

Die Zukunft des Bauens heute gestalten

6. Internationaler BBB-Kongress

16. September 2021 in Weimar

Tagungsband

Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Bargstädt (Hrsg.)

Impressum

Herausgeber:

Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Bargstädt

Besuchen Sie uns im Internet:

www.asw-verlage.de

**© Bauhaus-Universitätsverlag als Imprint von arts + science weimar GmbH, Ilmtal-Weinstraße
2021**

Kein Teil dieses Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme digitalisiert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Die Angaben zu Text und Abbildungen wurden mit großer Sorgfalt zusammengestellt und überprüft. Dennoch sind Fehler und Irrtümer nicht auszuschließen. Für den Fall, dass wir etwas übersehen haben, sind wir für Hinweise der Leser dankbar.

Satz und Gestaltung:

Bauhaus-Universität Weimar

Professur Baubetrieb und Bauverfahren

Martina Mellenthin Filardo, M.Sc.

Bettina Reichardt

Druck: Beltz Bad Langensalza GmbH

ISBN 978-3-95773-298-9

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

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

Inhaltsverzeichnis

Mitglieder des Programmkomitees 2021	1
Bisherige BBB-Kongresse	2
Vorwort zum Kongress.....	3
Grußwort zur Kongresseröffnung	5
Session 1: Komplexe Bauverfahren und -projekte.....	7
Bauverfahren für die Instandsetzung von Schleusenanlagen unter laufendem Betrieb	9
FOUR Frankfurt – Gründung eines Hochhausensembles.....	19
Ein Ansatz zur Optimierung der Bauleistungsfeststellung im Straßenbau.....	27
Bauen ohne Boden – Straßenbau im Sumpfland des Niger Deltas.....	39
Die übergeordnete Baulegistik bei komplexen Bauvorhaben am Beispiel des Projekts Strandkai – HafenCity Hamburg.....	51
Frühzeitige Erstellung von Baulegistikkonzepten – Chancen und Herausforderungen einer BIM-basierten Baulegistikplanung.....	61
Solving Construction Industry Problems Using Modern Technology.....	71
Session 2: Innovative Vertrags- und Abwicklungsmodelle.....	83
Kontextuelles Projekt- und Vertragsmanagement – Zur Überwindung vornehmlich arbeitspaket- und prozessorientierter Abwicklungsmethoden bei komplexen Projekten	85
Teamfähigkeit als Wertungskriterium in Vergabeverfahren für öffentliche Bauprojekte mit partnerschaftlichen Vertragsmodellen.....	95
Erfolgreiche Projektallianzen – Teambuilding ist mehr als Grillfest und Kletterpark	103
Kooperationskultur in der Integrierten Projektabwicklung	123
Vom repräsentativen Einzelnachweis zum Anscheinsbeweis – Wege zur viablen Dokumentation.....	141
Rechtliche Grundlagen von Mehrparteienverträgen.....	151
Der Baugenehmigungsprozess aus Sicht des Projektmanagements – Ein Exkurs zur Antragsteller:innenperspektive	161
Juristische Leitplanken für Architekten beim Building Information Modeling – Vertragsgestaltung/Vergütung/Haftung.....	173

Session 3: Digitalisierung und Modularisierung	181
Konzept einer durchgängigen Informationskette mit Methoden der Künstlichen Intelligenz am Beispiel der Lieferkette von Beton.....	183
railBIM Catalogue – LOD Specifications for Construction Elements in Railway Models in Vietnam.....	195
Alles neu mit BIM? Lessons Learned und Reflexion zur BIM-basierten Bestandsmodellierung in frühen Projektphasen	207
Automated BIM-Based House Configuration.....	217
Bauwerkskonfiguratoren – Vom Entwurf zu Fertigungsdaten in 10 Minuten	227
Cyber-Physische Produktionssysteme (CPPS) im Bauwesen – Nächste Revolution in der Tradition des Bauhauses.....	241
Session 4: Aspekte der Nachhaltigkeit	257
Ökologische und ökonomische Bilanzierung von innovativen multifunktionalen Bauteilen.....	259
Verfügbarkeits- und zustandsbezogene KPIs für kommunale Verkehrsinfrastruktur.....	269
Gips ist ein nachhaltiger Baustoff – Ein Beitrag zur Dekarbonisierung der Baustoffindustrie.....	279
Strohballen als lasttragender Baustoff – Aktueller Stand in Forschung und Baupraxis.....	295
Taktplanung in der Ausführungsplanung – Wie mit Hilfe von Lean Management Planungsprozesse optimiert werden können, um eine baubegleitende Planung zu vermeiden	309
Autor:innenverzeichnis	323
Sponsoring	327

