

DESOI®



Neue
erweiterte
Auflage

WASSERUNDURCHLÄSSIGE BAUWERKE AUS BETON

Abdichtung mit Injektionsverfahren
Lösungen auch für schwierige Fälle

GRUNDLAGEN DES SANIERUNGSKONZEPTEES

BESTANDSAUFNAHME UND BAUWERKSDIAGNOSTIK

1. Einleitung

Eine Vielzahl der Bauwerke im Ingenieurbau, im Hoch- und Industriebau, im Wasser- und Tiefbau werden als wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton erstellt. Leider werden sowohl bei der Planung, als auch bei deren Ausführung oftmals Fehler gemacht, die zu Undichtigkeiten führen. Wasserführende Risse, flächige Durchfeuchtungen und undichte Fugen sind keine Seltenheit. Sie müssen fachgerecht und dauerhaft abgedichtet werden. Die nachträgliche Abdichtung von Rissen und undichten Fugen ist keine „Konfektion von

der Stange“ sondern eine objektspezifische Maßanfertigung, die u. a. auf die spezifischen Gegebenheiten des Objektes, den Aufbau und die Lage des Bauteils, die Fugenart, die Schadensursache, die Beanspruchung und die Zugänglichkeit der Konstruktion abgestimmt sein muss. In vielen Fällen bietet die Injektionstechnologie eine Möglichkeit, die Konstruktion nachträglich sicher und dauerhaft abzudichten, siehe [1, 2, 7 – 9, 11 – 13].

2. Bestandsaufnahme und Bauwerksdiagnostik – notwendige Grundlagen des Sanierungskonzeptes

Die Planung der nachträglichen Abdichtung eines Bauwerks ist eine vielschichtige und anspruchsvolle Aufgabe, die sowohl vom Planer als auch vom Ausführenden vertieftes Fachwissen sowie Erfahrung und Sorgfalt erfordert. Für die Erstellung des Sanierungskonzeptes sind genaue Kenntnisse der Konstruktion und der objektspezifischen Randbedingungen erforderlich. Das vom fachkundigen Planer aufzustellende Sanierungskonzept sollte eine Beschreibung des Ist-Bauzustandes, das Instandsetzungsziel, das anzu-

wendende Abdichtungsverfahren und den für die Injektion zu verwendenden Füllstoff beinhalten. Die wesentlichen injektionstechnologischen Parameter, ggf. erforderliche flankierende Maßnahmen, sowie die Anforderung an die Qualitätssicherung sollten zusätzlich beschrieben bzw. vorgegeben werden. Hinweise, welche das Sanierungskonzept enthalten sollte, sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1: Welche Angaben sollte das Sanierungskonzept enthalten?

Ziel und Methode	<ul style="list-style-type: none"> • Festlegung des Instandsetzungsziels • Wahl des anzuwendenden Abdichtungsverfahrens
Beschreibung des Ist-Bauzustandes	<ul style="list-style-type: none"> • Art und Aufbau der Konstruktion, Zustand der Bauteile, Bemessungswasserstand, Fugen- und Rissbewegungen, vorangegangene Abdichtungsmaßnahmen, bei Schleiervergelung auch Angaben zum Baugrund (siehe Kapitel 3.5) • Auswertung der Erkenntnisse aus einem aktuellen Baugrundgutachten
Angaben zur Injektionstechnologie	<ul style="list-style-type: none"> • Auswahl des zu verwendenden Füllstoffes bzw. dessen physikalischer Eigenschaften • 1- oder 2-Komponenten-Injektionstechnologie • Planung, Durchführung und Auswertung einer Probeinjektion • Lage und Abstand der Bohrungen / Injektionspacker, Durchmesser der Bohrungen, Bohrlochtiefe, Bohrwinkel • Angaben zum Injektionsvorgang, ggf. auch zur Vorinjektion und zur Reaktionszeit, max. Injektionsdruck • Zeitpunkt der Injektion (v. a. bei zeitabhängigem Bauteilverhalten, das zu Riss- und Fugenbewegung führt) • u. U. Zeitpunkt der Nachverpressung
Sonstige Angaben	<ul style="list-style-type: none"> • Beschreibung von flankierenden Maßnahmen (z. B. Vorinjektion, Schutzmaßnahmen, evtl. Entfernen von Wurzelbewuchs) • Beachten bauordnungsrechtlicher Vorgaben und Genehmigungen, ggf. erforderliche Genehmigungen (z. B. bei Injektionen in den Baugrund) und ggf. erforderliche Prüfzeugnisse • Anforderung an die Qualitätssicherung und Dokumentation

Einige Fragen, die für die Planung der Sanierung wichtig sind, werden im Folgenden angegeben:

- Wie ist die Konstruktion aufgebaut und welche Bauteilstärke weist sie auf?
- Sind die Bauteilbewegungen schon abgeschlossen oder mit welchen ist noch zu rechnen?
- Welcher maximale Wasserdruck (Bemessungswasserstand) wirkt auf die Konstruktion ein?
- Wie sieht das planerische Gesamtsystem der Fugenabdichtung aus? Welche Fugenabdichtungen wurden eingebaut? Für welche Bewegungen / Wasserdruck wurde die vorhandene Abdichtung bemessen? Wie wurden die Anschlusspunkte und Stöße ausgeführt?
- Wie ist das angrenzende Erdreich beschaffen (Bodenart und -zusammensetzung, Korngrößenverteilung, Porenanteil, Lagerungsdichte, Wassergehalt, Durchlässigkeit des Bodens, ...)? (bei Vergelungsmaßnahmen)
- Sind die abzudichtenden Konstruktionen frei und für eine Sanierung zeitlich uneingeschränkt zugänglich oder nur zu bestimmten Zeiten, z. B. im Fall von U-Bahn Betrieb?
- Wurden bereits Injektionsmaßnahmen durchgeführt? Welcher Füllstoff wurde dabei verwendet?

Bei Rissen ist es u. a. von Bedeutung die Rissursache, die Rissbreite, die Rissbreitenänderung (kurzzeitig, täglich, langfristig), den Risszustand (Feuchtigkeit, Verschmutzung) und den Rissverlauf zu kennen.

3. Injektionsverfahren zur nachträglichen Abdichtung undichter Konstruktionen

Für die Sanierungsplanung stellt sich die Frage nach der geeigneten Methode. Prinzipiell stehen folgende Möglichkeiten der Injektion zur Verfügung:

- Füllen der Durchgängigkeiten (Risse, Fehlstellen, Hohlräume, Fugen) mit Injektionsmaterial (Riss- oder Flächeninjektion, Fugenvergelung)
- Verhinderung des Wasserzutritts zur Konstruktion bzw. Fuge durch Ausbildung eines geschlossenen Injektionsschleiers vor der Konstruktion (Schleiervergelung) oder durch Füllen von Bauteil- bzw. Bauwerkszwischenräumen (Flächeninjektion).

