



Herausgegeben von  
**Susanne Gieler-Breßmer**



# 11. Kolloquium Parkbauten

**Planung, Gestaltung, Bau, Instandhaltung,  
Betrieb von Parkhäusern und Tiefgaragen**

**Tagungshandbuch 2024**

11. Kolloquium  
Parkbauten  
27. und 28. Februar 2024  
Technische Akademie Esslingen



Herausgegeben von  
Dipl.-Ing. Susanne Gieler-Breßmer

# 11. Kolloquium Parkbauten

Fachtagung über Planung, Gestaltung, Bau, Instandhaltung,  
Betrieb von Parkhäusern und Tiefgaragen

Tagungshandbuch 2024

Medienpartner:

**bauplaner**  
INGENIEUR  
SCHIELE & SCHÖN BAU

 **Fraunhofer**  
IRB

**Parken** aktuell  
Parkraum-Management · Konzeption · Technik

**expert** ›

**TAE** **weiterbilden**  
**weiterkommen**

## **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Das vorliegende Werk wurde mit großer Sorgfalt erstellt. Fehler können dennoch nicht völlig ausgeschlossen werden. Weder Verlag noch Autoren oder Herausgeber übernehmen deshalb eine Haftung für die Fehlerfreiheit, Aktualität und Vollständigkeit des Werkes und seiner elektronischen Bestandteile.

© 2024. Alle Rechte vorbehalten.

expert verlag  
Ein Unternehmen der  
Narr Francke Attempto Verlag GmbH + Co. KG  
Dischingerweg 5 · D-72070 Tübingen  
eMail: [info@verlag.expert](mailto:info@verlag.expert)  
Internet: [www.expertverlag.de](http://www.expertverlag.de)

Technische Akademie Esslingen e. V.  
An der Akademie 5 · D-73760 Ostfildern  
eMail: [bauwesen@tae.de](mailto:bauwesen@tae.de)  
Internet: [www.tae.de](http://www.tae.de)

Printed in Germany

ISBN 978-3-381-11821-2 (Print)  
eISBN 978-3-381-11822-9 (ePDF)

# Vorwort

---

Inmitten zunehmender Urbanisierung und einer weiterhin steigenden Anzahl zugelassener Fahrzeuge wird die Bedeutung von Parkbauten weiter zunehmen. Gleichzeitig streben immer mehr Städte an, autofrei zu werden. Parkbauten können dabei einen bedeutenden Beitrag zur Entlastung des innerstädtischen Verkehrs und der Infrastruktur leisten. Die Art und Weise, wie sie gestaltet und genutzt werden, wurden in den letzten Jahren bereits an die sich ändernden Mobilitäts- und Nachhaltigkeitstrends angepasst. Dieser Prozess ist intensiv fortzusetzen. Konzeption, Technik und Management von Parkbauten nehmen eine Schlüsselrolle ein, um Mobilität zu gestalten, Innenstädte zu entlasten und gleichzeitig Ressourcen effizienter zu nutzen.

Das 11. Kolloquium Parkbauten bietet mit einem breiten Spektrum an planungsorientierten, bautechnischen, baubetrieblichen Vorträgen aus unterschiedlichen Fachbereichen, gehalten von anerkannten Experten, und Austauschmöglichkeiten eine ideale Plattform zur Bewältigung der dabei anstehenden Herausforderungen.

In rund 50 Fachvorträgen in parallelen Sessions werden hier neueste Erkenntnisse über Planung, Bau, Instandhaltung, Betrieb von Parkhäusern und Tiefgaragen zu folgenden Themenschwerpunkten präsentiert:

- Nachhaltigkeit
- Gestaltung und Architektur
- Konstruktion
- Brandschutz
- Kathodischer Korrosionsschutz (KKS)
- Oberflächenschutzsysteme
- Schutzmaßnahmen
- Ist-Zustandserfassung
- Instandhaltung
- Gussasphalt
- BIM/Digitalisierung
- Rechtsfragen und Regelwerke

Die vorliegende Tagungsunterlage enthält die vorab eingereichten Beiträge zu den Vorträgen und gibt einen Überblick über den aktuellen Stand der Wissenschaft und Technik sowie neueste Entwicklungen und Trends in Konzeption, Technik und Management von Parkbauten. Weitere Informationen unter: [www.tae.de/50021](http://www.tae.de/50021)



## AMP Parking Europe GmbH The Parking Experts ®

Thujaweg 1      0721 / 98 57 40  
76149 Karlsruhe      info@amp-parking.eu



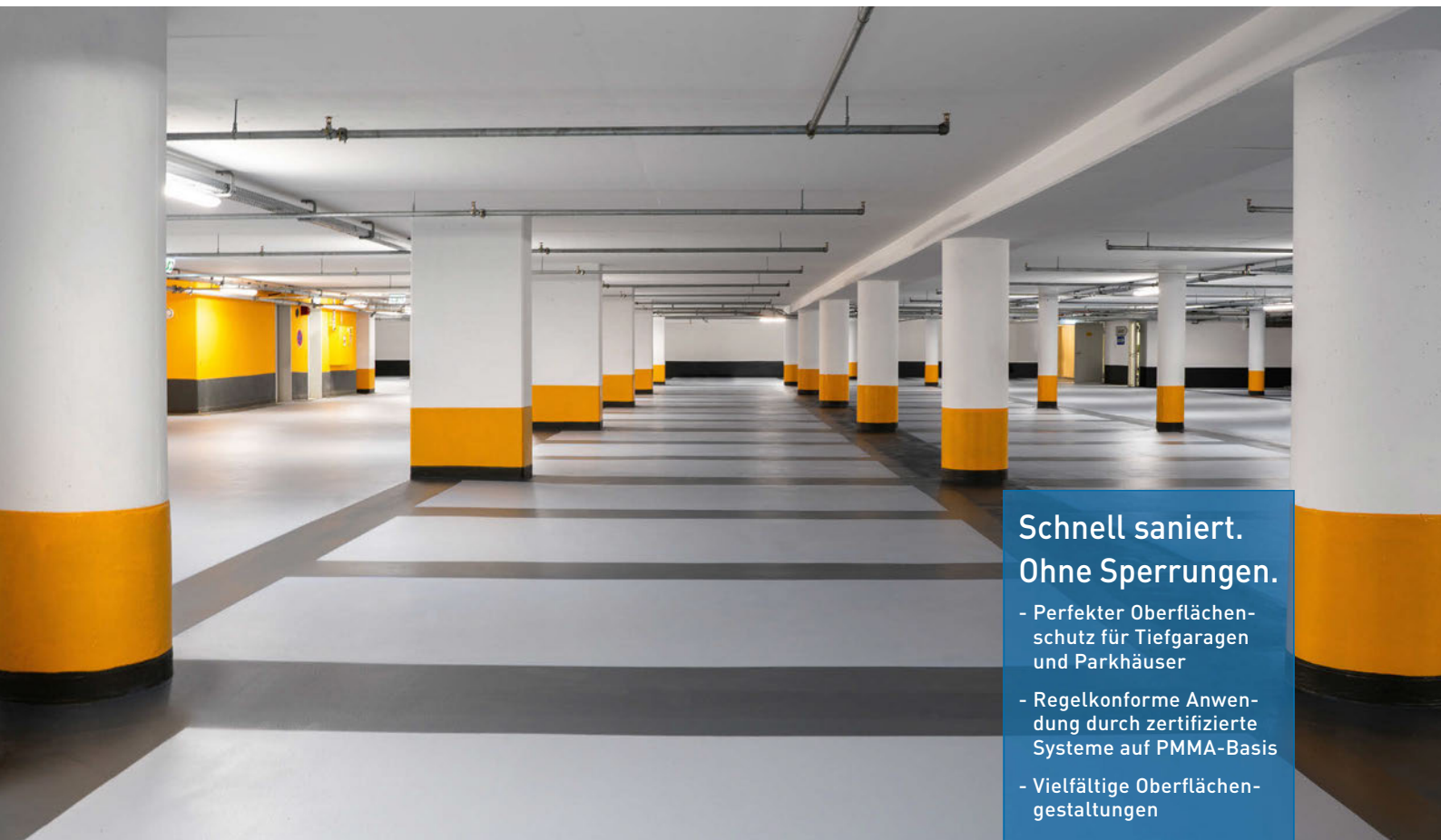
Neubau Parkhaus P1 Universität Düsseldorf



Instandsetzung Tiefgarage Unimensa Würzburg

Seit nunmehr 60 Jahren planen und überwachen wir den Neubau und die Instandsetzung von benutzerfreundlichen und wirtschaftlichen Parkhäusern und Tiefgaragen. Über 30 ADAC-Empfehlungen und 2 European Parking Awards zählen zu unseren Referenzen.

[www.amp-parking.eu](http://www.amp-parking.eu)



### Schnell saniert. Ohne Sperrungen.

- Perfekter Oberflächenschutz für Tiefgaragen und Parkhäuser
- Regelkonforme Anwendung durch zertifizierte Systeme auf PMMA-Basis
- Vielfältige Oberflächengestaltungen



WestWood® Kunststofftechnik GmbH  
Tel.: 0 57 02 / 83 92 -0 · [www.westwood.de](http://www.westwood.de)

 WestWood®



## Inhaltsverzeichnis

---

<b>0.0</b>	<b>Plenarvorträge</b>	
<b>0.1</b>	<b>Integrierte Projektabwicklung</b> Prof. Dr. Claus Nesensohn	<b>13</b>
<b>1.0</b>	<b>Instandhaltung</b>	
<b>1.1</b>	<b>Verlängerung der Restnutzungsdauer von Chlorid- und AKR-geschädigten Parkbauten am Beispiel des Parkhauses am Holstentor in Lübeck</b> Marc Gutermann, Susanne Gieler-Breßmer, Uwe Guttenberg	<b>17</b>
<b>1.2</b>	<b>Chloridschutz- und Abdichtungskonzepte von Tiefgaragen unter Berücksichtigung der Anforderungen aus Entwurfsgrundsatz, Nutzungsklasse und Beanspruchungsklasse</b> Dipl.-Ing. (Univ.) Norbert Swoboda	<b>25</b>
<b>1.3</b>	<b>Instandhaltung von Parkbauten am Beispiel von Anprallschutzsystemen in Parkgebäuden</b> Dipl.-Ing. Alejandro Uribarri Criado	<b>35</b>
<b>1.4</b>	<b>Instandsetzung von Parkflächen aus schadhaftem WU-Beton</b> Dipl.-Ing. Christoph Köchling, Prof. Dipl.-Ing. Claus Flohrer	<b>45</b>
<b>1.5</b>	<b>Betonschonende Sanierung von Parkbauten mit Schleifmaschinen (OS8) und Boden-Strippern (OS11)</b> Dipl.-Ing. Werner Noebel	<b>59</b>
<b>2.0</b>	<b>Konstruktion</b>	
<b>2.1</b>	<b>Edelstahlbewehrung – eine echte Alternative</b> Dr. Marc Zintel	<b>75</b>
<b>2.2</b>	<b>Wasserundurchlässige Betonkonstruktionen für Parkhäuser und Tiefgaragen: Planung und nachträgliche Abdichtung in der Praxis</b> Dipl.-Ing. Georg Schäfer	<b>81</b>
<b>2.3</b>	<b>FloorBridge® Carbon Composite Joint Profiles</b> Stefan Trichlin	<b>89</b>
<b>2.4</b>	<b>Praxisorientierte Lösungsmöglichkeiten für eine fachgerechte Parkdeckentwässerung</b> Mathias Jahr	<b>93</b>
<b>3.0</b>	<b>Gussasphalt</b>	
<b>3.1</b>	<b>Gussasphalt planen in Zeiten des Klimawandels</b> Ralf Hofmeister	<b>97</b>
<b>3.2</b>	<b>Gussasphalt auf WU-Bodenplatten in Tiefgaragen</b> Heiko Steidl, Staatlich geprüfter Techniker Fachrichtung Bautechnik	<b>103</b>



