

Vergleichende Untersuchung der physikalischen Eigenschaften und der Funktionstauglichkeit von quellfähigen Fugeneinlagen zur Abdichtung von Arbeitsfugen bei wasserundurchlässigen Betonbauwerken

Projektleiter

Prof. Dr.-Ing.
Rainer Hohmann

Förderung

Fachhochschule
Dortmund,
Forschungsbudget

Kontakt

Prof. Dr.-Ing.
Rainer Hohmann,
Fachbereich Architektur,
Fachhochschule
Dortmund,
Emil-Figge-Straße 40,
44227 Dortmund,
Telefon:
(0231) 755-4414,
E-Mail:
rainer.hohmann@
fh-dortmund.de

Einleitung

Zahlreiche Bauwerke im Ingenieurbau, im Hoch- und Industriebau, im Wasser-, Tief- und Tunnelbau werden als wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton erstellt. Für die Abdichtung der Arbeitsfugen in derartigen Bauwerken stehen unterschiedliche Systeme zur Verfügung [2, 3]. Neben den bewährten Lösungen zur Abdichtung von Arbeitsfugen mit Fugenbändern und Fugenblechen werden für diese Bauwerke seit einigen Jahren in Deutschland jährlich 1,5 – 2 Mio. Meter quellfähiger Fugeneinlagen eingesetzt [1]. Diese bestehen aus Materialien, die bei Wasserzutritt quellen und über das Anpressprinzip die Arbeitsfuge abdichten sollen. Der Einbau gestaltet sich sehr einfach, sie werden materialabhängig in der Arbeitsfuge aufgeklebt (Bild 1), punktuell befestigt oder mit einem Befestigungsgitter fixiert. Quellfähige Fugeneinlagen nehmen Wasser unter Volumenvergrößerung in ihre Struktur auf. Durch die Volumenvergrößerung presst sich die Fugeneinlage gegen die sie umgebenden Betonflanken und dichtet über den Anpressdruck die Arbeitsfuge gegen Wasserdurchtritt ab. Der entstehende Anpressdruck muss dabei größer sein als der hydrostatische Wasserdruck. Damit sich der Anpressdruck aufbauen und die quellfähige Fugeneinlage ihre Dichtfunktion erfüllen kann, muss sie von Beton vollständig umschlossen sein.



Bild 1: Arbeitsfuge mit quellfähiger Fugeneinlage

Als quellfähige Fugeneinlagen kommen verschiedene Materialien zur Anwendung:

- Bentonitquellbänder (Natrium- bzw. Kalziumbentonit)
- Quellprodukte auf Kautschukbasis (Synthesekautschuk)
- Quellprodukte aus Acrylatpolymeren.

Das Quellverhalten hängt in hohem Maße vom Material und der Geometrie ab. Die maximale Quellung wird bei den meisten quellfähigen Fugeneinlagen zeitverzögert erreicht.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden ausgewählte quellfähige Fugeneinlagen untersucht, deren Quellung festgestellt und in Zusammenarbeit mit der WISSBAU Beratende Ingenieurgesellschaft mbH das baupraktische Verhalten an einer quellfähigen Fugeneinlage aus Acrylatpolymeren geprüft.

Untersuchung des Quellverhaltens ausgewählter quellfähiger Fugeneinlagen

Der Versuch des unbehinderten Quellens wurde an 11 verschiedenen quellfähigen Fugeneinlagen durchgeführt. Dabei handelt es sich um eine Fugeneinlage aus Acrylatpolymeren, aus drei Fugeneinlagen auf Kautschukbasis und sieben Fugeneinlagen auf Bentonitbasis. Zur Erfassung des zeitlichen Ablaufes des Quellprozesses und des Verhaltens unter Wasserwechselbedingungen wurden Quellversuche sowohl in Wasser als auch in Flüssigkeiten, mit denen im Betonbau üblicherweise zu rechnen ist, durchgeführt. Folgende Prüfflüssigkeiten (PF) werden verwendet:

PF 1: destilliertes Wasser (pH = 7)

PF 2: alkalische Flüssigkeit; pH = 12 (Einstellung unter Verwendung von destilliertem Wasser mit Kalziumhydroxid) - 0,1 n KOH

PF 3: Flüssigkeit mit pH = 4,5; SO_4^{2-} -Gehalt > 4000 mg/l, pH-Wert - Einstellung mit SO_4^{2-} (stark betonangreifende Flüssigkeit)