Mitglieder des Programmkomitees 2021

Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Bargstädt | Bauhaus-Universität Weimar

Prof. Dr. Thorsten Beckers | Bauhaus-Universität Weimar

Executive in Residence Heinz Ehrbar | ETH Zürich

Prof. Dr.-Ing. Mike Gralla | Technische Universität Dortmund

Prof. Dr.-Ing. Detlef Heck | Technische Universität Graz

Prof. Dr.-Ing. Dr. Techn. Christian Hofstadler | Technische Universität Graz

Prof. Dr.-Ing. Hans Christian Jünger | Universität Stuttgart

Prof. Dr.-Ing. Tanja Kessel | Technische Universität Braunschweig

Martina Mellenthin Filardo, M.Sc. | Bauhaus-Universität Weimar

Prof. Dr.-Ing. Peter Racky | Universität Kassel

Prof. Dr.-Ing. Patrick Schwerdtner | Technische Universität Braunschweig

Dominik Waleczko, M.Sc. | Karlsruher Institut für Technologie

Bisherige BBB-Kongresse

1. Internationaler BBB-Kongress 2011, TU Dresden

Zukunftspotential Bauwirtschaft

2. Internationaler BBB-Kongress 2013, TU Darmstadt

Zukunftspotential Bauwirtschaft

3. Internationaler BBB-Kongress 2015, RWTH Aachen

Schwerpunkt Infrastruktur

4. Internationaler BBB-Kongress 2017, Universität Stuttgart

Digitalisierung im Bau

5. Internationaler BBB-Kongress 2019, TU Graz

Bauen NEU denken!

6. Internationaler BBB-Kongress 2021, Bauhaus-Universität Weimar

Die Zukunft des Bauens heute gestalten!

Vorwort zum Kongress

Sehr geehrte Damen und Herren,

als Gastgeber und Veranstalter des 6. Internationalen BBB-Kongresses in Weimar begrüße ich Sie ganz herzlich.

Wieder einmal haben sich die BBB-Professoren zusammengetan, um im Rahmen einer Leistungsschau darauf aufmerksam zu machen, welche Forschungsergebnisse und Transferprojekte aktuell die Entwicklung der Themen im breiten Spektrum von Bauwirtschaft, Baubetrieb, Bautechnologie und verwandten Bereichen beeinflussen.

Als langjähriger Sprecher der BBB-Professoren war es mir ein Anliegen, mit der Ausrichtung des diesjährigen, des 6. Internationalen BBB-Kongresses, die Kontinuität dieser Serie von Konferenzen zu wahren und weiter auszubauen. So freuen wir uns, dass Weimar im Jahr 2021 Gastgeber des BBB-Kongresses ist. Die Wertschätzung, die dieser Kongress auch in Weimar und weit darüber hinaus genießt, wird an den Grußworten des Wirtschaftsministers des Freistaats Thüringen, Wolfgang Tiefensee, sowie an dem Grußwort des Präsidenten der Bauhaus-Universität Weimar, Winfried Speitkamp, deutlich.

Der Wirtschaftsminister des Freistaats Thüringen ist gleichzeitig Minister für Wissenschaft und für Digitale Gesellschaft. Was könnte die Ausrichtung des Kongresses und die Herausforderungen der Bauindustrie besser charakterisieren als die Kombination von Wissenschaft, Wirtschaft und Digitalisierung. Die Forschungsschwerpunkte des Bauhaus-Management-Instituts, zu dem sich die BBB-Professoren an der Bauhaus-Universität Weimar zusammengeschlossen haben, bewegen sich entlang der Relevanz von digitaler Technologie auf die Wertschöpfungskette Bau und auf moderne Formen des Managements von Bau- und Investitionsprojekten in die gebaute Umwelt. Digitalisierung für die und in der gebauten Umwelt ist darüber hinaus einer der Forschungsschwerpunkte der Bauhaus-Universität Weimar.

Vor zwei Jahren, als meine Kollegen und ich uns freudig für die Ausrichtung des 6. Internationalen BBB-Kongresses in der Kulturstadt Weimar bewarben, war überhaupt nicht abzusehen, welche disruptiven Veränderungen auf die gesamte Gesellschaft und damit auch auf das Bauwesen zukommen würden. Seitdem haben uns die aufgrund der Pandemie zu verändernden Rahmenbedingungen gelehrt, viele unserer traditionellen Prozesse zu überdenken und neu auszurichten. Auch wenn die Bauwirtschaft bisher relativ unbeschadet durch die Krise der letzten 1,5 Jahre gekommen ist, so spüren wir doch, dass auch wir als BBB-Professoren und -Institute Treiber der digitalen Veränderung sein müssen, um die Bauwirtschaft in dem weitgehend noch ausstehenden Wandlungsprozess zu unterstützen.

