

# Tragwerksbeurteilung beim Bauen im Bestand - Analyse und Instandsetzung an praktischen Beispielen -

Prof. Dr.-Ing. Jens Minnert  
Dipl.-Ing. Carsten Reichmann



*Gegenüber dem typischen Neubau von Bauwerken nimmt das Bauvolumen beim Bauen im Bestand signifikant stärker zu. Planer und Bauausführende werden in den nächsten Jahrzehnten in der Instandsetzung, Ertüchtigung oder Änderung bestehender Bauwerke ein wesentliches Betätigungsfeld finden. Besonders die Tragwerksbeurteilung von bestehenden Bauwerken setzt beim Planenden ein hohes Maß an Fachwissen und Kreativität voraus.*

## 1. Einführung

Die Besonderheiten beim Bauen im Bestand sind:

- Die Kenntnis über den angetroffenen Bauzustand ist i. d. R. unvollständig (z.B. existieren oftmals keine Unterlagen mehr).
- Die zweckmäßigen Ausführungsmethoden, Baumaterialien und Bauabläufe können oft erst nach Beginn der Bauarbeiten festgelegt werden.
- Die Beurteilung und Instandsetzung von bestehenden Bauwerken erfordert umfassende Kenntnisse über die früher verwendeten Baustoffe, Bauteile und Bauarten.

Bei der Begutachtung von Bestandsbauten sind oft unterschiedliche Schäden an den verschiedenen Bauteilen zu beobachten.

In den nachfolgenden Bildern sind einige Schäden beispielhaft zusammengestellt:

- Stahlbauteile
- Stahlbetonbauteile
- Holzbauteile

### Schadensbeispiele an Stahlbauteilen im Bestand



Bild 1a. Stahlstütze mit Rostschaden am Stützenkopf



Bild 1b. Stahlstütze mit Rostschaden am Stützenfuß

### Schadensbeispiele an Stahlbetonbauteilen im Bestand



Bild 2a. Feuchte- und Korrosionsschaden an einem UZ



Bild 2b. Schäden an Stützen in einer Tiefgarage

### Schadensbeispiele an Holzbauteilen im Bestand



Bild 3a. Rissbildung an einer Mittelpfette



Bild 3b. Rissbildung in einem Holzträger

## 2. Bestandsschutz

Beim Bauen im Bestand ist immer zu entscheiden, welche technischen Baubestimmungen anzuwenden sind und in welchen Fällen nach dem Grundsatz des Bestandsschutzes verfahren werden darf. Dies ist besonders dann von Bedeutung, wenn sich die Anforderungen in den aktuell geltenden technischen Baubestimmungen gegenüber den zum Zeitpunkt der Errichtung des Gebäudes geltenden Regelungen verschärft haben.

### Definition des Bestandsschutzes gemäß [1]:

*Bestandsschutz ist der Grundsatz, der besagt, dass ein Bauwerk oder eine Anlage, die zu irgendeinem Zeitpunkt mit dem geltenden Recht in Einklang stand, in ihrem bisherigen Bestand und ihrer bisherigen Funktion erhalten und genutzt werden kann, auch wenn die Konstruktion oder Teile davon nicht mehr dem aktuell geltenden Recht entsprechen. Der Bestandsschutz beinhaltet auch das Recht, die bauliche Anlage abweichend von den geltenden technischen Baubestimmungen oder anderen aktuellen Bauregeln in stand zu setzen. Unabhängig davon muss die Standsicherheit zu jedem Zeitpunkt gegeben sein.*

Allerdings gilt gemäß Rechtsprechung vom Bundesverwaltungsgericht BVerG, Beschluss vom 11.04.1989, Az. 4 b 65/89:

Der Eigentümer ist ohne Rücksicht auf seine finanzielle Leistungsfähigkeit für den ordnungsgemäßen Zustand seines Gebäudes verantwortlich, was nach höchstrichterlicher Rechtsprechung wiederum mit der Eigentumsgarantie vereinbar ist.

