

**Modellhafte, behutsame, denkmalgerechte Instandsetzung am Beispiel
der Stadthalle in Lahnstein (Rheinland-Pfalz)**

18.07.2017

INHALT

1	PLANUNGS- UND BAUGESCHICHTE.....	2
2	DENKMALPFLEGERISCHE WÜRDIGUNG DER STADTHALLE IN LAHNSTEIN	3
3	BESCHREIBUNG	3
4	EINORDNUNG IN DIE ZEIT	4
5	SCHÄDEN AN DEN FASSADEN	5
6	STAND DES WISSENS	6
6.1	KORROSION VON STAHL IN BETON	6
6.2	VERBUND ZWISCHEN BESTANDBETON UND NEUBETON	7
6.3	CHEMISCH-PHYSIKALISCHE WECHSELWIRKUNGEN IN DER VERBUNDZONE	7
6.4	REGELWERKE FÜR DIE INSTANDHALTUNG VON BETONBAUTEILEN	8
6.5	PRINZIPIEN UND VERFAHREN DER INSTANDSETZUNG	9
6.5.1	UNTERBINDEN DER ANODISCHEN TEILREAKTION	10
6.5.2	UNTERBINDEN DER KATHODISCHEN TEILREAKTION.....	11
6.5.3	UNTERBINDEN DES ELEKTROLYTISCHEN TEILPROZESSES	11
6.6	SPEZIFISCHE VORUNTERSUCHUNGEN.....	11
6.6.1	ERMITTELN DER BAUTEILEIGENSCHAFTEN	11
6.6.2	AUSWERTUNG UND ANWENDUNG STATISTISCHER UND PROBABILISTISCHER METHODEN	11
7	AUSGANGSLAGE DES PROJEKTES	12
7.1	NOTWENDIGKEIT ALTERNATIVER LÖSUNGEN	12
7.2	MÖGLICHER ANSATZ ALTERNATIVER LÖSUNGEN DER INSTANDSETZUNG VON SICHTBETON.....	14
8	ANLASS, ZIELSETZUNG UND NUTZEN DES PROJEKTES	14
9	INHALT DES PROJEKTES.....	16
9.1	VORUNTERSUCHUNGEN.....	16
9.2	PLANUNGEN FÜR DIE INSTANDSETZUNGEN.....	16
9.3	ENTWICKLUNG EINES ODER MEHRERER REPARATURBETONE	17
9.4	KOMMUNIKATION DER PROJEKTERGEBNISSE.....	17
10	PRAKTISCHE UMSETZUNG DER PROJEKTERGEBNISSE.....	17
10.1	ERSTELLEN EINES LEISTUNGSVERZEICHNISSES	17
10.2	AUSFÜHRUNG DER ARBEITEN.....	17
10.3	BAUUNTERHALTUNG.....	18
11	LITERATUR (KAPITEL 6 BIS 10)	19

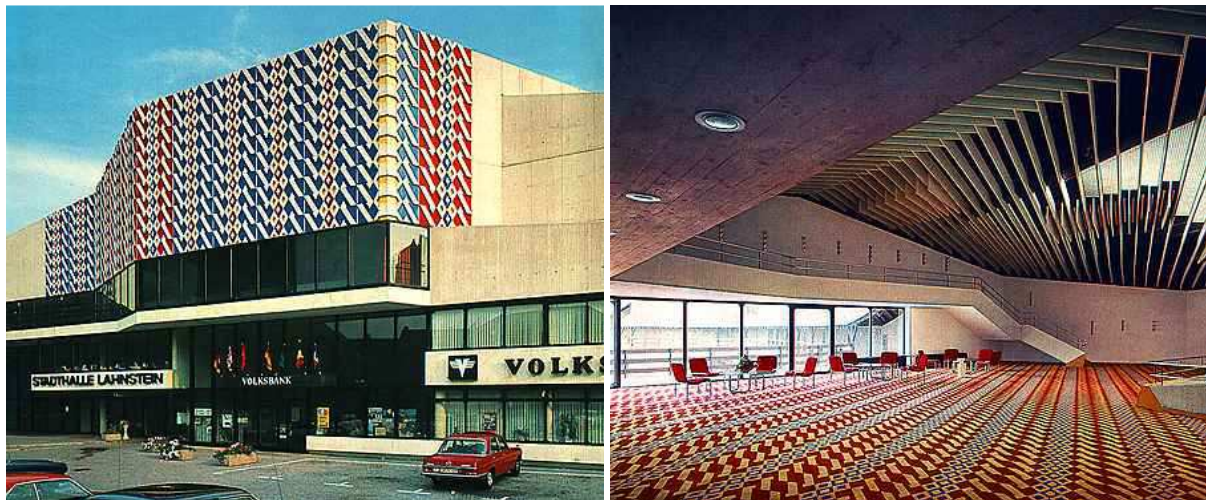


Bild 1 & 2: Die Stadthalle in Lahnstein nach ihrer Fertigstellung im Jahre 1971/72

1 Planungs- und Baugeschichte

Anlässlich des politischen Zusammenschlusses der beiden bislang selbständigen Städte Oberlahnstein und Niederlahnstein lobte die junge Stadt Lahnstein ein modernes Tagungs-, Kongress- und Veranstaltungszentrum einen Architekten-Wettbewerb aus. Aus diesem Wettbewerb gingen die Wiesbadener Architekten Dr. Jürgen Jüchser und Peter Ressel vom Planungsring Wiesbaden als Sieger hervor, die in der Stadthalle verschiedene Funktionen unter einem Dach vereinten und sie als eine „Synthese zwischen Volksbank und Stadthalle“¹ entwickelten und entwarfen. Mit Zustimmung der Stadt Lahnstein zogen sie zu den Planungen den international renommierten Stuttgarter Künstler Prof. Otto Herbert Hajek (1928-2005) hinzu. Ihm zuzuschreiben ist das einheitliche gestalterische Konzept in Ornamentik und Farbgebung, das Fassaden – vor allem die reliefierte Betonfassade zum Salhofplatz - und Innenräume - den durchlaufenden 2.600 m² großen Teppichbelag als Einlegeware sowie die Farbigkeit der Decken und Wände -, das heute als charakteristisches Beispiel zum Verständnis der zu Beginn der 70er Jahre sich verändernden Ausdrucksformen des öffentlichen Raumes gelten darf und unverändert erhalten blieb.

In den Jahren 1971/72 wurde die Stadthalle in Lahnstein schließlich vom Wettbewerbssieger, dem Wiesbadener Architekturbüro `Planungsring` in enger Zusammenarbeit mit Prof. Otto Herbert Hajek errichtet und ausgestattet.

1975 wurde dem Entwurf und der gelungenen qualitätsvollen Synthese aus architektonischen, städtebaulichen und künstlerischen Komponenten der rheinland-pfälzische Staatspreis „Kunst am Bau“ verliehen, dem Ersten in der Bundesrepublik Deutschland. „Hajek hat die Gesamtausstattung, die innen und außen prägend-einheitliche, streng ornamentale und stark farbige Gestaltung geschaffen. Dieser Realisierung, diesem Prinzip der Zusammenarbeit von Architekt und Künstler kommt eine Wirkung weit über Rheinland-Pfalz hinaus zu. Die Stadthalle Lahnstein ist für die heutige Architektur ein wichtiges Beispiel.“²

Im Jahr 2007 wurde die Stadthalle in Lahnstein als Kulturdenkmal erkannt und eingestuft, da sie weitgehend unverändert erhalten war und ist und für das Land Rheinland-Pfalz ein seltenes und qualitätsvolles Zeugnis für die Architektur sowie Städtebau der 1970er Jahre darstellt und zudem ein wichtiges stadtgeschichtliches Ereignis der Stadtwerdung noch heute architektonisch dokumentiert.

¹ Stadtgeschichte Lahnstein, Ausgabe 1982, Stadtarchiv Lahnstein

² Bornheim, Werner gen. Schilling/ Cüppers, Heinz/ Fischer, Friedhelm W. et al. (Hrsg.): Zweitausend Jahre Baukunst in Rheinland-Pfalz, Dr. Hanns Krach Verlag, Mainz, 1976: S. 253

2 Denkmalpflegerische Würdigung der Stadthalle in Lahnstein

Sieht man die Stadthalle in Lahnstein eingebettet in die Architektur der Zeit, vor allem in einer Bauaufgabe 'Stadthalle' zu Beginn der 1970er Jahre stellte sich die Lahnsteiner Stadthalle als eine Besonderheit in Rheinland-Pfalz, aber auch im überregionalen Kontext dar. Dies liegt vor allem am integrativen Gesamtkonzept zwischen Kunst, Architektur und Städtebau, aber auch an der architektonischen und städtebaulichen Ausformulierung, als ein Wahrzeichen für den Zusammenschluss der Städte Ober- und Niederlahnstein, als auch an der Einbindung in das historische Stadtgefüge.

