

Christian O. Bolz  
Jörg de Hesselle

## Anforderungsgerechte Sanierung einer Tiefgarage, Teil 1

### 1 Einleitung

Tiefgaragen, die in den letzten 30–50 Jahren errichtet wurden, weisen heute teilweise erhebliche Schäden infolge von chloridinduzierter Bewehrungskorrosion auf, die Betreiber allzu häufig vor die Entscheidung zwischen Sanierung und Abriß stellen. Sind im Rahmen einer Sanierung massive strukturelle Eingriffe erforderlich, so stehen in der Regel vor allem Anforderungen der Dauerhaftigkeit und der Wirtschaftlichkeit im Vordergrund. Am Beispiel der Sanierung einer hochgradig kontaminierten, 30 Jahre alten Tiefgarage (3000 m<sup>2</sup>) in Bergneustadt (Oberbergischer Kreis) wird erläutert, wie wichtig die Rolle einer fundierten Bauwerksuntersuchung bei der Sanierungsplanung ist.

### 2 Aufgabe und Zielsetzung

Beauftragt wurden sowohl die Begutachtung (Ermittlung des „Ist-Zustandes“) als auch die Sanierungsplanung der Tiefgarage. Nach Vorliegen der Untersuchungsergebnisse bestand die Aufgabe für das Ingenieurbüro darin, aufgrund des geringen vorhandenen Budgets ausschließlich die technisch notwendigen Arbeiten zur Erreichung des definierten Soll-Zustandes einzuplanen. Dieser wurde auftraggeberseitig mit maximaler Dauerhaftigkeit bei minimalen Baukosten vorgegeben.

### 3 Bauwerksuntersuchung

Aufgrund der Lage in einer Umgebung mit starkem winterlichen Tausalzeinsatz, der fehlenden Abdichtung aller Betonflächen sowie des nicht vorhandenen Gefälles, lag das Hauptaugenmerk der Begutachtung auf einer möglichen Schädigung der

Tragbewehrung durch eingeschleppte Chloride. Zum Untersuchungsumfang gehörte die Prüfung von Betondeckung und Karbonisierungstiefe ebenso wie die der weiteren Kennwerte wie Betondruck- und Zugfestigkeiten, letztere vor allem im Hinblick auf die später aufzubringende Abdichtung. Am Bauwerk wurden ferner Gefälle, Entwässerung sowie Abdichtung der Gesamtkonstruktion überprüft. Die originalen Planunterlagen wurden vor allem hinsichtlich der ursprünglich geplanten Abdichtung, Betongüte und Betondeckung geprüft.

### 3.1 Sichtprüfung, Voruntersuchung

Im Rahmen der Sichtprüfung wurde zunächst festgestellt, daß der in der Planung berücksichtigte Schutzbelag (5 cm Oberbelag) nicht eingebaut worden war. Infolge dessen waren die waagerechten Betonflächen mit einer Betondeckung von nur 2,5 cm der direkten Exposition von Tausalz ausgesetzt. Zur Entwässerung, die im Rahmen einer Parkhaussanierung immer

eine zentrale Rolle spielt, waren Bodeneinläufe im Bereich der Fahrwege vorhanden, jedoch fehlte in der Tiefgarage ein durchgehendes Gefälle zu den Einläufen. Es wurden zahlreiche Vertiefungen und Senken, durch die teilweise sogar ein Gegengefälle zu den Einläufen bestand, lokalisiert. Einige der Abläufe waren durch starke Verschmutzung, andere durch zwischenzeitliche Verfüllung außer Funktion. Dies alles führte in der Folge dazu, daß eingebrachtes Wasser häufig direkt auf der Betonoberfläche stehen blieb. Tausalzrückstände auf der Betonoberfläche konnten daher bei der Sichtprüfung festgestellt werden. Der Zustand der Bodenflächen wies starke Inhomogenitäten auf. Zahlreiche Ausbesserungen an der Betonoberfläche wiesen darauf hin, daß in den rund 30 Jahren intensiver Nutzung immer wieder lokale Schadstellen ausgebessert worden waren. Im Bereich der Deckenkonstruktion waren kaum Risse vorhanden. Die Risse wurden aufgenommen und kartiert.