Die Wahl der Sanierungsmethode ist eine objekt- und schadensspezifische „Maßanfertigung“. Einen Überblick über die verschiedenen Methoden zur nachträglichen Abdichtung durch Injektion und deren Einsatzbereich gibt Tabelle 2.

Welche Methode letztlich zum Einsatz kommt, hängt von einer Vielzahl von Parametern ab. Entscheidende Parameter für die Auswahl des Verfahrens sind z. B.

- Bauwerk
- Art und Aufbau der Bauteile
- Schadensbild und -ursache
- Fugenart
- Beanspruchung (Wasserdruck, Verformung)
- Ggf. sonstige spezifische Gegebenheiten des Objektes
- Zugänglichkeit
- Wirtschaftliche Überlegungen
- Vorstellungen, die Vorgaben und das Sicherheitsbedürfnis des Bauherrn



Werksfoto DESOI

Tabelle 2: Injektionsverfahren zur nachträglichen Abdichtung undichter Konstruktionen

Methode	Wasserdurchlässigkeit bei						
	Rissen	Hohlräumen und Gefügestörungen	Arbeitsfugen	Sollriss- querschnitte	Dehnfugen		Durchdringungen (z. B. Rohrdurchführungen, Schalungspreizen, Fundamenterde)
					Umläufigkeit des Dichtteils	Beschädigung des Dehnteils	
Partielle Injektion über Injektionspacker	x		x	x	x		x
Partielle Injektion über Klebepacker	x						
Flächeninjektion im Bauteil		x	x				
Vergelung der Fuge (erdreichseitig)	Injektion über Injektionspacker					x	
Vergelung der Fuge (luftseitig, in Kombination mit einer Verdämmung)	Injektion über Injektionspacker					x	
	Injektion über die Injektionsschalung					x	
Flächeninjektion an der Bauteilaußenseite (Schleierinjektion)						x	
Flächeninjektion in Bauteil- oder Bauwerkszwischenräume		x					
Nachverpressung über ein in der Arbeitsfuge eingebautes Injektionsschlauchsystem			x		x		

RISSVERPRESSUNG ÜBER INJEKTIONSPACKER

ANORDNUNG DER INJEKTIONSPACKER

3.1 Rissverpressung über Injektionspacker

In Abhängigkeit der Randbedingungen kann die Verpressung von Rissen mit einem geeigneten auf die objektspezifischen Randbedingungen abgestimmten Füllstoff über Injektions- oder Klebepacker erfolgen. Dabei werden die Packer 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 Injektionspacker von unten nach oben. Innerhalb der für das Injektionsmaterial herstellerseitig 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.

Nach entsprechender Vereinbarung mit den Bauherren können nicht rostende Spannteile von Injektionspackern (1-Tagespacker) im Bauteil verbleiben.

Welche Füllstoffe kommen für die abdichtende Rissinjektion in Frage? Die WU-Richtlinie [3, 4] schränkt die Verwendung auf solche Füllstoffe ein, welche die Anforderungen nach der DAfStb-Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“ [1] erfüllen. In der der ZTV-ING, Teil 3 Massivbau, Abschnitt 5 – Füllen von Rissen und Hohlräumen in Betonbauwerken [2] sowie in der DAfStb-Richtlinie „Schutz und Instandsetzen von

3.1.1 Rissverpressung über Injektionspacker

Treten bei wasserundurchlässigen Bauteilen aus Beton wasserführende Risse auf, so können diese durch die Injektion eines geeigneten Füllstoffes über Injektionspacker abgedichtet werden. Hierzu werden Bohrkanäle in das Bauteil eingebracht, die den Riss im Regelfall im 45°-Winkel kreuzen. Nach dem Ausblasen oder Aussaugen der Bohrkanäle werden Injektionspacker in die Kanäle eingesetzt, über die die Arbeitsfuge mit einem geeigneten Füllstoff verpresst werden.

Der Abstand der Injektionspacker hängt von den objektspezifischen Randbedingungen (Bauteildicke, Rissweite) und den Eigenschaften des

Betonbauteilen“ [1] werden als Füllstoffe u. a. Polyurethanharz, Zementleim und Zementsuspension benannt. Die Leistungsmerkmale der Füllstoffe sind in DIN EN 1504-5 [5] und DIN V 18028 [6] beschrieben.

Bei den Injektionsharzen auf Polyurethanbasis handelt es sich um lösungsmittelfreie, niedrigviskose, elastische, porenbildende Füllstoffe (PUR-I), die ihre Abdichtwirkung über Flankenhaftung erzielen. 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. Die Injektion mit Polyurethanharz (PUR-I) sollte unmittelbar anschließend über zusätzliche Injektionspacker erfolgen. Neben dem Polyurethanharz kommen auch Zementleim und Zementsuspension zum Einsatz. Diese eignen sich bei hohlraumreichem Beton und größeren Hohlräumen für eine kostengünstige Vorinjektion. Vereinzelt werden auch spezielle Hydrostrukturgele mit einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (abZ) des Deutschen Instituts für Bautechnik DiBt zur Rissverpressung eingesetzt.

Hinweis: Die abZ sind nur noch als zusätzliche technische Bewertungen heranzuziehen.

Injektionsmaterials (Verarbeitungszeit, Viskosität) ab. In der Regel beträgt der Abstand zwischen den Injektionspackern $d/2$, wobei mit d die Dicke des Bauteils bezeichnet wird. Durch die in den Abbildungen 1 und 2 dargestellte wechselseitige Anordnung der Injektionspacker werden auch im Bauteil verspringende Risse erfasst.

Während der Injektion wird der Materialfluss über den Füllgutaustritt aus den benachbarten offenen Injektionspackern kontrolliert. Beim Füllen der Risse ist sicherzustellen, dass Wasser und / oder Luft während der Injektion

Als Faustformel gilt:

max. Injektionsdruck $\approx \frac{1}{3}$ der Nenndruckfestigkeit des Betons*

Beispiel:

Ortbetonkonstruktion, Beton C 20/25

max. Injektionsdruck = $\frac{25}{3} \cdot 10 = 83$ bar

* Nenndruckfestigkeit: Begriff aus der Betontechnologie, bezeichnet die Festigkeit eines Probewürfels aus Beton nach 28 Tagen

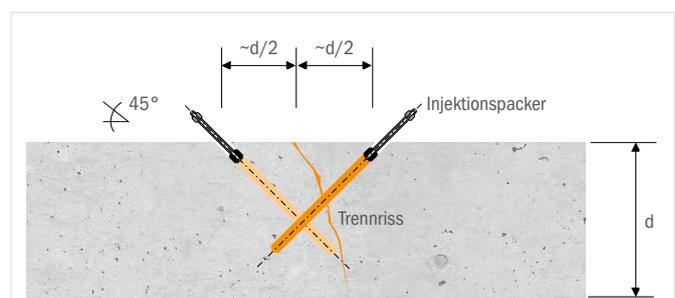


Abbildung 1: Rissverpressung über Injektionspacker

entweichen kann. Bei vertikalen Rissen erfolgt die Injektion beginnend am tiefstgelegenen Injektionspacker von unten nach oben. Um Schäden in der Betonstruktur zu vermeiden, sollte der maximale Injektionsdruck im Regelfall auf $\frac{1}{3}$ der Beton-Nenndruckfestigkeit begrenzt sein. Bei Elementwänden

sollte der maximale Injektionsdruck deutlich geringer sein, um Schäden an der Konstruktion zu vermeiden. Nach Beendigung der Injektion werden die Injektionspacker entfernt und die Öffnungen mit einem schwindarmen Mörtel verschlossen.