Anders als vergleichbare Bauten im Bundesland sowie im überregionalen Vergleich wurden Stadthallen meist als Solitärbauten freistehend, also auf „freiem Feld“ errichtet. Die Lahnsteiner Stadthalle hingegen stellt eine städtebauliche Besonderheit dar, da sie durch bewusste Integration in den städtebaulichen Kontext, in das historische Zentrum der Stadt auf dem Saalhofplatz „implantiert“ wurde.

Trotz des massigen Baukörpers wird durch eine an die erhaltene Bebauung angegliche Traufhöhe sowie die Untergliederung der Fassade, die sich bewusst an dem historischen Kontext orientiert, ein qualitätsvolles frühes Beispiel für „Bauen im historischen städtebaulichen Bestand“ erzielt, wenn auch zeittypisch kontrastierend gestaltet und abgesetzt.

So lässt sich über den überdachten Wehrgang der Stadtmauer nicht nur der Balkon des Hauptgeschosses erschließen, dieser wird zudem als Fassadengliederndes Element in einem horizontalen Band weitergeführt. Durch die bauliche Anbindung an die Stadtmauer wird wiederum thematisch die Funktion der *Stadthalle* verstärkt.

Mit der Gestaltung des prägenden Mosaiks im Betonrelief der Fassade nimmt der Künstler Otto Herbert Hajek bewusst Bezug zur Kleinteiligkeit des historischen Mauerwerks der Stadtmauer: „Die gegenüberliegende kräftige alte Mauer mit den Stützen und Bogen und dem sehr differenzierten, vom Alter entstandenen, sensiblen Mauerwerk war der Ausgang für meine Strukturierung der multiplen Elemente, für die Fassade – nicht gegen die vorhandene Struktur, sondern mit ihr ein neues Bild zu schaffen.“³

3 Beschreibung

Im Südwesten des Saalhofplatzes gelegen stellt der Komplex der Stadthalle Lahnstein dem mittelalterlichen Hexenturm im Norden eine städtebauliche Dominante gegenüber. Das große Gebäude fügt sich baulich in den historischen Bestand des U-förmigen Platzes, durch direkten Anschluss an die Bebauung des 19. Jh. im Süden und durch die Einbeziehung eines Teils der Stadtmauer westlich, ein. Als Stätte der Begegnung und zugleich als neu geschaffener kultureller Mittelpunkt der 1969 zusammengeführten Stadt Lahnstein ist sie architektonisches Wahrzeichen und Aushängeschild der neu gegründeten Stadt.

Der weit in den Platz vorspringende Gebäudekomplex ist in Stahlbetonbauweise errichtet und misst zum Platz hin eine Fassadenlänge von 50 Metern. Horizontale, raumhohe Fensterbänder untergliedern den Bau und nehmen Bezug zur Maßstäblichkeit der angrenzenden historischen Bebauung auf. Eine öffentliche Passage unterteilt Funktionen des Baukörpers im Erdgeschoss und ermöglicht den direkten Anschluss der rückwärtig gelegenen Straßenzüge.

Prägend ist das in abwechselnder Primärfarbigkeit bemalte geometrisch ornamentierte Betonrelief der Fassade. Es hebt in diesem Hauptgeschoss die Bedeutung der Funktion hervor und steht für das gestalterische Konzept: „Beim Entwurf der Ornamentfassade antworte ich auf die gegenüberliegende kräftige Stadtmauer mit einem kleinformatig-sensiblen Ornament. So entsteht auf dem Platz ein Spannungsverhältnis, in dem der Mensch gerne verweilt. Hinzu kommt die Farbe, die das Neue signalisiert. Von diesem Vorhandensein der Fassade

³ Anker, Illustrierte Informationen der Anker-Teppichfabrik Gebr. Schoeller, Düren Jg. 8 Nr. 1/1974

wurde alle weiteren Einbringungen, wie Foyer, Wände, Teppich und Wandbemalung abgeleitet.“⁴

4 Einordnung in die Zeit

Mit dem Bau der Stadthalle Lahnstein 1971/72 präsentiert sich die neugegründete Stadt als moderne, selbstbewusste „junge Stadt mit alten Traditionen“⁵. Durch den Einsatz von Fertigbauteilsystemen aus schalungsrauem Beton im Innen- und Außenbereich, durch künstlerisch gestaltete Struktur und Farbwahl erhält die Form des Baukörpers den monolithischen Charakter einer städtebaulichen Betonskulptur. Die Stadthalle entstand somit bewusst als ein zeitgemäßes fortschrittliches Zeichen des aufgeschlossenen urbanen Zentrums und der jungen Stadt Lahnstein, das trotz seiner Modernität den Dialog zur umgebenden historischen Stadt suchte.

Mit der dominanten, polygonal einknickenden Form der Fassade greift die Stadthalle massiv in den Platz- und Stadtraum ein. Der Einsatz der großflächig angelegten „Kunst am Bau“ unterstreicht diese platzgreifende Geste der neuen Architektur. Die schlichte Verglasung mit Alufenstern in „rounded-line“-Optik⁶ mit gerundeten Kanten hebt zudem die deutliche Tendenz zum Ungeschliffenen, Kompakten hervor.

Als überzeugender Stellvertreter der Architektur zu Beginn des dritten Jahrzehnts nach der Gründung der Bundesrepublik ist die Stadthalle Lahnstein in ihrer Architektur und ihrem Standort sowie der prägenden Gestaltung und Strukturierung der Fassaden ein Ergebnis der Leitbilddiskussionen des Städtebau, die ihren Anfang in den Anmerkungen Alexander Mitscherlichs zur „Unwirtlichkeit unserer Städte“ 1965 nahmen. Die Stadthalle in Lahnstein steht für die Annäherung des Neuen an das Alte⁷, die trotz ihrer Größe und ihres monolithischen Fassadencharakters stets den bewussten Bezug zum historischen Umfeld sucht und qualitativ gestaltet.

Der Stadthalle Lahnstein kommt daher als Zeugnis einer abgeschlossenen Epoche aufgrund ihres künstlerischen, architektonischen und städtebaulichen Gesamtcharakters überregionale Bedeutung zu. Mit nahezu einheitlich erhaltener bauzeitlicher Ausstattung und Farbfassung führt sie dem Besucher in Grundrissausbildung, spezifischer Materialwahl, mit Betonen unterschiedlicher Fertigbauweise, Farbgestaltung und städtebaulicher Einbindung exemplarisch die Architektur der frühen 1970er Jahre vor Augen. Die Stadthalle Lahnstein wurde daher im Jahr 2007 nach altem Denkmalschutzgesetz Rheinland-Pfalz als Kulturdenkmal eingestuft.

Die Novelle, seit Dezember 2008 gültig, sieht keine extra Begründung vor (§8 (3) DSchG).

Vergleichsobjekte in Rheinland-Pfalz

Koblenz, Rhein-Mosel-Halle: Wilhelm Neveling (Kiel), 1962

Stadthalle Speyer, 1963

Ludwigshafen, Friedrich-Ebert-Halle: Prof. Roland Rainer (Wien), 1960-65

Mainz, Rheingoldhalle: Heinz Laubach (Mainz), 1968

Mutterstadt, Gemeindezentrum "Neue Pforte": Detlef Brozach (Mutterstadt), 1977

⁴ Bauten von Dyckerhoff Weiss, Die Stadthalle von Lahnstein

⁵ Exposé der Stadthalle Lahnstein, Stadtarchiv Lahnstein

⁶ Krings, Ulrich: Köln: Architektur von 1965 bis 1985. Anmerkungen zu ihrem Denkmalwert, Arbeitsheft der Rheinischen Denkmalpflege, Nr. 68, Worms 2006

⁷ von Lohm, Walter: in: Denkmalschutz versus zeitgenössischer Stadtplanung und Architektur, Symposium des Haus der Architektur, Bauten und Anlagen der 1960er und 1970er Jahre. Ein ungeliebtes Erbe?, Köln 2009



Bild 3: Zustand 2016

5 Schäden an den Fassaden

Im Jahr 2015 wurden die Betonfassaden der Stadthalle Lahnstein einer intensiven Untersuchung unterzogen. Das Ingenieurbüro E+P Engelbach + Partner Planungsgesellschaft mbH führte die Untersuchungen im Auftrag der Stadt Lahnstein durch. Die Ingenieure stellten bei einer Inaugenscheinnahme folgende Schäden fest (siehe Bericht vom 09.12.2015):

Künstlerisch gestaltete Fertigteil-Fassadenplatten

- Verwitterung der Farben
- Lokale Betonabplatzungen mit freiliegender korrodierender Bewehrung
- Lokal Haarrisse

Fertigteil-Fassadenplatten mit strukturierter Oberfläche

- Mehr oder weniger stark ausgeprägte Hohllagen bzw. Betonabplatzungen mit freiliegender korrodierender Bewehrung sowie korrodierenden Schlaufen und Hülsen
- Kiesnester
- Vereinzelte Risse
- Versprödetes Fugenmaterial zwischen den Fertigteilelementen (kritische PCB-Gehalte)

Sichtbetonflächen mit strukturierter Oberfläche

- Teils starke Verwitterungen
- Lokal Hohllagen und Betonabplatzungen mit freiliegender Bewehrung (insbesondere an Scheinfugenrändern)
- Vertikale Risse an Brüstungen

Befestigung der Fassadenplatten

- Zur Befestigung der Fertigteile an der Unterkonstruktion liegen keine bautechnischen Unterlagen vor.
- Die Befestigungen sind noch nicht vollständig untersucht.