Für die Versuche wurden jeweils Proben von 10 cm Länge zugeschnitten, vermessen, gewogen und anschließend in einen geschlossenen Behälter mit den Prüfflüssigkeiten gelegt. Pro Material und Prüfflüssigkeit wurden jeweils drei Probekörper eingelagert. Die Lagerung der Proben erfolgte annähernd bei Normklima DIN 50014 23/50-2. Neben der Beobachtung des Materialverhaltens bei ständiger Einwirkung der jeweiligen Prüfflüssigkeit erfolgt in materialspezifisch bestimmten Zeitintervallen die Bestimmung der Änderung der Masse mit einer Genauigkeit von 0,1 g bis zum Erreichen einer Massekonstanz. Bei formstabilen Materialien wurde zusätzlich die Änderung der Abmessungen zu erfassen. Die nicht formstabilen Fugeneinlagen auf Bentonitbasis wurden vor Versuchsbeginn in eine wasserundurchlässige flexible und leicht dehbare aus einem Damenstrumpf hergestellte Umhüllung gesteckt, um ein Zerfallen zu verhindern.

Um die Wiederholbarkeit des Quellens bei zwischenzeitlicher Trocknung der Fuge nachzuweisen, wurde der Versuch wiederholt, d.h. die Proben wurden jeweils nach Erreichen des Grenzwertes bei 23°C getrocknet. Anschließend erfolgte die erneute Wasser-

lagerung. Die Zeitdauer jeder Lagerung richtete sich nach dem Quellvermögen. Wenn die täglich ermittelte durchschnittliche Masseänderung aller drei Proben $\Delta m_{48} \leq 2\%$ im Verlauf von 48 h betrug, wurde die jeweilige Lagerung beendet. Das folgende Bild zeigt am Beispiel eines Acrylatquellbandes beispielhaft die unterschiedlichen Zustände – vor der Wasserlagerung (A), unmittelbar nach der Wasserlagerung (B) und nach der Trocknungsphase (C).

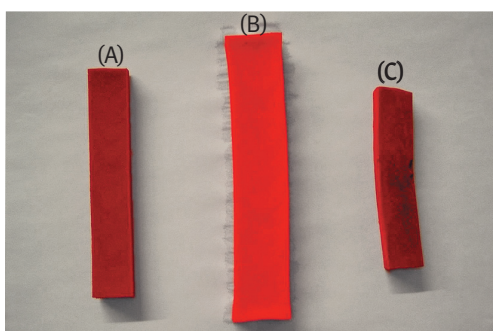


Bild 2: Verschiedene Versuchszustände einer quellfähigen Fugeneinlage auf Acrylatbasis

Die Bilder 3 und 4 zeigen exemplarisch ausgewählte Quellkurven.

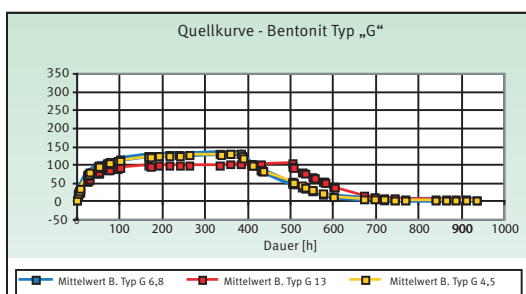


Bild 3: Quellkurven „Bentonit TypG“

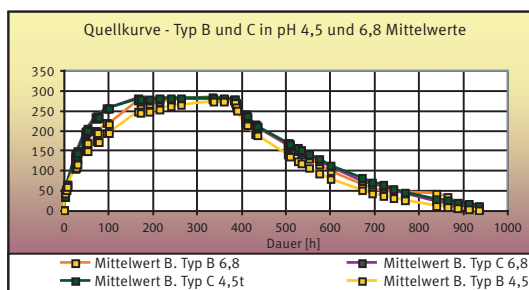


Bild 4: Quellkurven „Bentonit Typ B und C“

Die folgende Tabelle stellt die wichtigsten Eigenschaften der untersuchten quellfähigen Fugeneinlagen im Vergleich dar:

	Acrylat	Bentonit Typ A	Bentonit Typ B	Bentonit Typ C	Bentonit Typ D	Bentonit Typ E	Bentonit Typ F	Bentonit Typ G	Kautschuk Typ A	Kautschuk Typ B	Kautschuk Typ C
Quellvermögen											
PF 1	+/-	+/-	++	++	+++	+++	+++	+/-	+/-	+/-	+++
PF 2	+/-	+/-	+++	++	+	+/-	+++	+/-	+/-	+/-	
PF 3	+/-	+	++	++	+++	+++	+++	+/-	+/-	+/-	+++
Streuung											
PF 1	++	-	-	-	-	-	+	++	++	++	++
PF 2	++	+	-	-	-	+	+	++	++	++	+
PF 3	++	-	-	-	-	-	+	++	++	++	+
Risse nach Augenschein											
PF 1		-	+	+	-	-	-	-	+	+	+
PF 2	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	+
PF 3	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	+
Formstabilität											
PF 1	++	+	+	-	-	-	-	+	++	++	++
PF 2	++	+	+	-	-	-	-	+	++	++	++
PF 3	++	+	+	-	-	-	-	+	++	++	++
Reversibles Quellen											
PF 1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
PF 2	+								+	+	+
PF 3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Tabelle 1: Beurteilung unterschiedlicher quellfähiger Fugeneinlagen

