

Rainer Hohmann

Planmäßige Verpressung von Rissen und Sanierung von schadhaften Bauwerken

Teil 1: Verpressung von Rissen, Arbeits- und Stoßfugen bei WU-Konstruktionen

Risse gehören im Regelfall zur Stahlbetonbauweise dazu und sind auch bei sorgfältiger Planung und Ausführung nicht zu vermeiden. Risse, die die Anforderungen der Nutzungsklasse nicht erfüllen, sind entsprechend der WU-Richtlinie nachträglich dauerhaft abzudichten. Gleiches gilt auch für undichte Arbeits- und Stoßfugen. Im Regelfall geschieht dies durch Injektion eines geeigneten, auf die objektspezifischen Randbedingungen abgestimmten Füllstoffes. Der Beitrag gibt einen Überblick über die nachträgliche Abdichtung von Rissen und undichten Arbeits- und Stoßfugen durch Injektion.

1 Einleitung

Zahlreiche Bauwerke im Ingenieurbau, im Hoch- und Industriebau, im Wasser- und Tiefbau werden als wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton erstellt. Für die Konstruktion von wasserundurchlässigen Bauwerken hat der Planer nach [3] die Wahl

zwischen verschiedenen Entwurfsgrundsätzen, d.h.

- a) Verhindern von Trennrissen durch die Vermeidung bzw. Reduzierung von Zwangsspannungen (Grundsatz: Vermeidung von Trennrissen)
- b) Begrenzung der Trennrisse auf ein Maß, das keinen Wasserdurchtritt ermöglicht oder auf Risse, die sich durch Selbstheilung schließen (Grundsatz: Zulassen von Trennrissen mit begrenzter Rissbreite und Selbstheilung)
- c) Rissbreiten, die in Kombination mit Dichtungsmaßnahmen die Anforderungen an die Wasserundurchlässigkeit erfüllen (Grundsatz: Zulassen von Trennrissen und deren planmäßiges Abdichten)

Die Wahl des Entwurfskonzeptes hat Ein-

fluss auf Fugen, Fugenausbildung und Rissbildung. Neben den planmäßigen Rissen, die dem Entwurfsgrundsatz b und c geschuldet sind, kann es bei allen Entwurfsgrundsätzen prinzipiell auch zur Bildung von unplanmäßigen Rissen kommen. Zudem treten in der Praxis oftmals Undichtigkeiten im Bereich von Arbeits- und Stoßfugen auf. Letztlich handelt es sich auch bei diesen um »Risse«. Abb. 1 zeigt typische Beispiele für wasserführende Risse und eine undichte Arbeitsfuge. Beides gilt es dauerhaft abzudichten. Sowohl Risse als auch undichte Arbeits- und Stoßfugen können im Regelfall bei fachgerechter Ausführung und der Wahl eines geeigneten, auf die objektspezifischen Randbedingungen abgestimmten Füllstoffes, durch Injektion über Bohrpacker abgedichtet werden. Ziel ist es hierbei, alle möglichen Wasserwegigkeiten und Fehlstellen durch die Injektion des Füllstoffes zu verfüllen und abzudichten. Entscheidend ist hierbei, dass betroffene Bauteiloberflächen zugänglich sind. Der Beitrag gibt einen Überblick über die nachträgliche Ab-



Abb. 1: Beispiele für wasserführende Risse (a, b) und eine undichte Arbeitsfuge (c)

dichtung von Rissen und undichten Arbeits- und Stoßfugen durch Injektion.

2 Sanierung durch Injektion

2.1 Vorüberlegungen und Sanierungskonzept

Im Vorfeld der Instandsetzungsmaßnahme ist ein Sanierungskonzept von einem sachkundigen Planer aufzustellen. Das Sanierungskonzept sollte neben der Beschreibung des Ist-Bauzustandes, des Schadensbildes und des Bemessungswasserdrucks auch das Instandsetzungsziel und das anzuwendende Abdichtungsverfahren beschreiben. Bei Rissen ist es zudem wichtig, die Rissursache, die Rissbreite, die Rissbreitenänderung (kurzzeitig, täglich, langfristig), den Risszustand (Feuchtigkeit, Verschmutzung) und den Rissverlauf zu kennen. Im Rahmen des Sanierungskonzeptes sind ferner der für die Injektion zu verwendende Füllstoff, die wesentlichen injektionstechnologischen Parameter (z.B. Art der Packer, bei Bohrpäckern: Durchmesser des Bohrpackers und des Bohrkanals, Lage und Abstand der Bohrungen, Bohrlochtiefe, Bohr-

winkel, Verankerungstiefe der Bohrpacker, Bohrraster, Randabstand der Bohrungen), maximaler Injektionsdruck, ggf. auch Angaben zur Vorinjektion und zur Nachverpressung sowie ggf. erforderliche flankierende Maßnahmen (z.B. Verdämmung) und die Anforderung an die Qualitätssicherung und Dokumentation zu beschreiben bzw. vorzugeben. Welche Angaben im Sanierungskonzept für Injektionen beschrieben sein sollten, ist in Tabelle 1 angegeben.

2.2 Regelwerke

Rissfüllstoffe müssen der DIN EN 1504-5 »Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Definitionen, Anforderungen, Qualitätsüberwachung und Beurteilung der Konformität – Teil 5: Injektion von Betonbauteilen« [4] entsprechen. DIN V 18028 »Rissfüllstoffe nach DIN EN 1504-5 mit besonderen Eigenschaften« [5] enthält zusätzliche Festlegungen für Rissfüllstoffe nach DIN EN 1504-5 [4], um diese bei Instandsetzungen nach der Instandsetzungs-Richtlinie [2] anwenden zu können. Ergänzend werden in DIN V 18028

[5] Festlegungen für Polyurethanschaum (SPUR) getroffen.