Ein weiteres Thema, das zukünftig sicherlich mehr als nur eine der vier Sessions sowie einen gewichtigen Beitrag bei der abschließenden Podiumsdiskussion rechtfertigt, ist das der Nachhaltigkeit und der Ressourcenschonung. Es ist nicht ausreichend, wenn die Beteiligten aus der Bauwirtschaft sich darauf beschränken, darauf zu verweisen, dass Investoren, Nutzer und Planer die Rahmenbedingungen am Markt definieren, die wir dann nur noch nach Plan umsetzen. Dort wo Nachhaltigkeit nur nachlässig verfolgt wird, wo Ressourcenschonung noch als reines Lippenbekenntnis gelebt wird, sollten auch wir unsere wichtige Stimme erheben und dazu beitragen, die Entwicklungen in eine zukunftsfähige und nachhaltige Errichtung zu treiben. Nicht alles, das kopflos geplant wird, sollte auch gedankenlos umgesetzt werden.

Bauten, die über 50 Jahre und weit länger betrieben werden, müssen mit hoher Qualität und auf langfristige bzw. flexible Nutzung ausgerichtet sein. Das bedingt einen hohen Qualitätsanspruch, der per se bereits zu nachhaltigen Entscheidungen führen sollte. Die aktuellen Notwendigkeiten setzen obendrauf noch die Bewertung der Ressourcenfrage und den Einsatz von ressourcenschonenden Materialien und Prozessen. An der Bauhaus-Universität besteht dazu beispielsweise ein Arbeitskreis, der sich im Rahmen einer großen EU-Initiative um Projekte im Rahmen des „Neuen Europäischen Bauhauses“ bemüht.

Die Pandemie war bereits erwähnt worden. Ganz aktuell zwingt sie uns dieses Jahr, den Kongress weitgehend online auszurichten. Ich hoffe, Sie alle haben in den zurückliegenden Monaten etliche positive Erfahrungen mit diesem Konferenz- und Austauschformat machen können. Über das, was uns allen dabei fehlt, möchte ich an dieser Stelle keine langen Worte verlieren. Aber dass wir nach den Corona-bedingten Einschränkungen ganz einfach zurückfinden in einen Zustand „wie davor“, ist nicht mehr denkbar. Insofern experimentieren wir alle in diesem Jahr in der Form des Kongresses. Unberührt davon bleibt der fachlich hochqualifizierte Inhalt der Programmpunkte, so dass ich die Erwartung habe, dass Sie alle in erheblichem Maß auch von diesem digitalen Kongressformat profitieren werden.

Im Tagungsband ist die Form der inklusiven Sprache den Autor:innen selbst überlassen worden. Insofern verweisen wir hier ausdrücklich darauf hin, dass die Ansprache eines Geschlechts im Sinn der Gleichbehandlung in der Regel für alle Geschlechter gilt.

Ich wünsche Ihnen und den Kongressteilnehmern, dass auf dem 6. Internationalen BBB-Kongress die richtigen Fragen gestellt werden, um die relevanten BBB-Themen zukunftsfähig zu diskutieren. Ich hoffe, der Kongress gibt Ihnen zu den aktuellen Herausforderungen interessante und zukunftsweisende Impulse. Die Vorab-Sichtung der Fachbeiträge für den Tagungsband lassen mich da sehr optimistisch blicken.

September 2021

Hans-Joachim Bargstädt, Bauhaus-Universität Weimar

Grußwort zur Kongresseröffnung

Sehr geehrte Damen und Herren,

inzwischen kann die Gruppe der BBB-ProfessorInnen auf fünf Internationale Kongresse zurückblicken. Der 6. BBB-Kongress findet nun an der Bauhaus-Universität in Weimar statt.

Das BBB-Netzwerk umfasst im engeren Sinne die Professorinnen und Professoren für Baubetrieb, Bauwirtschaft und Baumanagement an deutschsprachigen Universitäten. Dieses Netzwerk wurde aufgrund des breiten Lehr- und Forschungsbereiches um die Felder Immobilienwirtschaft, Projekt- und Prozessmanagement, Infrastrukturmanagement, Baubetriebswirtschaftslehre, Facility Management, Gebäudetechnik, Bauverfahrenstechnik, Bautechnologie und Tunnelbau erweitert.

