

Kurzfassung:

Matthias Maisner, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

Fugen und Fugenabdichtung

1. Einleitung

Dauerhaft dichte Bewegungsfugen haben eine Schlüsselfunktion für wasserundurchlässige Bauwerke. Bei der Planung und Ausbildung von Fugen in solchen Bauwerken muss der Qualitätssicherung von Fugenbändern eine besondere Beachtung geschenkt werden. Als Werkstoff für Dichtelemente in Fugen mit Wasserdrücken von mehr als 1,2 bar werden in der Regel Elastomere eingesetzt, deren Entwicklung auf die Entdeckung der Schwefel-Vulkanisation durch Charles Goodyear im Jahr 1839 basiert. Früher wurden als Dichtelemente oftmals Bleche aus Kupfer oder Blei eingesetzt. Fugenbänder aus PVC werden seit den 70er Jahren und aus Elastomer seit den 80er Jahren verwendet. Werkstoffanforderungen, Formen und Maße sowie Hinweise zur Auswahl des Basispolymers für Elastomer-Fugenbänder werden in der Normreihe DIN 7865 /1/, /2/, /3/ geregelt. Die DIN 18197 /4/ regelt u. a. die Planung, Bemessung, und den Einbau von Fugenbändern aus Elastomer und Polyvinylchlorid (PVC), die den Normreihen DIN 7865 /1/, /2/, /3/ und E DIN 18541 /5/, /6/ entsprechen. In /4/ werden auch Arbeits-, Bewegungs- und Pressfugen beschrieben. Das nachfolgende Bild 1 zeigt die Abdichtung von Bewegungsfugen in einem Schleusenneubau.



Bild 1: Fugenbandsituation beim Neubau einer Schleuse

2. Werkstoffgrundlagen

Bei thermoplastischen Werkstoffen wie PVC-P (weichgemachtes PVC) oder Thermoplastische Elastomere (TPE) erfolgt die reversible Formgebung der Fugenbänder durch das Aufschmelzen. Elastomere benötigen dagegen zur Formgebung eine irreversible weitmaschige Vernetzung (Vulkanisation) der Makromolekülketten die unter Druck und Wärmezufuhr erfolgt. In thermoplastischen Fugenbändern sind die Makromolekülketten

dagegen amorph. Baustellenverbindungen von thermoplastischen Fugenbändern sind im Vergleich mit Elastomeren mit einem geringeren apparativen Aufwand herstellbar. TPE stehen in ihren Eigenschaften und Produktionskosten zwischen den Elastomeren und den Thermoplasten. Sie verfügen über eingeschränkte gummielastische Eigenschaften und können thermoplastisch verarbeitet werden. Elastomere zeigen bei einigen Eigenschaften, u. a. Kälteverhalten, Reißdehnung, Verhalten nach Heißbitumenlagerung und Druckverformungsrest, ein deutlich höheres Wertenniveau als TPE und PVC-P. Der Druckverformungsrest (DVR) gibt einen Hinweis zur Spannungsrelaxation des Werkstoffs und liefert somit eine wichtige Information zum Abdichtvermögen der Fugenbänder beim Öffnen und Schließen der Fuge. Elastomere besitzen in der Regel einen mehr als viermal besseren DVR als beispielsweise der in der Vergangenheit bei Fugeninstandsetzungen fallweise eingesetzte Werkstoff Acrylatgel /7/.

