

Fachartikel von Gerhard Gebhards und Lutz Schröder aus einem Sonderdruck aus Straßen- und Tiefbau Heft 6/2005.

Bei der Verarbeitung vieler Materialien ist die Witterung ein entscheidender Faktor. Die Disposition von Mensch und Material ist vielfach nur unter Vorbehalt möglich, da zuverlässige Wetterprognosen lediglich für einen Zeitraum von wenigen Tagen gegeben werden können. Bei längeren Schlechtwetterperioden können unter Umständen keine Arbeiten erfolgen. Die Abdichtung von Fugen von Betonbau teilen und Rohren ist dagegen nahezu witterungsunabhängig möglich, wenn elastische Profile eingesetzt werden.

Deren Dichtwirkung wird durch einen mechanischen Anpressdruck erzielt, der auch bei feuchten und nassen Flanken erreicht wird. Beachtet werden müssen der zu erwartende Wasserdruck auf die Fuge und mögliche Bewegungen der Bauteile. Weitere relevante Kriterien bei der Wahl des einzusetzenden Dichtmaterials sind die Korrosionsbeständigkeit sowie das Verhalten gegenüber chemischer Beanspruchung nach DIN 19 543. Rohre und Fugenfüllungen für Abwasserkanäle müssen beispielsweise widerstandsfähig gegen das Schmutzwasser sein.

Abdichten von Betonfugen

Elastische Dichtmittel haben sich in der Abdichtung seit vielen Jahren bewährt. Speziell die Materialien auf Kautschukbasis sind aufgrund der guten Materialeigenschaften und der langen Lebensdauer optimal für bestimmte Anwendungsgebiete geeignet. In der DIN 19 543 werden elastische Dichtmittel definiert als „Dichtmittel aus Elastomeren, die durch elastische Verformung in die zu dichtenden Fugen eingebracht werden. Ihre Dichtwirkung gegen unter Druck stehende Flüssigkeiten ist abhängig von der Verformung des Dichtmittels entstehenden gummielastischen Rückstellkräften.“

Die Dichtwirkung beruht auf dem Anpressdruck des eingebauten Profils auf die Fugenflanken. Ein Voranstrich oder ein anderen Mittel zur Haftverbesserung o.ä. ist nicht erforderlich, da keine Verklebung des Profils mit den Fugenflanken erfolgen muss. Eingebaut werden Dichtungsprofile aus Elastomeren mit geschlossenzelliger Struktur, glatter Außenhaut und kreisförmigem Querschnitt.

Einer der Vorteile dieser Abdichtungstechnik ist die Unabhängigkeit von der Witterung bei der Verarbeitung. Der Einbau kann ganzjährig erfolgen. Im Extremfall können Fugen gegen drückendes Wasser unterhalb des Wasserspiegels mit sofortiger Wirksamkeit abgedichtet werden. Die Arbeiten können bei Temperaturen von -5 °C bis + 50 °C erfolgen. Bei abweichenden Bedingungen müssen gegebenenfalls besondere Vorkehrungen getroffen werden.

Elastische Profile werden im Neubau und bei der Sanierung eingesetzt. Speziell im Ingenieurbau ist die zusätzliche Abdichtung der Arbeits- und Dehnungsfugen mit solchen Profilen typisch. An Bauwerken wie Kläranlagen, Schwimmbecken, Rechenbecken, Tiefgaragen und Kappenfugen haben sich die Materialien bewährt. Aber auch in Freispiegel- und Rechteckkanälen sowie im Rohrvortrieb werden sie häufig eingesetzt. Um die Dichtwirkung der Fuge zu gewährleisten, müssen einige wichtige Dinge unbedingt beachtet werden.

Dazu zählen die Vorgaben an die Einbauverpressung und die Angabe der zu erwartenden Gesamtbewegung in der Fuge, damit die erforderliche Vorspannung nicht unterschritten und die maximale Spannung nicht überschritten wird. Die abzudichtende Fuge oder Rohrverbindung muss genau vermessen werden, und die Messwerte müssen protokolliert werden. Diese Vorgehensweise vereinfacht später auch das Aufmass für die Abrechnung.

