

Neue Konzepte zur konstruktiven Instandsetzung von Parkbauten

Dr.-Ing. Michael Werner
PAGEL SPEZIAL-BETON GmbH & Co. KG, Essen, Deutschland

Dipl. Ing. Bernd Gehrke
PAGEL SPEZIAL-BETON GmbH & Co. KG, Essen, Deutschland

Kurzfassung

In der Vergangenheit wurde der Instandhaltung von Parkbauten zu geringe Beachtung geschenkt. Die Dauerhaftigkeit von Stahlbeton wurde überschätzt und die Einwirkungen unterschätzt. Aus den entstandenen Schäden resultierten zwar mehrere Regelwerksänderungen, aber trotzdem werden einige Parkbauten die geplante Nutzungsdauer ohne eine Instandsetzung nicht erreichen. Insbesondere im wirtschaftlich lukrativen Innenstadtbereich kann eine Verlängerung der Nutzungsdauer und eine Verkürzung von Ausfallzeiten eine interessante Alternative zum Neubau darstellen. Hier können neuartige Konzepte und Produkte Ausfallzeiten minimieren oder Projekte überhaupt erst ermöglichen. Dieser Beitrag stellt Aspekte der Instandhaltungsplanung, der Bauwerksinspektion sowie die unterschiedlichen Instandsetzungsprinzipien vor. Passend hierzu werden neuartige Produktarten und ihre Einordnung in bisherige und zukünftige Regelwerke erläutert. Einerseits werden PCCs und SPCCs vorgestellt, die Brandschutznachweise vereinfachen können. Andererseits wird auf spezielle Vergussbetone zur vertikalen und horizontalen Instandsetzung eingegangen. Abschließend wird über ein Pilotprojekt berichtet, in dem horizontale Flächen eines Parkhauses mit Vergussbeton erfolgreich instandgesetzt wurden.

1. Einführung

Ein großer Teil der Parkbauten in Deutschland wurde in den 1960er und 1970er Jahren gebaut und für eine Nutzungsdauer von 50 Jahren geplant [1]. Daher ist die geplante Nutzungsdauer vieler Parkbauten bald erreicht oder bereits überschritten. Insbesondere im Innenstadtbereich können Parkbauten äußerst lukrativ sein. Hier würde die Ausfallzeit durch den Abriss und anschließenden Neubau zwangsläufig zu einem großen Umsatzausfall und hohen Investitionskosten führen. Komplizierter wird die Situation bei einer Mischnutzung, wenn z. B. obere Stockwerke in gewerblicher Nutzung sind und aufgrund dessen ein Abriss keine wirtschaftliche Alternative darstellt. Bei solchen Objekten kann eine weitere Nutzung über die geplante Nutzungsdauer hinaus durchaus sinnvoll sein.

Weiterhin ist der Zustand der Parkhäuser in Deutschland nicht der beste. In der Vergangenheit wurde die Dauerhaftigkeit von Stahlbetonbauwerken überschätzt und der Instandhaltung von Parkbauten wurde zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt. So wurden Parkbauten oft ohne ein Oberflächenschutzsystem (OS-System) zum Schutz vor Chloriden

ausgeführt. Anstelle des OS-Systems wurde der Einsatz von Chloriden als Taumittel in den Bauwerken verboten, um so den Eintrag von Chloriden zu minimieren. In den 1980er Jahren stellte sich allerdings heraus, dass Chloride durch PKWs in einem hohen Maße eingebracht werden und die eingebrachten Tausalze zu erheblichen Schäden an den Bauwerken führen können. [2]

Die erlangten Erkenntnisse führten zu einer normativen Erhöhung der Betondeckungen. Zuerst wurde die DIN 1045 im Jahre 1978 [3] angepasst, indem die Betondeckung auf 30 mm erhöht wurde. Im Jahre 1988 folgte eine weitere Erhöhung der Betondeckung um 10 mm und zusätzlich wurde ein Vorhaltemaß von 10 mm eingeführt [4]. Im Jahre 2001 wurde das Vorhaltemaß auf 15 mm erhöht und ein OS-System für befahrene Parkdecks obligatorisch [5]. Dies ging einher mit der Erhöhung der Expositionsklassen für Innenstützen und Innenwände in Parkbauten auf XC4, XD3 und XF2 [6] für direkt befahrene Flächen XF4 [7].

Ältere Parkbauten zeigten zudem eine erhöhte Anfälligkeit für ungeplante Rissbildungen. In der Vergangenheit wurde die rissbreitenbeschränkende Bewehrung lediglich für die Lasteinwirkungen aus den Ver-

kehrslasten und Eigengewicht ausgelegt. Lasteinwirkungen aus Zwangsspannungen wurden für den Nachweis nicht betrachtet. Dies führt teilweise zu erhöhten Rissbreiten und der Ausbildung von ungeplanten Rissen. [8]

Auch in neueren Parkbauten wurden die Auswirkungen von Chloriden auf die Dauerhaftigkeit unterschätzt. Insbesondere bei durchlässigen Fahrbelägen ohne dauerhafte Abdichtung der Betonbauteile kommt es vermehrt zu Schäden aufgrund von chloridinduzierter Korrosion [9]. Mittlerweile werden daher Abdichtungen in diesen Bereichen empfohlen [10].

