadstellen um ca. 90 000 € netto geringere Unterhaltskosten, bezogen auf eine Grundrissfläche von 1 000 m².

Diese erhebliche Kostendifferenz dürfte bei allen anderen Beschichtungsarten noch größer sein, da bei diesen mit einem mehrmaligen Komplettaustausch während des Betrachtungszeitraums von 50 Jahren oder alternativ mit im Laufe der Zeit dynamisch ansteigenden Instandhaltungskosten zu rechnen ist.

4 Fazit und Empfehlung

Aus der Beschichtung von Bodenplatten resultieren neben den größeren Herstellungskosten je nach Art derselben mehr oder weniger hohe Folgekosten in Form von laufender Wartung, Instandhaltung und (Teil-)Erneuerung nach Ende der Lebensdauer. Diese Folgekosten sind bei genauer Betrachtung immer höher als diejenigen für wiederholte kleinere Sanierungen von lokalen Korrosionsstellen in regelkonform hergestellten Bodenplatten ohne Beschichtung. Die Differenz zwischen den Unterhaltskosten für eine beschichtete und eine nicht beschichtete Bodenplatte fällt deutlich größer aus, wenn die Kosten für erforderliche nachträgliche Rissverschlüsse den Herstellungskosten zuzuordnen sind, was ggf. im jeweiligen Einzelfall auf Basis der vertraglichen Vereinbarungen zu klären ist. Wenn nunmehr der klassische Fall einer Eigentums-Wohnanlage vorliegt, ergeben sich aus der wirtschaftlichen Betrachtung u. a. Fragen mit erheblicher

juristischer Relevanz, wobei der umfassenden und nachweislichen Aufklärung des Käufers (in der Regel Verbraucher!) einer Eigentumswohnung mit zugehörigem TG-Stellplatz ganz erhebliche Bedeutung zukommt.

Hinsichtlich des Aufbringens starrer OS-Systeme (OS 8) auf TG-Bodenplatten noch vor Nutzungsaufnahme stellt sich darüber hinaus die Frage, welchen zusätzlichen Nutzen eine derartige Beschichtung haben soll, wenn davon auszugehen ist, dass diese im Fall zwangsbedingter Risse in der Bodenplatte ebenfalls aufreißen und die Chloridkonzentration in den Rissen keinesfalls kleiner ist, als in solchen von unbeschichteten Bodenplatten.

Falls gewünscht, kann der erhöhte Verschleißwiderstand eines starren OS-Systems nach Meinung des Verfassers wesentlich kostengünstiger und dauerhafter in Form einer oberflächigen Hartkorn-Einstreuung hergestellt werden, wie sie bei Industrie-Bodenplatten üblich ist.

Die im Untertitel des vorliegenden Aufsatzes gewählte Frage „Kalkulierte Schäden statt Beschichtung?“ müsste bei genauerer Betrachtung eigentlich in folgender Weise formuliert werden: Kalkulierte Schäden an der Stahlbeton-Substanz oder der Beschichtung? Dies wird damit begründet, dass in der Fachöffentlichkeit dahingehend Konsens besteht, dass keine Beschichtung ohne Wartung/Instandhaltung realisiert werden kann. Dementsprechend sind bereits bei der Planung von OS-Systemen wiederholte Schäden an denselben und hieraus folgend ganz erhebliche Unterhaltskosten und/oder ein mindestens einmaliger Komplettaustausch während des Betrachtungszeitraums von 50 Jahren zu berücksichtigen.

Nach Abwägung aller Vor- und Nachteile unter Einbeziehung wirtschaftlicher Aspekte wird vom Verfasser zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit von tragenden Tiefgaragen-Bodenplatten die Variante 1ab gemäß Bild 2, also eine Ausführung ohne Beschichtung mit Pinseltränkung entstandener Risse noch vor der Nutzungsaufnahme und einem dauerhaften Rissverschluss nach ca. 2 bis 3 Jahren empfohlen, dessen Art durch einen Fachplaner im jeweiligen Einzelfall festzulegen ist. Sowohl die (Tragwerks-)Planung der Tiefgarage als auch die vertraglichen Vereinbarungen zwischen Bauherrn und Käufern/Nutzern müssen speziell auf diese Variante zugeschnitten sein.

Literatur

- [1] DIN 1045-1: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton Teil 1 – Bemessung und Konstruktion, Ausgabe 7/2001.
- [2] Merkblatt *Parkhäuser und Tiefgaragen* des Deutschen Beton- und Bautechnik-Vereins E.V., 2. überarbeitete Ausgabe 9/2010.
- [3] DAfStb-Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen, Teil 1: *Allgemeine Regelungen und Planungsgrundsätze*, Ausgabe 10/2001.
- [4] DAfStb-Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen, Teil 2: *Bauprodukte und Anwendung*, Ausgabe 10/2001.
- [5] DIN EN 1992-1-1/NA / Eurocode 2: *Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken Teil 1-1*, Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung, Ausgabe 1/2011.
- [6] FASTABEND, SCHÄFFERS, ALBERT, SCHÜCKER, DOERING: *Fugenlose und fugenreduzierte Bauweise – Optimierung im*

- Hochbau*. Beton- und Stahlbetonbau 106 (2012), Heft 4, S. 225–235.
- [7] SCHNELL, WIENS: *Beitrag zur Dauerhaftigkeit von befahrenen Parkdecks – Zwischenfazit*. Beton- und Stahlbetonbau 108 (2014), Heft 4, S. 202–203.
- [8] Heft 27 des Deutschen Beton- und Bautechnikvereins e.V.: *Wartung und Instandhaltung von Parkbauten*, Ausgabe 2013.
- [9] Heft 19 des Deutschen Beton- und Bautechnikvereins e.V.: *Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen – aktuelle Regelwerke und Hinweise zum Stand der Technik*, aktualisierte Ausgabe 2012.
- [10] BREIT, DAUBERSCHMIDT, GEHLEN, SODEIKAT, TAFFE, WIENS: *Zum Ansatz eines kritischen Chloridgehaltes bei Stahlbetonbauwerken*. Beton- und Stahlbetonbau 106 (2001), Heft 5, S. 290–298.
- [11] Heft 20 des Deutschen Beton- und Bautechnikvereins E.V.: *Parkhäuser und Tiefgaragen – das neue DBV-Merkblatt*, Ausgabe 2010.

Autor



Dipl.-Ing. Wolfgang Rösener
Ö. b. u. v. Sachverständiger
Bausachverständigenbüro Rösener
Haunstetter Str. 112
86161 Augsburg
buero@sv-roesener.de