

Juni 2001

## **Rißverpressung**

### **Prinzipielle Anmerkungen zum Verpressen von Rissen in Betonbauteilen**

Dr.-Ing. F.-H. Schlüter, Dr.-Ing. C. Ruckebrod

Risse in Beton- und Stahlbetonbauteilen werden oftmals unberechtigterweise als Mangel angesehen. Bauartbedingt sind sie jedoch praktisch unvermeidlich. Die Ursachen hierfür sind recht vielfältig. Bei fachgerechter Planung und Ausführung stellen sich jedoch i.d.R. nur Risse mit kleinen Rißbreiten ein, die hinsichtlich Standsicherheit, Gebrauchsfähigkeit und Dauerhaftigkeit unbedenklich sind. Sind in einem Bauteil die beobachteten Rißbreiten jedoch in einem unzulässigen Bereich, müssen sie gefüllt werden. Voraussetzung für solch eine Maßnahme ist immer eine Klärung der Rißursachen und Bewertung des Bauteilzustandes. Aus der Erfahrung mit umfangreichen Betonsanierungen sollen im folgenden im Sinne eines Überblickes einige prinzipiellen Anmerkungen zum Rißverpressen gemacht werden.

Die Behandlung von Rissen wurde seit 1988 für den Geschäftsbereich des Verkehrsministers in einer „Zusätzlichen Technischen Vorschrift“, der ZTV RISS 1988 und 1993 [1], geregelt. In diesen Regelwerken sind die konkreten Anforderungen an die Injektionsstoffe, die Injektionsverfahren und die Güteüberwachung der Stoffe und Ausführung aufgeführt.

Außerhalb des Geschäftsbereiches des Verkehrsministers existiert seit 1990 die Richtlinie für den Schutz und die Instandsetzung von Betonbauteilen des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton [2]. Beide Richtlinien werden derzeit in eine gemeinsame Richtlinie vereinigt [3], wobei im Bereich der Rißverpressung im wesentlichen die Regelungen der ZTV-Riß 93 Bestand haben werden.

Vor der Planung, Ausschreibung und Ausführung hat eine fachkundige Bestandsaufnahme des Rißbildes, der Rißart (z.B. oberflächennahe Schwindrisse, Biegerisse oder Trennrisse über gesamten Querschnitt etc.) und der Rißbeschaffenheiten (feucht, trocken, naß, verschmutzt etc.) zu erfolgen. Vor allem aber muß die Rißursache geklärt sein, eventuelle Rißbewegungen müssen erfaßt sein. Dies sind alles Kriterien, die nur ein auf diesem Gebiet sachkundiger Planungsingenieur für die Festlegung der in Betracht kommenden Verpreßmaterialien und –verfahren ausreichend bewerten kann. Auf diesen Sachverhalt wird in der neuen Richtlinie verstärkt hingewiesen.

Generell ist zwischen folgenden Anwendungszielen unterschieden:

- Schließen = Hemmen oder Verhindern des Zutritts von korrosionsfördernden Wirkstoffen wie CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CL<sup>-</sup>
- Abdichten = Beseitigen von rissebedingten Undichtigkeiten, Dichtigkeit gegenüber Wasser und ggf. anderen Flüssigkeiten
- Kraftschlüssiges Verbinden = Herstellen einer zugfesten Verbindung beider Rißufer (Wiederherstellen des Zustands I)
- dehnfähiges Verbinden = Herstellen einer begrenzt dehnfähigen Verbindung beider Rißufer, wenn weiterhin mit Rißbewegungen zu rechnen ist und kraftschlüssiges Verbinden nicht gefordert werden muß.