Ebenso wichtig für die Wahl des Profildurchmessers sind die Ermittlung der zu erwartenden Änderungen der Fugenspaltbreite und der auf die Fuge einwirkende Wasserdruck. Für die konstruktive Ausbildung der Fuge und der Oberfläche der Bauteile im Fugenbereich wird in der DIN 18 549 gefordert: „Die Fugenflanken müssen bis zu einer Tiefe von $t=2xb$ (b =Fugenbreite) parallel verlaufen, um dem Hinterfüllmaterial ausreichend halt zu verschaffen. Die Fugenflanken müssen so fest und tragfähig sein, dass sie Zugspannungen aufnehmen können, die durch den Fugendichtstoff auf sie einwirken ... Mörtel zur Ausbesserung schadhafter Stellen in Fugenbereich muss ausreichend fest und rissfrei sein, eine weitgehend porenfreie Oberfläche haben und ausreichend am Beton haften.“

Der Beton muss außerdem flüssigkeitsdicht sein, damit das Wasser nicht im Beton um die abgedichteten Fugen herumfließen kann (Umläufigkeit). Bei entsprechender Bemessung können Fugenspaltbreiten von 10 bis 35 mm abgedichtet werden. Die Profilverformung sollte bei WS 5,0 m (=0,5 bar) zwischen 35% und 40% (optimal 37,5%) liegen. Für die Ermittlung der Verformung ist vom Profilquerschnitt der kleine Profildurchmesser maßgebend.

Der Verformungsbereich (Funktionsbereich) der Profile liegt für WS 5,0 zwischen 25% und 50%. Unter Berücksichtigung der Profilstufen, sowie der Profil- und Einbautoleranzen ist eine Fugenaufweitung und Fugenstauchung von je 10% der gemessenen maximalen Fugenbreite zulässig.

Die Profilverformung sollte bei WS 10,0 m (=1,0 bar) zwischen 40% und 45% (optimal 42,5%) liegen. Der Verformungsbereich (Funktionsbereich) der Profile liegt für WS 10,0 m zwischen 35% und 50%. Unter Berücksichtigung der Profilstufen und Einbautoleranzen ist eine Fugenaufweitung und Fugenstauchung von je 5% der gemessenen maximalen Fugenbreite zulässig.

Bewährte Profile

Mit dem FERMADUR® Kompressionsdichtsystem bietet die Denso GmbH, Leverkusen, ein seit vielen Jahren bewährtes Produkt für die beschriebene Verwendung an. Aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen wird zwischen unterschiedlichen Materialqualitäten unterschieden:

Das FERMADUR® S Profil ist eine Zusammensetzung auf der Basis von Styrol-Butadien-Kautschuk und wird für Fugen verwendet, die nicht der direkten UV- und/oder Ozonbelastung ausgesetzt sind. Das FERMADUR® C Profil basiert auf einer Zusammensetzung von Chloropren-Kautschuk und ist für den Einsatz in Fugen vorgesehen, die der UV- und Ozonbelastung ausgesetzt sind.

Die materialtypischen Eigenschaften von Kautschuk-Vulkanisaten begünstigen den Einsatz in Bereichen, in denen Beständigkeiten gegen Medien gefordert werden. (siehe Tabelle 1)

Reißfestigkeit	$\geq 2\text{N/mm}^2$
Reißdehnung	$\geq 350\%$
Druckverformungsrest (nach 24 h Lagerung bei 70°C)	$\leq 20\%$
Druckspannungsrelaxation (nach 100000 Stunden bei 20°C)	$\leq 45\%$

Tabelle 1: Materialkennwerte FERMDAUR® S gem. der DIN 4060

Die Profile sind widerstandsfähig gegen Abwasser im Bereich pH 2 bis pH 12 und gegen verdünnte Säuren und Laugen, Chlorwasser sowie extreme Witterungseinflüsse. Die entsprechenden Prüfzeugnisse unabhängiger Institute liegen vor.