Der internationale BBB-Kongress bildet das breite Spektrum der Tätigkeitsbereiche der Lehrstühle ab, ohne dass diese selber auf der Bühne stehen. Stattdessen werden erfahrene Bauleute ihre Projekte und Ideen vorstellen und zur Diskussion stellen. Dem Programmkomitee wurden spannende Beiträge eingereicht, jedoch konnten wir uns aus zeitlichen Gründen nur für eine geringe Auswahl entscheiden. Mein ausdrücklicher Dank geht an die Vortragenden, die im Allgemeinen neben der üblichen Arbeit noch einen schriftlichen Beitrag und Präsentationen erstellen mussten.

Nachdem im Jahr 2019 der BBB-Kongress in Graz stattgefunden hat, freut es mich umso mehr, dass der Staffelstab an Weimar übergeben wurde.

Die Bauhaus-Universität zu Weimar steht in der Tradition des Staatlichen Bauhaus und formulierte eine Zäsur in dem klassischen Denken beim Bauen. Interdisziplinarität und Innovationen bilden das Fundament, ebenso wurden klare Strukturen in der Wissensvermittlung geschaffen.

An diesem besonderen Ort haben wir den Kongress in vier parallele Themenblöcke gesplittet, nämlich

- Komplexe Bauverfahren und -projekte
- Innovative Vertrags- und Abwicklungsmodelle
- Digitalisierung und Modularisierung
- Aspekte der Nachhaltigkeit

Unter dem Motto „Die Zukunft des Bauens heute gestalten!“ konnten viele namhafte Referenten gewonnen werden, die uns zukunftsweisende Ideen liefern und deren Umsetzung beweisen.

Umrandet werden die Fachvorträge mit den Keynotes von Olaf Demuth, Jan Wörner und Werner-Georg Seifried sowie einer Podiumsdiskussion zum Abschluss.

Ich danke dem Programmkomitee und hierbei besonders Prof. Hans-Joachim Bargstädt und seinem Team an der Bauhaus-Universität Weimar für die aufwändige Vorbereitung, die zu diesem attraktiven Programm geführt hat.

Ich wünsche Ihnen eine spannende und interessante Lektüre des vorliegenden Tagungsbandes des 6. BBB-Kongresses.

Detlef Heck, TU Graz

Sprecher der BBB-Professoren

Session 1
Komplexe Bauverfahren und -projekte

Bauverfahren für die Instandsetzung von Schleusenanlagen unter laufendem Betrieb

Elisa Schwarzweller, M.Sc.¹, Dipl.-Ing. Marc Schmitz², Dipl.-Ing. Andreas Westendarp²

¹Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für
Technologie und Management im Baubetrieb, Deutschland

²Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), Deutschland

elisa.schwarzweller@kit.edu

Abstract. In Deutschland gibt es 260 Schleusenanlagen mit nur einer Kammer, wovon ein Großteil bereits ein hohes Alter erreicht hat. Während einer konventionellen Instandsetzung dieser Bauwerke kann die Schifffahrt nicht auf eine zweite Kammer ausweichen, womit eine aufwendige Umlagerung des Güterverkehrs verbunden ist. Daher wurde in Zusammenarbeit zwischen der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), dem Wasserstraßen-Neubauamt Heidelberg (WNA HD) und dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) das FuE-Projekt „Instandsetzung unter Betrieb“ (IuB) ins Leben gerufen. Das Projekt beschäftigt sich mit alternativen Bauverfahren, die eine Instandsetzung unter laufendem Betrieb ermöglichen. Die Instandsetzungsmaßnahmen werden im Wechsel mit dem Schifffahrtsbetrieb in entsprechend festgelegten Sperrpausen von wenigen Stunden durchgeführt. Damit werden höchste Anforderungen an den baubetrieblichen Ablauf, die verwendeten Baumaterialien und an das Sicherheitskonzept gestellt. Im Rahmen von Bauteilversuchen werden die bautechnischen Verfahren in der Praxis getestet, um Leistungsdaten zu ermitteln und die Ergebnisse anschließend als modulare Handlungsempfehlung der WSV und den beteiligten Firmen zur Verfügung zu stellen.