**Tabelle 1:** Anwendungsbereiche der Füllgüter und Füllarten nach der ZTV Riß 93 [1]

Nr.	0	1	2	3	4
Feuchtezustand von Rissen / Rißufern					
0	Anwendungsziel	trocken	feucht	wasserführend	
				„drucklos“	unter Druck
1	schließen	EP-T EP-I PUR-I ZL-I ZS-I	EP-T <sup>1)</sup> EP-I <sup>1)</sup> PUR-I ZL-I ZS-I	PUR-I ZL-I ZS-I	PUR-I <sup>2)</sup> ZL-I <sup>3)</sup> ZS-I <sup>3)</sup>
2	abdichten	EP-I PUR-I ZL-I ZS-I	EP-I <sup>1)</sup> PUR-I ZL-I ZS-I	PUR-I ZL-I ZS-I	PUR-I <sup>2)</sup> ZL-I <sup>3)</sup> ZS-I <sup>3)</sup>
3	kraftschlüssig verbinden	EP-I ZL-I ZS-I	EP-I <sup>1)</sup> ZL-I ZS-I	ZL-I ZS-I	ZL-I <sup>3)</sup> ZS-I <sup>3)</sup>
4	dehnfähig verbinden	PUR-I	PUR-I	PUR-I	PUR-I <sup>2)</sup>

EP-T, EP-I, ZL-I  
ZS-I, PUR-I.

Bezeichnung gemäß 1.2.3 (1) bis (4)

EP-T<sup>1)</sup>, EP-I<sup>1)</sup>

unter Anwendung hierfür speziell ausgewiesener Epoxidharze (s. Abschnitt 3.2)

PUR-I<sup>2)</sup>

unter Anwendung eines schnellschäumenden PUR (SPUR) vor der PUR-I (s. Abschnitt 4.2)

ZL-I<sup>3)</sup>, ZS-I<sup>3)</sup>

zusammen mit vorübergehend abdichtenden Maßnahmen zur Druckminderung (s. Abschnitt 5.6.2)

Für diese einzelnen Anwendungsbereiche gibt es verschiedene geeignete Füllstoffe mit unterschiedlichen Anwendungsgrenzen (materialspezifische Anwendungsbedingungen).

Die existierenden Vorschriften beinhalten folgende Füllgüter:

- Epoxidharz für das Abdichten und kraftschlüssige Verbinden trockener Risse,
- Polyurethan für das Abdichten und dehnfähiges Verbinden von trockenen bis unter Druck wasserführenden Rissen,
- Zementleim und Zementsuspension für das Abdichten und begrenzt kraftschlüssige Verbinden von trockenen bis drucklos wasserführenden Rissen.

**Tabelle 2:** *Materialspezifische Anwendungsbedingungen nach [1] und [2]*

Merkmal	Anwendungsbedingungen			
	1	2	3	
1 Füllstoff	Epoxidharz	Zementleim bzw. Zementsuspension		Polyurethanharz
2 Füllart, Injektion	EP-I	ZL-I	ZS-I	PUR-I
3 Rißart	Trennriß oder oberflächennaher Riß	Trennriß	Trennriß bzw. oberflächennaher Riß	
4 Rißverlauf	beliebig			
5 Rißbreite w	w ≥ 0,10 [mm]	w ≥ 0,80 [mm]	w ≥ 0,20 [mm]	w ≥ 0,30 [mm]
6 Feuchtezustand	siehe Tab. 6.2 und 6.3			
7 Niedrigste Anwendungstemperatur	8 °C	5 °C		6 °C (niedrigere Anwendungstemperatur ist gemäß Grundprüfung)
8 Vorangegangene Maßnahmen	noch keine Füllung erfolgt	keine vorangegangenen Füllungen mit Reaktionsharzen, Wiederholung der Füllung mit Zement als Bindemittel möglich		wiederholte Füllung möglich
9.1 kurzzeitige Rißbreitenänderungen während der Erhärtungsphase	$\Delta w \leq 0,10$ w $\leq 0,03$ mm (abhängig von der Festigkeitsentwicklung)	für kurzzeitige Rißbreitenänderungen nicht geeignet		w ≥ 0,3 mm: $\Delta w \leq 0,05$ w
9.2 tägliche Rißbreitenänderungen während der Erhärtungsphase		während der Erhärtungsphase des Zements nicht zulässig		w ≥ 0,5 mm: $\Delta w \leq 0,1$ w bei Bauteiltemperaturen von ca. 15 °C

Außerhalb dieser Richtlinien existieren eine Reihe weiterer Verpreßmaterialien, von denen die Acrylatgele oder -harze in vielen Bereichen zum Abdichten von trockenen bis unter druckwasserführenden Rissen zur Anwendung kommt.