### Voraussetzungen für die Geltendmachung des Bestandsschutzes sind:

- Die ursprüngliche Rechtmäßigkeit der baulichen Anlage
- keine wesentliche Änderung der baulichen Anlage
- ein technischer Zustand, der zum Zeitpunkt der Errichtung der baulichen Anlage vorgesehen war (unter Berücksichtigung des zeitlich bedingten Verschleißes bei üblichen Instandsetzungsmaßnahmen)
- keine konkrete Gefahr in Verzug ist (z.B. bei nicht gewährleister Standsicherheit oder fehlenden Fluchtwegen)

Die jeweiligen Landesbauordnungen und einige Sonderbauordnungen enthalten Vorschriften, nach denen an rechtmäßig bestehende bauliche Anlagen, also für die der formelle Bestandsschutz gilt, nachträgliche Anforderungen gestellt werden können (z.B. zusätzliche Brandschutzanforderungen an Fluchtwege). In diesen Fällen muss vom Grundsatz des Bestandsschutzes abgewichen

Zeitraum	W <sup>1)</sup>	Nennwert der Betondruckfestigkeit <sup>2)</sup>										
1907 - 1916	300 M	W <sub>28</sub> 100	W <sub>28</sub> 150	W <sub>28</sub> 180	W <sub>28</sub> 230							
	f <sub>ck</sub>	5	6	7	8							
1916 - 1925	200 M	W <sub>28</sub> 150		W <sub>28</sub> 180	W <sub>28</sub> 245							
	f <sub>ck</sub>	7		8	9							
1925 - 1932	200 M	Wb <sub>28</sub> 100		Wb <sub>28</sub> 130	Wb <sub>28</sub> 180							
	f <sub>ck</sub>	6		8	11							
1932 - 1943	200 M	W <sub>b28</sub> 120		W <sub>b28</sub> 160	W <sub>b28</sub> 210							
	f <sub>ck</sub>	8		10	12							
1943 - 1972 (DDR bis 1981)	200 M	B 80	B 120	B 160	B 225		B 300	B 450 <sup>3)</sup>		B 600 <sup>3)</sup>		
	f <sub>ck</sub>	8		10	16		20	28		35		
1972 - 1978	200 5%	Bn 50	Bn 100		Bn 150	Bn 250		Bn 350	Bn 450	Bn 550		
	f <sub>ck</sub>	8		12	20		28	33	36			
1981 - 1990 (DDR)	150 5%	Bk 7,5	Bk 10	Bk 12,5	Bk 15	Bk 20	Bk 25	Bk 30	Bk 35	Bk 45	Bk 50	Bk 55
	f <sub>ck</sub>	7		9	11	15	18	22	26	33	36	38
1978 - 2004	200 5%	B 5	B 10		B 15	B 25		B 35	B 45	B 55		
	f <sub>ck</sub>	8		12	20		28	33	36			
Ab 2001	150 5%	C8/10		C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	
	f <sub>ck</sub>	8		12	16	20	25	30	35	40	45	

<sup>1)</sup> W – Würfel: Kantenlänge in [mm], M – Mittelwert aus drei Proben oder 5%- Quantilwert charakteristischer Wert der Zylinderdruckfestigkeit f<sub>ck</sub> in [N/mm<sup>2</sup>]

<sup>2)</sup> Einheiten ca. 100 kg/cm<sup>2</sup> (bis 1972) = 100 kp/cm<sup>2</sup> (bis 1978) = 10 N/mm<sup>2</sup> (ab 1978) = 10 MN/m<sup>2</sup> = 10 MPa

<sup>3)</sup> ab 1953 in DIN 4227: Spannbeton

Tabelle 1. Zuordnung der Betonfestigkeiten von 1907 bis 2001 [3]

werden. Grundsätzlich ist der Bestandsschutz somit immer dann gegeben, wenn keine Anpassungsvorlagen oder ein Anpassungsbedarf erforderlich bzw. gesetzlich kundgetan werden, weil die zu bewahrenden öffentlichen Interessen zurückstehen können.

