

## **Betontechnologische Besonderheiten bei der Instandsetzung/ Erneuerung der Wehrsohlen der Wehranlage Koblenz**

Dipl.-Ing. Wolfgang Riebeling (Wasserstraßen und Schifffahrtsamt Mosel-Saar-Lahn, Koblenz)  
Dipl.-Ing (FH) Maik Weber (Wayss & Freytag Ingenieurbau AG, Frankfurt a. M.)

### **Beschreibung der Wehranlage Koblenz**

Die Staustufe Koblenz liegt kurz oberhalb der Mündung der Mosel in den Rhein bei Mosel-km 1,904 (Bild 1). Im Jahr 1941 wurde mit dem Bau der Staustufe begonnen. Die Bauarbeiten wurden im Jahr 1943 kriegsbedingt unterbrochen und in den Jahren 1948 bis 1951 beendet.

Die Staustufe Koblenz besteht aus folgenden Teilen:

- Großschiffahrtsschleuse mit einer Länge von 172 m
- Kleine Schleusenkammer mit einer Länge von 122 m
- Sportbootschleuse mit Bootsumtrage
- Dreifeldriges Wehr mit einer Feldbreite von jeweils 40 m
- Wasserkraftwerk mit 4 Kaplanturbinen
- Fischwechsellanlage



*Bild 1: Luftbild der Wehranlage Koblenz (Quelle: Bundesamt für Kartographie und Geodäsie)*

Die Wehranlage Koblenz ist mit Walzenverschlüssen ausgestattet, wobei die mittlere Walze nachträglich mit einer Fischbauchklappe zur Feinregulierung und Eisabfuhr ausgestattet wurde. Die Stauhöhe beträgt 6,00 m bzw. 6,50 m (rechtes Wehrfeld), wobei das Unterwasser, bedingt durch den Rheinwasserstand, auch vollkommen trockenfallen kann.

## Beschreibung der Schäden und Zustandsfeststellung

Die alten Wehrsohlen wiesen umfangreiche Schäden auf, die eine umgehende Instandsetzung erforderlich machten (Bild 2). Im Einzelnen handelte es sich um folgende Schäden:

- Ausspülungen im Bereich der Revisionsverschlussverankerungen im Bereich der Einlaufböden
- Beton der Wehrsohlen stark gerissen
- Aufbruch der Wehrsohle im Wehrfeld 3
- Ablösung der Sohle vom Felsuntergrund
- Unterspülung der Dichtleisten



*Bild 2: Sohlaufbruch Wehrfeld 3 (Quelle: WSA Mosel-Saar-Lahn)*

Die durchgeführten umfangreichen Zustandserkundungen und Nachrechnungen führten zu folgenden Ergebnissen:

- Die innere Tragfähigkeit der Wehrsohlen ist infolge Biegebeanspruchung aufgrund der geringen Sohdicken, den fehlenden Bewehrungen und der geringen Betongüte nicht gegeben.
- Die äußere Tragfähigkeit der Wehrsohlenplatte ist aufgrund des nicht möglichen Nachweises gegen Aufschwimmen der Wehrsohlenplatte unter Berücksichtigung des Wasserdrucks nicht gegeben.
- Die Revisionsverschlüsse können aus statischen Gründen nicht gesetzt werden.

Aufgrund dieser Schäden und den statischen Defiziten wurde festgelegt, die Wehrsohlen in einer Sofortmaßnahme zu erneuern. Im Zuge der Erneuerung der Wehrsohlen wurden auch die beiden Strompfeiler durch ober- und unterstromige Verlängerungen verstärkt und mit Aufnahmemischen für die Revisionsverschlüsse versehen.

## Betontechnologische Herausforderungen

Für die Erneuerung des Wehrfeldes 2 konnte die Wayss & Freytag Ingenieurbau AG bereits auf die Erfahrungen bei der Sanierung des Wehrfeldes 3 zurückgreifen. Für die Sanierungsmaßnahme des Wehrfeldes 2 waren ca. 2.800 m<sup>3</sup> Beton ausgeschrieben bzw. einzubauen. Eine enge Zusammenarbeit und betontechnologische Abstimmung mit der BAW im Vorfeld der Ausführung, basierend auf Erfahrungen und Grundsatzprüfungen der Betone aus Wehrfeld 3, waren dabei zielführend. Üblicherweise werden Betone zwar auf Grundlage der DIN EN 206-1 konzipiert, jedoch für Wasserbauwerke unter Beachtung der ZTV-W LB 215. Hierfür sind über die Norm hinaus weitreichendere Anforderungen an die Betone, deren Ausgangsstoffe und die Betontechnologie sowie die Ausführung zu beachten.