Die in der ZTV zugelassenen Verpreßmaterialien und -verfahren müssen über bestimmte Grundprüfungen ihre grundsätzliche Eignung für den jeweiligen Verwendungszweck nachgewiesen haben. Eine Güteüberwachung ist verpflichtend vorgegeben. Sie soll eine gleichbleibende Stoff- und Ausführungsqualität sichern. Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) führt Listen, in denen die geprüften Injektionsmaterialien und -verfahren aufgeführt werden.

Die Injektion erfolgt über Einfüllstützen oder „Packer“, die entweder über dem Riß auf der Bauteiloberseite geklebt werden (Klebpacker) oder in den Riß im Bauteilinnern kreuzende Bohrlöcher verspreizt werden (siehe Abb. 1). Bei der Verwendung von Klebpackern muß der

Riß an der Bauteiloberfläche verdämmt („abgeklebt“) werden. Um eine vollflächige Verfüllung der Risse sicherzustellen, ist eine in Abb. 2 dargestellte Anordnung der Einfüllstutzen erforderlich [1].

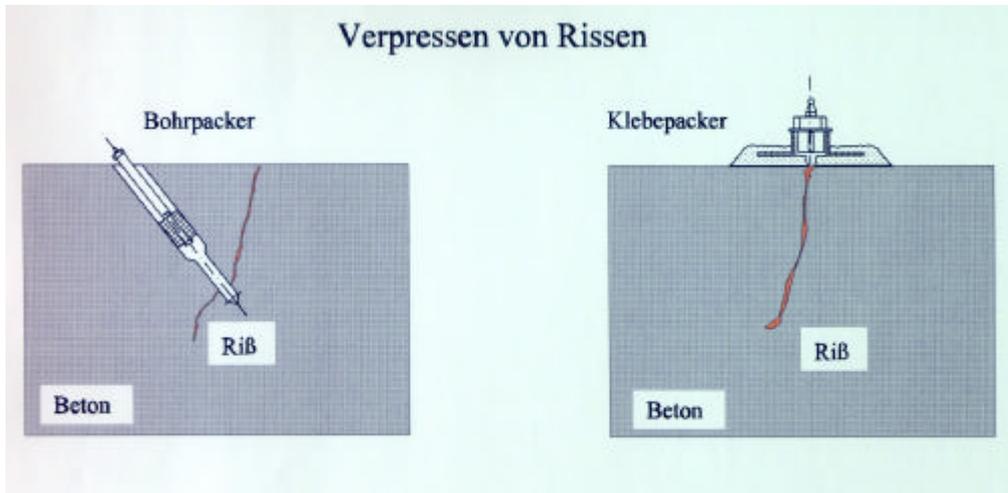


Abb. 1: Unterschiedliche Arten der Einfüllstutzen („Packer“)