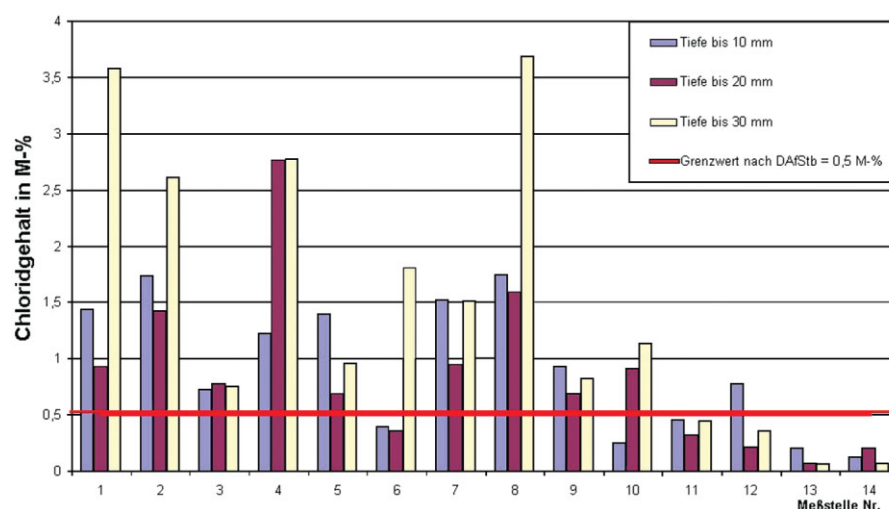


Bild 1. Chloridwerte in drei verschiedenen Tiefen

### 3.2 Betondeckung und Karbonatisierungstiefe

Die Untersuchung der Tragkonstruktion ergab einen sehr guten Zustand der senkrechten tragenden Bauteile hinsichtlich der untersuchten Parameter. Bei einer mittleren Betondeckung von ca. 3 cm ergaben sich Karbonatisierungstiefen von maximal 5 mm. Dieser Wert ist vor allem bei innen liegenden Betonflächen als günstig anzusehen, weil dort aufgrund des trockenen Porenraumes das Eindringen von Kohlendioxid erleichtert ist. Einige wenige Schadstellen, die sich durch Kiesnester beim Betoniervorgang oder aufgrund lokaler Minderdeckung von Bewehrungsstahl ergaben, wurden lokalisiert und in Anlehnung an das Instandsetzungsprinzip R (Repassivierung der Stahloberfläche) der Instandsetzungsrichtlinie [1] in stand gesetzt.

### 3.3 Chloriduntersuchung

Aufgrund der vorgefundenen Bausubstanz mit fehlendem Gefälle und ohne Abdichtung der Betonbauteile sowie der Lage in einem Gebiet mit starkem winterlichen Tausalzeinsatz wurde die Wahrscheinlichkeit einer Chloridkontamination des Betons im Bereich der waagerechten sowie der im Spritzwasserbereich liegenden senkrechten Bauteile als sehr hoch bewertet. Zur Bestimmung des Chloridgehaltes wurde an den genannten Bauteilen Bohrmehl in verschiedenen Tiefen bis zur Bewehrungslage entnommen. Der Chloridgehalt wurde anschließend potentiometrisch bestimmt. Dabei wurden Chloridgehalte von 0,4 – 0,5 M.-%, bezogen auf den Zementgehalt, als kritisch und potentiell Bewehrungskorrosion auslösend gewertet [2], [3]. Sowohl im Stützenbereich als auch im Bereich der Rampen, die mit 15% ein sehr starkes Gefälle aufweisen, wurden keine kritischen Chloridkonzentrationen festgestellt. Die im Bereich der senkrechten Bodenflächen gemessenen Chloridgehalte hingegen wiesen mit bis zu knapp unter 4 M.-% ein Vielfaches der tolerierbaren Werte auf. Unterhalb der oberen Bewehrungslage, in Tiefen von 5–6 cm, wurden keine erhöhten Chloridgehalte mehr festgestellt. In diesem Bereich wurde die Entnahme des Bohrmehls von der Deckenunterseite aus ange-



Bild 2. Chloridinduzierte Lochfraßkorrosion, sichtbar nach Freilegung der Bewehrung

ordnet, da bei der Entnahme von der Oberseite stets kleine Mengen kontaminierten Bohrmehls aus den oberen Schichten in die Proben gelangen und das Ergebnis verfälschen können.