Zusätzlich sind beim Bauen im Bestand oft auch Anforderungen aufgrund des Denkmalschutzes zu beachten. Für Maßnahmen an einem Denkmal, die in die Substanz eingreifen oder das Erscheinungsbild beeinträchtigen können, ist immer eine Genehmigung der zuständigen Denkmalbehörde erforderlich.

### 3. Wesentliche Abläufe beim Bauen im Bestand

Im nachfolgenden Diagramm (Bild 4) sind die wesentlichen Abläufe beim Bauen im Bestand anhand eines Ablaufdiagramms in Anlehnung an [1] zusammengestellt.

### 4. Wichtige Kennwerte zur Beurteilung von Stahlbetonkonstruktionen

Um die Tragfähigkeit bestehender Stahlbetonkonstruktionen beurteilen zu können, sind die Bezeichnungen und Kennwerte der eingesetzten Baustoffe von wesentlicher Bedeutung. Nachfolgend werden die wesentlichen Kennwerte für Beton (Tabelle 1) und Betonstahl (Tabelle 2) in Anlehnung an [2] und [3] zusammengestellt.

Oft ist es in der praktischen Arbeit beim Bauen im Bestand notwendig auf historische Regelwerke zurückzugreifen. Für den Bereich Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbau ist die Zusammenstellung aller gültigen historisch technischen Regelwerke von den Jahren 1904 bis 2004 in [4] besonders empfehlenswert.

### 5. Allgemeines zum Brandschutz im Bestand

Dem Brandschutz wird in Deutschland ein hoher Stellenwert im Rahmen der Sicherheit für Leben, Gesundheit und Sachwerte beigemessen. Dennoch ist kein absoluter Schutz vor der Entstehung und Ausbreitung von Feuer und Rauch möglich. Es bleibt immer ein Restrisiko. Ursachen hierfür sind:

- technisches Versagen
- menschliche Fehler bei der Planung, Ausführung und Nutzung der Bauwerke
- Fahrlässigkeit und Vandalismus

Gruppe	Bezeichnung	Ø	minimale Streckgrenze	Zugfestigkeit	minimale
		[mm]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[%]
I	Betonstahl I	-	220	340 bis 500	18
IIa	Betonstahl II (naturhart)	≤ 18 > 18	360 340	500 bis 620	20 18
IIb	Sonderbetonstahl II (kaltgereckt)			500 bis 640	
IIIa	Betonstahl III (naturhart)	≤ 18 > 18	420 400	≥ 500	18
IIIb	Sonderbetonstahl III (kaltgereckt)				8
IVa	Betonstahl IV (naturhart)	-	500	-	16
IVb	Sonderbetonstahl IV (kaltgereckt) Betonstahlmatten				8

Tabelle 2. Betonstahlgruppen ab 1943 [3]

Bei einer brandschutztechnischen Beurteilung von bestehenden Bauwerken und baulichen Anlagen tritt oft zutage, dass sich der Bestand nicht ohne weiteres mit den aktuellen baurechtlichen Bestimmungen und den Zielen des Bauherrn in Übereinstimmung bringen lässt.

In diesem Fall sind gesamtheitliche Brandschutzkonzepte zur Erfassung und Beurteilung des Brandschutzes bei Bestandsbauten notwendig.

Im Rahmen dieser Konzepte sind sinnvolle und optimierte Ertüchtigungsmaßnahmen für den jeweiligen Einzelfall zu entwickeln.

Ein sachkundiger Brandschutzplaner sollte möglichst zu einem sehr frühen Zeitpunkt in die Entwurfsplanung eingebunden werden, damit

- die wesentlichen Ziele des Brandschutzes sicher erreicht werden,
- alle Beteiligten die erforderliche Planungs- und Kostensicherheit erhalten und
- die Kosten für die ergänzenden Brandschutzmaßnahmen optimiert werden.

