

4. WTA-Kolloquium Betoninstandhaltung – 20. Juni 2017, Erfurt

Historische Betonkonstruktionen

Wissenschaftliche Leitung:

Prof. Dr.-Ing. Rolf P. Gieler

Prof. Dr.-Ing. Dipl. Chem. Andrea Osburg

Prof. Dr.-Ing. Ralf W. Arndt

Prof. Dr.-Ing. Andrei Walther

Block 1: Historischer Beton

Vortrag 1: *Dr.-Ing. Volker Wetzck, Brandenburgische Technische Universität Cottbus – Senftenberg*
Christian Fischer,
150 Jahre Stahlbeton und Emil Mörsch

Vortrag 2: *Dipl.-Ing. Elke Hamacher,*
LVR-Amt für Denkmalpflege im Rheinland -Abteilung Bau- und Kunstdenkmalpflege, Pulheim
Betoninstandsetzung in der Denkmal- pflege: Wunsch und Wirklichkeit

Block 2: Regelwerke und Gesetzliche Aspekte

Vortrag 3: *Prof. Dr.-Ing. Rolf Gieler,*
Ingenieur- und Sachverständigenbüro, Fulda
Regelwerke der Betoninstandhaltung und Denkmalpflege – ein Widerspruch?

Vortrag 4: *M.A. Kornelius Götz,*
Spiegelausschuss zu CEN TC 346,
Dipl. Rest. (FH) Gereon Lindlar,
Büro für Restaurierungsberatung, Meitingen
Ausführungssicherheit durch eine europäische Norm für die Betonrestaurierung

Vortrag 5: *Dr. jur. Hubert Bauriedl,*
LUTZ | ABEL Rechtsanwälts GmbH, München
Haftungsfallen bei der Instandsetzung denkmalgeschützter/historischer Stahl- und Spannbetonbauwerke

Block 3: Zustandserfassung und Schadensanalyse

Vortrag 6: *Prof. Dr.-Ing. Ralf W. Arndt,*

Fachhochschule Erfurt

Nächste Generation Stahlbeton- diagnostik

Vortrag 7: *Dr.-Ing. Herdis Heinemann,*

Technische Universität Delft

Die Erkundung des Betons als ein historisches Material in der Denkmalpflege

Vortrag 8: *Dipl.-Ing. Norman Hallermann,*

Prof. Dr. Guido Morgenthal,

Bauhaus Universität Weimar,

Automatisierte bildbasierte Erfassung geschädigter Betonbauteile

Block 4: Anwendungen

Vortrag 9: *Prof. Dr.-Ing. Andrei Walther,*

BauConsulting Brandenburg

Von Eisenbeton zu Stahlbeton am Beispiel der Berliner U-Bahnbauten

Vortrag 10: *Dr.-Ing. Alexander Flohr,*

Bauhaus Universität Weimar

Stampfbeton früher und heute – die richtige Mischung macht's

Vortrag 11: *Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Jeanette Orlowsky,*

Technische Universität Dortmund

Betoninstandsetzung mit Textilbeton

Abstracts der Einzelbeiträge hier abrufbar: <http://s.fhg.de/wtabeton17>



150 Jahre Stahlbeton und Emil Mörsch

Volker Wetzck, BTU Cottbus-Senftenberg, Cottbus

Schlagworte: Eisenbeton, Stahlbeton, Emil Mörsch.

Der Beitrag umreißt die Entwicklung im Stahlbetonbau mit besonderem Schwerpunkt auf die erste Hälfte des 20. Jahrhunderts, in der sich die noch als Eisenbeton bezeichnete Bauart auch in Deutschland etablierte. In dieser Periode reifte die Begriffsfindung von "Cementeisenkonstruktionen" über "Betoneisenbau" und "Eisenbetonbau" hin zur noch heute üblichen Bezeichnung "Stahlbetonbau". In dieser Periode gründete sich zudem der Deutsche Ausschuss für Eisenbeton, der fortan den wissenschaftlichen Fortschritt sowie die relevanten Regelwerke der Bauweise maßgeblich beeinflusste.

Die Etablierung des Eisenbetons in Deutschland ist eng verbunden mit Emil Mörsch. Wie kaum ein anderer bestimmte er durch eine ungewohnt enge Verflechtung von Theorie und Versuch den wissenschaftlichen Fortschritt seiner Zeit. Diesen synthetischen Ansatz finden wir auch in seinem Schaffen als Hochschullehrer in Stuttgart, wo er die "konstruktionsgebundene Baustatik" in der Lehre etablierte. Mörsch gilt als Begründer der Stuttgarter Schule des Konstruktiven Ingenieurbaus, die im weiteren Verlauf des 20. Jahrhunderts durch z.B. Fritz Leonhardt und Jörg Schlaich maßgeblich geprägt werden sollte. Ihm zu Ehren stiftete der Deutsche Betonverein noch zu Lebzeiten Mörschs die Emil-Mörsch-Gedenkmünze und verlieh ihm diese 1938.