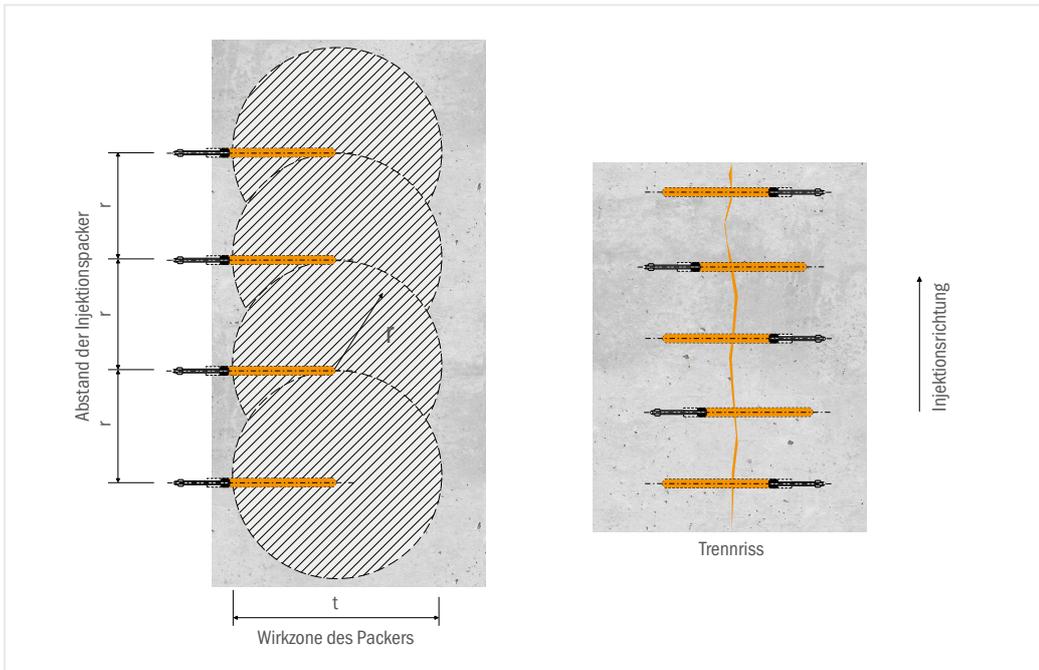


Abbildung 2: Anordnung der Injektionspacker bei der Rissverpressung (nach ZTV-ING [2])

3.1.2 Rissverpressung über Klebepacker

Klebepacker werden direkt auf den Riss geklebt, siehe Abbildung 3 und 4. Daher ist ihr Einsatz auf Fälle mit trockenen Rissen, dichter Bewehrung und auf das Bauteil beschränkt, in die nicht gebohrt werden darf. 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 Injektion 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.

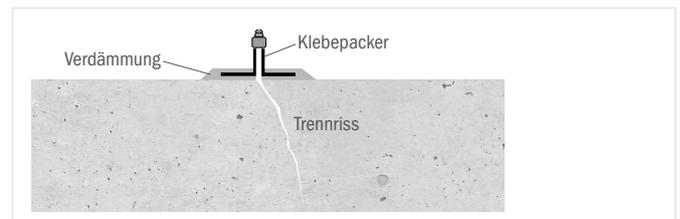


Abbildung 3: Rissverpressung über Klebepacker

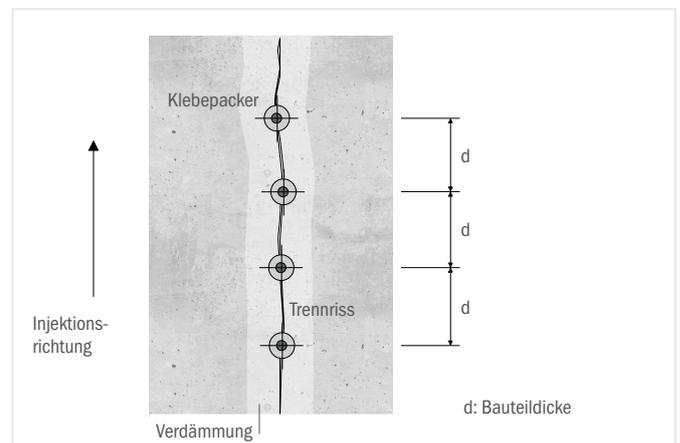


Abbildung 4: Anordnung der Klebepacker bei der Rissverpressung (nach ZTV-ING [2])

FLÄCHENINJEKTION

SANIERUNG UNDICHTER ARBEITSFUGEN

3.2 Flächeninjektion in Bauteile

Bei flächigen Gefügestörungen und Durchfeuchtungen von Bodenplatten und Wänden kann die nachträgliche Abdichtung durch eine Flächeninjektion in das Bauteil erfolgen. Hierzu werden in das Bauteil im Bereich der Schadstelle rasterartig Bohrkanäle eingebracht (siehe Abbildung 5), über die mittels Injektionspacker Kapillaren, Poren und Hohlräume mit einem geeigneten Füllstoff verfüllt und abgedichtet werden. Im Gegensatz zur Schleierinjektion (vgl. Kapitel 3.5) wird das Bauteil bei Bohrungen für die Raster- oder Hohlrauminjektion nicht vollständig durchbohrt. Das Rastermaß und die Bohrlochtiefe müssen auf die objektspezifischen Randbedingungen abgestimmt werden.

Durch die Flächeninjektion wird das Bauteil selbst als Abdichtungselement ertüchtigt. Die Wahl des Füllstoffs hängt u. a. von der Durchlässigkeit des Betongefüges ab. Eine möglichst gute Verteilung des Füllstoffes im Bauteil wird durch die Verwendung von Füllstoffen mit niedriger Viskosität, also möglichst dünnflüssigen Füllstoffen, erreicht. Bei Injektionen in Hohlräume, aber auch in Bauteil- bzw. Bauwerkszwischen-schichten sind Polyurethan-schäume (SPUR-I) ausgeschlossen, da nach deren Anwendung im Regelfall

eine raumfüllende, abdichtende Injektion mit einem Polyurethanharz (PUR-I) nicht mehr möglich ist.

