

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Proceedings, Published Version

Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.)
Neubau von Wasserbauwerken

Kolloquium 14. und 15. Mai 2019

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/106494>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:
Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.) (2019): Neubau von Wasserbauwerken. Karlsruhe:
Bundesanstalt für Wasserbau.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



BAW Kolloquium

Tagungsband

Neubau von Wasserbauwerken

14. und 15. Mai 2019



Programm

Dienstag, 14. Mai 2019

13:00 Uhr Begrüßung
Prof. Dr.-Ing. Christoph Heinzelmann (Bundesanstalt für Wasserbau)

13:15 Uhr Sparschleuse Lüneburg – Technische Lösungsansätze für den Neubau der höchsten Sparschleuse der Welt
Dipl.-Ing. Matthias Lutz (Bundesanstalt für Wasserbau)
Dipl.-Ing. Florian Korytko (Neubauamt Hannover)
Die enormen Wasserdrücke, die angesichts einer Hubhöhe von 38 m auf die Schleuse wirken werden, sind mit herkömmlichen U-förmigen Tragsystemen nicht mehr beherrschbar und erfordern aus statischer und hydraulischer Sicht neue technische Lösungsansätze.

13:45 Uhr Neue Normung im Massivbau – Aktueller Stand, Perspektiven
Dipl.-Ing. Andreas Westendarp (Bundesanstalt für Wasserbau)
Derzeit werden die nationalen Regelungen für Planung, Baustoffe und Bauausführung von Massivbauwerken grundlegend überarbeitet. Die Grundzüge des neuen Konzeptes mit BetonBauQualitätsklassen (BBQ-Klassen) und absehbare Auswirkungen auf die ZTV-W LB 215 werden vorgestellt.

14:15 Uhr Pause

14:45 Uhr Entmischungssensibilität von Beton – Bauliche Defizite, Erkenntnisstand, normatives Konzept
Dr.-Ing. Frank Spörel (Bundesanstalt für Wasserbau)
Die Entmischung von Frischbeton ist seit einigen Jahren in verschiedenen Baubereichen zunehmend in den Fokus gerückt. Der Beitrag beschreibt die Relevanz im Bereich des Verkehrswasserbaus und erläutert Hintergründe sowie die daraus gezogenen Schlussfolgerungen für Baumaßnahmen der WSV.

15:15 Uhr Erfahrungen beim Einbau von Luftporenbeton bei der Baumaßnahme Neubau 2. Schleuse Zerben
Dipl.-Ing. Thomas Herrmann (Wasserstraßen-Neubauamt Magdeburg)
Der Vortrag beschreibt die vor, während und nach dem Einbau des LP-Betons getroffenen Maßnahmen im Hinblick auf die Risikominimierung einer Betonentmischung während der Bauausführung und die Maßnahmen zur Kontrolle der Mischungsstabilität des erhärteten Betons durch die Entnahme von Bohrkernen aus den fertiggestellten Wandabschnitten.

15:45 Uhr Design and construction of the fourth Lock of Lanaye
David Monfort eng. (Bureau d'études Greisch, Belgum)
Due to increasing inland waterway traffic, a fourth lock in Lanaye has been built so as to connect the Albert Canal in Belgium and the Meuse waterway in the Netherlands. The new lock with useable dimensions of 225 m x 25 m and a fall of about 14 m was constructed besides existing locks and had to fulfill requirements in an environmentally sensitive area. Design, construction, concrete aspects and first experiences after a three years operation phase are reported.

16:30 Uhr Pause

17:00 Uhr New large sea lock Ijmuiden
Ir. E.M. Rico Sies (Rijkswaterstaat, Netherlands)
Ir. Leon Lous (OpenIJ, Netherlands)
A new large sea lock is being constructed at the entrance of the North Sea Canal at Ijmuiden that will provide access to the Amsterdam port region. The new lock will be 500 m long, 70 m wide and 18 m deep, making it the world's largest sea lock. The design, the construction and concrete aspects are dealt with in the presentation.

17:45 Uhr Bauen im Spannungsfeld zwischen Normen und lokaler Praxis
Marco Fischer B. Sc. ; Marie Gruhler
(Engineers Without Borders, Karlsruhe Institute of Technology)
Engineers Without Borders (EWB) realisieren ehrenamtlich Ingenieurprojekte in wirtschaftlich, sozial und politisch benachteiligten Regionen der Welt, um der Bevölkerung neue, aber auch nachhaltige Perspektiven zu schaffen. In Iyolwa (Uganda) wird für die Wasser- und Sanitärversorgung einer Schule eine angepasste Bauweise (Stahlbeton, Mauerwerk) entwickelt und realisiert, die Hilfe zur Selbsthilfe für die lokale Bevölkerung bietet. Über die Vorbereitung und den Stand des Projekts wie auch über die Entwicklung eines „neuen“ Mauersteines wird berichtet.

18:30 Uhr Abendessen

Mittwoch, 15. Mai 2019

08:30 Uhr Rohstoffversorgung für die Betonherstellung – Entwicklungen, Ressourcen und Umweltschutz
Dr.-Ing. Olaf Aßbrock (Bundesverband der Deutschen Transportbetonindustrie e. V.)
Geänderte Rahmenbedingungen bei der Rohstoffversorgung, Aspekte der Nachhaltigkeit, die Verwendung alternativer Rohstoffe und die Entwicklung alternativer Materialströme haben Auswirkungen auf alle Bereiche des Betonbaus von der Planung über die Herstellung bis hin zur Bauausführung.

09:00 Uhr Neubau des Hochwassersperrtors Ladenburg
Dipl.-Ing. Bernd Walter (Amt für Neckarausbau Heidelberg)
Sebastian Piewak M.Sc. (Krebs & Kiefer Ingenieure GmbH, Karlsruhe)
Das alte Hochwassersperrtor Ladenburg wird durch einen Neubau ersetzt. Im Vortrag werden insbesondere Lösungen, die dem Standardisierungsgedanken und der Minimierung von Einschränkungen für die Schifffahrt während der Bauzeit Rechnung tragen, vorgestellt.

09:30 Uhr Herausforderungen bei Neubau und Grundinstandsetzung von kleineren Wasserbauwerken am Beispiel des WSA Eberswalde
Dipl.-Ing. Hendrik Reinhardt (Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Eberswalde)
Im Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Eberswalde befinden sich ca. 100 Wasserbauwerke der Inspektionskategorie A, von denen über 90 Prozent zu den kleinen Anlagen zu zählen sind. An Hand einiger Beispiele sollen die Herausforderungen bei Neubau und Grundinstandsetzung kleiner Anlagen gezeigt werden.

10:00 Uhr Pause

10:45 Uhr Standardleistungsbeschreibungen für den Wasserbau in Theorie und Praxis

Dipl.-Ing. Uwe Fischer (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur)

Dipl.-Ing. Joachim Saathoff (Neubauamt Hannover)

Vorgestellt werden die Standardleistungstexte des Standardleistungskataloges für den Wasserbau (STLK) im Kontext der am Markt erhältlichen Standardleistungsbeschreibungen, deren Grundlagen und die Prozesse für die Texterstellung. Anhand von Praxisbeispielen werden Vorteile und Randbedingungen bei der Erstellung von Leistungsverzeichnissen für Baumaßnahmen mit Hilfe des STLK vermittelt.

11:15 Uhr BIM – Hype, Risiken und Chancen

Dr.-Ing. Jörg Bödefeld (Bundesanstalt für Wasserbau)

Dipl.-Ing. Stefan Lühr (Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Lauenburg)

Mit der Digitalisierung werden im Bauwesen große Erwartungen verknüpft. Der Vortrag versucht, im Spannungsfeld zwischen zu großen Versprechungen und Desillusionierungen ein realistisches Bild von den Möglichkeiten und dem zu erwartenden Nutzen der Methodik zu zeichnen. Dabei stehen die Objektplanung und die dazu gehörenden Verwaltungsabläufe im Fokus.

11:45 Uhr 5. Schleuse Brunsbüttel – Informationen zur Baumaßnahme unter besonderer Berücksichtigung des Stahlwasserbaus

Dipl.-Ing. Joachim Abratis (Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Brunsbüttel)

Im Rahmen des Vortrags wird das Gesamtprojekt vorgestellt und über den aktuellen Stand der Baumaßnahmen berichtet. Ein besonderer Fokus wird hierbei auf den Neubau der Schleusentore gerichtet.

12:15 Uhr Schlussworte

Dipl.-Ing. Claus Kunz (Bundesanstalt für Wasserbau)

12:30 Uhr Ende der Veranstaltung

Liste der Referenten

Abratis, Joachim	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Brunsbüttel Fachbereich Investitionen NOK Alte Zentrale 4 25541 Brunsbüttel joachim.abratis@wsv.bund.de
Aßbrock, Dr. Olaf	Bundesverband der Deutschen Transportbetonindustrie e. V. Kochstraße 6 - 7 10969 Berlin assbrock@transportbeton.org
Bödefeld, Dr. Jörg	Bundesanstalt für Wasserbau Kußmaulstraße 17 76187 Karlsruhe joerg.boedefeld@baw.de
Fischer, Marco	Engineers Without Borders, Karlsruhe Institut of Technologie Adenauerring 7 76131 Karlsruhe maaMarco@web.de
Fischer, Uwe	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur Robert-Schuman-Platz 1 53175 Bonn uwe.fischer@bmvi.bund.de
Gruhler, Marie	Engineers Without Borders, Karlsruhe Institut of Technology Adenauerring 7 76131 Karlsruhe mariegruhler@gmx.de
Herrmann, Thomas	Wasserstraßen-Neubauamt Magdeburg Schleuse 4 39317 Zerben thomas.herrmann1@wsv.bund.de

Korytko, Florian

Neubauamt für den Ausbau des MLK
PG Ersatzneubau Schleuse Lüneburg
Max-Planck-Straße 2
21502 Geesthacht
florian.korytko@wsv.bund.de

Lous, Leon

OpenIJ
Oudeweg 115
2031 CC Haarlem
Niederlande
llous@openij.nl

Lühr, Stefan

Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Lauenburg
Dornhorster Weg 52
21481 Lauenburg
stefan.luehr@wsv.bund.de

Lutz, Matthias

Bundesanstalt für Wasserbau
Kußmaulstraße 17
76187 Karlsruhe
matthias.lutz@baw.de

Monfort, David

Bureau d'études Greisch
Allée des Noisetiers 25
4031 Liège
Belgien
dmonfort@greisch.com

Piewak, Sebastian

Krebs & Kiefer Ingenieure GmbH
Stephanienstraße 55
76133 Karlsruhe
sebastian.piewak@kuk.de

Reinhardt, Hendrik

Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt
Schneidemühlenweg 21
16225 Eberswalde
hendrik.reinhardt@wsv.bund.de

Saathoff, Joachim

Neubauamt für den Ausbau des
Mittellandkanals
Nikolaistraße 14/16
30159 Hannover
joachim.saathoff@wsv.bund.de

Sies, Rico

Rijkswaterstaat
Griffioenlaan 2
3526 LA Utrecht
Niederlande
rico.sies@rws.nl

Spörel, Dr. Frank

Bundesanstalt für Wasserbau
Kußmaulstraße 17
76187 Karlsruhe
frank.spoerel@baw.de

Walter, Bernd

Amt für Neckarausbau
Vangerowstraße 20
69115 Heidelberg
bernd.walter@wsv.bund.de

Westendarp, Andreas

Bundesanstalt für Wasserbau
Kußmaulstraße 17
76187 Karlsruhe
andreas.westendarp@baw.de

Teilnehmerliste

Name	Firma	Ort
Abratis, Joachim	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Brunsbüttel - FB Investitionen NOK	Brunsbüttel
Akkermann, Prof. Dr. Jan	Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft	Karlsruhe
Anwikar, Dr. Anil	ANWIKAR Consultants GmbH	Würzburg
Aßbrock, Dr. Olaf	Bundesverband der Deutschen Transportbetonindustrie e. V.	Berlin
Banholzer, Ulla	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt	Mainz
Bastuck, Karlheinz	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt	Mainz
Begemann, Christoph	Leibniz Universität - Institut für Baustoffe	Hannover
Belzner, Fabian	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Blanke, Kerstin	Wasserstraßen-Neubauamt	Datteln
Böckelmann, Johannes	Ed. Züblin AG	Mannheim
Bödefeld, Dr. Jörg	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Borowski, Clemens	Amt für Neckarausbau	Heidelberg
Brandl, Johannes	Max Bögl Stiftung & Co. KG	Neumarkt i.d.OPf.
Braun, Norman	IRS Stahlwasserbau Consulting AG	Würzburg
Braune, Dimo	AUG. PRIEN Bauunternehmung	Hamburg
Brückner, Anne	Wasserstraßen-Neubauamt	Magdeburg
Brüning, Anja	SEE-Ingenieure GmbH & Co. KG	Emden
Brüning, Wilhelm Alfred	Klaas Siemens GmbH	Emden
Bujotzek, Lukas	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft mbH & Co.KG	Frankfurt
Conradi, Stefan	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt	Magdeburg
Dams, Stefan	ROBA Transportbeton GmbH	Berlin
Ebers-Ernst, Dr. Jeannette	grbv Ingenieure im Bauwesen GmbH & Co. KG	Hannover
Eichler, Dieter	Neubauamt für den Ausbau des MLK	Hannover
Englert, Rüdiger	Amt für Neckarausbau	Heidelberg
Erbing, Verena	Wasserstraßen-Neubauamt	Datteln
Fels, Isabell	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Neckar	Stuttgart
Feser, Peter	HOCHTIEF Infrastructure, TCC	Essen
Fischer, Norbert	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt	Trier
Fischer, Kai	SCHWENK Zement KG	Ulm
Fischer, Marco	Engineers Without Borders, Karlsruhe Institut of Technologie	Karlsruhe

Name	Firma	Ort
Fischer, Uwe	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur	Bonn
Fitschen, Carsten	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt	Hannover
Freitag, Andreas	IRS Stahlwasserbau Consulting AG	Würzburg
Frentzel-Schirmacher, Anka	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Fuchs, Sebastian	Wasserstraßen-Neubauamt	Datteln
Gerlach, Kirsten	Wasserstraßen-Neubauamt	Datteln
Gerspacher, Matti	Ingenieurbüro Floecksmühle GmbH	Aachen
Ghebreab, Tekje	ANWIKAR CONSULTANTS GmbH	Würzburg
Goldmann, Jens	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt	Bonn
Goll, Nikolai	Amt für Neckarausbau	Heidelberg
Grabau, Jürgen		
Grädler, Michael	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Neckar	Heidelberg
Gramlich, Fritz	Hülskens Wasserbau GmbH & Co. KG	Wesel
Griese, Robert	LPI Ingenieurgesellschaft mbH	Hannover
Grote, Harald	Wasserstraßen-Neubauamt	Helmstedt
Gruhler, Marie	Engineers Without Borders, Karlsruhe Institut of Technology	Karlsruhe
Henningsen, Hauke	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt	Kiel-Holtenau
Henze, Lukas	Neubauamt für den Ausbau des MLK	Hannover
Herrmann, Thomas	Wasserstraßen-Neubauamt Magdeburg	Zerben
Hinze, Ulrich	Baustoffingenieure HMP & QSI GmbH	Hamburg
Hornig, Uwe	INROS LACKNER SE	München
Hörr, Tim	Stadt Köln - Amt für Brücken, Tunnel und Stadtbahnbau - Bauwerksunterhaltung	Köln
Jäppelt, Dr. Ulrich	WTM Engineers GmbH	Hamburg
Jenrich, Dr. Holger	SBE Jenrich Ingenieurgesellschaft mbH	Gommern
Johmann, Stephan	KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH	Karlsruhe
Kalsberger, Markus	Wasserstraßen-Neubauamt	Datteln
Karmann, Ludwig	Schöming-Plan Ingenieurgesellschaft mbH	Kleinostheim
Kasic, Dr. Slobodan	Harrer Ingenieure	Karlsruhe
Kastner, Corinna	Amt für Neckarausbau	Heidelberg
Kieckbusch, Edmund	Ingenieurbüro Döhler GmbH & Co. KG	Neustrelitz
Kiiso, Timo	Bosch Rexroth AG	Lohr am Main
Kleine, Christian	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt	Münster
Klemm, Gerrit	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt	Trier
Kögel, Jens	DR. SCHIPPKE + PARTNER mbB	Hannover
Kohn, Stefan	Bremenports GmbH & Co. KG	Bremerhaven
Köllmann, Dennis	panta ingenieure GmbH	Hamburg
Korytko, Florian	Neubauamt für den Ausbau des MLK	Geesthacht

Name	Firma	Ort
Kowal, Karsten	bremenports GmbH & Co. KG	Bremerhaven
Kranz, Björn	Joh. Bunte Bauunternehmung GmbH & Co. KG	Papenburg
Krybus, Bianca	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt	Lauenburg
Kühling, Volker	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt	Bonn
Kunz, Claus	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Küppers, Felix	Ingenieurgruppe Bauen	Mannheim
Lous, Leon	OpenIJ	Haarlem
Lühr, Stefan	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt	Lauenburg
Lutz, Matthias	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Mäder, Martina	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt	Magdeburg
Maltidis, Dr. Georgios	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Mangold, Michael	innogy SE, Hydropower, Fleet Management, Engineering	Bernkastel-Kues
Marx, Sven	Schömig-Plan Ingenieurgesellschaft mbH	Kleinostheim
Mertes, Raymund	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt	Trier
Michalz, Eva-Maria	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt	Mainz
Michels, Klaus	Amt für Neckarausbau	Heidelberg
Molck, Michael	Fichtner Water & Transportation GmbH	München
Möller, Ron	Ingenieurbüro PROKON GmbH	Lübben
Monfort, David	Bureau d'études Greisch	Liège
Müller, Hilmar	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Müller, Kornelius	Amt für Neckarausbau	Heidelberg
Münz, Sascha	Chemisch Technisches Laboratorium Heinrich Hart GmbH	Neuwied
Neif, Simon	Sweco GmbH	Hannover
Neuhaus, Holger	Hülskens Wasserbau GmbH & Co.KG	Wesel
Neukirchen, Manuel	Amt für Neckarausbau	Heidelberg
Oswald, Martin	Amt für Neckarausbau	Heidelberg
Pabst, Christian	bremenports GmbH & Co.KG	Bremerhaven
Pfister, Sebastian	Wasserstraßen-Neubauamt	Magdeburg
Piewak, Sebastian	KREBS + KIEFER Ingenieure GmbH	Karlsruhe
Pommerening, Dr. Dieter	KHP König und Heunisch	Frankfurt
Rahimi, Dr. Amir	Planungsgesellschaft mbH & Co.KG	
Rathgeb, Dr. Andreas	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Reck, Sabine	Amt für Neckarausbau	Heidelberg
	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft Küsten- und Naturschutz	Brake
Reiners, Jochen	VDZ gGmbH	Düsseldorf
Reinhardt, Hendrik	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt	Eberswalde
Reschke, Dr. Thorsten	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe

Name	Firma	Ort
Richter, Torsten	PTW - Planungsgemeinschaft Tief- und Wasserbau GmbH	Dresden
Riemann, Robert	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt	Bonn
Rippel, Timo	Chemisch Technisches Laboratorium Heinrich Hart GmbH	Neuwied
Ristic, Milan	Mobil Baustoffe GmbH	München
Rolf, Tobias	Züblin Spezialtiefbau GmbH	Stuttgart
Rüd, Sophie	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Saathoff, Joachim	Neubauamt für den Ausbau des MLK	Hannover
Sauer, Daniel	Ingenieurbüro für Spezialtiefbau - Sauer	Kirn
Schäfers, Dr. Matthias	IRS Stahlwasserbau Consulting AG	Würzburg
Schmeiser, Steffen	Amt für Neckarausbau	Heidelberg
Schmidt, Albert	Niedersachsen Ports GmbH & Co. KG	Cuxhaven
Schmidt, Hendrik	Niedersachsen Ports GmbH & Co. KG	Cuxhaven
Schmuhl, Manfred	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt	Brunsbüttel
Scholz, Heiko	Tractebel Hydroprojekt GmbH	Magdeburg
Schum, Stefan	Geschäftsbereich Spezialbau Engineering KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft mbH & Co.KG	Frankfurt
Schütze, Martin	Ramboll GmbH	Hamburg
Selheim, Caroline		Karlsruhe
Sies, Rico	Rijkswaterstaat	LA Utrecht
Sirmais, Lasse	Baustoffingenieure HMP & QSI GmbH	Hamburg
Spang, Joachim	WTM Engineers GmbH	Hamburg
Spörel, Dr. Frank	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Steinmetz, Thomas	Amt für Neckarausbau	Heidelberg
Stephan, Dr. Christoph	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Stief, Johannes	Amt für Neckarausbau	Heidelberg
Strack, Martin	FICHTNER Water & Transportation GmbH	München
Strenge, Rainer	Fachstelle für Maschinenwesen Südwest	Koblenz
Sunderdiek, Hinnerk	WTM Engineers GmbH	Hamburg
Tenbeittel, Jan Gerd	Joh. Bunte Bauunternehmung GmbH & Co. KG	Papenburg
Teusch, Markus	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt	Trier
Theobald, Andreas	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt	Trier
Thorenz, Dr. Carsten	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Timm, Dr. Thorsten	Gehlen Partnerschaft berat. Ingenieure mbB	Düsseldorf
Treichel, Jörn	Hülskens Wasserbau GmbH & Co. KG	Wesel
Trunk, Stefan	Wayss & Freytag Ingenieurbau AG	Stuttgart
Vieth, Heinz-Josef	KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH	Karlsruhe
Voigt, Carsten	grbv Ingenieure im Bauwesen GmbH & Co. KG	Hannover
von Thaden, Harald	WTM Engineers GmbH	Hamburg

Name	Firma	Ort
Wachholz, Thilo	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt	Hannover
Wagner, Reiner		Waldbonn
Walter, Bernd	Amt für Neckarausbau	Heidelberg
Weisenburger, Robert	Wasserstraßen-Neubauamt	Datteln
Weisner, André	InformationsZentrum Beton GmbH	Sehnde
Weller, Peter	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Neckar	Stuttgart
Wenzel, Ronny	DSD NOELL GmbH	Würzburg
Westendarp, Andreas	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Wienkamp, Rainer	Joh. Bunte Bauunternehmung GmbH & Co. KG	Ahaus
	NL Ingenieur-, Wasser- und Brückenbau	
Winter, Frank	Ingenieurbüro Winter	Hülsede
Wohlfart, Sven	Fachstelle Maschinenwesen Südwest	Koblenz
Ziegler, Jörg	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt	Tönning
Zimmer, Mirka	KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH	Karlsruhe
Zühlke, André	ANWIKAR CONSULTANTS GmbH	Würzburg

Kurzfassungen der Vorträge

Sparschleuse Lüneburg – Technische Lösungsansätze für den Neubau der höchsten Sparschleuse der Welt

Dipl.-Ing. Matthias Lutz (Bundesanstalt für Wasserbau)

Florian Korytko, M.Sc. (Neubauamt für den Ausbau des Mittellandkanals in Hannover – Projektgruppe Schleuse Lüneburg)



Bild 1: Modell der neuen Schleuse neben dem bestehenden Schiffshebewerk

Zur Verbesserung der gegenwärtigen Verkehrssituation am Elbe-Seiten-Kanal soll bei Lüneburg zukünftig der vorgezogene Ersatzneubau einer Schiffsschleuse in Stahlbetonbauweise beitragen. Das dortige, 1976 in Betrieb gestellte Schiffshebewerk verfügt mit seiner nutzbaren Trogabmessung von 100 m Länge nicht über die erforderliche Größe, um Großmotorgüterschiffe (110 m) und Schubverbände mit 135 bis 185 m Länge zu befördern. Die neue Schleuse soll mit einer nutzbaren Kammerlänge von über 225 m auch für diese Schiffstypen und Verbände passierbar sein. Sie dient damit der besseren Anbindung der Seehäfen an das Hinterland und zur Engpassbeseitigung am bestehenden Schiffshebewerk.

Für ein Wasserbauwerk in dieser Größenordnung mit gleichzeitiger Sparbeckenanordnung gibt es weltweit keine vergleichbare Ausführung. Die enorme Fallhöhe des nahezu frei stehenden Bauwerks mit 38 m Hubhöhe und die damit einhergehenden, erheblichen Wasserdrücke sind mit herkömmlichen U-förmigen Tragsystemen nicht mehr realisierbar und erfordern aus statischer und hydraulischer Sicht neue technische Lösungsansätze, die derzeit in der BAW Karlsruhe und Hamburg in Zusammenarbeit mit dem NBA Hannover erarbeitet werden. Daneben sind auch Dauerhaftigkeitsaspekte sowie wesentliche herstellungstechnische, betriebliche und gestalterische Gesichtspunkte interdisziplinär zu berücksichtigen und aufeinander abzustimmen.

Randbedingungen

Der Neubau unterliegt durch die Nähe zum vorhandenen Schiffshebewerk strengen Randbedingungen: Da das bestehende Schiffshebewerk nur sehr geringe Verformungen toleriert, darf die neue Schleuse sowohl beim Bau, als auch während ihres Betriebs keine großen Hebungen, Setzungen oder Schiefstellungen erzeugen. So mussten der Einfluss der Baugrubenlage und deren konstruktive Gestaltung auf das Bestandsbauwerk intensiv untersucht und optimiert werden (Bild 2). Bereits durchgeführte Untersuchungen haben einen lichten Abstand von 60 m zwischen der neuen Schleuse und dem bestehenden Hebework ergeben. Eine zu tiefe Baugrube soll durch eine möglichst schlanke Schleusensohle vermieden werden.

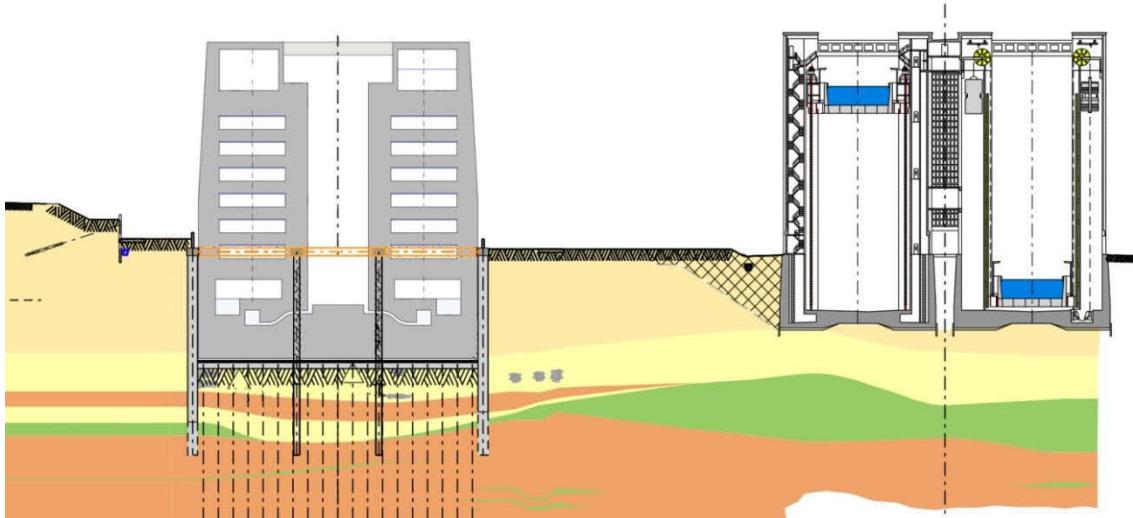


Bild 2: Querschnitt der neuen Schleuse neben dem Schiffshebewerk

Der parallele Betrieb des Schiffshebewerks setzt die Vermeidung von größeren Sunk- und Schwallerscheinungen bei Restfüllung und -entleerung voraus. Dies wird erreicht, indem Ausgleichsbecken oben und unten angeordnet werden (Bild 3). Dadurch muss deutlich weniger Wasser aus dem oberen Vorhafen entnommen bzw. in den unteren Vorhafen abgegeben werden. Die zusätzlich erforderlichen Becken sollen in das Bauwerk integriert werden, liegen geometrisch jedoch in Bereichen hoher Auslastung.

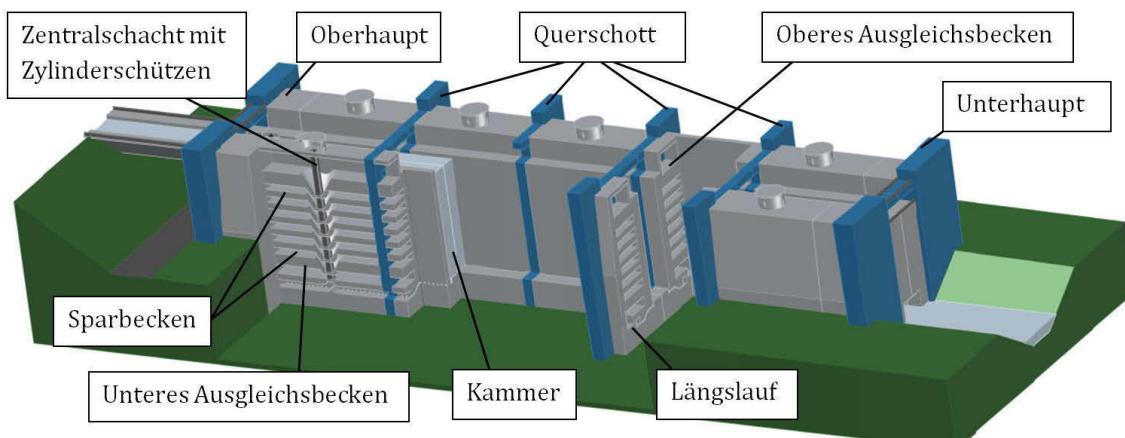


Bild 3: Dreidimensionale Darstellung des Bauwerks mit wesentlichen Tragwerks- und Konstruktionselementen

Lösungsansätze für die Tragwerkskonzeption

Die Wasserdruckkräfte in der Kammer, die das Bauwerk bei Schleusung auf Oberwasserstand horizontal auseinander drücken und vertikal in den Baugrund geleitet werden müssen, sind die maßgebenden Einwirkungen auf die Schleuse. Diese zyklisch auftretenden, ermüdungsrelevanten Kräfte wirken mit jedem Schleusungsvorgang in voller Höhe und müssen von der fast freistehenden Konstruktion aufgrund der fehlenden Erdanschüttung nahezu ohne seitliche Bettung aufgenommen werden.

Erste Voruntersuchungen des Neubauamts für den Ausbau des Mittellandkanals in Hannover (2010) formulierten bereits als Grundgedanken der Tragwerkskonzeption die Ausführung des Kammerquerschnitts als geschlossenen Rahmen mit symmetrisch angeordneten Sparbecken, der die gleichgerichteten Horizontalkräfte aus Wasserdruck durch die Sohle und durch Zugelemente an seiner Oberseite kurzschießt. Durch die in die Kammerwände integrierten Sparbecken und durch die gemeinsame Gründung auf einer Sohlplatte wird die Verteilung der Bodenpressungen vergleichmäig und die infolge des Wasserstandswechsels in der Kammer hervorgerufene Schwellbeanspruchung reduziert.

Eine wesentliche Voraussetzung zur Erzielung eines dreidimensionalen Tragsystems ist die Ausführung der Schleuse als fugenloses Bauwerk. Wartungsintensive Blockfugen werden hierdurch vermieden. Ferner kann so, wie im BAW-Gutachten zur statischen Machbarkeit (Bundesanstalt für Wasserbau, 2010) beschrieben, eine statische Anbindung der Häupter an die Kammer erfolgen, Setzungsdifferenzen vom Bauwerk besser ausgeglichen und die hohen Steifigkeiten der Sparbeckenohlen in Verbindung mit der Kammer- und Außenwand ausgenutzt werden.

Das Schließen der U-Rahmen und Kurzschießen der Horizontalkräfte erfolgt nach aktuellem Planungsstand über Riegel oberhalb des Lichtraumprofils der Schleuse. Hierfür werden vier Querschotte über die Schleusenlänge mit einem Abstand von ca. 50 m eingebaut, die die Sparbecken in fünf Kompartimente unterteilen. Während die Lasten in Querrichtung teilweise durch die Vierendeelwirkung der einzelnen Rahmen abgetragen werden, kann in Längsrichtung die Scheibentragwirkung der Sparbeckenohlen herangezogen werden, die sich wie Durchlaufträger auf die Schotte abstützen. In den Schotten wiederum werden die Horizontallasten konzentriert und in die Sohle und die Zugriegel eingeleitet.

Bei gefüllter Kammer müssen nach aktuellem Planungsstand ermüdungswirksame, zyklische Zugkräfte von bis zu 150 MN von den einzelnen Riegeln abgetragen werden.

Bei etwa 20 Schleusungen am Tag muss das Bauwerk für eine angestrebte Betriebszeit von gut 100 Jahren für 750.000 Lastspiele in allen Tragwerksbereichen ermüdungssicher konstruiert werden. Wird herkömmlicher Betonstahl mit großen Stabdurchmessern verwendet, reduziert sich die zulässige Spannungsschwingbreite auf Werte, die deutlich weniger als die Hälfte der Festigkeiten bei konstanten Beanspruchungen betragen. Da die Bewehrungsmengen maßgeblich durch die Ermüdungsnachweise bestimmt werden, kann in vielen Fällen daher die Betonstahlfestigkeit nicht voll ausgenutzt werden.

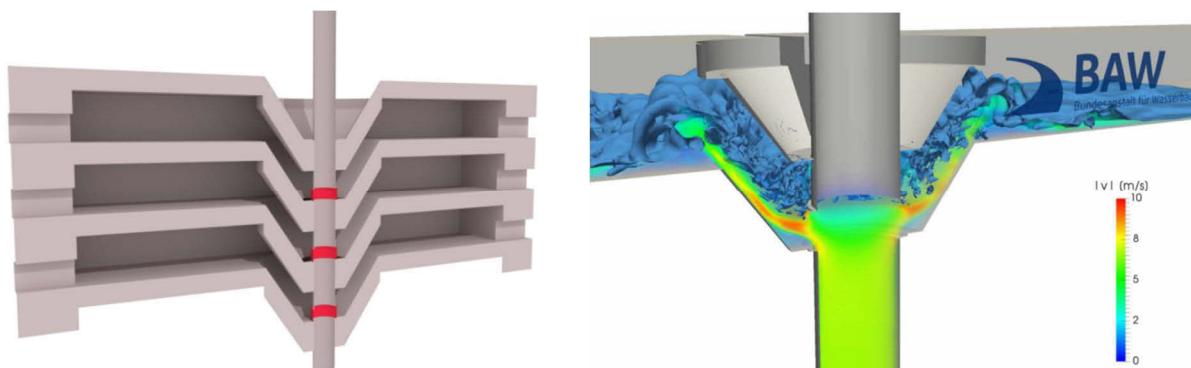
In diesem stark zug- und ermüdungsbeanspruchten Bauteil ist daher der Einsatz einer Vorspannung zum Erhalt der Steifigkeit, der Verminderung von Rissbildung sowie der Reduzierung der Ermüdungsbeanspruchung vorgesehen. Für vorgespannte Konstruktionen liegen wenige Erfahrungen hinsichtlich ihrer Robustheit bei Wasserbauwerken vor. Auch sind sehr hohe Vorspannkräfte aufgrund der massiven Bauteilabmessungen erforderlich. Daher werden den untersuchten Varianten Spannglieder ohne Verbund zugrunde gelegt, die grundsätzlich nachgespannt bzw. ausgetauscht werden können.