Die WU-Richtlinie [3] verweist in Kapitel 12 »Dichten von Rissen und Instandsetzung von Fehlstellen« auf die Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungsrichtlinie) [2] des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton. Weiterführende Hinweise zur Rissverpressung sind auch in den zusätzlichen technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING), Teil 3 Massivbau, Abschnitt 5: Füllen von Rissen und Hohlräumen in Betonbauteilen [1] zu finden.

2.3 Füllstoffe

Welche Füllstoffe kommen für die abdichtende Injektion von Rissen sowie Arbeits- und Stoßfugen in Frage? Die WU-Richtlinie [3] schränkt die Verwendung auf solche Füllstoffe ein, welche die Anforderungen nach der DAfStb-Richtlinie »Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen« [2] erfüllen, d.h. Polyurethanharz (PUR), Epoxidharz (EP), Zement suspension (ZS) und Zementleim (ZL). Die Wahl des geeigneten Füllstoffes ist abhängig von den Randbedingungen, wie z.B. dem Feuchtezustand des Risses und der Bauteiloberfläche, der Rissbreite und der ggf. zu erwartenden Rissbreitenänderung.

In der Regel werden für die abdichtende Injektion von Rissen Injektionsharze auf Polyurethanbasis verwendet. Hierbei handelt es sich um lösungsmittelfreie, niedrigviskose, elastische, porenbildende Füllstoffe (PUR-I), die ihre Abdichtwirkung über Flankenhaftung erzielen, siehe auch [6 – 8]. Damit sie ein möglichst gutes Penetrationsverhalten zeigen, sollten verwendete Polyurethanharze eine möglichst geringe Viskosität besitzen. Zu empfehlen sind PUR-Harze mit einer Viskosität ≤ 100 mPa·s. Dabei ist zu beachten, dass die Viskosität temperaturabhängig ist und mit sinkender Temperatur zunimmt. Polyurethanharze sind im Regelfall zum begrenzt dehnfähigen Füllen von Rissen geeignet. Allerdings ist die Dehnfähigkeit begrenzt. Bei in einem Riss ausgehärteten Polyurethanharz muss dessen Dehnfähigkeit bei einer mittleren Bauteiltemperatur von etwa 15°C mindestens 5 % bei Rissbreiten zwischen 0,30 – 0,50 mm und mindestens 10 % bei Rissbreiten über 0,50 mm betragen. Die niedrigste Anwendungstemperatur für Polyurethanharz beträgt 6°C.

Tabelle 1: Welche Angaben sollte das Sanierungskonzept enthalten?

Instandsetzungsziel	– Instandsetzungsziel
Beschreibung des Ist-Bauzustandes	– Art und Aufbau der Konstruktion, Zustand der Bauteile, Schadensbild, Bemessungswasserstand und -wasserdruck, Angabe der Fugen, Risse und ggf. vorhandenen Hohlräume, Fugen- und Rissbewegungen, vorangegangene Maßnahmen – Angaben zu Rissverlauf, Rissursache, Rissbreite, Rissbreitenänderung (kurzzeitig, täglich, langfristig), Feuchtezustand (trocken, feucht, drucklos wasserführend, unter Druck wasserführend), Rissverschmutzung, vorangegangene Maßnahmen
Angaben zur Injektionstechnologie	– Benennung des für die Injektion zu verwendenden Füllstoffs bzw. dessen Eigenschaften – 1- oder 2-Komponenten-Injektionstechnologie, ggf. Vorgabe für die Injektionstechnik, z.B. Verwendung von Injektionspistolen/-köpfe mit Manometer zur Druckkontrolle unmittelbar am Bohrpacker, Injektionspumpen mit einem Mess- und Kontrollsystem, o. ä. – Lage und Abstand der Bohrungen/Bohrpacker, Bohrlochtiefe, Bohrwinkel, Verankerungstiefe der Bohrpacker, Bohrraster, Randabstand der Bohrungen, ggf. Packerplan – Art und Durchmesser der Packer (Bohrpacker, Schlagpacker, ...) – Angaben zum Injektionsvorgang, maximaler Injektionsdruck, ggf. auch Angaben zur Vorinjektion und zur Reaktionszeit – Zeitpunkt der Injektion (v. a. bei zeitabhängigem Bauteilverhalten, das zu Riss- und Fugenbewegung führt) – u. U. Zeitpunkt der Nachverpressung
Sonstige Angaben	– Beschreibung von flankierenden Maßnahmen (z.B. Aufnahme des Estrichrandstreifens, Trocknungsmaßnahme, Schutzmaßnahmen, ...) – Beschreibung ggf. erforderlicher Maßnahmen, wie z.B. Verdämmung, Angaben zur Sanierung von Fehlstellen, Hohlräumen oder Kiesnestern unter der raumseitigen Fertigteilplatte bei Elementwänden – Anforderung an die Qualitätssicherung und Dokumentation

Zur Verminderung der Wasserzufuhr bei stark drückendem Wasser können in begründeten Ausnahmefällen Polyurethanschäume (SPUR-I) vorinjiziert werden. Unter Wasserzufuhr bilden diese einen feinzelligen, offenporigen Schaum, der temporär die Wasserzufuhr mindert, jedoch keine dauerhaft abdichtende Wirkung hat. Der Einsatz von SPUR ist nur im hinteren äußeren Drittel des Bauteilquerschnitts zulässig. Die abdichtende Injektion mit Polyurethanharz (PUR-I) sollte unmittelbar anschließend über zusätzliche Bohrpacker erfolgen.