- Die Materialbeschaffenheit entspricht nicht den heutigen Anforderungen.
- An den untersuchten Stellen konnte festgestellt werden, dass die Befestigungs konstruktion weder Schäden an den Befestigungsmitteln selbst noch an den einbettenden Betonbauteilen aufweist.
- Die Bauteile erscheinen vernünftig bis solide dimensioniert.

6 Stand des Wissens

6.1 Korrosion von Stahl in Beton

Der häufigste an Sichtbetonfassaden vorzufindende Schädigungsprozess besteht in einer Rissbildung und Absprengungen der bewitterten Oberfläche als Folge einer Korrosion der Bewehrung. Auch die Mehrzahl der vorgenannten, an der Stadthalle Lahnstein festgestellten, Schäden scheint auf diese Ursache zurückzuführen zu sein.

Schäden als Folge einer Überbeanspruchung der Bauteile durch Zwang oder äußere Lasten sind auch an Fassaden möglich, treten aber ggf. lokal eng begrenzt auf. Erhöhte Frostbeanspruchungen oder chemische und erodierende Beanspruchungen sind an Fassaden eher selten.

Die bei der Korrosion von Stahl in Beton ablaufenden Schadensmechanismen werden seit längerem erforscht und sind vielerorts beschrieben; siehe z. B. [1], [2], [3].

Zur Korrosion der Bewehrung kommt es, wenn der durch den Beton bewirkte Korrosionsschutz verloren gegangen ist und gleichzeitig in ausreichendem Maße Feuchtigkeit und Sauerstoff am Bewehrungsstahl vorliegen. Die drei genannten Randbedingungen müssen gleichzeitig erfüllt sein, damit eine nennenswerte Korrosion eintritt.

Der Korrosionsschutz geht verloren, wenn die sog. Karbonatisierung – dies ist die chemische Reaktion des Kohlendioxids aus der Luft mit dem Calciumhydroxid im Beton – die Bewehrung erreicht und dadurch der dort zunächst sehr hohe, die Ausbildung einer dünnen dichten Eisenoxidschicht (sog. Passivschicht) bewirkende pH-Wert der Porenlösung des Betons auf Werte absinkt, bei denen die Passivschicht nicht mehr aufrecht erhalten werden kann. Neben der negativen Folge der pH-Wert-Absenkung ist die Karbonatisierung andererseits – zumindest bei portlandzementreichen Betonen – mit einer Verdichtung des Porensystems verbunden [4].

Von einem Verlust des Korrosionsschutzes durch Chloride aus Tausalzstreuungen braucht bei Fassaden i. d. R. nur im Sockelbereich ausgegangen zu werden.

Wenn die notwendigen Randbedingungen vorliegen, beruht die dann stattfindende Korrosion auf drei Teilreaktionen bzw. -prozessen; siehe Bild 4:

- Anodische Teilreaktion
- Kathodische Teilreaktion
- Elektrolytischer Teilprozess

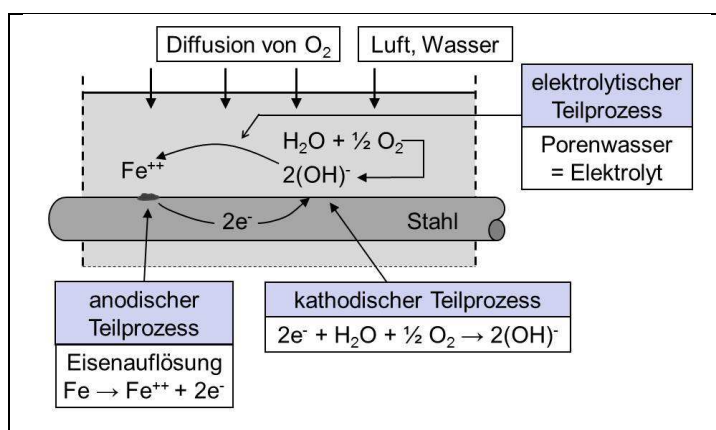


Bild 4: Schematische Darstellung der Korrosion von Bewehrung in Beton bei Depassivierung durch Karbonatisierung (Bild erstellt in Anlehnung an [5])

Bei Verlust der den Korrosionsschutz bewirkenden Passivschicht gehen Eisenionen in Lösung, wobei das Porenwasser im Beton den Elektrolyten darstellt (anodische Teilreaktion). Die dabei freiwerdenden Elektronen fließen im Stahl zur Kathode und reagieren dort mit Wasser und Sauerstoff zu negativ geladenen Hydroxylionen (kathodische Teilreaktion). Die negativ geladenen Hydroxylionen wandern in der Porenlösung des Betons in Richtung Anode. Die positiv geladenen Eisenionen wandern in Richtung Kathode. Es findet ein Stofftransport in Form von Ionen statt (elektrolytischer Teilprozess). Bei der Korrosion bildet sich im Bereich der Bewehrung also ein Stromkreislauf aus, der die drei genannten Teilreaktionen bzw. -prozesse erfordert. Gelingt es, einen der drei Teilreaktionen/Teilprozesse zu unterbinden, so hört die Korrosion auf.

Treffen sich die beim elektrolytischen Teilprozess wandernden Eisenionen und Hydroxylionen, so fällt zunächst das feste Eisenhydroxid $\text{Fe}(\text{OH})_2$ aus. Je nach Verfügbarkeit von Sauerstoff entstehen sodann schwer lösliche Eisenoxid- bzw. Eisenhydroxidverbindungen. Es entsteht Rost. Die Korrosionsprodukte sind voluminös und bewirken daher bei ihrer Entstehung einen Sprengdruck, dessen Höhe von zahlreichen Parametern abhängt. Dazu gehört u. a. das Ausmaß von Poren und Mikrorissen des Betongefüges, in die die Korrosionsprodukte einwandern können, was den Expansionsdruck reduziert [6]. Führt der Expansionsdruck zu Spannungen in der Bauteilrandschicht, die die Festigkeit des Betons überschreiten, so kommt es zunächst zu Rissbildungen und sodann zu einem Ablösen der Betondeckungsschicht der Bewehrung.

6.2 Verbund zwischen Bestandsbeton und Neubeton

Die Verbundfestigkeit zwischen Bestandsbeton und Neubeton beeinflusst maßgeblich die Dauerhaftigkeit und Tragfähigkeit des neu geschaffenen Verbundquerschnitts im Bereich der Reparaturstellen und damit letztlich auch des gesamten Bauwerks.

Der Verbund zwischen Reparatursystemen und dem Bestandsbeton beruht auf mechanischen Verzahnungseffekten, physikalischen Effekten und chemischen Reaktionen. Um eine gute Benetzung des Bestandsbetons sicherzustellen und eine hohe Verbundfestigkeit zu erzielen, müssen bei der Herstellung derartiger Verbundsysteme sog. Haftbrücken eingesetzt werden. In entsprechenden Forschungsarbeiten konnte gezeigt werden, dass mit rein zementgebundenen Haftbrücken die höchsten und dauerhaftesten Verbundfestigkeiten erzielt werden können. Kunststoffhaltige Systeme erwiesen sich als feuchteempfindlich. Das in sie eindringende Wasser führt zu einer Quellung und Erweichung des Polymeranteils und damit zu einer Entfestigung der Verbundzone.

6.3 Chemisch-physikalische Wechselwirkungen in der Verbundzone

In Abhängigkeit von der Größe des Unterschiedes der physikalischen und chemischen Eigenschaften der miteinander in Verbund gebrachten Materialien entstehen in der Verbundzone mehr oder weniger vielfältige und hohe Beanspruchungen. So wird der Wasserdampf-, Gas- und Stofftransport in Abhängigkeit von den Transporteigenschaften der Haftbrücke bzw. des Reparaturbetons mehr oder weniger stark behindert, so dass es zu Feuchte- und/oder Salzanreicherungen hinter der Verbundzone kommen kann. Von Reparaturbeton/-mörtel und Bestandsbeton in unterschiedlicher Höhe angestrebte Verformungen (z. B. angestrebte Verformungen unter Lasten, bei Temperatureinwirkungen und Feuchteänderungen angestrebte Verformungen) führen zu Spannungen in der Verbundzone.