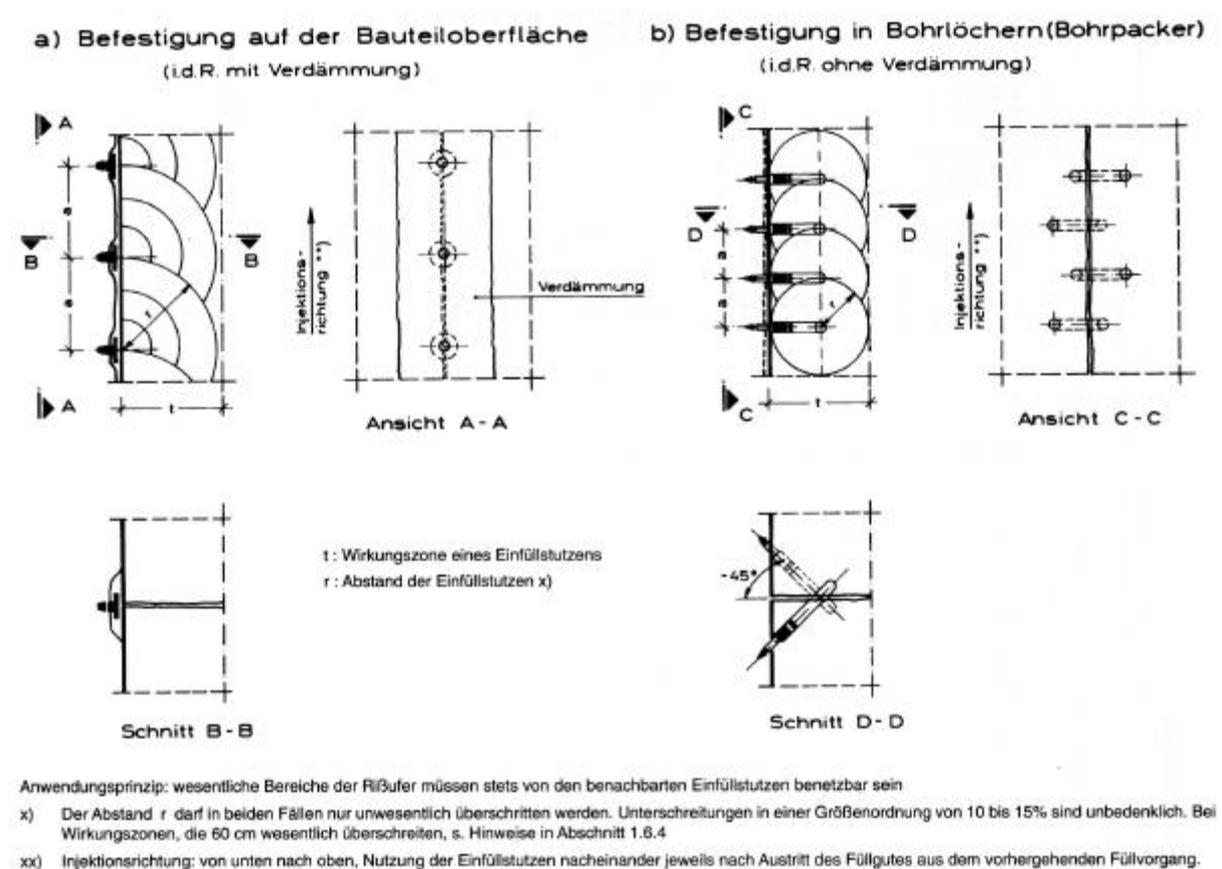


Abb. 2: Prinzipielle Anordnung der Einfüllstutzen zur Gewährleistung einer ordnungsgemäßen Verpressung [1]

Bei der Injektion der Risse wird in der Regel nach folgendem Grundschema vorgegangen:

- Anzeichnen der Risse und Festlegung der Lage der Einfüllstützen,
- Bohren der Injektionskanäle für Bohrpacker bzw. Aufkleben der Klebpacker über dem Riß,
- Ausblasen oder Ausspülen der Injektionskanäle mit Druckluft oder mit der Spül-lanze,
- evtl. Verdämmen der Risse,
- überprüfen, ob Riß auch an geeigneter Stelle getroffen (bei Verwendung von Bohrpackern) z.B. mit Endoskop,
- bei Verpressung mit Zementsuspension und u.U. bei Polyurethan müssen die Riß-flanken angefeuchtet werden,
- Überprüfung der Packer auf Durchgängigkeit (Durchblasen oder Wasserbeaufschlagung über die Packer),
- Funktionskontrolle am Injektionsgerät,
- Abstimmung des Verpreßdruckes (abhängig vom Packertyp, Verdämmung, Rißverlauf und Betonqualität,
- An- und Durchmischen des Komponenten des Injektionsmaterials und/oder Einfüllen in das Injektionsgerät,
- evtl. Kontrollprüfungen am Verpreßmaterial (z.B. Auslaufzeit), Rückstellproben,
- Beginn des Injizierens an den untersten und äußersten Packern,
- nach Austritt des Harzes am nächsten Packer (siehe Abb. 4) diesen schließen,
- Injektion am nächsten Packer fortsetzen,
- während der Injektion an der Wandfläche auftretende Leckagen z.B. mit Schnell-Zement abdichten,
- Dokumentation des Verpreßvorganges (siehe Abb. 7),
- nach Beendigung der Injektion Nachinjektion über alle Packer innerhalb der Gebindeverarbeitungszeit,
- nach dem Aushärten des Harzes Entfernen der Verdämmung und sonstige Verunreinigungen durch das Verpreßgut, Schließen der Injektionskanäle.