Die für die Bemessung zu berücksichtigende Beanspruchung aus Wasserdruck im Inneren von Bauteilen („Riss- und Porenwasserdruck“) führen aufgrund der hohen Drücke sowie der massiven Bauteilabmessungen zu großen zusätzlichen Bewehrungsmengen und können z. B. in der Sohle unter Berücksichtigung der geringen Ermüdungsfestigkeiten zu einer deutlichen Erhöhung der zusätzlich erforderlichen Bewehrungsmenge führen.

Hydraulisches System

Die wesentlichen hydraulischen Fragestellungen werden derzeit von der Abteilung Wasserbau der BAW untersucht und optimierte Lösungsvorschläge erarbeitet.

Das hydraulische System sieht in jedem Kompartiment mittig angeordnete Zentralschächte vor, die die Sparbeckenbefüllung und -entleerung, wie in Bild 4 dargestellt, mit Hilfe von übereinander liegenden Zylinderschützen gewährleisten. Dadurch ist nur eine sehr geringe Anzahl von strukturdurchdringenden und tragfähigkeitsmindernden Schächten erforderlich. Die vorliegenden Betriebserfahrungen mit Zylinderschützen in der WSV sind gut: So sind diese Systeme in Schleuse Minden seit 1914 und in Schleuse Anderten seit 1928 in Betrieb und mussten bis heute nicht getauscht werden. Bild 5 zeigt ein Modell des Zylinderschutzes in Anderten.



*Bild 4: Anordnung der Zentralschächte, Einlauftrichter und Zylinderschütze (links)
Numerisch berechnete Geschwindigkeitsverteilung im Zentralschacht beim Füllvorgang (rechts)*



Bild 5: Modell des Zylinderschutzes der Schleuse Anderten

In Längsrichtung sorgen seitliche Kanäle für die Verteilung des Wassers zu den Befüllungsöffnungen im unteren Kammerwandbereich. Der Verzicht auf sonst übliche Grundlauf- bzw. Druckkanäle hat einerseits Vorteile für die Luftabscheidung und die Vermeidung von Lufteintrag und den damit verbundenen Kräften auf die Schiffe in die Kammer. Andererseits wird durch diese Ausführungsvariante die erforderliche kostenintensive Gründungstiefe des Bauwerks erheblich reduziert.

Ausblick

Derzeit werden weitere Untersuchungen und vorbereitende Maßnahmen durchgeführt. Im Laufe des Jahres ist die Beauftragung von Ingenieurbüros für die weitere Planung beabsichtigt. Die Zeitplanung sieht aktuell einen Baubeginn Mitte der 2020er Jahre und eine Fertigstellung Anfang der 2030er Jahre vor.

Quellen

- Neubauamt für den Ausbau des Mittellandkanals in Hannover (2010): Machbarkeitsstudie Bau einer Schleuse in Scharnebeck
- Bundesanstalt für Wasserbau (2010): Untersuchungen zur statischen Machbarkeit der Schiffs-schleuse Scharnebeck (BAW-Gutachten, A395 101 102 32).

Bildquellen

Bild 1: Modell der neuen Schleuse neben dem bestehenden Schiffshebewerk. Quelle: BAW, WSV

Bild 2: Querschnitt der neuen Schleuse neben dem Schiffshebewerk. Quelle: BAW

Bild 3: Dreidimensionale Darstellung des Bauwerks mit wesentlichen Tragwerks- und Konstruktionselementen. Quelle: BAW, WSV

Bild 4: Anordnung der Zentralschächte, Einlauftrichter und Zylinderschütze (links). Numerisch berechnete Geschwindigkeitsverteilung im Zentralschacht beim Füllvorgang (rechts). Quelle: BAW

Bild 5: Modell des Zylinderschutzes der Schleuse Anderten. Quelle: BAW

Neue Normung im Massivbau – Aktueller Stand, Perspektiven

Dipl.-Ing. Andreas Westendarp (Bundesanstalt für Wasserbau)

1. Aktuelle Normungssituation

Die Normung im Bereich „Neubau von Massivbauwerken“ ist aktuell in einem grundlegenden Wandel begriffen. Auslöser hierfür war im Dezember 2014 die Ablehnung des Gelbdrucks der DIN 1045-2:2014-08 im Rahmen der Erörterung der Einsprüche zum Gelbdruckverfahren. Diese Neufassung der DIN 1045-2 sollte als nationales Anwendungsdokument (NAD) die damals gerade erschienene DIN EN 206:2014-07 ergänzen. Die Gründe für die Ablehnung des Gelbdruckentwurfs zu DIN 1045-2 sind aber nicht allein in diesem Regelwerksentwurf zu suchen, sondern vielmehr als Kumulierung diverser Entwicklungen im Bereich Normung Massivbau insgesamt zu sehen. Diesbezüglich sind insbesondere zu nennen:

- Fokussierung in den Bereichen Planung, Baustoffe und Bauausführung vorrangig auf (wirtschaftliche) Optimierung im jeweiligen Bereich und weniger auf die Baumaßnahme bzw. das Bauwerk insgesamt,
- Informationsdefizite an den Schnittstellen zwischen Planung, Bauausführung und Baustoffen sowie unzureichende Rückkopplung,
- unzureichende Differenzierungsmöglichkeit hinsichtlich Komplexität von Planungsaufgabe, Betonherstellung und Ausführung,
- unzureichende Basis für die Nutzung des deskriptiven Qualitätssicherungskonzeptes (zunehmend fehlende Langzeiterfahrung mit Ausgangsstoffen und Betonzusammensetzungen),
- nunmehr konsequente Haltung des DIN im Hinblick auf die Forderung, dass nationale Änderungen bzw. Ergänzungen zu europäischen Normen (hier: EN 206) nur zulässig sind, soweit dort auch ausdrücklich vorgesehen.

Insbesondere der letztgenannte Aspekt erschwerte eine Konsensfindung erheblich, hätte eine konsequente Umsetzung dieser eigentlich bereits seit langem gültigen Forderung doch dazu geführt, dass die Kombination aus europäischer Norm und nationalem Anwendungsdokument (NAD) in Summe sogar unter das Qualitätsniveau der bisherigen (und aktuell immer noch gültigen) Normenkombination für den Betonbereich zurückgefallen wäre.

Vor diesem Hintergrund wurde in den entsprechenden Gremien des NABau und des DAfStb eine grundlegende Neukonzeption der Regelwerke im Massivbau auf nationaler Ebene beschlossen mit dem Ziel, diese Überlegungen möglichst auch in die europäischen Regelwerke zu überführen.

2. Konzept nationale Regelwerke im Massivbau

Als Basis für die Neukonzeption wurde im DAfStb-Arbeitskreis Beton das sogenannte „BetonBauQualitäts-Konzept“ (BBQ-Konzept) entwickelt. Dieses Konzept soll in einer eigenen DAfStb-Richtlinie abgebildet werden:

DAfStb-Richtlinie

Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Gesamtheitliche Regelungen für die Bemessung und Konstruktion, Beton und Ausführung

Teil 0: Allgemeines und Betonbauqualitätsklassen (BBQ)

Teil 1: Ergänzende Anforderungen hinsichtlich Bemessung und Konstruktion

Teil 2: Ergänzende Anforderungen an den Beton

Teil 3: Ergänzende Anforderungen hinsichtlich Bauausführung

Die Teile 1 bis 3 der Richtlinie werden derzeit in den jeweiligen DAfStb-Arbeitskreisen bearbeitet. Der Gelbdruck der Richtlinie soll im Herbst 2019 erscheinen. Dieses Ziel ist zwar aktuell als sehr ambitioniert einzustufen, andererseits ist der Druck auf alle Beteiligten hoch, da mit DIN EN 206 eine seit geraumer Zeit verfügbare europäische Norm mangels NAD in Deutschland bislang immer noch nicht anwendbar ist.

Das BBQ-Konzept schafft sowohl für technische Inhalte als auch für die Kommunikation über die Schnittstellen zwischen den maßgeblichen Bereichen Planung, Baustoffe und Bauausführung hinweg über entsprechende Klassen Differenzierungsmöglichkeiten. Definiert werden hierfür die nachfolgend genannten drei BetonBauQualitäts-Klassen (BBQ-Klassen):

- **BBQ-N:** Bauwerke/Bauteile mit **normalen** Anforderungen an Kommunikation, Planung, Bauausführung und Baustoffe
- **BBQ-E:** Bauwerke/Bauteile mit **erhöhten** Anforderungen an Kommunikation, Planung, Bauausführung und Baustoffe
- **BBQ-S:** Bauwerke/Bauteile mit **besonders festzulegenden** Anforderungen an Kommunikation, Planung, Bauausführung und Baustoffe

Die Zuordnung zu den einzelnen BBQ-Klassen erfolgt auf Basis der Klassifizierung in den Teilbereichen Planung, Baustoffe und Bauausführung:

- Planungsklasse PK1 bis PK3
- Betonklasse BK1 bis BK3
- Ausführungsklasse AK1 bis AK3

Hierbei gilt die in Tabelle 1 dargestellte Verknüpfung zwischen den Klassen in den einzelnen Teilbereichen und den BBQ-Klassen.

Tabelle 1: Verknüpfung der Klassensystematik

Anforderungen	normal (N)	erhöht (E)	besonders festzulegen (S)
Planungs-, Beton- oder Ausführungsklasse	PK1 <u>und</u> BK1 <u>und</u> AK1	PK2 <u>oder</u> BK2 <u>oder</u> AK2	PK3 <u>oder</u> BK3 <u>oder</u> AK3
Betonbauqualitätsklasse	BBQ-N	BBQ-E	BBQ-S

Hinsichtlich der Zuordnung zu den jeweiligen Planungs-, Beton- und Ausführungsklassen findet sich in der BBQ-Richtlinie eine umfassende tabellarische Hilfestellung, welche aktuell intensiv diskutiert wird.

Die Zuordnung in die vorgenannte Klassensystematik bedingt in der Konsequenz folgende Regelungen:

PK1, BK1, AK1: Normale Anforderungen an Kommunikation, Planung, Bauausführung und Baustoffe.
→ Anforderungen aus europäischer Normung plus nationalen Anwendungsdokumenten

PK2, BK2, AK2: Erhöhte Anforderungen an Kommunikation, Planung, Bauausführung und Baustoffe.
→ Anforderungen aus europäischer Normung plus nationalen Anwendungsdokumenten plus BBQ-Richtlinie

PK3, BK3, AK3: Besonders festzulegende Anforderungen an Kommunikation, Planung, Bauausführung und Baustoffe.

→ Anforderungen aus europäischer Normung plus nationalen Anwendungsdokumenten (plus) BBQ-Richtlinie plus projektspezifischen Festlegungen der Leistungsbeschreibung oder den Standards anderer Baubereiche

„Europäische Normung plus nationalen Anwendungsdokumenten“ steht hierbei für **DIN EN 1992 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA und DIN EN 1992-2/NA bzw. DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3 bzw. DIN EN 206 in Verbindung mit DIN 1045-2.**

Die Anforderungen für die Klassen PK1, BK1 und Ak1 bzw. PK2, BK2 und AK2 sind in der künftigen BBQ-Richtlinie festgelegt. Über diese Anforderungen hinaus sind projektspezifische Ergänzungen oder Ergänzungen über Regelwerke aus spezifischen Baubereichen wie z. B. dem Verkehrswegebau möglich, die Anforderungen in den vorgenannten Klassen 1 bzw. 2 dürfen hierbei aber nicht unterschritten bzw. außer Kraft gesetzt werden. Andernfalls wäre zumindest im bauaufsichtlichen Bereich eine Zustimmung im Einzelfall erforderlich.

Die projektspezifische Forderung eines bestimmten Grenzwertes für den E-Modul des Betons im Hinblick auf die Begrenzung von Bauteilverformungen würde beispielsweise den Beton in die Klasse BK3 bringen, woraus eine BBQ-Klasse BBQ-S resultiert.

Ein wesentlicher Aspekt des BBQ-Konzepts ist die Sicherstellung der Kommunikation über die Schnittstellen hinweg. Die Baubarkeit der vom Planer entwickelten Lösungen oder die Verfügbarkeit von Betonen mit bestimmten, in der Planung vorausgesetzten Eigenschaften und eine ggf. erforderliche Rückkopplung sind hierfür typische Beispiele. Für BBQ-E und BBQ-S sieht die BBQ-Richtlinie mit dem BBQ-Ausschreibungsgespräch und dem BBQ-Ausführungsgespräch zwei konkrete Kommunikationsformate vor.

Das BBQ-Ausschreibungsgespräch erfolgt während der Planungsphase auf Projektebene. Ziel ist die gemeinsame Erarbeitung von Festlegungen für die Ausschreibung hinsichtlich Herstellung, Einbau und

Nachbehandlung des Betons. Teilnehmen am BBQ-Ausschreibungsgespräch sollen der Objektplaner, der Tragwerksplaner, der Ausschreibende sowie ein Experte für Betontechnik. Bei BBQ-S kommt ggf. der vom Bauherrn zu bestellende bereichsübergreifende Koordinator hinzu.

Das BBQ-Ausführungsgespräch erfolgt nach Auftragserteilung vor der Ausführungsphase auf Projekt-ebene. Ziel ist die gemeinsame Erarbeitung eines Betonbaukonzeptes, das Betonherstellung und Bauausführung umfasst. Teilnehmer am BBQ-Ausführungsgespräch sind der Objektplaner, der Tragwerksplaner, der Experte für Betontechnik, der ausführende Bauleiter, der Betonhersteller (ggf. mit Betonpumpendienst) sowie bei BBQ-S ggf. der vom Bauherrn zu bestellende bereichsübergreifende Koordinator.

Das soweit skizzierte BBQ-Konzept befindet sich wie bereits ausgeführt z. Z. in der Erarbeitung. Änderungen auch grundsätzlicher Art gegenüber den vorgenannten Ausführungen sind durchaus noch möglich. So wird derzeit beispielsweise die Schaffung eines Teils 4 der BBQ-Richtlinie zu Fertigteilen in Erwägung gezogen. Offen ist auch die abschließende Beantwortung der Frage, inwieweit Teile der BBQ-Richtlinie oder die Richtlinie insgesamt als DIN-Norm veröffentlicht werden können. Denkbar ist beispielsweise eine Veröffentlichung der Regelungen zu BBQ-N als nationale Anwendungsdokumente.

3. Konzept wasserbauspezifische Regelwerke

Das BBQ-Konzept bietet aus verkehrswasserbauspezifischer Sicht eindeutige Vorteile, der Erarbeitungsprozess wird deshalb auch seitens der BAW umfassend unterstützt. Aufgrund der mit BBQ-N und BBQ-E und den zugehörigen Planungs-, Baustoff- und Ausführungsklassen einhergehenden Differenzierungsmöglichkeiten werden künftig bereits auf dieser Ebene normative Regelungen möglich und verfügbar sein, die bislang mangels Konsens der interessierten Kreise über baubereichsspezifische Regelwerke realisiert werden mussten. Exemplarisch genannt seien hier die erweiterte Erstprüfung des Betons oder Informationen zur Betonzusammensetzung auf dem Lieferschein in BK2. Damit können derzeit noch in der ZTV-W LB 215 enthaltene baubereichsspezifische Regelungen dort ggf. künftig entfallen. Gleichzeitig wird mit BBQ-S künftig eine „legale“ Andockmöglichkeit für verbleibende baubereichsspezifische Regelungen z. B. in ZTV-ING und ZTV-W ausdrücklich vorgesehen. Dadurch wird u. a. dem bislang im Betonbereich verschiedentlich geäußerten Vorwurf die Grundlage entzogen, mit ergänzenden Anforderungen beispielsweise zu den zu verwendenden Zementarten den Bereich „Beton nach Eigenschaften“ zu verlassen und sich im Bereich „Beton nach Zusammensetzung“ zu bewegen.

Nach Fertigstellung der BBQ-Richtlinie zeichnet sich vor diesem Hintergrund ein Anpassungsbedarf im Sinne einer Reduzierung von Regelungen auf Seiten der ZTV-W LB 215 ab. Darüber hinaus besteht für die ZTV-W LB 215 dringender Anpassungsbedarf insbesondere zu nachfolgend genannten Aspekten:

- Differenzierung hinsichtlich der ZTV-Anforderungen (in Abhängigkeit von Betonkubatur, Bedeutung für das Gesamtbauwerk, Instandsetzbarkeit, Nutzungsdauer etc.?)
- Vermeidung von Betonentmischungen im Bauteil
- Verfügbarkeit von Ausgangsstoffen (Flugasche, Zemente etc.)
- Einbindung BAW-Merkblatt MDCC (Bemessung Bewehrungskorrosion)

- Einbindung BAW-Merkblatt MZ (Bemessung hinsichtlich Zwang, Anforderungen Hydratationswärmebegrenzung)
- Korrosion von Bewehrung in durchströmten Trennrissen (Rissbreitenbeschränkung w_{cal})
- Berücksichtigung technische Entwicklungen (Schalungsbahnen etc.)

Aktuell wird für alle neu zu errichtenden Massivbauwerke im Regelfall die gesamte Bandbreite der ZTV-Anforderungen auch tatsächlich eingefordert. Die grundsätzlich bestehende Möglichkeit der Abweichung von ZTV-Anforderungen wird in der Praxis projektspezifisch so gut wie nie genutzt. In einem ersten Schritt soll nun am Beispiel der Fischaufstiegsanlagen geprüft werden, inwieweit eine (standardisierte) Differenzierung des Anforderungsspektrums möglich ist.

Hinsichtlich der Vermeidung von Betonentmischungen im Bauteil ist die aktuell vor der Einführung stehende A1-Änderung zur ZTV-W LB215 ein erster Schritt, welcher aber insbesondere um derzeit in Erarbeitung befindliche Prüfverfahren und Prüfkriterien ergänzt werden muss.

Ein bislang von vielen eher mittelfristig verortetes Problem, die Verfügbarkeit von Betonausgangsstoffen, ist bereits bei aktuellen Baumaßnahmen der WSV von relevanz. Hier gestaltet sich die Verfügbarkeit von Flugasche als wesentliche Grundlage und Voraussetzung für bestimmte ZTV-Regelungen (Hydratationswärmebegrenzung, Widerstand gegen Eindringen von Chloriden) problematisch. Flugasche in benötigter Menge mit den erforderlichen Eigenschaften über eine längere Bauzeit hinweg sicher geliefert zu bekommen, stellt für die Transportbetonindustrie bereits heute eine Herausforderung dar. Absehbar ist auch, dass gerade öffentliche Bauherren sich künftig dem Druck nach Verwendung von in ihrer Herstellung weniger klimaschädlichen Zementen kaum entziehen können und auch sollten, so dass auch hier langjährig bewährte Ausgangsstoffe sehr bald substituiert werden müssen.

Die BAW-Merkblätter BAW-MDCC und BAW-MRZ, welche die ZTV-W LB 215 im Hinblick auf die Bemessung bezüglich Bewehrungskorrosion und die Bemessung hinsichtlich Zwang ergänzen sollen, sind fertiggestellt bzw. in der Fertigstellung begriffen und müssen nun in die ZTV-W LB 215 eingebunden werden. Derzeit in Bearbeitung ist die Beantwortung der für die Bauweise wesentlichen Frage, ob die Anforderungen der ZTV-W LB 215 im Hinblick auf die Korrosionsgefährdung der Bewehrung in durchströmten Trennrissen modifiziert werden müssen.

Ein weiteres wichtiges Thema im Hinblick auf die Überarbeitung der ZTV-W LB 215 ist die Berücksichtigung von technischen Entwicklungen. Hier ist exemplarisch die Verwendung von wasserabführenden Schalungsbahnen an besonders exponierten Bauteilflächen von Verkehrswasserbauwerken zu nennen. Vor dem Hintergrund entsprechender Untersuchungen der BAW und diverser positiver Erfahrungen der WSV sollte für Bauteile mit den Expositionsklassen XF3 oder XF4, also im Wasserwechselbereich bzw. dem Bereich zwischen Unter- und Oberwasserstand, die Verwendung wasserabführender Schalungsbahnen wegen der Vermeidung von Lunkern und der signifikanten Verbesserung der Dauerhaftigkeitseigenschaften künftig zur Regelbauweise werden.

Literatur:

DIN EN 206: DIN EN 206:2017-01 Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206:2013+A1:2016

DIN EN 1992: DIN EN 1992-1-1:2011-01 Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010. Beuth-Verlag, Berlin.

DIN EN 1992-1-1/NA: DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau. Beuth-Verlag, Berlin.

DIN EN 1992-2/NA: DIN EN 1992-2/NA:2013-04 Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 2: Betonbrücken - Bemessungs- und Konstruktionsregeln. Beuth-Verlag, Berlin.

DIN EN 13670: DIN EN 13670:2011-03 Ausführung von Tragwerken aus Beton; Deutsche Fassung EN 13670:2009. Beuth-Verlag, Berlin.

DIN 1045-2: DIN 1045-2:2008-08 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 2: Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität - Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1. Beuth-Verlag, Berlin.

DIN 1045-3: DIN 1045-3:2012-03 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 3: Bauausführung - Anwendungsregeln zu DIN EN 13670. Beuth-Verlag, Berlin.

ZTV-ING: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING). Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.

ZTV-W LB 215: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen – Wasserbau für Wasserbauwerke aus Beton und Stahlbeton (Leistungsbereich 215), Ausgabe 2012. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Abteilung Wasserstraßen, Schifffahrt.

BAW-MDCC: BAWMerkblatt Dauerhaftigkeitsbemessung und -bewertung von Stahlbetonbauwerken bei Carbonatisierung und Chlorideinwirkung (MDCC), Ausgabe 2017. Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe.

BAW-MRZ: Gelbdruck BAWMerkblatt Rissbreitenbegrenzung für Zwang in massiven Wasserbauwerken (MZ), Ausgabe 2019. Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe.

Entmischungssensibilität von Beton – Bauliche Defizite, Erkenntnisstand, normatives Konzept

Dr.-Ing. Frank Spörel (Bundesanstalt für Wasserbau)

1. Einleitung

Für die Verarbeitung von Beton sind angemessene Frischbetoneigenschaften von besonderer Bedeutung. Im Regelfall ist derzeit das Ausbreitmaß das einzige Prüfverfahren, welches zur Beurteilung des Frischbetons Anwendung findet. Das Ausbreitmaß ist aber nicht in der Lage, alle baustellenrelevanten Frischbetoneigenschaften ausreichend zu beschreiben. Vor etwa 10 Jahren begannen beim Deutschen Beton- und Bautechnikverein (DBV) deshalb erste Aktivitäten zur Identifizierung baustellenrelevanter Betoneigenschaften (Wagner 2018). Es wurde festgestellt, dass zahlreiche dieser Eigenschaften, wie z. B. die Entmischungsneigung von Frischbeton, mangels geeigneter Prüfverfahren nicht erfassbar waren. Daraufhin wurde beim DBV ein Sonderforschungsbereich eingerichtet und erste Forschungsvorhaben auf den Weg gebracht, um geeignete Prüfverfahren und Kriterien zu erarbeiten; auch in anderen Bereichen wurden entsprechende Aktivitäten im Themenfeld Frischbeton aufgenommen (Wagner 2018). Im Verkehrswasserbau wurde erstmals 2015 über Probleme mit der Betonentmischung berichtet (Westendarp et. al. 2015). Diese waren Anlass für die Einführung temporärer ad-hoc Maßnahmen für den Bereich des Verkehrswasserbau (BMVI 2015) mit dem Ziel, das Risiko für Betonentmischung zu minimieren. Bei Vorliegen neuer Erkenntnisse sollten diese ad-hoc-Maßnahmen überprüft und ggf. modifiziert bzw. abgelöst werden. Der Beitrag beschreibt die Vorgehensweise und die durchgeführten Untersuchungen im Hinblick auf die Risikominimierung gegenüber Betonentmischung sowie das darauf aufbauende Konzept zur anstehenden Umsetzung in das Regelwerk.

2. Zielsetzung

Die Zielsetzung zum Thema Betonentmischung hat sich seit Einführung der ad-hoc-Maßnahmen (BMVI 2015) nicht verändert. Die Risikominimierung im Hinblick auf Betonentmischung steht nach wie vor im Fokus der Aktivitäten der letzten Jahre und der nun anstehenden Maßnahmen zur Ablösung der ad-hoc-Maßnahmen. Die zahlreichen Aktivitäten der BAW, im DAFStB Arbeitskreis Frischbeton sowie in Verbandsgremien haben zu einer zunehmenden Sensibilisierung zum Thema Betonentmischung beigetragen, welche Grundvoraussetzung zur Risikominimierung ist.

3. Hintergründe

3.1 Anforderungen der ZTV-W LB 215

Regelungen der ZTV-W LB 215 werden oftmals kritisch hinsichtlich der Erarbeitung von Betonrezepuren für Verkehrswasserbauwerke gesehen. Dies betrifft beispielsweise Anforderungen an die zulässige quasiadiabatische Temperaturerhöhung des Betons oder die Prüfung des Frostwiderstands nach BAWMerkblatt Frostprüfung von Beton (MFB). Auch die Forderungen nach Verwendung von LH-Zement für massive Bauteile bzw. nach LP-Beton für die Expositionsklasse XF3 werden oft kritisch gesehen. Bei den Diskussionen gerät vielfach in den Hintergrund, dass diese Anforderungen bereits langjährige, teilweise Jahrzehntelange gängige Praxis bei massigen Bauwerken im Allgemeinen bzw.

bei Verkehrswasserbauwerken im Besonderen sind. Einige Hintergrundinformationen zu diesen Regelungen können beispielsweise (Westendarp et. al 2014), (Spörel, Westendarp 2015), (Spörel 2018) entnommen werden. Eine umfangreiche Aufarbeitung der Entwicklung des Regelwerks sowie der Betonzusammensetzungen im Wasserbau seit Anfang des 20 Jahrhunderts enthält (Hallauer 1989). Die folgenden Zusammenstellungen sollen dazu beitragen, eine kritische Auseinandersetzung mit den Regelungen der ZTV-W LB 215 zum Thema Betonentmischung auf Grundlage der vorliegenden Erfahrungen zu führen.

3.2 Erfahrungen an bestehenden Bauwerken hinsichtlich Betonentmischung

Die BAW begutachtet seit etwa 50 Jahren bestehende Wasserbauwerke zu verschiedenen Fragestellungen mit Hilfe von Bohrkernuntersuchungen (Horizontalbohrkerne und Vertikalbohrkerne durch das gesamte Bauteil hindurch). Erwartungsgemäß wurden in den letzten Jahrzehnten in der Regel eher ältere Bauwerke untersucht. Daher stammen die jüngsten beprobten Bauwerke etwa aus den 1980er Jahren. Bei neueren Bauwerken ergab sich selten ein Begutachtungsbedarf. Wesentliche Erkenntnis aus diesen Bauwerksuntersuchungen ist, dass Betonentmischungen an Wasserbauwerken bis in die jüngere Vergangenheit so gut wie nicht aufgetreten sind.

3.3 Grundsätzliche Veränderungen bei Betoneigenschaften und -zusammensetzung

Wurden vor etwa 80 bis 100 Jahren vorrangig Stampfbetone eingesetzt, hat sich die Konsistenz bis in die heutige Zeit über KP (F2) hin zu F3 mit Ausbreitmaßen von bis zu 490 mm und teilweise darüber verändert, der Beton wird in der Regel gepumpt. Bereits ab etwa den 1920er Jahren kam auch Gussbeton zum Einsatz (Arp und Gaye 1924). Der Wunsch nach zunehmend weicheren Betonen ist auch heute vermehrt feststellbar. Etwa seit den 1960er Jahren hat sich das Größtkorn zunehmend von über 70 mm auf 32 mm reduziert. LP-Beton im frostbeanspruchten Bereich von Kammerwänden kommt etwa seit den 1970er/1980er Jahren zum Einsatz und war ab der Einführung der ersten ZTV-W LB 215 im Jahre 1982 mit einer Ausnahme zwischen 2004 und 2012 zwingend vorgeschrieben. Ebenfalls etwa ab dieser Zeit wurde der Beton zunehmend gepumpt, damals noch mit Ausbreitmaßen, die der heutigen Konsistenzklasse F2 entspricht (Hallauer 1989). Erste Anforderungen der ZTV-W LB 215 an die maximale Temperaturerhöhung im Bauteil ab 1998 wurden 2004 durch die Anforderungen an die Begrenzung der quasiadiabatischen Temperaturerhöhung des Betons abgelöst. Zeitgleich wurden auch die Frostprüfungen mit dem CIF- bzw. CDF-Test eingeführt. Eine wesentliche betontechnologische Veränderung fand etwa ab dem Jahr 2010 statt. Die zunehmende Anwendung der PCE-Fließmittel hat auch im Verkehrswasserbau Eingang erhalten. Bei der im Wasserbau eingesetzten Konsistenz F3, den relativ hohen zulässigen w/z-Werten in den Hauptanwendungsbereichen von Schleusenkammersohlen (XC2) und Kammerwänden (XF3) und des Größtkorns von in der Regel 32 mm dürfte deren hohe Verflüssigungswirkung aber nur in den seltensten Fällen zwingend erforderlich sein, vielmehr ist die mit der Verwendung bestimmter PCE-Fließmittel einhergehende lange Konsistenzhaltung wohl ein wesentlicher Grund für die Verwendung derartiger Zusatzmittel.

3.4 Entwicklungen bei Betonzusammensetzungen

Bei Wasserbauwerken handelte es sich seit jeher um Bauwerke mit massigen Abmessungen. Der Betonentwicklung wurde stets große Aufmerksamkeit zugeschrieben, was zahlreiche detaillierte Beschreibungen, z. B. in der Zeitschrift für das Bauwesen oder dem Zentralblatt der Bauverwaltung belegen. Es

kamen seit jeher Betone mit vergleichsweise niedrigen Zementgehalten, Zemente mit niedriger Hydratationswärme, vorzugsweise Hochofenzemente mit hohen Hüttensandgehalten sowie Trass als Betonzusatzstoff zum Einsatz. Später wurde vorwiegend Flugasche als Betonzusatzstoff verwendet (Hallauer 1989). Diese Grundsätze für Betone für massive Bauteile werden heute oft in Frage gestellt. Es werden Schwierigkeiten bei der Erfüllung der Anforderungen im Regelwerk genannt. Seit dem Aufkommen des Themas Betonentmischung im Verkehrswasserbau wird dieses oft pauschal mit den „niedrigen“ Zement- bzw. Leimgehalten in Verbindung gebracht, obwohl diese Betonkonzeption seit mehr als 100 Jahren ohne nennenswerte Entmischungsprobleme angewendet wird.

Zur Versachlichung dieser Diskussionen wurde begonnen, die Betonzusammensetzungen im Wasserbau in den letzten etwa 50 Jahren zusammen zu tragen. Seit dieser Zeit wurde zunehmend, wie auch heute Pumpbeton und ein Größtkorn der Gesteinskörnung von 32 mm eingesetzt. *Bild 1* gibt einen Überblick des Zementgehaltes für Kammerwandbetone in der Expositionsklasse XF3. Die Abbildung ist nicht vollständig und wird fortlaufend aktualisiert.

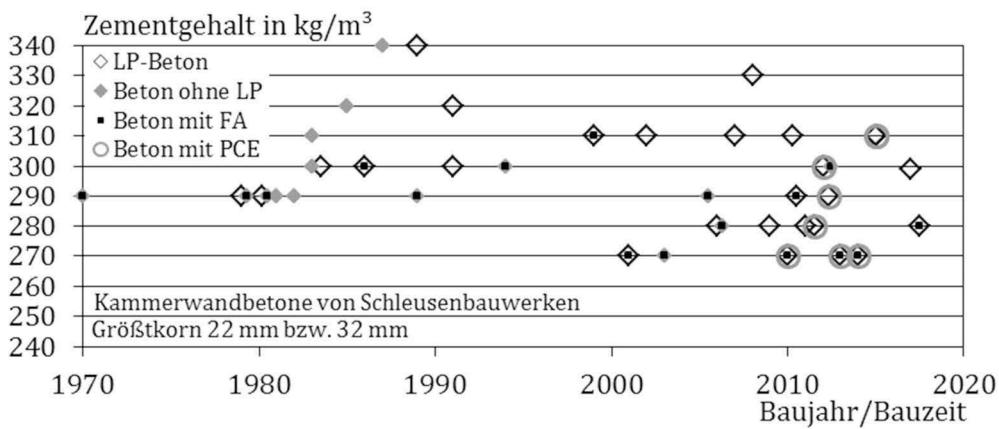


Bild 1: Zementgehalt in Kammerwandbetonen der letzten 50 Jahren (unvollständig)

Bis auf wenige Ausnahmen liegen die Zementgehalte zwischen 270 und etwa 310 kg/m³. Zementgehalte unter 300 kg/m³ (Mindestzementgehalt nach DAfStb-Richtlinie Massenbeton für Beton ohne Flugasche) wurden vorrangig auch unter Einsatz von Flugasche eingesetzt. Die Betone ohne Flugasche wiesen meist Zementgehalte zwischen 300 und 310 kg/m³ auf, teilweise auch darunter. Weiterhin fanden vorrangig Luftporenbetone Verwendung, etwa zu einem Drittel mit und zu zwei Dritteln ohne Flugasche. Nach Einführung der Anforderungen an die quasiadiabatische Temperaturerhöhung sowie der Prüfungen nach BAWMerkblatt Frostprüfung von Beton im Jahr 2004 wurden Bandbreiten des Zementgehaltes wie auch zuvor gewählt.

Weiterhin wird der Wasserzementwert betrachtet (*Bild 2*). Erkennbar ist, dass vor Einführung der DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2 höhere Wasserzementwerte eingesetzt wurden als danach. Dies resultiert aus einer Verschärfung der Anforderungen an den w/z-Wert für frostbeanspruchte Bauwerke nach DIN 1045-2 im Vergleich zur Vorgängerausgabe.

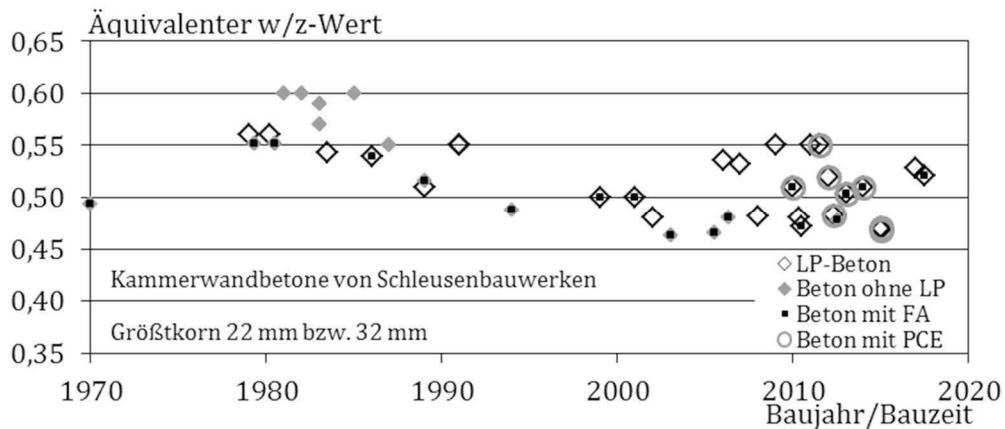


Bild 2: Wasserzementwert von Kammerwandbetonen der letzten 50 Jahre (unvollständig)

Auffällig ist die Bandbreite der w/z-Werte bei LP-Beton. Es wurden zu erheblichen Anteilen w/z-Werte deutlich unterhalb des maximal zulässigen Wertes von 0,55 gewählt. Zusammenhänge zu Regelungen der ZTV-W LB 215 sind nicht ersichtlich.