3. Regelwerksituation und Anwendungsbeispiele

Die Regelwerkentstehung für Fugenbänder geht auf die Normen zurück die in den 70er Jahren in den USA und den Niederlanden entstanden sind. Als Anwendungsnorm für Fugenbänder gilt die DIN 18197 /4/ die auch Planungsgrundsätze für das Abdichten von Fugen in Beton mit Fugenbändern regelt. Sie beinhaltet auch konstruktive Empfehlungen für die Ausbildung einer Mittelschlauchummantelung. Von Planern und Baufirmen wird gerne ein Fugenband mit angeformter Mittelschlauchummantelung gewählt. Dabei sollte jedoch berücksichtigt werden, dass die Herstellung einer Mittelschlauchummantelung auch Mehrkosten und einen Mehraufwand hinsichtlich der Qualitätssicherung und Fügetechnik bedeutet. Mit der DIN 7865-2 /2/ und der E DIN 18541-2 /6/ werden ähnliche physikalische Eigenschaften gefordert. Allerdings unterscheiden sich die Prüfbedingungen und daher können die geforderten Werte verschiedener Eigenschaften nicht miteinander verglichen werden. In DIN 7865-3 /3/ werden auch Begriffe wie Basispolymer und Verschnitte aus mehreren Kautschuken erläutert. Für Schiffschleusen im Binnenbereich werden die Basispolymere SBR, EPDM und CR als "Beständig" aufgeführt. Der Neubau von Verkehrswasserbauwerken ist vielfach mit langen Bauzeiten verbunden. Aufgrund der besseren Ozonbeständigkeit wird mit dem Standardleistungskatalog LB 215, Wasserbauwerke aus Beton und Stahlbeton, EPDM als Basispolymer genannt. Die DIN 7865-1, und -2, /1/ und /2/, wurden gerade technisch, strukturell und redaktionell überarbeitet. Die Veröffentlichung ist für Juni 2014 geplant. Der Abschnitt Überwachung findet sich im Teil 2 der DIN 7865 /5/. DIN 7865-3, /3/, beinhaltet Regelungen und Informationen zu den Verwendungsbereichen von Elastomer-Fugenbändern. Dieser Normteil regelt die Auswahl des Basispolymers von Elastomer-Fugenbändern für verschiedene Expositionen, die über den Anwendungsbereich der DIN 7865-2 /2/ hinausgehen. Im Anhang von /5/ findet sich eine informative Tabelle mit Angaben zur Beständigkeit der Basispolymere bei den jeweiligen Expositionsklassen. In Vorbereitung ist ein Teil 4 der DIN 7865 für beidseitig geklemmte und lösbare elastomere Klemmfugenbänder. Ein Vorteil von Fugenbändern mit Stahlaschen nach DIN 7865-1 /1/ ist, wie aus dem nachfolgenden Bild 2 ersichtlich, die einfache Verbindungstechnik bei einer Anbindung an Fugenbleche.



Quelle: WNA Berlin

Bild 2: Anbindung eines Fugenbleches an ein Elastomer-Fugenband

Für Thermoplastische Fugenbänder wurde die Normreihe E DIN 18541 /5/, /6/ gerade als Entwurf veröffentlicht. Neu sind hier u. a. Regelungen Werkstoffanforderungen an Fugenbänder aus Polyolefinen. Konstruktionsgrundlagen und Anforderungen zur Fugenbandauswahl regelt die DIN 18197 /4/. Hier finden sich Bemessungsdiagramme (Auswahldiagramme) für Elastomer- und thermoplastische Fugenbänder.

4. Qualitätssicherung

Aufgrund der Baustellenbedingungen ist der Weitreißwiderstand bei Fugenbändern eine Schlüsseleigenschaft, die im Rahmen von Kontrollprüfungen untersucht wird. Beim Baubetrieb können die Fugenbänder Schnittverletzungen durch beispielsweise Rödeldrähte erfahren. Bei der Prüfung wird eine Streifenprobe eingeschnitten, die dann wie ein Hosenträger in eine Prüfmaschine eingespannt wird. Es wird dann im Zugversuch die Kraft ermittelt, die aufgebracht werden muss um ein Weiterreißen der Probe zu verursachen. Die DIN 7865 wurde für den Bereich des Verkehrswasserbaus bauaufsichtlich eingeführt. Die Überprüfung der normkonformen Kennzeichnung auf den gelieferten Fugenbändern muss vor dem Einbau zur Überprüfung der Mangelfreiheit durchgeführt werden. Nach einem BGH-Urteil muss ein Bauunternehmen, das mangelhafte Bauprodukte eingebaut hat, die Kosten für den Ausbau und den Einbau von mangelfreien Bauprodukten übernehmen. In der Praxis dürfte dies bei bereits einbetonierten Fugenbändern zu erheblichen Problemen führen. Im Rahmen von Kontrollprüfungen wird in der BAW immer auch die Einhaltung der Fertigungstoleranzen bildanalytisch geprüft. Bei einer unzulässigen Toleranzabweichung von Fugenbändern mit Stahllaschen nach DIN 7865-1 /1/ kann es, wie aus Bild 3 ersichtlich, im Falle einer erforderlichen Baustellenverbindung zu Fügeproblemen kommen.

