



Seeschleuse Wilhelmshaven

Sanierung und Abdichtung einer Fuge im Kabeldüker unterhalb der Schleusenkammern

von Dipl.-Ing. Christin Seißler

1 Einleitung

Mit dem Bau der großen Seeschleuse im Jahre 1936 wurde auch mit dem Bau eines unter den Schleusenkammern verlaufenden Kabeldükers begonnen. Die Arbeiten konnten bedingt durch den 2. Weltkrieg jedoch nicht mehr fertiggestellt werden. Die Sprengung der Anlagen durch die Siegermächte überstand der Kabeldüker relativ unbeschadet und wurde in den Jahren 1957 und 1964 in den Neubau der Anlage mit eingegliedert.

Der somit 65 Jahre alte Kabeldüker besteht aus mehreren Beton-Tunnelblöcken mit dazwischen angeordneten Dehnungsfugen. In ihm verlaufen sowohl die gesamten Energie-, Kommunikations- und Abwasserversorgungsleitungen für die Seeschleuse als auch für den gesamten Stützpunkt (Ost-West-Verbindung).

Der Kabeldüker verläuft unterhalb der Schleusenkammersohlen auf einer Tiefe von NN - 14,40 m (Tunneldecke) bis - 16,80 m (Tunnelsohle), so dass bei MThw + 1,67 m mindestens eine 16 m hohe Wassersäule auf den Fugen lastet.

Im Zuge der Bauwerksinspektion im Mai 2001 wurde festgestellt, dass eine Fuge auf der untersten Ebene des Kabeldükers undicht ist (s. Abb. 1). Bitumenmaterial tritt in den Dükerinnenraum aus, läuft an der Wand herunter und sammelt sich auf der Sohle (s. Abb. 2 u. 3). Das ständig eindringende Wasser wird täglich mit einer Tauchpumpe abgepumpt. Das austretende Bitumenmaterial ist vermutlich nach 65 Jahren Bauwerksbestand zerstört und wird aufgrund des Wasserdruckes ins Bauwerkinnere gedrückt. Es ist in nächster Zeit mit einer Ausweitung der Schäden auch an weiteren Fugen zu rechnen.

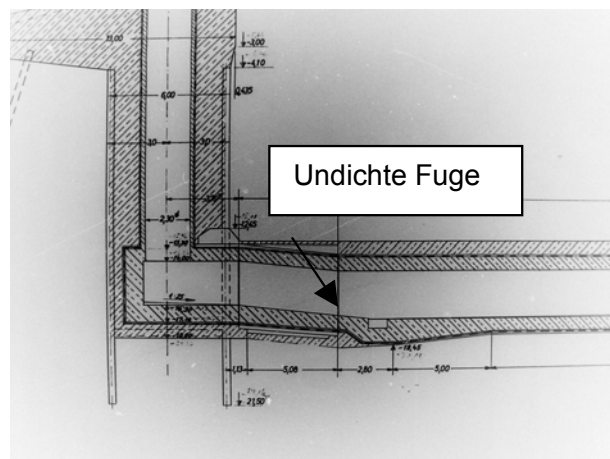


Abb. 1: Schnitt durch unterste Ebene eines Kabeldükers

In den Bestandsunterlagen sind keine Detailzeichnungen vom Aufbau einer Dehnungsfuge in der untersten Ebene des Kabeldükers vorhanden, lediglich Schnittzeichnungen im M. 1 : 100, s. Abb. 1, welches die Festlegung einer Instandsetzungsmethode erschwert hat. Um ein Versagen der Fuge mit plötzlichem Wassereintrich und den damit einhergehenden Gefahren für das Schleusenpersonal sowie Folgen für die Energieversorgung der Schleuse und des Stützpunktes zu vermeiden, wurde nach Rücksprache mit der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) Karlsruhe die Firma bs-betonschutz gmbh nach einem gemeinsamen Ortstermin aufgefordert, einen Instandsetzungsvorschlag zu unterbreiten.