Keywords: Instandsetzung, Schleuse, Infrastruktur, Wasserbau, Bauverfahren

1 Einleitung

Die Binnenwasserstraßen sind ein bedeutender Verkehrsweg des deutschen Gütertransports. Schleusenanlagen gewährleisten dabei die Überwindung von Gefällestufen für die Schifffahrt. Jedoch ist bedingt durch ein hohes Alter die vorgesehene Nutzungsdauer vieler dieser Bauwerke bereits erreicht oder sogar überschritten, wodurch ein hoher Instandsetzungsbedarf absehbar ist. Eine besondere Herausforderung stellt hierbei die Instandsetzung von Schleusenanlagen dar, bei denen während der Baumaßnahmen nicht auf eine zweite Kammer ausgewichen werden kann. Eine konventionelle Grundinstandsetzung kann eine Sperrung der Kammer von über einem Jahr bedingen und auch ein Ersatzneubau ist mit langen Planungs- und Bauzeiten sowie mit hohen Kosten verbunden. Aufgrund dessen untersucht und entwickelt die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV), vertreten durch das Wasserstraßen-Neubauamt Heidelberg (WNA HD) zusammen mit der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) und dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) im Rahmen des FuE-Projekts „Instandsetzung von Einkammerschleusen unter laufendem Betrieb“ (IuB) alternative Bauverfahren, die eine Instandsetzung innerhalb festgelegter Sperrzeiten abwechselnd mit dem Schifffahrtsbetrieb zulassen. Die Erkenntnisse aus nationalen und internationalen Projekten zur Instandsetzung unter Betrieb werden dazu in einem sogenannten Modulbaukasten zusammengefasst. (Wachholz 2017) Um die gewonnenen Erkenntnisse auch in der Praxis zu testen und um Leistungsdaten für zukünftige Instandsetzungsmaßnahmen entwickeln zu können, ist die Durchführung von Bauteilversuchen von hoher Bedeutung. Daher legt dieser Beitrag den Fokus auf das

Vorhaben „Bauteilversuche Oberesslingen“ (BTV OES), in dessen Rahmen eine Auswahl wesentlicher Bauverfahren für die Instandsetzung unter Betrieb realisiert wird.

2 Randbedingungen

Für die Instandsetzung von Schleusenanlagen unter Betrieb sind spezielle Randbedingungen zu beachten, damit die Schifffahrt ohne wesentliche Beeinträchtigung gewährleistet bleibt. Besonders zu berücksichtigen ist die Einhaltung projektspezifisch festgelegter Sperrzeiten, außerhalb derer die Schleusenkammer ohne Einschränkungen für die Schifffahrt zur Verfügung steht. Die Arbeitsschritte müssen so getaktet sein, dass die Durchführung der Maßnahmen inklusive erforderlicher Sicherungsmaßnahmen und Bauteilreinigungen zum Ende der jeweiligen Sperrpause abgeschlossen ist. Für die BTV OES sind 12 h pro Tag vorgesehen. Längere Sperrzeiten müssen mit dem Betreiberamt abgesprochen werden.

Eine weitere Randbedingung berücksichtigt ein einzuhaltendes Lichtraumprofil, sodass die Schiffe mit einem ausreichenden Puffer durch die Schleusenkammer fahren können und nicht durch hineinragende Bauelemente wie z. B. herausstehende Anker oder Abbruchgut auf der Schleusensole eingeschränkt werden. Für die BTV OES ist ein einzuhaltendes Lichtraumprofil von 11,80 m bei einer Schleusenkammerbreite von 12,00 m vorgesehen, womit bezogen auf das 11,40 m breite Rheinschiff noch 20 cm auf beiden Seiten als Puffer vorhanden sind. Die Abladetiefe darf nicht beeinträchtigt werden.

Als Ziel einer Grundinstandsetzung wird die langfristige Weiternutzung der Schleusenanlage gesehen. Damit sind IuB-Maßnahmen so zu planen und auszuführen, dass die grundsätzlichen Anforderungen des Verkehrswasserbaus hinsichtlich Dauerhaftigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Standsicherheit nach ZTV-W LB 219 eingehalten werden.

3 Bauteilversuche Oberesslingen

3.1 Schleusenanlage Oberesslingen

Die 1968 fertig gestellte Schleusenanlage Oberesslingen besteht aus zwei nebeneinander liegenden Kammern in Massivbauweise. Davon wird lediglich die linke Kammer für den Schifffahrtsbetrieb genutzt und die rechte Kammer fungierte in der Vergangenheit als Sparbecken. Aufgrund der Funktion als Sparbecken waren in dieser Kammer keine Schleusentore erforderlich. Im Ober- und im Unterhaupt befinden sich daher nicht bewegliche Spundwandverschlüsse (Abbildung 1).