Erläuterungen zur Tabelle 1:

Quellvermögen:

- +++ zwischen 300 - 500 Gew.%
- ++ zwischen 200 - 300 Gew.%
- + 200 Gew.% - 210 Gew.%
- +/- < 200 Gew. %

Streuung:

- ++ kleine Streuung
- + mittlere Streuung
- weitgehende Streuung

Risse:

- + keine Risse vorhanden
- Risse vorhanden

Formstabilität:

- ++ sehr formstabil
- ++ formstabil, aber Risse auf der Oberfläche
- überhaupt nicht formstabil

Reversibles Quellen:

- + ja, die Probe hat ihr Anfangsgewicht wieder erreicht oder angenähert.
- nein, die Probe hat ihr Anfangsgewicht nicht wieder erreicht.

Beständigkeit im alkalischen und stark sulfathaltigen Wasser

Untersuchung der Beständigkeit der quellfähigen Fugeneinlagen bei Einlagerung in alkalischem und stark sulfathaltigem Wasser. Auflösungs- und Zersetzungserscheinungen wurden registriert, siehe Tabelle 1.

Anwendungstechnische Funktionsprüfung

Für die Funktionsprüfung wurde die quellfähige Fugeneinlage auf Acrylatbasis ausgewählt. Zur Prüfung der Dichtfähigkeit der quellfähigen Fugenein-

lage wurde in Zusammenarbeit mit der WISSBAU Beratende Ingenieurgesellschaft mbH ein zweiteiliger Probekörper hergestellt. Mit ihm konnte eine gerissene Arbeitsfuge zwischen Bodenplatte und Wand simuliert werden. Zwischen dem oberen und dem unteren Probekörper erfolgt die Abdichtung der Arbeitsfugen mittels der quellfähigen Fugeneinlage. Die Fixierung der beiden Probekörperhälften erfolgt mit gespannten Stahltraversen (Bild 5–7). Zur Prüfung der Dichtwirkung wurde der Probekörper von der Innenseite mit Wasser beaufschlagt. Dies geschah mit Hilfe einer modifizierten Wasserdruckvorrichtung nach DIN 1048. Während des Versuches wurde der Wasserdruck stufenförmig bis 10 bar (100 mWS) erhöht. Der Versuchsaufbau ist vom Prinzip in Bild 5 dargestellt.

Die Prüfung umfasste insgesamt drei Prüfzyklen, welche jeweils aus einem Bewässerungs- und einem Trockenzyklus bestehen. Bei jedem Prüfzyklus wurde in den ersten fünf Tagen Drucksteigerungen von jeweils 0,2 bar täglich bis zum Erreichen eines Wasserdrucks von 1 bar durchgeführt. Im Anschluss daran wurde täglich

der Wasserdruck in 1 bar Schritten bis zum maximalen Prüfdruck von 5 bar erhöht. Der Wasserüberdruck von 5 bar wurde über 7 Tage aufrechterhalten. Anschließend erfolgte eine allseitige Trocknung der Fuge über einen Zeitraum von 6 Wochen. Nach Erreichen der Mindestprüfdauer wurde im Rahmen einer erweiterten Prüfung der Wasserdruck von 5 bar für weitere 4 Tage gehalten und anschließend in 1 bar Druckerhöhungsschritten je Stunde auf einen maximalen Wasserdruck von 10 bar erhöht. Dieser Wasserdruck wurde über einen Zeitraum von 7 Tagen gehalten.

Während des ersten Prüfzyklus wurden im Bereich der Fuge lokal mattfeuchte Betonoberflächen bis zu einem Wasserdruck von 0,4 bar festgestellt. Mit zunehmender Prüfdauer verschwanden diese wieder. Ursache hierfür ist die Aktivierungszeit der quellfähigen Fugeneinlage. Während des nachfolgenden zweiten und dritten Prüfzyklus und der erweiterten Prüfung wurden kein Wasseraustritt und keine Feuchteflecken festgestellt.