Abb. 2: Austretendes Bitumenmaterial



Abb. 3: Austretendes Bitumenmaterial

Das Ziel einer Fuginstandsetzung sollte eine dauerhafte Fugenkonstruktion sein, die einem Wasserdruck von 16 m Wassersäule standhält. Fugenbewegungen, insbesondere an den Fugen der sogenannten Gelenkstücke, sind grundsätzlich zu berücksichtigen. Folgendes Instandsetzungsverfahren wurde beauftragt:

2 Beschreibung des Verfahrens zur Instandsetzung:

Das bis ins Dükerinnere vorgedrungene Bitumenmaterial sowie die Aussinterungen im Fugenbereich verhindern eine dauerhafte Abdichtung durch alleinige Injektion. Es würde keine dauerhafte Flankenhaftung zwischen eingepresstem Material und Fugenoberfläche zu Stande kommen. Eine temporäre Abdichtung der Fugen durch Injektion ist für eine Fugeninstandsetzung, wie nachfolgend beschrieben, jedoch möglich.

2.1 Herstellung einer temporären Fugenabdichtung durch Injektion

Zuerst wurden die sichtbaren, z. T. vollständig durch Korrosion zerstörten Stahlaschenabdeckungen der Dehnungsfuge ausgebaut (s. Abb. 4). und die Fugenoberfläche von Aussinterungen und Bitumenaustritten gereinigt. Die vorhandene Dehnungsfuge hatte dann eine Breite von 2 cm.

Da der derzeitige Aufbau der Dehnungsfuge aus den Bestandsunterlagen nicht hervorging, wurde der Beton unmittelbar entlang der Fuge auf einem kleinen Stück ca. 15 cm Tiefe aufgestemmt. Zum Vorschein kamen Winkelbleche 120/80/10 mm in einem Abstand von 2 cm zueinander mit Bitumenmaterial verfüllt (s. Abb. 5). Ein tieferes Aufstemmen des Betons zwecks Fugenaufbau war durch die extrem gute Betonqualität mit enormer Stahlarmierung und den dadurch bedingten Zeitaufwand nicht möglich, für diese Art der Fugensanierung aber auch nicht relevant.

Es war zu vermuten, dass die Dehnfuge aus 2 Blechen mit 10 mm Stärke und 20 mm Abstand zueinander besteht, an welche im Abstand von 120 mm Bleche mit 10 mm Stärke und 80 mm Länge angeschweißt sind, die zum Halt und zur Fixierung im Beton dienen und das über eine Wandstärke von ca. 1,75 m.



Abb.: 4: Stahlaschenabdeckung



Abb. 5: Winkelblech

An den Stellen, an denen Wasser aus der Fuge trat, wurden Injektionsbohrungen durchgeführt. Nach der Säuberung der Bohrungen wurden Schraubpacker der Firma DESOI mit Niederdruckknippel gesetzt, über eine Mutter angezogen und mit einem lösungsmittelfreien, ungefüllten und dünnflüssigen schwindkompensierten Zweikomponenten-Injektionsharz (Polyurethan-Injektionsharz, kurz PIH) verpresst. Die Injektionsarbeiten wurden mit einer druckgesteuerten Injektionsanlage ausgeführt, d. h. dass bei Erreichen des vorgegebenen Maximaldruckes die Verpressanlage automatisch abgeschaltet wird und keine weiteren Fugenschädigungen durch Druckspitzen beim Einpressen entstehen können.

An Stellen mit extremen Wasserdurchtritten wurde zusätzlich mit PU-VH-Schaum, einem in Verbindung mit Wasser extrem schnell reagierendem Schaum, verpresst (s. Abb. 6).



Abb. 6: Schraubpacker

2.2 Einbau der Fugenkonstruktion

Eine Verlegung der spannungsführenden Kabel und Leitungen ins Dükerinnere war aus technischen Gründen nicht durchführbar, da diese einen bestimmten Biegeradius nicht überschreiten dürfen. Eine Abschaltung ist aus versorgungsrelevanten Gründen eben so wenig möglich (Abb. 7 u. 8 beschreiben die schwierigen räumlichen Verhältnisse).