Abb. 1: Spundwandverschluss der als Sparkammer genutzten rechten Schleusenkammer Oberesslingen

Die rechte Kammer besteht aus zwei Schwergewichtswänden mit einer dazwischen liegenden unbewehrten Sohlplatte mit ca. 1,0 m Dicke. Die Schwergewichtswände sind nicht mit der Sohlplatte verbunden, sodass das Gesamtsystem nicht als statischer Halbrahmen wirkt. Die Schleusenammer befindet sich in einem allgemein guten Zustand ohne größere Bauteilschäden oder Durchlässigkeiten und steht unmittelbar auf dem anstehenden Festgestein.

3.2 Vergabeverfahren

Mit den BTV OES wird das Ziel verfolgt, innovative Lösungsansätze für die Durchführung ausgewählter Instandsetzungsverfahren zu erhalten. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde ein sogenanntes Partnering-Paket-Modell für die Abwicklung des Vergabeverfahrens bis hin zur Bauausführung gewählt. Damit soll möglichst früh das Know-how der ausführenden Baufirmen in die Planung einbezogen sowie eine partnerschaftliche Zusammenarbeit zwischen AG und AN ermöglicht werden.

Ausgeschrieben wird auf Basis einer funktionalen Leistungsbeschreibung inklusive der Randbedingungen, die es bei der Instandsetzung unter Betrieb zu beachten gilt. In Verhandlungsrunden, denen ein europaweiter Teilnahmewettbewerb vorgeschaltet ist, werden von den Bietern Konzepte zur Umsetzung der Bauverfahren erwartet. Der Detaillierungsgrad dieser Konzepte ist dabei grundsätzlich losgelöst von den „klassischen“ HOAI-Phasen und wird den Bietern innerhalb der funktionalen Leistungsbeschreibung in Konzeptanforderungen (FLB) erläutert.

Auf Basis der eingereichten Konzepte werden die Verhandlungsrunden geführt. Bis zur Zuschlagserteilung liegen voraussichtlich keine Planungsleistungen seitens der Bieter im klassischen Sinne vor. Erst nach Zuschlag werden die bis dahin eingereichten Konzepte gemeinsam von AG und AN weiter optimiert, um dann mit einer möglichst geeigneten und innovativen Lösung in die Bauausführung gehen zu können. Aus dem Vergabeverfahren geht ein speziell für das Projekt BTV OES formulierter Individualvertrag hervor. Da zum Zeitpunkt des Vertragsabschlusses nicht alle Preise und Leistungen klar definiert werden können, sind neben Einheitspreisen auch Angaben von Pauschalpreisen sinnvoll.

3.3 Ausgewählte Bauteilversuche

Partielle Trockenlegung:

Für die Instandsetzung im Bereich zwischen Unterwasserstand (UWS) und Sohle wird im Normalfall ein Bereich von ca. 30 m bis 40 m der Schleusenammer mit zwei Dammtafeln abgesperrt und durch das Auspumpen von Wasser trockengelegt. Innerhalb der Sperrzeiten sind ca. 4 h für die Trockenlegung inklusive der Zeiten für den Auf- und Abbau des Dammbalkenverschlusses und der Flutung vorzusehen (Waleczko 2014).

In den BTV OES wird nur eine Dammtafel am Unterhaupt in dafür ausgebildete Nischen eingestellt (Abbildung 2). Damit wird das Ziel verfolgt, die grundsätzliche Umsetzbarkeit des Dammtafelverschlusses nachzuweisen sowie belastbare Zeitansätze für den Ein- und Ausbau des Systems im täglichen Einsatz zu erlangen. Zudem sollen Erkenntnisse über mögliche Schwachstellen des Systems bei einer mehrfachen Anwendung festgestellt werden. Da eine Instandsetzung unter Betrieb über einen Zeitraum von mehreren Jahren stattfinden kann, ist von mehreren Ein- und Ausbavorgängen sowie Lastspielen und daraus folgenden Effekten auf die verwendeten Dammtafeln auszugehen, die es ebenfalls zu beobachten gilt.

Der eingebaute Revisionsverschluss der BTV OES wird zusätzlich für die Regulierung des Wasserstands in der Schleusenammer benötigt, um schwimmendes Gerät auf die dafür vorgesehene Höhe zur Bearbeitung der Kammerwände zu bringen. Deshalb muss dieser Dammverschluss für einen entsprechend hohen Wasserdruck ausgelegt werden. Ein Dammverschluss über die gesamte

Schleusenhöhe bringt allerdings ein hohes Gewicht mit sich, weshalb hier voraussichtlich ein segmentweiser Aufbau erforderlich wird.