## Betonanforderungen

Es handelte sich bei dieser Baumaßnahme um die Themen wie Massenbeton mit geringer Wärmeentwicklung, Druckfestigkeitsbegrenzungen, Minimierung des Risspotentials, Pumplängen bis ca. 200 m sowie erschwerend hinzukommend, die sommerlichen Umgebungsbedingungen. Es kamen Betone mit der Druckfestigkeitsklasse C25/30, C30/37 und C35/45 mit einem Größtkorn von 16 mm sowie einer Konsistenzklasse F3 zum Einsatz. Des Weiteren wurden Betone gemäß Richtlinie des DAfStb „Verzögerter Beton“ mit bis zu 9 bzw. 15 Stunden Anschließbarkeit respektive Verarbeitbarkeitszeit hergestellt. Im Detail handelte es sich um folgende Betone (Tabelle 1):

Tabelle 1: Übersicht der Einsatzrezepturen

Druckfestigkeitsklasse	C25/30	C30/37	C35/45
Expositionsklasse	XC2, WF	XC4, XF1, WF	XC4, XF3 <sup>1)</sup> , XM2, WF
Nachweialter	56 Tage		
Festigkeitsentwicklung	langsam		
Ausgangsstoff	Zusammensetzung (kg/m <sup>3</sup> )		
CEM III/B 42,5 N (LH, SR, na)	320	350	360
SFA	70	70	70
Wasser	193	195	176
w/z <sub>eq</sub>	0,55	0,52	0,45
0/16	1710	1678	1704
BV	ab Werk		
FM	auf Baustelle		
VZ	ohne / bis 9 Std.	3 Std. / bis 15 Std.	ohne / bis 9 Std.
Anwendung	Massenbeton im Wehrfeld (Ober- und Unterwasser inkl. Abfallrücken) als untere Lage	Massenbeton im Pfeilerbereichen und auch Pfeilerunterfangungen	Beton in oberer Decklage der Wehrsohle (frisch in frisch), auch im Abfallrücken, sowie für Störkörper und Prallbalken

<sup>1)</sup> In Abstimmung mit dem AG; XF3 ohne künstliche Luftporen

Im Zuge der Notwendigkeit, ohne Zeitüberschreitung und ohne zusätzliche Fuge im Bauteil auszukommen, wurde die Rezeptur des C30/37 auf bis zu 15 Stunden verzögert. Für diesen Beton sei hier beispielhaft auf die Ergebnisse eingegangen. Es wurden 80 Liter Frischbeton im w&f Labor gemischt und auf Konsistenz eingestellt. Von dieser Mischung wurden alle relevanten Frisch- und Festbetonprüfungen durchgeführt. Eine Teilprobe wurde außerhalb des Labors verdunstungsgeschützt gelagert und nach 15 Stunden geprüft bzw. auf Anschließbarkeit untersucht (Tabelle 2). Im Weiteren sind die Festbetonergebnisse aus der Erstprüfung (EP) und die Ergebnisse des AG vom Tag der Betonage dargestellt.

Tabelle 2: Erhärtungswürfel Pfeiler Oberwasser BA 2

	$f_{c,cube,Bauwerk}$ (MPa)	$f_{c,cube,EP}$ (MPa)	WU <sub>EP</sub> (mm)
Prüfalter (d)	WSA Koblenz	Wayss & Freytag Ingenieurbau AG	
2	-/-	10,1	-/-
5	7,5	-/-	-/-
6	9,9	-/-	-/-
28	51,5	48,5	-/-
56	61,5	53,6	14

## Bauausführung

Eine wesentliche Herausforderung waren die Lage der Baustelle zum Betonmischwerk und die langen Förderwege für den Frischbeton bis zur Einbaustelle. Daraus resultierten zusätzliche Randbedingungen für den Beton, die üblicherweise nicht in einem Sortenverzeichnis eines Betonherstellers zu finden sind. Nach langem Verhandeln mit örtlichen Transportbetonherstellern konnte der gleiche Lieferant gewonnen werden, der bereits Wehrfeld 3 belieferte. Bedingung war die Unterstützung der w&f Baustofftechnologie. Zur Sicherstellung des Verschleißwiderstandes der Deckschicht musste außerdem die Verwendung von separat vorgehaltener, quarzhaltiger Gesteinskörnung im Mischwerk sichergestellt werden. Dies stellte einen zusätzlichen logistischen Aufwand dar, der weitere Lagerkapazitäten im Werk benötigte. Ein großer Vorteil bestand darin, dass die Mischanlage eine sogenannte Turmmischanlage war (Bild 3). Durch deren Bauart kann immer eine relativ gleichmäßige Feuchte der Gesteinskörnung sichergestellt werden.