<b>4.0</b>	<b>Gestaltung und Architektur</b>	
<b>4.1</b>	<b>Der Mobility Hub als Meilenstein auf dem Weg in die lebenswerte Stadt</b> Dipl.-Architekt (ETH) Max Schwitalla	<b>109</b>
<b>4.2</b>	<b>Entschleunigte Orte – Parkhäuser und Tunnel</b> Juliane Rückriem	<b>111</b>
<b>5.0</b>	<b>Brandschutz</b>	
<b>5.1</b>	<b>Brandschutz: Herausforderungen und Lösungen für Parkbauten gemäß neuer Mustergaragenverordnung</b> Dipl.-Ing. (FH) Matthias Wölfel	<b>117</b>
<b>5.2</b>	<b>Brandschutz für Ladeinfrastruktur und Ladeplätze</b> Matthias Bohnert	<b>127</b>
<b>6.0</b>	<b>Rechtsfragen und Regelwerke</b>	
<b>6.1</b>	<b>„Bestanden mit Abweichung von Bestimmungen“</b> Dr. Hubert Bauriedl	<b>135</b>
<b>6.2</b>	<b>Der Sachkundige Planer (SKP) – Aufgabe, Vertrag, Verantwortung</b> Prof. Dr. Gerd Motzke	<b>137</b>
<b>6.3</b>	<b>Empfehlungen für Anlagen des ruhenden Verkehrs EAR 23 – Neuerungen in Bezug auf Parkbauten in der praktischen Anwendung</b> Dr.-Ing. habil. Ilja Irmscher	<b>141</b>
<b>7.0</b>	<b>Nachhaltigkeit und Klima: Moderne Parkraumentwicklung im städtebaulichen Kontext – welchen Beitrag können Parkbauten leisten?</b>	
<b>7.1</b>	<b>Müssen wir unsere Verkehrsinfrastruktur umbauen?</b> Prof. Dr.-Ing. Lutz Gaspers	<b>165</b>
<b>8.0</b>	<b>Oberflächenschutzsysteme</b>	
<b>8.1</b>	<b>Korrosionsinhibitoren – Möglichkeit zur Verlängerung der Nutzungsdauer von Parkflächen mit chloridhaltigen Rissen</b> Prof. Dr.-Ing. Christoph Dauberschmidt, Dr.-Ing. Florian Stauder, Marcus Kopp	<b>171</b>
<b>9.0</b>	<b>Ist-Zustandserfassung</b>	
<b>9.1</b>	<b>Röntgen von Stahlbetonbauteilen</b> Dr.-Ing. Sebastian Schulze	<b>183</b>
<b>9.2</b>	<b>Anwendung der laserinduzierten Plasmaspektroskopie (LIBS) zur chemischen Zustandsanalyse von Parkbauten – Stand der Anwendung und aktuelles Merkblatt der DGZfP</b> Dirk Dalichow, Tobias Günther, Gerd Wilsch, André Molkenhain	<b>189</b>

<b>10.0</b>	<b>Nachhaltigkeit</b>	
<b>10.1</b>	<b>Neubauprojekt ESWE Elektro Charge Center (ECC) in Wiesbaden</b> Ilja Irmscher, Sascha Kukulka	<b>199</b>
<b>10.2</b>	<b>Gussasphalt – ein nachhaltiger Baustoff</b> Heiko Steidl, Staatlich geprüfter Techniker Fachrichtung Bautechnik	<b>211</b>
<b>10.3</b>	<b>Nutzungsflexibilität und Umnutzungsmöglichkeiten von Parkhäusern in Holzbauweise</b> Dipl.-Ing. Wenchang Shi, Dipl.-Ing. Viktor Poteschkin	<b>215</b>
<b>10.4</b>	<b>Neubau, Instandsetzung und Verstärkung von Parkhäusern und Tiefgaragen mit Carbonbeton</b> Sebastian Sauter, M. Eng, Dipl.-Chem. Detlef Koch	<b>229</b>
<b>11.0</b>	<b>Kathodischer Korrosionsschutz</b>	
<b>11.1</b>	<b>KKS-Instandsetzung am Beispiel des Parkhauses P+R in Leinfelden-Echterdingen</b> Hannah Gieler, M. Eng., Dipl.-Bauing. (FH) Daniel Oberhänsli	<b>237</b>
<b>12.0</b>	<b>Schutzmaßnahmen</b>	
<b>12.1</b>	<b>DuraMon – Korrosionsmonitoring in Stahlbetonbauten für intelligentere, kostengünstigere, sicherere und nachhaltigere Erhaltungs- und Instandsetzungslösungen</b> Dr. Yurena Seguí Femenias, Michèle Gschwind, Prof. Dr. Ueli Angst	<b>243</b>
<b>12.2</b>	<b>Prinzip W-Cl bei Parkdecks – geht nicht gibt's nicht?!</b> Philipp Truffer	<b>249</b>
<b>12.3</b>	<b>Innovationstreiber Maschinentechnik: sprühende Verarbeitung von zweikomponentigem Flüssigkunststoff – wie eine Maschine den Abdichtungsmarkt verändert</b> Niklas Boberg	<b>259</b>
<b>12.4</b>	<b>Wirtschaftlicher und nachhaltiger Korrosionsschutz an Parkbauten</b> Dipl.-Ing. (FH) Dietmar Hildebrandt	<b>261</b>
<b>12.5</b>	<b>Korrosionsschutz von Stahlkonstruktionen/Stahlbauteilen</b> Heiner Stahl	<b>269</b>
<b>13.0</b>	<b>BIM/Digitalisierung</b>	
<b>13.1</b>	<b>Digitale Tiefgarageninspektionen nach DBV-Merkblatt</b> Daniel Menges, B. Eng, Dipl.-Ing. Sabine Reim, Prof. Dr.-Ing. Andrei Walther, Dipl.-Ing. (FH) Birga Ziegler M. Sc.	<b>277</b>
<b>13.2</b>	<b>Bestimmung maßgeblicher Einflussgrößen für den Erhaltungszustand von Garagen und Parkdecks mittels Machine-Learning-Algorithmen</b> Dipl.-Ing. Dr. techn. Karl Deix, Dipl.-Ing. Susanna Arazli	<b>283</b>
<b>14.0</b>	<b>Anhang</b>	
<b>14.1</b>	<b>Programmausschuss</b>	<b>293</b>
<b>14.2</b>	<b>Autorenverzeichnis</b>	<b>295</b>





**Plenarvorträge**



# Integrierte Projektentwicklung

## Gemeinsam erfolgreiche Projekte abwickeln

**Prof. Dr. Claus Nesensohn**  
refine Projects AG, Stuttgart

### Zusammenfassung

Die integrierte Projektentwicklung (IPA) revolutioniert die Bau- und Immobilienbranche durch eine neue Ära der Zusammenarbeit und Effizienz. Durch einen Mehrparteienvertrag, gemeinsame Bonussysteme und die frühzeitige Einbindung der ausführenden Teams in Kombination mit Lean Construction, bietet IPA eine einzigartige Herangehensweise. Immer mehr Teams setzen darauf, da es Kostensicherheit, Zeitersparnis, Qualitätssteigerung und Nachhaltigkeit fördert.

### 1. Integrierte Projektentwicklung (IPA) – Was sie einzigartig macht

In der Welt der Bau- und Immobilienprojekte eröffnet die integrierte Projektentwicklung (IPA) / Integrated Project Delivery (IPD) eine völlig neue Dimension der Zusammenarbeit und Effizienz. Sie zeichnet sich durch verschiedene Schlüsselemente aus, die diese Methode so bemerkenswert machen:

**Der Mehrparteienvertrag:** Ein zentraler Punkt bei der IPA ist ein Mehrparteienvertrag, der alle Projektbeteiligten – von Bauherren über Planer bis zu ausführenden Unternehmen – in einen gemeinsamen Vertrag einschließt. Diese gemeinsame Verantwortung fördert die Zusammenarbeit und das kollektive Engagement für den Projekterfolg.

**Gemeinsames Bonus-Malus System:** Innerhalb von IPA-Projekten wird ein innovatives Bonussystem eingesetzt, bei dem alle Beteiligten gemeinsam gewinnen oder verlieren. Diese Methode fördert die Zusammenarbeit und stellt sicher, dass individuelle Interessen mit den Projektergebnissen in Einklang gebracht werden. “best for project” anstatt “best for me”

**Frühzeitige Einbindung der Ausführenden:** Bei IPA werden die wichtigsten ausführenden Teams bereits in der Planungsphase eingebunden. Dies ermöglicht die Nutzung wertvoller Einblicke und Expertise, um innovative Ansätze zu entwickeln und potenzielle Herausforderungen frühzeitig zu bewältigen.

**Lean Construction:** Ein weiterer bedeutender Aspekt ist die Anwendung von Lean-Prinzipien, die darauf abzielen, die richtigen Dinge Mehrwerte und die Effizienz zu steigern. Dies führt zu einer kosteneffizienten Umsetzung von Bauprojekten und zur Verbesserung der Gesamtqualität. Zudem reduziert Lean den Stress im Projektteam.

**Zusammenarbeit auf Augenhöhe:** Bei IPA-Projekten sind alle Beteiligten gleichberechtigt und tragen dazu bei, Entscheidungen zu treffen und gemeinsame Herausforderungen zu bewältigen. Dies schafft eine authentische Kollaborationskultur, geprägt von Vertrauen und Offenheit.

**Co-Location:** Die physische Nähe der Teams am gleichen Arbeitsort erleichtert die Kommunikation und Koordina-

tion erheblich. Dies stärkt den Zusammenhalt und ermöglicht eine effizientere Zusammenarbeit, was zur Gesamteffizienz des Projekts beiträgt.

### 2. Warum immer mehr Teams in der Bau- und Immobilienwelt daraufsetzen:

IPA bietet eine Vielzahl von Vorteilen für Bauprojekte: **Frühe Kostensicherheit und Kostenreduzierung:** Dank der frühzeitigen Einbindung aller Beteiligten können die Kosten effizienter gesteuert werden, was zusätzliche Ausgaben und unvorhergesehene Kostensteigerungen minimiert.