Bei der brandschutztechnischen Beurteilung von Bestandsbauten bestehen im Vergleich zum aktuellen Stand des Baurechts häufig folgende Abweichungen [5]:

- zu geringe bzw. nicht nachgewiesene Feuerwiderstandsdauer (Bauteile lassen sich nicht mit DIN 4102-4 vergleichen)
- Verwendung von brennbaren Stoffen bei tragenden Konstruktionen
- unzureichend gesicherte Flucht- und Rettungswege (z.B. Holz in Treppenhäusern)
- unzureichende Brandabschnitte
- nicht eingehaltene Gebäude- und Grenzabstände
- ungünstige Randbedingungen für die Brandbekämpfung
- zu kleine Fenster für die sichere Anleiterung
- fehlende Flächen für die Feuerwehr
- usw.

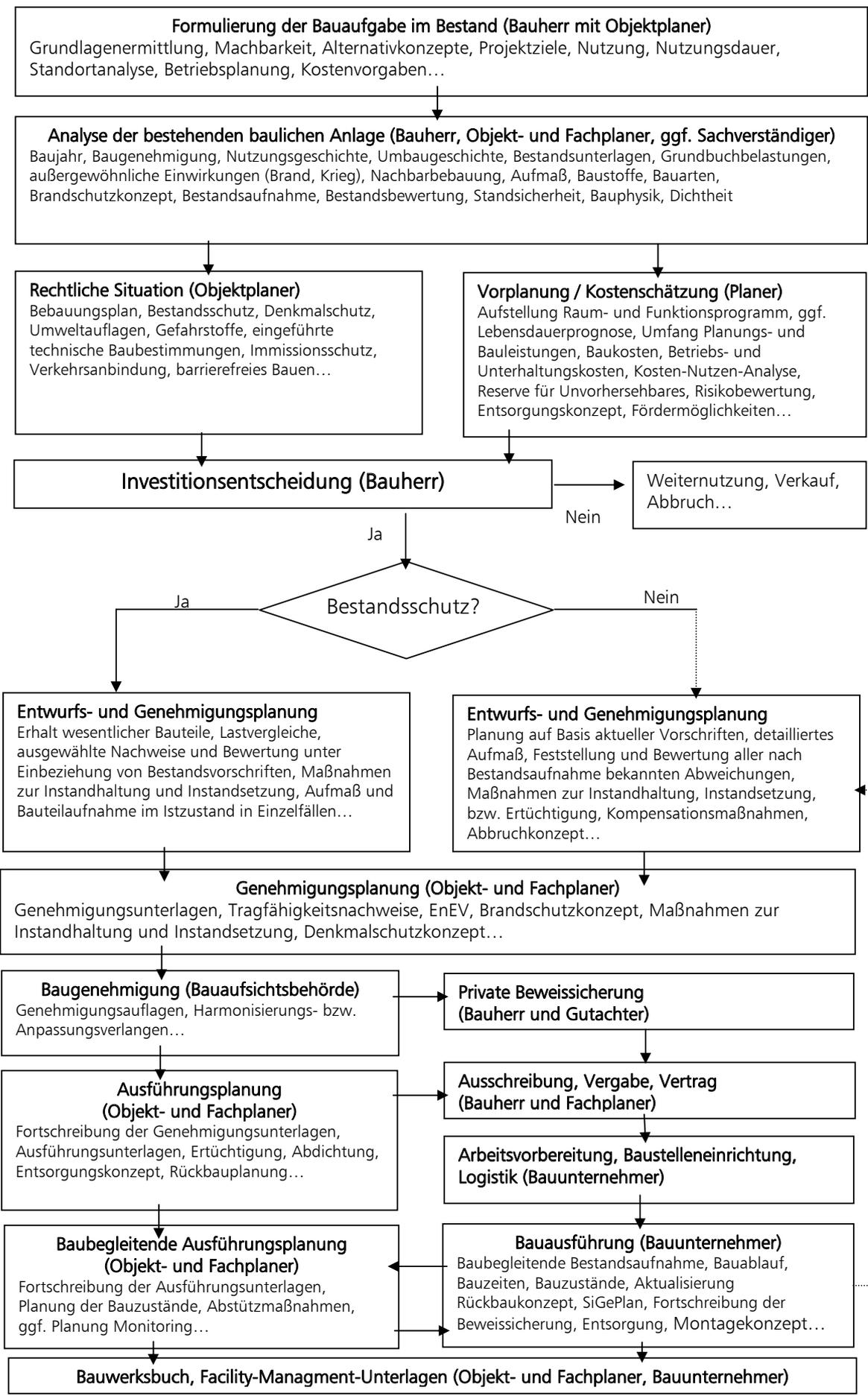


Bild 4. Ablaufdiagramm beim Bauen im Bestand [1]

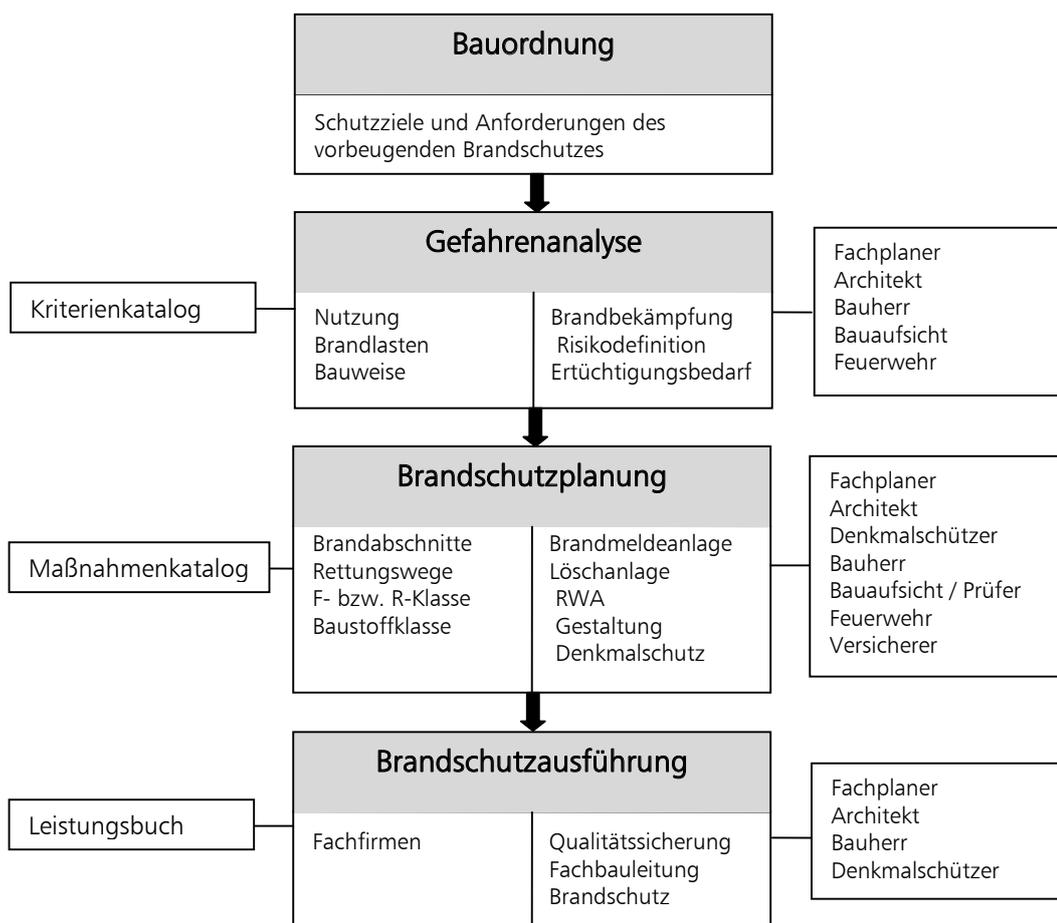


Bild 5. Prinzipielle Vorgehensweise bei der Erstellung von Brandschutzkonzepten für bestehende Gebäude [5]

## 6. Ausführungsbeispiel: Tragwerksbeurteilung und Instandsetzung einer geschädigten Stahlbetonrippendecke

Bei einem Gebäude aus dem Jahre 1961 wurden umfangreiche Untersuchungen an der Massivkonstruktion durchgeführt. Nachfolgend werden die angetroffenen Schäden an einer Stahlbetonrippendecke sowie die Beurteilung der Standsicherheit sowie die Instandsetzungsmaßnahmen vorgestellt.