Oft sind Abweichungen von diesem Grundschema sinnvoll bzw. gar erforderlich, um einen ausreichenden Abdichtungserfolg zu erzielen. Auch treten Undichtigkeiten in vielen Fällen nicht in der klassischen Form eines „über die ZTV definierten Risses“ auf. Dennoch gibt unserer Erfahrung nach das dargestellte Grundschema mit den ein oder anderen sinnvollen Abweichungen einen nachvollziehbaren Verpreßverlauf mit der größten Aussicht auf Erfolg wieder. Z.B. Abweichungen in dem Anbohrwinkel in Zusammenhang mit einem angepaßten Abstand zum Riß sind ebenso ZTV konform, wie das nur einseitige Anbohren des Risses bei bekanntem Rißverlauf.

Der Erfolg einer Injektionsmaßnahme hängt in hohem Maße von der Qualifikation des Personals ab. In den genannten Regelwerken sind deshalb spezielle Anforderungen an die Qualifikation des ausführenden Personals – SIVV-Schein - festgeschrieben. Es muß aber mit allem Nachdruck darauf hingewiesen werden, daß allein das Besitzen eines Qualifikationsnachweises in Form des SIVV-Scheines keine Gewähr für eine ordnungsgemäße Ausführung darstellen. Wichtig ist das Vorhandensein spezieller Erfahrung mit den einzelnen unterschiedlichen Injektionsmaterialien und Methoden und zwar entsprechend dem Schwierigkeitsgrad der zu



**Abb. 3:** *Links: Klebepacker mit Verdämmung während der Injektion*



**Abb. 4:** *Injektion mit Zementsuspension*  
*Links: Bohrpacker ohne Verdämmung während der Injektion*  
*Rechts: Austritt der Suspension am Nachbarpacker*

erfüllenden Aufgabe. Ausführende, die z.B. jahrelang Erfahrung mit der Verpressung von Polyurethanen und Epoxydharz gesammelt haben, müssen nicht gleichzeitig für eine Verpressung von Zementsuspension geeignet sein, weil der Erfolg der Injektionsmaßnahme hier insbesondere bei entsprechendem Schwierigkeitsgrad der Ausführung ein anderes Erfahrungswissen voraussetzt.

Ganz besonders gilt dies nach unseren Erfahrungen bei dem Verpreßmaterial der Zementsuspensionen. Im Geschäftsbereich des Verkehrsministers ist der Anwendungsbereich für die Zementsuspensionen nach den Anforderungen der ZTV-Riß auf Risse mit Rißbreiten ab 0,2 mm festgeschrieben (siehe Tabelle 2). Die entsprechenden Prüfvorschriften der ZTV-Riß sind auf diese Anwendungsgrenzen ausgelegt, d.h. die Materialien und Verfahren die in der Listung der BAST aufgenommen werden wollen, werden nach den dort für diese Anwendungsbereiche festgelegten Kriterien geprüft. Diese stellen aber selbst für die Anwendungsgrenzen bestenfalls Mindestkriterien dar. Manchmal läßt sich ein an der Wandoberfläche als Riß mit einer Rißbreite von 0,15 mm definierter Riß leichter verpressen als ein Riß mit größeren Rißbreiten. Mit steigendem Schwierigkeitsgrad der Verpreßaufgabe sind eben auf das verwendete Füllgut, dem sonstigen Erscheinungsbildes des Risses (z.B. Ablagerungen von Schmutz oder Aussinterungen im Riß) angepaßte spezielle Techniken und zusätzliche Maßnahmen zur Vorbehandlung des Risses (Durchspülen, Durchblasen, Reinigen des Risses) oder beim Herstellen und Vorbereiten der Injektionskanäle (spezielle Bohrtechnik, Reinigung) erforderlich, die sich im täglichen Umgang mit den verschiedenen Materialien und beim Lösen von konkreten Problemen entwickeln. Dieses spezielle Erfahrungswissen wird selbstverständlich von den erfahrenen Firmen auch nicht gerne weitergegeben, so daß der Kreis der speziell kundigen Anwender beschränkt bleibt.