**Zeitersparnis:** Eine verbesserte Koordination und effektivere Zusammenarbeit verkürzen die Projektdurchlaufzeit, was zu einer beschleunigten Fertigstellung führt.

**Steigerung der Qualität:** Eine engere Zusammenarbeit minimiert überflüssige Arbeitsschritte und Iterationschleifen und fördert die Einhaltung von Qualitätsstandards, was zu einer höheren Qualität des fertigen Projekts führt.

**Nachhaltigkeit:** Durch die Optimierung von Prozessen und die Reduzierung von Verschwendung wird die Ressourceneffizienz verbessert und umweltfreundliche Praktiken unterstützt.

**Zufriedenheit aller Beteiligten:** Die verbesserte Kommunikation, Koordination und Zusammenarbeit schaffen ein positives Arbeitsumfeld und steigern die Zufriedenheit der Projektbeteiligten, einschließlich Bauherren, Planer und ausführenden Unternehmen.

### 3. Der Weg zum Erfolg: Warum erfahrene Berater entscheidend dazu beitragen

Die Unterstützung erfahrener Berater, wie sie von der refine Projects AG angeboten wird, spielt eine zentrale Rolle in der integrierten Projektentwicklung. Diese Experten sind entscheidend für den Erfolg von IPA-Projekten. Sie helfen bei der Implementierung bewährter Praktiken und Prozesse, um sicherzustellen, dass die integrierte Projektentwicklung reibungslos funktioniert. Dank ihres Fachwissens identifizieren und bewältigen sie Hindernisse, um optimale Ergebnisse zu erzielen. Darüber hin-

aus können IPA-Berater ihr Know-how im Bereich Lean Construction einbringen und ein Lean-Produktionssystem mit dem Projektteam aufbauen.

Erfahrene Berater bieten auch eine externe Perspektive und Unabhängigkeit, um Konflikte zu lösen und sicherzustellen, dass die Kooperation auf Augenhöhe aufrechterhalten wird. Ihre Rolle ist unverzichtbar, um die Prinzipien der integrierten Projektabwicklung zu wahren und das Projekt erfolgreich abzuschließen.

Fachwissen und rechtliche Expertise gehen Hand in Hand, wenn es um vertragliche Aspekte in der integrierten Projektabwicklung (IPA) geht. Erfahrene Berater

verfügen über das notwendige Fachwissen, um bei der Gestaltung von Verträgen zu unterstützen und sicherzustellen, dass diese die Interessen aller Beteiligten schützen. Die Zusammenarbeit mit Juristen ist gleichzeitig unerlässlich, um rechtliche Risiken zu minimieren und die rechtliche Integrität des Projekts zu gewährleisten. Diese Kombination aus Fachwissen und juristischer Expertise bildet das Fundament für erfolgreiche IPA-Projekte und eine reibungslose Zusammenarbeit.





**Instandhaltung**



# Verlängerung der Restnutzungsdauer von Chlorid- und AKR-geschädigten Parkbauten am Beispiel des Parkhauses am Holstentor in Lübeck

**Marc Gutermann**

Institut für Experimentelle Statik, Hochschule Bremen

**Susanne Gieler-Breßmer**

IGF Ingenieur-Gesellschaft für Bauwerksinstandsetzung

**Uwe Guttenberg**

Helmut Wiemer Ingenieurgesellschaft für Bauwesen mbH

## Zusammenfassung

Das Parkhaus am Holstentor in Lübeck wurde 1992 errichtet. 2017 wurde durch das Sachverständigenbüro Gieler-Breßmer festgestellt, dass umfangreiche Instandsetzungsmaßnahmen notwendig sind, um den Betrieb des Parkhauses für eine Restnutzungsdauer von 2–3 Jahren aufrecht zu erhalten. Dabei waren sowohl statische als auch betontechnologische Sachverhalte zu berücksichtigen. Mit einem Konzept aus Instandsetzung, temporärer Verstärkung (Wiemer-Ingenieure) und Belastungsversuchen wurde 2020 die ausreichende Tragsicherheit fest- und wiederhergestellt. Mit einem anschließenden Monitoring (*alterra GmbH*) wurde überwacht, ob sich der Zustand in den Folgejahren weiter verschlechtert. Anfang 2023 wurde der Zustand erneut begutachtet und visuell identifizierte Verschlechterungen, insbesondere an den Bauwerksfugen, waren der Anlass, die Tragsicherheit der mangelbehafteten Stockwerksrahmen wieder mit Belastungsversuchen nachzuweisen. Mit einem erweiterten Monitoringkonzept der auffällig gewordenen Bereiche soll das Bauwerk weitere 2 Jahre fortgenutzt werden, bis ein Neubau den AKR- und chloridgeschädigten Bestand ersetzen muss. Dieser Beitrag berichtet von den Projekterfahrungen, insbesondere unsere Erkenntnisse der Bauwerksüberwachung mit wiederholten Belastungsversuchen und Monitoring.

## 1. Einführung

Mehr als 60 % der Bauaufträge werden heute im Bestand umgesetzt. Eine wesentliche Voraussetzung für Nutzungs-, Instandsetzungs- und Investitionsentscheidungen für Parkbauten ist der Nachweis ausreichender Tragsicherheit für die gewünschten Lastansätze. Oftmals eine Herausforderung für den Tragwerksplaner, wenn zuverlässige Daten über Baustoffe und -konstruktion fehlen oder Bauwerksmängel die Tragfähigkeit abmindern. Wenn der rechnerische Nachweis nicht gelingt, wird meist konventionell verstärkt oder abgerissen und neu gebaut. Das sind jedoch nicht immer wirtschaftliche

Varianten. Eine alternative Vorgehensweise ist der experimentell gestützte Nachweis, bei dem entweder wesentliche Parameter für einen rechnerischen Nachweis durch Versuche ermittelt werden (Abb. 1, B [1]), oder Belastungstests direkt nach Beendigung Planungssicherheit für den Baufortschritt bringen (Abb. 1, A [1]).

Die Bandbreite der möglichen Einsatzgebiete experimenteller Methoden erstreckt sich über den gesamten Hoch- und Ingenieurbau. Die Methodik, ihre Legalisierung sowie einige Fallbeispiele von Parkbauten wurden bereits anlässlich der Tagung im Jahr 2020 vorgestellt [2].

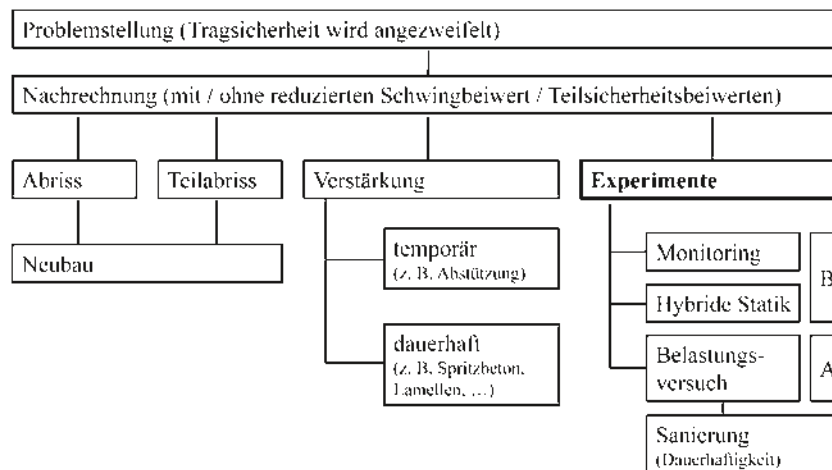


Abb. 1: Lösungsstrategien zum Tragsicherheitsnachweis für Bestandsbauten

## 2. Bauwerksbeschreibung

Das Parkhaus am Holstentor in Lübeck wurde im Jahr 1992 zur Erschließung der Innenstadt als zentrales Parkhaus in Stahlbetonskelett-Bauweise errichtet. Die einzelnen Achsen sind über 5 Geschosse als Rahmensysteme ausgebildet, zwischen denen die Deckenplatten spannen (Abb. 2).

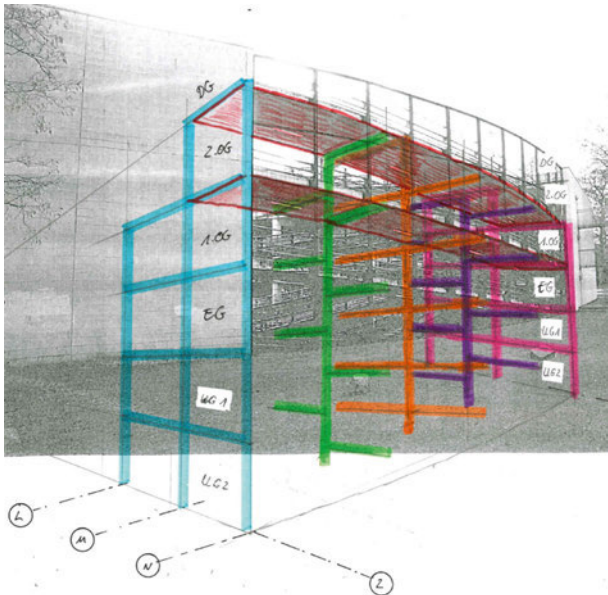


Abb. 2: Ansicht mit statischem System

Das Gebäude zeigt im Grundriss eine sehr ausdrucksstarke Architektur in Form eines Kreissegments (Abb. 3). Es besteht aus 2 Parkgebäuden, die im spitzen Winkel zueinander liegen, wobei sich in der Spitze das Haupttreppenhaus und ein Fahrstuhl befinden. In der Mitte zwischen den Parkgebäuden liegt ein begrünter Freiraum. Die einzelnen Parkebenen werden über ein Rampenbauwerk zwischen den beiden Parkgebäuden erschlossen.

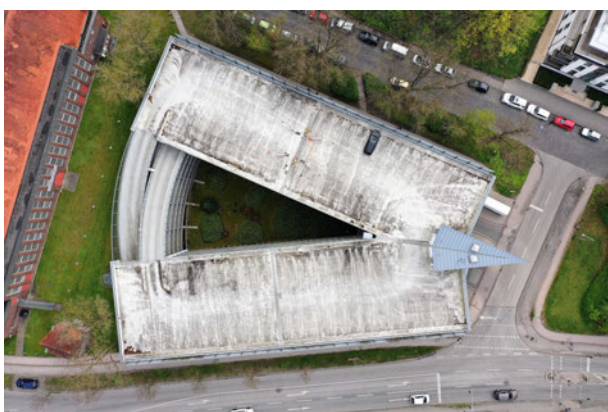


Abb. 3: Draufsicht Parkhaus am Holstentor

Nach Auskunft des Auftraggebers wurden die Fahr- und Parkflächen direkt bei der Erstellung mit einem Oberflächenschutzsystem vor dem Eintrag von Tausalz geschützt. Das Freideck wurde in den Jahren 2009 und 2010 in 2 Bauabschnitten neu beschichtet. Zum damaligen Zeitpunkt fanden keine Betoninstandsetzungsmaßnahmen

an der Betonkonstruktion des Freidecks statt, vielmehr wurde die Beschichtung erneuert. Die Untersuchungen wurden im Jahr 2016 dann auf alle Ebenen ausgedehnt. Im Zuge dieser Begutachtung stellte sich heraus, dass der Beton einiger Stützen eine hohe Chloridbelastung besaß. Die Bereiche wurden durch eine Notaussteifung gesichert. Eine umfangreiche betontechnologische Untersuchung folgte mit dem Ziel, ein Instandsetzungskonzept für eine dauerhafte Nutzung des Parkhauses auszuarbeiten.