In aktuellen Diskussionen und Arbeitskreisen wird verstärkt das aus Bindemittel und Wasser errechnete Leimvolumen als wichtiges Kriterium zur Bewertung der Robustheit von Beton herangezogen. Der Begriff Robustheit wird in dem Zusammenhang oft sehr verallgemeinernd verwendet. Die Leimgehalte der zuvor genannten Betone sind in Bild 3 dargestellt. Zusätzlich angegeben ist der Leimgehalt, der sich nach DAfStb-Richtlinie Massenbeton aus dem Mindestzementgehalt von 300 kg/m³ und dem maximalen w/z-Wert von 0,55 sowie bei der Variante ohne LP bei einem maximalen w/z-Wert von 0,50 ergibt.

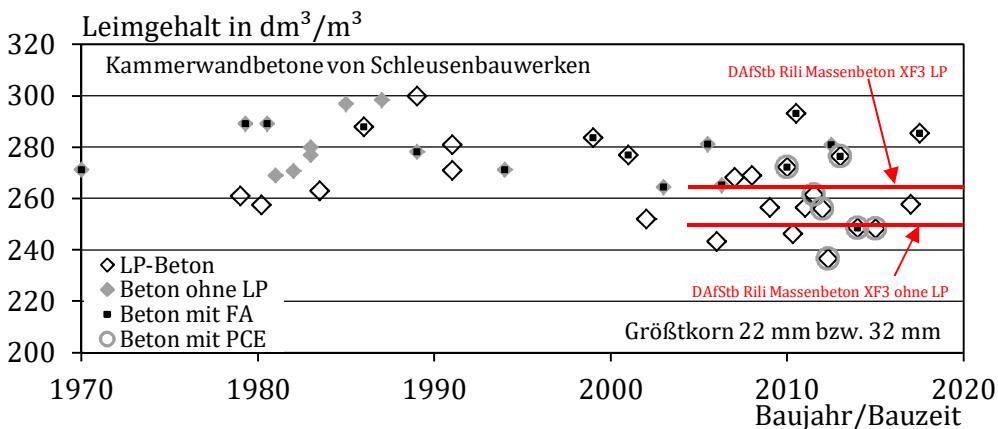


Bild 3: Leimvolumen von Kammerwandbetonen der letzten 50 Jahre (unvollständig)

Die Daten zeigen Leimvolumina zwischen 260 und 300 l/m³. In den letzten 15 bis 20 Jahren fallen die LP-Betone ohne Flugasche auf, die mit Leimgehalten zwischen 240 und 260 l/m³ fast ausnahmslos den für die letzten 50 Jahre typischen Bereich verlassen haben. Dies trifft auf die Varianten mit w/z-Werten deutlich unter 0,55 oder Zementgehalten unter 300 kg/m³ zu.

Zusammenfassend haben sich die Betonzusammensetzungen in den letzten Jahrzehnten hinsichtlich Zementgehalt und Wasserzementwert nicht wesentlich verändert. Grundsätzlich auffällig ist, dass insbesondere bei LP-Betonen häufig w/z-Werte deutlich unterhalb des nach Norm zulässigen maximalen w/z-Wertes gewählt wurden. Auch wurde mehrfach die nach ZTV-W LB 215 zulässige Variante mit Zementgehalten unter 300 kg/m³ ohne Flugasche eingesetzt. Insbesondere bei Betonen ohne Flugasche lagen aus diesen beiden Gründen etwa in den letzten 20 Jahren auch Leimgehalte zwischen 240 und 260 l/m³ vor. Diese Größenordnungen werden in aktuellen Diskussionen häufig als niedrig bezeichnet und sind eher negativ belastet. Eine Verallgemeinerung ist jedoch schwierig, da sämtliche Betonausgangsstoffe, die Sieblinie sowie die geforderte Konsistenz und Betonförderung Einfluss auf die erforderliche Leimmenge haben. Exemplarische pragmatische Betrachtungen hierzu befinden sich beispielsweise in (Krell 2017). Die derzeit diskutierten Größenordnungen eines Mindestleimgehaltes liegen oberhalb sämtlicher, aus den Mindestanforderungen an die Zusammensetzung nach DIN 1045-2 bzw. DAfStb-Richtlinie Massenbeton, Tabellen F2.1 und F2.2, resultierender Leimgehalte. Die Forderung nach Mindestleimgehalten kann damit die Mindestanforderungen an die Betonzusammensetzung im Hinblick auf die Dauerhaftigkeit aushebeln.

3.5 Betonentmischung unter Praxisbedingungen

Neben den in (Westendarp et. al. 2015) genannten Betonentmischungen ist es auch bei aktuellen Baumaßnahmen vereinzelt zu Auffälligkeiten hinsichtlich Betonentmischung gekommen. Diese sind während der Eignungsprüfungen oder auch erst bei den laufenden Bauaktivitäten erkannt worden, da die entsprechende Sensibilität aller Beteiligten für diese Problematik mittlerweile hoch ist. Betroffen waren nicht nur klassische Massenbetonrezepturen nach ZTV-W LB 215. Zur Vermeidung derartiger Auffälligkeiten ist es erforderlich, die Sensibilität eines Betons gegenüber Entmischung beurteilen zu können und dies bei der fachgerechten Verarbeitung zu berücksichtigen. Maßgebend ist hier die Erfahrung des verarbeitenden Personals.

3.6 Fazit zu Erfahrungen mit Betonen im Verkehrswasserbau

Diese umfangreiche Aufbereitung von Erfahrungen zu Betonen im Verkehrswasserbau dient als Grundlage für die folgenden Betrachtungen zum Thema Betonentmischung. Insgesamt wurde beobachtet, dass sich die Betonzusammensetzungen in den letzten Jahrzehnten in engen Bandbreiten bewegten und vorrangig Zementgehalte im Grenzbereich der Richtlinie Massenbetone eingesetzt wurden. Dies war auch zu erwarten, da die Mindestzementgehalte der Richtlinie mit dem Ziel der Reduzierung der Temperaturerhöhung im Beton festgelegt wurden. Da diese Grenzwerte bei der Betonkonzeption angestrebt wurden, ist nachvollziehbar. Weiterhin war erkennbar, dass die Einführung der Prüfungen nach BAWMerkblatt Frostprüfung von Beton und der Anforderungen an die quasiadiabatische Temperaturerhöhung zu keiner Veränderung der Betonzusammensetzungen geführt hat. Ein Zusammenhang zwischen Anforderungen der ZTV-W LB 215 und der Neigung dieser Betone zum Entmischen lässt sich demnach nicht ableiten.

4. Konzept für den Verkehrswasserbau

4.1 Übersicht

Auf Basis der zuvor genannten Zusammenhänge und Erfahrungen haben sich vier wesentliche Elemente zur Risikominimierung gegenüber Betonentmischung herauskristallisiert.

- Ermittlung der erforderlichen Mischdauer des Betons in der Eignungsprüfung
- Konsistenzreduzierung insbesondere für LP-Beton
- Überprüfung des eingebauten Betons mittels Bohrkernen während der Bauausführung
- (Frischbetonprüfungen zur Sedimentationssensibilität)

Das vollständige Mischen des Betons ist eine Grundvoraussetzung und ein wesentliches Qualitätselement für zielsichere Betoneigenschaften. Die Konsistenzreduzierung bei LP-Beton trägt dazu bei, das Risiko für Betonentmischungen zu reduzieren, da gerade bei LP-Betonen eine zu weiche Konsistenz nachteilig sein kann. Die Überprüfung des eingebauten Betons während der Bauausführung bezieht sich auf das Anbohren von bereits fertiggestellten Bauteilabschnitten zur Absicherung, dass Betoneigenschaften und Einbauverfahren ausreichend aufeinander abgestimmt waren. Sollten zu diesen Zeitpunkten während der Bauausführung Optimierungspotentiale festgestellt werden, können sie bei entsprechender Kommunikation zwischen den Beteiligten umgesetzt werden. Diese Überprüfung auf Betonentmischung am Bauwerk ist im Wasserbau nicht neu und wurde bereits vor fast hundert Jahren in ähnlicher Form durchgeführt (Arp und Gaye 1924) um abzusichern, dass keine Entmischungen mit dem gewählten Bauverfahren und Beton aufgetreten sind. Die Prüfung der Entmischungssensibilität am Frischbeton wäre ein weiterer Baustein, der nach Abschluss der derzeitigen Aktivitäten Berücksichtigung finden soll (Abschnitt 0). Deskriptive Regelungen werden nicht verfolgt, da aus den langjährigen Erfahrungen keine Zusammenhänge ableitbar waren und auch anderweitig keine Lösungen verfügbar sind.

4.2 Prüfverfahren zur Entmischungssensibilität von Beton

Die Erfahrungen mit den ad-hoc-Maßnahmen, weitere Erkenntnisse zum Prüfverfahren in der BAW (Spörel 2018) sowie im DAfStb-Arbeitskreis Frischbeton haben gezeigt, dass die Prüfung der Sedimentationssensibilität als Baustein der Risikominimierung noch einer Weiterentwicklung bedarf. Die Forschung beim DAfStb wurde gemeinsam durch die BAW, den Bundesverband der deutschen Transportbetonindustrie (BTB), den DAfStb sowie den Deutschen Beton- und Bautechnik-Verein (DBV) finanziert und an der Leibniz Universität Hannover, Institut für Baustoffe, sowie der Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Baustofftechnik, bearbeitet. Der Abschlussbericht steht kurz vor der Fertigstellung. Unter Berücksichtigung aller vorliegenden Erkenntnisse wurde parallel zu diesen Aktivitäten in der BAW ein BAWMerkblatt Entmischungssensibilität von Beton (MESB) entworfen. In dieses Merkblatt sind auf Basis von zwei Gelbdruckverfahren auch umfangreiche Rückmeldungen aus der Praxis eingearbeitet worden. Das Merkblatt beschreibt den Auswaschversuch zur Ermittlung der Sedimentationssensibilität am Frischbeton, sowie ein Verfahren zur Ermittlung der Sedimentation der groben Gesteinskörnung am Festbeton (*Bild 4*). Diese beiden Verfahren basieren auf den Prüfungen aus der DAfStb-SVB-Richtlinie aus dem Jahr 2003. Sie wurden zur Untersuchung von Rüttelbetonen um den Verdichtungsprozess erweitert. Ziel der aktuellen Aktivitäten ist eine Nutzung des Verfahrens, um die Sedimentationssensibilität von Beton gegenüber Verdichtungseinwirkung zu beschreiben. Diese Charakterisierung des Betons (*Bild 4, Mitte*) steht dann informativ für die Verarbeitung des Betons zur

Verfügung und leistet einen Beitrag zur Prüfung der in (Wagner 2018) genannten baustellenrelevanten Leistungsmerkmale von Beton. Beim Festbetonversuch wurde eine Auswertemethodik zur quantitativen Bestimmung der Grobkornsedimentation ergänzt. Die Fläche des angeschnittenen Grobkorns mit Mindestabmessungen von mehr als 8 mm wird in den drei in *Bild 4*, rechts, dargestellten Dritteln bestimmt und die Abweichungen vom Mittelwert analog zur Vorgehensweise im Auswaschversuch ermittelt.

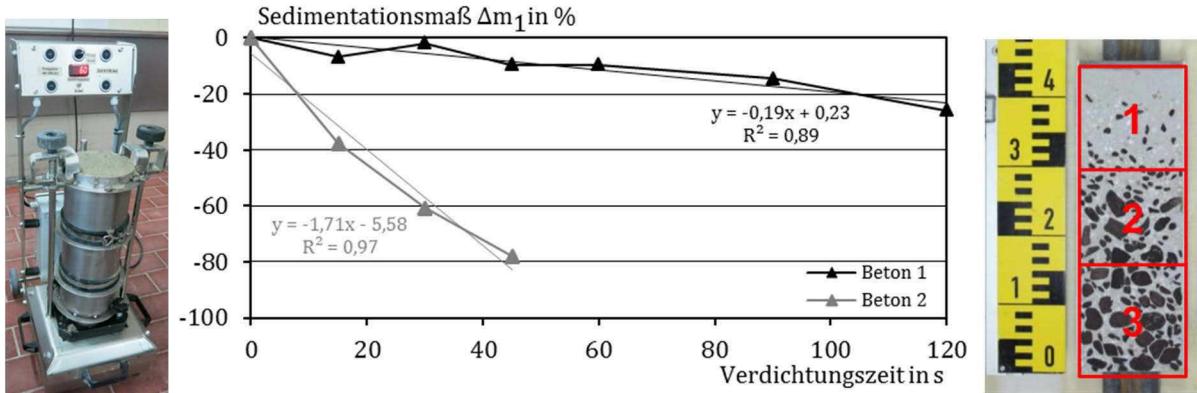


Bild 4: Prüfeinrichtung Auswaschversuch (links), Beispiele zum Zusammenhang zwischen Verdichtungszeit und Sedimentationsmaß im Auswaschversuch (Mitte) und Beispiel der Sedimentation am Festbeton (rechts)

Darüber hinaus ist ein Kleinbauteilversuch (*Bild 5*) beschrieben, bei dem die Auswirkung einer baupraktischen Verdichtung auf die Sedimentation der groben Gesteinskörnung erfasst wird.



Bild 5: Kleinbauteilversuch

Es werden 2 baugleiche Schalungen mit Beton gefüllt und mittels Innenrüttler bei unterschiedlicher Rütteldauer verdichtet (angemessene und übermäßige Verdichtungsintensität). Nach der Aushärtung und Bohrkernentnahme erfolgt eine Auswertung der Grobkornverteilung über die Prüfkörperhöhe. Unterschiede der Anteile der groben Gesteinskörnung in den Prüfabschnitten beider Bauteile zeigen die Entmischungssensibilität gegenüber verlängerter Rütteldauer an.

Die erwähnten noch offenen Fragestellungen haben dazu geführt, dass die genannten Prüfungen derzeit nur informativ im Merkblatt dargestellt und der Fachöffentlichkeit zur Verfügung gestellt, aber nicht als Prüfverfahren in die ZTV-W LB 215 aufgenommen werden. Seitens der BAW ist vorgesehen, mit den Prüfverfahren parallel zu den laufenden Forschungsaktivitäten einerseits Erfahrungen auf den

Baustellen mit bei Baumaßnahmen der WSV eingesetzten Betonen zu sammeln und andererseits den Kontakt zur Praxis zu nutzen, um die Praxistauglichkeit der Prüfungen zu verifizieren. Parallel beteiligt sich die BAW an der Finanzierung der Fortsetzung der Forschung unter dem Dach des DAfStb, bei der das Prüfverfahren unter Beteiligung der am Baugeschehen beteiligten Partner weiterentwickelt werden soll.

4.3 Überprüfung des Entmischens von Beton im Bauteil

Die Gleichmäßigkeit des Betons im Bauteil ist das Ergebnis einer Abstimmung von Betoneigenschaften und der Verarbeitung des Betons. Eine Entmischung im Bauteil kann die Folge eines nicht ausreichend mischungsstabilen Beton, eines nicht den Betoneigenschaften angepassten Einbaus, oder einer ungünstige Kombination beider sein. Das bisherige Normenkonzept kannte keine Festlegungen zum Thema Betonentmischung, sondern enthält seit den ersten Ausgaben der DIN 1045 vor etwa 100 Jahren sowohl bei Betonentwurf als auch bei Verarbeitung nur eher allgemeine Hinweise. Diese waren in der Vergangenheit möglicherweise ausreichend, da damals mit dem Dreistoffsysteem Beton ausreichende Erfahrungen und Fachkenntnis zu Ausgangsstoffen, Betonentwurf und Verarbeitung vorlagen. Die zunehmende Vielfalt sowie Innovationen bei Betonausgangsstoffen einerseits sowie die sich abzeichnende geringer werdende Verfügbarkeit bewährter Ausgangsstoffe andererseits führen aber dazu, dass immer weniger auf langjährige Erfahrungen zurückgegriffen werden kann und die Kompetenz der Betontechnologen vielleicht mehr denn je gefragt ist. Gleichermaßen gilt für das verarbeitende Personal. Da die oben genannten Performance-Prüfungen derzeit noch nicht einvernehmlich genutzt werden können, ist die Überprüfung der fertigen Leistung neben der Ermittlung der Mindestmischdauer und der Konsistenzreduzierung bei LP-Beton derzeit das pragmatischste Vorgehen. Es präzisiert Satz 8.4.1 (5) der DIN EN 13670/DIN 1045-3, welcher besagt, dass während des Einbaus und Verdichtens das Entmischen so gering wie möglich sein muss. Was genau darunter zu verstehen ist, bleibt Auslegungssache. Im Merkblatt MESB werden dazu erstmals Kriterien definiert. Eine Nichteinhaltung der Kriterien zeigt einen erforderlichen Handlungsbedarf auf.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Das BAWMerkblatt MESB sowie die zugehörige A1-Änderung zur ZTV-W LB 215, welche das Merkblatt (auszugsweise) in Bezug nimmt, befinden sich in den letzten Abstimmungsprozessen. Mit deren Einführung sollen die 2015 zur Risikominimierung im Hinblick auf Betonentmischung eingeführten ad-hoc-Maßnahmen abgelöst werden. Unter Berücksichtigung der langjährigen Erfahrungen mit Betonen im Verkehrswasserbau wurden mit der Ermittlung der Mindestmischzeiten für Beton in der Eignungsprüfung, der Reduzierung der Konsistenz für LP-Beton und der Ermittlung der Betonentmischung an Bohrkernen aus Bauteilen während der Bauausführung drei Bausteine zur Risikominimierung herausgearbeitet. Bei der Performance-Prüfung zur Bewertung der Sedimentationssensibilität sind noch verschiedene Fragestellungen offen, welche aktuell noch unter dem Dach des DAfStb bearbeitet werden. Nach abschließender Festlegung der Prüfung steht dieser vierte, derzeit noch informative Performance-Baustein dann ebenfalls normativ zur Verfügung. Bereits jetzt werden durch die BAW parallel zu den weiteren Entwicklungen Erfahrungen zu den Betonen sowie der Praxistauglichkeit auf verschiedenen Baustellen der WSV gesammelt. Die umfangreichen Aktivitäten der am Baugeschehen Beteiligten zum Thema Betonentmischung haben insgesamt zu einem deutlich gesteigerten Bewusstsein für dieses Thema geführt. Dies muss jedoch noch fortgesetzt werden, wie aktuelle Auffäl-

ligkeiten bei laufenden Baumaßnahmen zeigen. Den Betontechnologen aus allen Bereichen kommt vor dem Hintergrund der zunehmenden Vielfalt einerseits, aber auch der sich abzeichnenden geringeren Verfügbarkeit bewährter Ausgangsstoffe andererseits eine Schlüsselrolle zu. Die dargestellten Maßnahmen sollen dazu bei der Betonkonzeption und -verarbeitung Unterstützung leisten.

6. Literatur

Arp; Gaye (1924): Das Gußbetonverfahren beim Bau der Doppelschleuse in Geestemünde und die Erfahrungen mit Gußbeton. In: Zentralblatt der Bauverwaltung 44, Nr. 38 S.319-324, Nr. 40 S.340-343, Nr. 41, S.349-352

Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.) (2012): BAW Merkblatt Frostprüfung von Beton (MFB), Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau (BAW-Merkblätter, -Empfehlungen und -Richtlinien)

Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.) (2019): BAW Merkblatt Entmischungssensibilität von Beton (MESB), Entwurf Weißdruck Februar 2019, Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau (BAW-Merkblätter, -Empfehlungen und -Richtlinien)

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hg.) (2012): ZTV-W LB 215: Wasserbauwerke aus Beton und Stahlbeton (Leistungsbereich 215) (Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen – Wasserbau)

BMVI Erlass WS 12/5257.6/4 vom 04.05.2015: Mischungsstabilität von Beton. Verkehrsblatt Nr. 12/2015, Verkehrsblatt-Verlag.

Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (2003): DAfStb-Richtlinie Selbstverdichtender Beton (SVB Richtlinie), Ausgabe November 2003

Hallauer, O. (1989): Die Entwicklung der Zusammensetzung von Beton für Wasserbauten. In: Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau Nr. 65, S. 39-56

Krell, J. (2017): Robuste Betone – Bewertungen aus der Praxis. In: Tagungsband 8. Betonfachtagung Nord - Betone und Hochleistungsbetone baustellentauglich und dauerhaft. S. 155-167. Informationszentrum Beton

Spörel, F.; Westendarp, A. (2015): Frostwiderstand von Beton im Verkehrswasserbau (2015). In DBV Rundschreiben 244, März 2015, S. 10-12

Spörel F. (2018): Betontechnologische Anforderungen für Wasserbauwerke am Beispiel der neuen Weserschleuse Minden. In: BAWMitteilung Nr. 104, S. 117-124

Wagner, J.-P. (2018): Baustellenrelevante Betoneigenschaften – ein Weg zur Qualitätsverbesserung. Tagungsband ibausil 2018, S. I-221-I-229

Westendarp, A.; Rahimi, A.; Reschke, T.; Spörel, F. (2014): Betone für den Wasserbau – gestern, heute, morgen. In: beton 64, Nr. 5, S.178-181+ Nr. 6, S.224-229

Westendarp, A.; Reschke, T.; Spörel, F.; Müller, H.; Amthor, G. (2015): Probleme mit der Mischungsstabilität von Beton. In: BAWBrief 01/2015. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau.

Erfahrungen beim Einbau von Luftporenbeton bei der Baumaßnahme Neubau 2. Schleuse Zerben

Dipl.-Ing. Thomas Herrmann (Wasserstraßen-Neubauamt Magdeburg)

Wir machen Schifffahrt möglich.

Neubau der Zweiten Schleuse Zerben - Qualitätssicherung für die Herstellung von Luftporenbeton



Wir machen Schifffahrt möglich.
Neubau der Zweiten Schleuse Zerben -
Qualitätssicherung für die Herstellung von Luftporenbeton



Gliederung:

- Der Ingenieur: Wahrnehmung & Lehren
- Qualitätssicherung
- Schleuse Zerben
- QS Luftporenbeton Schleuse Zerben



Wir machen Schifffahrt möglich.

Neubau der Zweiten Schleuse Zerben - Qualitätssicherung für die Herstellung von Luftporenbeton

Der Ingenieur:

Ingenium = schöpferischer Geist

In der Erkenntnis, dass Naturwissenschaft und Technik wesentliche Gestaltungsfaktoren des modernen Lebens und der Gesellschaft in Gegenwart und Zukunft darstellen, sind sich Ingenieurinnen und Ingenieure ihrer besonderen Verantwortung bewusst. Sie richten ihr Handeln im Beruf an ethischen Grundsätzen und Kriterien aus und setzen diese konsequent in die Praxis um.

(Praambel über den Ingenieurberuf des VDI, Prof. Dr.-Ing. Hubertus Christ, ehemaliger Präsident des VDI)



Wir machen Schifffahrt möglich.
Neubau der Zweiten Schleuse Zerben -
Qualitätssicherung für die Herstellung von Luftporenbeton



Der Ingenieur ethische Grundsätze :

- Lebensqualität
- Ökologie und Ökonomie
- Harmonie und progressive Situationsbewältigung

Wir machen Schifffahrt möglich.

Neubau der Zweiten Schleuse Zerben - Qualitätssicherung für die Herstellung von Luftporenbeton

Qualitätssicherung QS :

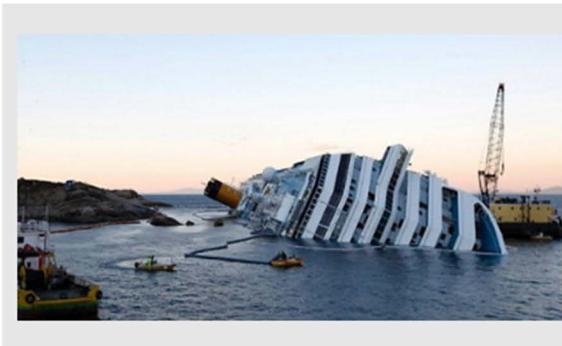
- Die Sorgfaltspflicht des (hier) Ingenieur's
- Qualität....Wortstamm Qual....es tut weh und ist nicht billig
- Beachtung des Sachverständes aller Fachbereiche (Planung, Technologie, Baustoffkunde etc), analysieren, begreifen / verstehen, handeln
- gemeinsames, vertragliches Handeln der Projektplayer
- Vertragsverständnis



Wir machen Schifffahrt möglich.
Neubau der Zweiten Schleuse Zerben -
Qualitätssicherung für die Herstellung von Luftporenbeton



Wir machen Schifffahrt möglich.
Neubau der Zweiten Schleuse Zerben -
Qualitätssicherung für die Herstellung von Luftporenbeton



Wir machen Schifffahrt möglich.
Neubau der Zweiten Schleuse Zerben -
Qualitätssicherung für die Herstellung von Luftporenbeton



Wir machen Schifffahrt möglich.
Neubau der Zweiten Schleuse Zerben -
Qualitätssicherung für die Herstellung von Luftporenbeton



Wir machen Schifffahrt möglich.
Neubau der Zweiten Schleuse Zerben -
Qualitätssicherung für die Herstellung von Luftporenbeton



Wir machen Schifffahrt möglich.
Neubau der Zweiten Schleuse Zerben -
Qualitätssicherung für die Herstellung von Luftporenbeton



Wir machen Schifffahrt möglich.
Neubau der Zweiten Schleuse Zerben -
Qualitätssicherung für die Herstellung von Luftporenbeton

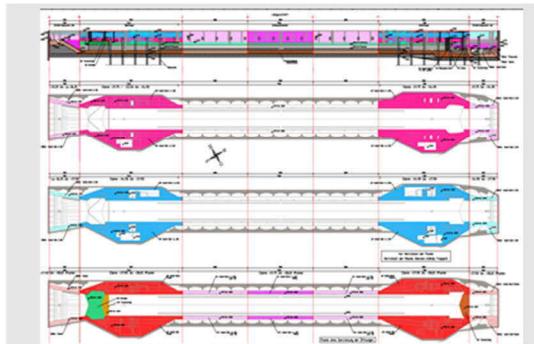


Schleuse Zerben:

- Fallhöhe bis 5,50m
- Monolit, fugenloses Bauwerk – wartungsarm
- Ausführung oberhalb der Längskanäle in LP-Beton
- Hoher Bewehrungsgrad (ca. 175kg Stahl/m² Beton)



Wir machen Schifffahrt möglich.
Neubau der Zweiten Schleuse Zerben -
Qualitätssicherung für die Herstellung von Luftporenbeton



Wir machen Schifffahrt möglich.
Neubau der Zweiten Schleuse Zerben -
Qualitätssicherung für die Herstellung von Luftporenbeton



Ziele der QS:

- Erfassung aller relevanten Einflussfaktoren im Herstellprozess des LP-Betonbauwerkes
- Nutzung lokaler Erkenntnisse und Erfahrungen
- Einbindung, Information und ggf. Schulung aller am Bau beteiligten Mitarbeiter
- Maßnahmen vorab
- Maßnahmen im Zuge des LP-Betonherstellungsprozesses
- Maßnahmen nach Herstellung des LP-Beton

Wir machen Schifffahrt möglich.
Neubau der Zweiten Schleuse Zerben -
Qualitätssicherung für die Herstellung von Luftporenbeton



QS - Maßnahmen vorab:

- Erstellung Betonrezeptur
- Herstellung der adiabatischen Probekörper
- Einholung und Überprüfung der Materialzeugnisse aller verwendeter Zuschlagstoffe und Zusatzmittel
- Überprüfung der Relevanz der Lagerstätten
- Eignungsuntersuchung Mischwasser
- Planung unter Beachtung technologischer Erfordernisse



Wir machen Schifffahrt möglich.
Neubau der Zweiten Schleuse Zerben -
Qualitätssicherung für die Herstellung von Luftporenbeton



QS - Maßnahmen vorab:

- Überwachung und Lagerung der Zuschlagstoffe und Betonzusatzmittel,
- Schulung der Mitarbeiter für spezifische Materialanforderungen
- Risikoanalyse



Wir machen Schifffahrt möglich.
Neubau der Zweiten Schleuse Zerben -
Qualitätssicherung für die Herstellung von Luftporenbeton



QS im Zuge des LP-Betonherstellungsprozesses :

- Eigen- und Fremdüberwachung
- Zeitkontrolle
- Material- und Zuschlagstoffprüfung im Mischwerk
- Abnahme Einbauort
- Überprüfung Kalibrierungseinrichtungen an MA
- Beginn Betoneinbau nach Signal: „ready to start“ gemeinsam von AN und AG



Wir machen Schifffahrt möglich.
Neubau der Zweiten Schleuse Zerben -
Qualitätssicherung für die Herstellung von Luftporenbeton



QS nach Herstellung des LP-Betons:

- Herstellung des ersten Betonierabschnittes und Beprobung nach 28 Tagen analog des Quasiadiabatischen Probekörpers
- Bei positiven Beprobungsergebnissen: Freigabe zur Betonage des zweiten Betonierabschnittes
-fortlaufend...



Wir machen Schifffahrt möglich.
Neubau der Zweiten Schleuse Zerben -
Qualitätssicherung für die Herstellung von Luftporenbeton



Design and construction of the fourth Lock of Lanaye

eng. David Monfort (Bureau d'études Greisch, Belgium)



Fig.1: Lanaye Lock Complex – © JL DERU / photo-daylight.com

Summary

Study and construction of a Vlb class lock, length 225 metres, width 25 metres and head 13.70 metres, a road bridge 210 metres long and 15 metres wide, a road tunnel 150 metres long, a pumping station/hydro-electric power plant and a collection of additional works within an operating lock complex (2011-2015).

Origins and development of the Lanaye lock complex

The lock complex is located on the border between Belgium and the Netherlands to the north of the town of Visé. It provides a direct link between the Albert Canal and the Dutch Meuse and is part of the priority European project for a corridor connecting the North Sea to the Black Sea (TEN-T project No18) via the Rhine, Main, Danube and various interlinking canals.

The complex was built in the 1930s at the same time as the Albert Canal and at that time comprised two locks of 55 x 7.5 metres accommodating 650-tonne vessels. A further lock, measuring 136 x 16 metres, was built in the 1960s to take 3,000-tonne vessels. During the 1980s, major widening works took place on the Albert Canal so that it was navigable by convoys of up to 9,000 tonnes.

In 2002, SOFICO, through its contracting authority (SPW – Liège waterways directorate), awarded the contract for the design of the civil engineering and associated electro-mechanical works to the temporary consortium made up of GREISCH, for the civil engineering part, and SNC-LAVALIN for the electro-mechanical part (to be later sub-contracted to Tractebel Engineering).



Fig.2: Aerial view with approximate border between Belgium and the Netherlands – © SPW



Fig.3: TEN-T Network Project nr 18:
Rhine/Meuse – Main – Danube –
© EC-TEN-T- © SPW



The fourth lock

The fourth lock at Lanaye is a major undertaking aimed at improving the performance of the river infrastructure in Wallonia to allow convoys of up to 9,000 tonnes to navigate between the Dutch Meuse and the Albert Canal. Part of the new construction is on Dutch territory. Over the next years though, according to the effective widening of the locks in the Netherlands, the new infrastructure will mainly be devoted to operating the navigation of a pair of simultaneous 4,500-tonne vessels. The three existing locks will remain in operation for smaller boats.

The new lock, measuring 225 metres long by 25 metres wide, carries boats over a lift of 13.68 metres. The geology of the Lanaye lock site is made up of canal bottom silt on watertight puddle clay between 55.00 and 53.00 m, alluvial silt between 53.00 and 47.00 m, sand and Meuse gravel between 47.00 and 42.00 m, weathered chalk between 42.00 and 37.00 to 27.00 m, then sound chalk. The head of the lock generates significant hydraulic gradients through those layers, with consequence that all the major works have been designed taking account the hydrogeological and geotechnical risks: underground flows, hydraulic pressure, water tightness, retaining effects. A surrounding enclosure of cut-off trenches was created around the lock chamber.

Given the nature of the lock's foundation soil, it was necessary to construct a 2.50-metre-thick structural raft. The aqueduct walls, set into this raft, are 2.50 metres thick and topped with 3- metre-thick slabs into which the chamber walls are set. These walls vary in thickness from 3 metres at the base to 2 metres at the top.

There are no expansion joints anywhere on the structure, this choice avoiding the problem of water-tight joints which are difficult to execute and have a short life. Additional reinforcement is foreseen to prevent subsequent concrete cracking. An effective drainage system comprised of drainage ditches and a drainage blanket was made under the whole of the foundation raft and is connected to the

downstream reach via a peripheral drain on roof of the culverts (plus a transfer and inspection pit). This system provides better control of the uplift pressures beneath the lock and reduces the stress exerted on the raft.

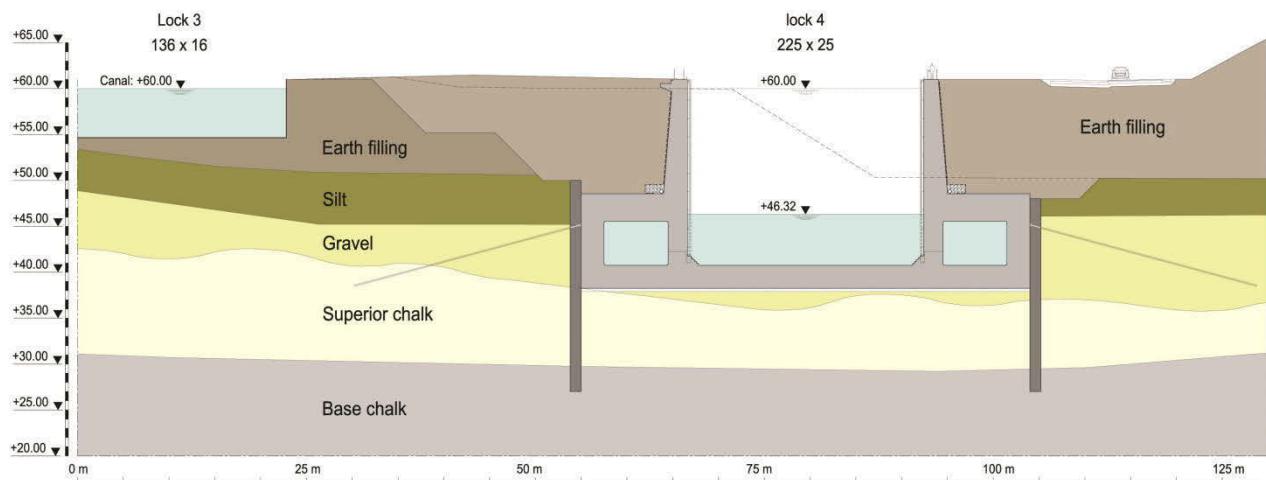


Fig.4: Typical cross section – © Greisch

The gates

The upstream lock gate is an 80-tonne steel flap, while downstream head is equipped with mitre gates comprising two 135-tonne half-gates. Those types of mobile structures were chosen together with the hydraulic department of the Public Administration, considering various criteria (robustness, overall weight, maintenance, design of the lock heads, ...).