Mit der Einführung des Eurocode 2 [11] wurde die Planung der Instandhaltung normativ geregelt. Dementsprechend müssen für zukünftige Bauwerke Instandhaltungskonzepte erstellt werden. Diese Konzepte sollten dann eng mit dem Bauherrn abgestimmt werden, um die Intensität der Instandsetzung mit dem zeitlichen Aufwand abzustimmen [12].

Die Instandhaltung wird trotz der Forderung des Eurocode 2 oft vernachlässigt und die entstehenden Schäden werden noch immer unterschätzt [13]. Daher kommt es regelmäßig zu umfangreichen Instandsetzungsmaßnahmen mit langen Nutzungsausfallzeiten. Im Falle von Schäden an tragsicherheitsrelevanten Bauteilen kann es zu temporären Abstützungen und Verstärkungen bis hin zur Vollsperrung kommen.

2. Instandhaltung

Die Instandhaltung ist im Voraus zur Baumaßnahme von einem sachkundigen Planer zu planen. Hierzu ist ein Instandhaltungsplan vorgesehen, der folgende Komponenten enthalten sollte:

- Ermittlung, Darstellung und Beurteilung des Ist-Zustands
- Festlegung des Mindest-Sollzustands
- Erstellung von mehreren Instandhaltungskonzepten, falls möglich
- Festlegung von Wartungs- und Inspektionsplänen.

Ziel ist es am Ende der geplanten Restnutzungsdauer den Mindest-Soll-Zustand nicht zu unterschreiten. Zur Erneuerung des Abnutzungsvorrates können Instandsetzungsmaßnahmen eingeplant werden. [13]

Zu einer Instandsetzungsmaßnahme gehört wiederum eine Instandsetzungsplanung.

3. Instandsetzungsplanung

Zu Beginn ist eine gründliche Inspektion des Bauteils oder Bauwerks nötig, um eine möglichst exakte Schadensanalyse durchzuführen. Zuerst ist die Aufnahme der offensichtlichen Schäden sinnvoll. Hierzu zählen u. A. Rissbildungen, Betonabplatzungen, Betonschäden, Schäden am OS-System, Undichtigkeiten im Fugenbereichen und an der Entwässerungsanlage.

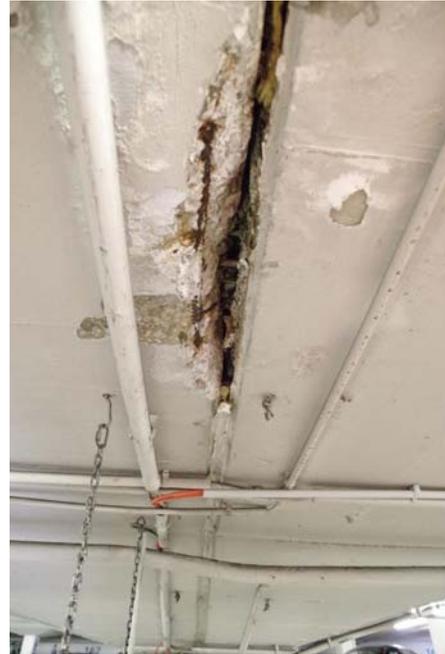


Abbildung 1: Betonabplatzung aufgrund von Bewehrungskorrosion im Fugenbereich

Auf die Ursache und Art des Schadens können schon einfache Indizien hindeuten, wie z. B. Pfützenbildung, durchfeuchtete Betonbauteile, Rostfahnen, Salzablagerungen und Salzausblühungen. Häufig ist die Schadensursache nicht eindeutig, sodass weitreichendere Untersuchungen zur Erstellung eines Instandsetzungskonzeptes nötig werden. Hierzu können die Messung der Karbonatisierungstiefe und des freien Chloridgehaltes im Beton gehören. Diese Prüfungen können nicht mehr ausschließlich zerstörungsfrei durchgeführt werden. Falls eine konstruktive Instandsetzung nötig wird, kommen tragfähigkeitsrelevante Aspekte wie die Betondruckfestigkeit und der Restquerschnitt der Bewehrung hinzu.



Abbildung 2: Maßnahmen zur temporären Sicherung der Standsicherheit

Teile dieser Untersuchungen können nur mit zerstörenden Prüfverfahren durchgeführt werden, zur flächigen Aufnahme des Bewehrungszustands können aber auch zerstörungsfreie Prüfverfahren angewendet werden wie z. B. die Potenzialfeldmessung.