Neben Polyurethanharzen (PUR-I, Mindestrissbreite $\geq 0,1 - 0,3$ mm in Abhängigkeit der Viskosität, siehe Herstellerangabe) kommen gelegentlich auch Zementleim (ZL-I, Mindestrissbreite $\geq 0,8$ mm) und Zementsuspension (ZS-I, Mindestrissbreite $\geq 0,25$ mm) zum Einsatz. Diese eignen sich z. B. als Vorinjektion bei hohlraumreichem Beton und größeren Hohlräumen, aber nicht oder nur bedingt für eine abdichtenden Injektion. Eine Rissverpressung mit Epoxidharz (EP-I, Mindestrissbreite $\geq 0,1$ mm) ist im Regelfall nur bei trockenen Rissen ohne Rissbreitenänderung möglich. In Sonderfällen, in denen neben abdichtenden Eigenschaften auch Kraftschlüssigkeit gefordert ist, werden auch spezielle feuchteverträgliche Epoxidharze oder Polyurethanharze mit abdichtender und kraftschlüssiger Wirkung eingesetzt, siehe auch [7].

Die Leistungsmerkmale der Füllstoffe sind in DIN EN 15045 [4] und DIN V 18028 [5] beschrieben. Weiterführende Hinweise zu den Füllstoffen sind u. a. auch in [1, 2, 6 – 8] zu finden.

2.4 Injektionstechnologie

Beim Füllen von Rissen wird zwischen

- Tränkung (drucklos) und
 - Injektion (mit Druck)
- unterschieden. Durch Tränkung lassen sich lediglich oberflächennahe Risse mit dem Füllstoff füllen und auch nur bei horizontalen und leicht geneigten Bauteilen. Für das abdichtende Füllen von Rissen ist diese Art der Rissfüllung nicht geeignet. Um Risse abzudichten, ist ein Füllen der Risse unter Druck erforderlich. Im Regelfall erfolgt dies durch Injektion des Füllstoffes über Bohrpacker. Lediglich bei trockenen Bauteiloberflächen ist eine Injektion des Füllstoffes über Klebepacker möglich.

Bei der Injektionstechnologie, die zur Injektion von Reaktionsharzen verwendet wird, muss zwischen 1-K- und 2-K-Injektionstechnologie unterschieden werden.

- Bei der im Regelfall angewendeten 1-K-Injektionstechnologie wird das Injektionsmaterial vom Anwender in kleinen Mengen gemischt und anschließend mit einer 1-K-Injektionspumpe injiziert. Nachteilig ist hierbei, dass die Viskosität des Injektionsmaterials mit zunehmender Verarbeitungszeit ansteigt, d. h., es kommt im Laufe der Verarbeitungszeit zu einer Verschlechterung des Penetrationsverhaltens des Füllstoffes.
- Bei der 2-K-Injektionstechnologie werden die Komponenten des Injektionsmaterials von der Injektionspumpe getrennt bis zum Injektionskopf/zur Injektionspistole gefördert und erst dort mittels eines integrierten statischen Mixers gemischt. Da die chemische Reaktion dadurch erst am Bohrpacker beginnt, wird dem Bauteil stets Injektionsmaterial mit gleichbleibend niedriger Viskosität injiziert. Dies ist einerseits ein Vorteil gegenüber dem Injizieren mit der 1-K-Injektionstechnologie. Andererseits ist die 2-K-Injektionstechnologie aufwändiger und setzt ein deutlich höheres Maß an Fachkenntnis des Verarbeiters voraus, um z. B. Mischungsfehler zu vermeiden. Die Vor- und Nachteile von 1K- und 2K-Injektionstechnologie sind in [6] gegenübergestellt.

Zementleim und Zementsuspension werden nach ihrem Anmischen mit speziellen 1-K-Injektionspumpen im Niederdruckverfahren mit einem Injektionsdruck bis maximal etwa 7 bar am Packer injiziert. Hinweise zum Anmischen des Zementleims bzw. der Zementsuspension und den dafür erforderlichen Mischgeräten sind in den Herstellerangaben zu finden.

2.5 Anforderungen an den Ausführenden

Entscheidend für die Qualität und den Erfolg von Injektionsarbeiten ist die Erfahrung und Sorgfalt des Ausführenden, der:

- das Injektionsmaterial entsprechend den Herstellerangaben fachgerecht mischen,
- mit der Injektionstechnologie richtig umgehen,
- die Bohrungen richtig einbringen,
- fachgerecht und sorgfältig das Injektionsmaterial injizieren

können muss. Beim Verpressen muss der Ausführende das Bauteil und den Injektionsdruck genauso im Blick haben, wie die temperaturabhängigen Verarbeitungszeiten des Injektionsmaterials sowie Materialaustritte aus Fugen, Rissen und be-

nachbarten Packern und darüber hinaus schnell aus seinen Beobachtungen Rückschlüsse auf den Materialfluss und mögliche Wasserwegigkeiten ziehen und reagieren, z. B. Reduzieren des Injektionsdruckes, Verdämmen von Leckagestellen, Setzen zusätzlicher Bohrpacker/Bohrung zur Entlüftung, um einer Drucküberhöhung entgegenzuwirken oder Abbrechen der Injektion.

3 Bauausführung

Im Folgenden wird auf die verschiedenen Ausführungsbeispiele eingegangen.

3.1 Verpressung von Rissen

In Abhängigkeit von den Randbedingungen kann eine Verpressung von Rissen über Bohr- oder Klebepacker erfolgen. Packer werden erst unmittelbar vor ihrer Verpressung mit einem Ventilkopf versehen. Während der Injektion wird der Materialfluss über den Füllgutaustritt aus den benachbarten »offenen« Packern (Packerkontakt) kontrolliert. Über diese kann auch die verdrängte Luft entweichen. Bei vertikalen Rissen erfolgt die Injektion beginnend am tiefstgelegenen Bohrpacker von unten nach oben.