Fig.5: Upstream flap gate – © Greisch



Fig.6: Downstream mitre gate – © JL DERU/photo-daylight

The pumping station

The installation of this new large lock leads to greater water consumption. The amount required to fill the new lock is 80,000 cubic metres. This very large volume of water is taken from the Albert Canal, which in turn draws its water from the Meuse. In order to avoid ecological and environmental problems when water levels are low, a pumping station balances the equivalent of the average water con-

sumption of the locks back into the Meuse. This pumping station is almost entirely beneath ground level. It also houses five turbines for producing green electricity when the Meuse is flowing sufficiently, in order to offset the site's annual power consumption.

A new bridge

The new bridge downstream spans the exit reaches of the four locks (with bays of 26, 56, 72 and 56 metres respectively, from the right bank to the left). It is a composite steel-concrete construction comprising a metal box girder 6 metres wide and 2 metres high, topped with a reinforced concrete slab of 35 cm thickness. The slab, total width 15 metres, has two 4.5-metre overhangs.

A box-girder design was necessary on account of the limited available height and curved alignment of the bridge giving rise to high torsion. These torsional forces are transferred fully to the abutments to reduce the presence of piers and free up the mole and other supporting zones. This gives the bridge a lightness of appearance in contrast to the backdrop of the massive downstream heads of the locks.



Fig.7: Downstream view – new bridge – © JL DERU/photo-daylight

Other structures

A new control station has been built between the two larger locks to give operators a better view from their desks in their elevated, fully-glazed control room.

New quay walls have been constructed on either side of the lock over a total length of 1,500 metres. The upstream wall is an extension of the widening works from the 1980s. Downstream, the wall separates the Lanaye Canal from the Old Meuse, which is a protected natural site. It has a variable height coping, making it easier for crew to disembark depending on the water level.

A 140-metre tunnel links the public highway to the towpath sited 10 metres below. It also has an important role as a support between the lock complex and the protected Old Meuse.

These major works also include landscaping and renovation of the lock buildings and gate operating machinery of the old locks, aimed at improving their appearance and integrating them into the landscape.

The works

Major excavations were required for building this new lock, calling for large supporting structures and high embankments. A completely sealed enclosure was created with diaphragm walls and tension ties so that work could be carried out in the dry.



Fig.8: Overall view during excavations- © JL DERU/photo-daylight

The pumping station called for deeper excavations, protected by a surrounding enclosure of diaphragm walls which were stayed as the excavation advanced. During these works, the structure acted as a support over a height of 22 metres.

More than 220,000 cubic metres of concrete was needed for all the works. Most of it was produced in a ready-mix plant installed on site, with aggregate taken from the spoil after washing, crushing and screening.

The excavations generated 1,200,000 cubic metres of spoil. The excess, around 625,000 cubic metres, was taken to a fill site in the Albert Canal at Lixhe.



Fig.9: Construction stage of the lock chamber- © JL DERU/photo-daylight

The works started in July 2011. The investment of 120 million Euros ex-VAT for the civil engineering works, and 30 million Euros for the electromechanical works is supported by the Region of Wallonia, a loan from the EIB (via Sofico), European subsidies (TEN-T for 30 million Euros) and by the Netherlands (9 million Euros). The civil engineering works were carried out by BESIX and the electromechanical works by the temporary consortium SPIE-FABRICOM-SANOTEC-BALTEAU. The fourth Lanaye lock entered service on 6 November 2015 and was officially inaugurated by His Majesty King Philippe on 13 November 2015.

The operation

The whole sluice complex is successfully operated since March 2016. Inland navigation is significantly improved due to the large capacity of the new lock.

Concerning the structures, local maintenance and repair was needed due to some specific site parameters (height of earth filling, wave effects along the hydroelectric culvert, bollard anchorages, ...)

Oral presentation focusses on design challenges, main construction stages and first experiences after a 3 years operation phase.

Pictures (sub-texts and credits)

1. Aerial picture of Lanaye Lock complex – ©JL DERU / photo-daylight.com
2. Overall view of the lock site and approximate shape of the border – © Service Public de Wallonie (SPW)
3. TEN-T Network Project nr 18: Rhine/Meuse – Main – Danube – © European Commission Website
4. Typical cross section of the 4th lock – © Greisch study office
5. Upstream flap gate – © JL DERU / photo-daylight.com
6. Downstream head and its open mitre gate – © JL DERU / photo-daylight.com
7. Downstream view – new bridge – © JL DERU/photo-daylight
8. Overall view during excavations- © JL DERU/photo-daylight
9. Construction stage of the lock chamber- © JL DERU/photo-daylight

New large sea lock IJmuiden

World's largest sea lock

Ir. E.M. Rico Sies (Rijkswaterstaat, Netherlands)

Ir. Leon Lous (OpenIJ, Netherlands)

In IJmuiden, located at the mouth of the 27 km long Noordzeekanaal that links Amsterdam and its port with the sea (Fig. 1), the Ministry of Infrastructure and the Environment is building the world's largest sea lock. The extremely tight construction site and the tight schedule add to the complexity of the project. The lock gates in the new lock will reach almost 8 m above the current water level, thus providing defence against rising sea levels. The enormous lock will be made from 290,000 m³ of concrete.



Fig. 1: Artist impression new lock and existing Noordersluis (to the right) design architect ZUS Rotterdam

IJmuiden has a long history as gateway to the Noordzeekanaal for sea going vessels (Fig. 2). In 1876, the Noordzeekanaal was opened with the still operational Kleine sluis (Small lock) and Zuidersluis (Southern lock). The rapid development in the early years was crowned by the opening of the Middensluis (Middle lock) at the end of the 19th century. At that time the Middensluis was the largest lock in the world. The construction of the Noordersluis (Northern lock) in 1929 completed the lock complex in IJmuiden. With a length of 400 m, breadth of 50 m and depth of 15 m it became the largest lock in the world then. Replacement of the Noordersluis is necessary after being in use for nearly a century. A new and larger lock should improve accessibility to the port of Amsterdam and strengthen the economy of the region by offering a tidal independent access for vessels constantly increasing in size. The new lock will be 70 m wide, 500 m long and 18 m deep (a typical cross section is shown in Fig. 3). This lock will be the largest in the world and is situated just in between the existing Noordersluis and Mid-

densluis, which are two locks currently in use. Continuous operation of these locks has to be guaranteed during construction of the new lock, thus requiring numerous considerations for the impact of construction on the existing locks.

The lock complex, besides having the obvious navigation facilities, features multiple other functions. A key feature is the primary flood defence. Water management (management of the North Sea Canal), passing road- and water traffic and environmental objectives (fish migration) complete the main functionalities of the new lock.

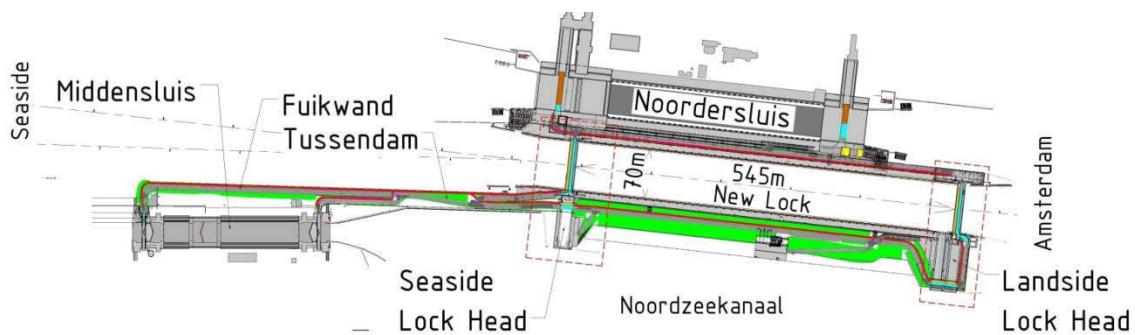


Fig. 2: Overview of the new lock situated between the existing Noordersluis and Middensluis

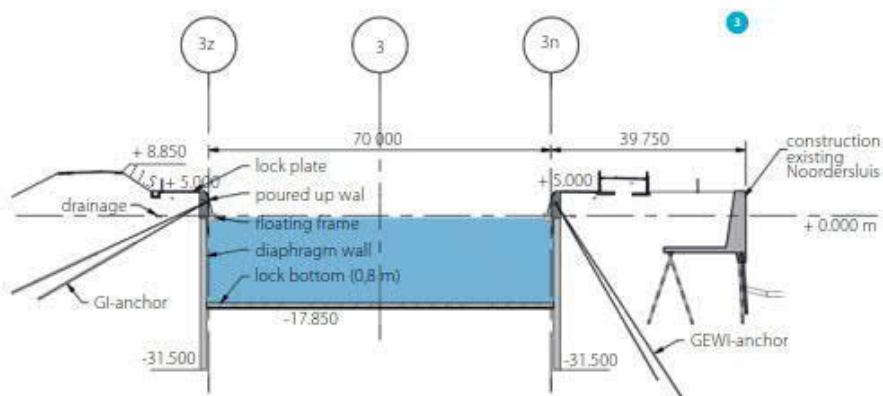


Fig. 3: Typical cross-section lock chamber

The walls of the new lock are primarily constructed as anchored diaphragm walls (see Fig.4). This type of structure has a lot of advantages compared to steel combi-wall or sheet pile walls with respect to (sound) nuisance and vibrations which could influence the stability of the existing locks and of the primary flood defence.

The new locks will be provided with rolling steel gates (see Fig. 5) that are parked in a gate chamber when the gate is in open position. The seaside upper lock head will have one gate chamber. The lower lock head will have two chambers, one for the operational gate and an additional chamber for a spare gate. The concrete structures holding the gate chambers have an area of $80 \times 26 \text{ m}$ and $80 \times 55 \text{ m}$ and a height of 30 m.

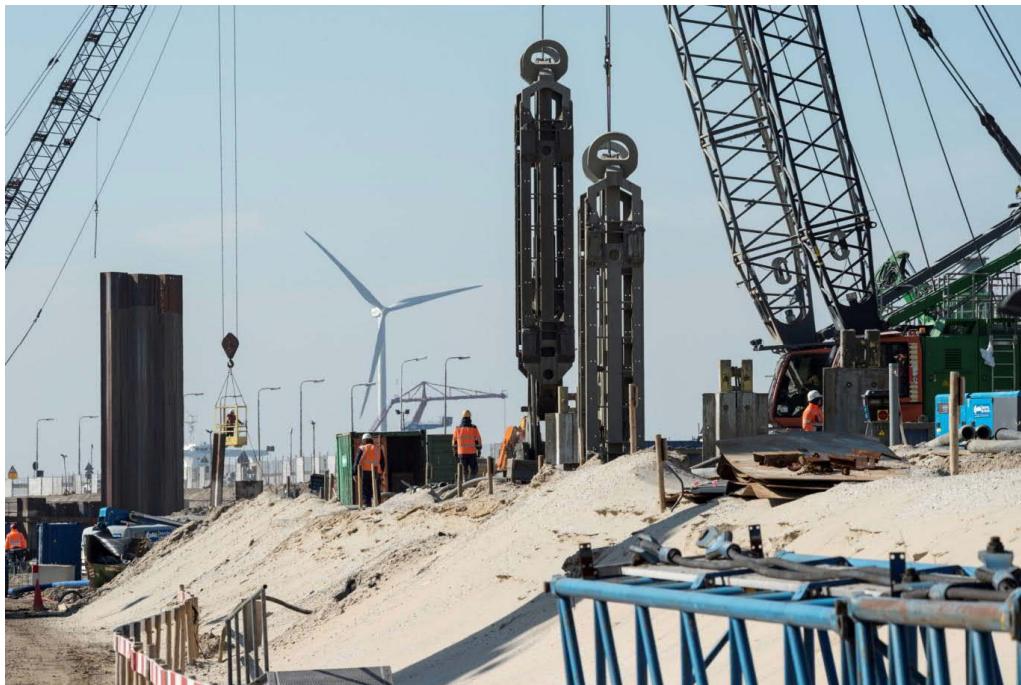


Fig. 4: *Digging of the diaphragm walls*

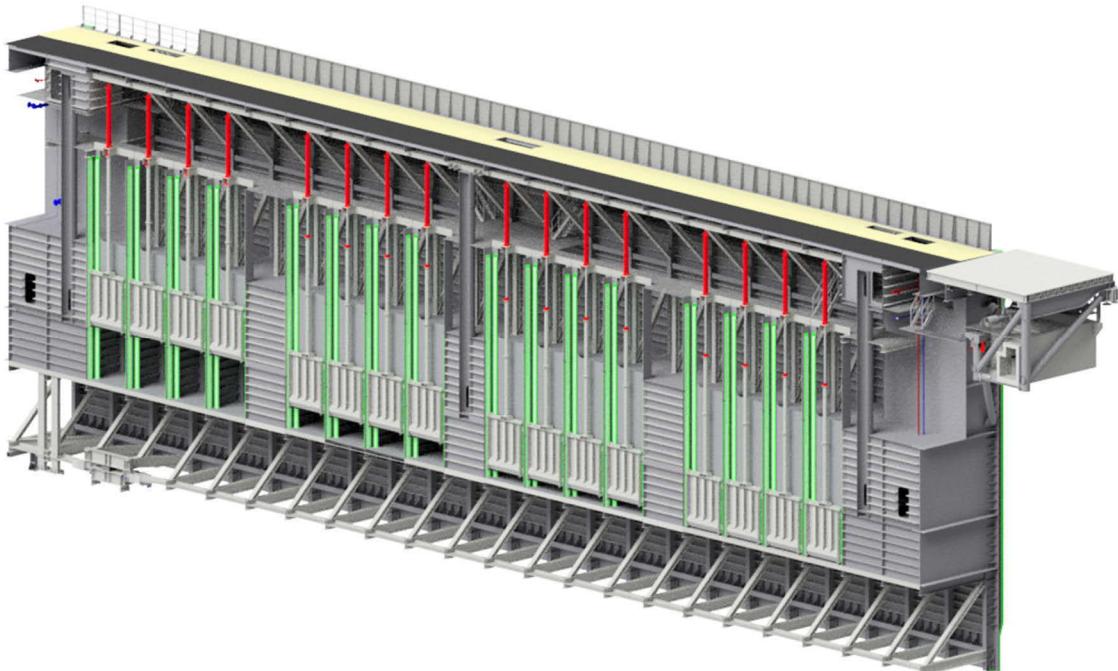


Fig. 5: *Longitudinal section of lock gate*

The contract for the design, construction, finance and maintenance during 26 years was awarded to the combination OpenIJ, consisting of BAM-PGGM, Volker Wessels and DIF. Design of the lock started in September 2015 and construction in 2016.

Functioning and stability of the Noordersluis and Middensluis

The realization of this large lock in the lock complex forms a risk for the stability of the Noordersluis and Middensluis. The lack of space in the complex means the construction site will be in close proximity to these existing locks.

The lock complex has a complicated soil profile due to its history with liquefactions and major breaches. Rijkswaterstaat has undertaken extensive ground investigations as part of the preparation for the project. This resulted in limitations on the horizontal and vertical deformation at the top of the existing locks, limitation of vibration of the existing structures and limits on ground water levels and ground water pressures near the existing locks. With the obligations to monitor deformations and ground water pressures in real time, it is possible to construct the new lock at the prescribed location with a minimum risk of failure of the existing locks. For example: the horizontal displacement of the existing locks is limited to 10 - 30 mm. This is feasible with the use of diaphragm walls.

OpenIJ has carried out further research in order to determine the influence of the selected construction methods and validate the design. Field trials were undertaken to validate the prediction models used for vibration and settlement. The validation models make it possible to take effective mitigation measures, which include decreasing embankment slopes, installing rock layers and drainage. The design of the OpenIJ is characterised by a number of execution methods which were chosen to minimise the impact on the existing locks. As much as possible, the vibration-free diaphragm wall method will be applied for the construction of the chamber walls. The two chambers for the rolling gates are constructed on ground level and installed using the pneumatic caisson method. On locations where diaphragm walls are not possible sheet piling or combined walls will be necessary. When the impact on the existing locks would be too large, sheet piles will be applied in a cement-bentonite slot and tubular piles for a combined wall will be drilled.

Flood defence system

The lock complex in IJmuiden fulfils the function of primary flood defence. The existing flood defence system and flood defence formed by the new lock must be assured at all times. In the preparation phase Rijkswaterstaat has undertaken research on the requirements for the primary sea defence system for the new lock, taking into account the possible sea level rise due to climate change. The most important requirement is the retaining height of 8.85 m + NAP for the flood defences with exception of the sea side lock gate which must meet a retaining height of at least 7.8 m + NAP. This reduced retaining height results in an additional volume of waterhazard. Considering the complete system of flood defence, this additional volume is limited, because the width of the lock gate is only a very limited part of the flood defence line. Considering the local situation, it is checked that the water storage capacity of the Noordzeekanaal is more than sufficient to deal with this volume.

Part of the contract of Rijkswaterstaat, amongst other things, is providing sufficient robustness of the flood defence system. OpenIJ created this additional robustness by using the flood defence height of 7.8 m NAP for both the seaside and landside gates and applying walls along the lock chamber with a retaining height of 8.85 m NAP. As one gate will always be closed there is always a closed flood defence, even in the unlikely event that the seaside gate cannot be closed during a storm surge.

Diaphragm wall

Because the new sea lock will be built between the Noordersluis and Middensluis, a large portion of the Middensluiseland has to be removed. This is necessary for the lock itself but also for the approach channel on the seaward side. Since the Middensluiseland is part of the flood defence, a structure must be built west of the new lock to facilitate the approach to the new lock as well as to protect the inland against high water levels. This structure, the so called Fuikwand and Tussendam (Fig. 2), connects the Middensluis with the new lock. Additional robustness has been provided by the use of diaphragm walls for this structure. The Fuikwand is an anchored diaphragm wall and the Tussendam is a coffer dam consisting of a diaphragm wall on the seaward side and a combined wall at side of Noordzeekanaal. A diaphragm wall has been selected here in favour of a steel sheet pile or combined wall because of possible ship collision. This comprises all types of collisions, including the governing collision with a bulbous bow. In case of a collision the damage of a diaphragm wall will be lesser than that of steel sheet pile or combined wall. A collision could result in a hole in a sheet pile or combined wall through which sand from behind the wall could run away causing damage to the dam.

Gate chambers

At the end of 2016, sheet piling and tubes were installed to create the temporary building pit for the construction site of the gate chambers. To construct the chambers for the seaside and landside gates, a dry working level will be created inside the building pit at 5 metres below the current water level (Fig. 6). At this elevation the cutting edge of the pneumatic caissons will be build, formed by concrete triangles 2.5 m high. On top of the cutting edge the 4 m thick floor will be constructed, followed by the 7 m thick walls. This construction which weighs 150.000 tons and is lowered 18 m by the pneumatic caisson method to its final depth. Use of the pneumatic caisson has the advantage that a building pit with heavy combined walls, heavy supporting frames and an anchored underwater concrete floor could be avoided. By doing so vibrations and noise could be reduced as much as possible.

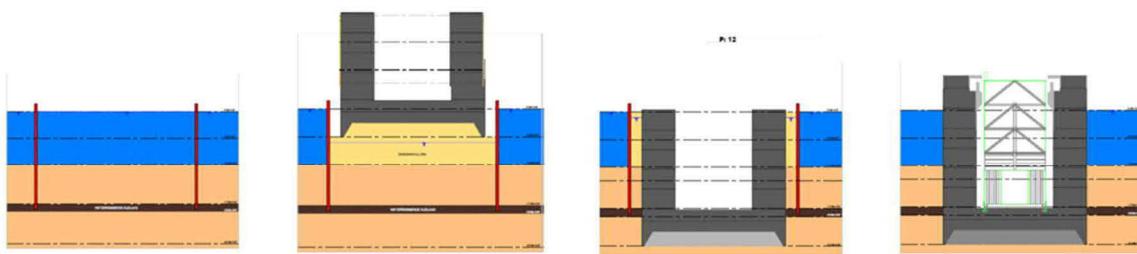


Fig. 6: Installation of gate chambers by the pneumatic caisson method

The IJmuiden sea lock is one of the so-called Connecting Europe Facilitating and is partly financed by the EU's CEF programme. At the moment construction of the lock is in full swing (see Fig. 7). The lock should, after a period of testing, be operational in 2022.



Fig. 7: New Sea lock under construction

Bauen im Spannungsfeld zwischen Normen und lokaler Praxis

Marco Fischer B. Sc; Marie Gruhler (Engineers Without Borders, Karlsruhe Institut of Technology)

Einführung

Uganda ist eines der ärmsten Länder der Erde und hat weltweit die jüngste Bevölkerung. Viele Kinder haben keinen Zugang zu weiterführender Schulbildung. In einem Land wie Uganda ist Bildung häufig die einzige Chance für einen Weg aus der Armut. Gerade deshalb ist der Aufbau einer Schule in lyolwa besonders wichtig. Unser Projektpartner Pater Thomas Chozhihara Varghese und seine Organisation POSTER errichten dort einen Schulkomplex mit einer Grund- und weiterführenden Schule, einer Krankenstation, einem Kindergarten und einem Waisenheim. Da es in der gesamten Region bisher keine weiterführende Schule gibt, wurde mit deren Bau 2015 begonnen. Grundlegend dafür ist die Bereitstellung einer ausreichenden Infrastruktur mit sanitären Einrichtungen und einer Versorgung mit trinkbarem Wasser.

Weltweit haben etwa 2.5 Milliarden Menschen keine ordentlichen Toiletten und knapp 750 Millionen Menschen keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser. Nicht nur in den Privathaushalten, selbst in öffentlichen Gebäuden wie Schulen ist es nicht immer möglich, eine entsprechende Örtlichkeit zu besuchen oder sauberes Trinkwasser zu erhalten. Sollten sanitäre Einrichtungen vorhanden sein, sind diese meist überlastet, unhygienisch, geruchsintensiv und kennen im schlimmsten Fall sogar das Grundwasser verunreinigen. Naheliegende Trinkwasserbrunnen können Infektionskrankheiten verbreiten. 80 Prozent der Krankheiten in Entwicklungsländern werden von verunreinigtem Wasser und mangelhaften sanitären Anlagen verursacht.

Mit unserem Ingenieurwissen und der Erfahrung aus vergangenen Projekten, wie einer Wasseraufbereitungsanlage und Trockentoiletten, können wir dazu beitragen, die Situation der Schülerinnen und Schüler zu verbessern. Die Projektgruppe lyolwa kann dabei auf bereits drei erfolgreich abgeschlossene Projekte in Uganda zurückblicken. In den Jahren 2009 und 2010 wurden Fischteiche angelegt. Erste Erfahrungen im Sanitärbereich wurden beim Bau von Trockentoiletten für ein Waisenhaus im Jahr 2012 gesammelt. 2014 wurde zudem eine Strom- und Trinkwasserversorgung an der Ssama Primary School umgesetzt.



Bild 1: Das Projektteam in 2018 (Quelle: EWB)

Uganda

Uganda ist ein Binnenstaat in Ostafrika und liegt am nördlichen Ufer des Viktoriasees. Seine Nachbarländer sind Südsudan, Kenia, Tansania, Ruanda und die Demokratische Republik Kongo. In Uganda gibt es über 50 StammesSprachen, die meist gesprochene von diesen ist Luganda. Die Amtssprachen sind Englisch und Swahili. Uganda war Teil des British Commonwealth und erlangte 1962 die Unabhängigkeit. Es folgten, von 1966 bis 1986, 20 Jahre diktatorische Herrschaft durch Idi Amin und Milton Obote mit schwersten Menschenrechtsverletzungen und bürgerkriegsartigen Zuständen. Dies hat die Entwicklung des Landes erheblich beeinträchtigt und der schlechte Ruf Ugandas wird nur langsam besser.

Seit 1986 hat sich die politische Lage stabilisiert. Yoweri Museveni regiert seitdem das Land und hat demokratische Strukturen eingeführt. Die Sicherheitslage ist in Uganda weitestgehend gut. Die Kritik an der Regierung und dem Wahlsystem sorgen allerdings immer wieder für kleinere Demonstrationen, die von der Polizei oft gewaltsam beendet werden. Uganda ist eines der ärmsten Länder der Welt beim Vergleich von BIP/Kopf und der Human Development Index befindet sich unter den letzten Nationen. Andererseits erfreut sich Uganda inzwischen über ersten verhaltenen Tourismus, wobei es in der Infrastruktur noch weit hinter Kenia und Tansania zurückliegt. Uganda hat eine faszinierende Natur und Artenvielfalt zu bieten, die Winston Churchill bereits dazu veranlasste Uganda als "Perle Afrikas" zu bezeichnen.

Iyolwa befindet sich im Distrikt Tororo und liegt etwa 200 km östlich der Hauptstadt Kampala, Bild 1. In dieser weitgehend landwirtschaftlich geprägten Gegend leben ungefähr 34.600 Menschen. Eine öffentliche Wasserversorgung gibt es nicht. Die Bevölkerung verwendet entweder Regenwasser oder Wasser aus öffentlichen Brunnen und Wasserlöchern. Auch an den meisten Schulen ist die Sanitärs- und Wasserversorgung mangelhaft. Dies führt zu einem erhöhten Krankheitsrisiko. In Iyolwa gibt es nur wenige Primary Schools und keine Secondary School. Von 10.500 potenziellen Schülern können etwa die Hälfte tatsächlich zur Schule gehen und haben kaum Chancen auf eine weiterführende Bildung.



Bild 2: Kartenausschnitt (Quelle: EWB)

Projekt-Durchführung

Durch den Bau von Wasserspeicherzisternen, Filteranlagen und einer Krankenstation soll das Schulprojekt langfristig unterstützt werden. Etwa 30 Studenten aus unterschiedlichen Fachrichtungen des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) arbeiten ehrenamtlich zusammen mit der lokalen Bevölkerung an dem Projekt lyolwa. Im ersten Projektabschnitt, der bereits seit dem Spätsommer 2015 begonnen worden war, wurde der Bau des Sanitärkomplexes und die Installation der Trockentoiletten abgeschlossen. Für die dort lebenden Waisenkinder und die zukünftige Secondary School wurden dadurch Toiletten und Duschen zur Verfügung gestellt. Im Sommer 2016 folgte dann die zusätzliche Installation einer Trinkwasseraufbereitung und einer 30.000 Liter fassenden Regenwasserzisterne. Mit dieser wird die Wasserversorgung auch in der Trockenzeit gewährleistet.

Um die sanitären Bedingungen auf dem Schulgelände weiter zu verbessern, wurde im zweiten Projektabschnitt eine oberirdische Zisterne mit Filteranlage zur Regenwassersammlung gebaut. Jetzt kann eine ausreichende Wasserversorgung der Sanitäranlagen auch während der Trockenzeit garantiert werden. Der dritten Projektabschnitt, eine unterirdische Zisterne, hat ein Fassungsvermögen von ca. 100.000 Litern. Das Regenwasser wird auf dem Dach des Schulgebäudes gesammelt und mit einem Sandfilter gereinigt. Unser Ziel 800 Schülern trinkbares Wasser zu garantieren haben wir somit erreicht.

Für unser neues Projekt, mit dem wir die Schule weiter unterstützen wollen, soll eine Krankenstation mit ca. 20 Betten errichtet werden. Somit könnte den Schülern die Möglichkeit gegeben werden, bei kleineren Krankheiten von der Schulschwester betreut zu werden.



Bild 3: Erster Spatenstich mit dem Projektpartner (Quelle: EWB)

Das Projektvolumen betrug in den Phasen 1 und 2 insgesamt ca. 41.000 €, in Phase 3 belaufen sich die Kosten auf ca. 27.000 €.



Bild 4: Fertigstellung des dritten Projektabschnittes (Quelle: EWB)

Engineers Without Borders

Engineers Without Borders — Karlsruhe Institute Technology e.V. wurde 2004 nach der Tsunami-Katastrophe in Südostasien gegründet, um den Betroffenen in Sri Lanka zu helfen. Seither gründeten sich immer weitere Projektgruppen in Uganda, Haiti, Kolumbien, Indien, Äthiopien und Nepal, die mit 285 aktiven Mitgliedern in insgesamt 9 Projekten aktiv sind.

Kontakt:

E-Mail: uganda@ewb-karlsruhe.de

Homepage: <http://www.ewb-karlsruhe.de/iyolwa-waterandsanitation/>

Projektblog: ewbkarlsruheiuganda.wordpress.com

Facebook: www.facebook.com/ewb.karlsruhe

Spendenmöglichkeit:

Engineers Without Borders

IBAN: DE 25 66 050101 010 808 565 5

BIC: KARSDE66

Sparkasse Karlsruhe

Verwendungszweck: Spende Uganda

Ab 50 Euro stellen wir bei Angabe der Adresse im Verwendungszweck eine Spendenbescheinigung aus!

Rohstoffversorgung für die Betonherstellung – Entwicklungen, Ressourcen und Umweltschutz

Dr.-Ing. Olaf Aßbrock (Bundesverband der Deutschen Transportbetonindustrie e. V. (BTB))

Die künftige Rohstoffversorgung unter geänderten Rahmenbedingungen wie z. B. durch die Schließung von Kohlekraftwerken und die damit absehbare Knappheit von Flugasche, Aspekte der Nachhaltigkeit, die Verwendung alternativer Rohstoffe und die Entwicklung alternativer Materialströme: Die daraus abzuleitenden Frage- und Aufgabenstellungen sind so vielfältig wie komplex. Dazu gehören z. B.: Welche Stoffe stehen zukünftig in welchen Mengen für die Betonherstellung zur Verfügung? Welches Potenzial bietet das Recycling von Frisch- und Festbeton in der Betonherstellung? Wie können für die Betonproduktion heute eher ungeeignete Rohstoffe künftig charakterisiert werden und welche Ableitungen von Maßnahmen ergeben sich daraus, um diese Rohstoffe für die Betonproduktion nutzen zu können? Welche Auswirkungen auf die Frisch- und Festbetoneigenschaften und den Herstellprozess wird der Einsatz neuer Stoffe haben? Welche Voraussetzungen sind für Transport, Lagerung, Herstellprozess, Arbeits- und Gesundheitsschutz und technische Regeln zu schaffen? Und schließlich die Frage: Wann beginnt diese Zukunft?

Nachfrage nach Primär- und Sekundärrohstoffen bis 2035

Bevor diese Vielzahl von Fragen beantwortet werden kann, ist es notwendig, sich zunächst einen Überblick über den mittel- und langfristigen Rohstoffbedarf in der Transportbetonindustrie zu verschaffen. Hierbei ist die vom Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V. (BBS) 2016 herausgegebene Studie „Die Nachfrage nach Primär- und Sekundärrohstoffen der Steine-und-Erden-Industrie bis 2035 in Deutschland“ hilfreich. Die Studie gibt Aufschluss darüber, wie die zukünftige Nachfrage nach Steine-Erden-Rohstoffen bis 2035 einzuschätzen ist. Nachfolgend werden die für die Transportbetonindustrie relevanten Aspekte in jeweils zwei Szenarien aufgezeigt; je nach wirtschaftlicher Entwicklung ergibt sich eine untere bzw. eine obere Variante. Demnach wird z. B. die Produktion von Steinkohleflugaschen von 3,2 Mio. t in 2013 bis 2035 auf 0,6 Mio. t zurückgehen – eine Verringerung um 82,3 %. Dabei ist das Ergebnis der Kommission für Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung (Kohlekommission) vom 26. Januar 2019 nicht berücksichtigt. Die Kommission schlägt einen Ausstieg aus der Kohleverstromung bis 2038 vor. Aus den Kennzahlen zur Nachfrage nach Steine-Erden-Rohstoffen bis 2035 lässt sich gleichzeitig auf die künftigen Rohstoffbedarfe der Transportbetonindustrie rückschließen. Das Beispiel Flugasche zeigt: Für die Transportbetonindustrie ist Handlungsbedarf ange sagt.

Sand und Kies

Die Produktion von Sand und Kies ist im Zeitraum von 2000 bis 2013 bundesweit von 343 Mio. t pro Jahr auf 236 Mio. t gesunken (rund -31 %). Die durchschnittliche Produktionsmenge von Kies und Sand in dieser Zeitspanne betrug ca. 260 Mio. t pro Jahr. Seit dem Jahr 2005 pendelt sich die Menge auf einem unterdurchschnittlichen Niveau ein. In der unteren Variante sinkt die Nachfrage nach Sand und Kies. Die Entwicklung der Nachfrage in diesem Szenario verläuft dabei zunächst positiv: So steigt sie bis 2020 auf 242 Mio. t, fällt anschließend aber sukzessive auf 228 Mio. t bis 2035 (Veränderung

2035/2013: -3,4 %). Die Nachfrage folgt damit der verhaltenen Baukonjunktur dieses Szenarios. In der oberen Variante steigt die Nachfrage nach Kies und Sand sukzessive von 236 Mio. t im Jahr 2013 auf 280 Mio. t im Jahr 2035. Dies entspricht einem Anstieg um rund 18,6 %. Unabhängig von der betrachteten Variante zeigt sich, dass langfristig keine signifikante Verringerung bei der Nachfrage von Sanden und Kiesen für die Baustoffindustrie zu erwarten ist.

Flugasche

Nach der Energiererenzprognose des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) wird der Einsatz von Steinkohle bei der Bruttostromerzeugung von 121,7 TWh im Jahr 2013 auf 57 TWh im Jahr 2040 zurückgehen. Entsprechend wird sich das Aufkommen an Steinkohlenflugasche reduzieren. Danach wird das Aufkommen im Jahr 2035 lediglich noch 2,2 Mio. t betragen (Veränderung 2035/2013: -31,8 %). Im Fall der Realisierung des Zielszenarios der Energiererenzprognose (obere Variante) würde die Produktion von Steinkohlenflugaschen bis 2035 auf 0,6 Mio. t zurückgehen (-82,3 %). Sollte der von der Kohlekommission am 26. Januar 2019 vorgeschlagene vollständige Ausstieg aus der Kohleverstromung bis 2038 umgesetzt werden, reduziert sich das Produktionsvolumen von Steinkohlenflugaschen bis dahin sogar um 100 %.

Hochfenschlacken

In Deutschland wurden 2013 ca. 5,6 Mio. t Hüttensand (75 % der produzierten Hochfenschlacken) im Zementherstellungsprozess eingesetzt. Im unteren Szenario steigt das Aufkommen bis zum Jahr 2020 auf 7,8 Mio. t an, nimmt dann aber bis zum Jahr 2035 auf 6,7 Mio. t ab (Veränderung 2035/2013: -11,6 %). In der oberen Variante dürfte das Aufkommen an Hochfenschlacken bis 2035 maximal 8,9 Mio. t betragen. Dieses Niveau wird im Jahr 2030 erreicht.