## 3. Bauwerkszustand (2017)

Die Untersuchung der Bausubstanz offenbarte, dass das Parkhaus nach 25-jähriger Nutzung umfangreich instandsetzungsbedürftig ist.

Grundsätzlich hatten die Oberflächenschutzsysteme – obwohl sie zwischenzeitlich verschlissen sind – ihre Schutzwirkung über die letzten 25 Jahre in der Fläche gut erfüllt. Die chloridinduzierte Korrosion der Bewehrung infolge Tausalzbeaufschlagung entstand überwiegend örtlich begrenzt in den Geschossdecken und der Bodenplatte in Bereichen mit Rissen oder Gebäudedehnfugen. Besonders letztere waren kritisch, da hier das tausalzhaltige Wasser auch darunterliegende Bauteile angreifen konnte.

Bei den vertikalen Bauelementen, Stützen- und Wandsockeln, konzentrierte sich der hohe Chlorideintrag an Gefälletiefpunkten. Vereinzelt waren bereits ausgeprägte Korrosionserscheinungen erkennbar. Überwiegend wurde an den Probeöffnungen jedoch festgestellt, dass zwar Lochkorrosion vorlag, der Querschnittsverlust insgesamt jedoch noch gering war. Schutz- und Instandsetzungsmaßnahmen waren an diesen Bauteilen deshalb dringend erforderlich, um den Zustand zu erhalten.

Untersuchungen an Bohrkernen aus stark gerissenen Bauteilen an der FH Lübeck bestätigten den Verdacht, dass zur Herstellung des Parkhauses alkaliempfindliche Gesteinskörnungen im Beton verwendet worden waren. Eine Instandsetzung von durch AKR geschädigten Bauteilen ist grundsätzlich nicht dauerhaft möglich, da der Prozess durch Verhinderung des Zutritts von Wasser zwar behindert, nicht aber verhindert werden kann. Abdichtungen können diese Behinderung erwirken, das Restrisiko ist bei diesem Bauwerk jedoch sehr hoch, da insbesondere bei den Stützen sowie bei den Stirnkanten der Decken eine fehlstellenfreie Abdichtung nicht möglich ist. Jegliche Instandsetzungsmaßnahme kann somit nur für eine begrenzte Restnutzungsdauer geplant werden und ist sehr aufwändig.

Auffallend waren im gesamten Parkhaus die ausgeprägten Rissbildungen in den Rahmensystemen. Diese wurden vom Tragwerksplaner (Ingenieurbüro Wiemer) gesondert beurteilt.

## 4. Instandsetzungskonzept

Nachdem die verschiedenen Optionen zur Instandsetzung und deren Kosten ausgearbeitet waren, wurde aufgrund der Schädigungen und der Vielzahl von Punkten, die nicht abschließend zu klären waren, entschieden, dass das Parkhaus nur noch eine deutlich begrenzte Zeit bis zu einem Ersatzneubau genutzt werden soll. Eine Weiter-

nutzung von max. 2–3 Jahr war vertretbar, wenn folgende Maßnahmen ausgeführt werden:

- Instandsetzung der mangelhaften Bauwerksfugen und Abdichtung
- Dauerhafte Abstützung der Decken unterhalb des gerissenen Einfahrtsbereichs im 1. und 2. UG
- Verpressen der dortigen Risse
- Rissbandagen im Bereich der Einfahrt
- Schutz der Sockel der Rahmenstiele im Bereich der Dehnfugen mit einem OS-System auf EP-Basis
- Temporäre Verstärkung der Rampenkonstruktion mit einer Stahlrahmenkonstruktion.
- Überarbeitung des bestehenden OS-Systems auf den Rampen mit einem System bestehend aus abgestreuter Grundierung und Versiegelung
- Nachweis der Tragsicherheit ausgewählter (schlechter) Stockwerksrahmen durch Belastungsversuche.
- Konzeption und Installation eines Monitorings, das die im Instandsetzungsprozess auffälligen Bereiche überwacht.

## 5. Instandsetzung

Das Instandsetzungskonzept für die temporäre Weiter-nutzung des Parkhauses für eine begrenzte Dauer von 2–3 Jahren sah Maßnahmen an folgenden Bauteilen vor:

- Rahmenstiele und Fugen in Achse C/ 4
- Geschossdecke über dem 1. UG – Risse am Boden in der Einfahrt
- Rahmen in der Fuge in Achse H/ 1–2 und H/ 6–7 in allen Geschossen
- Rampen:
  - AKR-geschädigte Bauteile an den Rampen
  - Rampenbauwerk mit Portalrahmen Achse L-N/ 2 sowie L-N/ 6

Die Maßnahmen dienen dem temporären Schutz der Bauteile für eine mit dem Auftraggeber vereinbarte Rest-nutzungsdauer. Dabei wurde eine Zielvereinbarung definiert, die die Abweichung von den allgemein anerkannten Regeln bewusst in Kauf nahm. Die zur Erreichung des Ziels erforderlichen Maßnahmen wurden nach den zum Zeitpunkt der Ausführung geltenden Regelwerken vom sachkundigen Planer (IGF GmbH) geplant und fachkundig von einer Baufirma umgesetzt und durch den Planer überwacht. Auch wenn die Maßnahme nur eine temporäre Nutzung vorsah, so waren die auf ein technisch notwendiges Minimum begrenzten Maßnahmen gerade deshalb fach- und sachkundig nach geltenden Instandsetzungsprinzipien umzusetzen, um das Risiko eindeutig eingrenzen zu können.

### 5.1 Örtliche Instandsetzung chloridbelasteter Bauteile

Bei dem hier vorliegenden Objekt wäre für eine dauerhafte Instandsetzung als vorrangige Lösung die konventionelle Instandsetzung nach dem Instandsetzungsprinzip R-Cl in Verbindung mit dem Instandsetzungsprinzip W-Cl in Frage gekommen. Bei dem Korrosionsschutzprinzip R-Cl wird der Beton – unabhängig von Korrosionserscheinungen an der Bewehrung – überall dort bis zur Bewehrung

bzw. um einen Sicherheitszuschlag darüber hinaus abgetragen, wo der maßgebliche korrosionsauslösende Chloridgehalt überschritten wird. Es reicht dabei nicht aus, den Beton nur dort abzutragen, wo offensichtlich Schäden vorhanden sind. Vielmehr dienen die Ergebnisse von Potentialfeldmessungen, der Messung der Betondeckung der Bewehrung und der Bestimmung des Chloridgehalts in Höhe der Bewehrung an den Stahlbetonbauteilen als Grundlage für die Festlegung des späteren Betonabtrags. Betonabtrag wurde aufgrund der zeitlichen Begrenzung der weiteren Nutzung des Bauwerks auf kleinere örtliche Schadstellen begrenzt. Das Instandsetzungsprinzip R-Cl wurde bewusst nicht in ausreichender Tragweite umgesetzt, vielmehr wurde die weitere Korrosion der Bewehrung in chloridbelasteten Bereichen mit einer gezielten Risikoabschätzung in Kauf genommen und durch andere Maßnahmen kompensiert.

Die durch den örtlichen Betonabtrag entstehenden Betonausbrüche werden nach örtlich notwendigen zusätzlichen Bewehrungsergänzungen, die der hinzugezogene Tragwerksplaner festlegen musste, mit Spritzbeton oder einem vorkonfektionierten Reparaturmörtel bzw. -beton, der für den Anwendungsfall zugelassen ist, wieder reprofiliert. Danach sind die instandgesetzten Betonbauteile durch Oberflächenschutzsysteme vor dem weiteren Eintrag von Chlorid (Tausalz) geschützt worden.

Als Alternative zu der konventionellen Instandsetzung, die stark in die Statik des Bauwerks eingreift, wäre bei den Rahmenstielen und den Rahmenriegeln unter den Dehnfugen der kathodische Korrosionsschutz (KKS) in Frage gekommen. Die Sinnhaftigkeit und Erfolgsaussichten der Anwendung von KKS waren dann jedoch im Rahmen einer Detailplanung weiter zu klären – insbesondere da AKR eine Rolle spielte. Letztendlich wurde auf diese alternative Lösung verzichtet.

Um den Chlorideintrag an den Gebäudedehn-fugen zu verhindern, wurden neue Fugenprofile eingebaut. Hierbei wurden folgende Maßnahmen umgesetzt:

- Entfernung der Bodenbeschichtung beid-seits des Fugenprofile
- Entfernen der Sockelbeschichtung an den Stützensockeln, an die die Dehnfugen anschließen
- Ausbau der Dichtungseinlage der Fugenprofile
- Untergrundvorbereitung an lokalen Ausbruchstellen der Geschossdecken entlang der Fugenprofile und Reprofilierung der Ausbruchstellen
- In Abstimmung mit der örtlichen Bauleitung (IGF GmbH) und dem Tragwerksplaner (Wiemer GmbH) aufstemmen von Schadstellen an den Unterzügen und Stützen, sowie deren Reprofilierung mit Spritzbeton oder PCC-Mörtel nach einer Untergrundvorbereitung mit Druckluftstrahlen mit festen Strahlmitteln
- Einbau neuer Fugenprofile.

### 5.2 Oberflächenschutzsysteme und Rissbandagen

Oberflächenschutzsysteme wurden nur in den örtlich bearbeiteten, besonders risikobehafteten Bereichen appliziert. Verwendet wurden



- ein OS 8<sup>1</sup>-System auf den Rampen
- ein OS 11 b<sup>2</sup>-System im Anschluss an die zu erneuernden Fugen
- ein OS 10<sup>3</sup>-System auf PMMA-Basis an einem besonders belasteten Stützensockel.
- ein OS 10-System auf PU-Basis als Rissbandage auf den Rissen der Einfahrt.
- Auf alle Stützen, Kragarme und Deckenunterseiten der Rampe sowie Stirnseiten der Eckenplatten wurde ein OS 5b<sup>4</sup>-Oberflächenschutzsystem gebracht.
- Die Sockel der Rahmenriegel im Bereich der instandzusetzenden Fugen wurden mit einem kunststoffmodifizierten Zementspachtel egalisiert, dann grundiert und versiegelt.