Mörschs herausragende Bedeutung für die Entwicklung und Etablierung des Eisenbetons in Deutschland ist unbestritten - sein Wirken und Schaffen sowohl als praktisch tätiger Ingenieur als auch als Wissenschaftler sind dokumentiert. Vom Menschen Emil Mörsch wissen wir jedoch kaum etwas. Wenig ist überliefert - oft heroisiert durch den subjektiven Zungenschlag von Festschriften. Hier verweist der Beitrag auf Forschungspotenzial, denn Mörsch wird auch als Mensch Spuren hinterlassen haben.

Aus heutiger Perspektive ist die Geschichte des Stahlbetonbaus zunächst eine Erfolgsgeschichte - Stahlbeton revolutionierte das Bauschaffen und prägte das 20. Jahrhundert als "Jahrhundert des Stahlbetons". Der Beitrag verweist aber auch auf die Schattenseiten dieser Entwicklung! So zählt die Zementherstellung zu den energieintensivsten Produktionsbranchen mit einem jährlichen Kohlendioxidausstoß, der sich infolge des Stahlbetonbooms innerhalb des letzten Jahrhunderts vervielfacht hat. Zudem finden wir in der Erbmasse des "Jahrhunderts des Stahlbetons" nicht nur Häuser und schicke Brücken, sondern auch unzählige Satellitenstädte mit ihren sozialen Brennpunkten. Deren Rückbau, Umbau und Sanierung wird maßgeblich das Bauschaffen im 21. Jahrhundert prägen.

Betoninstandsetzung in der Denkmalpflege

Wunsch und Wirklichkeit

Dipl.-Ing. Elke Hamacher, LVR- Amt für Denkmalpflege im Rheinland, Pulheim

Schlagworte: Denkmalpflege, Sichtbeton, Betoninstandsetzung, Betonschutz, Betonkosmetik,

Die Anwendung geltender Richtlinien in der Betoninstandsetzung stellt für die Denkmalpflege einen großen Missstand dar. In den Richtlinien ist der Erhalt wertvoller Sichtbetonoberflächen schlichtweg nicht vorgesehen. Diese sind jedoch für den Denkmalwert entscheidend, da sie oft Bestandteil eines künstlerischen/architektonischen Konzepts sind und wertvolle Hinweise auf Herstellungstechnik und -materialien enthalten.

In den vergangenen Jahren sind zunehmend Bauten der „betonlastigen“ 1960er und 70er Jahre als Denkmal erfasst worden – gleichzeitig gehen jedoch immer mehr wertvolle Oberflächen unter den egalisierenden Oberflächenschutzsystemen verloren.

Die Denkmalpflege blickt mittlerweile auf etwas Erfahrung in der Sichtbetoninstandsetzung zurück und hat Methoden entwickelt, die einen Erhalt der Oberfläche erlauben. Ein größeres Hindernis als die technischen Grenzen sind dabei meist die Grenzen, die durch die Richtlinien als „anerkannte Regel der Technik“ gesetzt werden.



Fotos: LVR – Amt für Denkmalpflege im Rheinland

Neue Regelwerke der Betoninstandhaltung und Denkmalpflege - ein Widerspruch?

Gieler, Rolf P., Ingenieur- und Sachverständigenbüro, Fulda

Schlagworte: Denkmal, Stahlbeton, Eisenbeton, Korrosionsschutz, Regelwerk, Richtlinie, Instandhaltung.

Zunehmend werden aus Stahlbeton hergestellte Bauwerke aufgrund ihrer Besonderheiten, z. B. des Alters, der Ingenieurleistung, der bauhistorischen Bedeutung oder einer Kombination dieser Merkmale, zum Denkmal erklärt. Im Falle von Schäden sind diese Bauwerke sowohl unter Berücksichtigung denkmalpflegerischer Aspekte als auch unter Beachtung der technischen Regelwerke instand zu setzen. Insbesondere bei standsicherheitsrelevanten Maßnahmen sind die von der obersten Bauaufsichtsbehörde als Technische Baubestimmungen eingeführten technischen Regeln zwingend zu beachten. Auch für denkmalgeschützte Stahlbetonbauwerke ist daher ggf. vor allem die Instandsetzungs-Richtlinie des DAfStb [1] anzuwenden. Diese wird gegenwärtig überarbeitet, der Entwurf [2] befindet sich in der Einspruchphase. Wie in der noch gültigen Richtlinie, so sind auch im Entwurf keine besonderen Regeln für Maßnahmen an denkmalgeschützten Objekten aufgeführt. Daher stellt sich die Frage, ob die noch gültigen und/oder die zukünftigen Regeln Lösungsansätze bieten, um den Anforderungen der Denkmalpflege - meist nach Erhalt der ursprünglichen Oberfläche und Reversibilität - gerecht zu werden. In Anlehnung an die EU-weit harmonisierten Produktnormen der DIN EN 1504-Reihe [3] benennt der Gelbdruck der Instandhaltungs-Richtlinie [2] 6 Prinzipien für den Korrosionsschutz des Betons und 3 Prinzipien für den Korrosionsschutz der Bewehrung. Diesen Prinzipien werden geregelte Verfahren zugeordnet, mit denen die Ziele der Prinzipien zu erreichen sind. Wahrscheinlich ist, dass die Neufassung wie die aktuelle Richtlinie bauaufsichtlich eingeführt wird. Das bedeutet, dass dieses Regelwerk bei standsicherheitsrelevanten Instandsetzungsmaßnahmen weiterhin anzuwenden wäre. Betrachtet man die Verfahren zum Korrosionsschutz der Bewehrung, sind diese i. d. R. mit einer Veränderung der Oberfläche verbunden, indem Mörtel oder Beton aufgetragen oder die Oberfläche mit einer polymergebundenen Beschichtung versehen wird. Die vorhandenen Baustoffklassen werden mit der zukünftigen Richtlinie durch Einführung von Altbetonklasse berücksichtigt. Für Berechnungen der Tragfähigkeit können wichtige Daten zu Beton und Bewehrung aus [5] entnommen werden.