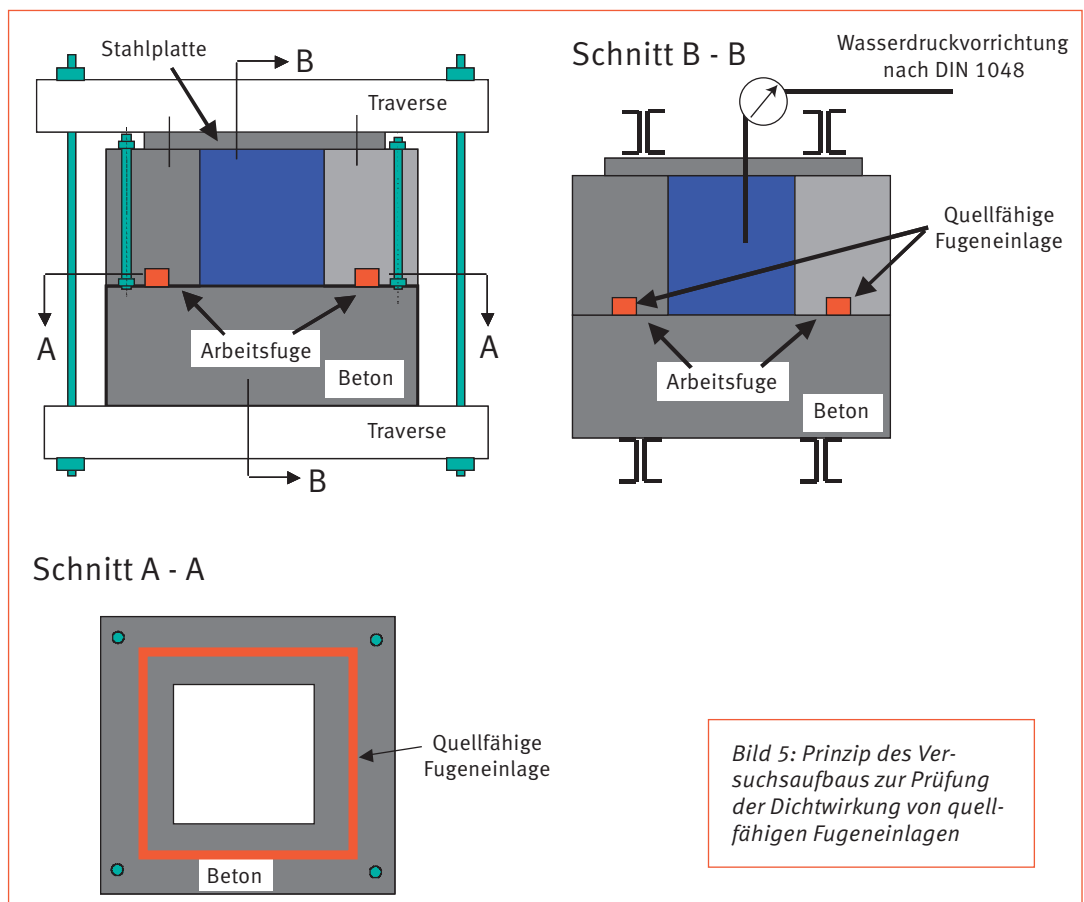


Bild 5: Prinzip des Versuchsaufbaus zur Prüfung der Dichtwirkung von quellfähigen Fugeneinlagen

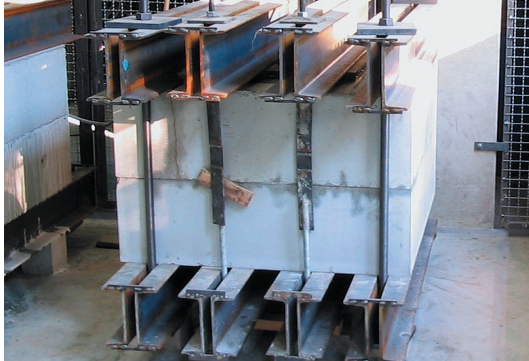


Bild 6: Geschlossener Prüfbehälter im Prüfstand, Anfangsphase der Prüfung (sichtbare Feuchtestellen bis zu einem Druck von 0,4 bar, danach trocken).



Bild 7: Seitenflächen des Prüfbehälters zum Ende der Prüfung bei maximalem Wasserdruck von 10 bar.

Literatur

- [1] Quellfähige Fugeneinlagen für Arbeitsfugen.
In: Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V. -DBV- (Hrsg.): DBV-Merkblatt-Sammlung. Merkblätter, Sachstandsberichte. Grundwerk 1997 einschl. 1. Erg., Berlin: Selbstverlag 1999
- [2] Hohmann, R.: „Abdichtung bei wasserundurchlässigen Bauwerken aus Beton“. Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag, 2004
- [3] Hohmann, R.: Fugenabdichtung bei wasserundurchlässigen Bauwerken aus Beton. In: Betonkalender 2005. Taschenbuch für Beton-, Stahlbeton und Spannbeton sowie für die verwandten Fächer. Berlin: Ernst und Sohn, 2004