Recycling-Baustoffe

Von den geschätzten 60 Mrd. t im Baubestand verbauter mineralischer Rohstoffe (Hoch- und Tiefbau) in Deutschland (Umweltbundesamt 2010) sind im Jahr 2016 88,8 Mio. t der Fraktionen Bauschutt, Straßenaufbruch und Baustellenabfälle angefallen. Davon wurden 95,0 % verwertet. Die als RC-Baustoffe wiederverwendete Menge betrug inkl. aufbereiteter Gesteinskörnungen aus der Fraktion Boden und Steine 72,2 Mio. t und entsprach damit einem Anteil von 12,7 % der gesamten Nachfrage nach primären und sekundären Steine-Erden-Rohstoffen in Deutschland im Jahr 2016. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass der Betonanteil in den zum Abriss kommenden Bauwerken zunehmen wird, da der Einsatz von Beton im Neubau seit den 1950er Jahren deutlich angestiegen ist. In der unteren Variante stagnieren die Mengen bei rund 66 Mio. t (Veränderung 2035/2013: ± 0 %). In der oberen Variante wird es neben einer sich positiv entwickelnden Baukonjunktur auch verstärkt zum Ersatz von Bestandsbauwerken durch Abriss und Neubau kommen, was zu einem Mehraufkommen an RC-Baustoffen führt. Im oberen Szenario stehen damit 2035 rund 76 Mio. t RC-Material zur Verfügung. Im Vergleich zum Jahr 2013 wäre dies eine Steigerung um 15,4 %.

Konsequenzen für die deutsche Transportbetonindustrie

Aus den Erkenntnissen der Studie des BBS zur Nachfrage nach Primär- und Sekundärrohstoffen bis 2035 und den parallelen Anforderungen der Transportbetonindustrie sowie dem zu erwartenden Angebot dieser Rohstoffe lassen sich folgende mittel- und langfristige Aussagen zur Verfügbarkeit treffen:

- Zement CEM I, Zusatzmittel, Gesteinsmehl als Zusatzstoff, Fasern und Wasser werden grundsätzlich auch künftig ausreichend zur Verfügung stehen.
- Die Verfügbarkeit der Zemente CEM II und CEM III wird abhängig von der Verfügbarkeit der Hauptbestandteile dieser Zemente sein.
- Natürliche Gesteinskörnung (grob und fein) sowie rezyklierte Körnung werden regionalen Verfügbarkeitsengpässen unterworfen sein; die Verfügbarkeit von natürlichen Gesteinskörnungen wird zunehmend durch Abbaugenehmigungen bestimmt.
- Zusatzstoffe des Typs II wie Steinkohlenflugasche oder Hüttensandmehl werden rückläufig oder in ihrer Verfügbarkeit unsicher sein. So reduziert sich die Verfügbarkeit von Steinkohlenflugasche bis 2035 um 80 %; auch die Verfügbarkeit von Hüttensand wird tendenziell abnehmen.
- Besondere Projekte werden zu temporär zu regionalen Engpässen führen.
- Die Menge des verfügbaren Silikastaubs wird begrenzt sein, eine Mengensteigerung ist nicht zu erwarten.

Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung – eine Alternative zu Primärrohstoffen?

Insbesondere im Hinblick auf die regionale Verknappung von Gesteinskörnungen werden große Hoffnungen in den verstärkten Einsatz von rezyklierten Gesteinskörnungen gesetzt. Nicht zuletzt aufgrund von Überlegungen seitens der öffentlichen Hand, Anforderungen an die Verwendung von sogenanntem R-Beton bei öffentlichen Bauprojekten zu stellen, ist das Thema Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung wieder verstärkt in den Fokus der Öffentlichkeit gerückt. Dabei stellt sich jedoch zunehmend die Frage, ob die verfügbaren Qualitäten und Quantitäten den hohen Erwartungen der Politik überhaupt gerecht werden.

Großes Potenzial

Aufgrund der im Regelfall unbekannten Herkunft werden rezyklierte Gesteinskörnungen in die Alkaliempfindlichkeitsklasse E III-S nach der Alkalirichtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton e. V. (DAfStB) eingestuft. Die Einsatzmöglichkeiten solcher Gesteinskörnungen sind naturgemäß limitiert. Weitere Einschränkungen ergeben sich für rezyklierte Gesteinskörnungen, die aus Bauwerken in Norddeutschland stammen. Diese in die Alkaliempfindlichkeitsklasse E III-O einzustufen. Zumindest ein großer Teil der in Deutschland eingesetzten Standardbetone bis zur Druckfestigkeitsklasse C25/30 sind für den Einsatz rezyklierter Gesteinskörnungen aber geeignet. Im Jahr 2017 hat die deutsche Transportbetonindustrie insgesamt 33 Mio. m³ dieser Betone abgesetzt, sodass sich hieraus ein großes Potenzial ergibt: Unter der Annahme, dass sich 80 % dieser Menge für den Einsatz von rezyklierter Gesteinskörnung eignet, beläuft sich das jährliche Nachfragepotenzial für Betonsplitt (Typ 1) auf etwa 19,5 Mio. t; bei Bauwerksplitt (Typ 2) auf etwa 14 Mio. t. Zu klären ist jedoch, ob diese Mengen überhaupt dauerhaft und in ausreichender Qualität verfügbar sind.

Bauschutt: Bereits jetzt hohe Verwertungsquote

Nach dem Bericht „Mineralische Bauabfälle – Monitoring 2016“ der Initiative „Kreislaufwirtschaft Bau“ betrug die statistisch erfasste Menge mineralischer Bauabfälle in 2016 insgesamt 214,6 Mio. t. Auf die Fraktion Bauschutt entfielen davon 27,3 % bzw. 58,5 Mio. t. Von diesem Bauschutt wurden in 2016 bereits 77,7 % recycelt sowie 16,1 % einer sonstigen Verwertung zugeführt, sodass die Verwertungsquote für Bauschutt bei 93,8 % liegt. Erfahrungsgemäß eignet sich für die Herstellung von rezyklierten

Gesteinskörnungen nur solcher Bauschutt, der auch heute bereits recycelt wird (45,5 Mio. t). Hieraus wiederum lässt sich nur ein spezifischer Anteil für die Gewinnung geeigneter rezyklierter Gesteinskörnungen verwenden (ca. 8-9 Mio. t); so ist zum Beispiel der Einsatz feiner rezyklierter Gesteinskörnung (≤ 2 mm) in der Transportbetonproduktion aufgrund des unvorhersehbaren Wasseranspruchs derzeit nicht möglich. Der Monitoringbericht zeigt deutlich: Die Mengen des in Deutschland verfügbaren Bauschutts sind selbst bei vollumfänglicher Verwertung in der Transportbetonproduktion nicht ausreichend, um die potenzielle Nachfrage zu bedienen.

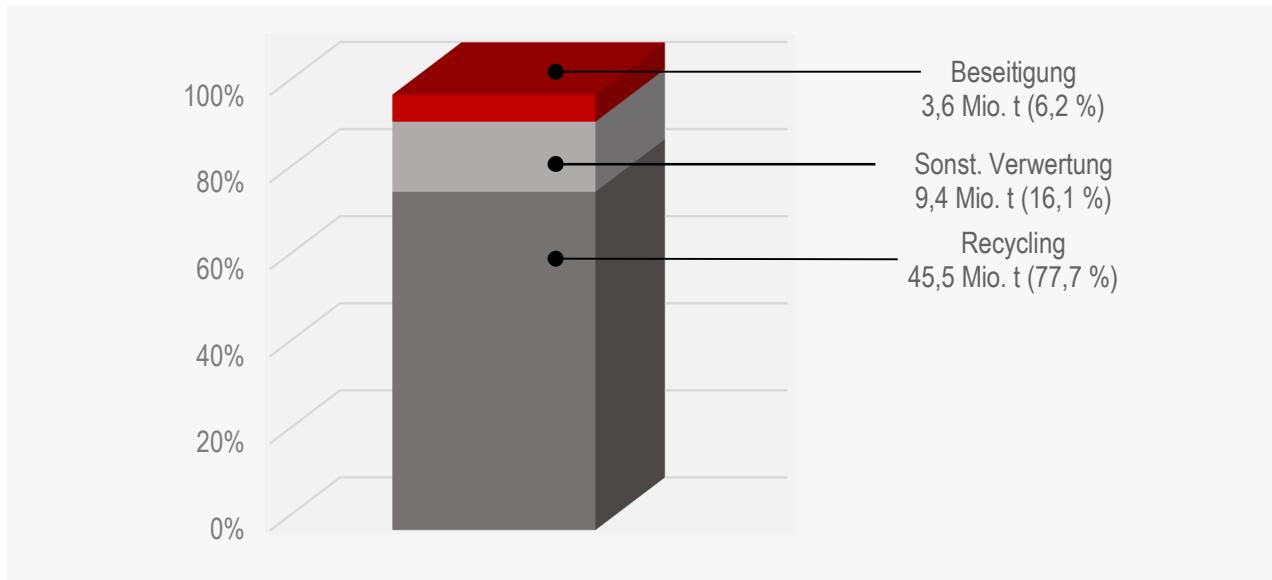


Bild 1: Bauschutt: Recycling, Verwertung und Beseitigung in Deutschland 2016

Darüber hinaus stünde der Bauschutt heutigen Verwertungswegen, wie z. B. dem Einsatz im Straßenbau, dann nicht mehr zur Verfügung, sodass für diese Bereiche Ersatzmaterialien benötigt würden. Zwar kann darüber diskutiert werden, ob die Verwertung des Bauschutts im Beton der Verwertung im Straßenbau („Downcycling“) vorzuziehen ist. Der Umwelt ist jedoch nicht geholfen, wenn sich der Bedarf an Primärrohstoffen nicht grundsätzlich verringert, sondern lediglich von der Betonproduktion in den Straßenbau verlagert.

Bessere Ökobilanz nur bei Transportvorteilen

Auch bei der Ökobilanz zeigt sich, dass rezyklierte Gesteinskörnungen aufgrund der notwendigen und energieintensiven Aufbereitungsschritte nicht grundsätzlich „ökologischer“ als herkömmliche Gesteinskörnungen sind. Nach einer Studie der Brandenburgischen Technischen Universität (btu) Cottbus ist das Treibhauspotenzial bei der Herstellung von rezyklierten Gesteinskörnungen fast doppelt so groß wie bei der Gewinnung natürlicher Gesteinskörnungen (Kies). Erst wenn sich im gesamten Bauprozess – von der Herstellung der Gesteinskörnung bis zum Einbau des Betons in das Bauteil – Effizienzvorteile beim Transport ergeben, wird eine bessere Ökobilanz erzielt. Aktuell ist dies aufgrund der geringen Verfügbarkeit von Aufbereitungsanlagen für rezyklierte Gesteinskörnungen aber allenfalls regional möglich.

Die Ausführungen zeigen, dass R-Beton aktuell noch keinen großen Beitrag zur Schonung der Umwelt leisten kann. Zunächst ist zu klären, wie sich die bisherige Verwertung des Bauschutts substituieren lässt, ohne den Einsatz von Primärrohstoffen an anderer Stelle erforderlich zu machen. Auch bei der Ökobilanz können erst dann Vorteile erzielt werden, wenn entsprechende Aufbereitungsanlagen flächendeckend verfügbar sind. Denkbar sind zum Beispiel mobile Aufbereitungsanlagen, die direkt am Verwendungsort mit dem Bauschutt umliegender Baustellen und Recyclingbetriebe beschickt werden.

Anforderungen an Lagerung und Logistik

Ferner ist zu berücksichtigen, dass der Einsatz rezyklierter Gesteinskörnungen zusätzliche Anforderungen an die Lagerung und Logistik stellt. Die Lagerfähigkeit von rezyklierten Gesteinskörnungen ist begrenzt, da diese aufgrund der Restbestandteile von Bindemitteln nach einiger Zeit zum „zusammenbacken“ tendieren. Hierdurch wird eine „Just-in-Time“-Produktion erforderlich, die unter Umständen zu einer Verschlechterung der Transporteffizienz bei nicht ausgelasteten Fahrzeugen führen kann. Darüber hinaus stehen den Transportbetonproduzenten in der Regel keine freien Lagerkapazitäten zur Vorhaltung einer zusätzlichen Gesteinskörnung zur Verfügung. Das Freimachen eines Silos bzw. einer Box für einzelne Bestellungen mit rezyklierter Gesteinskörnung ist aufwändig und reduziert die Kapazität der Produktionsanlagen, sodass hierdurch keine langfristige Lösung des Problems erzielt wird. Stattdessen sind Investitionen in die Schaffung zusätzlich Lagerkapazitäten erforderlich, die sich zusammen mit der begrenzten Lagerfähigkeit negativ auf den Betonpreis auswirken.

Künstlich verknapptes Angebot kann nicht kompensiert werden

Grundsätzlich ist R-Beton aber ein wichtiger und unverzichtbarer Schritt in die richtige Richtung. Die Verfügbarkeit von Primärrohstoffen wie Kies und Sand ist naturgemäß endlich, sodass die Nutzung von Sekundärrohstoffen in der Betonherstellung besser heute als morgen erprobt und praktiziert werden muss. Der BTB setzt sich daher schon seit langem für höhere maximal zulässige Anteile von rezyklierter Gesteinskörnung in der Betonherstellung ein. Auch die Erhöhung des Anteils der rezyklierten Gesteinskörnung aus dem Frischbetonrecycling ist dem Verband ein wichtiges Anliegen. Dennoch wird der verstärkte Einsatz von rezyklierten Gesteinskörnungen in der Betonindustrie nur zu einem kleinen Teil dazu beitragen, das aufgrund der restriktiven Vergabe von Abbaugenehmigungen künstlich verknappte Angebot von Primärrohstoffen zu kompensieren.

Neue Alternativen zu knappen Rohstoffen?

Mit dem heute praktizierten bzw. potenziell möglichen Einsatz von rezyklierten Gesteinskörnungen kann die zu erwartende Verknappung von Sanden und Kiesen nicht ausgeglichen werden. Daher stellt sich die Frage, welche heute noch nicht verwendeten Rohstoffe für die Transportbetonindustrie nutzbar gemacht werden können bzw. welche betontechnologischen Entwicklungen erforderlich sind, um die bestehende Rohstoffbasis effizienter einzusetzen. Als Alternativen zu den künftig eingeschränkt zur Verfügung stehenden Rohstoffen kommen unter anderem folgende Stoffe in Frage:

- sandreiche Betone zum Ausgleich der regionalen Unterschiede in der Verfügbarkeit von groben und feinen Gesteinskörnungen
- Sande/rezyklierte Körnung wie z. B. Brechsande, Steinmehl und Feinsande
- Sand aus Bodenaufbereitung
- Trass/Vulkanasche

- kalzinierte Tone
- künstlich hergestellte Gesteinskörnungen
- die Verwendung von Polymeren als Zusatzstoffe
- rezyklierte Gesteinskörnung aus Bauabfällen
- künstliche Puzzolane

Bezüglich dieser Alternativen wird zu prüfen sein, in welchen Mengen diese Stoffe dauerhaft zur Verfügung stehen, welche dieser Stoffe für die Betonherstellung z. B. zur Substitution von Flugasche und Hüttensandmehl einsetzbar sind, welche Auswirkungen auf die Umwelt- und Nachhaltigkeitseigenschaften zu erwarten sind und welche Technologien für den Einsatz dieser Stoffe im Transportbetonwerk erforderlich sein werden. Zusätzlich zu diesen eher langfristig orientierten Forschungsfragen bestehen aber auch Potenziale, die kurzfristiger realisiert werden können.

Performance-Konzepte und effizienterer Rohstoffeinsatz

So könnte der Einsatz bestimmter Rohstoffe effizienter gestaltet werden, indem diese nur dort verwendet würden, wo eine technische Notwendigkeit dafür besteht. Die betrifft insbesondere Flugaschen, die z. B. in der Herstellung von Betondecken für Einfamilienhäuser eingesetzt werden, obwohl dies technisch nicht erforderlich ist. Zusätzlich ließe sich durch die Einführung sogenannter Performance-Konzepte eine Flexibilisierung bei der Herstellung von Transportbeton erzielen. Die derzeitige Norm basiert auf einem deskriptiven Konzept, das über Vorgaben an die Betonzusammensetzung ein Mindestniveau der jeweils geforderten Eigenschaften des Betons definiert. In einigen anderen europäischen Ländern sind Performance-Konzepte bereits fester Bestandteil der jeweiligen nationalen Normen.

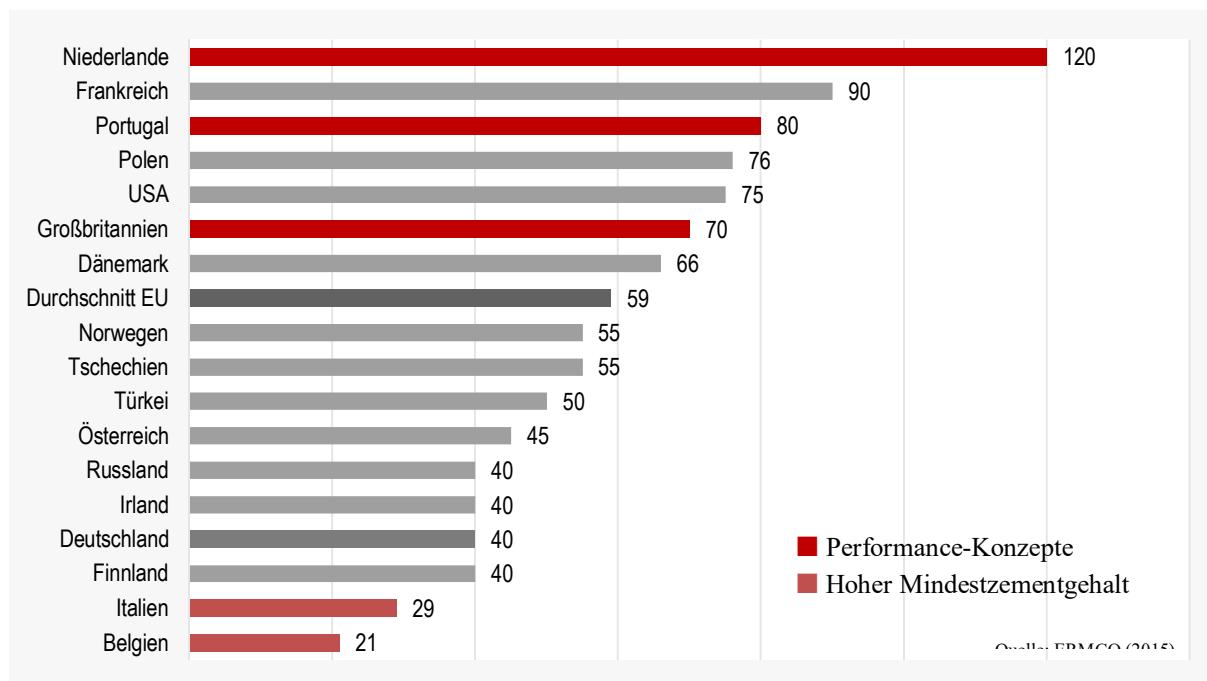


Bild 2: Durchschnittlicher Zusatzstoffgehalt in kg/m³ Transportbeton

Das heißt vereinfacht ausgedrückt: Die Norm lässt Freiheiten bei der Zusammensetzung des Betons zu, solange der Betonhersteller die für den jeweiligen Beton geforderten Eigenschaften nachweisen kann.

In diesen Ländern ist der Anteil der Zusatzstoffe, hier in erster Linie Flugasche und Hüttensand, sehr viel höher als in Deutschland. So liegen die Niederländer beim Einsatz des durchschnittlichen Zusatzstoffgehalts in kg/m³ Transportbeton mit 120 kg/m³ deutlich an der Spitze. Deutschland befindet sich hier mit 40 kg/m³ im unteren Bereich. Solche Performance-Konzepte könnten hilfreich sein, um auch derzeit nicht genormte Rohstoffe oder solche mit verminderten Anforderungen für die Herstellung von Beton nutzen zu können. So beispielsweise im Bereich der Gesteinskörnung: Hier werden fast ausschließlich frost- und tausalzbeständige Körnungen eingesetzt. Rohstoffe aus Lagerstätten oder Lagerstättenteilen, die diesen Anforderungen nicht ganz entsprechen, könnten hingegen zumindest für Innenbauteile bedenkenlos eingesetzt werden.

Fazit – es ist noch viel zu tun!

Die Ausführungen zeigen: Die Sicherstellung der langfristigen Rohstoffversorgung kann nur gelingen, wenn verschiedenste Aspekte berücksichtigt werden – vom Recycling und dem effizienteren Rohstoffeinsatz über die Verwendung neuer, nicht genormter Rohstoffe bis hin zur Anpassung der Normung. Aber auch auf politischer Seite muss verdeutlicht werden, dass sich der Rohstoffbedarf unserer Industrie nicht „in Luft auflösen“ wird. So ist der politisch forcierte Einsatz von rezyklierten Gesteinskörnungen zwar ein nachvollziehbarer und richtiger Schritt, der jedoch nur zu einem kleinen Teil zur Schonung der Primärrohstoffreserven beitragen kann. Die bedarfsgerechte Vergabe von Abbaugenehmigungen für die Rohstoffgewinnung wird daher auch in den nächsten Jahrzehnten unerlässlich bleiben.

Weitere Informationen

„Die Nachfrage nach Primär- und Sekundärrohstoffe der Steine-und-Erden-Industrie bis 2035 in Deutschland“, Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e. V. (BBS),
<https://www.baustoffindustrie.de/downloads/>

„Mineralische Bauabfälle – Monitoring 2016“, Kreislaufwirtschaft Bau,
www.kreislaufwirtschaft-bau.de

Forschungsprojekt „Ressourcenschonender Beton – Werkstoff der nächsten Generation“,
www.r-beton.de

Forschungsgemeinschaft Transportbeton e. V. (FTB),
<http://www.transportbeton.org/branche/forschung/>

Artikel „Sicher in die Zukunft: Rohstoffversorgung“,
TB-iNFO Nr. 71, Juni 2018, S. 32-37

Neubau des Hochwassersperrtors Ladenburg

Dipl.-Ing. Bernd Walter (Amt für Neckarausbau Heidelberg)
Sebastian Piewak (Krebs + Kiefer Ingenieure GmbH)

1. Vorstellung des Projektes

1.1 Lage des Vorhabens

Das Hochwassersperrtor Ladenburg ist Bestandteil der Staustufe Feudenheim / Ladenburg an der Bundeswasserstraße Neckar. Neben dem Hochwassersperrtor gehören die Schleuse Feudenheim, das Wehr Ladenburg, der Seitenkanal Wieblingen sowie die Kraftwerke Feudenheim und Ladenburg zur Staustufe. Das Hochwassersperrtor Ladenburg befindet sich am Beginn des Seitenkanals Ladenburg (Bild 1) bei Neckar-km 11,67.



Bild 1: Blick in Richtung Oberwasser auf das Hochwassersperrtor Ladenburg und den Seitenkanal. Im Hintergrund das Wehr Ladenburg (Quelle: Bundesanstalt für Wasserbau).

Es wird ab einem Hochwasser mit einem Wiederkehrintervall von 2 Jahren geschlossen und schützt damit die sich entlang des Seitenkanals befindlichen Industrie- und Wohngebiete (Bild 2) vor Überflutung.

Ohne diesen Schutz würde der Bereich bei einem Hochwasser mit einem Wiederkehrintervall von 100 Jahren ca. 3 m unter Wasser stehen.



Bild 2: Blick in Richtung Unterwasser mit Industriegebiet (Quelle: Bundesanstalt für Wasserbau)

1.2 Vorhandene bauliche Situation

Das bestehende Hochwassersperrtor Ladenburg wurde im Jahr 1931 fertig gestellt. Die Widerlager bestehen aus Stampfbeton. Als Verschlusskörper kommt ein Hakendoppelschütz mit elektromechanischem, zweiseitigem Antrieb zum Einsatz. Direkt oberhalb des Sperrtores befindet sich eine Straßenbrücke (Bild 3).



Bild 3: Altes Hochwassersperrtor aus Richtung Unterwasser in geschlossener Stellung und Straßenbrücke (Quelle: Amt für Neckarausbau Heidelberg)

Das bisherige Hochwassersperrtor besitzt eine Durchfahrtsbreite von 40,0 m. Die Wassertiefe im Seitenkanal beträgt 4,20 m.

Die Stauwandhöhe des geschlossenen Hochwassersperrtores beträgt 8,10 m. Dieses entspricht einem Hochwasser mit einem Wiederkehrintervall von 200 Jahren zuzüglich eines Freibords von 30 cm.

2. Beschreibung Ersatzneubau Hochwassersperrtor Ladenburg

2.1 Veranlassung

Aufgrund des baulichen Zustands ist eine Ertüchtigung der Anlage erforderlich. Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie wurden verschiedene Varianten untersucht. Wesentliches Kriterium hierbei war die Sicherstellung des Hochwasserschutzes während der gesamten Bauzeit bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung der Schifffahrt. Als wirtschaftliche Lösung ergab sich hierbei der Ersatzneubau ca. 30 m in Fließrichtung unterhalb des alten Sperrtores. Damit befindet sich die Baumaßnahme im Schutze des alten Sperrtores und ist damit weitestgehend hochwassersicher.

2.2 Beschreibung

Der Seitenkanal Ladenburg wurde in den Jahren 2005 bis 2008 auf eine Breite von 42,0 m ausgebaut. Diese Breite wurde bei der Planung des neuen Sperrtores berücksichtigt, so dass das neue Sperrtor eine Durchfahrtsbreite von 42,0 m besitzt. Es wird als Drucksegmenttor mit zweiseitigem hydraulischem Antrieb erstellt (Bild 4). Um eine größtmögliche Ausfallsicherheit zu erreichen, wurde die Anlage so konstruiert, dass sich diese stromlos schließen lässt.

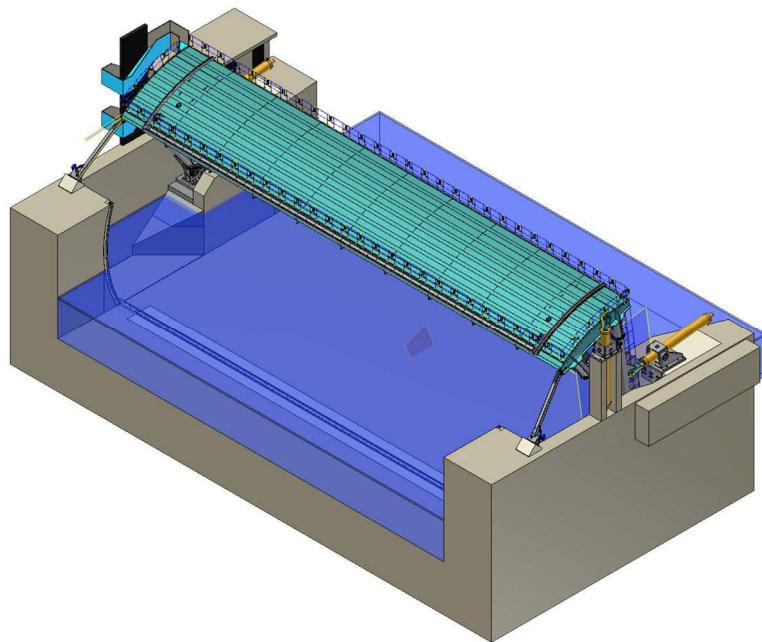


Bild 4: Neues Hochwassersperrtor in geöffneter Stellung (Quelle: IRS Stahlwasserbau Consulting AG)

Die Widerlager auf der Nord- und der Südseite (Bild 5) wurden als flachgegründete, massive Stahlbetonkonstruktion in mittels Spundwänden trocken gelegten Baugruben hergestellt.



Bild 5: Widerlager Südseite mit und Antriebshaus und Treppenturm zur späteren Begehung des geöffneten Sperrtores (Quelle: Amt für Neckarausbau Heidelberg)

Nach der Inbetriebnahme des neuen Hochwassersperrtores erfolgt der Rückbau der Altanlage.

2.3 Minimierung der Einschränkungen für die Schifffahrt

Da Vollsperrungen des Seitenkanals Ladenburg ein Einstellen der Schifffahrt zur Folge haben, sind diese während der Bauzeit auf das notwendige Maß zu minimieren. Hierzu wurden in der Planungsphase Sonderlösungen entwickelt. Besonders hervorzuheben ist hierbei der Sohlanschlag (Drempel) des neuen Sperrtors.

Eine übliche Lösung für dessen Herstellung stellt die Herstellung einer Baugrubenumschließung dar, um ein trockenes Baufeld zu erhalten. Der neue Drempel wäre dann in mindestens zwei Bauabschnitten (Bild 6), hergestellt worden. Zumindest einer der Bauabschnitte hätte zu einer mehrmonatigen, mindestens halbseitigen Sperrung des Seitenkanals geführt.

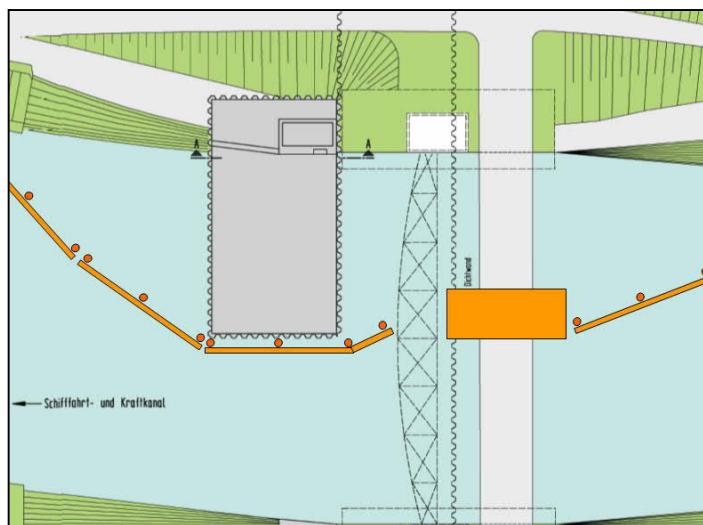


Bild 6: Konventionelle Herstellung des Sohlanschlags (Drempel) in halbseitiger, trockener Baugrube (Quelle: Krebs + Kiefer Ingenieure GmbH)

Um diese Einschränkungen deutlich zu reduzieren wurde stattdessen die Lösung „Fertigteildrempel“ entwickelt. Hierbei wird der Sohlanschlag als Spannbetonfertigteil hergestellt. Der Fertigteildrempel wird in die Drempelbaugrube, die auf Höhe Flusssohle endet, unter Wasser eingehoben (Bild 7). Für das Einvibrieren der Spundwände und den Aushubarbeiten zur Herstellung dieser Drempelbaugrube waren Nachtsperrpausen ausreichend. Das Einheben des Fertigteildrempels mit dem Schwimmkran und dem Verguss mit Unterwasserbeton erfolgte an einem Wochenende mit entsprechender Sperrung des Neckars.

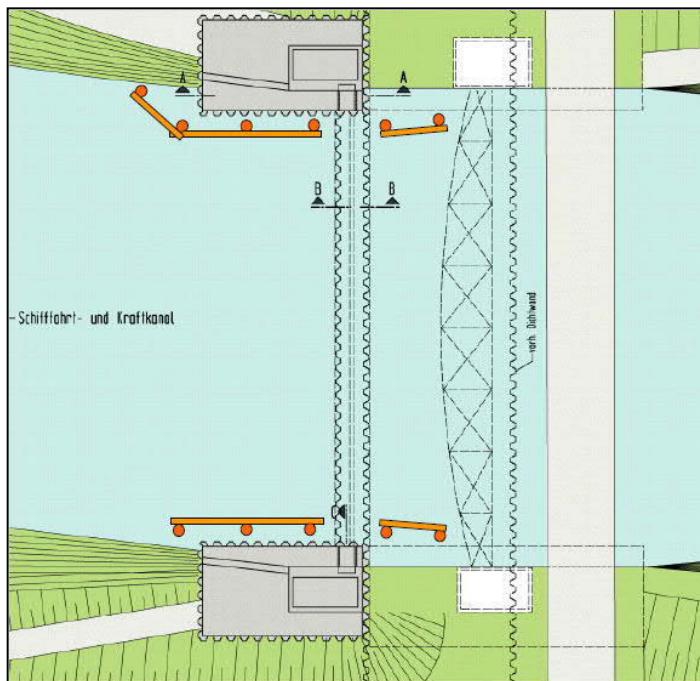


Bild 7: Drempel als Spannbetonfertigteil „Fertigteildrempel“. Der Einhub erfolgt unter Wasser in die Drempelbaugrube (Quelle: Krebs + Kiefer Ingenieure GmbH)

3. Ausführung der Lösung „Fertigteildrempel“

3.1 Anforderungen

Die Ausführung als Fertigteildrempel stellte die Maßnahme vor eine Vielzahl an logistische und bau-technische Herausforderungen. Als wesentliche Anforderungen an das Fertigteil sind folgende Eckpunkte zu nennen:

- Transportfähigkeit über die Straße mittels geeignetem Tieflader
- Einhub mit Schwimmkran
- Einhaltung der Einbautoleranzen; geringe Verformungen beim Einbau

In der Konzeptionierung des Einhubvorgangs musste folgenden Anforderungen Rechnung getragen werden:

- Notwendige Vorarbeiten sowie Grundbedingungen für einen Einhub

- Erarbeitung eines Vermessungskonzeptes sowie Schaffung von Korrekturmöglichkeiten während des Einbaus
- Einhub und Betonage innerhalb einer Wochenendsperrpause
- Erfüllung der Toleranzanforderungen von ± 10 mm
- Lageausrichtung durch Taucher außerhalb der Drempelbaugrube

3.2 Ausführung

Der Fertigteildrempel ist als T-Profil ausgebildet. Die Länge beträgt 38,0 m bei einer Höhe von 2,0 m und einer Flanschbreite von 2,5 m. Das Gewicht liegt bei ca. 140 to. Er wurde in einem Fertigteilwerk hergestellt.

Als Vorarbeiten für den Einhub- und Betonagevorgang wurde jeweils in Nachtsperrpausen zunächst die Drempelbaugrube ausgehoben, gereinigt und vermessen. An den Aussparungen in den beiden Widerlagersohlen wurden Holzanschläge als Gleitflächen geschaffen, damit der Drempel exakt in diese hineingleitet.

Im Weiteren mussten die Baugruben geflutet und der Spundwandverbau im Bereich des Drempel einbaus zurückgebaut werden. Dies erfolgte im Wesentlichen durch Taucher.

Die größte Herausforderung stellte die Sicherstellung der Lagegenauigkeit des Fertigteils unter Wasser dar. Hierzu wurde auf dem Fertigteildrempel ein Vermessungsgerüst vorgesehen (Bild 8). Anhand von Kontrollmessungen an Land konnte während des Einhubs die Lage des Fertigteiles ununterbrochen kontrolliert werden.