Besondere Beachtung muss diesem Sachverhalt an Rändern der mit Beton oder Mörtel beschichteten Bauteile oder an durchgehenden Rissen der Beschichtung geschenkt werden. Schockartige Abkühlungen der Reparaturstelle (z. B. durch Starkregen nach intensiver Sonneneinstrahlung) oder das Trocknungsschwinden des Reparaturbetons führen zu Zugnormalspannungen (σ_{xx}) in der Reparaturschicht. An freien Rändern der Reparaturschicht oder an durchgängigen Rissen führt dies zu Ablösespannungen (σ_{zz}), die bei Erreichen der Verbundfestigkeit (β_{zz}) im ungünstigen Fall zu einem am Rand bzw. Riss beginnenden, rei ßverschlus sähnlichen Einrei ßen der Verbundzone und schließlich zum Abfallen der Reparatur-

schicht führen (sog. Plombenbildung); siehe Bild 5. Um derartige Schädigungen zu vermeiden, müssen zum einen die Verformungseigenschaften (Schwinden, thermische Dehnung, Verformungsmodul) der Reparaturschicht abgestimmt werden. Zum anderen darf die Zugfestigkeit des Reparaturbetons nicht zu hoch gewählt werden, so dass unvermeidbare Zwangsspannungen durch Einreißen des Reparaturbetons abgebaut bzw. begrenzt werden. Die technischen Zusammenhänge bei dieser Art der Beanspruchung wurden eingehend erforscht und ermöglichen nun eine gezielte Bemessung des Reparaturbetons [7]. Die Erkenntnisse fanden mittlerweile auch Eingang in Instandsetzungs-Richtlinien [8, 9].

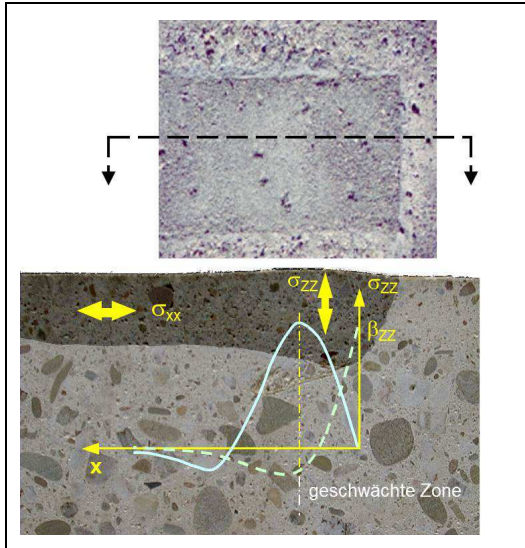


Bild 5: Spannungen, die zur Plombenbildung von Reparaturstellen führen können.

6.4 Regelwerke für die Instandhaltung von Betonbauteilen

Aus den Forderungen der Musterbauordnung bzw. den Bauordnungen der Länder (dort insbesondere §3 „Allgemeine Anforderungen“) ergibt sich, dass Betoninstandsetzungen u. a. auf der Basis der als Technische Baubestimmung bauaufsichtlich eingeführten Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen, Teile 1 bis 3“ [10] (sog. Instandsetzungs-Richtlinie) vorgenommen werden müssen.

Diese Richtlinie regelt die Planung, Durchführung und Überwachung von Schutz- und Instandsetzungsmaßnahmen an Bauteilen aus Beton und Stahlbeton der Normenreihe DIN 1045 und zwar unabhängig davon, ob die Standsicherheit gefährdet ist oder nicht.

Im Gelbdruck liegt derzeit die DAfStb-Richtlinie „Instandhaltung von Betonbauteilen“ vor (sog. Instandhaltungs-Richtlinie [9]). Sie wird in Zukunft die Instandsetzungs-Richtlinie [10] ersetzen und ebenfalls bauaufsichtlich eingeführt werden.

Noch mehr als in der alten Richtlinie wird in der neuen Instandhaltungs-Richtlinie herausgearbeitet, dass zum sachgerechten Umgang mit Bauwerken die regelmäßige Inspektion und Wartung sowie die ein- oder mehrmalige Instandsetzung gehört. Gemäß dieser Richtlinie ist – unter Berücksichtigung der Aspekte Wartung, planmäßige Inspektion und, soweit erforderlich, ein- oder mehrfache Instandsetzung (ggf. einschließlich Verbesserung) – ein sog. Instandhaltungsplan zu erstellen. In diesem Plan müssen die zu überprüfenden Kenngrößen / Eigenschaften / Zustände der Bauteile und Baustoffe sowie die Intervalle und der Umfang für Wartung und Inspektion und ggf. zukünftig vorgesehene, planmäßige Instandsetzungsmaßnahmen festgelegt werden.

Durch die sachgerechte Planung der Komponenten der Instandhaltung

- erstmalige und zukünftige Instandsetzungen (ggf. mit Verbesserungen)
- regelmäßige Inspektion
- regelmäßige Wartung

muss sichergestellt werden, dass der sog. Ist-Zustand des Bauteils den sog. Mindest-Soll-Zustand während der Nutzungsdauer zu keinem Zeitpunkt unterschreitet, siehe Bild 6.

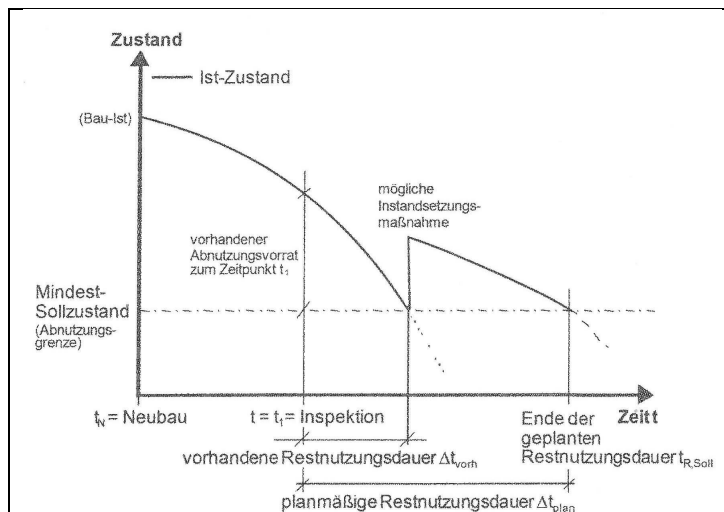


Bild 6: Zustands-Zeit-Diagramm mit einem möglichen Ist-Zustandsverlauf, der durch Instandhaltungsmaßnahmen beeinflusst wird. (Das Bild wurde [9], dort Bild 4.1, entnommen.)

6.5 Prinzipien und Verfahren der Instandsetzung

In den genannten Richtlinien sind Prinzipien und Verfahren beschrieben, die beim Schutz und bei der Instandsetzung von Beton und insbesondere auch beim Schutz von Stahlbetonbauteilen vor Bewehrungskorrosion bzw. bei der Instandsetzung von Schäden als Folge einer Bewehrungskorrosion anzuwenden sind.

Die maßgebenden Instandsetzungsprinzipien berücksichtigen jene Teilreaktionen und Teilprozesse, die bei der Korrosion der Bewehrung ablaufen; siehe Abschnitt 6.1. Das Bild 7 wurde auf der Basis einschlägiger Fachliteratur, z. B. [3], und der Richtlinien [9] und [10] erstellt.

Teilprozess	Prinzipien (Verfahren)	
	DAfStb 2001 RL-SIB	DAfStb (?) IH-RL
Anodisch	R (R1, R2)	7 (7.1/ 7.2) (7.4/ 7.6/ 7.7/ 7.8)
	K	10 (10.1)
	C	-
Kathodisch	-	-
Elektrolytisch	W	8 (8.1/8.3)

Bild 7: Zuordnung der Prinzipien und Verfahren zum Schutz vor oder zur Instandsetzung von Bewehrungskorrosion; gemäß Instandsetzungs-Richtlinie [10] bzw. gemäß Instandhaltungs-Richtlinie [9] des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton.

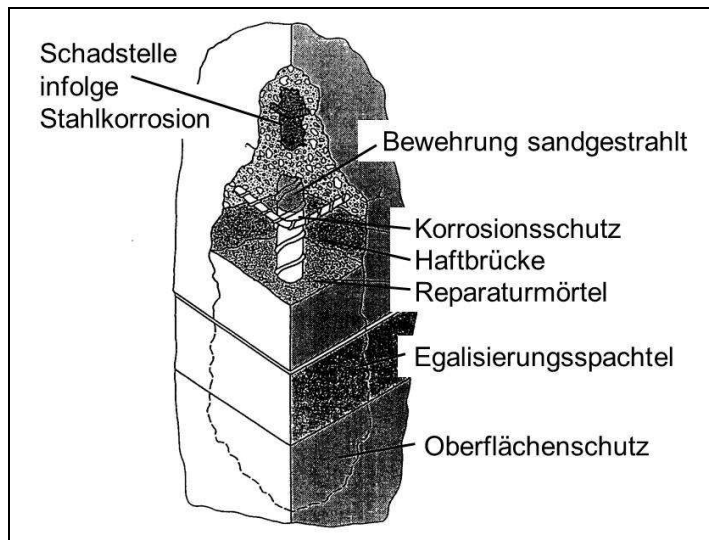


Bild 8: Schematische Darstellung der Maßnahmen für die Instandsetzung geschädigter Stahlbetonbauteile und für den Korrosionsschutz der Bewehrung, Bild entnommen aus [11].

Die an Fassaden zumeist praktizierte Vorgehensweise der Betoninstandsetzung geht aus Bild 8 hervor. Das Bild wurde einem Handbuch entnommen, das der Ausbildung interessierter Facharbeiter dient aber auch Ingenieuren und Planern als Nachschlagewerk zur Verfügung steht [11]. Das Handbuch baut auf den Vorgaben der Instandsetzungs-Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton [10] auf.