### 5.3 Verstärkung Rampen

Bei dem Rampenbauwerk hatte die Alkali-Kieselsäure-Reaktion besondere Relevanz. Bei der Rampe handelt es sich um ein Tragwerk, das als räumliches Gesamttragwerk bemessen wurde (Abb. 2). Das Versagen nahezu jedes Einzelbauteils führt zum Gesamtversagen der Rampenanlage. Es gibt keine Möglichkeit, die AKR der kritischen Gesteinskörnungen des Bestandsbetons sicher und dauerhaft zu unterbinden. Hierzu müsste mit absoluter Sicherheit der Feuchtezutritt zu den Bauteilen verhindert werden. Dies ist selbst bei Applikation von dichten Oberflächenschutzsystemen nicht gesichert möglich, da eine Fehlstellenfreiheit insbesondere im Bereich der Übergänge zu benachbarten Bauteilen nicht gewährleistet ist.

### 5.4 Experimenteller Tragsicherheitsnachweis (2020)

Für die Stockwerksrahmen an den Dehnungsfugen (Abb. 4) war unklar, wie stark die Stahlbetonbauteile durch Chloride bereits geschädigt sind und ihre Tragfähigkeit dadurch reduziert worden ist. Ein Aufschluss wegen des hohen Aufwands für die temporäre Sicherung aus, ebenso eine konventionelle Verstärkung für den Restnutzungszeitraum von 3 Jahren. Es wurde alternativ vorgeschlagen, die Tragsicherheit des Haupttragwerks (Stockwerksrahmen) für aktuelle Nutzlasten durch Belastungsversuche zu ermitteln.

Die zu testenden Bauteile wurden unter Berücksichtigung wirtschaftlicher und versuchstechnischer Belange

- 1 OS 8: Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen 08-1990 und 12-2005 [3]: Chemisch widerstandsfähige Beschichtung für befahrbare, mechanisch stark belastete Flächen.
- 2 OS 11: Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen 10-2001 [4]: Beschichtung mit erhöhter dynamischer Rissüberbrückungsfähigkeit für begehbare und befahrbare Flächen. OS 11 a: zweischichtiger Aufbau, OS 11b: einschichtiger Aufbau.
- 3 OS 10: Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen 10-2001 [4]: Beschichtung als Dichtungsschicht mit hoher Rissüberbrückung unter Schutz- und Deckschichten für begehbare und befahrbare Flächen.
- 4 OS 5 b: Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen 10-2001 [4]: Beschichtung mit geringer Rissüberbrückungsfähigkeit für nicht begehbare und befahrbare Flächen (mit Kratz- bzw. Ausgleichspachtelung). Bei OS 5 b Polymer/Zement-Gemisch.

so ausgesucht, dass die mit dem offensichtlich schlechtesten Zustand untersucht wurden (Decke über 1. OG und 2. OG). Die Stichprobe von insgesamt 5 Stahlbetonrahmen wurde als ausreichend angesehen.

Der Untersuchungsbereich wurde so eingerichtet, dass die Lasten mit mobilem hydraulischem Belastungsgerät auf dem Unterzug eingeleitet werden konnten. Als Gegengewicht für die Versuchslasten wurde im Kräftekreislauf das Eigengewicht der 2 darunterliegenden Stockwerke genutzt (Abb. 4).

Damit das Risiko während der Belastung minimiert war, wurden am Bauteil online mehrere Bauteilreaktionen (z. B. Durchbiegungen, Dehnungen, Abb. 5). gemessen. Da sie zeitgleich am Monitor als Kraft-Reaktions-Diagramm dargestellt wurden, konnten sie sofort analysiert und auf kritische Werte reagiert werden (Abb. 6).

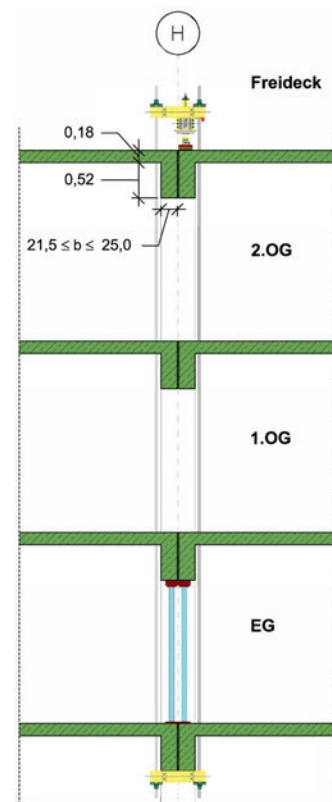


Abb. 4: Querschnitt Stockwerksrahmen an der Fuge mit Belastungsvorrichtung



Abb. 5: Messtechnik am Stockwerksrahmen

Während der Versuche wurden die maßgebenden Bauteilreaktionen in Abhängigkeit der Versuchslast grafisch auf dem Monitor dargestellt und zeitgleich nach den folgenden Abbruchkriterien analysiert:

- Reproduzierbarkeit (gleiche Bauwerksreaktion bei wiederholter Belastung)
- Reversibilität (keine bzw. geringe bleibende Verformung)
- Grenzwertkriterien (Einzelmesswerte: Rissweiten, Durchbiegung, Schubverformungen, ...)

Die Versuchsziellast  $F_{Ziel} \leq 260 \text{ kN}$  wurde erreicht, ohne eines der vorgenannten Abbruchkriterien zu verletzen. Sie wurde vorab so ermittelt, dass die Bauteile die Beanspruchung erhalten, die sie nach dem Bemessungskonzept sicher abtragen müssen. Dabei wurden Unwägbarkeiten mit den entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerten nach Norm berücksichtigt [1]. Die Versuche haben gezeigt, dass die Tragwerke in der Lage sind, die anzusetzenden Einwirkungen ( $p = 3,0 \text{ kN/m}^2$ ) aufzunehmen, ohne einen ausgeprägten nichtlinearen Zustand zu erreichen.

Die maximale gemessenen Durchbiegungen unter Versuchsziellast lagen unter  $f_{max} \leq 15,0 \text{ mm}$  (Tabelle 1), unter Gebrauchslast überstiegen sie nicht  $f_Q < 10 \text{ mm} < 1/1000$ . Eine Langzeitbelastung im Gebrauchslastniveau zeigte jeweils quasi-konstantes Verformungsverhalten, es lag also bei allen getesteten Bauteilen ein stabiler Lastabtrag vor.

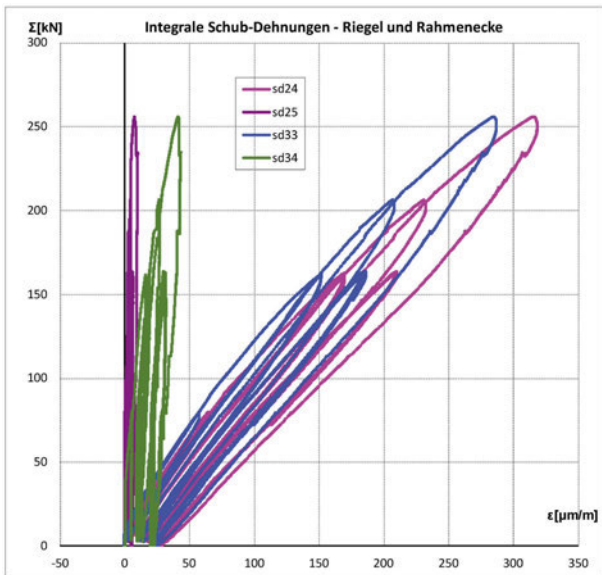


Abb. 6: Schubdehnungen Rahmenecke Riegel ü 1.OG

Aus den Messkurven (Abb. 6) ließen sich die Stockrahmen und Bereiche identifizieren, die auffällig waren. So zeigten die Schubfelder der Rahmenecken leicht nichtlineares Verhalten, wobei keine Seite durchweg als „schwächere“ Ecke zu identifizieren war. Diese Bereiche wurden für das anschließende Monitoring ausgewählt und aus den Messkurven Warnschwellen abgeleitet.

## 6. Monitoring

### 6.1 Konzept

Für den geplanten Restnutzungszeitraum ( $\geq 3$  Jahre) sollten vorhandene Risse der Stahlbetonrahmen durch eine Langzeitmessung überwacht werden. Das Messsystem musste daher die relevanten Daten (Rissbreiten und Riegeldurchbiegung) kontinuierlich sammeln und zeitnah in einer zentralen Datenbank für Analysen zur Verfügung stellen können. Bei Überschreitung vorgegebener Grenzwerte sollte z. B. via E-Mail oder SMS eine Information verschickt werden können.

Durch die vorangegangenen Belastungsversuche konnten die Messorte, die Sensorspezifikationen und die Warnwerte bestimmt werden. Die Werte der Dehnungsmessung aus den Belastungsversuchen wurden über die Beziehung  $\Delta l = \epsilon \cdot l$  für die Risskontrolle während des Monitorings umgerechnet.

Die Warnwerte liegen für die Rissweitenmessungen ohne Temperatureinfluss je nach Messort zwischen 0,1 mm und 0,3 mm (Abb. 7) und für die Riegeldurchbiegung zwischen 6,0 bis 7,5 mm. Letztere werden mit Schlauchwagen überwacht, die die Höhendifferenz zu den Stielen ermitteln.

Decke über	Achse	Rahmen	b [cm]	$w_Q^{**}$ [mm]	$w_{max}^{**}$ [mm]
1. OG	H 6-7	Nord	25,0	0,127	0,204

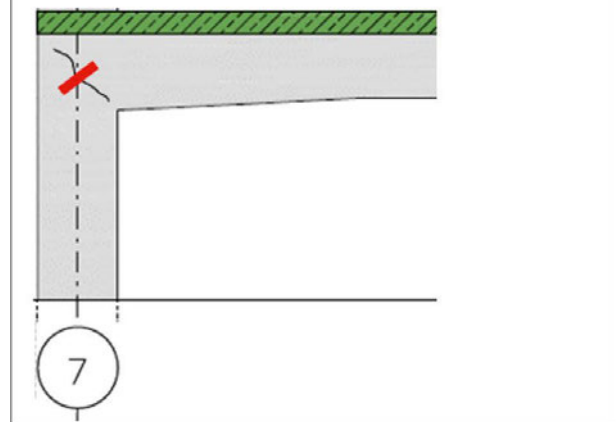


Abb. 7: Schwellwerte für eine Rahmenecke aus den vorhandenen Messkurven (vgl. Abb. 6)

Die Messwerte werden jeweils in den Morgenstunden aufgenommen, um den Einfluss aus Betrieb zu eliminieren und den aus Temperatur zu minimieren.

### 6.2 Erkenntnisse nach 3 Jahren (2023)

Die Sensorausstattung und Datenanalyse wurde von der Fachfirma *alterra Deutschland GmbH* ausgeführt. Das System arbeitet seit Juli 2020 zuverlässig und versendet automatisch Wochenberichte bzw. E-Mail-Benachrichtigungen bei Überschreitung eines Warnwertes.