Die Rippendecken im Gebäude haben eine Spannweite von 8,30 m. Zur Vereinfachung der Schalarbeiten wurden Hohlkörper aus Holzwolle-Leichtbauplatten (sog. Heraklith-Platten) verwendet, die als verlorene Schalung eingesetzt wurden.

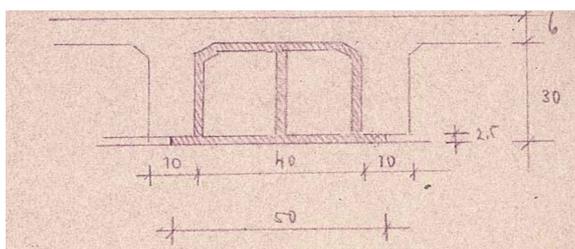


Bild 6. Querschnitt der Tragrippe einer Stahlbetondecke gemäß ursprünglicher Planunterlagen

Die Tragrippen wurden gemäß den vorliegenden Unterlagen wie folgt ausgeführt:

- Spannweite: 8,30 m
- Höhe des Deckenspiegels: 6 cm
- Breite der Rippe: 10 cm
- Höhe der Rippe: 30 cm
- Rippenabstand: 50 cm
- Betongüte: B 225
- Betonstahl: BST III b gerippt

Die Gründung des Gebäudes erfolgte auf Streifenfundamenten. Die Fensterbrüstungen sowie die Trenn- und Außenwände sind in Mauerwerk ausgeführt. Die Aussteifung in Längs- und Querrichtung wird über die Decken und Mauerwerkswände sichergestellt.

Um Aussagen über die Druckfestigkeiten der vorhandenen Betonsubstanz zu erhalten, wurden aus repräsentativen Stellen der Rippendecke sowohl aus der Rippe als auch aus dem Deckenspiegel Bohrkerne entnommen. Die Bohrstellen wurden so gewählt, dass man möglichst viele Proben aus unterschiedlichen Betonierabschnitten erhält.

Gemäß den vorliegenden Unterlagen wurde für alle Betonbauteile des Gebäudes planerisch ein Beton der Güte B 225 gefordert. Die Laboruntersuchungen ergaben, dass alle geprüften Bohrkernproben die geforderte Festigkeit erreichten.

Auch die ersten visuellen Eindrücke während der Bohrkernentnahme haben gezeigt, dass die entnommenen Proben augenscheinlich ein solides Gefüge besitzen. Bis auf vereinzelte Fehlstellen (z.B. Luftporen) waren keine Auffälligkeiten festzustellen. Die Fehlstellen im Beton sind wahrscheinlich auf einen schlecht verdichteten Beton zurückzuführen. Zur damaligen Bauzeit existierten noch keine Geräte wie Außenrüttler oder Rüttelflaschen. In der Regel hat man damals mit Stangen im Frischbeton gestochert und/oder mit Hämmern auf die Schalung geschlagen, um eine Nachverdichtung des eingebauten Betons zu erreichen.

Im Rahmen der Bohrvorbereitungen wurde bereichsweise die tragende Deckenkonstruktion freigelegt. Beim Entfernen der Holzwolle-Leichtbauplatten (sog. Heraklith-Platten) wurden bei der Decke über dem EG zunächst vereinzelt Bereiche entdeckt, in denen die Feinkornanteile des Betons aus der Schalung ausgetreten waren und sich eine Entmischung im Bereich der Rippen eingestellt hatte.