Bild 3: Turmmischanlage (Quelle: Wayss & Freytag Ingenieurbau AG)

Neben der Entwicklung der Betone im Transportbetonwerk und im Labor der w&f Baustofftechnologie fanden Verarbeitungsversuche statt, um sicherzustellen, dass die gesteckten Ziele eingehalten werden können. Insbesondere ist die Maßnahme zu nennen, den C30/37 für 15 Stunden Anschließbarkeit zu konditionieren. Für die Baumaßnahme waren QS-Pläne, Betonierpläne und Schulungen unerlässlich. Es wurden Maßnahmen ergriffen, um die in der ZTV-W LB 215 geforderten max. Frischbetontemperaturen von 25°C am Einbauort einzuhalten, was sich jedoch als schwierig erwies. Eine Maßnahme war u. a., das Feuchthalten der Gesteinskörnung und die dauerhafte Benetzung der Pumpleitung mit Wasser (Bild 4).



*Bild 4: Betonpumpleitung mit Wasserbenetzung (Quelle: Wayss & Freytag Ingenieurbau AG)*

Die Frischbetonüberwachung erfolgte gemäß ZTV-W LB 215 in einer sehr hohen Dichte und zum Teil bei jedem Transportbetonfahrzeug. Gleichzeitig fand zur Eigenüberwachung die parallele Überwachung durch den Bauherrn statt. In Abstimmung mit der BAW / WSV wurde ein Teil der Eingangsprüfungen der Baustelle in das TB-Werk verlagert, um unnötige Zeitverluste / Wartezeiten (z. B. für Wassergehalts- bzw. W/Z-Wert-Bestimmungen) durch die Fahrzeit der Fahrמיscher zu kompensieren. Es fand eine enge Kommunikation zwischen der Baustellenabnahme und dem Transportbetonwerk bezüglich der Frischbetoneigenschaften statt. Die Einbauleistung betrug i. M. 3 Fahrzeuge je Stunde bzw. ca. 22,5 m<sup>3</sup>/h. Die Zielkonsistenz am Bauteil wurde mit 490 ± 30 mm und wegen der langen Pumpstrecke mit max. 550 mm vor der Pumpe durch Einstellung der Konsistenz durch Fließmittel vereinbart.

### **Betonnachbehandlung**

Die Nachbehandlung von Beton ist allgemein in den Regelungen nach DIN EN 13670 sowie DIN 1045-3 beschrieben sowie zusätzlich z. B. in ZTV-ING und ZTV-W konkretisiert. Die Maßnahmen zum Schutz und zur Nachbehandlung des jungen Betons sollten stets vor dem Beginn der Betonierarbeiten geplant werden. Die Hauptaufgabe der Nachbehandlung ist es, die frühe Verdunstung von Wasser über die Betonoberfläche zu vermeiden bzw. möglichst gering zu halten. Außerdem ist die Vermeidung von größeren Temperaturdifferenzen und der Schutz vor extremen Umgebungsbedingungen zu beachten. Insofern wurde auch bei diesem Projekt verstärkt darauf geachtet, dass die Zeiten der Nachbehandlungsdauer eingehalten wurden. Für die Baumaßnahme Wehrfeld 2 waren vorrangig das Belassen in Schalung sowie das Abdecken mit Folien und Wasserüberstauung in der Anwendung.

Alles in allem konnte, wie eingangs erwähnt, in enger Zusammenarbeit zwischen AG und AN durch hohen zeitlichen Aufwand sowie Engagement die Bauaufgabe erfolgreich abgeschlossen werden.



*Bild 5: Frischbetonprüfung, Ausbreitmaß  
(Quelle: Wayss & Freytag Ingenieurbau AG)*



*Bild 6: Frischbetonprüfung, Darrversuch  
(Quelle: Wayss & Freytag Ingenieurbau AG)*



*Bild 7: Frischbetonübergabe in die stationäre Betonpumpe (Quelle: Wayss & Freytag Ingenieurbau AG)*



*Bild 8: Betoneinbau Wehrsohle (Quelle: Bundesanstalt für Wasserbau)*



*Bild 9: Betoneinbau Wehrsohle (Quelle: Bundesanstalt für Wasserbau)*



*Bild 10: Übersicht Wehrfeld 2 (Quelle: Bundesanstalt für Wasserbau)*