Bei der Analyse der Langzeitmessdaten fiel auf, dass lediglich einzelne Schubdehnungen mehrmals die vorge-



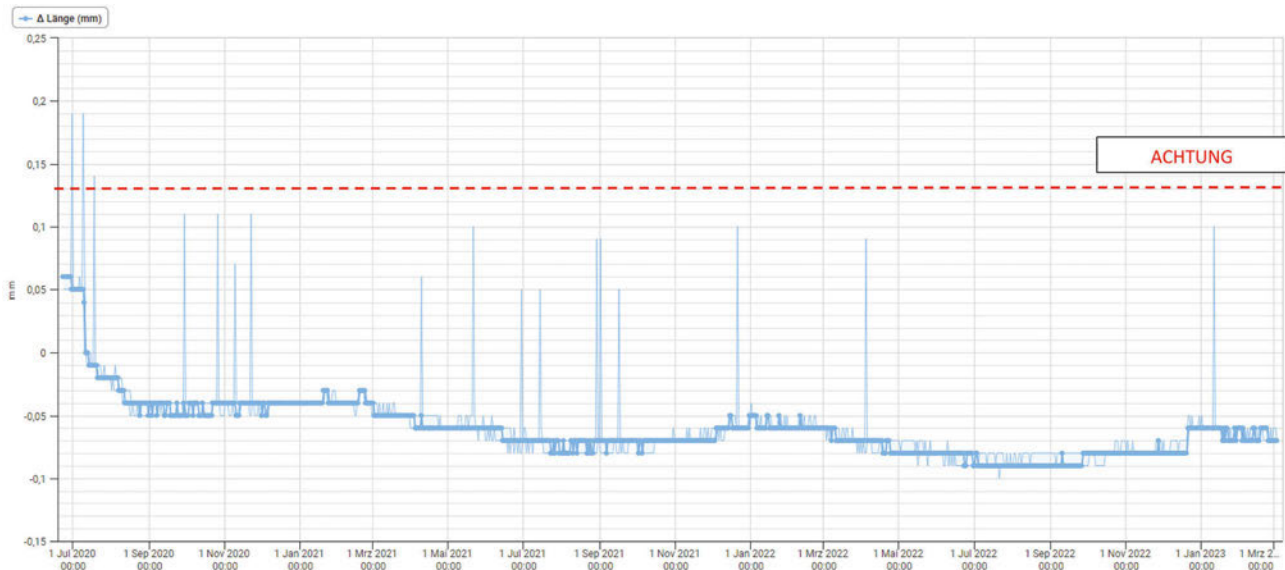


Abb. 8: Monitoring einer Rahmenecke (vgl. Abb. 7)

gebene Warnschwelle überschritten haben. Eine klare Tendenz der Verschlechterung ist aus den Daten nicht ablesbar – weder bei den Verformungen noch den Biege- und Schubdehnungen (Abb. 8).

Bei einer Begehung konnte der Eindruck der Langzeitüberwachung visuell bestätigt werden: keiner der von uns getesteten Rahmen machte einen wesentlich schlechteren Eindruck als zum Zeitpunkt der Messungen vor knapp 3 Jahren. Stichprobenartig überprüfte Rissweiten lagen bei  $w \leq 0,3$  mm.

Vereinzelt konnte jedoch an anderen Stockwerksrahmen ein Schadensbild vorgefunden werden (Risse mit Rostfahnen), das auf eine Verschlechterung des Bauteilzustandes deutete. Weil vom Bauherrn eine zeitlich begrenzte Weiternutzung von 2 Jahren bis zum Ersatzneubau gewünscht wurde, wurden die auffällig gewordenen Stockwerksrahmen 2023 einer neuen Probelastung unterzogen.

### 6.3 Wiederholte Probelastung Stockwerkrahmen

Auch bei den beiden zusätzlich getesteten Stockwerkrahmen (Tabelle 1), konnte bei ähnlichen Bauwerksreaktionen eine ausreichende Tragsicherheit für die Nutzung  $p = 3,0$  kN/m<sup>2</sup> nachgewiesen werden.

Das Verformungsverhalten war ähnlich zu dem aus 2020, die linear-elastische Durchbiegungen und leicht nichtlineare Schubdehnungen in den Rahmenecken offenbarten (vgl. Abschnitt 5.4). Lediglich am Rahmen über EG (Achse H 6–7, Süd) löste sich kurz vor der Ziellast eine Verformungsbehinderung, was wahrscheinlich auf Reibung in der Fuge zurückzuführen war. Die Seitenfläche des Unterzugs war gewellt, weil offensichtlich beim Betonieren die Schalung verrutscht war.

Tabelle 1: Verformungen und Riegelbreiten der 2020 und 2023 getesteten Stahlbetonrahmen

Rahmen in Achse	H, 6/7						H, 1/2	
	1. OG (S)	1. OG (N)	2. OG (S)	2. OG (N)	EG (S)	EG (N)	2. OG (S)	2. OG (N)
Riegelbreite b [cm]	22,0	25,0	23,5	23,0	24–25	25,0	21,5	25,0
F <sub>max</sub> [kN]	254	256	254	254	261	258	256	258
f <sub>max</sub> [mm]	11,5	14,6	8,9	9,6	12	13	13,1	13,8

Messbereiche, die eine auffällige (nichtlineare) Last-Verformungs-Kurve aufwiesen, wurden für eine Erweiterung des Monitoringsystems mit entsprechenden Warnschwellen vorgeschlagen:

- 3 Schubdehnung in der Rahmenecke
- 1 Biegedehnung auf der Stiel-Außenseite
- 1 Durchbiegungsüberwachung des Riegels

Die Warnwerte liegen ohne Temperatureinfluss hier je nach Messort für die Betondehnungen (inkl. Rissen) zwischen 0,05 mm und 0,18 mm (umgerechnet mit  $\Delta l = \epsilon \cdot l$ ) und für die Durchbiegung bei 5,6 mm.

Für bereits installierte Sensoren konnten anhand der zusätzlichen Messergebnisse die Schwellwerte angepasst werden.

## 7. Zusammenfassung und Ausblick

Dieses Projekt zeigt exemplarisch, dass eine umfangreiche Bauwerksanalyse die Basis für ein wirtschaftliches Instandsetzungskonzept sein kann, das Hau-Ruck-Lösungen (viel hilft viel) vermeidet. Neben einer klassischen fachmännischen Instandsetzung gut zugänglicher Bauteile konnte das Risiko anderer Bereiche aus einer Kombination von Abdichtung, experimenteller Tragsicherheitsbewertung und Monitoring soweit minimiert werden, dass eine begrenzte Weiternutzung (2–3 Jahre) vertretbar war. Experimentelle Methoden loten die Tragwerksreserven bestehender Bauwerke aus und können selbst dann ein erfolgsversprechender Lösungsansatz sein, wenn umfangreiche rechnerische Analysen unbefriedigende Ergebnisse erzielt haben. Voranschreitender Computerhörigkeit trotzend bieten sie eine wirtschaftlich attraktive Alternative zu Abriss und Neubau und leisten einen wichtigen Beitrag, um Baukultur zu bewahren.

## Literatur

- [1] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb, Hrsg.): Richtlinie für Belastungsversuche an Betonbauwerken. Berlin: Beuth, 07-2020.
- [2] Gutermann, M., Malgut, W.: Experimentelle Methoden – ein alternativer Weg zum Tragsicherheitsnachweis von Parkbauten“. In: Tagungsband 9. Kolloquium Parkbauten. TAE Esslingen, 04./05.02.2020. S. 3–9.
- [3] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb, Hrsg.): Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen. Teil 1: Allgemeine Regelungen und Planungsgrundsätze. Teil 2: Bauplanung und Bauausführung. Berlin: Beuth Verlag, 08-1990 sowie 2. Berichtigung zur Richtlinie, erschienen 12-2005.
- [4] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb, Hrsg.): Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungs-Richtlinie). Berlin: Beuth, 10-2001.



# Chloridschutz- und Abdichtungskonzepte von Tiefgaragen unter Berücksichtigung der Anforderungen aus Entwurfsgrundsatz, Nutzungsklasse und Beanspruchungsklasse

Dipl.-Ing. (Univ.) Norbert Swoboda

TÜV SÜD Industrie Service GmbH, Leiter Abteilung Bautechnik München

## Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich mit der Planung und der Ausführung von Abdichtungs- und Chloridschutzkonzepten bei Stahlbetonkonstruktionen in WU-Bauweise. Neben der Darstellung der erforderlichen Grundlagen werden anhand von Fallbeispielen objektspezifische Chloridschutz- und Abdichtungskonzepte von WU-Konstruktionen in Tiefgaragen, die Bestandteil von Untergeschossen mit ständiger oder temporärer Grund-, Sicker- oder Schichtenwasserbeaufschlagung sind, vorgestellt. Des Weiteren werden in diesem Kontext der mögliche Einsatz von Stahlfaserbeton und rezykliertem Beton für WU-Bodenplatten sowie von Frischbetonverbundfolien in Teilbereichen höherwertiger Nutzung betrachtet.

## 1. Einführung

Die Festlegung von statisch-konstruktiven, geometrischen und produktspezifischen Randbedingungen, die mit der Erstellung eines Chloridschutz- und Abdichtungskonzepts von mittels Grundwasser beaufschlagten Tiefgaragen und Untergeschossen einhergeht, stellt eine komplexe Planungsaufgabe dar, deren Zuständigkeit im Projektgeschäft nicht immer eindeutig geregelt ist. Insofern sind Planung und Erstellung entsprechender Konzepte als interdisziplinäre Fachaufgabe zu verstehen, deren Umsetzung zahlreichen Einflüssen und Faktoren unterworfen ist.

Neben den erforderlichen Grundlagen werden nachfolgend anhand von Praxisbeispielen unterschiedliche, technisch mögliche Varianten zur Abdichtung sowie zum Chlorid- und Oberflächenschutz von Tiefgaragen und deren Abhängigkeiten von den sich aus der WU-Richtlinie des DAfStb. [1] ergebenden Parametern (Entwurfsgrundsatz (EGS), Nutzungsklasse (NKL), Beanspruchungsklasse) vorgestellt.

In diesem Zusammenhang werden im Rahmen von Schutzzielbetrachtungen auch Lösungen präsentiert, die eine Ergänzung zu den im DBV-Merkblatt Parkhäuser und Tiefgaragen, Ausgabe 01/2018, Fassung 09/2022 [8] genannten Varianten (Tabelle 5) darstellen.

Abschließend werden Detaillösungen zur Ausführung von Oberflächenschutzsystemen in kritischen Teilbereichen wie Rinnenkonstruktionen aufgezeigt und bewertet.

## 2. Grundlagen zur Planung und Ausführung von Abdichtungs- und Chloridschutzkonzepten

Im Zuge der Realisierung komplexer, anspruchsvoller Stahlbetonkonstruktionen sind im Planungsprozess frühzeitig die Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten der Projektbeteiligten zu definieren. Üblicherweise kümmert sich hier der Objektplaner/Architekt übergeordnet um die erforderliche Koordination der Fachplaner und bindet deren Ergebnisse in die Gesamtplanung mit ein.