Als Faustformel gilt:

Bohrlochabstand = $\frac{1}{2}$ · Bauteildicke

Bohrlochtiefe = $\frac{3}{4}$ · Bauteildicke

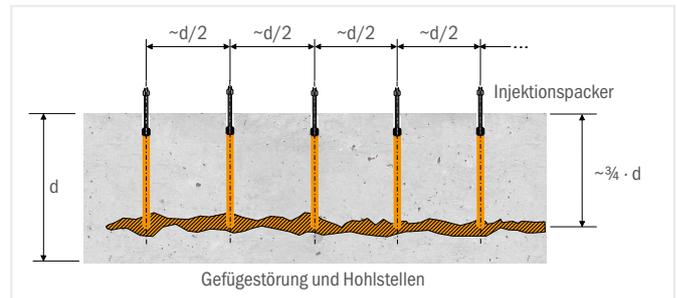


Abbildung 5: Flächeninjektion im Bauteil

3.3 Sanierung undichter Arbeitsfugen

3.3.1 Injektion über Injektionspacker

Eine undichte Arbeitsfuge kann, ähnlich wie bei der Rissverpressung, durch Injektion eines geeigneten Füllstoffes abgedichtet werden. Hierzu werden Bohrkanäle in das Bauteil eingebracht, die die Arbeitsfuge im Regelfall im 45°-Winkel kreuzen. Abbildung 6 zeigt dies exemplarisch am Beispiel des Anschlusspunktes zwischen Bodenplatte und Wand. Die Injektion des Füllstoffes erfolgt über Injektionspacker, die nach dem Ausblasen der Bohrkanäle in diese eingesetzt und verspannt werden. Der maximale Abstand zwischen den Injektionspackern sollte im Regelfall $d/2$ betragen. Wie bei der Rissverpressung wird der Materialfluss während der Injektion über den Füllgutaustritt aus den benachbarten offenen Injektionspackern kontrolliert. Bei vertikalen Fugen erfolgt die Verpressung von unten nach oben. Nach Beendigung der Injektion werden die Injektionspacker entfernt und die Öffnungen mit einem schwindarmen Mörtel verschlossen.

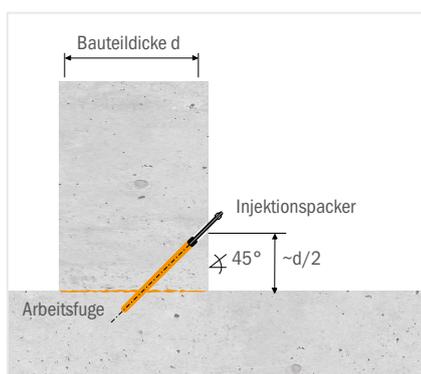


Abbildung 6: Verpressung einer Arbeitsfuge zwischen Bodenplatte und Wand [7, 9]

3.3.2 Verpressung über ein Injektionsschlauchsystem

Liegt in der Arbeitsfuge, wie in Abbildung 7 gezeigt ein planmäßig eingebautes, noch nicht verpresstes oder ein wieder- bzw. mehrfachverpressbares Injektionsschlauchsystem, so kann die Arbeitsfuge über dieses mit einem geeigneten Füllstoff verpresst werden. Voraussetzung hierfür ist, dass das Injektionsschlauchsystem fachgerecht eingebaut wurde, noch nicht abschließend verpresst ist und die Verpressenden noch zugänglich sind. Bei einmal verpressbaren, schon injizierten Injektionsschlauchsystemen oder wenn die Verpressenden nicht mehr zugänglich sind, muss die Injektion, wie im Abschnitt 3.3.1 beschrieben, über Injektionspacker erfolgen. Gleiches gilt für die Fälle, bei denen das Verpressen des Injektionsschlauchsystems nicht zu dem gewünschten Dichterfolg geführt hat.

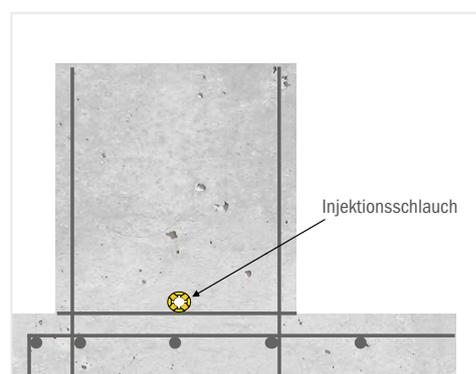


Abbildung 7: Injektionsschlauch in der Arbeitsfuge zwischen Bodenplatte und Wand (Beispiel) [7, 9]

INSTANDSETZUNG UNDICHTER DEHNFUGEN

DEHNFUGENBAND

3.4 Instandsetzung undichter Dehnfugen

Die Abdichtung undichter Dehnfugen ist schwieriger und anspruchsvoller, als die Abdichtung wasserführender Risse und undichter Arbeitsfugen. Dies

gilt sowohl für die Instandsetzungsplanung als auch für die Ausführung der Maßnahme.

3.4.1 Abdichten des Dichtteils durch partielle Injektion über Injektionspacker

Bei einer Wasserumfließigkeit des Fugenband-Dichtteils können Hohlräume und Fehlstellen im Bereich des Dichtteils durch Injektion eines geeigneten Füllstoffes, z. B. PUR, über Injektionspacker abgedichtet werden. Hierzu wird zunächst im betroffenen Bereich, wie in Abbildung 8 schematisch dargestellt, mit einem Abstand von 30 – 50 cm angebohrt bzw. ggf. durchgebohrt. Dabei ist darauf zu achten, dass bei der Bohrung lediglich der Dichtteil, nicht jedoch der Dehnteil des Fugenbandes getroffen wird. Der Abstand der

Bohrungen zur Dehnfuge muss auf das Fugenband abgestimmt sein, damit der Dehnteil nicht verletzt wird. Nach Reinigen der Bohrkanäle von Bohrstaub und dem Einbau von Injektionspackern erfolgt die Verpressung mit dem Füllstoff über die Injektionspacker. Während des Verpressvorgangs wird der Materialfluss an den angrenzenden offenen Injektionspackern kontrolliert. Über diesen kann auch die verdrängte Luft entweichen.

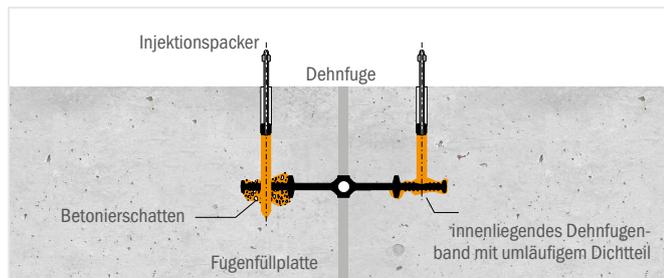


Abbildung 8: Verpressung von Hohlräumen am Dichtteil bei einem innenliegenden Dehnfugenband /mit (links) bzw. ohne (rechts) Durchbohren des Fugenbandes [7, 9]

3.4.2 Injektion der Dehnfuge zwischen Fugenband und wasserzugewandter Bauteiloberfläche (Vergelung der Fuge)

Bei einem beschädigten und undichten Dehnteil des Fugenbandes kann die Dehnfuge mit einem „flexiblen“ Füllstoff, z. B. feststoffreichem Acrylatgel oder gefülltem Polyurethanharz verpresst und abgedichtet werden. Hierzu wird die Dehnfuge, wie in Abbildung 9 dargestellt, zwischen Erdreich und Dehnfugenband angebohrt. Die Injektion des Füllstoffes geschieht über in die Bohrkanäle nach dem Ausblasen eingesetzte Injektionspacker. Hierbei dienen das Erdreich und das einbetonierte Dehnfugenband als Widerlager für die Injektion. Die Kontrolle des Materialflusses erfolgt bei der Verpressung über offene benachbarte Injektionspacker oder eine Entlüftungsbohrung. Nach Beendigung der Injektion werden die Injektionspacker entfernt und die Öffnungen mit einem schwindarmen Mörtel verschlossen.