Für eine wirtschaftliche Entscheidung ist die Restnutzungsdauer in die Wahl des Instandsetzungsprinzips mit einzubeziehen.

Ein wichtiger Bestandteil der Planung ist aber auch eine genaue Leistungsbeschreibung, die u. A. folgende Punkte enthalten sollte:

- Instandsetzungsprinzip und Verfahren
- Maßnahmen zum Erhalt der Standsicherheit des Bauwerks und Bauteils während der Ausführung
- Anforderungen an die zur Ausführung benötigten Produkte
- Qualitätssicherung
- Anforderung an die Nachbehandlung von zementgebundenen Baustoffen.

4. Instandsetzungsprinzipien

Nach der Instandsetzungs-Richtlinie (RiLi SIB) des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) [14] wird in vier Prinzipien unterteilt. Diese vier Prinzipien sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Instandsetzungsprinzipien nach RiLi SIB [14]

Instandsetzungsprinzip	Beschreibung
R	Korrosionsschutz durch Wiederherstellung des alkalischen Niveaus
W	Korrosionsschutz durch Begrenzung des Wassergehalts im Beton
C	Korrosionsschutz durch Beschichtung der Bewehrung
K	Kathodischer Korrosionsschutz

Der Gelbdruck der Instandhaltungsrichtlinie (RiLi IH) des DAfStb [13] differenziert die unterschiedlichen Prinzipien weiter in Prinzipien und geregelte Verfahren. Nachfolgend wird auf die drei Prinzipien eingegangen. Prinzip 7: Erhalt oder Wiederherstellung der Passivität, Prinzip 8: Erhöhung des elektrischen Widerstands und Prinzip 10: Kathodischer Schutz.

Tabelle 2: nach RiLi IH geregelte Verfahren, die auf den Prinzipien 7, 8, 10 beruhen [13]

7.1	Erhöhung der Betondeckung mit zusätzlichem Mörtel oder Beton
7.2	Ersatz von schadstoffhaltigen oder karbonatisierten Beton
7.4	Realkalisierung von karbonatisierten Beton durch Diffusion
7.6	Füllen von Rissen oder Hohlräumen
7.7	Beschichtung
7.8	Lokale Abdeckung von Rissen (Bandagen)
8.1	Hydrophobierung
8.3	Beschichtung
10.1	Anlegen eines elektrischen Potentials

In Tabelle 2 sind die zugehörigen geregelten Verfahren aufgeführt.

4.1 Instandsetzungsprinzip W (7.7, 8.3)

Dieses Instandsetzungsprinzip soll den Wassergehalt im Beton begrenzen bzw. durch Austrocknung verringern. Dies soll durch eine Beschichtung in Form eines OS-Systems erreicht werden. Einerseits soll das Eindringen von CO₂ und Chloriden verringert werden. Andererseits soll durch die behinderte Wasserzufuhr der Beton mit der Zeit austrocknen. Hierdurch wird die elektrische Leitfähigkeit im Beton reduziert und die Korrosionsrate so herabgesetzt. Die Bewehrung korrodiert allerdings weiter, jedoch mit verringerter Korrosionsrate. Die Standsicherheit muss trotz fortlaufender Korrosion bis zum Ende der Nutzungsdauer sichergestellt sein.

Die gesicherte Wirkung dieses Prinzips war bisher schwer abschätzbar [15]. Durch die Koppelung einer fundierten Lebensdauerbemessung mit einem flächendeckenden Monitoring mittels zerstörungsfreier Prüfverfahren bietet das Prinzip aber durchaus Potenzial [16]. Mehrjährige Laboruntersuchungen anhand von ungerissenen Probekörpern haben aber auch gezeigt, dass bei Anwendung des Prinzips W (7.7, 8.3) von einer deutlichen Reduktion der Korrosionsgeschwindigkeit ausgegangen werden kann [17]. Ein direkter Übertrag auf gerissene Probekörper ist derzeit allerdings nicht möglich [18].

4.2 Instandsetzungsprinzip K (10.1)

Der kathodische Korrosionsschutz kann als elektrochemisches Instandsetzungsverfahren bezeichnet werden. Es kann eine zuverlässige und wirtschaftliche Alternative darstellen [19]. Dieses Prinzip ist zumeist nur bei chloridinduzierter Korrosion sinnvoll einsetzbar und weniger bei einer Depassivierung der Bewehrung durch Karbonatisierung [20].

An die vorhandene Bewehrung wird dauerhaft ein Fremdstrom angelegt. Hierdurch wird die Eisenauflösung an der Bewehrung, der anodische Korrosionsprozess, gestoppt, indem die Bewehrung durch den angelegten Fremdstrom zur Kathode wird. Als Anode werden dann korrosionsträge Materialien wie z. B. Titanmischoxid-Bandanoden oberhalb der bestehenden Bewehrung in einen Anodeneinbettmörtel eingebaut. Durch dieses Prinzip muss der mit Chloriden kontaminierte Altbeton nicht mehr vollständig entfernt werden. Das kathodische Korrosionsschutzsystem muss allerdings dauerhaft betrieben werden. Das Prinzip kann nur eingesetzt werden, wenn der verbliebene Bewehrungsquerschnitt die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit des Bauteils sicherstellen kann.