Bild 7. Rippuntersicht nach Entfernung der ersten Heraklith-Platte

Beim Freilegen der ersten Rippen wurde deutlich, dass die Bewehrung in größeren Bereichen keinen oder nur einen Teilverbund mit dem Beton besitzt. Korrosionsschäden an der freiliegenden Bewehrung waren zu erkennen. Aufgrund der vorgefundenen Situation wurden weitere Deckenbereiche freigelegt, um sich einen Überblick über das Schadensausmaß verschaffen zu können. Es stellte sich heraus, dass die gesamte Rippendecke über dem EG betroffen war.



Bild 8. Freigelegte Rippe mit poröser Betonstruktur ohne Betonfeinanteile

Neben der freiliegenden Bewehrung war auffällig, dass sich auch die Betonsubstanz im Bereich der unteren Bewehrung in einem augenscheinlich schlechten Zustand befindet. Die Betonoberfläche zeigte einen sandigen Abrieb und es waren zahlreiche Fehlstellen (z.B. Kiesnester) erkennbar. Ursache hierfür ist der zu geringe Bindemittelanteil aufgrund des Austretens der Betonfeinanteile aus der Schalung.

### 6.1 Instandsetzung der geschädigten Stahlbetonrippendecken

Soll an einer Rippendecke eine Sanierung erfolgen, so ist trotz der ausreichenden Festigkeit der untersuchten Betonsubstanz evtl. aufgrund der augenscheinlich schlechten Oberflächenstruktur der Rippendecken oft nicht sicher, inwieweit der Beton überhaupt sanierungsfähig ist. Daraufhin sollte durch eine Fachfirma an unterschiedlichen Stellen der geschädigten Tragrippen eine Probesanierung durchgeführt werden.

Durch die Betoninstandsetzung der Stahlbetonrippendecke werden folgende Ziele erreicht:

- Wiederherstellen der Tragfähigkeit der Rippendecke
- Herstellen des erforderlichen Betonquerschnitts der Rippendecke und tragfähige Einbindung der vorhandenen Bewehrung
- Verhinderung der weiteren Korrosion der Bewehrung
- Sicherstellung des konstruktiven Brandschutzes (Feuerwiderstand)

Diese Ziele wurden im vorliegenden Fall durch den flächigen Auftrag von Mörtel an den Stegen, beziehungsweise durch das Ausfüllen örtlich begrenzter Fehlstellen (Untersicht Deckenspiegel) erreicht. Damit ergab sich ferner das Instandsetzungsprinzip R der DAfStb-Richtlinie [6] für den

Korrosionsschutz der Bewehrung. Dieses Prinzip sieht die Bildung einer Passivschicht auf der Stahloberfläche (Repassivierung) durch das Auftragen zementgebundener Instandsetzungsstoffe, wie zum Beispiel Spritzmörtel vor.

Neben der Betondruckfestigkeit sollte auch die Karbonatisierungstiefe der untersuchten Bauteile ermittelt werden. Unter Karbonatisierung versteht man die chemische Reaktion, bei der in das Betonbauteil eindringendes Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) mit Wasser zu Kohlensäure reagiert und sich diese mit Kalkhydrat zu Kalkstein (Calciumcarbonat  $\text{CaCO}_3$ ) verbindet. Diese Vorgänge bewirken eine Abnahme der Alkalität des Betons. Sinkt der PH-Wert unter einen Wert von 10 ist kein aktiver Korrosionsschutz mehr gegeben. Die Passivierungsschicht des Betonstahls ist nicht mehr stabil und löst sich auf. Bei den Karbonatisierungstiefen ist im Bestand oft eine starke Streuung festzustellen. Ein deutliches Zeichen für eine örtliche Depassivierung des Bewehrungsstahls sind die typischen Korrosionsschäden an der z.B. freiliegenden Rippenbewehrung einer Decke.