Innerhalb der für das Injektionsmaterial herstellereitig angegebenen Verarbeitungsdauer ist bei allen Packern eine Nachinjektion durchzuführen. Nach dem Injizieren der Packer und dem Aushärten des Füllstoffes werden die Packer ausgebaut bzw. entfernt; Bohrlöcher werden mit einem schwindarmen Mörtel verschlossen. Wurde die Bauteiloberfläche im Bereich der Injektionsstelle z. B. mit einem Mörtel verdämmt, wird dieser entfernt und die Bauteiloberfläche gesäubert. Ggf. ist anschließend die Bauteiloberfläche im betroffenen Bereich plan zu schleifen.

Je nach Lage, Ort und Ursache des Wasserdurchtritts können mehrmalige oder weitere abdichtende Injektionen zu einem späteren Zeitraum erforderlich sein, siehe auch WU-Richtlinie [3], Abschnitt 12.3. Dies ist kein Mangel, sondern dem Umstand geschuldet, dass sich das Wasser nach der ersten Injektion ggf. neue Wege sucht und nun an anderen Stellen austritt, dass Fehlstellen bei der ersten Injektion nicht oder nur z. T. verfüllt wurden oder dass zum Zeitpunkt der Verpressung kein Lastfall »drückendes Wasser« vorlag.

Weiterführende Hinweise zur Ausführung von Injektionsarbeiten sind auch in der DAfStb-Richtlinie »Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Beton-

bauteilen« [2], in den zusätzlichen technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING), Teil 3 Massivbau, Abschnitt 5: Füllen von Rissen und Hohlräumen in Betonbauteilen [1] und u. a. in [6 – 9] zu finden.

3.1.1 Rissverpressung über Bohrpacker

Um wasserführende Risse durch Injektion von Polyurethanharz abzudichten, werden Bohrkanäle wechselseitig in das Bauteil eingebracht, die den Riss im Regelfall im 45°-Winkel kreuzen, siehe Abb. 2 und 3. Durch die wechselseitige Anordnung der Bohrpacker werden auch im Bauteil verspringende Risse erfasst. Der Abstand der Bohrpacker hängt von den objektspezifischen Randbedingungen (Bauteildicke, Rissweite) und den Eigenschaften des Injektionsmaterials (Verarbeitungszeit, Vis-

kosität) ab. In der Regel beträgt der Abstand zwischen den Bohrpackern $d/2$, wobei mit d die Dicke des Bauteils bezeichnet wird. Um die Durchgängigkeit des Bohrkanals sicherzustellen, müssen die Bohrkanäle nach dem Bohren durch Ausblasen mit Druckluft, Absaugen oder/und Ausbürsten mit einer auf den Bohrlochdurchmesser abgestimmten rotierenden Spiralbürste von Bohrstaub gereinigt werden. Die einzelnen Bohrstellen werden nummeriert, ggf. mit Angabe von Bohrtiefe und Bohrwinkel, siehe auch Abb. 8. Im Regelfall werden für die Injektion von Polyurethanharz Bohrpacker mit einem Durchmesser von 10 – 14 mm und für die Injektion von Zementleim Schlagpacker mit einem Durchmesser von 14 – 18 mm eingesetzt. Die Bohrpacker werden durch Anziehen der Muttern im Bohrkanal verspannt. Ein Verdämmen des Risses ist bei der Injektion über Bohrpacker im Regelfall nicht erforderlich. Lediglich in Ausnahmefällen, z. B. bei breiten Rissen, kann ein Verdämmen erforderlich sein.

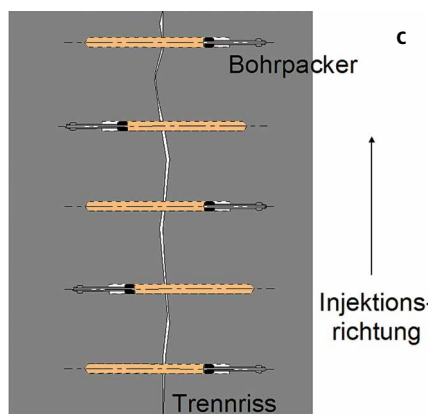
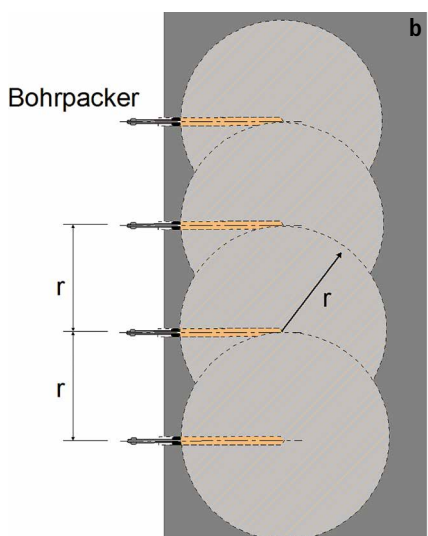
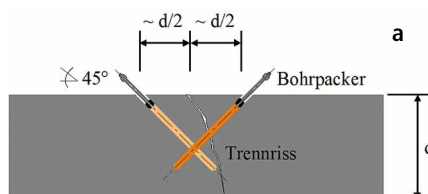


Abb. 2a, b, c: Rissverpressung über Bohrpacker (nach ZTV-ING [1])



Abb. 3: Anordnung der Bohrpacker bei der Rissverpressung

Bei der Verpressung von Rissen in Ort betonkonstruktionen über Bohrpacker kann der maximale Injektionsdruck $p_{\max}$ in bar näherungsweise mit

$$p_{\max} = \frac{\text{Nenndruckfestigkeit des Betons}}{3} \cdot 10$$

angegeben werden. Bei der Injektion von Elementwänden ist mit besonderer Sorgfalt auf den Injektionsdruck zu achten. Im Vergleich zu Ort betonkonstruktionen sollte beim Injizieren von Elementwänden mit einem deutlich niedrigeren Injektionsdruck gearbeitet werden, um eine Schädigung der Elementwand zu

vermeiden, wie z. B. einem Aufbrechen der Elementwand oder Rissbildung bzw. -aufweiten zwischen Fertigteilplatte und Ort betonkern.