4.3 Instandsetzungsprinzip R (7.1, 7.2, 7.4)

Die Wiederherstellung des alkalischen Milieus wird standardmäßig bei karbonatisierten und oder chloridbelasteten Altbetonen angewendet. Dieses Prinzip bietet in der Regel die höchste Dauerhaftigkeit und somit kann es zur längsten Restnutzungsdauer führen.

Einerseits kann es ausreichen, lediglich die Betondeckung zu erhöhen. Hierzu wird ein Beton als Schutzschicht aufgetragen, der dann den vorhandenen karbonatisierten Beton realkalisiert.

Andererseits kann es nötig werden, den karbonatisierten und/oder kontaminierten Beton auszubauen. Insbesondere bei einem hohen freien Chloridgehalt im Beton und bei zu geringen Restquerschnitten der vorhandenen Bewehrung muss das Prinzip gewählt werden. Der kontaminierte Altbeton wird zunächst mechanisch z. B. durch Höchstdruckwasserstrahlen entfernt. Die vorhandene Bewehrung wird dann mindestens bis zum Oberflächenvorbereitungsgrad SA 2 vorbereitet. Gegebenenfalls wird die Zulage zusätzlicher Bewehrung nötig. Der entfernte Altbeton wird darauffolgend wiederhergestellt.

5. Instandsetzung mit neuartigem PCC und SPCC

Die Instandsetzung von Betonbauwerken mit PCCs (Polymer Cement Concrete) und SPCCs (Sprayed Polymer Cement Concrete) ist weit verbreitet. In der neunten RiLi IH wird PCC zukünftig mit RM (Repair Mortar) unbekannter Zusammensetzung und SPCC mit SRM (Sprayed Repair Mortar) unbekannter Zusammensetzung bezeichnet.

Durch den Polymeranteil dieser Mörtel können die Produkte einen Beitrag zum Brand leisten. Für Tiefgaragen und geschlossene Parkbauten sind höhere Brandschutzanforderungen im Vergleich zu offene Parkhäuser einzuhalten, die durch den Eurocode 2 [21] geregelt werden. Daher ist auch die brandschutztechnische Wirksamkeit des Reparaturmörtels zu prüfen. Falls das eingesetzte Produkt einen Beitrag zum Brand liefert, müssen die Auftragsflächen und das Lastumlagerungsvermögen des Bauteils in der Bemessung dementsprechend berücksichtigt werden [22].

Falls der zusätzliche aufwendige Bemessungsaufwand vermieden werden soll oder eine Lastumlagerung innerhalb des Bauteils nicht ausreichend möglich ist, kann auf neuartige Produkte der Baustoffklasse A1 zurückgegriffen werden.

Baustoffe der Baustoffklasse A1 werden als nicht brennbar eingeordnet und können somit wie Beton angesetzt werden. Die Einstufung von Produkten zur Baustoffklasse A1 wird durch einen Klassifizierungsbericht gemäß EN 13501-1 [23] bestätigt. Hierzu muss die Verbrennungswärme (PCS) gemäß EN ISO 1716 [24] geprüft und die Nichttrennbarkeitsprüfung gemäß EN ISO 1182 [25] durchgeführt werden. Zur Einordnung in die Baustoffklasse A1 müssen bei beiden Prüfungen die Grenzwerte eingehalten werden.

Durch die Einsparung der aufwendigen zusätzlichen Bemessung und des ggf. notwendigem zusätzlichen Brandschutzes stellen neuartige PCCs (RMs) und SPCCs (SRMs) unbekannter Zusammensetzung der Baustoffklasse A1 eine wirtschaftliche Alternative zu herkömmlichen Produkten dar.

6. Instandsetzung mit Vergussbeton

Eine Reprofilierung mit handelsüblichen Betonen oder Trockenbetonen als Sackware birgt die Gefahr, dass der Beton sich nach dem Anmischen absetzt. Es kann sich, gerade bei fließfähigen Rezepturen, ein Wasserfilm an der Oberfläche bilden. Dies wird üblicherweise als Bluten bezeichnet. Der sich ausbildende Spalt zwischen dem reprofilierten Beton und dem Bestandsbeton muss dann nachträglich verpresst werden, um einen Kraftschluss zum Altbeton sicherzustellen.