Bei der Maßnahme ist es wichtig, dass die physikalischen Eigenschaften des Füllstoffes (z. B. Reaktionszeit, Fließeigenschaften) auf die objektspezifischen Gegebenheiten abgestimmt sind. Nach [11] muss die Eignung des einzusetzenden Füllstoffes nachgewiesen werden. Hierbei ist auch auf die Verträglichkeit mit dem Fugenband zu achten. Aufgrund der begrenzten Dehnfähigkeit der Füllstoffe beschränkt sich diese Methode auf Anwendungsfälle, bei denen die Fugenbewegung abgeschlossen ist oder keine wesentliche Fugenbewegung mehr zu erwarten ist.

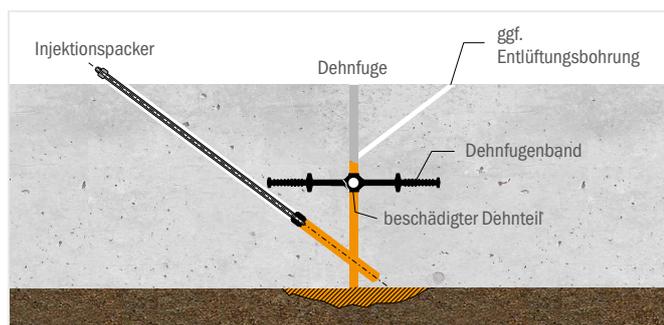


Abbildung 9: Vergelung der Fuge bei beschädigtem Dehnteil [7, 9]

INSTANDSETZUNG UNDICHTER DEHNFUGEN

DEHNFUGENBAND

3.4.3 Injektion der Dehnfuge zwischen Fugenband und wasserabgewandter Bauteiloberfläche

Eine undichte Dehnfuge kann auch abgedichtet werden, indem die Fuge auf der raumseitigen Bauteilseite, wie in Abbildung 10 dargestellt temporär abgeschalt und anschließend der Zwischenraum zwischen dem Fugenband und der raumseitigen Abschaltung über Injektionspacker mit feststoffreichem Acrylatgel oder gefülltem Polyurethanharz verpresst wird, siehe auch [11]. Eine undichte Dehnfuge kann objektbezogen auch temporär mit einer

Injektionsschalung abgeschalt werden, in die werkseitig Gummidichtlippen und Bohrungen zum Einsetzen von Injektionspackern integriert sind, siehe Abbildung 11. Durch die vorkonfektionierten Injektionsschalungen entfällt das aufwändige Bohren der Bohrkanäle für die Injektionspacker. Die Injektion der Dehnfuge erfolgt über spezielle, in die Injektionsschalung eingebaute Injektionspacker.

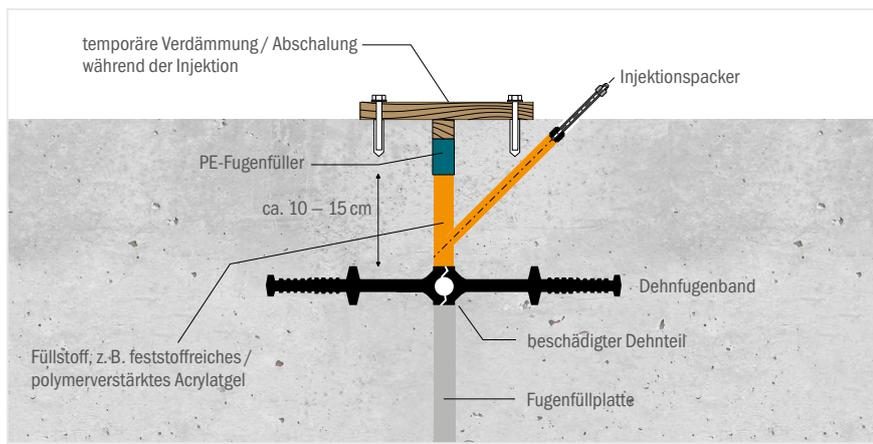


Abbildung 10:
Injektion des Zwischenraumes zwischen Fugenband und raumseitiger Bauteiloberfläche [7, 9]

Um ein Austrocknen und Schwinden des Injektionsmaterials zu verhindern, wird die Fuge nach der Injektion und dem Entfernen der Abschaltung mit einem Fugenfüllprofil, einem Kompressionsprofil, einer dauerelastischen

Fugenverschlussmasse, einem streifenförmigen Abklebesystem oder einer Blechabdeckung verschlossen bzw. abgedeckt.

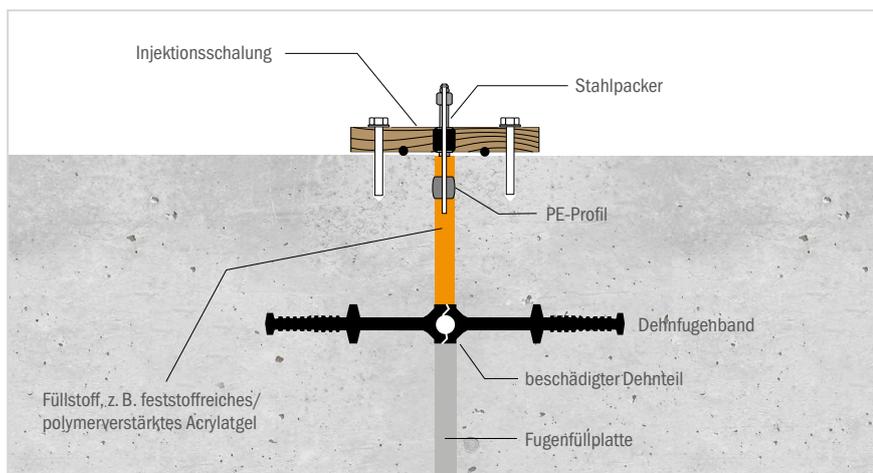


Abbildung 11:
Injektion des Zwischenraumes zwischen Fugenband und raumseitiger Bauteiloberfläche über eine Injektionsschalung

SCHLEIERINJEKTION

3.5 Schleierinjektion an der Bauteilaußenseite

Undichte Konstruktionen können objektabhängig auch durch eine Flächeninjektion an der Bauteilaußenseite (Schleierinjektion) abgedichtet werden. Hierbei verhindert ein vor dem Bauteil ausgebildeter Gelschleier (Gel-Erdreich-Gemisch) den Wasserzutritt zur Konstruktion oder in die Dehnfuge.