Prinzipiell gilt beim Injizieren von Füllstoffen, dass mit längerer Injektionszeit bei niedrigem Injektionsdruck bessere Füllergebnisse erzielt werden. Diese sind auch umso besser, je niedrigviskoser und dünnflüssiger der Füllstoff ist. Bezüglich des maximalen Injektionsdruckes ist ggf. die Rücksprache mit dem Tragwerksplaner erforderlich.

Wasserführenden Rissen, deren Rissbreitenänderung eindeutig auf eine Veränderung der Bauteiltemperatur zurückzuführen ist, sollten bei einer möglichst niedrigen Bauteiltemperatur und damit verbunden einer großen Rissbreite verpresst werden, um einen möglichst großen Füllungsgrad des Risses mit Füllgut zu erzielen. Die vom Hersteller angegebene niedrigste Anwendungstemperatur darf dabei jedoch nicht unterschritten werden.

In Fällen, in denen die Dehnfähigkeit des Rissfüllstoffes durch die Rissbreitenänderung infolge witterungs- oder nutzungsbedingter Temperaturänderungen überschritten wird (z. B. bei einem nichtgedämmten Flockungsbecken, siehe [6]), kann es erforderlich sein, vor der Rissverpressung die temperaturbedingte Beanspruchung des Bauteils und damit die Rissbreitenänderung durch Anbringen einer Wärmedämmung zu reduzieren.

3.1.2 Rissverpressung über Klebepacker

Klebepacker werden direkt auf den Riss geklebt, siehe Abb. 4. Daher ist ihr Einsatz auf Fälle mit trockenen Rissen und Bauteiloberflächen beschränkt, z. B. bei der Verpressung von Epoxidharz. Der gegenseitige Abstand der Klebepacker entspricht im Regelfall etwa der Bauteildicke d . Entscheidend für die Funktionsfähigkeit ist der Haftverbund zwischen Klebepacker und Bauteiloberfläche. Vor dem Setzen des Klebepackers muss die Bauteiloberfläche daher ca. 5 cm beidseitig des Risses durch Strahlen oder Schleifen aufgeraut und von losen Teilen, Staub usw. gesäubert werden. Um einen Verschluss des Injektionskanals des Klebepackers durch den Kleber zu vermeiden, wird zunächst ein gefetteter Stahlstift ca. 2 – 3 mm in den Riss eingeschlagen, auf den der Klebepacker nach Auftragen des Klebers aufgesteckt wird. Der Stahlstift wird später vor der Injektion entfernt. Der Riss zwischen den einzelnen Klebepackern wird mit dem Kleber verdämmt. Die Injek-

tion erfolgt über einen Kegelnippel, der erst unmittelbar vor der Injektion auf den Packer aufgeschraubt wird. Der maximale Injektionsdruck bei Klebepackern hängt wesentlich von der Haftzugfestigkeit der Bauteiloberfläche und den Hafteigenschaften des Klebers ab. Im Regelfall ist er auf 60 bar begrenzt.

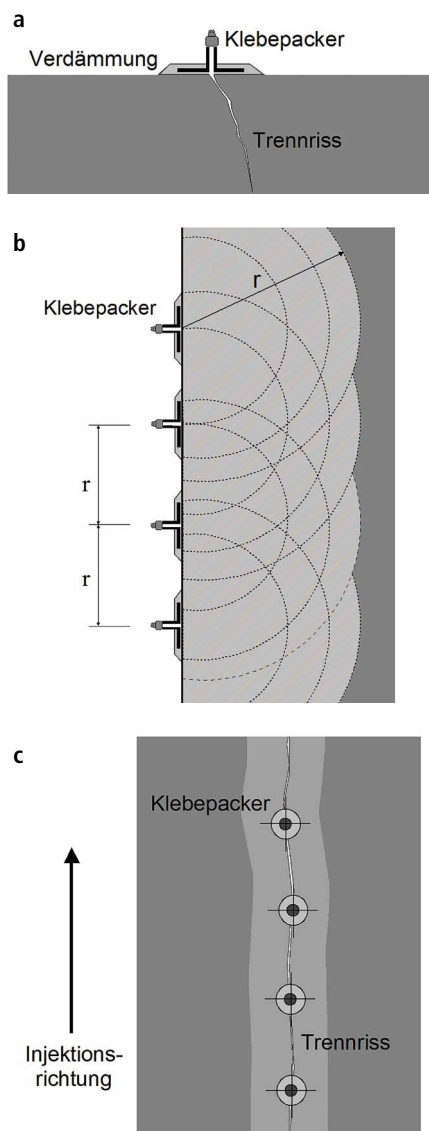


Abb. 4 a, b, c: Rissverpressung über Klebepacker (nach ZTV-ING [1])

3.2 Verpressen undichter Arbeitsfugen bei Ortbetonkonstruktionen über Bohrpacker

Ähnlich wie bei der Rissverpressung kann eine undichte Arbeitsfuge durch Injektion eines geeigneten Füllstoffes über Bohrpacker, im Regelfall Polyurethanharz, abdichtet werden. Hierzu werden im Anschlusspunkt zwischen Bodenplatte und Wand, wie in Abb. 5 dargestellt, Bohrkannäle eingebracht, die die Arbeitsfuge im 45°-Winkel kreuzen. Nach Säubern der Kanäle von Bohrmehl werden Bohrpacker

in die Kanäle eingesetzt, über die die Arbeitsfuge mit einem geeigneten Füllstoff verpresst wird. Im Regelfall sollte der maximale Abstand zwischen den Bohrpackern $d/2$ betragen, wobei d die Dicke des Bauteils bezeichnet.