*Bild 8: Fertigteildrempel mit bereits montiertem Vermessungsgerüst am Umschlagort
(Quelle: Krebs + Kiefer Ingenieure GmbH)*

Als Anpassungsmöglichkeiten für die genaue Höhenlage wurden in den beiden Baugruben Gewindestangen vormontiert und auf Solllage eingestellt, womit im Bedarfsfall durch Taucher die Drempelempunkte in der Höhe korrigiert werden konnten. Zusätzlich wurde in Flussmitte (Feldmitte) eine Hydraulikpresse in die Drempelbaugrube eingesetzt, um auch hier eine Korrekturmöglichkeit eines möglichen Durchhangs zu erhalten. Die genaue Lage längs zur Flussachse wurde über die o.g. Zwangspunkte in den Widerlagersohlen sichergestellt.

Mit dem Schwimmkran wurde das Fertigteil von dem Umschlagort zum Einbauort transportiert und in Endlage „versenkt“ (Bild 9 und 10). Unmittelbar nach dem Absetzen des Fertigteildrempels in der Kanalsohle und entsprechender Kontrollvermessung wurde das Fertigteil mit Unterwasserbeton eingebettet. Um ein Aufschwimmen des Fertigteils bei der Betonage zu vermeiden wurde der Unterwasserbeton in zwei Betonierabschnitten eingebaut. Nach entsprechender kurzer Aushärtezeit wurde die Schifffahrtssperre nach ca. 40 h bereits wieder aufgehoben.

Als nächster Arbeitsschritt wurden in beiden Widerlagern die Dammtafeln wieder in den Baugrubenverbau eingebaut und abgedichtet. Danach konnten die Baugruben gelenzt werden (Bild 11). Nachfolgend wurden die Leerrohre angeschlossen und die Seitenarmierung mit der Sohlarmierung des Drempels verbunden und der Bereich betoniert.



*Bild 9: Transport des Fertigteildrempels vom Umschlagort zur Einbaustelle
(Quelle: Fotostudio Schwetasch)*

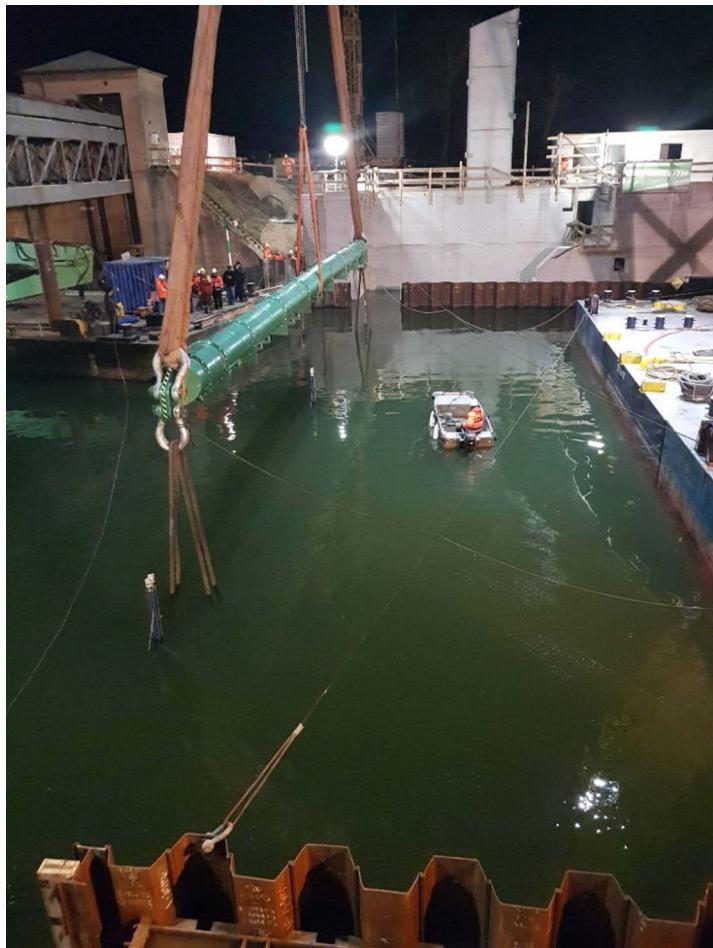


Bild 10: Drempel abgesenkt in Drempelbaugrube. Zu sehen sind nur noch die Spitzen der Vermessungsgerüste (Quelle: Krebs + Kiefer Ingenieure GmbH)



Bild 11: Fertigteildrempel mit Leerrohren und Bewehrungsschraubanschlüssen. Die Dammtafel ist eingesetzt. Noch herzustellen sind die Bewehrungsanschlüsse und der Anschluss der Sohlarmierung an die Seitenarmierung (Quelle: Amt für Neckarausbau Heidelberg)

3.3 Resümee

Der gesamte Einhubvorgang war nur durch eine enge Zusammenarbeit zwischen ausführender Baufirma, Vermessungsbüro sowie der örtlichen Bauüberwachung und dem Auftraggeber umsetzbar. Im Vorfeld wurde dazu in zahlreichen Abstimmungen das Einbaukonzept verfeinert und detailliert, um so einen reibungslosen Einbau zu ermöglichen.

Seitens der Bauüberwachung wurde sowohl die Herstellung des Fertigteils im Werk als auch der Einhub eng begleitet. Hierzu zählten neben den klassischen Bauüberwachungstätigkeiten auch die intensive Mithilfe an der Ausarbeitung der Vermessungs- und Einbaukonzeption. Während des Einbaus wurde beispielsweise die Auftraggeber-seitige Kontrollvermessung im Zuge der Bauüberwachung in Echtzeit in enger Kooperation mit der Auftragnehmer-Vermessung ausgeführt.

Überblickend kristallisieren sich durch die Fertigteilösung gegenüber einer konventionellen Herstellung des Drempels mehrere Vor- und Nachteile heraus. Die Reduzierung der Sperrpausen für die Schifffahrt stellt hierbei den wesentlichen Vorteil dar. Auch lässt sich durch die Fertigung im Werk eine deutlich höhere Genauigkeit erzielen.

Nachteilig ist hingegen, dass eine Kontrolle des eingebauten Bauteils nur durch Taucher und nicht durch eine direkte Inaugenscheinnahme erfolgen kann. Die Toleranzanforderungen sind auf die möglichen Kontrollmöglichkeiten anzupassen. Weiterhin müssen entsprechende Hebegeräte vor Ort verfügbar sein. Z. B. musste der ursprüngliche Einhubtermin wegen des Rheinniedrigwassers von November 2018 auf Februar 2019 verschoben werden.

4. Zusammenfassung

Das alte Hochwassersperrtor Ladenburg wird durch einen Neubau ersetzt. Durch die Entwicklung von Sonderlösungen während der Planungsphase wurde es möglich Einschränkungen für die Schifffahrt während der Bauzeit zu minimieren. Diese bedingen im Vorfeld eine enge Einbindung aller am Bau Beteiligten.

Abbildungsverzeichnis

- Bild 1: Blick in Richtung Oberwasser auf das Hochwassersperrtor Ladenburg und den Seitenkanal. Im Hintergrund das Wehr Ladenburg (Quelle: Bundesanstalt für Wasserbau).
- Bild 2: Blick in Richtung Unterwasser mit Industriegebiet (Quelle: Bundesanstalt für Wasserbau)
- Bild 3: Altes Hochwassersperrtor aus Richtung Unterwasser in geschlossener Stellung und Straßenbrücke (Quelle: Amt für Neckarausbau Heidelberg)
- Bild 4: Neues Hochwassersperrtor in geöffneter Stellung (Quelle: IRS Stahlwasserbau Consulting AG)
- Bild 5: Widerlager Südseite mit und Antriebshaus und Treppenturm zur späteren Begehung des geöffneten Sperrtores (Quelle: Amt für Neckarausbau Heidelberg)
- Bild 6: Konventionelle Herstellung des Sohlanschlags (Drempel) in halbseitiger, trockener Baugrube (Quelle: Krebs + Kiefer Ingenieure GmbH)
- Bild 7: Drempel als Spannbetonfertigteile „Fertigteildrempel“. Der Einhub erfolgt unter Wasser in die Drempelbaugrube (Quelle: Krebs + Kiefer Ingenieure GmbH)

Bild 8: Fertigteildrempel mit bereits montiertem Vermessungsgerüst am Umschlagort
(Quelle: Krebs + Kiefer Ingenieure GmbH)

Bild 9: Transport des Fertigteildrempels vom Umschlagort zur Einbaustelle
(Quelle: Fotostudio Schwetasch)

Bild 10: Drempel abgesenkt in Drempelbaugrube. Zu sehen sind nur noch die Spitzen der Vermessungsgerüste (Quelle: Krebs + Kiefer Ingenieure GmbH)

Bild 11: Fertigteildrempel mit Leerrohren und Bewehrungsschraubanschlüssen. Die Dammtafel ist eingesetzt. Noch herzustellen sind die Bewehrungsanschlüsse und der Anschluss der Sohlarmierung an die Seitenarmierung (Quelle: Amt für Neckarausbau Heidelberg)

Herausforderungen bei Neubau und Grundinstandsetzung von kleineren Wasserbauwerken am Beispiel des WSA Eberswalde

Dipl.-Ing. Hendrik Reinhardt (Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Eberswalde)

Vorstellung des Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Eberswalde

Das Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Eberswalde blickt auf eine inzwischen 275-jährige Geschichte zurück. Seine Anfänge liegen im 1743 errichteten 1. Kanalbauamt des preußischen Staates, welches sich in Grafenbrück am Finowkanal befand (ca. 15 km westlich vom heutigen Standort) und später nach Eberswalde verlegt wurde.

Das WSA Eberswalde wurde am 31.08.1990 als Nachfolger des VEB WBU Eberswalde (Volkseigener Betrieb Wasserstraßenbetrieb und -unterhaltung) gegründet. Insgesamt umfasst der Zuständigkeitsbereich des WSA Eberswalde ca. 665 Wasserstraßenkilometer. Die Hauptstrecke des Amtes ist die Havel-Oder-Wasserstraße (HOW) einschließlich Westoder mit ca. 143 km. Zu dieser Wasserstraße gehört auch das Schiffshebewerk in Niederfinow. Zur HOW sind noch der Finowkanal, die Gewässer rund um Oranienburg und die Werbelliner Gewässer sowie Altarme, Wehrarme, Stichkanäle mit ca. 110 km Nebenwasserstrasse zu zählen. Dazu kommen die touristisch stark genutzten Müritz-Havel-Wasserstraße (MHW) und Obere Havel-Wasserstraße (OHW) mit zusammen ca. 250 km und die Oder als frei fließender Grenzfluss mit ca. 162 km.

Das WSA Eberswalde hat heute seinen Hauptsitz im Schneidemühlenweg 21 in Eberswalde am Finowkanal am alten Standort des Meisterbereichs Eberswalde und ein Dienstgebäude in der Grabowstraße 1 für die Sachbereiche 4 und 6 (Ersatzinvestitionen und Ausbauvorhaben) am Standort des alten Dienstgebäudes sowie die 7 Außenbezirke Oranienburg, Finowfurt, Zehdenick, Canow, Frankfurt/Oder, Hohensaaten, Schwedt und den Bauhof an zwei Standorten in Niederfinow und Zehdenick. Im WSA Eberswalde sind aktuell 420 Mitarbeiter beschäftigt, davon 330 in den Außenbereichen und 90 an den beiden Standorten in Eberswalde. Im Zuge der WSV-Reform ändert sich nichts am Zuständigkeitsbereich des Amtes. Der Name wechselt aber zu Amt Nr. 17 / Revieramt Oder-Havel. In der Statistik wird es unter den neuen Ämtern den 4. Platz bzgl. der Wasserstraßenkilometer und den 15. beim Personal einnehmen.

Im Bereich des WSA Eberswalde befinden sich insgesamt 103 wasserbauliche Anlagen der Bauwerksinspektionskategorie A und 15 der Kategorie B sowie 168 Brücken.

Hervorzuheben unter den Anlagen ist sicher das 1934 erbaute Schiffshebewerk Niederfinow, welches gerade einen Nachfolger bekommt, 3 Sicherheitstore, 1 Eisenbahnunterführung und die 3 Großschiffahrtsschleusen in Lehnitz bzw. Hohensaathen Ost und West, welche sich alle an der Havel-Oder-Wasserstraße (Kategorie C) befinden. Daneben gibt es aber noch 36 Schleusen, die die Passage mit dem Finowmaß- bzw. Großfinowmaßkahn (teilweise auch Großplauer Maß) ermöglichen, 39 Wehre und 16 Düker und Durchlässe.

Die ältesten Anlagen sind die Wehre Steinhavel Süd und Wesenberg mit Baujahr 1830 und die Schleuse Eichhorst die vom Kern und der Gründung aus dem Jahr 1840 stammt und nur oberflächlich in den 1960er Jahren überholt wurde. Zu nennen sind weiter die 9 noch nicht neu gebauten bzw. grundinstandgesetzten Schleusen des Finowkanals mit Baujahren von 1874 bis 1878.

Die wasserbaulichen Anlagen im WSA Eberswalde werden durch den Sachbereich 2 unterhalten und soweit Kapazitäten vorhanden sind, auch ersetzt. Dem Sachbereich 2 stehen dafür 3 Anlageningenieure, ein Ingenieur für die BWI sowie 1 Techniker und für die Brücken 2 Ingenieure und 2 Techniker zur Verfügung. Unterstützung erfährt der Unterhaltungsbereich zurzeit noch durch Mitarbeiter der Sachbereiche 4 und 6 des WSA Eberswalde und Mitarbeiter der WNÄ Berlin und Magdeburg. So ist es gelungen, in den Jahren seit 1990 immerhin 5 Schleusen, 13 Wehre, 1 Sicherheitstor, 1 Eisenbahnunterführung und 5 Düker und Durchlässe sowie 21 Brücken zu erneuern.

Im Folgenden soll an einigen Beispielen die Vielfalt der Herausforderungen bei Planung und Ausführung von Ersatzneubauten und Grundinstandsetzungen kleinerer Wasserbauwerke am Beispiel von drei Maßnahmen der letzten Jahre gezeigt werden. Im Einzelnen wird auf die Ersatzneubauten der Wehre Strasen und Fürstenberg sowie die Grundinstandsetzung der Häupter der Schleuse Zaaren eingegangen.

Ersatzneubau Wehr Strasen

Das Wehr Strasen liegt an der Müritz-Havel-Wasserstraße bei WStr-Kilometer 2,7. Es handelt es sich um einen alten Mühlenstandort mit einer Getreide- und einer Sägemühle jeweils auf einer Seite des Wehrgrabens. Die alte Wehranlage bestand aus 3 in etwa gleich großen Feldern mit 4 Wehröffnungen und einer Gesamtöffnungsweite von 10,51 m. Der theoretische Maximalabfluss wurde zu $29,1\text{m}^3/\text{s}$ ermittelt, wobei das rechte Wehrfeld nicht mehr betriebsfähig war und das mittlere den Aalfang bediente. Es wurden unterströmte Schützen als Verschluss verwendet.

Das Alter der Anlage war unbekannt, wurde aber auf mindesten 100 Jahre geschätzt. Eine letzte Sanierung fand 1971 statt, die Bestandsunterlage bildete lediglich ein Plan mit allen sichtbaren Teilen. Auf Grund der örtlichen Gegebenheiten und der Erfahrungen aus Planungen des zuvor geplanten Wehres Canow gestaltete sich die Vorplanung relativ einfach. Es wurden 3 mögliche Standorte mit den Verschlusstypen Klappe und Schlauch kombiniert. Beim Schlauch wurde zusätzlich die Neigung der Wehrwangen betrachtet. Im Ergebnis sollte ein 1-feldriges Schlauchwehr mit 3:1 geneigten Wehrwangen am alten Standort gebaut werden.

Die Verhältnisse in Strasen sind sehr beengt. Die WSV verfügte rund um das Wehr über nur geringe eigene Flächen. Zudem bestand auch damals schon ein gewisser Flächendruck durch den Bau bzw. geplanten Bau von Ferienobjekten in unmittelbarer Nähe des Wehres. Durch Verhandlungen mit den Eigentümern konnten die Flächen jedoch im Vorfeld gesichert werden und nach Abstimmung mit der WSD ohne ein Planfeststellungsverfahren gebaut werden.

Bei der Planung der Ausführung wurde ein besonderes Augenmerk auf die rechte Nachbarbebauung „Hotel zum Löwen“ gelegt. Es handelt sich hier um das Gebäude der alten Getreidemühle, bei dem es

unklar war, wie es gegründet war. Klar war nur, dass es auf Pfählen gegründet ist, deren Länge aber nicht ermittelbar war.

Als Bauverfahren für die Spundwand wurde daher Pressen mit einer Austauschbohrung auf den ersten 8 Metern ausgeschrieben. Parallel dazu wurde am „Hotel zum Löwen“ eine Beweissicherung durch einen öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen für Gebäudeschäden durchgeführt.

Die Baumaßnahme wurde im Rahmen einer öffentlichen Ausschreibung an die EUROVIA Verkehrsbau Union GmbH Niederlassung Lindow vergeben. Erste Arbeiten fanden Ende November 2011 statt, ab Dezember wurde das Umleitungsgerinne gebaut und anschließend der Wehrgraben verfüllt und dadurch eine Arbeitsebene geschaffen, von der aus das alte Wehr abgerissen werden konnte.

Eine kritische Situation trat auf, als parallel zum Vorbohren der Rammtrasse für die Baugrube, Risse im direkt neben dem Neubau befindlichen "Hotel zum Löwen" auftraten. Es wurde zunächst ein Bau- stopp verhängt, da die statische Situation des Hotels unklar war.



Bild 1: Ersatzneubau Wehr Strasen

Es zeigte sich jedoch schnell, dass die Standsicherheit des Hotels nicht gefährdet war. Zur Vermeidung weiterer Schäden wurden Sicherungsmaßnahmen am Hotel durchgeführt und der Bauablauf optimiert. Nach Durchführung der Sofortmaßnahmen und dem Abklingen der Setzungen wurden die Schäden am Hotel aufgenommen und ein Sanierungskonzept erstellt. Die Sanierung wurde durch den Hoteleigentümer durchgeführt und konnte parallel zur Fertigstellung des Wehrs abgeschlossen werden. Die Sanierungskosten trug zu ca. 90% der Bund. Der verbliebene Anteil wurde durch den Hotelier getragen, da ein Teil der Sanierungskosten auf Vorschäden aus der Bausubstanz zurückzuführen waren.

Der weitere Bau verlief weitgehend nach Plan wenn auch zeitverzögert. Der als Verschlussorgan gewählte Schlauch konnte im Oktober 2012 eingebaut werden und im Januar 2013 wurde das Wehr geflutet und probeweise in Betrieb genommen.

Ersatzneubau Wehr Fürstenberg

Auch das Wehr Fürstenberg befindet sich im Bereich des ABz Canow an der Oberen- Havel- Wasserstraße WStr-Kilometer 60,8 an einem Havelarm parallel zur Schleuse Fürstenberg. Das Wehr befindet sich neben der denkmalgeschützten Villa Behrns, deren Ursprünge bis in das Mittelalter verfolgt werden können. Das Wehr ersetzt eine Kombination aus Resten eines alten Wasserkraftwerks mit 2 Turbinenschächten und zwei davor befindlichen Hubschützen.

Die Arbeiten begannen durch den Auftragnehmer EUROVIA Verkehrsbau Union GmbH Niederlassung Lindow im Januar 2014 mit Beräumungsarbeiten auf der rechten Seite des Wehrgrabens zur Schaffung eines Umfluters. In diesem Zusammenhang wurden auch das erste Mal Archäologen für Untersuchungen freigelegter Bauwerksreste hinzugezogen.

Am Wehr konnte zunächst jedoch nicht wie geplant parallel weiter gebaut werden. Da Unklarheiten bzgl. der Gründung der angrenzenden Villa Behrns nicht ausgeräumt werden konnten, kam es zu einem teilweisen Baustopp im Sommer 2014.

Es wurde nur mit dem Ausbau des Mühlengrabens unterhalb des Wehres bis zum Baalensee begonnen. Beim Ausbau des Mühlengrabens kam es zu mehreren Verzögerungen, da unerwartete Störkörper im Untergrund gefunden wurden, er konnte aber trotzdem Ende 2014 weitgehend beendet werden.

Inzwischen wurden technische Lösungen im Bereich der Gründung des Wehres bzw. Herstellung der Baugrube für den Wehrneubau diskutiert und eine vom ursprünglichen Entwurf abweichende Lösung gefunden. Der Bereich vor dem Müllerinternat sollte mit einer überschnittenen Bohrpfahlwand gesichert werden, der Rest wie im Entwurf vorgesehen mit einer Spundwand.

Bevor die Baugrube errichtet werden konnte, mussten Sicherungsmaßnahmen an der Villa vorgenommen werden. Es erfolgte der Einbau von Aussteifungsrahmen im Bauwerk und die Verfestigung des Bruchsteinmauerwerks im Kellergeschoss.



Bild 2: Ersatzneubau Wehr Fürstenberg

Durch den Unternehmer war zunächst geplant, die Bohrpfahlwand unter dem rechten Erker der Villa zu bauen. Nachdem sich herausstellte, dass die vorhandene Bautechnik dafür nicht geeignet ist, mussten andere Lösungen gefunden werden. Ein Verschieben des Wehrkörpers um den erforderlichen Abstand war nicht möglich. Nach Diskussionen mit der Denkmalschutzbehörde des Landkreises Oberhavel konnte jedoch der Erker der Villa unter Beachtung von verschiedenen Auflagen demontiert werden. U.a. musste eine denkmalgerechte Aufnahme der Substanz durchgeführt werden.

Auch danach kam die Baustelle in kein ruhiges Fahrwasser. Der Erlass zur Mischungsstabilität erforderte weitere Anpassungen und beim Stahlwasserbau mussten Bauteile mehrfach zurückgewiesen bzw. nachgebessert werden. Die VOB-Abnahme erfolgte im November 2017. Restarbeiten wurden bis in das Frühjahr 2019 durchgeführt.

Grundinstandsetzung Häupter Schleuse Zaaren

Als letztes Vorhaben soll die Grundinstandsetzung Häupter Schleuse Zaaren erwähnt werden. Das Bauvorhaben befindet sich derzeit in der Ausführung, weshalb nur kurz auf einige wesentliche Aspekte aus der Startphase eingegangen werden soll.

Die Schleuse Zaaren befindet sich an der Oberen-Havel-Wasserstraße (OHW) beim WStr-Kilometer 36,1 zwischen den Landkreisen Oberhavel und Uckermark des Landes Brandenburg. Mit ca. 10.000 Schleusungen pro Jahr gehört sie nicht zu den am stärksten frequentierten Schleusen des Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Eberswalde. Durch ihre Lage an der OHW hat sie aber eine große Bedeutung als Verbindung zwischen dem Berliner Raum und den brandenburgischen und Mecklenburger Seen. Die Schleuse liegt am Rand eines ehemaligen Truppenübungsplatzes im Naturpark Uckermärkische Seen im Naturschutzgebiet „Kleine Schorfheide“. Die Zufahrt von Land erfolgt über einen ca. 4 Kilome-

ter langen unbefestigten Waldweg und was heutzutage noch recht wichtig ist: der Mobilfunkkempfang ist in einem großen Bereich rund um die Baustelle sehr eingeschränkt.

Die Schleuse wurde erst im Jahr 1962 neu gebaut. Allerdings traten bereits vor mehr als 10 Jahren verstärkte Schäden am Beton der Häupter auf. Das Projekt Grundinstandsetzung der Häupter startete im Jahr 2006 mit dem Ingenieurvertrag für eine Grundinstandsetzung in Form einer Betonsanierung der Häupter. Daraus wurde nach ersten Untersuchungen jedoch eine große Grundinstandsetzung mit dem kompletten Ersatz der Häupter.

Die Planungen zogen sich in die Länge. Es erfolgten mehrfache Bearbeiterwechsel im WSA und auch im Planungsbüro. Teilweise ruhte das Projekt durch Personalmangel. Auf Grund von Kostenschätzungen mußte aus dem E-AU ein E-HU erstellt werden, der dann aber wegen Änderungen in der AU/HU-Grenze wieder zum E-AU herabgestuft wurde. Zusätzlich wurde der E-AU wegen Normanpassung in weiten Teilen neu gerechnet.

Der Zustand der Häupter hatte sich zwischenzeitlich so weit verschlechtert, dass in Abstimmung mit der BAW Belastungstests durchgeführt werden mussten. Im Ergebnis dessen konnte die Schleuse Zaaren weiter betrieben werden. Als spätester Termin für die Grundinstandsetzung wurde Gutachten das Winterhalbjahr 2018/2019 festgelegt.

Nach einem weiteren Bearbeiterwechsel im WSA und auch beim Planungsbüro wurde ab 2016 wieder am E-AU gearbeitet und im Frühjahr 2018 konnte schließlich der überarbeitete E-HU bei der GDWS eingereicht werden. Parallel zur Genehmigung des E-AU wurde mit dem Erstellen der Ausschreibungsunterlage begonnen.

Auf Grund der Bedeutung der Schleuse Zaaren wurde die Grundinstandsetzung als Winterbaustelle mit einer Sperrzeit von 7 Monaten ausgeschrieben. Der sehr enge Terminplan konnte natürlich nur eingehalten werden, wenn es bei allen Gewerken rund läuft. Aber schon bei den ersten Leistungen kam es zu starken Verzögerungen.

Auf Grund der Akten- und Sachlage wurde in der Vorbereitung der Baumaßnahme davon ausgegangen, dass eine baubegleitende Kampfmittelsondierung ausreichend sein würde. Der Weg wurde seit vielen Jahren durch die Anwohner und die WSV auch mit Schwerlastverkehr genutzt und zudem wurde der Weg in der Vergangenheit durch die Flächeneigentümer auf den ersten 35cm Tiefe abgesucht und beräumt.

Der erste Auftragnehmer für die Kampfmittelbergung stellte allerdings schon am ersten Tag die Arbeiten mit dem Hinweis, dass durch die ungenügende Abdeckung des Mobilfunknetzes die Verdachtspunkte nicht hinreichend genau eingemessen werden können, ein.

Ein zweiter NAN konnte durch die ausführende ARGE innerhalb von 14 Tagen gefunden werden. Nach Bestätigung seines Bergungskonzeptes begannen die Arbeiten mit ca. 4 Wochen Verspätung. Dabei wurden allerdings in den oberen Bodenschichten so viele Verdachtspunkte gefunden, dass die Zuweitung anschließend weitgehend komplett neu aufgebaut werden musste, statt nur einzelne Punkte aus-

zubessern. So entstand insgesamt ein Zeitverzug von gut 7 Wochen. In Zahlen ausgedrückt bedeutet dies, dass 1798 Störpunkte bzw. ca. 370kg Schrott auf eigentlich schon einmal geräumten Flächen gefunden wurden. Nur 18 der Störpunkte erwiesen sich als Munition oder Reste davon. Und statt 500 t Natursteinschotter für Ausbesserungen einzubauen, wurde der Weg mit ca. 5.000t teilweise neu aufgebaut.

Auf Grund der Verzögerungen schon am Beginn der Maßnahme wurden Ende November 2018 im Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Eberswalde mögliche Alternativen zum Weiterbau diskutiert. Neben zusätzlichen Kosten für den Abbruch und die Wiederaufnahme der Baumaßnahme spielten zwei weitere Aspekte eine Rolle für die Entscheidung zum Weiterbau.

Auf Grund des schlechten Zustands der Häupter wurde in Abstimmung mit der BAW im Herbst 2015 ein Belastungstest der Häupter mit 30% erhöhten Lasten an der Halslagerverankerung durchgeführt. Im Ergebnis dessen konnte die Schleuse zunächst weiterbetrieben werden. Bei einer weiteren Verschiebung der Grundinstandsetzung hätte dieser Belastungstest wiederholt werden müssen, was die unmittelbare Sperrung der Schleuse zur Folge haben könnte.

Als weiterer Aspekt spielte auch das Wetter eine Rolle. Nach den Prognosen wurde ein relativ milder Winter erwartet, der das Bauen natürlich begünstigen würde. Trotz einer geplanten Winterbaumaßnahme würde bei Frost unter -5°C z.B. kein Beton geliefert werden, da das einzige verfügbare Betonwerk nicht dafür ausgerüstet ist. Ein Ersatzwerk steht nicht zur Verfügung.

Eine weitere zeitlich nicht ganz so gravierende Verzögerung trat beim Errichten der Baugrube auf. Nach Ausschreibung sollten die Spundbohlen durch Pressen eingebracht werden, um mögliche Schäden an der Schleusenkammer und auch der Nachbarbebauung auf ein Minimum zu reduzieren. Bei der Spundwand am Oberhaupt zeigte sich jedoch, dass die Z-Bohlen mit 16 m Länge nur schwer einzupressen sind und sich außerdem in Spundwandachse schief stellten. Die Einbauleistung der Presse lag weit unter 50% des erwarteten.

Nach ca. 1 Woche wurde gemeinsam mit der ARGE das Einbringverfahren auf Rütteln/Vibrieren umgestellt. Dies brachte für das Oberhaupt weitere Verzögerung, da zunächst die Einzelbohlen zu Paaren zusammengesteckt werden mussten. Es kam aber zumindest zu keiner weiteren Verzögerung am Unterhaupt und die Spundwand konnte passgenauer eingebaut werden, wodurch u.a. beim Bau der Gurtung die Arbeiten erleichtert wurden.

Aktuell „hängt“ die Baustelle mit ca. 11 Wochen. Im Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Eberswalde wird aber davon ausgegangen, dass der der Öffentlichkeit bekannt gegebene Öffnungstermin 01.08.2019 gehalten werden kann und die Schifffahrt dann wieder möglich gemacht wird.

Bildverzeichnis

Bild 1: Rene Sonnenberg – Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Eberswalde

Bild 2: Hendrik Reinhardt – Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Eberswalde

Standardleistungsbeschreibungen für den Wasserbau in Theorie und Praxis

Dipl.-Ing. Uwe Fischer (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur)
Dipl.-Ing. Joachim Saathoff (Neubauamt Hannover)

1. Allgemeines / Systematik von Standardleistungsbeschreibungen

Standardtexte im Bauwesen dienen der rationellen Beschreibung von Bauleistungen und dem Informationsaustausch der am Bau beteiligten Partner. Unterteilt nach Leistungsbereichen werden Bauleistungen zu Zwecken der Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung (AVA) beschrieben und vereinheitlicht.

Seit dem Ende der 60er Jahre existieren Textsammlungen für den Hochbau, das sog. Standardleistungsbuch (**STLB**), ab 1996 wurde das STLB in das Format **STLB-Bau - Dynamische Baudaten** überführt, ein datenbankgestützter Textspeicher für sog. intelligente Standardtexte. Aufgrund der Datenbankverwaltung gibt es seitdem keine Druck- bzw. Buchfassungen dieser Texte mehr.

Der Standardleistungskatalog (**STLK**) als Textsammlung für Leistungen im Straßen- Tief- bzw. Wasserbau wurde etwa zur selben Zeit (ab 1971) im Bereich des damaligen BMV konzipiert.

Die Leistungsbereiche des STLK sind spalten- und zeilenorientiert als ASCII-Dateien (im originalen STLK-Format und konvertiert im STLB-Format) sowie als Buchausgabe verfügbar. Der STLK Wasserbau wird nur noch digital im PDF-Format zur Verfügung gestellt und nicht mehr in gedruckter Form. Zur Formulierung der Standardleistungstexte und Hilfstexte müssen definierte zulässigen Zeichen, Abrechnungseinheiten, Kennzeichen und Textformate eingehalten werden. Die Definitionen sind in entsprechenden Richtlinien hinterlegt.

Standardtexte (STLB-Bau Dynamische Baudaten und Standardkataloge) sind nach folgender Systematik bzw. Nummernsystemen für die einzelnen Leistungsbereiche kategorisiert:

- **000 - 099** - Standardleistungsbuch Bau - Dynamische BauDaten (STLB-Bau)
Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen (GAEB) gemeinsam mit DIN - Herausgeber: DIN
- **100 - 199** - Standardleistungskatalog für den Straßen- und Brückenbau (STLK)
Straßenbauverwaltungen des Bundes und der Länder in Abstimmung mit den Kommunalen Spitzenverbänden im "Arbeitsausschuss Verdingungswesen im Straßen- und Brückenbau (AV-StB) - Herausgeber : FGSV
- **200 - 299** - Standardleistungskatalog für den Wasserbau (STLK-W)
Arbeitsgruppe "Standardleistungsbeschreibungen im Wasserbau" (BMVI, WSV, BAW, BfG, Häfen, Wasserwirtschaft, Talsperrenverbände) - Herausgeber: BMVI

- **300 - 399** - bisheriges Standardleistungsbuch - Bauen im Bestand (BiB)
eingearbeitet in STLB-Bau
- **400 - 499** - bisherige Leistungsbereiche der Deutschen Bahn AG, Geschäftsbereich Netz z.T. umgesetzt in STLB-Bau
- **500 - 599** - bisheriges Standardleistungsbuch - Bauen im Bestand, Block- und Plattenbau (BiB), eingearbeitet in STLB-Bau
- **600 - 699** - Standardleistungsbuch für Zeitvertragsarbeiten - Dynamische BauDaten - (STLB-BauZ)
- **700 - 799** - z.Zt. nicht belegt
- **800 - 899** - Entwurfsstände (Gelbdrucke) des STLK für Straßen- und Brückenbau
- **900 - 999** - Regionale Leistungskataloge (RLK)
z.B. Regionalleistungskatalog Schleswig-Holstein (RLK-SH) KOMMUNE, RLK-BW - Regionalleistungskatalog Baden-Württemberg

Daneben gibt es eine Anzahl von Textsammlungen von Produktherstellern (als Datanorm-Texte) bzw. auch Anbieter für sogenannte freie Texte, die bereits in der Form von Leistungsverzeichnissen geliefert werden und "fertige" Positionen enthalten (sirAdos® Baudaten und Bauelemente, Heinze Ausschreibungstexte).

2. Standardleistungskatalog für den Wasserbau (STLK-W)

Der Standardleistungskatalog (STLK) ist eine Sammlung standardisierter, datenverarbeitungsgerechter Leistungstexte, mit denen Leistungsverzeichnisse für Bauleistungen im Wasser-, Straßen-, Brücken- und sonstigen Tiefbau aufgestellt werden. Er wird vom BMVI (STLK Wasserbau) bzw. der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (STLK Straßen- und Brückenbau) herausgegeben.

Die Leistungsbereiche des STLK Straßen- und Brückenbau können beim FGSV-Verlag käuflich erworben werden, alle Leistungsbereiche des STLK Wasserbau stehen auf den Webseiten des Informationszentrums Wasserbau - WSV (IZW) der BAW (<https://izw.baw.de/wsv/planen-bauen/stlk-w-ztv-w>) zum kostenlosen Download im ASCII- und PDF-Format zur Verfügung. Gedruckte Bücher werden nicht mehr herausgegeben.

Der STLK Wasserbau wird durch die Arbeitsgruppe „Standardleistungsbeschreibungen im Wasserbau“ erstellt. Er vereinheitlicht die zur Beschreibung von Bauleistungen im Wasserbau verwendeten Leistungstexte. Er baut auf der Verdingungsordnung für Bauleistungen (VOB) sowie auf den für den Tiefbau bzw. Wasserbau eingeführten bundeseinheitlichen Technischen Regelwerken, insbesondere auf den Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen - Wasserbau (ZTV-W), auf. Die ZTV-W ergänzen entsprechend § 8a (EU) Nr. (3) VOB/A die Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) (VOB Teil C).