Typische Anwendungsfälle für die Schleierinjektion sind die nachträgliche Abdichtung von

- Tunnelbauwerken
- Kellerwänden im drückenden Grundwasser, die von außen nicht zugänglich sind.

Bei der Schleierinjektion müssen zunächst, wie in den Abbildungen 12 und 13 prinzipiell dargestellt, rasterartig Bohrungen durchgeführt werden, die die gesamte Konstruktion durchstoßen. Über in die Bohrungen eingebaute Gel-Stahlpacker wird das Erdreich vor dem Bauteil im Regelfall mit Acrylatgel verpresst.

Idealerweise bildet sich dadurch erdreichseitig vor den Austrittsstellen des Injektionsmaterials jeweils ein halbkugelförmiger Injektionskörper (Gel-Erdreich-Gemisch), bei dem das Erdreich dem Acrylatgel als Stützgerüst dient. Die Schleierinjektion ist eine abdichtende Injektion, die jedoch in statischer Hinsicht keine Verstärkung der Bauteile bewirkt.



13b freigelegter Injektionsschleier [10]

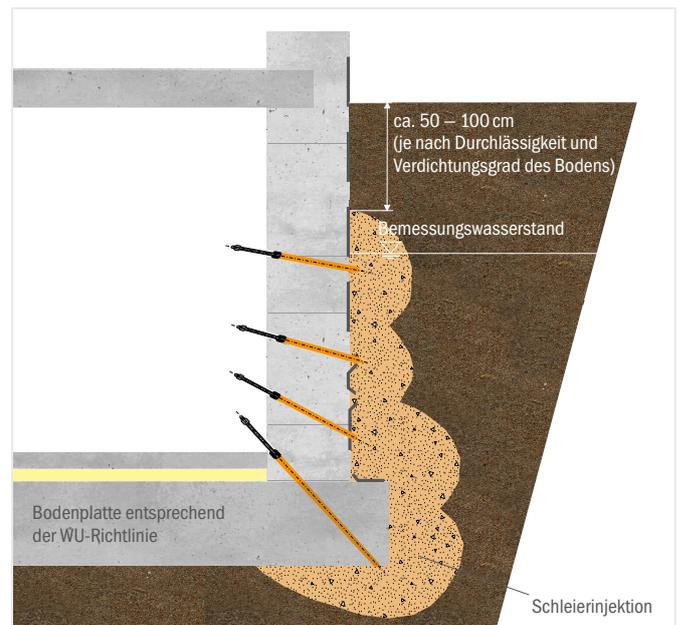


Abbildung 12: Beispiel einer Schleiervergelung

13 a Prinzipskizze [10]

Hinweise zum Verfahren Schleierinjektion

Die Abdichtung durch Vergelung ist eine Alternative bei der nachträglichen Abdichtung von Ingenieur- und Verkehrsbauwerken sowie Bauwerken im Hochbau. Sie findet immer dann Anwendung, wenn andere Abdichtungsmöglichkeiten zur Instandsetzung von Bauwerken unwirtschaftlich oder technisch nicht möglich sind, wenn z. B.

- Kosten der Begleitarbeiten unverhältnismäßig hoch sind (hohe Erdüberschüttungen, aufwendige Baugrubenverbauten, Umfahrungen usw.)
- Verkehrsbedingungen eine Sperrung des Instandsetzungsbereiches nicht zulassen
- Angrenzende Bebauung oder Nutzung des Instandsetzungsbereiches ein Freilegen der Abdichtung ausschließt
- Abdichtende Fläche nicht mehr zugänglich ist oder eine betriebsschonende Bauweise gefordert wird

Zur Instandsetzung von Bauschäden durch einen Wasser- und Feuchteintritt gelangen zunehmend Materialien bzw. Füllstoffe zum Einsatz, zu deren Produktbeschreibungen und Verfahren derzeit noch keine Regelwerke existieren. Für die Anwendungen können durchaus Risiken für Bauherren, Planer und ausführende Unternehmen entstehen. Arbeitsgruppen aus Fachleuten im Bereich Planung, Ausführung, Materialherstellung, Bauüberwachung und Materialprüfung haben entsprechende Merkblätter erarbeitet [11, 13].

Es wird empfohlen, Bauherren entsprechend aufzuklären.

SCHLEIERINJEKTION

Die Abstände der Injektionspacker sollten nach [11] so gewählt werden, dass sich vor dem abzudichtenden Bauwerk ein mindestens 10 cm dicker Gelschleier von sich überschneidenden halbkugelförmigen Injektionskörpern (Gel-Erdreich-Gemisch) ausbildet. Bei durchlässigen Böden beträgt der Abstand der Injektionspacker im Regelfall 30 – 50 cm, bei stark bis sehr stark durchlässigen Böden etwa 50 – 100 cm. Bei sehr schwach durchlässigen Böden bildet sich in der Regel kein zusammenhängender Gel-Erdreich-Körper, sondern bestenfalls nur ein dünner Gelschleier entlang der Grenzfläche Bauwerk-Erdreich.

Der Erfolg der Schleierinjektion hängt maßgeblich ab von

- Baugrund
- Injektionstechnologie
- Eigenschaften des Injektionsmaterials

Damit der gewünschte Abdichtungserfolg erreicht wird, müssen die unterschiedlichen Einflussgrößen aufeinander abgestimmt sein. Daher sind bei einer Schleiervergelung detaillierte Kenntnisse über den anstehenden Boden erforderlich, wie z. B.

- Bodenart und -zusammensetzung
- Korngrößenverteilung
- Porenanteil
- Lagerungsdichte
- Wassergehalt
- Durchlässigkeit des Bodens
- Bemessungswasserstand
- Chemische Beschaffenheit des Wassers

Neben diesen Parametern ist die Ausbreitung des Injektionsmaterials und damit der Vergelungserfolg auch abhängig von

- Art der Injektion (einstufige bzw. zweistufige Injektion)
- Injektionsdruck
- Injektionsgeschwindigkeit
- Reaktionszeit des Injektionsmaterials
- Abstand der Injektionspacker (horizontal, vertikal)

Bei der Wahl des Injektionsmaterials sind u. a. auch die chemische Beschaffenheit des Wassers und die Umweltverträglichkeit des Füllstoffes zu beachten. Der Erfolg der Schleierinjektion hängt auch von den Fähigkeiten und Erfahrungen des Ausführenden ab. Schleierinjektionen sollten daher nur von Fachkräften ausgeführt werden, die über die entsprechenden Erfahrungen verfügen.