Aufgrund der häufig erforderlichen Maßnahmen zum Korrosionsschutz der Bewehrung lässt sich regelkonform ein Verändern der Oberfläche oft nicht verhindern. Allerdings kann durch frühzeitiges Abstimmen aller Beteiligten eine Lösung in der Regel individuell für das jeweilige Objekt erarbeitet werden, die denkmalpflegerische Aspekte weitgehend berücksichtigt.



[1] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (Herausgeber): DAfStb-Richtlinie - Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungs-Richtlinie), Teile 1 bis 3. Ausgabe 2001-10. Zu beziehen über den Beuth-Verlag.

[2] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (Herausgeber): DAfStb-Richtlinie Instandhaltung von Betonbauteilen (Instandhaltungs-Richtlinie), Gelbdruckentwurf (Stand: 2016-06-14).

[3] DIN EN 1504-Reihe Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken.

[4] DBV-Merkblatt Bauen im Bestand – Leitfaden. Fassung 01/2008.

[5] DBV-Merkblatt Bauen im Bestand – Beton und Betonstahl. Fassung 03/2016.

[6] DBV-Merkblatt Bewertung der In-situ-Druckfestigkeit von Beton. Fassung 03/2016.

Ausführungssicherheit durch eine europäische Norm für die Betonrestaurierung

Ein neues Projekt von CEN/TC 346 Erhaltung des kulturellen Erbes

*Dipl. Rest. (FH) Gereon Lindlar, Büro für Restaurierungsberatung Bonn,
Kornelius Götz, M.A., Büro für Restaurierungsberatung Meitingen und
Obman im DIN Spiegelausschuss zu CEN/TC 346 Erhaltung des kulturellen Erbes*

Schlagworte: Beton, Konservierung, europäische Norm, Betonrestaurierung, Auftragssicherheit

Am Beispiel der Betonsanierung an den Türmen der Bühnen Köln wurde deutlich, dass eine behutsame und denkmalgerechte Bearbeitung der Betonoberfläche stets außerhalb jeglicher Normung stattfindet. Diese Situation ist sowohl für die Planung und Bauleitung, als auch für die ausführenden Firmen schwierig.

Das Beispiel aus Köln ist kein Einzelfall: Insgesamt wird die denkmalgerechte Betoninstandsetzung seitens der Denkmalpflege zwar gefordert, sie stößt aber an die Grenzen einer nicht normgerechten Bauausführung, wenn sich Planer und Ausführende darauf einlassen. Diese Situation wurde unter anderem auf dem Betonseminar des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege im Februar 2015 in Thierhaupten diskutiert.

Dort wurde vorgeschlagen, eine eigenständige Norm zum Thema Konservierung von Beton zu initiieren. Die Grundidee einer Norm für die Betonkonservierung ist:

1. Erhalt der Oberfläche als ein wichtiges denkmalfachliches Ziel.
2. Eine partielle Instandsetzung unter Verzicht auf eine anschließend ganzflächige Beschichtung.

Dieses Projekt wird über den deutschen Spiegelausschuss zu CEN TC 346 Erhaltung des kulturellen Erbes vorangetrieben. Inzwischen hat das europäische Komitee CEN TC 346 den Vorschlag wohlwollend aufgegriffen.

In den kommenden Monaten und Jahren kommt es nun darauf an, dass deutsche Experten sich aktiv an der Erstellung des Normentwurfs beteiligen. Das Referat Beton in der WTA bietet dafür sicher eine solide Basis und ist deshalb auf Expertenebene mit dem deutschen Spiegelausschuss verbunden.

Die Instandsetzung denkmalgeschützter Bauwerke aus bauvertragsrechtlicher Sicht

Was ist bei der Eingehung von "denkmalbedingten Kompromissen" zu beachten?

RA Dr. Hubert Bauriedl, Partner der LUTZ | ABEL Rechtsanwaltsgesellschaft mbH, München

Denkmalbedingte Unterschreitung des öffentlich-rechtlichen Mindeststandards sowie der anerkannten Regeln der Technik bei Abnahme; Erörterungs-, Aufklärungs-, Beratungs- und Hinweispflichten von Planern und ausführenden Unternehmen

Anders als bei Neubauten auf der grünen Wiese verläuft bei Renovierungen, Umbauten, Instandsetzungen und Modernisierungen die Schnittstelle zwischen der Verantwortung des Bestellers und der Unternehmer nicht im Baugrund, sondern "irgendwo" im Bestand. Je nachdem, wie umfassend ein bestehendes Bauwerk umgestaltet wird, stellt sich u. U. nicht nur öffentlich-bauaufsichtsrechtlich die Genehmigungsfrage neu, sondern kann sich auch bauvertragsrechtlich - i. d. R. unbewusst - eine werkvertragliche Erfolgs- und Mangelhaftung auf den von den baulichen Maßnahmen gar nicht betroffenen Bestand ergeben.