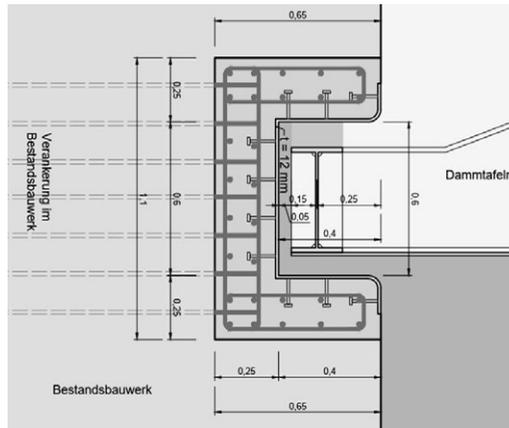


Abb. 2: Ausbildung einer Nische für den Einsatz von Dammtafeln in Schleusenkamerwänden in Massivbauweise

Abtrag

Die beiden Abtragsvarianten Hochdruckwasserstrahlen und Fräsen werden in den BTV OES je an mindestens einer Kammerblockseite ausgeführt. Das Verfahren, welches sich als geeigneter herausstellt, soll anschließend auch für den Abtrag der weiteren Kammerblöcke zum Einsatz kommen. Die Abbrucharbeiten werden im Bereich Planie bis 1 m unter Unterwasserstand von schwimmendem Gerät aus durchgeführt (Abbildung 3). Besonders zu beachten sind neben den einzuhaltenden Sperrpausen auch die Schwimmstabilität des Pontons während des Abtrags und das Auffangen von Abbruchmaterial. Zudem sind Verunreinigungen des Wassers zu vermeiden. Zu beachten ist weiterhin, dass mindestens eine Kammerwandseite durchgehend für den Schifffahrtsbetrieb verfügbar bleiben muss. Daher ist der Abtrag so zu takten, dass Ausrüstungsgegenstände, wie z. B. Nischenpoller oder Steigleitern, während der Instandsetzung zumindest auf einer Kammerseite vorhanden sind.



Abb. 3: Abbruch einer Kammerwand mittels Fräsen von einem Ponton aus (BAW 2009)

Reprofilierung

Bei der Reprofilierung von Kammerwänden wird der zuvor abgebrochene Kammerwandbereich mit einer Vorsatzschale ersetzt. Diese ist mit dem Bestand verbunden und muss Einwirkungen, wie z. B. durch Frost oder Schiffsanprall, gerecht werden. Für die Herstellung dieser Vorsatzschale kommen verschiedene Bauverfahren infrage, wovon folgende im Rahmen der BTV OES durchgeführt werden (BAW 2021; BAW 2021b):

- Ortbeton von Sohle bis Planie
- Fertigteile von Sohle bis Planie
- Fertigteile 1 m unter Unterwasserstand (UWS) bis Planie
- Spritzbeton von 1 m unter UWS bis Planie
- Spundwand von Sohle bis Planie

Ortbeton

Bei der Verwendung von Schalungssystemen für die Herstellung von Ortbetonvorsatzschalen ist besonders das zwingend einzuhaltende Lichtraumprofil während der Betriebsphasen zu beachten. Die Schalung inklusive deren Fixierung sowie dazugehörige Schutzsysteme für den Anfahrerschutz sind hierbei zu berücksichtigen. Bei Bedarf muss eine temporäre Aussteifung verwendet werden, die nach ausreichender Erhärtung des Betons wieder demontiert wird.

Ein dauerhaftes Schalungssystem kann bei der Verwendung von Spezialbetonen vermieden werden. Sobald eine ausreichende Frühfestigkeit des Betons nach 4 h von mindestens 15 N/mm² erreicht ist, können Schalung und Schalungsanker demontiert werden. Lediglich ein Anfahrerschutz für die betonierte Fläche muss in der darauffolgenden Betriebsphase vorhanden sein.

Fertigteile

Eine weitere Möglichkeit zur Herstellung von Vorsatzschalen stellt die Verwendung von Fertigteilen mit anteiliger Lastübernahme für die Vorsatzschale dar. Die bewehrten Fertigteile fungieren primär als verlorene Schalung und werden mit einem bewehrten Beton hinterfüllt. Die Fertigteile müssen so konzipiert sein, dass sie sowohl den Spaltwasserdruck zwischen Bestand und Füllbeton als auch zwischen Füllbeton und dem Fertigteil selbst aufnehmen können. Das Gesamtsystem aus Fertigteil und Füllbeton muss eine wasserdichte Vorsatzschale bilden. Die Dichtfunktion wird über den Füllbeton gewährleistet, der maßgeblich auf frühen Zwang aufgrund der Verwendung schnell erhärtender Betone bemessen sein muss. Zwischen Fertigteil und Füllbeton sowie zwischen Füllbeton und verbleibendem Bestandsbeton müssen Verankerungselemente angeordnet werden, welche u. a. den bei Annahme einer vollflächigen Spaltbildung entstehenden Spaltwasserdruck aufnehmen können.