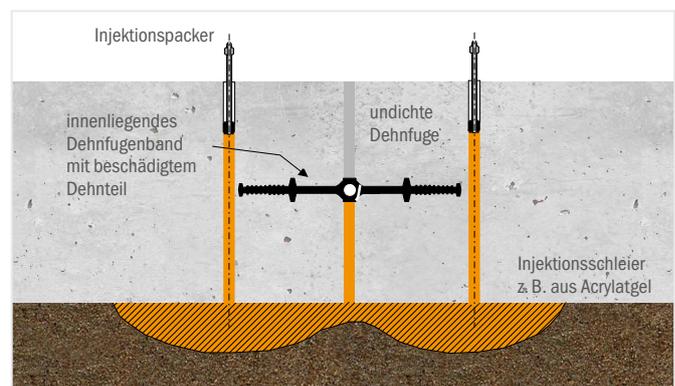


Abbildung 13: Abdichtung undichter Dehnfugen durch Schleiervergelung [9]

Hinweis: Injektionen des Baugrundes sind nach dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG) genehmigungspflichtig. Daher ist vor Beginn der Vergelungsarbeiten eine entsprechende Genehmigung bei der zuständigen Unteren Wasserbehörde und beim Amt für Umweltschutz einzuholen, siehe [11].

FLÄCHENINJEKTION

3.6 Flächeninjektion in Bauteil- oder Bauwerkszwischenräumen

Sind flächig injizierbare Bauteil- bzw. Bauwerkszwischenräume vorhanden, kann die nachträgliche Abdichtung der Konstruktion auch durch Injektion dieser Zwischenräume mit einem geeigneten Füllstoff erfolgen, siehe Abbildung 14. Ziel der Flächeninjektion ist es, in der Verteilebene einen zusammenhängenden abdichtenden Injektionsschleier auszubilden.

Beispiele für flächige Verteilebenen, sind z. B.

- Konstruktionen mit einer Trennfläche zwischen Baukörper und Dichtungsbahn (mit/ ohne Vlieseinlage)
- Zwischenräume zwischen mehrlagigen Flächenabdichtungssystemen
- Grenzschicht zwischen Wand und Dämmung
- Vliesschichten im Tunnelbau

Bei der Flächeninjektion in Bauteil- oder Bauwerkszwischenräume müssen die Injektionsparameter wie

- Bohrlochabstand
- Bohrlochtiefe
- Injektionstechnik

so gewählt werden, dass sich im Zwischenraum eine zusammenhängende Abdichtungsebene ausbildet. Die Bohrungen sind hierbei mit besonderer Sorgfalt durchzuführen, damit ggf. vorhandene, noch funktionsfähige Abdichtungsebenen nicht verletzt oder zerstört werden.

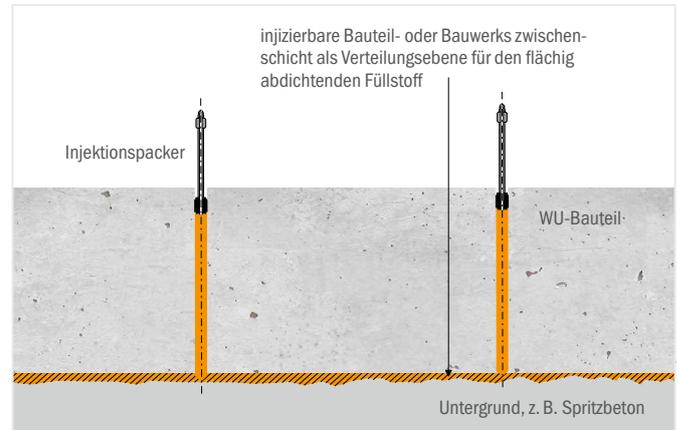


Abbildung 14: Beispiel für eine Flächeninjektion in Bauteil- oder Bauwerkszwischenräumen [9]

Die Auswahl des geeigneten Füllstoffes erfolgt in Abhängigkeit der objektspezifischen Randbedingungen, z. B. mit Füllstoffen auf Acrylat- bzw. Polyurethanbasis. Wie bei Injektionen in Hohlräume ist aber auch bei Injektionen in Bauteil- bzw. Bauwerkszwischenräumen die Verwendung von den nur temporär abdichtenden Polyurethanschäumen (SPUR-I) als Vorinjektion ausgeschlossen, da hiernach im Regelfall eine raumfüllende, abdichtende Hauptinjektion nicht mehr möglich ist.

3.7 Nachträgliche Abdichtung von Elementwänden

Im Gegensatz zur Ortbetonkonstruktion birgt eine Elementwand bei Undichtigkeiten aufgrund der Vielzahl möglicher Wasserwegigkeiten einige Besonderheiten, siehe auch [8]. Um die undichte Arbeitsfuge zwischen Bodenplatte und Elementwand durch Injektion über Injektionspacker abzudichten, werden wie in Abbildung 15 a dargestellt, im Anschlusspunkt zwischen Bodenplatte und Wand Bohrkanäle eingebracht, die die Arbeitsfuge im 45°-Winkel kreuzen.

Auch vertikale Stoßfugen im Wand- bzw. Eckbereich können durch die Injektion eines geeigneten Füllstoffes über Injektionspacker nachträglich abgedichtet werden. Die Abbildungen 15 b und 15 d zeigen das für eine Elementwandecke, in der Undichtigkeiten im Bereich eines Dichtrohres aufgetreten sind, die Abbildungen 15 c und 15 d für eine Elementwandecke, bei der eine Sollrissfugenschiene eingesetzt wurde. Die Injektion von vertikalen Stoßfugen im Wandbereich kann ggf. nach dem in Abbildung 15 d und 15 e angedeuteten Bohrschema geschehen. Wurden die eingebauten Dichtrohre nicht verfüllt, so sind diese zunächst über Injektionspacker mit Zementleim

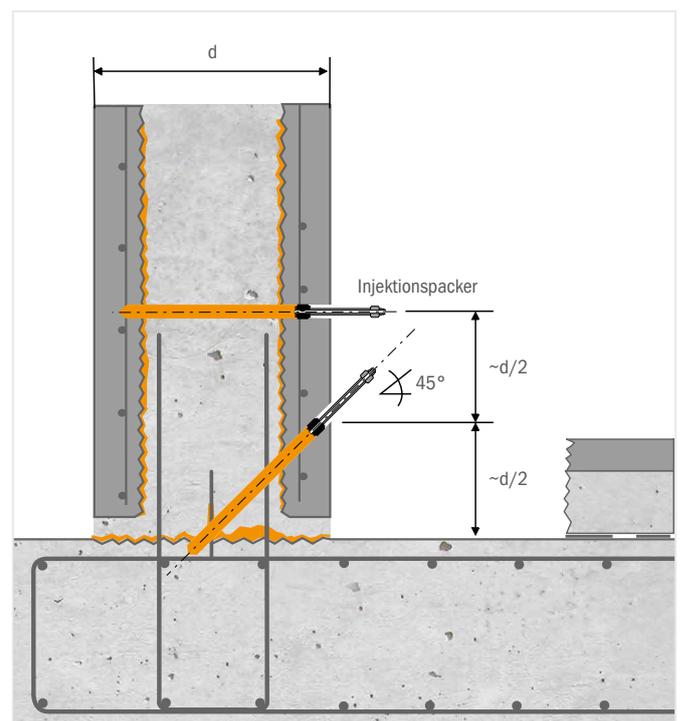


Abbildung 15 a:
Nachträgliche Abdichtung einer Elementwand durch Injektion [8]