Steht das zu bearbeitende Bauwerk noch dazu ganz oder teilweise unter Denkmalschutz, verschärfen sich die vertragsrechtlichen Haftungsrisiken von Planern und ausführenden Bauunternehmern zusätzlich, weil sie nicht nur ohne oder abweichend von den für herkömmliche Instandsetzungen oder Neubauten geltenden anerkannten Regeln der Technik arbeiten "müssen", sondern aus Gründen des Denkmalschutzes sogar "unterhalb" des öffentlich-bauordnungsrechtlichen Mindeststands, z. B. im Hinblick auf die Standsicherheit oder den Brandschutz.

Der 30-minütige Vortrag befasst sich mit den Grundsätzen, die Planer und ausführende Unternehmer bei der Eingehung von "denkmalbedingten Kompromissen" zu beachten haben, um ihre insoweit bestehenden Erörterungs-, Aufklärungs-, Beratungs- und Hinweispflichten gegenüber dem jeweiligen Auftraggeber vertragsgemäß zu erfüllen.

Nächste Generation Stahlbetondiagnostik

Neueste Entwicklungen der zerstärungsarmen und zerstörungsfreien Prüfung

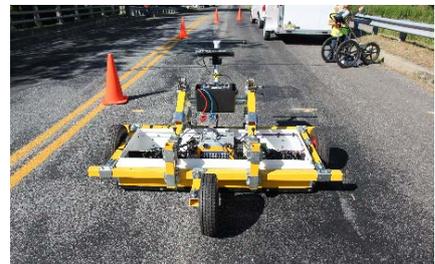
Prof. Dr.-Ing. Ralf W. Arndt, FH Erfurt - University of Applied Sciences, Erfurt

Schlagworte: Bauwerksdiagnostik, Messverfahren, zerstärungsarme Prüfung, zerstörungsfreie Prüfung

Zu den aktuellen gesellschaftsrelevanten Herausforderungen des 21. Jahrhunderts an das Bauwesen gehören die Gestaltung von Lebensräumen (insbesondere unter den Bedingungen des gesellschaftlichen, demografischen und klimatischen Wandels) sowie der nachhaltige und verantwortungsvolle Umgang mit Energie und Ressourcen. Insbesondere die Anforderungen der heutigen Zeit, wie das Aufkommen neuer Materialien, neuer digitaler Werkzeuge und im weitesten Sinne die Globalisierung mit neuen Kommunikationsmöglichkeiten, der Dezentralisierung von Arbeitsschritten und vor allem die Notwendigkeit nachhaltig zu bauen verlangen auch im Ingenieurwesen permanent neue Lösungen. Dabei wird der Anteil des Bauens im Bestand am Bauvolumen in Deutschland stetig größer. Und eine wichtige Voraussetzung für nachhaltige und sichere Gebäuden ist eine zuverlässige Beurteilung der vorhandenen Bausubstanz. Ganzheitlich betrachtet trägt die Nutzung der Bauwerksdiagnose zur Qualitätssicherung eines Bauprozesses oder einer Reha-Maßnahme bei und verbessert die Nachhaltigkeit unserer Infrastruktur. Die Auswahl des geeigneten Verfahrens (Probenentnahme und -prüfung im Labor, Sichtprüfung und ZfP vor Ort, Bauwerksmonitoring, FEM oder eine Kombination von diesen) ergibt sich dabei aus der maximalen Schnittmenge von Zuverlässigkeit und Erfüllung der notwendigen Anforderungen mit potentiellen Kosteneinsparungen und Sicherheitszuwachs.

Insbesondere hat sich die zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) als Instrument der Qualitätssicherung in vielen Bereichen der industriellen Materialprüfung während und nach dem Herstellungsprozess etabliert, zum Beispiel in der Turbinenfertigung oder der Luft- und Raumfahrt. So lohnen sich die kostenintensiven ZfP-Methoden weil sie Ersatz oder teure Reparaturmaßnahmen vermeiden oder auf ein Minimum reduzieren.

Auch im Bauwesen ist diese Entwicklung erkennbar. Aufgrund der Komplexität und Singularität eines Bauwerks besteht hierfür nach wie vor Forschungs- und Entwicklungsbedarf. Im Beitrag werden die neuesten Entwicklungen auf dem Gebiet der Stahlbetondiagnostik vorgestellt und deren Möglichkeiten und Anwendungsgrenzen diskutiert. Neben Entwicklungen in der Automatisierung, der Sensorik und der Datenverarbeitung in den USA und in Deutschland werden auch neueste Entwicklungen der FH Erfurt z.B. im Bereich der Korrosionsdiagnostik in Stahlbeton vorgestellt.