Abb. 7: Räumliche Verhältnisse im Kabeldüker



Abb. 8: Räumliche Verhältnisse im Kabeldüker / Stemmarbeiten

Für den Einbau der neuen Fugenkonstruktion, bestehend aus Stahlbauteilen, wurde der Beton auf beiden Seiten der bestehenden Dehnfuge bis auf eine Tiefe von 15 cm angestemmt bzw. eingeschlitzt. Diese Stemmarbeiten (s. Abb. 8) gestalteten sich außerordentlich schwer und langwierig, da der Beton mit Stahl bis 24 mm Durchmesser sowie Baustahlmatten armiert ist.

Die Stahlbauteile sowie alle dazugehörigen Verbindungselemente wurden vor dem Einbau verzinkt, die Stahloberfläche anschließend für den Auftrag einer Hartstoffverzahnung vorbereitet. Die Hartstoffverzahnung ist eine Mischung aus Epoxidharz und Quarzsand. Dieses ermöglicht später eine bessere Verbindung der Stahlbauteile mit dem Ankermörtel. Da durch die Hartstoffverzahnung eine Umspülung der Stahloberfläche durch Wasser nicht möglich ist, können die aus Wasserdruck resultierenden Spannungen abgetragen werden. Die Stahlbauteile der Unterkonstruktion, 1,0 m lang, bestehen aus zwei gleichschenkligen Winkeln 15/15 cm mit in gleichmäßigen Abständen angeschweißten Gewindebolzen und Muttern (s. Abb. 9). Die Stahlbauteile der Unterkonstruktion für die Eckausbildungen sind in Bogenform vorgefertigt (s. Abb. 10).



Abb. 9: Stahlbauteile

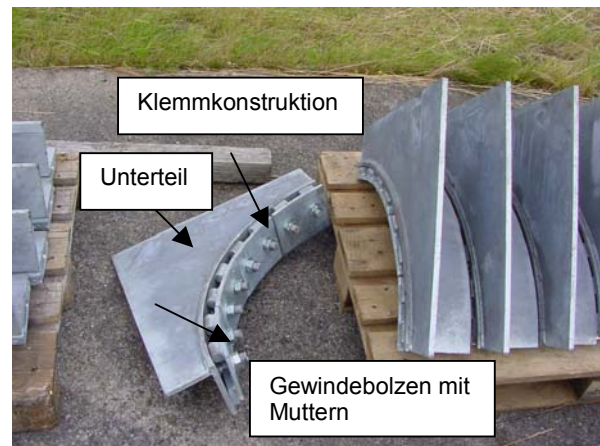


Abb. 10: Stahlbauteil - Eckausbildung mit Gewindebolzen und Muttern und befestigter Klemmkonstruktion

Im Abschluss werden die Stahlbauteile der Unterkonstruktion auf Länge geschnitten, in den Beton eingebaut und jeweils zu den Eckausbildungen hin verschweißt. Es wurden 16 Schweißnähte vor Ort hergestellt (s. Abb. 11/12).



Abb. 11: Eingebaute Stahlbauteil-Unterkonstruktion



Abb. 12: Schweißnähte

Die Einbettung und Fixierung der Stahlbauteile der Unterkonstruktion in den Beton erfolgt mit schwindkompensiertem Ankermörtel 3, mit Größtkorn 0,5 mm, d. h. es erfolgt keine Volumenreduzierung nach dem Abbinden. Die Stahlbauteile der Unterkonstruktion werden eingeschalt und der Ankermörtel durch Verpressen abschnittsweise eingebracht (s. Abb.13).

Nach 24 Stunden können die Stahlbauteile der Unterkonstruktion wieder ausgeschalt werden (s. Abb. 14). Sämtliche Schweißnähte, Bolzen und Muttern werden mit Zinkspray (Kaltverzinkung) nachgearbeitet.