Nach dem sachgerechten Freilegen und Sandstrahlen des korrodierenden Bewehrungsstabes sowie dem Aufbringen eines Korrosionsschutzes auf den Stahl wird die Betonausbruchsstelle mit einem Reparaturmörtel inklusive Haftbrücke reprofiliert.

Auf die instand gesetzte Reparaturstelle und auf die nicht bearbeiteten Nachbarflächen werden anschließend ganzflächig ein Egalisierungsspachtel und ein Oberflächenschutz aufgebracht. Egalisierungsspachtel und Oberflächenschutz bilden das sog. Oberflächenschutzsystem.

6.5.1 Unterbinden der anodischen Teilreaktion

Prinzip R (bzw. 7)

Wird an der Anode die Alkalität wieder hergestellt, dann bildet sich erneut eine Passivschicht aus und die Auflösung von Eisen wird unterbunden. Praktisch kann dies dadurch geschehen, dass die Bewehrung in neuen alkalischen Beton eingebettet wird (R2 bzw. 7.2) oder auf die Oberfläche alkalischer Beton aufgebracht wird, aus dem Hydroxylionen in den karbonatisierten Bestandsbeton diffundieren (R1 bzw. 7.4). Zum Erhalt der Passivität werden in der Praxis zudem Beschichtungen und/oder Rissfüllmaßnahmen ausgeführt (7.1 / 7.6 / 7.7 / 7.8).

Prinzip K (bzw. 10)

Die Eisenauflösung wird durch Zuführung von Elektronen (Beaufschlagung der Bewehrung mit Fremdstrom über Intertanoden oder durch Anordnung von galvanischen Anoden (Opferanoden)) unterbunden, so dass die gesamte Bewehrung kathodisch wirkt. Um eine großflächige Schutzwirkung zu erzielen und die elektrische Leitfähigkeit zwischen dem Anodenmaterial und dem Bestandsbeton herzustellen, muss die Oberfläche des Bauteils i. d. R. ganzflächig beschichtet werden.

Prinzip C (-)

Die Eisenauflösung wird durch die Trennung des Stahls vom Elektrolyten mittels einer Beschichtung des Stahls bewirkt. Dass dies zielführend möglich ist, wird mittlerweile bezweifelt.

6.5.2 Unterbinden der kathodischen Teilreaktion

Die kathodische Teilreaktion könnte dadurch unterbunden werden, dass ein Zutritt von Sauerstoff zum Bewehrungsstahl unterbunden wird. Dies ist im Allgemeinen nicht sicher zu erzielen, weshalb entsprechende Maßnahmen nicht in die Richtlinien aufgenommen wurden.

6.5.3 Unterbinden des elektrolytischen Teilprozesses

Prinzip W bzw. (8)

Der elektrolytische Teilprozess wird unterbunden, wenn der Wassergehalt des Betons im Bereich der Bewehrung ausreichend gering ist. Soweit erforderlich, gelingt dies durch Verhindern eines Wasserzutritts und das Ermöglichen einer ausreichenden Trocknung des Betons. In diesem Fall steigt der elektrische Widerstand des Betons an und sämtliche Transportvorgänge im Beton werden gehemmt.

Das hierzu in der Praxis üblicherweise eingesetzte Verfahren ist das Beschichten der Bauteiloberflächen (W bzw. 8.3). In der zukünftigen Instandhaltungs-Richtlinie [9] wird auch das Hydrophobieren der Betonoberfläche (8.1) als geeignetes Verfahren genannt.

6.6 Spezifische Voruntersuchungen

6.6.1 Ermitteln der Bauteileigenschaften

Die für die Anwendbarkeit und Ausführung einer behutsamen, auf die Minimierung der Eingriffe in die Bausubstanz ausgerichteten Instandsetzung bedeutenden und daher in jedem Fall zu ermittelnde Kenngrößen sind

- die Karbonatisierungstiefe des Betons,
- die Betondeckung der Bewehrung sowie
- der Tiefenbereich unter der Bauteiloberfläche, in dem für eine Bewehrungskorrosion kritische Feuchtegehalte auftreten.

Die Methoden zur Ermittlung der beiden erstgenannten Kenngrößen sind allgemein bekannt und haben sich seit vielen Jahren bewährt. Schwieriger ist die Ermittlung des Tiefenbereichs unter der Bauteiloberfläche, in dem für eine Bewehrungskorrosion kritische Feuchtegehalte auftreten. Aber auch hierzu liegen Kenntnisse vor [12].

6.6.2 Auswertung und Anwendung statistischer und probabilistischer Methoden

Allen Kenngrößen ist gemein, dass sie mehr oder weniger großen Streuungen unterworfen sind. Der Einsatz statistischer Methoden bei der Auswertung dieser Daten ist daher unumgänglich. Die Auswertungen reichen über die Ermittlung von Mittelwerten und Streubreiten bis hin zur Ermittlung von Häufigkeitsverteilungen.

Konventionelle, insbesondere aber auch Behutsame Betoninstandsetzungen erfordern eine auf diesen Daten aufbauende Prognose der Dauerhaftigkeit bzw. der Schadensentwicklung von Bauteilen. Die Nutzungsdauer bis zum Erreichen eines definierten Bauteilzustandes, z. B. eines vordefinierten Mindest-Soll-Zustandes, bzw. bis zum Eintreten von Schäden, muss vorhergesagt werden. Dies kann unter Verwendung geeigneter Schädigungs-Zeit-Gesetze (Materialgesetze) in Verbindung mit probabilistischen Methoden realisiert werden.

Hierbei werden die zeitlich veränderlichen Verläufe der Einwirkungen (E) und Widerstände (W) eines Bauteils mathematisch beschrieben und miteinander verglichen; siehe Bild 9. Da sowohl die Einwirkungen als auch die Widerstände lokalen Streuungen unterliegen, müssen diese Parameter mit Hilfe von Verteilungsfunktionen quantifiziert werden. Die Größe des mit der Zeit zunehmenden Überschneidungsbereiches der Verteilungsfunktionen für den Widerstand und die Einwirkung bildet ein Maß für die Schädigungswahrscheinlichkeit. Sie kann mit einschlägigen Berechnungsverfahren ermittelt werden. Die Schadenswahrscheinlichkeit wird

sodann genutzt, um das Erreichen kritischer Bauteilzustände – unter Einbeziehung definierter Sicherheitsniveaus – vorherzusagen bzw. den Zeitpunkt für notwendige Instandsetzungsmaßnahmen zu benennen.

Wird unter „Einwirkung“ die zeitliche Entwicklung der Karbonatisierungstiefe des Betons und unter „Widerstand“ die Betondeckung der Bewehrung verstanden, so ergibt sich aus den vorstehend beschriebenen Betrachtungen die sog. Depassivierungswahrscheinlichkeit der Bewehrung; siehe z. B. [12].

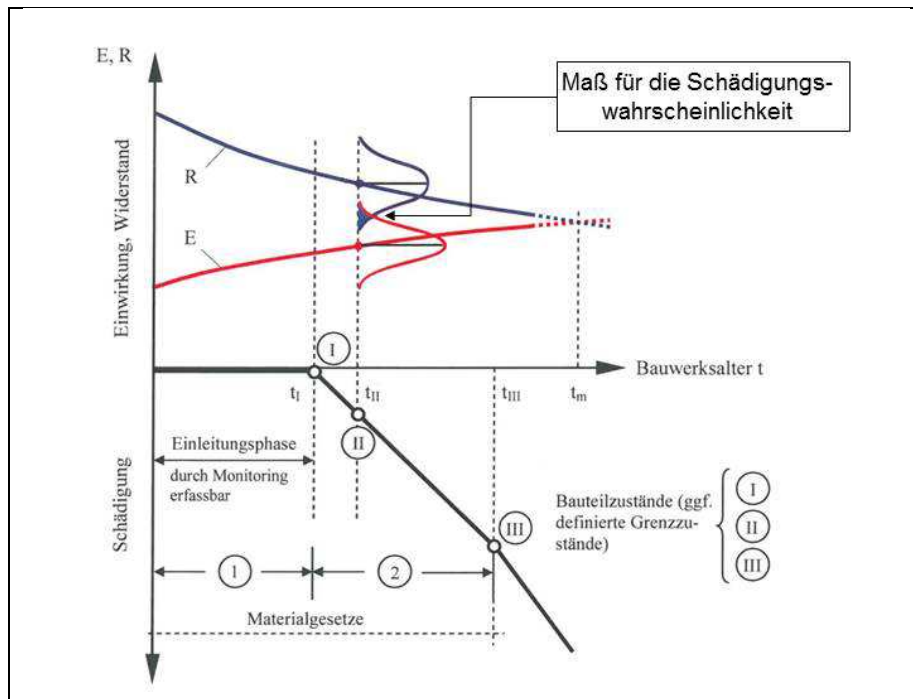


Bild 9: Zustandsentwicklung eines Betonbauteils infolge veränderlicher Einwirkung und veränderlichem Widerstand

E: Einwirkung auf das Bauteil

R: Widerstand des Bauteils gegen die Einwirkung

Bildquelle [13]

7 Ausgangslage des Projektes

7.1 Notwendigkeit alternativer Lösungen

Die direkte praktische Umsetzung der in Richtlinien, siehe Abschnitt 6.5, beschriebenen Prinzipien und Verfahren führt im Regelfall entweder zu einem großflächigen Austausch des querschnittsrandnahen Betons oder zu einer ganzflächigen, mehr oder weniger dicken Beschichtung der Bauteiloberflächen mit mineralisch- oder polymergebundenen Werkstoffen.