Verarbeitung der Profile

Die Fugenflanken müssen optisch auf Fehlstellen wie Ausbrüche, Lunker etc. geprüft werden. Gegebenenfalls ist eine Aufweitung oder ein sauberer Flankenschnitt der Fuge mit einer Diamantscheibe erforderlich. Schadhafte Bereiche müssen nachgearbeitet werden, damit die Profile fachgerecht eingebracht werden können und damit eine dichte Verbindung entstehen kann. Die Fugenbreiten werden an Messpunkten mit 1 m Abstand gemessen und die Maße in einem Fugenplan notiert. Anschließend wird die anzunehmende maximale Bewegung (Dehnung und Stauchung) der Fugen addiert und der Durchmesser des einzubauenden Profils aus Tabellen ermittelt. Bei Fugen mit wechselnden Breiten muss mit Profilen unterschiedlicher Durchmesser gearbeitet werden. Der Durchmesser des Profils ist wesentlich größer als die Fugenbreite, sodass das Profil mit einer Vorspannung in die Fuge eingebracht wird.

Bei einer Fugenbreite von 20 mm und einer angenommenen Gesamtverformung von 2 mm muss ein Profil mit 30 mm Durchmesser eingesetzt werden, bei einer Fugenbreite von 21 mm unter den gleichen Voraussetzungen ein Profil mit 32 mm Durchmesser. An der Übergangsstelle von einem Durchmesser zum nächst größeren müssen die Profile miteinander verklebt werden. Es darf nur schrittweise von einer Profilgröße zur nächsten übergegangen werden. Die Profiltypen sollten in den Fugenplan eingetragen und die jeweiligen Abschnitte mit wasserfester Markierung am Bauteil markiert werden.

Vor der Verarbeitung sollte geprüft werden, ob die Ist-Durchmesser der Profile mit den Soll-Durchmessern übereinstimmen. Bei der Übereinstimmung kann das Material danach verarbeitet werden.

Zur Vermeidung von unzulässigen Dehnungen wird der Dichtstrang lose auf der Fuge ausgelegt und in Abständen von max. $30 \times d$ (d =Profildurchmesser) punktuell in die Fuge eingebracht und damit an diesen Stellen befestigt. Das Profil wird dabei auf ca. $2/3$ der endgültigen Einbautiefe eingebracht. Wenn diese Vorbefestigungen erfolgt sind, kann das Profil auf ganz Länge bis auf die endgültige Tiefe eingebaut werden. Der Einbau der Profile kann per Hand oder maschinell erfolgen. Verdrehungen müssen dabei unbedingt vermieden werden. Es muss weiterhin sichergestellt werden, dass auf 1,0 m Fuge auch tatsächlich 1,0 m Dichtungsprofil eingebaut wird. Bei einer Überdrehung könnte beispielsweise ein Profil von 0,90 m Länge auf 1,00 m gestreckt eingebaut werden. Dieses würde die Wirksamkeit der Kompressionsdichtung beeinträchtigen.

Die Profile werden in Bündeln in verschiedenen Längen hergestellt und zur Baustelle transportiert. Bei größeren Einbaulängen können einzelne Profile miteinander verbunden werden. An den Verbindungsstellen werden die Profile mit einem Sekundenkleber verklebt. Dabei müssen saubere, planebene und trockene Schnittstellen hergestellt werden. Die Enden der Profile müssen lose in Kontakt miteinander gebracht werden können, ohne dass eine Spannung entsteht. Eine Schnittfläche wird dünn mit dem Spezialkleber Sicomet 8300 eingestrichen und unmittelbar danach an die andere Schnittfläche herangeführt. Die beiden Schnittstellen werden dann ca. 15 Sekunden lang stark aneinander gepresst, sodass eine einwandfreie Verklebung erfolgen kann. Der Klebstoff muss bei Temperaturen von maximal 15 °C kühl gelagert werden.

Durch das Einstemmen bzw. „Einrollen“ der Profile mit Kunststoffkeilen von Hand oder maschinell kann eine Verformung von 40% bis 50% erreicht werden. Die mit den Profilen abgedichteten Fugen können bei entsprechender Vorbemessung und fachgerechtem Einbau Wasserdrücken bis zu mindestens 1,0 bar (entspricht 10,0 m Wassersäule) standhalten.