Abb. 13: Einschaltung für Verpressung



Abb. 14: Ausschaltung nach Verpressung

2.3 Einbau des Dichtungsbandes

Das Dichtungsband ist ein 360 mm breites, 9 mm starkes, gewebearmiertes Fugenband und in Verbindung mit der Stahl-Klemmkonstruktion für Drücke bis 25 m Wassersäule geeignet. Das Dichtungsband wird zwischen den Stahlbauteilen der Unterkonstruktion und den Klemmplatten eingebaut, mit den Muttern, welche auf den Gewindebolzen sitzen, fixiert und angezogen (s. Abb. 15/16).



Abb. 15:

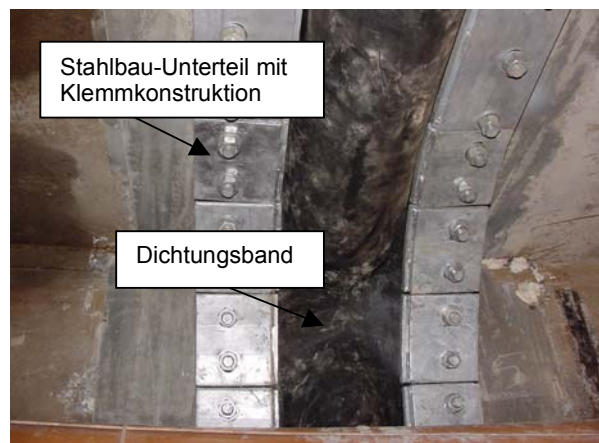


Abb. 16:

Fertige Fugenkonstruktion mit Klemmkonstruktion und eingelegtem Dichtungsband

Das Dichtungsband wird an einem Stück eingebaut, der Baustellenstoß vor Ort lagenweise vulkanisiert. Die Verschmelzung der einzelnen Schichten erfolgt in einer speziellen Vorrichtung über eine Dauer von 45 Minuten bei 160 Grad (s. Abb. 17). Das Vulkanisieren von **gewebearmierten** Dichtungsbandern wird europaweit nur von vier qualifizierten Fachfirmen ausgeführt.



Abb. 17: Vulkanisierung



2.4 Funktion der neuen Fugenkonstruktion

Nach Versagen der für den Bauzustand hergestellten temporären Fugenabdichtung sammelt sich das Wasser, was weiterhin über die bestehende Dehnungsfuge ins Dükerinnere eindringt, hinter dem neuen Dichtungsband, verteilt sich umlaufend hinter diesem und wird am Austreten gehindert.

3 Fazit

Diese Art der Instandsetzung kann für andere Fugenkonstruktionen in vielen Detailpunkten modifiziert und abgeändert werden. Grundsätzlich stellt jedoch eine derartige, nachträgliche Fugenkonstruktion hohe Anforderungen an das ausführende Personal sowie an die Gerätetechnik. Die qualitativ hochwertige Umsetzung einer solchen Konstruktion ist aufgrund der vorauszusetzenden Baustoffkenntnisse und der Passgenauigkeiten eine außerordentliche Ingenieurleistung.

Abschließend ist festzustellen, dass sich die Fugensanierung auf der untersten Ebene des Kabeldükers von Beginn an, d. h. mit dem Geräte-, Material-, Beton- und Bauschutttransport in und aus dem Düker heraus über eine Tiefe von 25 m und eine Transportlänge von rund 60 m vom oberen Einstieg aus als sehr schwierig und körperlich sehr anstrengend erwies. Auch die Ausführung bzw. Umsetzung der Fugensanierung selbst unter den erschwerten Bedingungen durch die vorhandene Kabel- und Leitungsführung war sehr zeitintensiv und somit auch kostenintensiv.

4 Ausblick

Im Jahr 2002 werden drei weitere Fugen auf die selbe Art und Weise saniert. Für die Folgejahre sind die restlichen acht Fugen zur Sanierung vorgesehen. Die Gesamtkosten der Fugensanierungen belaufen sich auf ca. 400.000,00 €. Somit ist es doch eine erfreuliche Tatsache, dass die Lebensdauer einer solch ausgeführten Fugenausbildung zwischen ca. 50 bis 70 Jahre beträgt.