Bild 9. Korrosion an einem Längsreifen der Rippendecke

#### Ablauf der durchgeführten Instandsetzung

- Entfernen von losen Teilen und minderfestem Beton an der Oberfläche der Betonrippen im Hoch- bzw. Höchstdruckwasserstrahlverfahren (Bild 10 + 11)
- Abtrag von 1-2 cm Betondeckung bis zur äußeren Bewehrungslage
- Reinheitsgrad der Bewehrung von mindestens SA 2, besser SA 2½ herstellen
- Oberflächenzugfestigkeit von mindestens 1,5 N/mm<sup>2</sup> nachweisen
- Einbetten der Bewehrung und Reprofilieren von Ausbruchstellen mit einem Spritzmörtel C30/37 im Trockenspritzverfahren nach DIN 18551
- Auftrag einer Mörtelschicht aus Spritzmörtel C30/37 im Trockenspritzverfahren nach DIN 18551 als Betonüberdeckung zum Schutz

der äußeren Bewehrungslage nach statischer und brandschutztechnischer Erfordernis (Bild 12) – ein entsprechender statischer Nachweis der Rippendecke unter der infolge des Spritzbetons erhöhten Eigenlast ist selbstverständlich Voraussetzung.

Ein großes Augenmerk bei dieser Art der Instandsetzung ist im Bestand auf den Schutz der Umgebung zu legen. Die Wände, Fenster und der Boden sind sorgfältig zu schützen. Insbesondere das während der Strahlarbeiten anfallende Wasser ist kontrolliert zu sammeln und abzuführen. Der flächige Schutz des Bodens einschließlich einer funktionierenden Abdichtung ist unbedingt erforderlich.



Bild 10. Hochdruckwasserstrahlen einer Deckenrippe



Bild 11. Rippe während dem Hochdruckwasserstrahlen

Ebenfalls großes Augenmerk ist auf die Überwachung der Ausführung zu legen. Zunächst ist das ausführende Unternehmen – entsprechende Qualifikationen wie z.B. das Vorhandensein eines SIVV-Scheines sind unabdingbar – mit der eigenen Qualitätssicherung und der Erstellung einer entsprechenden Dokumentation zu beauftragen. Darüber hinaus ist eine enge Begleitung der Baustelle (Fachbauleitung) durch einen in der

Betoninstandsetzung fachlich versierten Ingenieur erforderlich. Extern wird die Baustelle bei einer anerkannten Überwachungsstelle gemäß Rili SIB, Teil 3, angemeldet und durch diese Überwachungsstelle zusätzlich stichprobenartig kontrolliert.



Bild 12. Aufbringen einer Spritzmörtelschicht

Prof. Dr.-Ing. Jens Minnert  
 Fachhochschule Gießen-Friedberg  
 Fachbereich Bauwesen  
 Fachgebiet Stahlbeton- und Spannbetonbau  
 Labor für Numerik im Bauwesen

Dipl.-Ing. Carsten Reichmann  
 Reichmann + Partner  
 Ingenieure im Bauwesen  
 Eichenweg 1  
 35630 Ehringshausen  
 www.reichmann-partner.de

Durch die Überwachung wird eine hohe Qualität der Betoninstandsetzung und damit einhergehend auch eine entsprechende Dauerhaftigkeit gewährleistet. Die Untersicht der Rippendecke nach Abschluss der Sanierungsarbeiten ist in Bild 13 zu erkennen.



Bild 13. Rippendecke nach erfolgter Sanierung

#### Literatur:

- [1] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e. V.: Merkblatt Bauen im Bestand, Leitfaden, Fassung Januar 2008
- [2] Fingerloos, F.: Bauen im Bestand – Zuordnung historischer Betonfestigkeiten, Beton- und Stahlbetonbau 103 (2008), Heft 4, Seiten 214 – 220
- [3] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e. V.: Merkblatt Bauen im Bestand, Beton und Betonstahl, Fassung Januar 2008
- [4] Fingerloos, F. (Hrsg.): Historische technische Regelwerke für den Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbau; Ernst & Sohn Verlag, Berlin 2008, ISBN 978-3-433-02925-1
- [5] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e. V.: Merkblatt Bauen im Bestand, Brandschutz, Fassung Januar 2008
- [6] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Rili SIB 2001)