Bei sorgfältiger Vorgehensweise kann damit das Bauwerk oder Bauteil – regelmäßige Inspektion und Wartung vorausgesetzt – planmäßig über einen bestimmten Zeitraum weiter genutzt werden, ohne dass ein Mindest-Soll-Zustand unterschritten wird; siehe Bild 6.

Neben diesem positiven Ergebnis ist bei einer derartigen Instandsetzung Folgendes zu beachten:

Technische und wirtschaftliche Aspekte:

Oberflächenschutzsysteme weisen nur eine begrenzte Nutzungsdauer auf. Bei Verlust der Schutzwirkung können sie sich kontraproduktiv auf die Dauerhaftigkeit des Bauteils auswirken, da es in diesem Fall zu Feuchteanreicherungen im Beton unter der Beschichtung kommt, die wiederum eine Beschleunigung der Korrosion bewirkt (anthropogene Beanspruchung). Dies bedeutet, dass Oberflächenschutzsysteme im Verlauf der Standzeit eines Bauwerks i. d. R. mehrfach ganzflächig überarbeitet oder ausgetauscht werden müssen.

Ökologische Aspekte:

Die Instandsetzung erfolgt unter Verwendung von Materialien (zementgebundene und polymere Stoffe), deren Herstellung mit einem Eingriff in die Natur und einem Verbrauch natürlicher Ressourcen (mineralische Abbauprodukte für die Herstellung von Zementen und Gesteinskörnungen, Erdöl für die Herstellung von polymeren Zusatzstoffen) sowie einem hohen Energieverbrauch verbunden ist.

Der Rückbau nicht mehr funktionstüchtiger Materialien im Zuge wiederkehrender Instandsetzungen ist mit einem entsprechenden Abfallaufkommen verbunden. Insbesondere die Materialien auf petrochemischer Basis (z. B. Beschichtungen) bedürfen dabei einer gesonderten Behandlung.

Architektonische / baugeschichtliche / baukulturelle Aspekte:

Durch ganzflächige Schutz- und Instandsetzungsmaßnahmen verliert das Bauwerk irreversibel seine ursprüngliche Fassade. Die vom Architekten konzipierte und vom Bauherrn gewünschte, durch Gießen von Beton in eine Schalung hergestellte Oberfläche wird ersetzt durch eine Oberfläche, die putztechnisch oder malertechnisch hergestellt wurde. Zeugnisse der Bauzeit und damit kulturelle Werte gehen irreversibel verloren.

Folgerungen:

Vor diesem Hintergrund stellen sich die Fragen,

- ob eine Beschichtung bei jeder Instandsetzungsaufgabe technisch notwendig ist und
- ob in Bezug auf die Ausgestaltung von Instandsetzungsmaßnahmen ggf. von der als Technische Baubestimmung bauaufsichtlich eingeführten Instandsetzungs- bzw. Instandhaltungs-Richtlinie abgewichen werden darf.

Bei fehlender technischer Notwendigkeit sprechen die vorgenannten Aspekte deutlich gegen die Durchführung einer derartigen Instandsetzung. Es ist daher in jedem Einzelfall sorgfältig zu prüfen, ob ganzflächige Schutz- und Instandsetzungsmaßnahmen technisch notwendig sind.

Eine Antwort auf die zweite, baurechtlich entscheidende Frage geben bereits die Bauordnungen. Darin heißt es:

*„[...] Von den Technischen Baubestimmungen **kann abgewichen werden**, wenn mit einer anderen Lösung in gleichem Maße die allgemeinen Anforderungen des Absatzes 1 ^(*) erfüllt werden; [...]“* (Fettdruck und Unterstreichung vom Verfasser vorgenommen)

Unter den allgemeinen Anforderungen werden hierbei die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit und die natürlichen Lebensgrundlagen verstanden.

Letztendlich besteht die zentrale Aufgabe also darin, zu prüfen, ob eine „andere Lösung“ der Instandsetzung bzw. Instandhaltung technisch möglich ist und ggf. nachzuweisen, dass mit dieser „anderen Lösung“ die allgemeinen Anforderungen gleichermaßen erfüllt werden.

Dies ist in der Vergangenheit bereits an mehreren Objekten geschehen [14] bis [20]. Was bisher fehlt, ist, detailliert und nachvollziehbar die positiven technischen, wirtschaftlichen, ökologischen und baukulturellen Effekte dieser „anderen Lösungen“ aufzuzeigen. Dies könnte bewirken, dass sie zukünftig vermehrt angewendet werden und u. U. in Regelwerken Berücksichtigung findet.

7.2 Möglicher Ansatz alternativer Lösungen der Instandsetzung von Sichtbeton

Bereits die in Abschnitt 6.1 stark vereinfachend vorgenommene Darstellung der Teilprozesse der Korrosion zeigt, dass ein Verlust des Korrosionsschutzes alleine keinen Schaden darstellt. Im Gegenteil, die den Korrosionsschutzverlust auslösende Karbonatisierung verdichtet im Allgemeinen die Kapillarporenstruktur des Betons und erhöht damit dessen Dauerhaftigkeit.

Es bedarf vielmehr eines ausreichenden Sauerstoffgehaltes und eines ausreichend hohen Wassergehaltes des Betons an der Bewehrung, damit Korrosion stattfindet. Ohne Sauerstoff bilden sich keine Hydroxylionen und keine voluminösen Korrosionsprodukte. Ohne eine ausreichend hohe Menge Wasser fehlt ein Elektrolyt, der den Transport von Ladungen bzw. Ionen im Beton und das in Lösung gehen von Eisen ermöglicht.

Die geschilderten Zusammenhänge erklären den in der Praxis immer wieder feststellbaren Sachverhalt, dass es trotz seit langer Zeit verloren gegangenem Korrosionsschutz nicht zu einer nennenswerten Korrosion der Bewehrung bzw. zu einem Schaden gekommen ist.

Gerade bei älteren Sichtbetonbauwerken muss davon ausgegangen werden, dass große Anteile der Bewehrung durch Karbonatisierung des Betons nicht mehr vor Korrosion geschützt sind und in Korrosionsbereitschaft liegen. Alternative Lösungen können nun aber bei der Bewertung und ggf. Beeinflussung des Wasser- und Sauerstoffgehaltes des Betons an der Bewehrung ansetzen.

Ist die Bewertung und Beeinflussung des Sauerstoffgehaltes grundsätzlich schwierig, so gilt dies nicht für den korrosionskritischen Wassergehalt.

Realistisches Ziel von Bauwerksuntersuchungen kann es daher sein, zu bewerten, ob und ggf. welche Anteile der oberflächennahen Bewehrung während der Restnutzungsdauer des Bauwerks mit Beton in Berührung stehen, der ausreichend lange ausreichend hohe Feuchtegehalte aufweist, so dass es zu einer nennenswerten Korrosion der Bewehrung und damit zu Abplatzungen der Betondeckungsschicht kommen kann. Ist dieser Anteil gering, so ist es ausreichend, neben den bereits aufgetretenen Schädstellen diese potentiellen Schädstellen instand zu setzen.

8 Anlass, Zielsetzung und Nutzen des Projektes

Vor dem Hintergrund der in Abschnitt 7.1 beschriebenen Sachverhalte werden im Rahmen des Vorhabens innovative und minimalinvasive Instandsetzungsmethoden zur Bewahrung des national wertvollen Kulturgutes, der Stadthalle Lahnstein, entwickelt und modellhaft angewendet. Die Stadthalle ist durch natürliche aber auch anthropogene Umwelteinflüsse in ihrem Bestand gefährdet. Lahnstein zählt zu den drittgrößten Industriestandorten in Rheinland-Pfalz. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass größere Teile der Betonoberflächen durch Farbbeschichtungen künstlerisch gestaltet sind. Diese Farbbeschichtungen leiden verstärkt unter den anthropogenen Einflüssen. Durch diese Einflüsse findet eine Zerstörung der Farbbindemittel statt. Die Vergoldung an den Eckbereichen wird angegriffen und farblich verändert. Die Auswirkungen dieser Alterung sind restauratorisch, die Auswirkungen auf den Malgrund betontechnologisch zu untersuchen.