Daher sind insbesondere die quellenden Eigenschaften von Vergussbeton zur partiellen Instandsetzung von Bauteilen geeignet. Durch eine anfängliche Quellung kann der Anschluss zum Altbeton passgenau sichergestellt werden. Nachteilig ist das höhere Schwindmaß von herkömmlichen Vergussbetonen. Besonders auffällig zeigt sich das höhere Schwindmaß im Falle einer unzureichenden Nachbehandlung in Form einer vermehrten Schwindrissbildung.

In Sonderfällen, wie z. B. einer schlechten Zugänglichkeit des Bauteils, wurden Vergussbetone aufgrund ihrer fließfähigen und selbstverdichtenden Eigenschaften bereits erfolgreich eingesetzt.

Zur Regelung der Verwendung von Vergussbeton in der Instandsetzung zur Reprofilierung wurde u. A. die 3. Berichtigung zur Instandsetzungsrichtlinie vom September 2014 vom DAfStb verfasst [26]. Hier ist folgendes geregelt: „(8) Vergussbetone gemäß DAfStb-Richtlinie „Herstellung und Verwendung von zementgebundenem Vergussbeton und Vergussmörtel“ der Schwindklasse SKVB 0 und SKVB I dürfen zur Reprofilierung von Betonbauteilen wie Beton nach DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2 eingesetzt werden.“ und „(9) Vergussbeton gemäß DAfStb-Richtlinie „Herstellung und Verwendung von zementgebundenem Vergussbeton und Vergussmörtel“ darf bei der Instandsetzung von Betonbauteilen wie Beton nach DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2 eingesetzt werden. Der Vergussbeton muss zur Sicherstellung des Verbundes bewehrt und über Verankerungselemente mit dem Betonuntergrund verbunden werden. Verankerung und Bewehrung müssen hinsichtlich Verbund und gegebenenfalls hinsichtlich Zwang nachgewiesen werden.“ [26]

Somit dürfen Vergussbetone der Schwindklassen SKVB 0 und SKVB I zur Reprofilierung von bewehrten und im Altbeton rückverankerten Stellen eingesetzt werden.

Weiter dürfen nach [26] auch Stützen mit umschnürender Bewehrung mit Vergussbeton instandgesetzt werden.

Die Schichtdicken des zur Reprofilierung verwendeten Vergussbetons sind allerdings begrenzt, da Vergussbetone in der Regel einen höheren Zementgehalt als herkömmliche Betone enthalten. Da in der Regel eine schnelle Festigkeitsentwicklung gefordert ist, werden oft CEM I-Zemente eingesetzt. Diese Kombination bedingt eine höhere Hydratationswärmeentwicklung im Vergleich zu Normalbetonen. Durch die hohen Temperaturen während der Erhärtung wird befürchtet, dass es zu einer Taumasitbildung kommen kann und hierdurch zu nachgelagerten Treiberscheinungen. Auf Grundlage dessen wurde die maximale Schichtdicke für Vergussbetone der Frühfestigkeitsklassen A und B auf 100 mm begrenzt und auf das 25-fache des im Vergussbeton verwendeten Größtkorns.

Für Vergussbetone der Frühfestigkeitsklasse C und der Schwindklasse SKVB 0 und SKVB I gilt die Beschränkung auf 100 mm nicht. Dies ist durch eine geringere Hydratationswärmeentwicklung begründet. Hierdurch kann der Faktor 25 bis zu einer maximalen Schichtdicke von 400 mm unter Annahme eines Größtkorns von 16 mm verwendet werden.

Zum Teil werden Vergusshöhen bzw. Schichtdicken von mehr als 400 mm wie z. B. bei einer Stützsanierung benötigt. Hierzu hat der Deutsche Beton- und Bautechnik-Verein (DBV) das Forschungsprojekt DBV 293 mit dem Titel „Einfluss der Einbaudicke auf die Festigkeitsentwicklung bzw. Dauerhaftigkeit von zementgebundenem Vergussbeton“ beauftragt [27].

Als Ergebnis wurde festgestellt, dass größere Einbauhöhen als das 25-fache des Größtkorns keine negativen Auswirkungen auf die Dauerhaftigkeit von Vergussbetonen haben [28]. Dieses Ergebnis führte im derzeitigen Schlusssentwurf der neuen Vergussbetonrichtlinie (2018) [29] zu einer Erhöhung der max. Schichtdicke von derzeit Faktor 25 zum Faktor 40 für Vergussbetone der Schwindklasse SKVB 0 und der Frühfestigkeitsklasse C. Somit können in Zukunft voraussichtlich Schichtstärken von 640 mm nach RiLi IH vergossen werden.

Exemplarisch sind in Tabelle 3 maximale Schichtdicken (d) zu den unterschiedlichen Frühfestigkeitsklassen und Schwindmaßklassen aufgelistet.