Um den Grad der Chloridkorrosion am Bewehrungsstahl genau feststellen zu können, wurden hochgradig kontaminierte Bereiche mit oberer Zugbewehrung mittels Höchstdruck-Wasserstrahlverfahren freigelegt. Infolge der charakteristischen Lochfraßkorrosion war der Querschnitt der Tragbewehrung teilweise weit über 50% geschwächt. Im Bereich der Einfahrt mit besonders starker Chloridkontamination und sichtbaren Betonschäden war der Stabstahl teilweise völlig zerstört (Bild 2).

### 4 Sanierungsplanung der Tragkonstruktion

Es wurde ein Betonabtrag der kontaminierten Betonsubstanz bis in eine Tiefe von 8 cm mittels Höchstdruck-Wasserstrahlen angeordnet (Bild 3). So konnte der Austausch der geschädigten Bewehrung sowie des kontaminierten Betons sichergestellt werden, ohne daß Chloride im Bauwerk verbleiben. Da die Betonkonstruktion im Bereich der Geschoßrampen aufgrund der guten Abflußmöglichkeiten von eingeschlepptem Tauwasser keine erhöhten Chloridwerte aufwies, war hier kein Betonaustausch erforderlich. Die Statik für die gesamte Tiefgarage wurde im Rahmen der Sanierungsplanung völlig neu berechnet. Dabei wurde auch eine entsprechende Erhöhung der Betondicke für das geplante Gefälle eingerechnet. Aufgrund der vorhandenen Innenhöhe der Tiefgarage mußte dieses Gefälle jedoch stellenweise auf ca. 1% begrenzt werden und der Aufbau der oberen Rampenbereiche in den Anschlußflächen erhöht und ausgerundet werden.

Die Bewehrungsanschlüsse wurden zum Teil durch Anschweißen zur



Bild 3. Fläche und Bewehrung nach Betonabtrag

intakten vorhandenen Bewehrung realisiert. Bei sehr starker Schädigung in den Randbereichen erfolgten die Anschlüsse auch durch Klebeverankerung des neu eingebauten Stabstahls in den vorhandenen Baukörper. Hierfür wurden in entsprechende Bohrungen der Stabstahl mit der erforderlichen Einbindetiefe mit zugelassenem 2-Komponenten-Material eingeklebt. Da die geringen vorhandenen Risse im Vorfeld aufgenommen worden waren, konnte bei der statischen Neubemessung an diesen Stellen gezielt zusätzlich rißbreitenbeschränkende Bewehrung angeordnet werden.

Aufgrund des hohen Betonabtrages sowie des Ausbaus großer Anteile der oberen Bewehrung mußte die gesamte befahrene Deckenkonstruktion unterstützt werden. Im Bereich der Deckenuntersichten wurden die Risse erst nach der Erhärtung des Betons und dem Entfernen der Stützkonstruktion vergepreßt.

### Literatur

- [1] DAfStb-Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen, Teile 1 bis 4, 2001, Beuth-Verlag, Berlin.
- [2] Breit, W.: Untersuchungen zum kritischen korrosionsauslösenden Chloridgehalt für Stahl in Beton. Schriftenreihe Aachener Beiträge zur Bauforschung, Institut für Bauforschung der RWTH-Aachen, Nr. 8, Dissertation, 1997.
- [3] Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreies Prüfen e.V.: Merkblatt für elektrochemische Potentialfeldmessungen zur Ermittlung von Bewehrungskorrosion in Stahlbetonbauwerken, Merkblatt B 3, April 1990. In: Deutscher Ausschuß für Stahlbeton (DAfStb), Heft 422, 1991: Prüfung von Beton-Empfehlungen und Hinweise als Ergänzung zu DIN 1048.

Dipl.-Ing. Christian O. Bolz, Dipl.-Ing. Eur Ing Jörg de Hesselle, Ingenieurbüro für Bauwerkserhaltung IBE, Mecklenburg Str. 6, 53773 Hennef, c.bolz@i-b-e.de, j.dehesselle@i-b-e.de