Durch die im Vorhaben vorgesehene minimalinvasive behutsame Methode der Betoninstandsetzung wird jedoch nicht nur das national wertvolle Kulturgut, die Stadthalle in Lahnstein, in ihrem Bestand erhalten und gesichert, sondern es werden darüber hinaus Methoden angewendet und weiterentwickelt, die mit einem minimalen Verbrauch an Rohstoffen und

einem minimalen Abfallaufkommen verbunden sind. Dies ist darin begründet, dass in das Bauwerk nur dort eingegriffen wird, wo dies technisch notwendig ist.

Die minimalinvasive Methode verringert den Bedarf an Primärrohstoffen, wie z. B. Kies und reduziert den Energieverbrauch, z. B. für die Herstellung von Zement und polymeren Werkstoffen. Der bedachte und minimierte Einsatz dieser Ressourcen reduziert damit letztendlich auch den Eingriff in die Natur und Landschaft, wodurch der Verlust der biologischen Vielfalt verringert werden kann. Der in geringerem Umfang notwendige Einsatz von Energie schont die Umwelt.

Die Begrenzung der Betonaustauschmaßnahmen auf Schadstellen und der Verzicht auf Beschichtungen, die bei späteren Instandsetzungen ggf. wieder entfernt werden müssten, minimiert auch das Abfallaufkommen.

Die Prüfung bzw. der Nachweis, dass eine minimalinvasive behutsame Betoninstandsetzung möglich ist, erfolgt unter Anwendung probabilistischer Methoden. Diese erlauben es, Aussagen zur möglichen Nutzungsdauer eines konkreten Bauteils bzw. zur Wahl der richtigen Zeitpunkte zukünftiger Instandsetzungsmaßnahmen zu treffen. Dabei werden die im Einzelfall gegebenen, mehr oder weniger variierenden Einwirkungen und vorliegenden Bauteilwiderstände bzw. die zu erwartenden dauerhaftigkeitsrelevanten Schädigungsprozessen berücksichtigt. Das Ergebnis dieser Auswertungen erlaubt somit ein auf die örtlichen Gegebenheiten abgestimmtes Lebenszyklusmanagement, das technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Anforderungen genügt und das schützenswerte kulturelle Erbe so weit als technisch möglich bewahrt.

Die der behutsamen Betoninstandsetzung zugrunde liegenden Kenntnisse und Erfahrungen, können auch auf andere Bauwerke (Ingenieurbauwerke wie z. B. Industriehallen, Staumauern, Stützmauern) angewendet werden. Dies gilt sowohl für die Methodik der Voruntersuchungen als auch für die praktische Umsetzung der Arbeiten. Dies wird im Rahmen des Projektes aufgezeigt werden.

Im Rahmen der modellhaften behutsamen Betoninstandsetzung werden

- die technologischen Grundlagen, die anthropogenen Einflüsse der Region sowie
- die derzeit eingesetzten Untersuchungs- und Auswertemethoden (u. a. zerstörungsarme Bauwerksuntersuchungen sowie statistische und probabilistische Auswertemethoden)

detailliert beschrieben. Ausgehend von den bislang vorliegenden Kenntnissen und Erfahrungen werden

- die derzeit praktizierten, zerstörungsarmen Untersuchungsmethoden und zugehörigen Auswertemethoden weiterentwickelt,
- die handwerkliche Vorgehensweise optimiert,
- das Verhalten einer derart instand gesetzten Sichtbetonfassade über die kommenden Jahre beobachtet und dokumentiert,
- die positiven Effekte in Bezug auf
 - den Einsatz von Ressourcen und Energie,
 - die Vermeidung von Abfall,
 - die Wirtschaftlichkeit, Ökologie, Nachhaltigkeitaufgezeigt,
- mittelständische Unternehmen in Bezug auf das notwendige Hintergrundwissen und die Umsetzung dieser Art der Instandsetzung geschult,
- die Ausführung und das Ergebnis dieser Art der Instandsetzung ausführlich dokumentiert und einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt.

9 Inhalt des Projektes

Die Tätigkeiten im Rahmen dieses Projektes einer modellhaften Behutsamen Betoninstandsetzung an der Stadthalle Lahnstein gliedern sich in folgende, die handwerkliche Ausführung vorbereitende Phasen:

- Voruntersuchungen
- Planungen
- Entwicklung geeigneter Reparaturbetone
- Kommunikation der Projektergebnisse

9.1 Voruntersuchungen

Sorgfältige Voruntersuchungen sind gemäß den einschlägigen Richtlinien bei jeder Art der Instandsetzung zwingend erforderlich und stellen damit keinen besonderen, durch diese Art der Instandsetzung bewirkten, Aufwand dar.

Ziel der Voruntersuchungen muss sein, den Ist-Zustand des Bauteils zu erkunden, um auf der Basis der gewonnenen Ergebnisse entscheiden zu können, ob eine Behutsame Instandsetzung möglich ist und wie diese ggf. im Einzelnen auszugestalten ist; siehe hierzu Abschnitt 6.6.

Ergebnis der Voruntersuchungen sind ein oder mehrere, grundsätzlich mögliche sog. Instandhaltungskonzepte, die den weiteren Umgang mit dem Bauwerk beschreiben.

Folgende Tätigkeitsschritte sind im Zuge der Voruntersuchungen erforderlich:

- Sichten und Auswerten vorliegender Unterlagen
- Definition des Soll-Zustandes
- Erkunden der im Hinblick auf die Aufgabenstellung wesentlichen Bauteileigenschaften
- Statisch-konstruktive Betrachtungen
- Auswerten der Ergebnisse
- Prognose der Restnutzungsdauer der Fassaden unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten durch Einsatz probabilistischer Methoden
- Darlegen eines oder mehrerer grundsätzlich möglicher Instandhaltungskonzepte
- Schätzung der Kosten der Instandhaltung
- Berichterstattung / Gutachtenerstellung

9.2 Planungen für die Instandsetzungen

Die Planungen bauen auf den Ergebnissen der Voruntersuchungen auf und bestehen in der Erarbeitung eines detaillierten Instandhaltungsplans auf der Basis des letztlich als am geeignetsten eingestuften Instandhaltungskonzeptes.

Der Informationsgehalt des Instandhaltungsplans muss den Anforderungen der Instandhaltungs-Richtlinie [9] genügen. Er enthält Angaben zu Art und Zeitpunkt der Bestandteile einer sachgerechten / richtliniengemäßen Instandhaltung von Bauwerken.

- Erstmalige Instandsetzung
- Inspektion
- Wartung
- Wiederkehrende Instandsetzungen

9.3 Entwicklung eines oder mehrerer Reparaturbetone

Auch bei konventionellen Instandsetzungen muss sichergestellt sein, dass die technischen Eigenschaften des Reparaturbetons auf den Bestand abgestimmt sind. Es sind sog. „Altbetonklassen“ zu bestimmen, die auf die Druck- und Zugfestigkeit des Bestandsbetons Bezug nehmen und, neben den zu erwartenden Einwirkungen, bei der Auswahl der Produkte berücksichtigt werden müssen. Entsprechende Vorgaben finden sich in der Instandhaltungs-Richtlinie [9].

Dieser Grundsatz gilt selbstverständlich auch bei der Behutsamen Instandsetzung. Der angestrebte Verzicht auf ganzflächige Beschichtungen bzw. die Betonsichtigkeit der Reparaturstellen erfordert jedoch, dass bei der Behutsamen Betoninstandsetzung diese Abstimmung in Bezug auf deutlich mehr Eigenschaften des Bestandes erfolgt. Es ist eine detaillierte „Bemessung“ des Reparaturbetons erforderlich.

Die Abstimmung des Reparaturbetons erfolgt insbesondere in Bezug auf

- das Festigkeits- und Verformungsverhalten
- die Dauerhaftigkeitseigenschaften
- das Wasseraufnahme- und Abgabeverhalten sowie auf die
- das Erscheinungsbild prägenden Eigenschaften

des Bestandsbetons.

Die „Bemessung“ führt zu Reparaturbetonen, die unter Verwendung örtlicher Gesteinskörnungen und passender Zemente und Zusatzstoffe, entsprechend der Maßgaben der DIN 1045 / DIN EN 206, zusammengesetzt sind.

9.4 Kommunikation der Projektergebnisse

Die Ergebnisse des Projektes werden über Veröffentlichungen, Tagungen und Seminare einer breiten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt.

Die Präsentationen erfolgen derart, dass ihr Inhalt für Ingenieure und Architekten sowie für mittelständische ausführende Unternehmen verständlich und verwertbar ist. Darüber hinaus können auch Veröffentlichungen für interessierte Laien erstellt werden.

Derzeit geplante Tagungen sind:

- Jahrestagung des IFS in Lahnstein
- Fachtagung im Rahmen der „Denkmal“ in Leipzig
- Tagung der GDKE

10 Praktische Umsetzung der Projektergebnisse

Aufbauend auf den Ergebnissen des Projektes wird die Behutsame Instandsetzung an den Fassaden umgesetzt. Die praktische Umsetzung gliedert sich in die folgenden Phasen.

10.1 Erstellen eines Leistungsverzeichnisses

Die im Leistungsverzeichnis formulierten Vorgaben zur handwerklichen Ausführung der Arbeiten bauen auf den Ergebnissen des Kapitels 9 auf und sind auf die Erfordernisse der Behutsamen Betoninstandsetzung abgestimmt.