Abb. 5 zeigt das Ergebnis eines Versuches einer Injektion eines Risses in der Außenwand einer Weißen Wanne mit einer Rißbreite von 0,2 mm mit Zementsuspension. Die Injektion erfolgte mit einem BAST-gelisteten Material und Verfahren. Die Injektionskanäle wurden im Schlagbohrverfahren angebohrt, danach mit Druckluft ausgeblasen. Bereits bei der Verpressung konnte keine Abnahme von Suspension in den Riß festgestellt werden. Dies wurde durch eine nachträgliche Ausführungskontrolle in Form einer Bohrkernentnahme bestätigt.



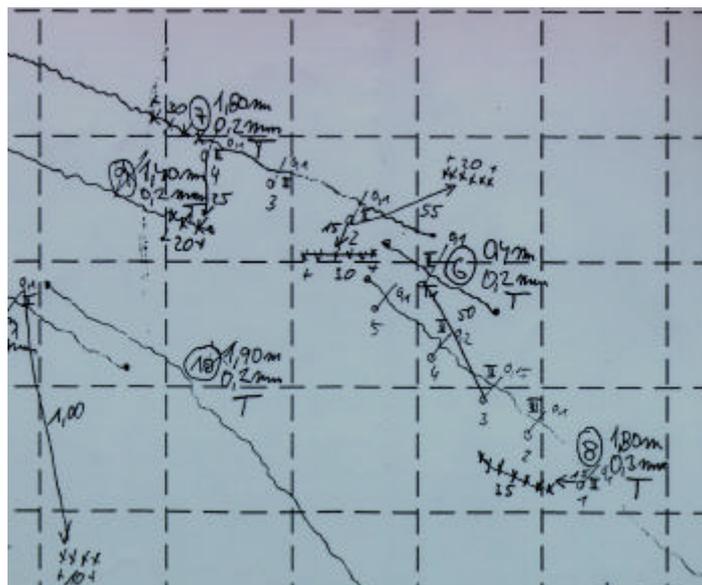
**Abb. 5:** *Ergebnis über eine Kontrollbohrung nach einer nicht erfolgreichen Injektion. Es wurde keine Zementsuspension in den Rißflächen vorgefunden. Der Bohrkern fiel nach der Entnahme auseinander.*



**Abb. 6:** *Ergebnis über eine Kontrollbohrung – zur besseren Kontrolle wurde der Bohrkern in Scheiben geschnitten nach einer erfolgreichen Injektion mit Zementsuspension. Selbst Risse mit Eingangsrißbreiten von 0,1 mm waren vollflächig verfüllt.*

Nur speziell erfahrene Firmen sind in der Lage, Risse insbesondere im Grenzbereich der Anwendung der speziellen Verpreßmaterialien erfolgreich zu verpressen. In dem gezeigten Fall war es „glücklicherweise“ so, daß durch die mißglückten Versuche der Erfolg der nachfolgenden erfolgreichen Injektion nicht gefährdet wurde, weil kein Material in den Riß injiziert werden konnte. Abb. 6 zeigt einen von einer erfahrenen Firma mit Zementsuspension erfolgreich gefüllten Riß mit eine Rißbreite von 0,1-0,15 mm.