Im Gegensatz dazu gibt es die Möglichkeit zur Verwendung von Fertigteilen mit kompletter Lastübernahme für die Vorsatzschale. Diese Fertigteile übernehmen alle auf die Vorsatzschale einwirkenden Lastzustände und sind entsprechend massiv ausgebildet. Wenn jedoch auch die Dichtfunktion über die Fertigteile erfolgen soll, müssen diese injiziert werden. Diese Art Fertigteile wird mit dem Bestandsbeton über einen unbewehrten Füllbeton und Verankerungen verbunden. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass diese Fertigteile aufgrund ihrer Abmessungen eher im Rahmen eines Neubaus zur Anwendung kommen.

Spritzbeton

Eine besondere Herausforderung stellt die Instandsetzung mittels Spritzbeton im Bereich Planie bis 1 m unter UWS ohne komplette Trockenlegung der Schleusenammer dar. Im Rahmen der BTV OES soll dieser Bereich m. H. eines Pontons bearbeitet werden, welches mit einem Arbeitsraum (sog. Schwalbennest) ausgerüstet ist. (Abbildung 4) Dieser wird nach der Abdichtung gegen die Kammerwand leerpumpmt, um den instand zu setzenden Kammerwandbereich partiell trocken zu legen. Dafür muss es ausreichend dimensioniert sein, sodass ein ausreichender Arbeitsraum für Betonabtrag, Bewehrungseinbau und Spritzvorgang besteht.

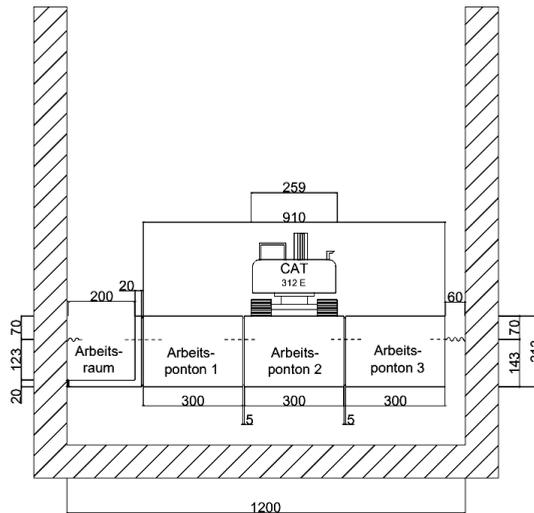


Abb. 4: Querschnitt Schleusenammer und modulares Arbeitsponton mit integriertem Arbeitsraum (KIT 2019)

Eine Probemaßnahme in Feudenheim lieferte bereits Erfahrungen zur Herstellung einer Vorsatzschale mit Trockenspritzbeton. Beim Trockenspritzverfahren wird das Anmachwasser dem Trockengemisch aus den Spritzbetonausgangsstoffen erst an der Düse zugegeben. In Feudenheim konnte so eine Spritzbetonvorsatzschale mit einer Spritzleistung von ca. 0,5 m³/h innerhalb von 8 h in einem Wandbereich von 6 m Höhe hergestellt werden. 4 h davon waren für die Erhärtung des Spritzbetons erforderlich (Reschke 2011). Eine Alternative könnte die Verwendung eines Nassspritzverfahrens darstellen. Die Technologie des Nassspritzbetons hat sich bereits im Tunnelbau als leistungsfähig erwiesen und in den letzten Jahren deutlich weiterentwickelt (Girmscheid 2008).

Spundwand mit Hinterfüllbeton

Die Spundwand fungiert wie die Fertigteile mit anteiliger Lastübernahme als verlorene Schalung. Auch hier muss der Füllbeton über Verbundanker mit dem Bestand verbunden und für den frühen Zwang ausreichend bewehrt werden, um eine ausreichende Dichtfunktion des Gesamtsystems zu gewährleisten. Die Spundwand wird separat über Schalungsanker mit dem Bestand verbunden und muss für den anstehenden Frischbetondruck ausgelegt sein.

Nach dem Einbau der Verankerung wird die Spundwand durch Einfädeln der Spundwandschlösser gestellt und über die Ankerköpfe ausgerichtet. Anschließend kann der Füllbeton eingebracht und verdichtet werden.