Diese Vorgehensweise sollte auch bei der Planung und Ausführung von im Baugrund befindlichen, mittels Grundwasser beaufschlagten Stahlbetonkonstruktionen Anwendung finden, bei denen zahlreiche fachspezifische Anforderungen aus Nutzung und Beanspruchung zu berücksichtigen sind.

Die im Rahmen dieses Beitrages betrachteten, unterirdischen Stahlbeton-Konstruktionen dienen in der Regel der Tiefgaragennutzung; häufig auch der Unterbringung von Technik-, Lager- oder Sozialräumen.

Als fachspezifische und bereits im Rahmen der Vor- und Bedarfsplanung zu berücksichtigende Einflussfaktoren sind u. a. zu nennen: Art der Nutzung/Nutzungsklasse, Bemessungswasserstand/Beanspruchungsklasse, Einwirkungen aus Last und Zwang, Anforderungen an den Chloridschutz (Tiefgarage), Entwurfsgrundsatz, Bauteilabmessungen, Tragsystem, Betoneigenschaften, Fugenausbildung, Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit der Konstruktion.

Zur Umsetzung eines den o. g. Einflussfaktoren und Randbedingungen gerecht werdenden WU-Konzepts bzw. Abdichtungskonzepts wurden in der neu erschienenen DIN 1045-1000 [23] sogenannte Betonbauqualitätsklassen (BBQ) eingeführt, die eine Systematik zur Unterscheidung des Anforderungsniveaus in technischer Hinsicht und hinsichtlich der erforderlichen Kommunikation zwischen den Fachplanern aufweisen. In diesem Kontext wird in der DIN 1045-1000 das Erfordernis von BBQ-Start-, Ausschreibungs- und Ausführungsgesprächen im Beisein einer in der Betontechnik fachkundigen Person empfohlen.

Die Fachplanung zur Erstellung eines qualifizierten Betonbau-, Abdichtungs-, WU- und Chloridschutzkonzepts ist in den Grundleistungen der Tragwerksplanung nicht enthalten und muss gesondert beauftragt und vergütet werden. Die Beauftragung sollte, wie oben formuliert, in den frühen HOAI-Leistungsphasen (sinnvollerweise bereits im Zuge der Bedarfsplanung – „Lph 0“) erfolgen,

da die entsprechenden Festlegungen maßgebenden Einfluss auf die weitere Planung aller anderen Fachdisziplinen haben können.

Zur fachgerechten Planung von Abdichtungs- und Chloridschutzkonzepten ist die Kenntnis und die Berücksichtigung zahlreicher Normen, Regelwerke und Literaturquellen erforderlich. Exemplarisch sind die wesentlichen Quellen im Anhang zu diesem Beitrag aufgeführt.

## 2.1 Entwurfsgrundsatz (EGS) in Verbindung mit der Nutzungs- und der Beanspruchungsklasse

Ein zentrales Schutzziel bei der Planung und der Ausführung von Bodenplatten und Wänden in wasserundurchlässiger Bauweise (WU-Bauweise) ist die Vermeidung (Entwurfsgrundsatz a) bzw. die Begrenzung/Steuerung (Entwurfsgrundsätze b, c) von Trennrissen, welche die komplette Dicke des Stahlbetonbauteils durchlaufen. Bei Beaufschlagung der Trennrisse mit Wasser kann es zu folgenschweren Schädigungen an Ausstattung und Innenausbau sowie mitunter an hochwertigen Lagergütern (z. B. Archive) im Bereich von Räumen höherwertiger Nutzung und damit zu Einschränkungen der Gebrauchstauglichkeit (Nutzungsklasse A) bzw. zu Nutzungseinschränkungen im Bereich der Tiefgarage (Nutzungsklasse B) kommen. Insofern sind bereits in der Planung Nutzungsklassen, Beanspruchungsklassen und Entwurfsgrundsätze zwingend aufeinander abzustimmen. Bezüglich sinnvoller Kombinationen von Nutzungsklassen und Entwurfsgrundsätzen wird auf das DBV-Heft Nr. 43 [13] verwiesen. Bekanntermaßen sollten bei hochwertiger Nutzung von Räumen in Untergeschossen (Nutzungsklasse A°, A\*-A\*\*\*), die drückendem Wasser ausgesetzt sind (Beanspruchungsklasse 1), nur die Entwurfsgrundsätze a (Trennrissvermeidung) und c (Festlegung von größeren Trennrissbreiten in definierten Bereichen) geplant und ausgeführt werden. In Bereichen der Nutzungsklasse A kann objektspezifisch, zusätzlich zu den statisch-konstruktiven und betontechnischen Maßnahmen zur Umsetzung der Entwurfsgrundsätze die Berücksichtigung von raumklimatischen Anforderungen in Form von bauphysikalischen Maßnahmen (Dämmung, mechanische Be- und Entlüftung etc.) erforderlich werden. Zur Überprüfung dieses Erfordernisses wird die fallbezogene Beauftragung eines Lüftungskonzeptes empfohlen.

In Bauteilbereichen mit geringeren Anforderungen, die in Nutzungsklasse B eingruppiert werden können, ist auch die Anwendung des Entwurfsgrundsatzes b (Festlegung von Trennrissbreiten) zulässig. Eine typische Nutzung in Nutzungsklasse B stellt die Tiefgarage dar.

Es ist in diesem Zusammenhang darauf hinzuweisen, dass Trennrisse auch bei sorgfältiger Planung und Ausführung selbst im Entwurfsgrundsatz a nicht gänzlich ausgeschlossen werden können, wenn auch die Auftretenswahrscheinlichkeit deutlich geringer sein sollte als bei Umsetzung der Entwurfsgrundsätze b und c. Das zur vertragskonformen Herstellung des Stahlbetonbauteils objektbezogen mitunter durchzuführende nachträgliche Abdichten durch Injektionen im Bereich wasserführender Trennrisse oder Arbeitsfugen ist gemäß WU-Richt-

linie [1], Abschnitt 12, ausdrücklich vorgesehen und damit regelwerkskonform.

Die Auslegung des Entwurfsgrundsatzes c (Formulierung im DBV-Merkblatt Parkhäuser und Tiefgaragen, Ausgabe 01/2018 [8], Abschnitt 2.4.3.2: „Festlegung von tolerierbaren rechnerischen Rissbreiten möglichst in definierten Bereichen“) wird häufig dahingehend missinterpretiert, dass lediglich eine Rissbreitenbeschränkung mit größerer rechnerischer Rissbreite (z. B.  $w_k = 0,3$  mm statt  $w_k = 0,2$  mm => EGS b) erfolgt, auf die eigentlich immanent erforderliche Risssteuerung über die Festlegung von Sollrissen jedoch verzichtet wird. Unabhängig davon wird dann eine starre OS8-Beschichtung als Chloridschutz umgesetzt, weil dies nach Tabelle 5 in [8] formal richtig erscheint. Bei Bodenplatten mit erhöhter Reißneigung kann diese Interpretation des Entwurfsgrundsatzes c im Laufe der Nutzung aber zu einer großen Anzahl an rissüberbrückenden Bandagen mit entsprechenden optischen Einschränkungen und damit zu erhöhten Betriebskosten führen. Aus Sicht von TÜV SÜD sollten bei der Umsetzung des EGS c in Bezug auf Zwangspunkte zwingend sinnvoll angeordnete Sollrissfugen geplant und in der Bauausführung auch konstruktiv umgesetzt werden (z. B. mit Sollrissfugenelementen). Diese Fugen sind dann mit hochrissüberbrückenden Systemen vor dem Eindringen von Chloriden zu schützen. Abseits dessen können die verbleibenden zwängungsarmen Bauteilbereiche starr beschichtet werden.

## 2.2 Weitere Hinweise zu Planung und Bauausführung

Unabhängig von der theoretischen Zuordnung von Bauteilen in Nutzungs- und Beanspruchungsklassen und deren Bemessung nach Entwurfsgrundsätzen ist es grundsätzlich sinnvoll, die Herstellung sowohl der Bodenplatten als auch der Außenwände im Bereich der mittels Grundwasser beaufschlagten Untergeschosse möglichst zwängungsarm zu gestalten, so dass Bauteile entstehen, die in Bezug auf die Rissbildung im Ergebnis eher dem Entwurfsgrundsatz a („rissvermeidende Bauweise“) als dem Entwurfsgrundsatz b oder c zuzuordnen sind. Dies kann grundsätzlich durch die Umsetzung von planerischen sowie betontechnologischen und ausführungstechnischen Maßnahmen begünstigt werden.

Als eine diesbezügliche Maßnahme ist eine gevoutete Ausführung von Bodenplattenvertiefungen (z. B. Bodenplattenverdickungen im Bereich konzentrierter Lasteinleitungen sowie Aufzugsunterfahrten im Bereich von Treppenhäusern) in Verbindung mit der Anordnung von Weichfaserplatten gegen die angrenzende Sauberkeitsschicht zu nennen. Des Weiteren können sich in Bezug auf die Reduzierung von Zwangsbeanspruchungen eine geglättete Sauberkeitsschicht mit einer mehrlagigen (mindestens 2-lagigen) PE-Folie sowie die Verwendung einer objektbezogen angepassten Betonrezeptur (Beton mit mittlerer oder langsamer Festigkeitsentwicklung, CEM II oder CEM III, niedrige Frischbetontemperatur in Abhängigkeit des Betonierzeitpunkts, ausreichend lange Nachbehandlung durch Feuchthalten und Abdecken der Oberflächen mittels Folie etc.) günstig auswirken. In



Bezug auf die zwängungs- und rissarme Herstellung von Außenwänden wird ebenfalls auf die o. g. betontechnologischen und ausführungstechnischen Maßnahmen verwiesen. Die in einem Abschnitt herzustellenden Wandlängen sollten bei örtlicher Ausführung auf ca.  $2 \times h$ , d. h. zweimal der Wandhöhe beschränkt werden, was bei üblichen Hochbauten ca. 6–7 m entspricht. In den vertikalen Arbeitsfugen der Wände sollten entsprechende innenliegende Dichtelemente vorgesehen werden, die sich mit dem horizontalen Fugenband bzw. Fugenblech in der Boden-Wand-Fuge übergreifen müssen.

Der Vollständigkeit halber sei hier erwähnt, dass bei Planung und Ausführung eines WU-Betons die entsprechenden Anforderungen der WU-Richtlinie [1] zu Bauteildicken, w/z-Wert, Größtkorn, Konsistenzklasse, Anschlussmischung etc. zu berücksichtigen sind. Bei der Verwendung von Elementwänden/Halbfertigteilen als WU-Außenwand sind in Bezug auf den Kernbeton und die Bauteilgeometrie besondere Randbedingungen zu beachten. So sind in Abhängigkeit des Größtkorns des Kernbetons Mindestabstände zwischen der Anschlussbewehrung und den Innenseiten der Elementschalen einzuhalten, um das fachgerechte Einbringen und Verdichten des Kernbetons zu ermöglichen. In der Praxis ergeben sich damit bei üblichen Schalendicken von 6 cm Wanddicken von z.T.  $d \geq 28$  cm. Insbesondere ist auch auf die Rauhigkeitsanforderungen an den Innenseiten der Elementschalen hinzuweisen. Gefügestörungen in der Verbundfuge müssen sicher verhindert werden.