Die Möglichkeit eine nachträglichen Bewertung einer Injektion hängt in hohem Maße von einer nachvollziehbaren Dokumentation der einzelnen Verpreßvorgänge ab. In dem in Abb. 7

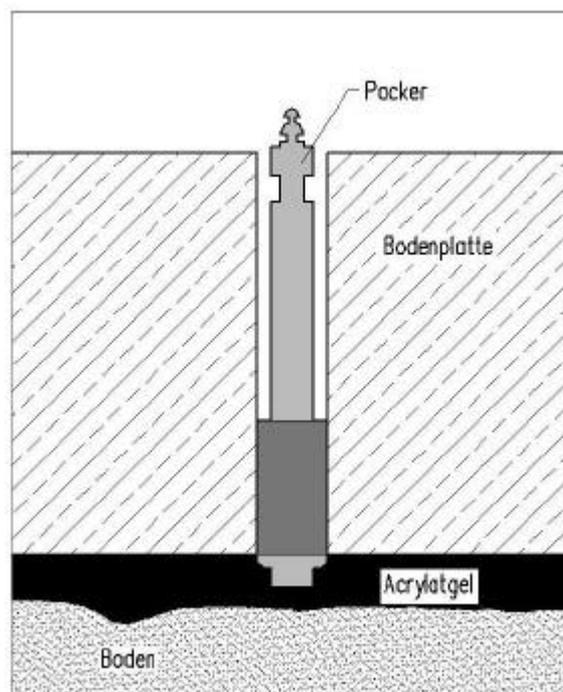


**Abb. 7:** *Dokumentation einer Injektion*

dargestellten Planausschnitt sind neben dem Verlauf des Risses, die genaue Lage der Packer, die zugehörige Rißbreite und der Materialfluß sowie aufgetretene Leckagen während des Verpressens dokumentiert. Zusammen mit den üblichen nach der ZTV geforderten Rißprotokollen läßt sich hiermit auch ohne ständige Anwesenheit während der Injektion der Verpreßvorgang nachvollziehen und bewerten. Das Führen einer solchen nachvollziehbaren Dokumentation wird in der Regel für zu aufwendig erachtet. Dieser Einwand mag für einfache Verhältnisse mit dem Verpreßziel, lediglich eine Abdichtung zu erzielen, berechtigt sein. Dabei spielen neben vertraglichen Gesichtspunkten auch material-spezifische Besonderheiten eine gewisse Rolle (Wiederverpreßbarkeit). Bei nicht eindeutigen Verhältnissen – z.B. Rißverzweigungen, Rissescharen mit geringen Abständen zwischen den Rissen, Schalenrissen – ist insbesondere bei der Notwendigkeit des Wiederherstellens eines Kraftschlusses auf eine nachvollziehbare auch im bauaufsichtlichen Sinne unverzichtbar.

Zur Erzielung wasserdichter Bauwerke kommt in einigen Spezialfällen eine sog. Flächenvergelung in Betracht. Dies ist z. B. der Fall, wenn sich Leckagestellen nicht eindeutig bestimmen lassen, bei flächigen Leckagen oder wenn die Ausbausituation keine Rißverpressung zuläßt.

Bei der Flächenvergelung wird an den Außenflächen, z.B. unterhalb einer Bodenplatte oder vor einer von außen nicht zugänglichen Kelleraußenwand ein Dichtschleier gelegt. Mittels Bohrpaker wird Acrylatgel von der Innenseite injiziert. Abb. 8 zeigt eine Prinzipskizze einer solche Anwendung. Hier kommt der Erfahrung des Planers und der ausführenden Firma besondere Bedeutung zu.



**Abb. 8:** *Prinzip einer Flächenvergelung: Über in einem definierten Raster durch die Außenwände/Bodenplatte des Gebäudes gesetzte Bohrungen wird ein Dichtungsschleier injiziert.*

Literatur

- [1] ZTV-Riß 93. Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für das Füllen von Rissen in Betonteilen. Verkehrsblatt Dokument B 5237. Verkehrsblatt Verlag Dortmund 1993.
- [2] Deutscher Ausschuß für Stahlbeton. DAfStb-Richtlinie. Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungsrichtlinie) 1990
- [3] Deutscher Ausschuß für Stahlbeton. DAfStb-Richtlinie. Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungsrichtlinie) Entwurf Oktober 2000.