Abb. 5 a, b, c, d: Verpressung einer Arbeitsfuge zwischen Bodenplatte und Wand (a: Prinzipskizze, b: Bohren der Injektionskanäle, c: Säubern der Bohrkannäle von Bohrmehl durch Ausblasen, d: Ausführungsbeispiel)

Kommt es während der Injektion zu Materialaustritt aus der Arbeitsfuge, wird in diesem Bereich die Bauteiloberfläche mit schnellhärtendem Mörtel verdrämmt. Hierbei ist darauf zu achten, dass es dadurch nicht zu einer längeren Unterbrechung der Injektion kommt. Entsprechende schnellhärtende Mörtel sind daher auf der Baustelle vorzuhalten.

3.3 Verpressen undichter Arbeits- und Stoßfugen bei Elementwänden

3.3.1 Verpressen der Arbeitsfuge Sohle-Wand

Um die undichte Arbeitsfuge zwischen Bodenplatte und Elementwand durch Injektion über Bohrpacker abzudichten, werden – wie in Abb. 7 dargestellt – im Anschlusspunkt zwischen Bodenplatte und Wand Bohrkannäle eingebracht, die die Arbeitsfuge im 45°-Winkel kreuzen. Im Gegensatz zur Ortbetonkonstruktion birgt aber eine Elementwand aufgrund der Vielzahl möglicher Wasserwegigkeiten einige Besonderheiten, siehe auch [9]. Um möglichst viele der potentiellen Wasserwegigkeiten erreichen und verpressen zu können, ist es ggf. sinnvoll, zusätzlich die Grenzschichten zwischen den Fertigteilplatten und dem Ortbetonkern anzubohren, um dort vorhandene Fehlstellen, Längsrisse o.ä. durch Injektion des Füllstoffes abzudichten, siehe

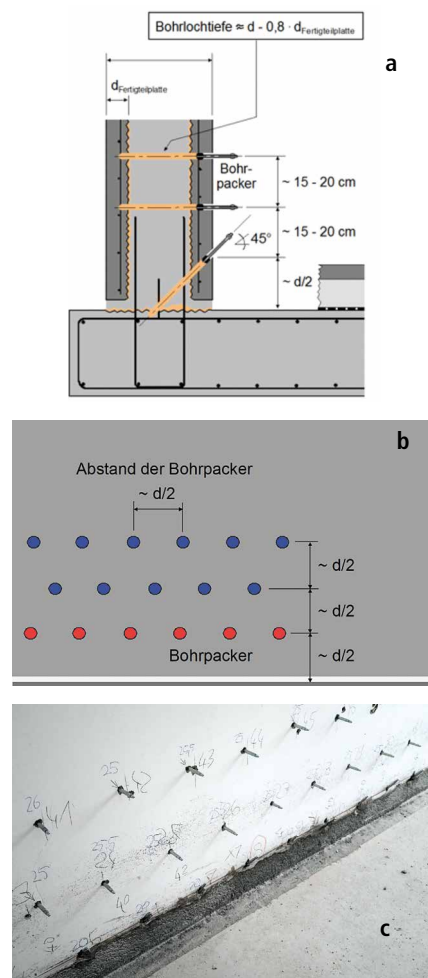


Abb. 6 a, b, c: Injektion der Arbeitsfuge zwischen Bodenplatte und Wand sowie mehrreihige Injektion der Grenzflächen zwischen Fertigteilplatten und Ortbetonkern im Fußpunktbereich der Elementwand (a, b: Prinzipskizze, c: Ausführungsbeispiel)

Abb. 6. Hierbei kommt der Einbautiefe des Bohrpackers und der Bohrlochtiefe eine besondere Bedeutung zu. Bei den Bohrungen wird die Elementwand nicht vollständig durchbohrt, sondern mit einer maximalen Bohrlochtiefe von

$$\text{Bohrlochtiefe} = \text{Wanddicke } d - 0,8 \cdot d_{\text{FTP}}$$

angebohrt. Dadurch können bei der Injektion auch Gefüge- und Verbundstörungen zwischen den Fertigteilplatten und dem Ortbetonkern erreicht und verfüllt werden. Dabei ist d_{FTP} die Dicke der äußeren Fertigteilplatte. Die Bohrpacker sind so in den Bohrkanal einzusetzen, dass sie möglichst nicht in den Ortbetonquerschnitt hineinragen, aber dennoch so tief in der raumseitigen Fertigteilplatte sitzen, dass es beim Verspannen der Bohrpacker nicht zu Abplatzungen im Bereich des Bohrloches kommt.

Um einer Drucküberhöhung beim Verpressen entgegenzuwirken, kann es situationsabhängig auch sinnvoll sein, zusätzliche Bohrungen mit oder ohne Packer zur Entlüftung zu setzen. Hierdurch kann ein Staudruck beim Füllen der Fehlstellen, Hohlräume oder Risse mit dem Injektionsmaterial bei der Injektion vermieden und das gewünschte drucklose Füllen der Fehlstellen mit Injektionsmaterial ermöglicht werden. Das ist v. a. entscheidend bei Elementwänden, damit sich kein Staudruck bildet, der zu Ablösungen zwischen Fertigteilplatten und Ortbetonkern führt. Damit der Verarbeiter bei der Injektion von Elementwänden eine Drucküberschreitung frühzeitig erkennen und auf diese reagieren kann, ist ggf. die Verwendung einer Injektionspistole/-kopf mit Manometer sinnvoll. Diese erlaubt eine Druckkontrolle unmittelbar am Bohrpacker.