Die Erkundung des Betons als ein historisch Material in der Denkmalpflege

Dr. - Ing. Herdis Heinemann, TU Delft, Faculty of Architecture and the Built Environment, Lehrstuhl Heritage & Technology, Delft, Niederlande

Schlagworte: Historischer Beton, Materialgeschichte, Instandsetzung, Niederlande.

Denkmäler aus Beton spiegeln eine revolutionäre Entwicklungsgeschichte wider. Nach den ersten experimentellen Anwendungen von Beton, u.a. als Ersatz für Holz oder Naturstein, wurde dessen konstruktives Potential Ende des 19. Jh. erforscht. Parallel entwickelten sich die Betontechnologie, Produktion, Normierung, künstlerische Gestaltung und architektonische Anwendung von Beton, was in der Periode zwischen den Weltkriegen zu einer rasanten Anwendung und Qualitätsverbesserung führte.

Die vergleichsweise schnelle Entwicklung von Beton ist ein Grund dafür, dass bei Denkmälern die Anwendung des Betons und dessen Eigenschaften stark abweichen können. In der Denkmalpflegepraxis bedeutet dies, dass um die Dauerhaftigkeit zu beurteilen und eine kompatible Instandsetzung zu planen, und um Denkmalwerte zu bestimmen ein fundiertes Wissen über historischem Beton unumgänglich ist. Hierbei sollten nicht nur die nationale Materialgeschichte, sondern internationale Material- und Wissensströme berücksichtigt werden. Die Entwicklungsgeschichte des Betons ist gekennzeichnet durch einen internationalen Austausch von Forschungsergebnissen und Aufsätzen über bahnbrechende Bauwerke; Zement und Eisen wurde im- und exportiert. Nichtsdestotrotz weisen viele Denkmäler in Beton regionale Kennmerkmale auf. Aspekte sind u.a. der Einfluss von lokalen Baumaterialien und -traditionen, und die Schulung von Facharbeitern und Ingenieuren.

Das Beispiel der Niederlande zeigt, wie Tradition, Import, und politische Konflikte die Anwendung und Eigenschaften des Betons beeinflussten. Verglichen mit umliegenden Ländern war dessen Anwendung verzögert. Noch Ende des 19. Jh. war Stampfbeton gängig, vor allem für militärische Objekte und dem Wasserbau. Der verwendete Beton reflektierte die traditionale Bauweise, und der Tatsache, dass Naturstein eine Mangelware war: Kalk und Trass als Bindemittel, und Ziegelbrocken als Zuschlag. Ohne eine eigene Zementindustrie waren die Niederlande abhängig von Importen, was zu Fluktuationen der Qualität vor der Einführung der ersten Zementnormen in 1929 führte. Des Weiteren beeinflussten am Anfang des 20. Jh. Deutsche, Französische, Englische und Belgische Publikationen Entwurf und Regelwerke. Während der Zwischenkriegszeit wurden die Niederlande autonomer und teils führend. Bauen in Meerwasser wurde ein Forschungsschwerpunkt, und führte zu einer frühen Präferenz von Hochofenzement, teils mit Trass gemischt. Bei den Meisterwerken der Moderne, das UNESCO Weltkulturerbe *Van Nelle Fabriek* und das Sanatorium *Zonnestraal*, war Stahlbeton essentiell. Hochwertige, architektonisch gestaltete Stahlbetonfertigteile, vor allem von der Firma Schokbeton, eroberten seit den dreißiger Jahren des 20. Jh. den internationalen Markt.

Die oben genannten Beispiele zeigen, dass die Eigenschaften von historischem Beton durch viele Faktoren beeinflusst wurden. Diese können nicht nur die Dauerhaftigkeit beeinflussen, sondern auch repräsentative sein für die Materialgeschichte, und somit auch schützenswert. Für eine fachgerechte Instandsetzung und präventive Konservierung ist es deshalb notwendig, historischen Beton holistisch zu analysieren.



Automatisierte Bild-basierte Erfassung geschädigter Betonbauteile

Prof. Dr.-Ing. Volker Rodehorst, Dipl.-Ing. Norman Hallermann & Prof. Dr. Guido Morgenthal, Bauhaus-Universität Weimar, Weimar

Schlagworte: Schadenserkenkung, Photogrammetrie, Computer Vision.

Betonbauwerke unterliegen in ihrem Lebenszyklus verschiedensten Umwelteinflüssen, die zu Schädigungen am Bauwerk führen können. Um die Tragfähigkeit sowie die Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit gewährleisten zu können, ist der Bauwerkszustand kontinuierlich und sorgfältig zu überwachen. Damit können Schäden frühzeitig erkannt und notwendige Sanierungs- bzw. Instandsetzungsmaßnahmen rechtzeitig eingeleitet werden. Die Basis einer zuverlässigen Beurteilung des Bauwerkszustandes bilden vor allem die visuell am Bauwerk gewonnenen Daten. Die Zustandserfassung im Rahmen von Bauwerksinspektionen sind aufgrund der erforderlichen technischen Ausstattung und des spezialisierten Personals sehr aufwendig und kostenintensiv. Dies trifft insbesondere auf große bzw. großflächige Bauwerke wie Brücken oder Talsperren zu.