Beispiele aus der Praxis

In Nürnberg wurden die Fugen in dem Klärwerk in den Jahren von 1998 bis 2004 durch die Fachfirma Weiner GmbH aus Poppenhausen abgedichtet. Das Unternehmen wurde von Denso geschult und akkreditiert und ist seit Jahren in dem Marktsegment tätig. Insgesamt wurden in Nürnberg ca. 3500 lfdm. FERMADUR® C und ca. 900 lfdm. FERMADUR® S eingebaut. Die Fugen lagen in diversen Klärbecken und in einem Rückhaltebecken. Die Abdichtungsarbeiten wurden sowohl in Neubauten ausgeführt als auch vorhandene Bauteile saniert. Es wurden Fugen unter Wasser und an der Oberfläche abgedichtet, die der Witterung und der UV- und Ozonbelastung ausgesetzt waren. Die Stadt Nürnberg hat mit dem Verarbeiter und mit dem verwendeten Material gute Erfahrungen gesammelt und wird das Dichtsystem weiterhin ausschreiben und einsetzen.

In Kerpen-Horrem und in Mödrath wurden zwei Rückhaltebecken komplett saniert. Die im Jahr 1985 erbauten Bauwerke wurden aufwendig an den Betonbauteilen instandgesetzt. Die alten Fugenfüllungen wurden entfernt und die Fugenkanten saniert. Die ebenfalls durch die Denso akkreditierte und geschulte Firma Liedmann Bautechnik GmbH aus Frechen-Bachem baute in die etwa 20-25 mm breiten Fugen das FERMADUR® C in Durchmessern von 32 bis 36 mm in den Sohlen- und Wandbereichen ein. Im ersten Bauabschnitt im November und Dezember 2004 wurden am Regenüberlaufbecken Horrem ca. 195 lfdm. Profile eingebaut. Aufgrund der Materialeigenschaften verlief der Einbau selbst bei Temperaturen um den Gefrierpunkt und bei feuchter Witterung reibungslos. Dem höchsten Wasserstand von 4,0 bis 5,0 m halten die Fugen problemlos stand.

Hochwasserschäden sind vor einigen Jahren in großem Umfang in Sachsen und Sachsen-Anhalt entstanden. Ein Mittel gegen das Hochwasser sind Hochwasserschutzwände, die in der Regel konstruktionsbedingt Fugen enthalten. Die Primärabdichtung erfolgt in vielen Fällen durch ein innen liegendes Fugenband. Der äußere Fugenbereich muss gegen das Eindringen von Unrat und anderen Ablagerungen geschützt werden, um die Dauerhaftigkeit der Betonbauteile zu gewährleisten. Nordöstlich von Leipzig wurde in Eilenburg eine solche Hochwasserschutzwand neu errichtet. Im November 2004 dichtete die Firma Bauverfugung Werner GmbH aus Gordemitz die außen liegenden 20 mm breiten Dehnungsfugen mit dem UV- und ozonbeständigen FERMADUR® C ab. Die Arbeiten wurden im Juni 2005 fertiggestellt. Insgesamt wurden 525 lfdm. Profil verbaut. Auch die Firma Bauverfugung Werner GmbH ist seit Jahren ein Vertragspartner von Denso und kennt sich bestens mit der Verarbeitung der Kompressionsdichtprofile aus.

Zusammenfassung

Für die Abdichtung von Fugen an Ingenieurbauten und von Rohrverbindungen sind elastische Kompressionsprofile optimal geeignet. Sie bieten den großen Vorteil, dass sie nahezu witterungsunabhängig verarbeitet werden können. Die Profile werden unter Vorspannung eingebaut und wirken durch den Anpressdruck. Sie brauchen nicht verklebt zu werden oder sich auf andere Art mit den Fugenflanken zu verbinden. Die FERMADUR® Profile haben sich seit vielen Jahren in der Praxis bewährt. Die Verarbeitung erfolgt ausschließlich durch ausgewählte Fachbetriebe, die geschult und akkreditiert werden. Auf diese Weise wird eine fachgerechte und wirtschaftliche Verarbeitung der Materialien gewährleistet. Die Produktion der Profile wird überwacht und die wesentlichen Eigenschaften durch ein offizielles Institut regelmäßig geprüft. Damit ist gewährleistet, dass die Anforderungen an das Material erfüllt werden.