Die Arbeitskreise der Arbeitsgruppe Standardleistungsbeschreibungen im Wasserbau erstellen sowohl die STLK-Texte als auch bei Bedarf die entsprechenden ZTV-W'en in den einzelnen Leistungsbereichen. Nicht zu jedem STLK-Leistungsbereich gibt es eine ZTV-W. Hier gibt es teilweise Unterschiede zum Prozess im Bereich Straßen- und Brückenbau, so werden dort z.B. wesentliche Teile der Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING) nicht von den Gremien der FGSV, die für die Erarbeitung der entsprechenden Leistungsbereiche des STLK verantwortlich zeichnen, erstellt, sondern von eigenen Bund/Länder-Arbeitsgruppen.

Derzeit existieren folgende Leistungsbereiche des STLK für den Wasserbau

LB-Nr.	Inhalt	STLK-W	Zugehöri- ge ZTV-W
202	Technische Bearbeitung	04/2012	2010
203	Baugrunderschließung und Bohrarbeiten	07/2015	2016
204	Baustelleneinrichtung und -räumung	11/2012	
205	Erdarbeiten	03/2016	2015
206	Nassbaggerarbeiten	08/2017	2008
207	Landschaftsbau	04/2006	2006
208	Wasserhaltung	04/1989	1989
209	Baugrubenverbau, Baugrundverbesserung	12/2005	2005
210	Böschungs- und Sohlensicherungen	04/2015	2015
214	Spundwände, Pfähle, Verankerungen	03/2017	2015
215	Wasserbauwerke aus Beton und Stahlbeton	12/2012	2012
216/1	Stahlwasserbau A1-Änderung zu ZTV-W LB 216/1: Stahlwasserbau	06/1999	2015 12/2018
216/2	Elektrische Ausrüstung von Stahlwasserbauten		2014
217	Ausrüstung von Wasserbauwerken	05/2000	
218	Korrosionsschutz im Stahlwasserbau	02/2011	2009
219	Instandsetzung von Betonbauteilen (von Wasserbauwer- ken)	11/2018	2017
220	Kathodischer Korrosionsschutz im Stahlwasserbau	06/2015	2011
230	Stundenlohnarbeiten	08/1990	

Für jeden Leistungsbereich des STLK-W ist ein entsprechender Arbeitskreis der Arbeitsgruppe Standardleistungsbeschreibungen im Wasserbau verantwortlich.

Die Arbeitsgruppe wird vom BMVI geleitet und setzt sich im Wesentlichen aus den Leitern der Arbeitskreise zusammen:

Fischer	BMVI, Referat WS 12, Leitung der Arbeitsgruppe
Lühr	WSA Lauenburg, Leiter AK 2
Siebenborn	BAW Hamburg, Leiter AK 3
Meyer	GDWS Standort Hannover, Leiter AK 4
Saathoff	NBA Hannover, Leiter AK 5
Meyer	GDWS Standort Aurich, Leiter AK 6
Behrendt	BfG Koblenz, Leiter AK 7
Frau Maßmann	WNA Datteln, Leiterin AK 9
Buchholz	WSA Minden, Leiter AK 10
Thielecke	WNA Datteln, Dienstort Hamm, Leiter AK 14
Kunz	BAW Karlsruhe, Leiter AK 15
Heil	RMD Wasserstraßen GmbH, L AK 16/1, 17
Sobiech	WNA Datteln, Leiter AK 16/2
Fiedler	WNA Magdeburg, Leiter AK 18
Westendarp	BAW Karlsruhe, Leiter AK 19
Backhaus	WSA Minden, FMM, Leiter AK 20
Brand	RMD Wasserstraßen GmbH
Klocke	Lechwerke AG
Täntzer	ITZBund Ilmenau
Dehnst	BMVI, Referat WS 15

Hinweise / Anfragen / Anregungen zu den einzelnen Leistungsbereichen können zukünftig direkt an die Arbeitskreise gerichtet werden. Es ist geplant, entsprechende E-Mail-Adressen einzurichten, derzeit kann hierzu die Adresse ref-ws12@bmvi.bund.de genutzt werden.

Die Erarbeitung der Regelwerke erfolgt in Anlehnung an die bewährten Grundsätze bei Normungsvorhaben. Nach Erstellung entsprechender Entwürfe durch die Arbeitskreise, der Diskussion in der übergreifenden Arbeitsgruppe und der Verabschiedung des Entwurfs wird dieser als sog. „Gelbdruck“ der Fachwelt, d.h. potentiellen Anwendern und Betroffenen zur Stellungnahme übersandt. Dies sind neben der WSV und den Oberbehörden entsprechende Bauverbände, für Wasserwirtschaft zuständige Landesministerien, Hafenbetreiber etc.

Die Gelbdrucke zum STLK-W und zu den ZTV-W sind im IZW im Bereich Planen & Bauen / Gelbdruckverfahren (<https://izw.baw.de/wsv/planen-bauen/gelbdruckverfahren>) öffentlich zugänglich.

Die eingehenden Stellungnahmen werden durch den Arbeitskreis bewertet und anschließend in der Arbeitsgruppe vorgestellt. Nach Behandlung und Diskussion wird daraus die endgültige Fassung, der sog. Weißdruck, erstellt, der per Erlass des BMVI in der WSV zur Anwendung eingeführt wird. Informationen zu neuen Leistungsbereichen erfolgen auch im Verkehrsblatt. Gleichfalls existiert im IZW ein Newsletter-Versand, hier erhalten angemeldete Nutzer aktuelle Informationen zu Änderungen im STLK auf direktem Weg.

Etliche Leistungsbereiche finden Anwendung weit über den Bereich der WSV bzw. der Bundeswasserstraßen hinaus. Zu verweisen ist hier z.B. auf den Bereich der Betoninstandsetzung im Wasserbau, STLK und ZTV-W bilden in vielen Fällen die Grundlage für die Planung und Ausschreibung von Instandsetzungsarbeiten an Stauanlagen der Wasserwirtschaft oder auch im Talsperren- bzw. Speicherbereich.

Die Fortschreibung der STLK-Leistungsbereiche erfolgt je nach fachlichem Bedarf über eine Neuausgabe des kompletten LB. Korrekturfassungen aufgrund von Änderungen zu Einzelpositionen, wie dies bei den LB's des Straßen- und Brückenbaus erfolgt, werden nicht herausgegeben. Sollten Änderungen erforderlich werden, wird hierzu per Erlass informiert. Die Texte können dann im jeweiligen AVA-Programm in Freitext umgewandelt und korrigiert werden.

3. Aufbau und Gliederung des STLK

Der STLK ist eine Sammlung standardisierter, datenverarbeitungsgerechter Textbausteine (Standardleistungstexte), in Leistungsbereichen (LB) zusammengefasst und geordnet. In einem Leistungsbereich sind die Textbausteine zusammengefasst, die sich in einen Fachbereich, wie z. B. Nassbaggerarbeiten oder Stahlwasserbau einordnen lassen.

Die Aufteilung des STLK in fachspezifisch ausgerichtete Leistungsbereiche erleichtert die Übersicht für den Anwender sowie die Anwendung selbst, weil jeder Anwender nur jeweils die Leistungsbereiche benutzen muss, die er für bestimmte Leistungen benötigt als auch die Handhabung, weil die einzelnen Leistungsbereiche nicht zu umfangreich und durch Abschnitte übersichtlich gegliedert sind.

Jeder Leistungsbereich kann in bis zu 10 Abschnitte (z. B. 219 0 bis 219 9) unterteilt werden, deren Reihenfolge inhaltlich möglichst dem zeitlichen Ablauf der Arbeiten entspricht. Im Abschnitt 0 sind "Vorarbeiten", im Abschnitt 9 "Sonstige Leistungen" zu beschreiben. Die anderen Abschnitte werden mit Abschnitt 1 beginnend lückenlos aufsteigend nummeriert.

Die Abschnitte setzen sich aus Standard-Teilleistungen zusammen.

Beispiel:

215 WASSERBAUWERKE AUS BETON UND STAHLBETON

- 215 0 ABBRUCH
- 215 1 SCHALUNG
- 215 2 BEWEHRUNG
- 215 3 BETON (UNBEWEHRT)

215 4 STAHLBETON (OHNE SCHALUNG)

215 5 STAHLBETON

...

215 7 NACHBEHANDLUNG U.QUALITÄTSSICHERUNG

...

215 9 SONSTIGE LEISTUNGEN

Jede Standard-Teilleistung ist in bausteinartige Standardleistungstexte gegliedert. Für sie wird ein Grundtext (GT) formuliert, dem bis zu 8 Folgetextgruppen zugeordnet sein können; eine Folgetextgruppe enthält im allgemeinen bis zu 9, bei einer sog. Verkettung bis zu 99 Folgetexte. Aus den Grund- und Folgetexten einer Standard-Teilleistung muss sich jeweils die Beschreibung einer Teilleistung (Position) für das Leistungsverzeichnis (LV) zusammensetzen lassen. Dazu muss aus jeder Folgetextgruppe genau ein Folgetext gewählt werden. Einige Leistungsbereiche enthalten Bauteilkataloge, aus denen bei einzelnen Positionen das passende Bauteil ausgewählt werden kann. Als Anhang zum STLK-LB weisen „Hinweise zur Anwendung des STLK“ insbesondere auf die Verknüpfung zu Regelungen in ZTV-W'en hin oder beschreiben Besonderheiten bei der Textzusammenstellung in einzelnen Leistungsbereichen.

Eine Besonderheit des STLK-Formates sind Kennzeichen bei einzelnen Texten, die die Anwender (sowohl den Ersteller des LV als auch die Bieter) unterstützen sollen. So ist das Kennzeichen „***“ in jeder Zeile aufgeführt, in der sich Text einer Anmerkung befindet.

Das Kennzeichen „/“ ist in der 1. Zeile eines Grund- bzw. Folgetextes aufgeführt, in welchem auf eine vom AG beizufügende Unterlage oder auf die Notwendigkeit von Angaben in der Leistungsbeschreibung verwiesen wird.

Das auf ASCII-Dateien basierende STLK-Format ist inzwischen „in die Jahre gekommen“. Gerade im Zuge von digitalen Planungs- und Austauschmethoden (BIM, XML, neue GAEB-Standards, etc.) sind datenbankgestützte Systeme, wie die Dynamischen Baudaten, besser geeignet, moderne Anforderungen zu Schnittstellen und Dateneffizienz zu erfüllen. Insofern wird sich die Arbeitsgruppe STLK in naher Zukunft auch mit der Fortschreibung des STLK-Formates bzw. dem Umstieg auf andere Systeme befassen.

4. Ausschreibung unter Anwendung von Building Information Modeling (BIM)

Im Kontext von BIM ist auch die Unterstützung von Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung eine wesentliche Aufgabe. Der GAEB-Datenaustausch war von Anfang an ein prozessorientiertes Verfahren. GAEB Prozesse konnten deshalb sehr gut in die BIM Methodik eingebettet werden.

Anbieter von Ausschreibungssoftware, wie z.B. die Firma RIB mit ihrem Produkt iTWO, das in der WSV als Standard zum Einsatz kommt, haben mittlerweile die Kopplung von Geometriemodellen (CAD), daraus abgeleitete Mengen und Übernahme in die Leistungsbeschreibungen bereits bei entsprechenden Softwarelösungen integriert.

Neben Geometrieinformationen können die in den Modellen definierten Bauteile auch weitergehende Informationen, sog. Attribute oder Bauteileigenschaften, enthalten.

Entsprechende Systeme werden für den Hochbau und den Straßen- und Tiefbau bereits angeboten.

Für den Bereich der Wasserbauwerke werden die in der WSV derzeit konzipierten bzw. in Arbeit befindlichen Pilotprojekte sicher gleichfalls Ansätze liefern, um auch hier zu spezifischen Standards, z.B. für Bauteile eines Schleusenbauwerkes, einer Wehranlage oder eines Dükers, zu kommen. Die internationalen Aktivitäten in Zusammenhang mit der Entwicklung eines IFC- (Industry Foundation Classes) Standards für Wasserbauwerke werden deshalb mit gestaltet. Über die intelligente Verbindung der Bauteile mit den Standardtexten des STLK für den Wasserbau kann auch hier ein deutlicher Schritt in Richtung digitaler Verfahren für Planung, Ausschreibung und Projektabwicklung gegangen werden.

BIM – Hype, Risiken und Chancen

Dr.-Ing. Jörg Bödefeld (Bundesanstalt für Wasserbau)
Dipl.-Ing. Stefan Lühr (Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Lauenburg)

1 Einführung

Seit einigen Jahren treten bei Großprojekten Probleme durch große Abweichungen zwischen zu Beginn geschätzten und am Ende abgerechneten Kosten auf. Zusätzlich kann häufig der ursprünglich vorgesehene Zeitrahmen nicht eingehalten werden. Eine eingesetzte Reformkommission Großprojekte hat in ihrem Endbericht 10 Punkte zur Vermeidung identifizierter Probleme bei Planung und Bau von Großprojekten ausgewiesen [1]. Einer dieser Punkte ist die Digitalisierung zur Verbesserung der Kommunikation aller am Prozess Beteiligten. Damit wurde ein Impuls zur Digitalisierung gegeben, der vom Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur mit einem Stufenplan Digitales Planen und Bauen konkretisiert wurde [2]. Building Information Modeling (BIM) ist in diesem Kontext das Synonym für die Digitalisierung im Bauwesen, die Erwartungen sind entsprechend hoch.

Im Kern geht es um die Verbesserung der Kommunikation und der Informationsversorgung. Die Informationen werden aktuell i.d.R. dezentral in unterschiedlichsten Formaten in digitaler und analoger Form abgelegt und sind nicht einheitlich für alle an der Planung Beteiligten verfügbar. Die Digitalisierung hat durch die Vernetzungsmöglichkeiten und den ortsunabhängigen Zugriff auf zentrale Informationen neue Möglichkeiten eröffnet, die sich in dem Begriff *single source of truth* bündeln. Ziel ist die Vermeidung von Datenredundanz und die einheitliche Verwendung aktueller Daten. Zu klären ist, wie diese zentralen Informationen verwaltet werden. Ein Informationsmodell ist erforderlich, damit der Informationslieferant die Daten richtig ablegt und der Informationskonsument die für ihn relevanten Daten findet.

Im Rahmen von BIM werden die Informationen häufig in Form von Attributen mit dreidimensionalen Bauteilen (Objekten) verknüpft. Dies hat dazu geführt, dass die dreidimensionale Modellierung von Bauwerken einen erneuten Aufschwung bekommen hat.

Bis Anfang der 1990er Jahre erfolgte die Planung i.d.R. bei zeichnerischer Darstellung auf dem Reißbrett. Die Reißbretter sind heute weitestgehend aus den Planungsbüros verschwunden. Die zeichnerische Darstellung der vorgesehenen Baumaßnahme erfolgt mittels CAD Programmen überwiegend auf Basis von 2d- Planungen. Für Visualisierungen und Öffentlichkeitsarbeiten wurden auch schon in den 1990er Jahren 3d CAD-Modelle parallel zur ordinären Ausführungsplanung verwandt (s. Bild 1). Die Planungswerzeuge entwickeln sich stetig weiter, ebenso die Anwendungsmöglichkeiten.

Mit dem aktuellen Aufschwung werden weitere Einsatzgebiete der Methodik (Anwendungsfälle), die über die Visualisierung und die Öffentlichkeitsarbeit hinausgehen, angestrebt. Bei der Anwendung der 3d-Modellierung wird deutlich, welcher Nutzen im Hinblick auf Verständnis der Konstruktion und Erkennen von Problemen dadurch erreichbar ist und welche Herausforderungen z. B. im Hinblick auf

die Zusammenführung unterschiedlicher 3d-Fachmodelle und die Planableitung aus einem 3d-Modell zu bewerkstelligen sind. Abschnitt 2, der auf die Objektplanung fokussiert, behandelt diese Aspekte.



Bild 1: Neue Schleuse Lauenburg, links 3d Visualisierung aus 1997; rechts nach Fertigstellung 2006

Zum Aufbau eines sinnvollen Informationsmodells ist der Blick auf die Prozesse zwingend erforderlich. Ziel der Digitalisierung ist es, die Prozessbeteiligten nutzerorientiert mit qualitativ hochwertigen Informationen zu versorgen. Nur damit ist eine Unterstützung bei der Beseitigung der eingangs erwähnten Defizite aktueller Großprojekte zu leisten. Viele Informationen werden bereits in singulär gewachsenen IT-Systemen vorgehalten, so dass eine Vernetzung angestrebt werden muss. Abschnitt 2 beleuchtet diesen Aspekt mit Fokus auf die Prüf- und Genehmigungsprozesse in der WSV.

Zum Aufbau eines sinnvollen Informationsmodells ist der Blick auf die Prozesse zwingend erforderlich. Ziel der Digitalisierung ist es, die Prozessbeteiligten nutzerorientiert mit qualitativ hochwertigen Informationen zu versorgen. Nur damit ist eine Unterstützung bei der Beseitigung der eingangs erwähnten Defizite aktueller Großprojekte zu leisten. Viele Informationen werden bereits in singulär gewachsenen IT-Systemen vorgehalten, so dass eine Vernetzung angestrebt werden muss. Abschnitt 2 beleuchtet diesen Aspekt mit Fokus auf die Prüf- und Genehmigungsprozesse in der WSV.

2 3d-Modellierung für die Objektplanung

Wie in Abschnitt 1 ausgeführt wurde, ist BIM als ganzheitlicher Planungsansatz zu verstehen. Ein wesentliches Ziel ist allen an der Planung und der Baudurchführung Beteiligten sämtliche erforderlichen Informationen widerspruchsfrei zur Verfügung zu stellen. Dabei ergeben sich u.a. folgende entscheidende Fragen auf die nachfolgend eingegangen wird:

- a) Wie erhält man aus einem 3d-BIM Modell für die Baudurchführung geeignete Unterlagen?
- b) Gibt es auf Seiten des Planers nur ein 3d-BIM Modell oder mehrere? Wenn es mehrere Teilmodelle gibt, wie können die Modelle eindeutige zueinander in Bezug gesetzt werden? Und wie koordiniert man den Informationsaustausch bei unterschiedlichen Programmsystemen?
- c) Wo, wann und in welcher Form werden die im Rahmen der Objektplanung erarbeiteten Informationen zur Verfügung gestellt? Und welche Informationsausprägung ist für die erforderlichen finalen Abstimmungen einschließlich bauaufsichtlicher Prüfungen maßgebend?

- d) Sind aus 3d-BIM Modellen abgeleitete Informationen zwangsläufig richtig bzw. wie können diese verifiziert werden?
- e) Wie erhält die Baustelle widerspruchsfreie Planunterlagen?

Einleitend sei zur Aufarbeitung obiger Fragestellung erwähnt, dass es hierfür vielfältige konkurrierende Ansätze gibt. Die Ansätze müssen auch die jeweils im Einzelfall differenzierten Projektanforderungen und Strukturen berücksichtigen.

Sofern die Planungen nicht durch einen Generalplaner durchgeführt werden hat der Auftraggeber die Koordinationspflicht zwischen den jeweiligen Fachplanern. Dabei muss er dann auch steuern, zu welchen Zeitpunkten Planungsergebnisse den jeweiligen Fachgewerken untereinander zur Verfügung gestellt werden und wie der Austausch zwischen den Beteiligten erfolgt (u. a. IT-Infrastruktur, Definition von Schnittstellen zwischen den Beteiligten, Verifizierung der jeweiligen Planungsstände vor Verteilung an die jeweiligen Fachplaner, Koordination der Fachplaner und des gesamten Planungsablaufes ...). Die Verantwortung für das funktionsgerechte Planungsergebnis obliegt dann dem AG auf Grund seiner Koordinationspflicht. Daher ist zu empfehlen, Planungen zusammenhängend einem Generalplaner zu übertragen, der damit auch die Koordinationspflichten unterschiedlicher Fachplaner (ggfs. seiner Nachunternehmer) wahrnimmt. Damit ist ausschließlich der Generalplaner gegenüber dem AG planungsverantwortlich und trägt auch die Verantwortung für das funktionsgerechte Planungsergebnis. Nachfolgend wird entsprechend der obigen Empfehlung davon ausgegangen, dass die Planungen durch einen Generalplaner erfolgen.

Zu a)

Ein 3d-BIM Modell ist auf Grundlage der vertraglich geschuldeten Anforderungen zu erstellen. Der vereinbarte LOD (level of detail) bildet dabei die Grundlage bezüglich des Modell- Detaillierungsgrades. Der vereinbarte LOD wird in der Regel nicht alle für die Realisierung der konkreten Maßnahme erforderlichen Informationen beinhalten. Das 3d-BIM Modell als solches stellt für sich genommen nach heutiger Sicht keine geeignete Ausführungsunterlage dar. So werden 3d-BIM Modelle i. d. R auch nicht bemaßt oder mit Textinformationen unterlegt. Im Ergebnis daraus ist festzuhalten, dass 3d-BIM Modelle aus mehreren 3-d Fachmodellen bestehen und 2d-Ausleitungen als Ausführungsunterlage abgeleitet werden müssen, siehe Bild 2. Zu diesen 2d-Ausleitungen gehören Bewehrungspläne, Schalpläne, Pläne von Einbauteilen, Ausführungsplanung für Lager, Verschlüsse und Dichtungen, Rammpläne, Baugrubenpläne, Schweißfolgepläne, etc.

Diese Unterlagen müssen außerhalb des 3d-BIM Modells weiter bearbeitet werden. Bei dieser Nachbereitung sind unabhängig vom vereinbarten LOD alle für die jeweilige Leistungsphase erforderlichen Informationen zu ergänzen. Bei Plangut sind dies beispielsweise erforderliche Detailplanungen, Schraffuren, Bemaßungen, Legenden, Schriftfelder und Zeichnungsrahmen. Diesbezüglich wird auf Bild 1 und 2 verwiesen.

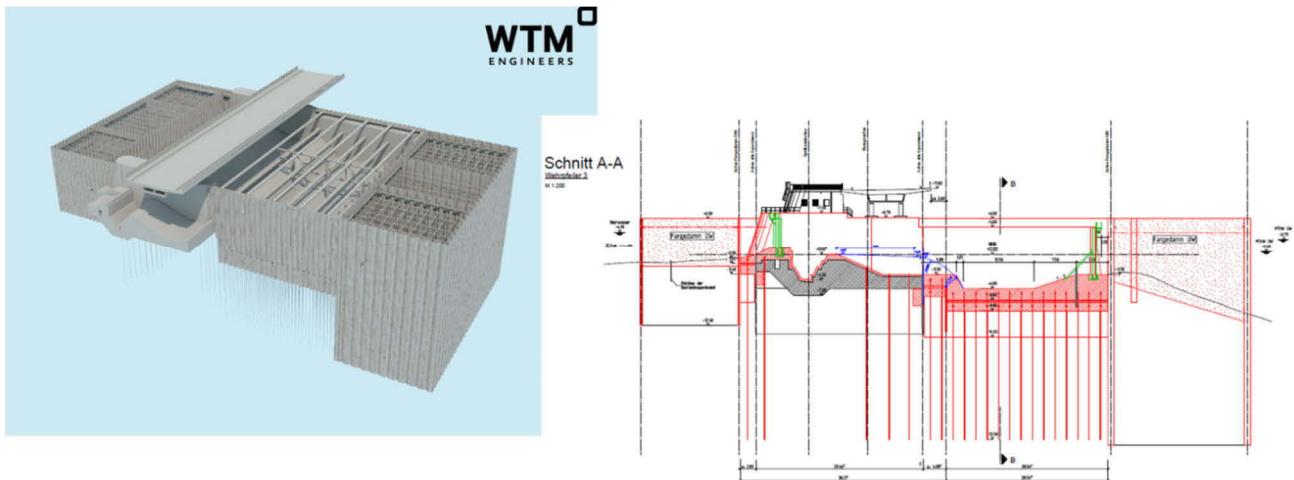


Bild 2: GI Wehr Geesthacht WF 3; 3-d BIM Modell und abgeleitete Planunterlage

Zu b)

In der Praxis werden zukünftig bei größeren Bauvorhaben des Ingenieur- und Wasserbaus i. d. R. mehrere Modelle existieren und in der Planung zusammengeführt werden müssen. Dabei werden in einer Planung regelmäßig auch verschiedene Softwarewerkzeuge verwendet. Am Beispiel der laufenden Planungen zur Grundinstandsetzung des Wehrfeldes 3 der Wehranlage Geesthacht kann dies verdeutlicht werden. Der Generalplaner WTM Engineers hat für die Fachplanung des Stahlwasserbaus das Büro Schippke und Partner als Nachunternehmer gebunden. Die Planungen werden AN- seitig mit BIM-Ansätzen realisiert, d. h. im Zuge der Planung werden hauptsächlich 3d-Modelle erstellt. Dabei arbeitet das Büro WTM mit der Software Allplan für die Massivbauplanung, den Spezialtiefbau und die Baugruben koordinatenecht im Gauß Krüger System, vgl. Bild 2 links. Der Planer des Stahlwasserbaus arbeitet in einem lokalen Koordinatensystem mit der Software Revit und hat für die Fachplanung ein reduziertes 3d Modell mit der Berandung des Massivbaus übergeben bekommen. Das reduzierte Modell reicht für den Stahlwasserbauer aus, um bereits bei seiner Fachplanung Kollisionsprüfungen durchzuführen und bei etwaigen Kollisionen erforderliche Abstimmungen mit dem Massivbauplaner zu initiieren. In allen 3d-Modellen sind separat Koordinationskörper hinterlegt (vgl. Bild 3 und Bild 4). Die Koordinationskörper stellen sicher, dass die Planungen trotz verschiedener Koordinatensysteme und Maßeinheiten (Massivbau m und cm; Stahlbau mm) spannungsfrei zusammengeführt werden können.

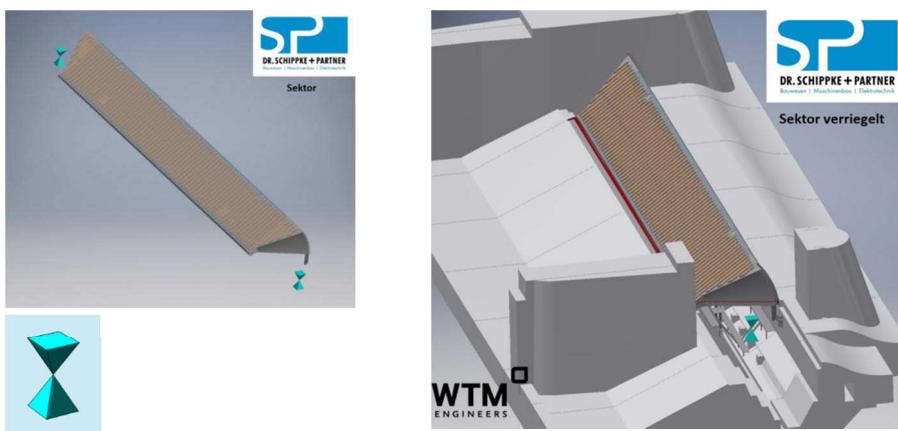


Bild 3: GI Wehr Geesthacht WF 3; Koordinationskörper in den Modellen

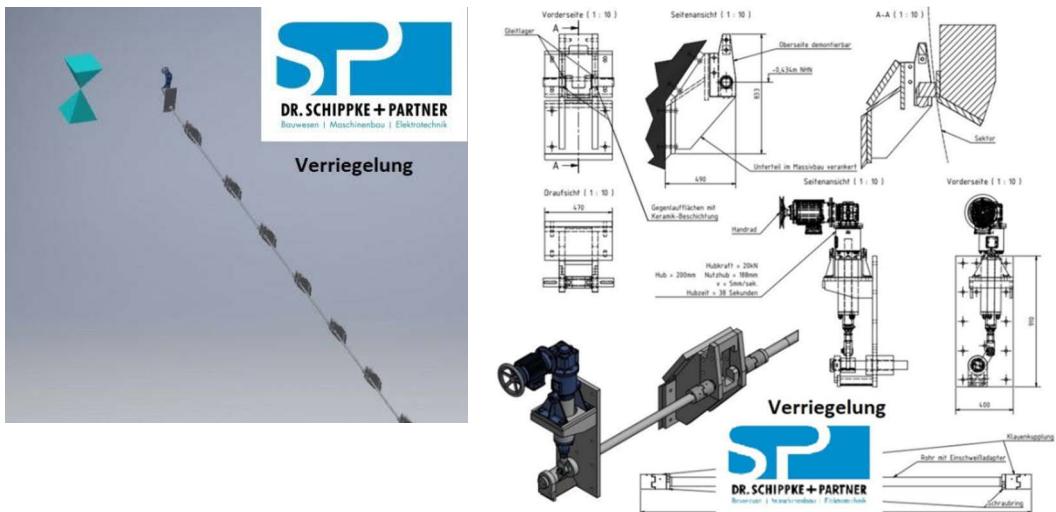


Bild 4: GI Wehr Geesthacht WF 3; Baugruppe mit Koordinationskörper und Zeichnungsableitung der Verriegelung

Zu c)

Alle relevanten Planunterlagen werden nach Fertigstellung auf den Servern von WTM Engineers abgelegt und zusammengeführt. Die Koordination der einzelnen Fachplanungen obliegt damit dem AN wie bereits oben ausgeführt. Die aus dem 3d BIM Modellen abgeleiteten 2d Unterlagen (s. Antwort zu a)) werden im Zuge des Planungsprozesses zur Abstimmung mit dem AG vom AN in den Arbeitsbereich der DVTU (Digitale Verwaltung technischer Unterlagen) geleitet. Im laufenden Planungsprozess werden dabei die Archiv-Druckformate in der Form PDF A/1b (Langzeitarchivierung) übergeben. Mit Abschluss der Planung sollen ergänzend auch die entsprechenden nativen Dateien, für Plangut in Form von Microstation DGN, übergeben werden. Sofern die Übergabe des 3d-BIM Modells des AN gewünscht ist, sind weitere Festlegungen erforderlich, insbesondere die Vorgabe eines Übergabeformates, z.B. IFC Format. An dieser Stelle sei angemerkt, dass für die Übergabe der 2d Planableitungen das 3d Modell im IFC Format nicht optimal geeignet ist, da dort beispielsweise Vermaßungen und Bemusterungen in Einzelemente zerfallen können.

Zu d)

Auch Planungen mit BIM Ansätzen müssen verifiziert werden. Bei statischen Berechnungen ist es jedem ohne besondere Erwähnung eingängig, dass beispielsweise FEM Berechnungen durch geeignete Vergleichsrechnungen geprüft werden müssen. Bei den Informationen eines BIM Modelles (Attribute) verhält es sich ebenso. Wir können nicht zwangsläufig davon ausgehen, dass aus einem 3d-BIM Modell alle gewünschten Informationen widerspruchsfrei und fehlerfrei ausgeleitet werden können. Auch ist nicht zwingend davon auszugehen, dass diese Informationen per se richtig hinterlegt worden sind, z.B. eine Mengenermittlung. Dementsprechend müssen die ausgeleiteten Informationen verifiziert werden. Zur Verifizierung wesentlicher Massen ist es durchaus denkbar ein ggfs. reduziertes 3d-Modell auf Seiten des AG oder auch beim Prüfingenieur mit den wesentlichen Planungsergebnissen nachzufahren.

Ein derartiges Modell kann dann zur Verifizierung mit verwandt werden, vgl. Bild 5 (3d Verifizierungsmodell des WSA Lauenburg).

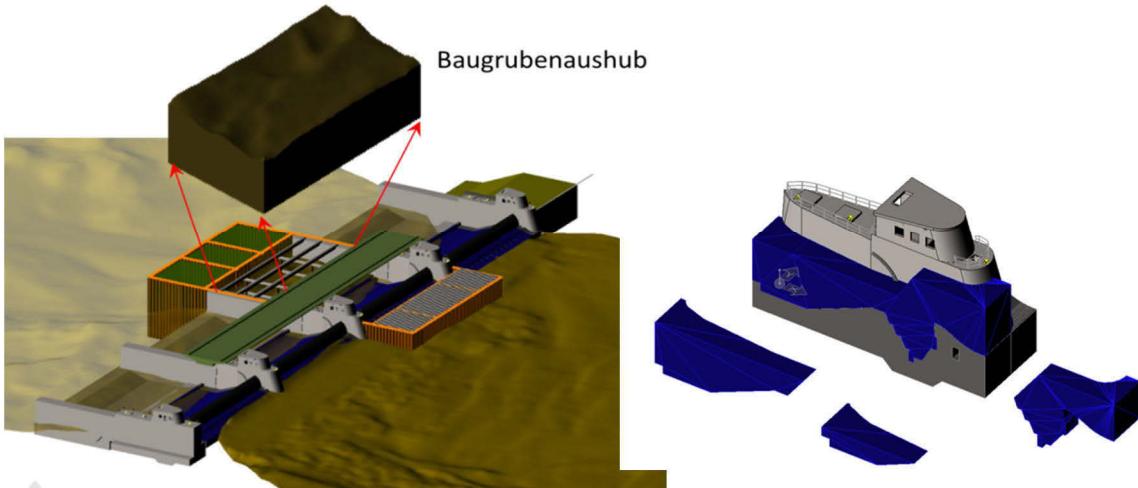


Bild 5: GI Wehr Geesthacht; Kontrollmodell zur Verifizierung von Planungsergebnissen und Massen (rechts Wasserdruckfiguren)

Die Frage der Informationsbeschaffung stellt insbesondere beim Bauen im Bestand eine besondere Herausforderung dar. Für die Planungen an der Wehranlage Geesthacht wurden dem Planer aus der DVtU der WSV rd. 500 Dateien zur Verfügung gestellt. Zum Teil waren diese spannungsbehaftet, so dass nach Vorgabe des Planers an ausgewählten Stellen Kontrollmessungen durch die Vermesser des WSA Lauenburg erfolgten. Weiterhin wurden die aktuellen Peilergebnisse als 3d Triple Wert im Gauß-Krüger-Koordinatensystem im Lagestatus 100 NI mit Höhenwerten in NHN (Daten, die aus vorliegenden Peilungen ausgelesen werden können) übergeben. Aus den zur Verfügung gestellten Unterlagen wurde in den relevanten Planungsbereichen zunächst ein 3d Bestandsmodell erarbeitet, welches die Grundlage für die Grundinstandsetzungsplanung darstellt.