3.3.2 Verpressen der Stoßfugen

Zur Abdichtung undichter Stoßfugen werden – wie in Abb. 7 gezeigt – Bohrkannäle wechselseitig in das Bauteil eingebracht, die die Stoßfuge etwa in Wandmitte im 45°-Winkel kreuzen. Der Abstand der Bohrpacker hängt von den objektspezifischen Randbedingungen (Bauteildicke, Rissweite) und den Eigenschaften des Injektionsmaterials (Verarbeitungszeit, Viskosität) ab. Im Regelfall entspricht der Abstand ca. der halben Wanddicke. Die einzelnen Bohrstellen werden nummeriert mit Angabe von Bohrtiefe und Bohrwinkel, siehe auch Abb. 8.

Bei der Injektion von Stoßfugen ist es oftmals auch sinnvoll, wie in Abb. 9 zu sehen, zusätzlich

- Injektionen links und rechts der Stoßfuge unter einem 45°-Winkel in der Arbeitsfuge zwischen Bodenplatte und Elementwand,
- Injektionen in den Grenzschichten zwischen Fertigteilplatten und Ortbetonkern vorzunehmen.

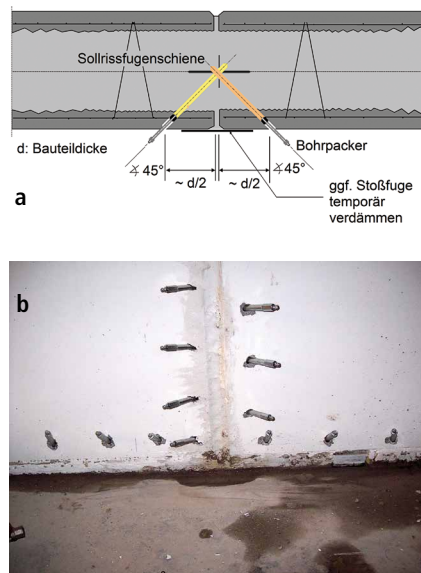


Abb. 7 a, b: Verpressung der Stoßfuge (a: Prinzipskizze, b: Ausführungsbeispiel)

Wurden in den Stoßfugen Dichtrohre eingebaut, die nicht verfüllt sind, ergibt sich hierdurch das Problem, dass der dadurch vorhandene Hohlraum eine große Menge Injektionsmaterial aufnehmen kann. In diesem Fall ist es sinnvoll, die Dichtrohre anzubohren und zunächst mit einem kostengünstigen Injektionsmaterial, z. B. mit Zementleim zu verpressen, und anschließend, nach dem Aushärten des Zementleims, in einem weiteren Arbeitsgang eine abdichtende Injektion mit PUR-Harz vorzunehmen.



Abb. 8: Beispiel für die Kennzeichnung von Bohrungen/Bohrpackern (schwarz: Nummer des Bohrpackers, blau: Bohrtiefe, grün: Bohrwinkel)

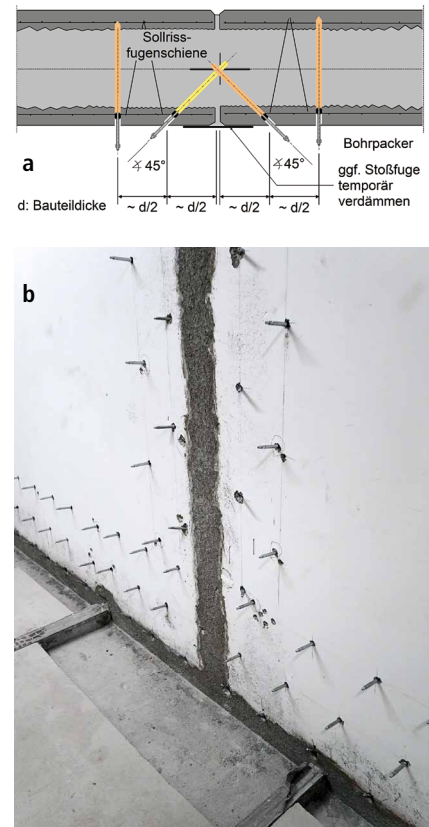


Abb. 9 a, b: Nachträgliche Abdichtung einer Stoßfuge und des Fußpunktes einer Elementwand durch Injektion (a: Prinzipskizze, b: Ausführungsbeispiel)

Bei der nachträglichen Abdichtung von Stoßfugen in Elementwändecken ist es schwieriger, die Stoßfuge mit dem Injektionskanal zu kreuzen. Hierzu sind flachere Bohrungen mit einem Winkel von ca. 20° – 30° notwendig, siehe Abb. 10. Der Abstand der Bohrungen zum Rand der Fertigteilplatte sollte 10 cm nicht unterschreiten, um die Gefahr von Abplatzungen an der Fertigteilplatte zu vermeiden.