Tabelle 3: max. Schichtdicken von Vergussbeton zur Reprofilierung von Beton

Frühfestigkeitsklasse	SKVB	Größtkorn	max. d
A	II	16 mm	0 mm
A	0 und I*	16 mm	100 mm
B	0 und I*	16 mm	100 mm
C	0 und I*	8 mm	200 mm
C	0 und I*	16 mm	400 mm
C	0	16 mm	640 mm**

* gilt nicht für wechselnd nass und trocken oder ständiger Wasserbeaufschlagung [13]

** voraussichtlich nach Veröffentlichung von [29]

Die Autoren empfehlen allerdings grundsätzlich nur Produkte der Schwindklasse SKVB 0 und der Frühfestigkeitsklasse C einzusetzen, um eine Rissbildung der Reprofilierung zu minimieren. Produkte der Schwindklasse 0 dürfen ein Schwindmaß im Mittel von 0,6 % aufzeigen und weisen daher ein vergleichbares Schwindmaß wie Normalbetone unter trockenen Innenraumbedingungen auf [30].

7. Instandsetzung von horizontalen Flächen mit Vergussbeton

Horizontale Flächen werden häufig mit Transportbeton oder PCCs (RMs) instandgesetzt. In und um Parkbauten besteht häufig ein geringer Platzbedarf. Insbesondere im Innenstadtbereich werden hohe Anforderungen an die Planung gestellt wie z. B. an das Logistikkonzept und den Schutz der Anwohner. Vollständige Straßensperrungen über längere Zeiträume sind selten durchzusetzen und eine permanente hohe Lärmbelastung ist den Anwohnern selten zuzumuten.

Somit ist eine Verwendung von Transportbeton nicht immer möglich. Transportbetonfahrzeuge und mobile Betonpumpen besitzen ein hohes Gewicht und sind zum Teil mit 6 und 8 Achsen ausgestattet und dementsprechend aufgrund der Dimensionen schwer zu manövrieren. Daher sind solche Fahrzeuge für enge Straßen ungeeignet. Transportbetonfahrzeuge und speziell Betonpumpen können einen Schallpegel von über 100 dB emittieren, benötigen große Mengen Diesel und müssen mit viel Wasser gereinigt werden. Bei einem stationären Einsatz werden große Mengen an Abwasser erzeugt, welches separat gereinigt werden muss. Zudem müssen die Pumpen nachgetankt werden. Der hohe Platzbedarf und die Lautstärke sind mit den Anwohnern zudem selten zu vereinbaren.

PCCs bieten demgegenüber erhebliche Vorteile, da die Maschinen zur Verarbeitung klein und leicht und verhältnismäßig leise sind. Häufig werden diese Materialien in konstanter Qualität als Sackware oder in Big-Bags geliefert und vor Ort angemischt und verarbeitet. Da der Aufwand, den plastischen Baustoff zu verarbeiten, hoch ist, sind nur geringe Einbauraten möglich. Hier bieten Vergussbetone deutliche Vorteile. Durch die fließfähige Konsistenz ist er schnell und einfach einzubauen. Er kann mit kleinen und leichten Förderpumpen über lange Förderwege gepumpt werden. Erhältlich als Sackware und in Big-Bags lässt er sich einfach und mit kleinen Flurförderfahrzeugen transportieren. Für höhere Einbauleistungen können anstelle von Zwangsmischern auch spezielle Durchlaufmischer verwendet werden.

Zur Verwendung von Vergussbeton zur Reprofilierung von horizontalen Flächen sind allerdings folgende Grundvoraussetzungen zu beachten:

1. Einsatz von Vergussbetonen ausschließlich der Schwindklasse SKVB 0

2. Rissbreitenbeschränkende Bewehrung muss auf das Schwindmaß des Vergussbetons abgestimmt sein
3. Eine Haftzugfestigkeit des Untergrundes von 1,5 N/mm² muss sichergestellt werden
4. der Untergrund muss bis zur kapillaren Sättigung vorgegänst sein
5. vor dem Verguss dürfen die Oberflächen lediglich mattfeucht sein
6. eine Haftbrücke muss mechanisch in den Untergrund eingearbeitet werden und der Verguss hat frisch-in-frisch zu erfolgen
7. eine sorgfältige Nachbehandlung ist zwingend erforderlich.

Der Einsatz von Vergussbeton der Schwindklasse SKVB 0 wurde bereits anhand eines Pilotprojekts erfolgreich erprobt. Die Testflächen wurden in mehreren Etagen übereinander in einer Tiefgarage ausgeführt.

Hierzu wurden zuerst die Decken bis in die unterste Etage abgestützt, um die Standsicherheit zu gewährleisten. Beginnend in der obersten Etage wurde der mit Chloriden kontaminierte Altbeton entfernt. Hierzu wurde Höchstdruckwasserstrahlen eingesetzt. Die noch vorhandene Bewehrung musste mit zusätzlicher ergänzt werden. Die rissbreitenbeschränkende Bewehrung wurde auf die Schwindklasse SKVB 0 des Vergussbetons ausgelegt. Abbildung 3 stellt die abgetragene und zusätzlich bewehrte Fläche dar.