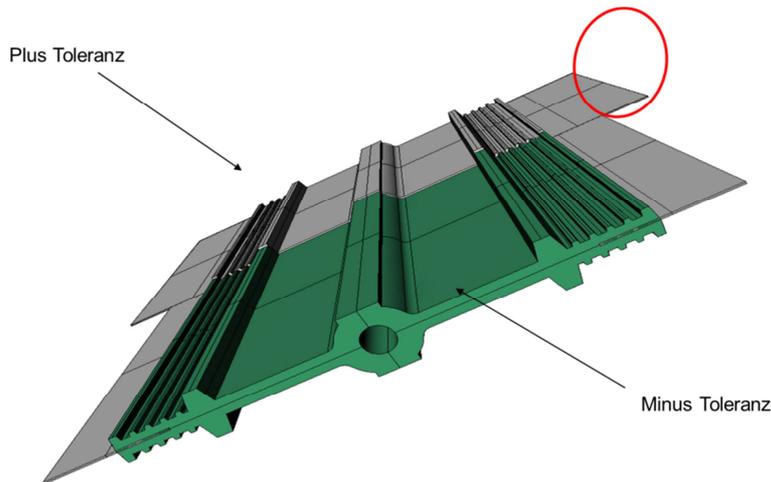


Bild 3: Fügeproblematik bei abweichenden Fertigungstoleranzen.

5. Fugeneinstandsetzung

Nach dem heutigen Stand der Technik können thermoplastische Fugenbänder aus PVC jedoch nur bis zu Wasserdrücken von 1,2 bar (entsprechend 12 m Wasserdruckdifferenz) bei einer resultierenden Gesamtverformung von 15 mm eingesetzt werden. Daher ist es kaum verwunderlich, wenn an älteren Schleusenbauwerken mit PVC-Fugenbändern Undichtigkeiten festgestellt werden /7/. Des Weiteren können Verdichtungsmängel beim Betoneinbau ursächlich für Wasserdurchtritte, ggfs. mit Bodenumlagerung, sein. Die exakte Lage von Fehlstellen ist oftmals nicht eindeutig zu lokalisieren. Aufgrund der hohen Wasserdrücke im Verkehrswasserbau können Instandsetzungsmethoden wie Vergelung der Fugen /7/ in der Regel nicht erfolgreich eingesetzt werden. Die Anordnung von nachträglich aufgesetzten Klemmfugenbändern ist daher bislang die einzige wirksame Instandsetzungsmethode für undichte Fugen. Eine dauerhaft spannungshaltende Klemmkonstruktion ist erforderlich, um die Relaxation und die Retardation der Fugenbandwerkstoffe zu kompensieren. Da Elastomere als inkompressible Flüssigkeiten zu betrachten sind, verjüngt sich der Querschnitt des Fugenbandes bei einer Zugbewegung. Durch Klemmkonstruktionen mit Tellerfedern nach DIN 2093 /8/ wird dieses Materialverhalten ausgeglichen.