Moderne Technologien wie beispielsweise das automatische Scannen mit hochauflösenden optischen Sensoren (Kameras auf unbemannten Flugsystemen, Fahrzeugen oder stationären Linearbahnen) bieten hier ein enormes Potential, um die Datenerfassung deutlich zu beschleunigen, zu vereinfachen und die Bauwerksüberwachung effizienter zu gestalten. Die Anwendung photogrammetrischer Auswerteverfahren auf die qualitativ hochwertigen Bilddaten in Kombination mit innovativen Computer Vision Methoden ermöglicht eine automatisierte Erkennung verschiedenster Schadensformen wie z.B. Risse, Korrosion, Abplatzungen, Ausblühungen oder Feuchteschäden, was zu einer deutlichen Qualitätsverbesserung visueller Inspektionsmethoden führt.

Im Gegensatz zu dem etablierten Luftbildfall in der klassischen Photogrammetrie stellen die homogenen Texturen, die flexiblen Bildanordnungen und perspektivischen Verzerrungen im Nahbereich besonders hohe Anforderungen an ein automatisches Auswerteverfahren. Zunächst müssen die einzelnen überlappenden Bilder sortiert und zueinander ausgerichtet werden. Bei konstanten Kameraeinstellungen kann diese relative Orientierung über die robuste Zuordnung von auffälligen natürlichen Bildmerkmalen automatisch realisiert werden. Für eine messtechnische Fragestellungen oder Georeferenzierung müssen zudem einige 3D-Koordinaten bekannt sein. Nach einer automatischen Kamerakalibrierung und Bildverzerrung können mit Hilfe einer dichten Stereobild-Zuordnung zusammenhängende Oberflächen rekonstruiert und hochaufgelöste Orthobildmosaik als Grundlage für entsprechende Bildkarten erzeugt werden.

Für die Erkennung und Vermessung von Rissen auf Betonoberflächen wurden spezielle Bildanalyseverfahren entwickelt, die dünne, linienhafte, dunkel erscheinende und baumartig verzweigte Strukturen suchen. Das manuelle Auswählen der besten Filtermethode mit den entsprechend optimalen Parametern ist allerdings sehr aufwendig. Daher sollen diese durch überwachtes maschinelles Lernen automatisch bestimmt werden. Ergebnisse in Laborversuchen wie auch in Feldversuchen an verschiedenen Referenzbauwerken konnten aufzeigen, dass eine visuelle Inspektion und Schadenserkenkung von der automatisierten Auswertung hochwertiger Bilder deutlich profitieren kann. Darüber hinaus wird die Verknüpfung der Ergebnisse aus der automatischen Zustandsanalyse mit vorhandenen Datenmodellen im Kontext von BIM derzeit intensiv untersucht.



Von Eisenbeton zu Stahlbeton am Beispiel der Berliner U-Bahnbauten

Prof. Dr.-Ing. Andrei Walther, FH Potsdam, BauConsulting Dr. Walther GmbH & Co. KG

Schlagworte: Eisenbeton, U-Bahn Berlin, Historische Betone, Betoninstandsetzung

Ende des 19. Jahrhunderts war Berlin eine aufstrebende Wirtschaftsmetropole. Seit 1871 ist Sie Hauptstadt und seit 1877 eine Stadt mit mehr als eine Millionen Einwohner. Ein einheitliches Verkehrssystem existierte zu dieser Zeit nicht in der Stadt. Werner von Siemens initiierte seit 1880 über neue Verkehrswege nachzudenken. Es sollte 15 Jahre dauern bis der Antrag über den Bau eines Hochbahnviadukts genehmigt wurde. Seit 1863 fuhr eine unterirdische Fernbahn in London. Auch Werner von Siemens erstellte eine Machbarkeitsstudie für unterirdische Bahnen in Berlin. Allerdings erst 1900 -8 Jahre nach seinem Tode- wurde mit dem Bau von unterirdischen Tunneln und Bahnhöfen im Bereich Berlin Charlottenburg begonnen. Die ersten unterirdischen Bahnhöfe erhielten als Deckenkonstruktion ein Segmenttonnengewölbe (auch Preußische Kappendecke) welches sehr zeit- und arbeitsaufwändig hergestellt wurde. Im ersten Bauabschnitt der Hoch- und Untergrundbahn von 1902-1914 wurden bis zum Ausbruch des ersten Weltkrieges 37 km Streckennetz erstellt. Nach dem ersten Weltkrieg begann die zweite Bauphase des Baus der Untergrundbahn. Bautechnisch wurde nun Eisenbeton für die Wand und Deckenkonstruktion genutzt. Zu dieser Zeit wurde der Beton noch gegossen und erhielt kaum eine Verdichtung. Stampfbeton wurde für Wände und kleinteilige Flächen genutzt. Die technischen Vorgaben für die Erstellung des Betons sind 1916 mit der Veröffentlichung der Bestimmung für Ausführung von Bauwerken aus Beton und Eisenbeton des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton festgesetzt worden. Darin werden bereits Druckfestigkeiten für Betone vorgegeben. Allerdings wird bei der Konzeption des Betons zu dieser Zeit die Festigkeit auf Basis des Mischungsverhältnisses von Zement zu Sand/Schotter abgeschätzt. Ab 1925 wurde erst ein Mindestzementgehalt für den Beton vorgeschrieben und die DIN Norm 1045 eingeführt. Die Bauwerke des zweiten Bauabschnitts der Berliner U-Bahn sind hauptsächlich aus Eisenbeton gefertigt. Im Jahre 1941 wurde die Begrifflichkeit auf Stahlbeton einheitlich in Deutschland festgelegt. Das Baugeschehen kam durch den zweiten Weltkrieg beim U-Bahnbau vollständig zum Erliegen. Erst in den 50-iger Jahren des letzten Jahrhunderts wurde im dritten Bauabschnitt das Netz erweitert. Zu dieser Zeit ist der verwendete Beton in seinen Bestandteilen weitestgehend geregelt. Durch die umfangreichen Forschungen im Bereich der Verdichtung des Betons unter Kurt Walz (MPA Stuttgart) kamen nicht mehr Stampf oder Gießbetone nach Mischungsverhältnissen zur Anwendung. Die Betonrezeptur wurde nunmehr entworfen. Zur Einschätzung dieser seit über 100 Jahren verwendeten Betone sind umfangreiche Untersuchungen notwendig. Insbesondere die Einordnung der Festigkeit in Altbetonklassen spielt eine grundlegende Rolle. Weiterhin wird an Hand der Untersuchung eines U-Bahnhofes aus den 20-iger Jahren die Problemstellung zur Instandsetzung dieser Konstruktion unter tragwerkplanerischen sowie denkmalhistorischen Gesichtspunkten im Vortrag präsentiert.