10.2 Ausführung der Arbeiten

Neben einer sachgerechten Ausschreibung der handwerklichen Leistungen ist es für den technischen und wirtschaftlichen Erfolg der Instandsetzung erforderlich, dass die Arbeiten

fach- und sachgerecht sowie unter Beachtung konservatorischer Aspekte ausgeführt werden. Dies wiederum erfordert eine intensive fachspezifische Betreuung und Überwachung der Arbeiten (Fachbauleitung und Umsetzung eines zu erstellenden spezifischen Qualitätssicherungsplans). Die Fachbauleitung übernimmt zudem die Kostenkontrolle der Instandsetzungsarbeiten.

Die auf der Basis einer öffentlichen oder beschränkten Ausschreibung ausgewählte Firma wird vor Beginn der Arbeiten in die Besonderheiten der Behutsamen Instandsetzung eingewiesen. Von großer Bedeutung für den Erfolg der Maßnahme ist, dass sich die Ausführenden auf die Besonderheiten der Instandsetzung einlassen und bereit sind, diesen Weg der Instandsetzung mitzugehen. Steinmetztechnische Fähigkeiten sind von großem Vorteil. Kenntnisse in der konventionellen Instandsetzung sind hilfreich. Die notwendigen Kenntnisse werden den ausführenden Handwerkern im Vorfeld und während der Arbeiten jedoch auch durch die Fachbauleitung vermittelt.

10.3 Bauunterhaltung

Obwohl die Notwendigkeit der sog. Bauunterhaltung bekannt ist, finden sich Maßgaben zu deren Planung und Umsetzung erst in der in Kürze erscheinenden sog. Instandhaltungs-Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton [9]. Als Komponenten der Instandhaltung werden dort genannt und sind in einem für jedes Bauwerk zu erstellenden Instandhaltungsplan nach Art und Häufigkeit bzw. Zeitpunkt zu beschreiben und zu quantifizieren:

- Regelmäßige Inspektionen
- Regelmäßige Maßnahmen der Wartung
- Wiederkehrende Instandsetzungen

Die Inspektionen beinhalten alle Maßnahmen zur frühzeitigen Erkennung von Veränderungen bzw. Abweichungen zum erwarteten Zustand eines Bauwerks oder Bauteils einschließlich der Ursachenfeststellung und der Beurteilung der Relevanz für die weitere Nutzungsdauer.

Eine spezifische Art der Inspektion stellen sog. Monitoringsysteme dar, die z. B. im Zuge einer Instandsetzung am Bauwerk oder Bauteil installiert werden. Sie erlauben es, bestimmte Eigenschaften des Bauwerks oder Bauteils in engen Abständen und ohne größeren Aufwand oder Eingriff in das Bauwerk zu erfassen bzw. Eigenschaftsänderungen kontinuierlich verfolgen und daher besser einschätzen zu können.

Die Wartung dient der Aufrechterhaltung der Funktionalität des Bauteils und ggf. des Instandsetzungssystems. Die Zustandserfassung im Rahmen der Wartung erfolgt vorwiegend visuell. Funktionseinschränkungen werden unmittelbar behoben.

Zur Instandhaltung gehört auch die Planung bzw. Durchführung wiederholter Instandsetzungsmaßnahmen, soweit durch eine Erst-Instandsetzung und nachfolgende Wartungsmaßnahmen die Unterschreitung des Soll-Zustandes nicht verhindert werden kann. Bei wiederholten Instandsetzungen kann ggf. auf die Projektergebnisse zurückgegriffen werden.

Der bei der Behutsamen Betoninstandsetzung vorgenommene Verzicht auf ganzflächige Maßnahmen in Form von Spachtelung und anderen Beschichtungen vereinfacht die Umsetzung der genannten Komponenten einer sachgerechten Instandhaltung, da Alterungsprozesse nicht im Verborgenen ablaufen und der zu erhaltende Beton unmittelbar einsehbar und prüfbar bleibt. Notwendige Eingriffe in die Bausubstanz können gezielt und wiederum lokal vorgenommen werden.

11 Literatur (Kapitel 6 bis 10)

- [1] Nürnberger, U.: Korrosion und Korrosionsschutz im Bauwesen. Band 1: Grundlagen, Betonbau. Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin, 1995
- [2] Schießl, P.: Corrosion of steel in concrete. Report of the technical committee 60CSC, RILEM, Schießl, P. (Hrsg.), Chapman and Hall, New York, 1998
- [3] Raupach, M., Orlowski, J.: Schutz und Instandsetzung von Betontragwerken, Verlag Bau + Technik GmbH, 2008
- [4] Kropp, J.: Karbonatisierung und Transportvorgänge in Zementstein. Universität Karlsruhe (TH), Institut für Massivbau und Baustofftechnologie, Dissertation 1983
- [5] Schießl, P.: Einfluss von Rissen auf die Dauerhaftigkeit von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 370, Ernst & Sohn, Berlin, 1986
- [6] Bohner, E.: Rissbildung in Beton infolge Bewehrungskorrosion, Dissertation am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften, 2013
- [7] Haardt, P.: Zementgebundene und kunststoffvergütete Beschichtungen auf Beton, Universität Karlsruhe (TH), Institut für Massivbau und Baustofftechnologie, Dissertation 1991
- [8] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen – Wasserbau (ZTV-W) für Schutz und Instandsetzung der Betonbauteile von Wasserbauwerken (Leistungsbereich 219)
- [9] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: DAfStb-Richtlinie Instandhaltung von Betonbauteilen (Instandhaltungs-Richtlinie), Teile 1 bis 5, erschienen als Gelbdruck, Juni 2016
- [10] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: DAfStb-Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungs-Richtlinie), Teile 1 bis 4, Beuth Verlag Berlin und Köln, Oktober 2001 inklusive nachfolgender Berichtigungen
- [11] Deutscher Beton- und Bautechnikverein e. V. u. a.: Schützen, Instandsetzen, Verbinden und Verstärken von Betonbauteilen (SIVV-Handbuch). Fraunhofer IRB Verlag, Auflage 2008
- [12] Müller, H. S.; Günter, M.; Bohner, E.; Vogel M.: Gentle concrete repair – scientific background and practical methods (Behutsame Betoninstandsetzung – wissenschaftliche Grundlagen und ihre praktische Umsetzung) In: Restoration of Buildings and Monuments = Bauinstandsetzung und Baudenkmalpflege, Band 12 (2006), Heft 5/6, Seiten 469-479.
- [13] Müller, H. S. und Vogel, M.: Lebensdauerprognose für Betonbrücken – Wo stehen wir heute? Beitrag in: Planung, Bauausführung, Instandsetzung und Ertüchtigung von Brücken, 19. Dresdner Brückenbausymposium, 09./10. März 2009
- [14] „Was der Architekt vom Stahlbeton wissen sollte.“ Institut für Denkmalpflege und Bau-forschung IDB, Uta Hassler (Hrsg.), gta Verlag, ETH Zürich, 2010 mit Beiträgen von Alexander Kierdorf, Hubert K. Hilsdorf, Hartwig Schmidt, Harald S. Müller, Martin Günter und Eugen Brühwiller
- [15] „Betonsanierung – Korrosionsmechanismen und Sanierungstechniken an Stahlbeton-konstruktionen“. Arbeitshefte des Sonderforschungsbereiches 315 „Erhalten histo-risch bedeutsamer Bauwerke“. Sonderheft zum Expertentreffen im Rahmen des WTZ-Abkommens an der Universität Karlsruhe vom 12. bis 15. April 1989. Universität Karlsruhe TH (1989)
- [16] „Instandsetzung bedeutsamer Betonbauten der Moderne in Deutschland“. Technisch-wissenschaftliches Symposium, Karlsruhe, 30.03.2004. Berichtsband, Harald S. Mül-ler und Ulrich Nolting (Hrsg.) (2004)

- [17] „Sichtbeton – Planen, Herstellen, Beurteilen“. Technisch-wissenschaftliches Symposium, Karlsruhe, 17.03.2005. Berichtsband, Harald S. Müller, Ulrich Nolting und Michael Haist (Hrsg.) (2005)
- [18] Müller, H. S.: Die behutsame Betoninstandsetzung – Technisch-wissenschaftliche Grundlagen. In: Was der Architekt vom Stahlbeton wissen sollte. Uta Hassler (Hrsg.), Institut für Denkmalpflege und Bauforschung IDB, gta Verlag, ETH Zürich, 2010
- [19] Günter, M.: Die behutsame Betoninstandsetzung – Durchführung, Kosten, Dauerhaftigkeit. In: Was der Architekt vom Stahlbeton wissen sollte. Uta Hassler (Hrsg.), Institut für Denkmalpflege und Bauforschung IDB, gta Verlag, ETH Zürich, 2010
- [20] Baumstark, H.: Beton und Sanierung. In: Sichtbeton – Betrachtungen. Ausgewählte Architektur in Deutschland. Rüdiger Kramm und Tilman Schalk (Hrsg.), Verlag Bau und Technik, Düsseldorf 2007