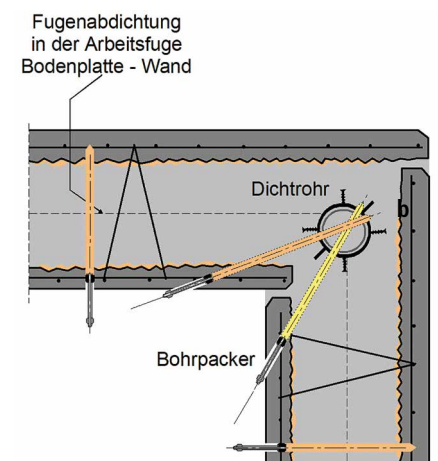


Abb. 10: Beispiel für die nachträgliche Abdichtung einer Stoßfuge in einer Elementwandecke (Prinzipskizze)

4 Dokumentation und Qualitätssicherung

Bei der nachträglichen Abdichtung von Bauwerken durch Injektion ist der Erfolg der Maßnahme im Regelfall nicht unmittelbar festzustellen und zu prüfen, sondern nur indirekt über die Kontrolle des Injektionsprozesses und des Feuchtezustandes des Bauwerks, der sich ggf. mit der Zeit ändert. Daher sind die Qualitätssicherung und damit verbunden eine möglichst genaue Dokumentation während der Injektionsarbeiten von großer Bedeutung. Zum einen können die hierdurch gewonnenen Daten schon während der Maßnahme Hinweise auf eine Anpassung der Injektionsparameter an die vorgefundenen objektspezifischen Gegebenheiten bieten. Zum anderen liefern sie aber auch wertvolle Hinweise für weitere Maßnahmen, wenn sich kein ausreichender Abdichtungserfolg einstellen sollte.

Im Rahmen der Qualitätssicherung sind die Injektionsarbeiten zu dokumentieren. U. a. sind folgende Parameter festzuhalten:

- Datum und Uhrzeit der Injektion
- Luft- und Bauteiltemperatur
- Angaben zu den Packern, bei Bohrpäckern z.B. Lage, Abstand, Richtung/Winkel, Bohrlochtiefe und Durchmesser der Bohrungen
- Anzahl der gesetzten Bohrpacker, Darstellung des Bohrrasters (Zeichnung und/oder Fotos)
- Injektionsmaterial (Art, Produktbezeichnung, Chargen-Nr., Mischungs-

verhältnis, Reaktionszeit, Temperatur des Injektionsmaterials)

- Angabe der verwendeten Injektionstechnik (z. B. 1- oder 2-Komponenten-Injektionstechnologie)
- Materialverbrauch je Bohrpacker (ggf. je Komponente)
- Injektionsdruck je Bohrpacker (minimal/maximal)
- Verlauf der Injektion (Reihenfolge der injizierten Bohrpacker, Angabe der korrespondierenden Bohrpacker/Packerkontakte während der Injektion oder Materialaustritte aus der Konstruktion während der Injektion, Unterbrechung der Injektion, Bereiche, die verdämmt werden mussten, Anzahl der Nachinjektionen, Injektionsdauer je Bohrpacker, Materialaustritt aus Leckagen, zusätzliche Entlüftungspacker, Besonderheiten) sollten daher möglichst präzise dokumentiert werden. Der Umfang der Dokumentation sollte von einem sachkundigen Planer im Sanierungskonzept festgelegt werden. Die Dokumentation kann gleichzeitig auch als Nachweis über die ausgeführten Injektionsarbeiten dienen. Weiterführende Hinweise zur Qualitätssicherung bei Injektionen sind z. B. auch in [1, 2] zu finden.

5 Literaturverzeichnis

- [1] Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.): Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING), Teil 3 - Massivbau, Abschnitt 5: Füllen von Rissen und Hohlräumen

men in Betonbauteilen. Verkehrsblattverlag, Dortmund, 2003

- [2] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (Hrsg.): Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungsrichtlinie). Berlin: Beuth 2001
- [3] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (Hrsg.): Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie). Berlin: Beuth 2003
- [4] DIN EN 1504-5: Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Definitionen, Anforderungen, Qualitätsüberwachung und Beurteilung der Konformität - Teil 5: Injektion von Betonbauteilen. Beuth, Berlin, 2005
- [5] DIN V 18028: Rissfüllstoffe nach DIN EN 1504-5:2005-03 mit besonderen Eigenschaften. Beuth, Berlin, 2006
- [6] Eßer, A.: Abdichten von Rissen durch Injektion bei WU-Konstruktionen aus Beton. Bauphysikkalender 2008, Ernst & Sohn, Berlin, S. 377 - 397
- [7] Graeve, H.: Abdichten von Rissen und Hohlräumen in wasserundurchlässigen Bauwerken aus Beton. Verlag Ernst & Sohn, Beton- und Stahlbetonbau, Sonderheft Oktober 2014, S. 106 - 117
- [8] Graeve, H.: Nachträgliche Abdichtung von WU-Betonbauteilen. In: Bauphysikkalender 2004, Ernst & Sohn, 2004, S. 675 - 702
- [9] Hohmann, R.: Elementwände im drückenden Grundwasser. Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag, 2016

Hinweis:

Der Beitrag enthält Auszüge aus [9].

Abbildungsnachweis:

Abb. 7 b: Orth & Schöpfung GmbH, Lörrach

Der Autor

Prof. Dr.-Ing. Rainer Hohmann

Prof. Dr.-Ing. Rainer Hohmann ist Professor für Bauphysik an der Fachhochschule Dortmund. Er ist u. a. Mitglied im Sachverständigenausschuss »Bauwerks- und Dachabdichtung« des DIBt, im DIN-Ausschuss der DIN 18197 »Abdichten von Fugen in Beton mit Fugenbändern« und der DIN 18541 »Fugenbänder aus thermoplastischen Kunststoffen zur Abdichtung von Fugen in Ortbeton«, im DAfStb-Unterausschuss »Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton« (WU-Richtlinie) sowie in den DBV-Arbeitskreisen »Injektionsschlauchsysteme und quellfähige Einlagen für Arbeitsfugen« und »Hochwertige Nutzung von Untergeschossen«. Er ist Autor von zahlreichen Fachpublikationen und Referent von Fachvorträgen.

Fachhochschule Dortmund
 Fachbereich 1 – Fachgebiet Bauphysik
 Emil-Figge-Str. 40
 44227 Dortmund
 Tel. 0231/755-4414
 rainer.hohmann@fh-dortmund.de