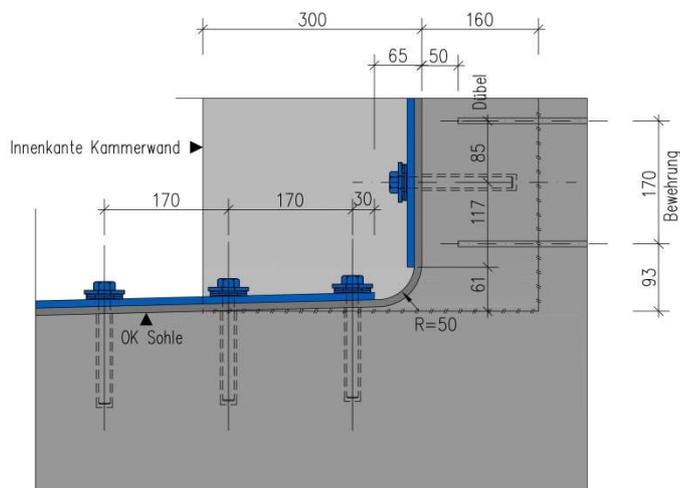


Bild 4: Fugeneinstandsetzung mit SBK, Richtungsänderung in der Abdichtungsebene

Für die Instandsetzung von Bewegungsfugen mit einer Richtungsänderung in der Abdichtungsebene sind stahlseilbewehrte Klemmfugenbänder (SBK) eine Instandsetzungsvariante. Aufgrund der Anordnung der Stahlseile in Längsrichtung der Fuge ist keine Festflanschkonstruktion erforderlich. Bei der Richtungsänderung in der Abdichtungsebene kann, wie aus Bild 4 ersichtlich, bei einem Radius von 50 mm auf eine Eckflanschkonstruktion verzichtet werden. Die Instandsetzungsvariante wurde erstmalig an einer Mainschleuse eingesetzt /9/.

6. Literaturverzeichnis

/1/ DIN 7865-1, Elastomer-Fugenbänder zur Abdichtung von Fugen in Beton - Teil 1: Formen und Maße, Beuth Verlag GmbH, Berlin 2008-02

/2/ DIN 7865-2, Elastomer-Fugenbänder zur Abdichtung von Fugen in Beton - Teil 2: Werkstoff-Anforderungen und Prüfung, Beuth Verlag GmbH, Berlin 2008-02

/3/ DIN 7865-3, Elastomer-Fugenbänder zur Abdichtung von Fugen in Beton - Teil 3: Verwendungsbereich, Beuth Verlag GmbH, Berlin 2012-05

/4/ DIN 18197, Abdichten von Fugen in Beton mit Fugenbändern, Beuth Verlag GmbH, Berlin 2011-04

/5/ E DIN 1854-1, Fugenbänder aus thermoplastischen Kunststoffen zur Abdichtung von Fugen in Ortbeton - Teil 1: Begriffe, Formen, Maße, Kennzeichnung, Berlin 2014-02

/6/ E DIN 18541-2, Fugenbänder aus thermoplastischen Kunststoffen zur Abdichtung von Fugen in Ortbeton - Teil 2: Anforderungen an die Werkstoffe, Prüfung und Überwachung, Beuth Verlag GmbH, Berlin 2014-02

/7/ Maisner, M.; Eßer, A.; Kwenjeu, A.; Westendarp, A.; Schnellenbach-Held, M.: Quellfähige Acrylatgele – Eine Instandsetzungsalternative für Bewegungsfugen in Verkehrswasserbauwerken? Beton- und Stahlbetonbau 107, 2012 Heft 9, S. 601 – 612

/8/ DIN 2093, Tellerfedern, Qualitätsanforderungen, Maße, Beuth Verlag GmbH, Berlin 2013-02

/9/ Maisner, M.; Becker, H.: Fugeninstandsetzung mit einem stahlseilbewehrten Klemmfugenband, Tagungsband zum BAW-Kolloquium Erhalten und Ertüchtigen von Bauwerken, Karlsruhe 2013-11-04