Die Gesamtheit der notwendigen Anforderungen aus Tragwerksplanung sowie Denkmalschutz spielen zukünftig in der Instandsetzung des U-Bahnnetzes in Berlin eine übergeordnete Rolle. Eine sachkundige Planung sowie auch die Ausführung von Betoninstandsetzungsarbeiten sind die Voraussetzungen für den Erhalt des ältesten U-Bahnnetzes Deutschlands.



[Archiv Museum Tempelhof-Schöneberg, Andrei Walther]

Stampfbeton früher und heute

Die richtige Mischung macht's

Dr.-Ing. Alexander Flohr, Dipl.-Ing. Alexander Gypser und Prof. Dr.-Ing. Andrea Osburg

*Bauhaus-Universität Weimar, F. A. Finger-Institut für Baustoffkunde (FIB),
Professur Bauchemie und Polymere Werkstoffe, Coudraystraße 11A, 99423 Weimar*

Schlagworte: Stampfbeton, Betoninstandsetzung, Sonderbetone

Betoninstandsetzungen haben heutzutage nicht mehr ausschließlich den Erhalt eines Bauteils bzw. die Wiederherstellung der Tragfähigkeit zum Ziel. Die Rekonstruktion und Konservierung historischer, z.T. denkmalgeschützter Betonstrukturen gewinnt zunehmend an Bedeutung. Dabei ist die originalgetreue Nachbildung von unterschiedlichen Betonoberflächen und -strukturen eine besondere Herausforderung. Der im 19. Jh. in Europa weit verbreitete Stampfbeton wurde bereits Anfang des 20. Jh. durch den stahlbewehrten Beton mit seinen vielfältigen Einsatzmöglichkeiten wieder abgelöst und galt seitdem als eine Bauweise mit einem kaum vorhandenen Einsatzgebiet. Dadurch sind Veröffentlichungen, Dokumentationen, Aufzeichnungen, aber auch Erfahrungen relativ rar. Sollen Bauwerke und Bauteile aus Stampfbeton jedoch erhalten werden, gilt es sich mit seinen spezifischen Eigenschaften auseinander zu setzen. Zudem wurde der Stampfbeton mit seiner besonderen Optik im Bereich der modernen Architektur als besonders archaisch wirkender Baustoff wieder entdeckt.

Die Stampfbetonbauweise entwickelte sich in Frankreich Anfang des 19. Jh. aus der sogenannten *Pisé*-Bauweise. Bei diesem Verfahren wurde Lehm schichtenweise in eine Holzschalung eingebracht und durch Stampfen verdichtet. Etwa ab 1813 experimentierte Louis-Joseph Vicat mit verschiedenen Kalken und hydraulischen Bindemitteln.¹ Parallel dazu begann Françoise Martin Lebrun mit hydraulischen Kalken Betone herzustellen, die mit dem *Pisé*-Verfahren eingebaut wurden. Mit dieser Technik wurde 1832 ein erstes Haus erbaut.² 1855 beantragte Vicat seine ersten beiden Patente zur neuen Bauweise. In einem dieser Patente wurde die neue Methode beschrieben und beinhaltete im Wesentlichen folgende Punkte: „1. Der Beton wird nicht, wie bisher üblich, nur an die Verwendungsstätte geschüttet und sich selbst überlassen, sondern gestampft. [...], 2. Der Sparsame Wasserzusatz. [...], 4. Die Verwendung von Schalung, entsprechend der Tradition der Lehmbauweise, die häufig wiederverwendet werden können.“³

Ab Ende der 1860er Jahre trieb Eugen Dyckerhoff die Erforschung und Anwendung des Stampfbetons vehement voran.⁴ Dank geschickter Vertriebsstrategien und entsprechendem Ehrgeiz wurden in den folgenden Jahren bis Anfang des 20. Jh. zahlreiche Brücken und Hochbauten aus Stampfbeton errichtet.