Abbildung 3: Freigelegte und zusätzlich bewehrte Fläche

Vor den Vergussarbeiten wurden die Flächen wassergesättigt und das Überschusswasser wurde anschließend mit einem Industriesauger entfernt. Es wurde das Produkt V80 C45 PAGEL-VERGUSSBETON mit einem Größtkorn von 8 mm, der Schwindmaßklasse SKVB 0 sowie der Frühfestigkeitsklasse C eingesetzt. Der Vergussbeton wurde mittels eines Zwangsmischers angemischt und mit einer Schneckenpumpe gefördert. Abschnittsweise wurde der Vergussbeton in einer dünnen Lage als Haftbrücke vorgelegt und mechanisch, durch die Bewehrung hindurch, in den Altbeton eingearbeitet. Anschließend wurde der Vergussbeton frisch-in-frisch aufgetragen. Die anschließende Nachbehandlung er-

folgte mit wasserzuführenden Maßnahmen und nasser Vliesauflage mit Folienabdeckung.

Abbildung 4 zeigt die instandgesetzte Fläche vor der Untergrundvorbereitung für die folgende OS-Beschichtung.



Abbildung 4: Instandgesetzte Fläche vor dem Kugelstrahlen

Der Verbund in der Verbundfuge zwischen Altbeton und Vergussbeton wurde mittels Kernbohrung und Haftzugprüfung geprüft. Hohllagen des Vergussbetons wurden nicht erkannt.

Folgend wurden die Abstützungen an der Deckenunterseite der unterliegenden Etage entfernt. Bis zur untersten Etage wurden Testflächen mit identischen Abmessung mit der beschriebenen Vorgehensweise instandgesetzt.

Abschließend wurde das OS-System aufgetragen. Die fertigen Oberflächen sind in Abbildung 5 dargestellt.



Abbildung 5: Instandgesetzte Fläche mit OS-System

8. Zusammenfassung und Ausblick

Der wichtigste Punkt der Instandsetzungsplanung ist die eingehende Inspektion des Bauteils bzw. des Bauwerks, um eine genaue Schadensanalyse durchzuführen. Nur so kann ein passendes Instandsetzungskonzept ausgewählt werden. Das Instandsetzungskonzept muss, falls erforderlich, die sorgfältige Nachbehandlung von zementgebundenen Baustoffen enthalten. Die Nachbe-

handlung hat hierbei einen entscheidenden Einfluss auf den späteren Chloridmigrationswiderstand.

Der Brandschutznachweis für Tiefgaragen und geschlossene Parkbauten vereinfacht sich durch moderne PCCs und SPCCs der Baustoffklasse A1 (nicht brennbar) erheblich.

Zur schnellen und kraftschlüssigen Reprofilierung von Betonbauteilen darf Verguss mit der Schwindklasse SKVB 0 bis zu einer Schichtdicke von 100 mm verwendet werden. Für Produkte der Frühfestigkeitsklasse C darf bei einem Größtkorn von 16 mm die Schichtdicke auf bis zu 400 mm erhöht werden. Nach Einführung der aktualisierten Vergussbetonrichtlinie des DAfStb (liegt derzeit im Schlusssentwurf vor) erhöht sich die max. Schichtdicke für Produkte der Schwind-

klasse SKVB 0 und der Frühfestigkeitsklasse C auf bis zu 640 mm (Größtkorn 16 mm). Hierdurch vergrößert sich das Anwendungsspektrum von Vergussbeton für Parkbauten deutlich. Es wäre z. B. eine effiziente und kraftschlüssige Instandsetzung von Stützenfüßen mit Vergussbeton bis zu einer max. Schichtstärke von 640 mm möglich.

In einem Pilotprojekt zur Reprofilierung von horizontalen Flächen wurde Vergussbeton der Schwindmaßklasse SKVB 0 und der Frühfestigkeitsklasse C bereits erfolgreich eingesetzt.

Zukünftig werden weitere Projekte zum Einsatz von neuartigen Vergussbetonen (SKVB 0) für die Instandsetzung von horizontalen Flächen angestrebt und sind bereits in der Planungsphase.