Zu e)

Das 3d-BIM Modell als solches ist im Planungsprozess als Werkzeug zu verstehen. Wie in Abschnitt 2 ausgeführt, entstehen bei der Projektabwicklung mit Anwendung der Methoden des BIM neben den 3d-BIM Modellen abschließend daraus abgeleitete 2d Unterlagen. Um konkurrierende Planunterlagen mit der Gefahr möglicher Differenzen auszuschließen, ist es sinnvoll, festzulegen, welche Unterlagen für die finale Abstimmung zwischen den an der Planung und dem Bau Beteiligten maßgebend ist und welche Unterlagen zu welchen Zeitpunkten final übergeben werden. Entsprechend der RiDaLi der WSV, welche gemeinsam mit der ZTV-W 202 vereinbart wird, hat dabei das Archiv-Druck-Format (PDF A/1b) eine zentrale Bedeutung. Ausgaben von technischen Unterlagen sollen über das Archiv-Druck-Format erfolgen, um die Eindeutigkeit und Reproduzierbarkeit der Unterlagen sicherzustellen. Es ist ratsam diesen Weg auch bei Anwendung der Methode des BIM in den Blick zu nehmen. Das BIM Modell als solches ist ja - wie oben ausgeführt - in erster Linie ein Planungswerkzeug zur Erarbeitung der erforderlichen Entwurfs- und Ausführungsunterlagen, kann für sich aber nicht als Ausführungsunterlage herreichen. Bild 6 illustriert einen möglichen Weg zu abgestimmten und genehmigten Ausführungsunterlagen bei Anwendung der Methode des BIM.

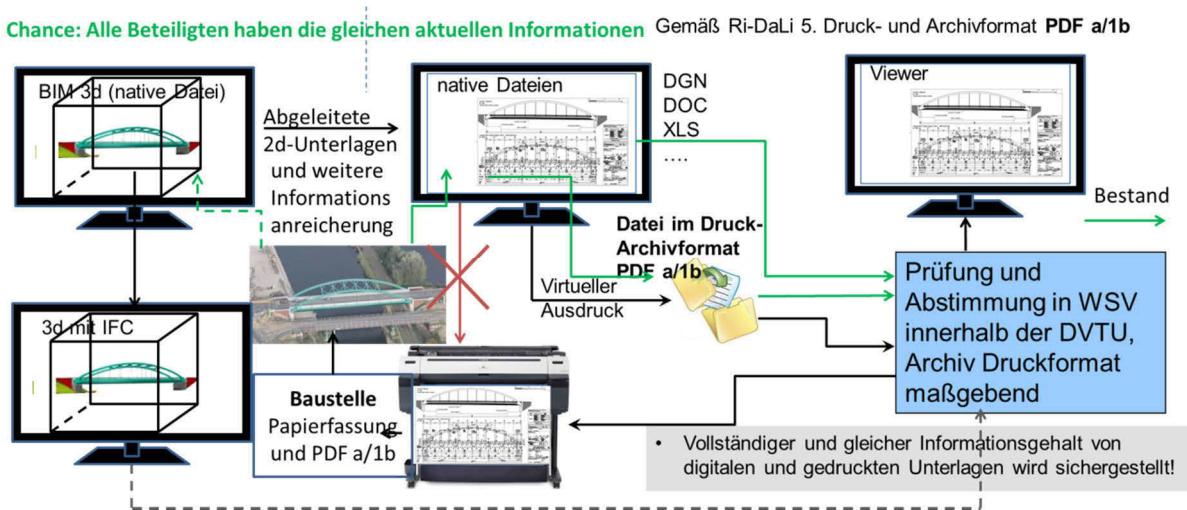


Bild 6: Der Weg zu abgestimmten und genehmigten Ausführungsunterlagen

Etwaige bauseitige Änderungen sind im späteren Herstellungsprozess zu dokumentieren. Korrekt wäre eine Aktualisierung der nativen 3d-BIM-Dateien (Fachmodelle) mit anschließend erneuter Ausleitung der 2d-Zeichnungen. Hier ist aus pragmatischen Gründen u. U. eine Dokumentation in den abgeleiteten, nativen 2d Unterlagen zumindest derzeit sinnvoll. Es ist dann aber zu beachten, dass es eine Diskrepanz zwischen den 3d-Modellen und den Bestandsplänen gibt.

3 Prozessorientierte Informationsmodellierung der Verwaltungsabläufe

Auch wenn die Objektplanung der Kern der Planungsphase ist, ergeben sich beim Blick auf den Gesamtprozess „Planen, Bauen und Betreiben eines Infrastrukturbauwerks“ andere Perspektiven.

Analog zum bereits erwähnten Bericht der Reformkommission Großprojekte des BMVI [1] hat sich in der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) eine Arbeitsgruppe mit der Projektplanung und deren Optimierungspotential beschäftigt. Zugehörige Stichworte sind Planungsbeschleunigung, Qualitätsverbesserung, Termintreue und Kostenwahrheit. Die Arbeitsgruppe hat 11 Themenfelder mit Handlungsempfehlungen formuliert, die sich mit verwaltungsinterner Zusammenarbeit, Planungsmanagement, Kostensicherheit, Prüf- und Genehmigungsabläufen sowie Vergabefragen beschäftigen [2]. Für viele Handlungsempfehlungen kann die Digitalisierung durch optimierte, standardisierte und stringente Workflows, durch einheitliche Datengrundlagen und Transparenz einen erheblichen Beitrag leisten. Ziel dabei ist, dass die Prozesse optimal mit Informationen unterstützt werden.

Informationen werden in der Regel benötigt, um Entscheidungen zu treffen. Folglich sind diese Entscheidungsmomente und die dafür benötigten Informationen zu identifizieren. Es ist dann zu untersuchen, wer die Information liefern kann (Informationslieferant) und wie sie in ein Informationsmodell eingefügt werden kann, so dass sie auch für andere Entscheidungsmomente redundanzfrei zur Verfügung steht.

Übertragen auf die WSV ergeben sich im Planungsprozess gemäß VV-WSV 2107 *Entwurfsaufstellung* folgende großen Entscheidungsmomente: Voruntersuchung, Entwurf HU, ggf. Planfeststellungsverfahren, Entwurf AU.

Zu diesen einzelnen Schritten gehören Prüf- und Genehmigungsprozesse, die nach Zusammenstellung der Unterlagen durchlaufen werden. In der WSV steht für diese Prozesse das IT-System *Digitale Verwaltung technischer Unterlagen* (DVtU) zur Verfügung. Das bedeutet, das Informationspaket kann in DVtU zusammengestellt und anschließend der Prüf- und Genehmigungsworkflow ausgelöst werden (s.a. Abschnitt 2). Durch den Zugriff auf einen zentralen Server können die für die Prüf- und Genehmigungsprozesse verantwortlichen Dienststellen auf die Informationspakte digital zugreifen. Das Rollen- und Rechtekonzept ermöglicht die erforderliche Dokumentation der einzelnen Prozessschritte.

Neben der Dokumentation des Workflows geht es im Kontext der Digitalisierung schwerpunktmäßig um die Informationspakte. Im Folgenden wird beispielhaft auf die Voruntersuchung fokussiert. Bestandteile der Voruntersuchung sind z. B.

- die Grundlagenermittlung,
- eine Alternativen- und Variantenbetrachtung und
- die Haushaltsumittelbedarfsabschätzung.

Einzelne Bestandteile können aktuell bereits aus anderen IT-Systemen bereitgestellt werden, s. Bild 7. So ist z. B. für die Grundlagenermittlung ein Zustandsbericht der Bauwerksinspektion erforderlich, der aus dem IT-System WSVPruf übertragen werden kann. Grundinformationen zum Bauwerk wie Lage, Wasserstraße und technische Details, etc. können in Kürze aus WInD integriert werden. Für viele Informationen bietet das Geoportal der WSV umfangreiches Kartenmaterial.

Eine Alternative- und Variantenbetrachtung kann mit entsprechend vereinfachten 3D-Visualisierungen veranschaulicht werden.

Bild 8 zeigt eine Neubauvariante des Durchstichwehrs Quitzöbel (WNA Magdeburg). Der Neubau der Wehrpfeiler direkt neben den bestehenden Pfeilern mit Erhalt des Brückenüberbaus und die vorgesehenen Gestaltung der Baugrube werden dabei im Rahmen der für die Voruntersuchung erforderlichen Genauigkeit sehr anschaulich dargestellt. Der Aufwand zur Erstellung eines solchen Modells ist nach Aussage des WNA Magdeburg sehr überschaubar.

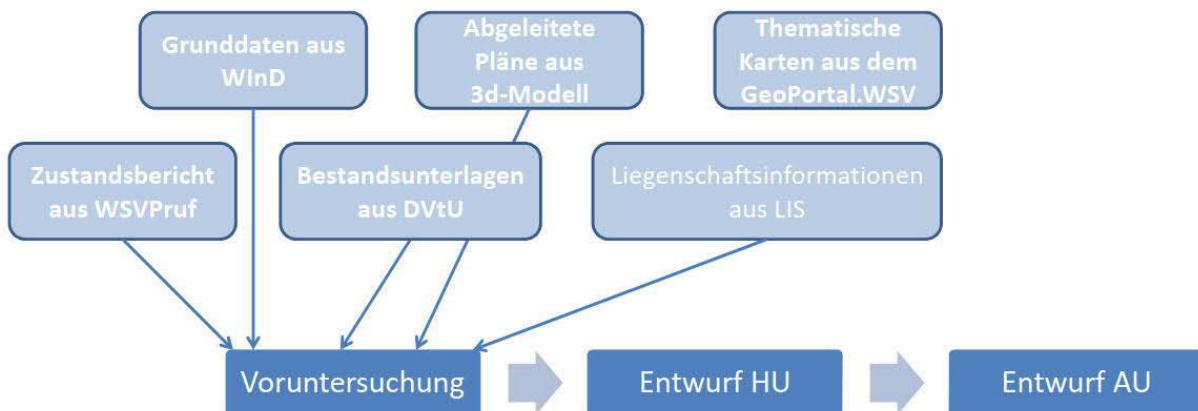


Bild 7: Informationspaket für die Voruntersuchung

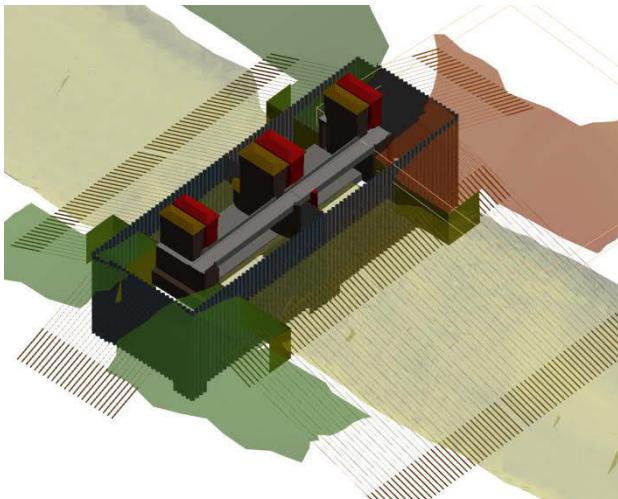


Bild 8: Neubauplanvariante Durchstichwehr Quitzöbel, Quelle: WNA Magdeburg

Haushaltsmittelbedarfsabschätzungen erfolgen im Rahmen der Voruntersuchung auf Basis von groben Kostenansätzen. Hierzu wurden für Wehranlagen z. B. Kostenansätze in Abhängigkeit der Wehrfeldbreite, der Stauhöhe und der Verschlussart aufgestellt. Perspektivisch ist eine zentrale Preisdatenbank geplant, die aus der Abrechnung durchgeföhrter Baumaßnahmen automatisch gespeist wird und aus der aggregierten Kostenkennwerte für unterschiedliche Bearbeitungsstufen der Planung hergeleitet werden können. Die Digitalisierung muss hier den Kreis zwischen Ausschreibung, Vergabe, Abrechnung, Auswertung und Planung des nächsten Bauwerks schließen.

Im Rahmen der Prüf- und Genehmigungsprozesse können viele Aufgaben digital abgearbeitet werden. Dazu zählt beispielsweise

- ein Großteil der formalen Prüfung (Sind alle erforderlichen Bestandteile des Entwurfs enthalten? Sind die entsprechenden Formblätter verwendet worden?),
- Informationen des Workflows (Liegt die Zustimmung der vorgesetzten Behörde vor?) sowie
- inhaltliche Prüfungen (Wurden in der Ausgabenberechnung die Vordersätze in einer Mengenberechnung ermittelt? Erhöhen sich bei zu einem Entwurf-HU gehörenden Entwurf-AU die im Entwurf-HU für die betreffende Maßnahme veranschlagten Ausgaben um weniger als 30% oder 5.000.000 €?)

Eine konsequente Digitalisierung dieser Prozesse lässt eine signifikante Beschleunigung erwarten (Schneller Bauen). Gerade bei den Beispielen der Prüf- und Genehmigungsprozesse wird aber deutlich, dass viele Informationen, die aktuell in Dokumenten enthalten sind, perspektivisch maschinenlesbar in Daten überführt werden müssen.

Mit den gezeigten Beispielen wurde dargelegt, dass aus Sicht des Infrastrukturbetreibers und mit Orientierung an den organisatorischen Vorgaben (VV-WSV 2107) eine Vernetzung der bestehenden IT-Systeme einen großen Beitrag für identifizierte Optimierungspotentiale bei der Planung von Großprojekten leisten kann. Folgende Aufgaben sind dazu zu erledigen:

- Vereinheitlichung und Optimierung der Prozesse
- Vereinheitlichung und Strukturierung der Informationsbedürfnisse
- Vernetzung der bestehenden IT-Systeme und Beseitigung von Redundanzen
- Überführung von dokumentenbasierten Informationen in maschinenlesbare Daten

Ein großer Vorteil der bestehenden IT-Systeme ist die Integration in bestehende Prozesse. Dies führt in der Regel zu aktuellen Daten in guter Qualität bei gleichzeitig hohem Füllungsgrad. Daten(sammlungs)banken ohne Prozessintegration leiden häufig unter geringen Füllungsgraden und schlechten, häufig veralteten Daten. Dreidimensionale Modelle leisten in diesem Kontext ihren Beitrag, vornehmlich im geometrischen Bereich (Visualisierung, Kollisionsprüfung, Planableitung).

Demgegenüber stehen BIM-Ansätze, die eine weitest gehende Integration aller Informationen in das dreidimensionale Modell, häufig in Form von Attributen, anstreben. Dieser Ansatz ist in der Regel mit großem Engagement bei der ifc-Entwicklung verbunden, da die Informationen aus dem Modell wieder exportiert werden müssen. Für eine Infrastrukturverwaltung mit bestehenden IT-Systemen scheint dies nicht zielführend.

4 Fazit

Die Methode des BIM stellt ein ganzheitliches Planungswerkzeug zur Verfügung. Um für die Genehmigungsprozesse und die spätere Baudurchführung eindeutige und vertragssichere Unterlagen zur Verfügung stellen zu können, sind die aus den 3d-BIM Modellen abgeleiteten 2d Pläne bis auf weiteres das bewährte baustellentaugliche Mittel. Eine alleinige Abstimmung am 3D-BIM Modell erscheint gegenwärtig nicht sinnvoll, da nach wie vor für die Baudurchführung Ausführungsunterlagen in 2D Ausprägung erforderlich bleiben und diese als maßgebende Grundlage für die Realisierung verwendet werden, vgl. hierzu auch die Ausführungen in Abschnitt 2.

Die Anwendung von BIM sollte als Werkzeug verstanden werden um das bestmögliche Planungsergebnis zu erhalten. Die bautechnischen Vorschriften werden diesen Planungsansatz aufgreifen, beispielsweise ist im Entwurf der DIN 18202:2013-04 [3] für 3d-Planungen bereits ein Werkzeug zur Abbildung von Toleranzen erwähnt („Toleranzen können im Boxenprinzip dargestellt werden.“). Um die Risiken bei Anwendung dieser Methode zu minimieren bzw. ganz auszuschließen, ist eine Vorgehensweise wie in

Bild 6 aufgezeigt hilfreich.

Die ZTV-W 202 als wesentliche Vertragsbedingung für Planungsleistungen im Wasserbau benötigt für die Anwendung des BIM ergänzende Regelungen. Ein erster Entwurf der „Ergänzende Regelungen im Hinblick auf die Anwendung der Methode des Building Information Modeling (BIM)“ in Verbindung mit der ZTV W 202 wurde bereits erarbeitet und wird entsprechend den wachsenden Erfahrungen fortgeschrieben. Entsprechende Regelungen sind -bis sie allgemeinverbindlich festgelegt werden- in jedem Einzelfall neben den AIA und dem BAP zu vereinbaren.

Über die Objektplanung hinaus bietet die Digitalisierung ein großes Potential, um die vielfach identifizierten Optimierungspotentiale auszuschöpfen. Dazu ist eine Analyse der Prozesse mit nachgelagerter Vereinheitlichung und Optimierung erforderlich, um einheitliche Informationspaketes zu generieren,

die die Basis für ein Informationsmodell darstellen. Bei aller Sinnhaftigkeit und allem Potential des 3d-Modells ist zu beachten, dass es final um ein Informationsmodell für Bauwerke geht, nicht um ein Bauwerksmodell mit Informationen.

5 Literatur

- [1] BMVI (2015) Reformkommission Bau von Großprojekten – Endbericht.
- [2] BMVI (2015) Stufenplan Digitales Planen und Bauen.
- [3] DIN 18202:2013-04, Toleranzen im Hochbau – Bauwerke. Beuth-Verlag. Berlin, 2013.

5. Schleuse Brunsbüttel – Informationen zur Baumaßnahme unter besonderer Berücksichtigung des Stahlwasserbaus

Dipl.-Ing. Joachim Abratis (Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Brunsbüttel)

Einleitung

Der Nord-Ostsee-Kanal (NOK) ist für die nationale und internationale Schifffahrt ein wichtiger Ostseezugang und steht als umweltfreundlicher Transportweg im Wettbewerb zur Skagenroute. Für die deutschen Nordseehäfen ist der NOK ein wichtiger Standortvorteil durch eine Verkürzung der Fahrtzeiten- und -wege.

Die jährlichen Passagezahlen liegen bei durchschnittlich 33.000 Fahrzeugen (ohne Sportbootpassagen).

Die vorhandene Schleusenanlage in Brunsbüttel ist seit der Fertigstellung vor über 100 Jahren im ununterbrochenen Betrieb und besteht aus insgesamt vier Schleusenkammern. Die Kleine (Alte) Schleuse im Süden der Anlage ist seit 1895 in Betrieb und besteht aus zwei Schleusenkammern mit Nutzlängen von 125 m.

Die Große (Neue) Schleuse im Norden der Anlage wurde 1914 fertiggestellt und besteht aus zwei großen Schleusenkammern mit Nutzlängen von 310 m.

Durch die Lage im Tidebereich der Nordsee dienen die Schleusen einerseits der Überwindung der unterschiedlichen Wasserstände zwischen Elbe und Nord-Ostsee-Kanal, andererseits sind sie Bauwerke des Küstenschutzes. Darüber hinaus erfolgt über die Schleusen eine Regulierung der Vorflut im Landesinneren.

Das Baufeld für den Neubau der 5. Schleusenkammer liegt – mit allen Vor- und Nachteilen - direkt zwischen den bestehenden Doppelschleusen auf der von diesen gebildeten Schleuseninsel.



Bild 1: Luftbild der Schleusen Brunsbüttel (WSA Brunsbüttel)

An den Großen Schleuse ist eine umfassende Grundinstandsetzung des Massivbaus, Stahlwasserbaus sowie der maschinen- und elektrotechnischen Anlagen zur Aufrechterhaltung der Verkehrs- und Betriebssicherheit erforderlich. Der Neubau einer zusätzlichen Schleusenkammer vor der Durchführung einer Grundinstandsetzung wurde untersucht und als wirtschaftlich sinnvolle Lösung veranlasst. Dadurch werden die mit einer Grundinstandsetzung erforderlichen Sperr- und Wartezeiten für die Schifffahrt begrenzt und eine Abwanderung des Schiffsverkehrs vermieden.

Zur Kostenreduzierungen im späteren Betrieb und der Erhöhung der Anlagensicherheit wurde insbesondere die Kammerbreite an die Breite der vorhandenen Großen Schleusen angepasst (Austauschbarkeit der Schiebetore mit der Großen Schleuse) und die Kammerlänge daran orientiert.

Der Baugrund ist durch eine Kleischicht von der Geländeoberkante bis etwa NHN -23,0 m, überwiegend weicher Konsistenz gekennzeichnet. Erst darunter befinden sich Sande mit Kies, mit großer bis sehr großer Festigkeit, die von Geschiebemergel steifer bis halbfester Konsistenz unterlagert werden.

Beschreibung der Baumaßnahme

Die Schleuse besteht aus einem Außen- und Binnenhaupt und einer Schleusenkammer mit einer Länge von insgesamt rd. 360 m und einer Breite von 45 m. Die Verschlusskörper in den Schleusenhäuptern werden als Schiebetore ausgebildet.

Der elbseitige Vorhafen hat eine Länge von rd. 500 m. Beginnend an der Mole wird zunächst eine geböschte Uferbefestigung gebaut, die Richtung Schleuse zur Sicherung des Geländesprunges zu einem Spundwandaufwerf wechselt. Zum Schutz der Anlagen und als Manövriehilfe werden Leitwerke elb- und kanalseitig angeordnet.

Aufgrund der unmittelbaren Nähe der Einbaubereiche zu vorhandenen, erschütterungsempfindlichen Bauwerken der bestehenden Schleusenanlage (die Kleine (Alte) Schleuse ist im Klei, die Große (Neue) Schleuse in den Sanden, flach gegründet) müssen die Gründungs- und Baugrubenelemente mit erschütterungsarmen Bauverfahren eingebracht werden. In Abhängigkeit von der Örtlichkeit werden im Wesentlichen zwei Einbringverfahren eingesetzt. Landseitig erfolgt der Einbau der kombinierten Spundwände in einen Einphasenschlitz. Wasserseite und im Böschungsbereich werden verrohrte Mantelbohrungen hergestellt, in die die Tragbohlen eingestellt und die Tragbohlenfüße einbetoniert werden. Oberhalb des Betons kommt als Bohrlochstützung eine Bodenersatzsuspension zum Einsatz. Die Füllbohlen werden nachträglich, nach Ausführung von Räumungsbohrungen, eingebracht. Rückverankerung werden soweit erforderlich gebohrt und überwiegend als Düsenstrahlpfähle ausgeführt.

Die Kammerwände werden als einfach rückverankerte, kombinierte Spundwand mit einem Stahlbetonholm und auf Ortbetonbohrpfählen tiefgegründeter Abschirmplatte hergestellt. Als Rückverankerung kommen Düsenstrahlschrägpfähle zur Anwendung. Die Kammerseite erhält eine Stahlbetonvorsatzschale zum Schutz vor mechanischen Beanspruchungen infolge des Betriebs der Schleuse. Dieser gesamte Stahlbetonüberbau wird in fugenloser Bauweise hergestellt.

Der Korrosionsschutz für die Spundwand sowie die Bewehrung der Stahlbetonschürze im Bereich der Wasserwechselzone erfolgt durch eine fremdstrombetriebene KKS-Anlage.

Die Kammersohle ist eine mittels Düsenstrahlpfählen rückverankerte Unterwasserbetonsohle und dient der Aussteifung der Kammerwände. Die vollständige Trockenlegung im Rahmen von Revisionen ist nicht vorgesehen und mit wirtschaftlichen Konstruktionen nicht erreichbar.

Die Häupter werden in trockenen und ausgesteiften Baugruben mit rückverankerter Unterwasserbetonsohle hergestellt. Die monolithisch und fugenlos in Stahlbetonbauweise erstellten Bauteile sind baulich wie folgt unterteilt:

- Torkammer zur Aufnahme des Schiebetors bei geöffneter Schleusenkammer und mit Überwasserschiene für den Toroberwagen,
- Drempel im Bereich der Schleusendurchfahrt mit Unterwasserschiene für den Torunterwagen,
- Toranschlagpfiler am Ende des Drempels zum Dichten und zur Aufnahme der Lasten aus dem Schiebetor in geschlossenem Zustand,
- Torhäuser mit Antriebsanlagen und betrieblichen Einrichtungen.

Aufgrund der Lage müssen die Baugruben während der Bauzeit den Hochwasserschutz sicherstellen. Bei Baugrubentiefe von bis zu 26 m ist mit einem Wasserüberdruck von ca. 20 m zu rechnen. Da die Füllbohlen keine Zulassung für die hohen Wasserüberdrücke haben, ist eine Stützung erforderlich, die entweder über die Gewölbewirkung einer erhärteten, mit Zement angereicherten Bodenersatzsuspension oder über innenliegende und betonverfüllte Füllbohlelemente erfolgt.

Die klimatischen Bedingungen verbunden mit der vorgesehenen Lebensdauer des Bauwerkes von 100 Jahren verlangen hohe Anforderungen an die Konzeption des Betons. Hier sind die Beanspruchungen aus der exponierten Lage, durch Feuchtigkeit in Verbindung mit Frost- und Chloridangriff (Meerwasser), die extreme mechanische Beanspruchung aus der Nutzung und die großen Bauwerksabmessungen (massige Bauteile) zu berücksichtigen.

Die Schiebetore fahren stirnseitig auf einem Torunterwagen und sind antriebsseitig an einem hinteren Toroberwagen aufgehängt. Dieser Toroberwagen wird über drucksteif gelagerte Ketten mittels Elektromotoren in den Torhäusern angetrieben. Die Befüll- und Entleervorgänge der Schleusenkammer erfolgen über je 4 Füllkanäle mit doppelten Hubschützen die in den Schleusentoren integriert sind. Die Hubschütze werden mit Hydraulikzylindern angetrieben. Für Revisionszwecke sind die Tore schwimmfähig. Dazu befinden sich in der unteren Torhälfte Auftriebstanks, die im eingebauten Zustand z.T. gefüllt sind. Durch eine im Tor eingebaute Lenz- und Ballastieranlage kann einerseits im Betrieb das Tor entsprechend der Anforderungen (z. B. aus erhöhten Sturmflutwasserständen) nachballastiert werden. Anderseits sind schwimmstabile Zustände für Ein- und Ausbau der Tore auch ohne zusätzliche Auftriebskörper (Hebepontons) möglich.

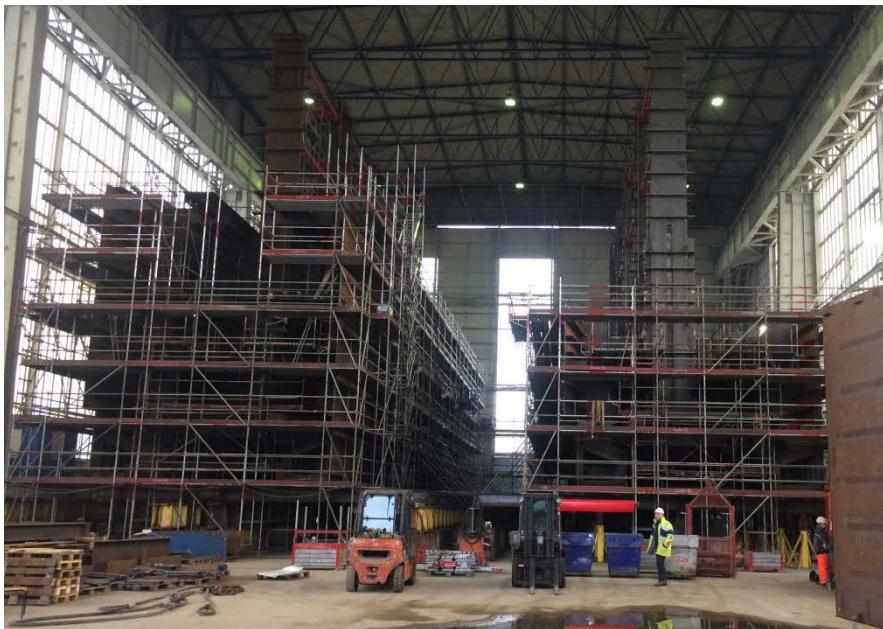


Bild 2: Fertigung der Schiebetore in der Schiffbauhalle in Emden (WSA Brunsbüttel)

Bei den landseitigen und wasserseitigen Baufeldern handelt es sich um Kampfmittelverdachtsflächen, die insbesondere vor den Baggerarbeiten beräumt werden mussten. Beim Rückbau der Schleuseninsel, dem Aushub der Schleusenkammer und der Baugruben als Nass- und Trockenaushub fällt insgesamt ca. 1,9 Mio. m³ Boden an. Dieser wird mit Schuten zum ca. 12 km kanalaufwärts gelegenen ca. 60 ha großen Bodenlager Dyhrssenmoor transportiert, dort angelandet und eingebaut. Aufgrund geringer Tragfähigkeit und eines oberflächennahen Grundwasserstandes, wurden im Vorfeld Bodenverbesserungen, die Herstellung eines Entwässerungssystems mit Flächendrainagen und der Bau von Baustraßen erforderlich.

Je nach Vernässung und Konsistenz der angelandeten Böden ist die Vorbehandlung der Böden zum Erreichen der Einbaufähigkeit notwendig. Hierzu stehen Flächen im Bodenlager zur Verfügung. Insgesamt ist der Einbau des Aushubbodens mit einer mittleren Tagesleistung von bis zu 2.500 m³/Tag vorgesehen.

Eine Herausforderung stellt die Insellage hinsichtlich der Baustellenlogistik und des Baustellenmanagements dar. Baumaterial, Baugeräte und Personal müssen auf dem Wasserweg zum Baufeld transportiert werden. Neben einem binnenseitigen Fähranleger (als Rettungs- und Verkehrsweg) sind zwei bauzeitliche, elbseitige Anleger (für Massengutumschläge) auf der Schleuseninsel eingerichtet. Für die Betonage ist ein eigenes Mischwerk auf der Schleuseninsel in Betrieb, das insbesondere für die erforderlichen Großbetonagen den stetigen Materialfluss sicherstellt. Der Rückbau nach Abschluss der großen Betonagen beeinflusst den Bauablauf maßgeblich, da diese im zukünftigen direkten Zufahrtsbereich der Schleuse angeordnet werden musste.

Der Neubau wurde im Rahmen der Hauptbaumaßnahme 2014 begonnen. Ursprünglich sollte die Schleuse ab 2021 fertig gestellt sein, nach aktueller Einschätzung wird sich dies um ca. drei Jahre verschieben. Gründe sind die Probleme bei der Kampfmittelfreigabe, insbesondere im mit Schlick beaufschlagten Unterwasserbereich. Darüber hinaus sind die beschriebenen logistischen Herausforderun-

gen und die aufwändige Verifizierung der im Vorwege im Rahmen einer Z. i. E. zugelassenen Düsenstrahlpfähle zu benennen.

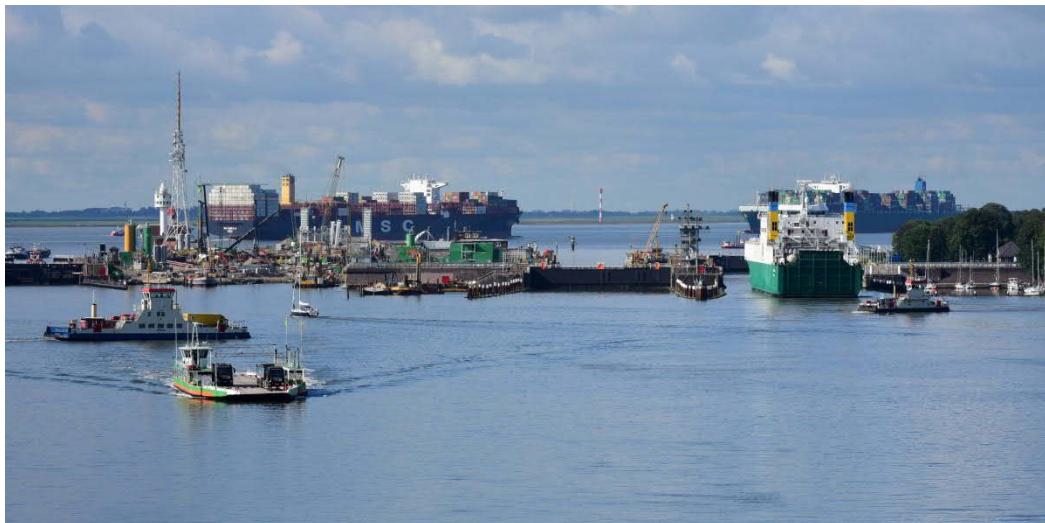


Bild 3: Schleuse und Baustelle (GDWS Kiel)

Für die Baustellenlogistik wurde die Einrichtung des Bodenlagers Dyrssenmoor mit zwei Baustellenanlegern, der Bau zweier Baustellenanleger und eines Betonwerkes auf der Schleuseninsel abgeschlossen. Weiter erfolgten die Baufeldfreimachung, Kampfmittelsondierungs- und Schlickbaggerarbeiten in den NOK- und elbseitigen Vorhafenbereichen sowie Maßnahmen zum temporäre Hochwasserschutz. Die Verlängerung der Mole 2 wurde bereits im Vorfeld der Baumaßnahme abgeschlossen.

An den wichtigen (Haupt-)Bauteilen zeigt sich der Bearbeitungsstand wie folgt:

- Kammerwände und -sohle:

Die Spundwände und geneigten Vertikalpfähle sind auf beiden Kammerseiten (Nord und Süd) auf rund 90 % und die Düsenstrahlschrägpfähle auf ca. 30 % der Kammerlänge eingebracht. Im Bereich der Kammersohle kann aufgrund der notwendigen Bauflächen noch nicht gearbeitet werden.

- Außenhaupt:

Das Bauteil ist in zwei Baugruben unterteilt, die mittels Spundwänden bereits vollständig umschlossen sind. In der 1. Teilbaugrube wurden die Rückverankerung der Sohle und die UW-Betonsohle eingebaut. Die Baugrube wird aktuell trockengelegt (mittels mehrstufiger Teilabsenkungen des Wasserstandes und Einbaus von inneren Aussteifungen). Die 2. Teilbaugrube ist noch vollständig verfüllt, dient dem Hochwasserschutz und als Überfahrt, daher erfolgen hier keine Bautätigkeiten.

- Binnenhaupt:

Die im Mittel 30 m breite und 100 m lange Baugrube wird in drei Bereiche aufgeteilt. Die Rückverankerung gegen Auftrieb erfolgt mittels Großbohrpfählen von denen rund die Hälfte eingebaut wurde. Die Baugrubenwände sind zu 20 % eingebracht, der weitere Einbau erfolgt derzeit vom Wasser aus.

- Vorhafenwände:

Auf rund 80 % der Vorhafenwandlänge sind die Spundwände eingebracht, erforderliche Rückverankerungen mittels Düsenstrahlpfählen sind noch auf der gesamten Länge nicht ausgeführt.

- Stahlwasserbau:

Bei zwei Schiebetoren sind die Segmentfertigungen im Werk abgeschlossen und der endgültige stahlbauliche Zusammenbau erfolgt. Das 1. Tor ist zu rund 40 % aufgebaut, das 2. Tor zu etwa 20 %. Für das 3. Tor erfolgt noch die Segmentfertigung.

Quellenverzeichnis

Bilder 1 + 2 WSA Brunsbüttel

Bild 3 GDWS Standort Kiel

Notizen

Notizen



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur



Kußmaulstraße 17 · 76187 Karlsruhe
Tel.: +49 (0) 721 9726-0 · Fax: +49 (0) 721 9726-4540

www.baw.de

Wedeler Landstraße 157 · 22559 Hamburg
Tel.: +49 (0) 40 81908-0 · Fax: +49 (0) 40 81908-373