Am Übergang zwischen Bodenplatte und Außenwänden sind beschichtete Fugenbleche oder Fugenbänder vorzusehen. Alternativ können WU-Fugen auch mit anderen konstruktiven Mitteln hergestellt werden (Freilegen Korngerüst Erstbeton, Verwendung einer zementreicheren Anschlussmischung mit kleinerem Größtkorn auf die ersten 30 cm vertikal). Weitere wesentliche Anforderungen an die Ausführung einer WU-Konstruktion bzw. an den Beton gemäß WU-Richtlinie [1] sind bei der Konzeption der Betonrezepturen zu berücksichtigen; u. a. sind die Anforderungen an die Überwachungsklasse 2 nach DIN 1045-3 zu beachten.



Abb. 1: Unsauber hergestellte WU-Fuge am Übergang zwischen Bodenplatte und Außenwand mit verschmutztem und nicht geradlinig verlegtem Fugenband

Bezüglich der TGA-Planung kann es sinnvoll sein, die Anordnung der haustechnischen Anlagen in den Technik- und Anschlussräumen derart vorzunehmen, dass Zugänglichkeiten zu den Außenwänden zur möglichen Durchführung nachträglicher Dichtmaßnahmen bestehen.

### 2.3 Hinweise zur Ausführung von Stahlfaserbeton als WU-Bauteil

Stahlfaserbewehrte Bauteile, bei denen die Fasern auf die statisch erforderliche Bewehrung angerechnet werden können und einen Teil der Stabstahlbewehrung ersetzen, kommen in Kombination mit klassischer Stabstahl- oder Mattenbewehrung nach Einschätzung von TÜV SÜD in der letzten Zeit dann häufiger zum Einsatz, wenn Nachhaltigkeitsaspekte verfolgt werden und eine damit einhergehende Optimierung der Gesamtstahltonnage im Vordergrund steht. Entsprechende Vergleichsbetrachtungen zur Bewertung der wirtschaftlichen Vorteile sind i.d.R. durch einschlägige Tragwerksplaner nach gesonderter Beauftragung zu erbringen.

Gemäß eigenen Erfahrungen von TÜV SÜD können WU-Bodenplatten grundsätzlich auch mit Stahlfaserbeton realisiert werden, wenn die entsprechenden betontechnologischen Anforderungen erfüllt werden. In Verbindung mit Kunstharzbeschichtungen bei Tiefgaragennutzung wird von Stahlfaserbeton abgeraten, da sich die im Bereich der Betondeckung oberflächennah angeordneten Fasern aufgrund von Restfeuchte in der Randzone an der Oberfläche als korrosive Verfärbungen abzeichnen können, was als Einschränkung der Optik und ggf. auch der Dauerhaftigkeit zu bewerten ist. Bei Ausführung eines bituminösen Abdichtungsaufbaus als Chloridschutz der Bodenplatte, ist die Verwendung eines Stahlfaserbetons aus Sicht von TÜV SÜD möglich, da die o. g. Effekte aufgrund der flächig auf der Bodenplatte verklebten Bitumenschweißbahn nicht auftreten werden.

Die Oberseite der Bodenplatte sollte vor den weiteren nachfolgenden Arbeitsschritten (z. B. Aufbringen der Abdichtung im Bereich der TG-Nutzung) abgeschliffen werden, um ein nicht gewünschtes Hochstehen von Stahlfasern an der Oberfläche zu vermeiden. Alternativ kann dies auch durch die Ausführung einer Hartstoff-einstreuung (ca.  $3 \text{ kg/m}^2$ ) erzielt werden, womit zusätzlich eine Vergütung der Randzone erfolgt. In Verbindung mit betontechnologischen Festlegungen sollten Einbauverfahren für die Bodenplatte gewählt werden, die das Aufschwimmen von Fasern sinnvoll verhindern (z. B. Einbau des Betons mit einer „Motorpatsche“ mit Rüttelenergie von oben o.ä.). Die diesbezüglichen Festlegungen sind durch die bauausführende Firma zu treffen. In der Vorbereitung der Oberfläche der Bodenplatte zum nachträglichen Aufbringen des Chloridschutzes kann es trotz der oben genannten Maßnahmen erforderlich werden, einzelne aus der Oberfläche stehende Stahlfasern zu entfernen. Dies sollte z. B. in den Ausschreibungstexten berücksichtigt werden.

Zusätzlich zu den o. g. Punkten sind bei Umsetzung von Bodenplatten in Stahlfaserbeton die Vorgaben und Anforderungen an die Verarbeitung zu beachten (siehe

hierzu DAfStb.-Richtlinie Stahlfaserbeton [4]). Auch die Bauleitung ist auf die Ausführung mit Stahlfaserbeton abzustimmen (Art der Pumpe, Durchmesser der Schläuche, höherer Aufwand beim Einbringen und Verdichten des Betons zur Vermeidung von „Nestbildungen“). Zur bauordnungsrechtlichen Einstufung ist auszuführen, dass die DAfStb.-Richtlinie Stahlfaserbeton [4] in Deutschland seit 2010 bindendes Regelwerk für Stahlfaserbetonbauteile und bauaufsichtlich eingeführt ist. Der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen MVV TB ist zu entnehmen, dass bei Verwendung von Stahlfaserbeton die DAfStb.-Richtlinie [4] anzuwenden ist. Aktuell liegt die Richtlinie [4] in der Fassung 2021 vor.



Abb. 2: Entmischungen/Fasernester des Stahlfaserbetons einer WU-Bodenplatte im Bereich der oberen Bewehrungslage

Aus [25] ist in Bezug auf die Verwendung von Stahlfasern sinngemäß Folgendes zu entnehmen: Für Stahlfasern ist gemäß DIN EN 14889-1/8 ein CE-Kennzeichen erforderlich. Für „Fasern für tragende Zwecke“ und grundsätzlich für Fasern, die einem Beton gemäß DIN EN 206-1/DIN 1045-2 zugegeben werden, ist ein Konformitätszertifikat einer notifizierten Stelle vorzuweisen. Damit ist in Deutschland stets eine überwachte Stahlfaser mit Konformitätszertifikat zu verwenden, auch wenn die Faser nicht als tragendes Element eingesetzt wird. Auf der CE-Kennzeichnung ist bei Fasern mit Konformitätszertifikat die Nummer des Zertifikates und die Nummer der überwachenden Stelle angegeben. Demgegenüber sind für den Einsatz von Kunststofffasern und Fasern, die mit einer speziellen Verpackung geliefert werden (z. B. verklebte Fasern), allgemein bauaufsichtliche Zulassungen erforderlich.

Weiterführende Spezifikationen sind ggf. im Zuge der weiteren Planung und der Ausschreibung mit dem entsprechenden Hersteller der Stahlfasern abzustimmen bzw. zu vereinbaren.

## 2.4 Hinweise zur Verwendung von Frischbetonverbundfolien bei WU-Bauteilen

Frischbetonverbundfoliensysteme (FBVS) werden in letzter Zeit häufig in Bereichen höherwertiger Nutzung (Nutzungsklasse A\*-A\*\*\*) zusätzlich zur WU-Bauweise im Sinne einer Sekundärabdichtung eingesetzt, um eine höhere Sicherheit in Bezug auf das Eindringen von Feuchtigkeit über wasserführende Trennrisse zu erzielen. Übliche Anwendungen von FBVS sind z. B. größere Gebäude mit Wohn-, Büro- und Gewerbenutzung, komplexerer haustechnischer Ausstattung und z.T. mehreren Untergeschossen. Im Bereich von Ein- und kleineren Mehrfamilienhäusern spielen FBVS nach Einschätzung von TÜV SÜD bislang eher keine Rolle.

Frischbetonverbundfolien in Verbindung mit Stahlbetonbauteilen aus WU-Beton sind aktuell (noch) nicht den allgemein anerkannten Regeln der Technik (a. a. R. d. T.) zuzuordnen. Sie entsprechen nicht der Abdichtungsnorm DIN 18533 (im Neuentwurf der DIN 18533, 09/2023 nicht enthalten) und sind auch nicht in der WU-Richtlinie geregelt. Zur Verwendung sind bei Abweichungen von den a. a. R. d. T. individuelle vertragliche Vereinbarungen mit dem Bauherrn zu treffen. Das Inverkehrbringen erfolgt über Prüfzeugnisse (abP) oder Zulassungen (EAD). Trotz der o. g. Einschränkungen kann der Einsatz von FBVS bei fachgerechter Planung und Ausführung sowohl der Folie als auch der WU-Konstruktion in Bereichen höherwertiger Nutzung und ggf. schlechter Zugänglichkeit (z. B. im Bereich hochinstallierter Technikräume) angezeigt sein. In der Fachliteratur (siehe z. B. einschlägige DBV-Hefte und Merkblätter [14], [15]) wird die Verwendung von FBVS bei Nutzungsklasse A konform zu den Auslegungen der WU-Richtlinie [1] nur in Verbindung mit den Entwurfsgrundsätzen a und c aufgeführt. Von der Anwendung von FBVS bei Entwurfsgrundsatz b wird in Verbindung mit Nutzungsklasse B grundsätzlich abgeraten, da in diesem Fall die Selbstheilung von Rissen als wesentliches Wirkprinzip dieses Entwurfsgrundsatzes nicht möglich ist.

Nach Aussagen der Münchner Runde (siehe Positionspapier 2020 [16]) liegen unabhängig davon bei Tiefgaragennutzung (Nutzungsklasse B) positive Erfahrungen zur Verwendung von FBVS in Verbindung mit Entwurfsgrundsatz b und der Ausführung von rissüberbrückenden, nicht diffusionsoffenen Oberflächenschutzsystemen nach Variante B2, Tabelle 5, DBV-Merkblatt Parkhäuser und Tiefgaragen, Ausgabe 01/2018 [8] vor.

Nach Auffassung von TÜV SÜD ist eine Anwendung von FBVS in Verbindung mit Nutzungsklasse B (v.a. bei Tiefgaragennutzung) i.d.R. nicht erforderlich, weil hier die WU-Bauweise allein eine ausreichende Sicherheit gegen eindringende Feuchtigkeit liefern sollte und im Falle von Wasserzutritt nachträgliche Verpressmaßnahmen durchgeführt werden können.

Grundsätzliche Voraussetzung für eine Erhöhung der Schutzwirkung der WU-Konstruktion durch die Verwendung eines FBVS in Bereichen höherwertiger Nutzung ist eine fachgerechte Verlegung und Verarbeitung der Frischbetonverbundfolie gemäß den Vorgaben und