Literaturverzeichnis

- [1] Quantum Immobilien AG. Das Parkhaus als Investitionsobjekt, 2013.
- [2] G. Rieche, S. Wehrle. Baupraktische Erfahrungen bei der Instandsetzung chloridbelasteter Parkhäuser aus Stahlbeton – Schadensdiagnose, Instandsetzungsmaßnahmen, Erfahrungen. *Materials and Corrosion* 53, 2002.
- [3] DIN Deutsches Institut für Normung e. V.. DIN 1045: Beton und Stahlbeton; Bemessung und Ausführung, Dezember 1978.
- [4] DIN Deutsches Institut für Normung e. V.. DIN 1045: Beton und Stahlbeton – Bemessung und Ausführung, Dezember 1988.
- [5] DIN Deutsches Institut für Normung e. V.. DIN 1045: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Bemessung und Konstruktion, Juli 2001.
- [6] M. Curbach, H. Zaus, P. Henke, L. Meyer, D. Proske. Zur Anwendung von Expositionsklassen bei Parkhäusern. *Beton- und Stahlbetonbau*, Heft 9, 2004.
- [7] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. Heft 525: Erläuterungen zu DIN 1045-1, 2003.
- [8] A. Eßer, K. Schöppel. Schäden an Parkdecks mit unzureichender rißbreitenbeschränkender Bewehrung. *Beton- und Stahlbetonbau*, Heft 9, 2004.
- [9] F. Fingerlos, A. Meier. Dauerhaftigkeit von Betonbauteilen und Fundamenten unter durchlässigem Fahrbelag. *Beton- und Stahlbetonbau*, Heft 9, 2011.
- [10] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein. DBV-Merkblatt Parkhäuser und Tiefgaragen, Januar 2018.
- [11] DIN Deutsches Institut für Normung e. V.. DIN EN1992-1-1: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetonbauwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regel für den Hochbau, Januar, 2011.
- [12] H. Bastert, L. Mayer. Instandsetzungskonzepte für Parkbauten als Ergebnis der Bedarfsplanung. *Beton- und Stahlbeton*, Heft 6, 2014.
- [13] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. DAfStb-Richtlinie – Instandhaltung von Betonbauteilen (Instandhaltungs-Richtlinie). Gelbdruck, Juni 2016.
- [14] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. DAfStb-Richtlinie – Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungs-Richtlinie), Oktober 2001.
- [15] C. Gehlen, R. Weydert. Schäden an Parkhäusern und Tiefgaragen – Wahl der geeigneten Instandsetzungsstrategie. *Beton*, März 2004.
- [16] S. Lay, P. Rucker, C. Brandes, J. Käßler, R. Boese. Lebensdauerbemessung – Baustein für die Instandhaltung am Beispiel eines Parkhauses. *Beton- und Stahlbetonbau*, Heft 3, 2008.
- [17] M. Raupach, M. Bruns, J. Harnisch. Instandsetzungsprinzip W-CL nach RL-SIB für Anwendungen bei chloridcontaminierten Parkdecks - Untersuchungen zur Höhe des Chloridgehalts der im Beton verbleiben darf – Forschungsbericht F 889. Institut für Bauforschung Aachen für den Deutschen Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb), Oktober 2009.
- [18] Einfluss von Rissen auf die Korrosionsgefahr der Bewehrung in Parkdecks – Theorie und Praxis? Tagungsband des 3. Kolloquium „Erhaltung von Bauwerken“ der Technischen Akademie Esslingen, 2013.
- [19] T. Eichler, B. Isecke, H. Klein, A. Schade, F. Pruckner, S. Michel. Kathodischer Korrosionsschutz von Stahl in Beton – Instandsetzung des Parkhauses „Am Gericht“ in Frankfurt am Main. *Beton- und Stahlbetonbau* 102, 2007.
- [20] *BetonKalender – Bauen im Bestand – Brücken*, 2015.

- [21] DIN Deutsches Institut für Normung e. V.. DIN EN 1992-1-2: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall, Dezember 2010.
- [22] A. Müller, C. Unterbuchberger. Brandschutz in der Betoninstandsetzung. Tagungsband Beton-Insta 2017 – Vortragsveranstaltung zur Betoninstandsetzung, März 2017.
- [23] DIN Deutsches Institut für Normung e. V.. DIN EN 13501-1: Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten - Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten, Januar 2001.
- [24] DIN Deutsches Institut für Normung e. V.. EN ISO 1716: Prüfungen zum Brandverhalten von Produkten - Bestimmung der Verbrennungswärme, 2010.
- [25] DIN Deutsches Institut für Normung e. V.. EN ISO 1182: Prüfungen zum Brandverhalten von Produkten – Nichtbrennbarkeitsprüfung, 2010.
- [26] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. 3. Berichtigung zur DAfStb-Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen, September 2014.
- [27] R. Breitenbücher, R. Behrmann, M. Benra. Einfluss der Einbaudicke auf die Festigkeitsentwicklung bzw. Dauerhaftigkeit von Zementgebundenem Vergussbeton. Forschungsbericht Projekt DBV 293, Juli 2013.
- [28] R. Breitenbücher, M. Benra. Einfluss der Einbaudicke auf die Festigkeit und Dauerhaftigkeit von zementgebundenem Vergussbeton. Beton- und Stahlbeton, 2014.
- [29] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb). Herstellung und Verwendung von zementgebundenem Vergussbeton und Vergussmörtel – Schlussentwurf, März 2018.
- [30] Verein Deutscher Zementwerke e.V.. Zement Taschenbuch, 2002.