Stampfbeton wird grundsätzlich als 3-Stoff-Gemisch aus Gesteinskörnung, Zement und Wasser hergestellt. Eugen Dyckerhoff definierte 1888 in der Broschüre „Über Betonbauten insbesondere Ausführung in Stampfbeton“ den Stampfbetonbau wie folgt: „Unter ‚Stampfbeton‘ versteht man einen Beton, aus einer Mischung von Portland-Zement, [...] Kiessand und Kiessteinen oder Steinschlag, welcher in erdfeuchtem Zustand zubereitet und in dünnen Lagen in Formen oder zwischen Schalungen eingebracht und so lange mit schweren Stampfern behandelt wird, bis die Masse dicht, bzw. geschlossen ist und sich Wasser an der Oberfläche zeigt.“⁵ Die Verwendung von Zusatzmitteln und -stoffen war nicht üblich. Da der Stampfbeton heutzutage aber hauptsächlich aufgrund seiner optischen Eigenschaften Verwendung findet, wird dem Gemisch oftmals noch ein Pigment zugegeben.

¹ „Aus der Frühzeit des Betonbaus“, Klaus Stiglat, Bautechnik 89 (2012), Heft 7

² Ebd.

³ „Vom Caementum zum Spannbeton“, Günter Huberti, 1964

⁴ „Zu den deutschen Anfängen des Bauens mit Beton“, Knut Stegmann, Beton- und Stahlbetonbau 106 (2011), Heft 6

⁵ Ebd.

Betoninstandsetzung mit Textilbeton

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Jeanette Orlowsky, Technische Universität Dortmund, Dortmund

Schlagworte: Instandsetzung, Textilbeton, Rissbreite, Beton, technische Textilien

Textilbeton ist der neue Verbundwerkstoff des Bauwesens! Seine Stärke liegt in der geringen Wandstärke gegenüber herkömmlichem Stahlbeton. Mit Wanddicken von 20-30 mm gegenüber 120-150 mm sind bei vergleichbaren mechanischen Eigenschaften massive Einsparungen hinsichtlich Materialien, Gewicht und Volumen möglich. Zugleich werden vollkommen neue Gestaltungsfreiheiten in Bezug auf Geometrien und Oberflächenstrukturierung gewonnen.

Textilbeton besteht im Allgemeinen aus Carbon- oder AR-Glasfasern, die zu technischen Textilien mit Maschenweiten von > 10 mm x 10 mm verarbeitet werden, und Feinbetonen, welche sich durch ein geringes Größtkorn (< 8 mm) und hohe Bindemittelgehalte auszeichnen. Die technischen Textilien bestimmen im Verbundwerkstoff die Tragfähigkeit unter Zugbeanspruchung.

In der Bauwerksinstandsetzung wird Textilbeton aktuell in folgenden Bereichen eingesetzt:

- Erneuerung von Fassaden (Fassadenplatten, Sandwichelemente)
- Textilbeton zur Stahlbetonverstärkung
- Textilbewehrte Spritzschichten als Schutzschichten
- Textilbewehrte Rissbandagen

Hinsichtlich der Anwendung des Textilbetons zur Stahlbetonverstärkung liegt seit 2014 eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (Z-31.10-182) „Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit TUDALIT (Textilbewehrter Beton)“ vor. Dementsprechend existieren zahlreiche Anwendungsbeispiele (u. a. Zuckersilo Uelzen, Instandsetzung der historischen Bogenbrücke in Naila).

Im Bereich der Instandhaltung historischer Betonkonstruktionen kann der Einsatz von Textilbetonen häufig auch in statisch nicht relevanten Bereichen zielführend sein. Beispiele hierfür sind textilbewehrte Spritzmörtel als Schutzschichten für Wasserbauwerke, die Instandsetzung des Stahlbetondachs der Wallfahrtskirche in Neviges sowie die textilbewehrten Rissbandagen auf der Oktagonkuppel des Aachener Doms. Bei den beiden erstgenannten Beispielen liegt der Vorteil des Textilbetons in der Ausbildung eines sehr fein verteilten Rissbildes mit minimalen Rissbreiten.

Anhand von Zulassungen im Einzelfall können individuelle Instandsetzungskonzepte mit Textilbetonen realisiert werden. Die häufig zeit- und kostenaufwendigen Zulassungen im Einzelfall sind aktuell ein wesentliches Hemmnis bei der Verbreitung des neuen vielversprechenden Verbundwerkstoffs Textilbeton. Das große Interesse der Industrie und die zahlreichen Pilotprojekte signalisieren jedoch, dass dieser ressourcenschonende Verbundwerkstoff in der Bauwerksinstandsetzung seinen Platz finden wird.