ABDICHTUNG VON ELEMENTWÄNDEN DURCH INJEKTION

oder Feinstzementsuspension zu verfüllen. Hierzu wird das Dichtrohr im unteren und oberen Bereich angebohrt. Über den unteren Injektionspacker erfolgt die Injektion des mineralischen Füllstoffes, während der obere Injektionspacker der Entlüftung dient. Die abdichtende Injektion kann, nach Erhärtung des mineralischen Füllstoffes, z. B. nach dem in Abbildung 15 b und 15 d gezeigten Bohrschema mit PUR-Harz erfolgen. In der Regel ist dies nach frühestens sieben Tagen der Fall.

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. Entsprechende Beispiele sind in den Abbildungen 15 a – 15 d dargestellt. Um Schäden an der Elementwand durch einen zu hohen Injektionsdruck zu vermeiden, sollte dieser deutlich geringer als bei einer Ortbetonwand sein, siehe auch Kapitel 3.1.1 oder [8].

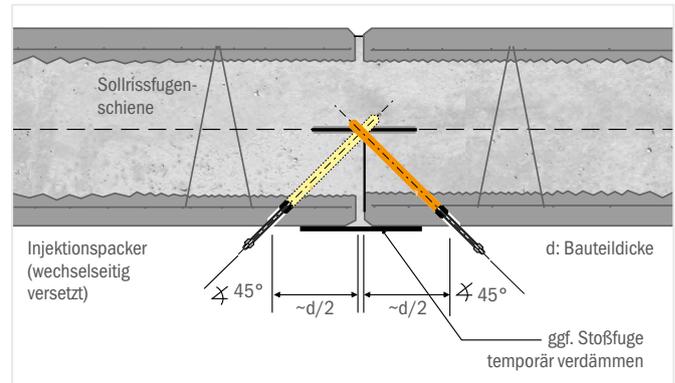


Abbildung 15 e: Nachträgliche Abdichtung der Stoßfuge einer Elementwand durch Injektion [8]

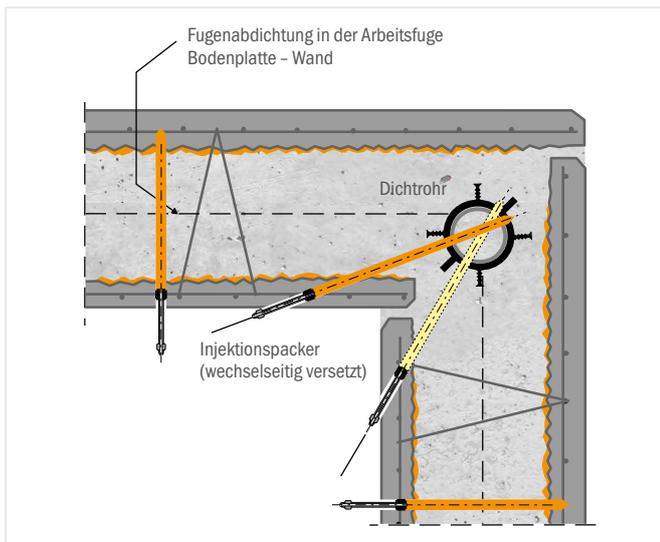


Abbildung 15 b: Nachträgliche Abdichtung einer Elementwanddecke mit Dichtrohr durch Injektion [8]

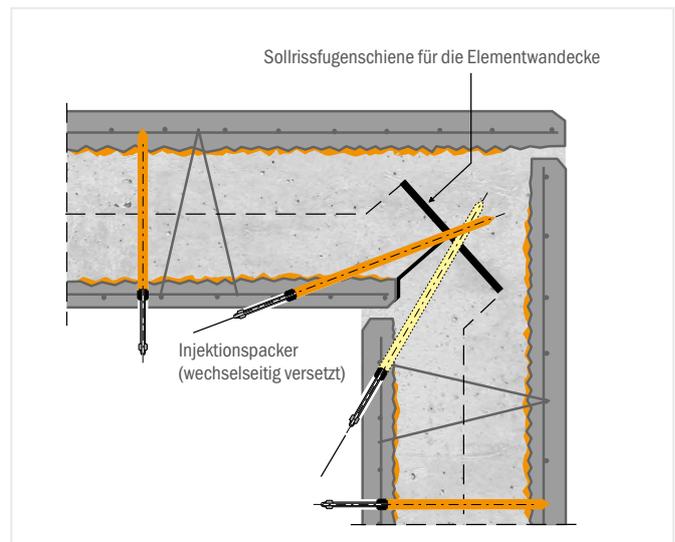


Abbildung 15 c: Nachträgliche Abdichtung einer Elementwanddecke mit einer Sollrissfugenschiene [8]

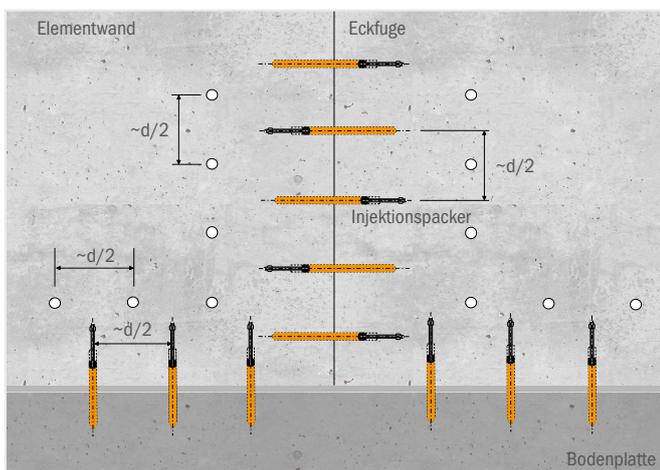


Abbildung 15 d: Bohrschema zur Abdichtung einer Elementwanddecke durch Injektion (Beispiel) [8]

QUALITÄTSSICHERUNG

FLOW CONTROL II

4. Qualitätssicherung bei der nachträglichen Abdichtung mit Injektionsverfahren

Bei den Injektionsverfahren zur nachträglichen Abdichtung von Bauwerken ist der Erfolg der Maßnahme im Regelfall nicht unmittelbar festzustellen und zu prüfen, sondern nur indirekt über die Kontrolle des Injektionsprozesses und des sich in Abhängigkeit der Zeit ändernden Feuchtezustandes des Bauwerks. 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.

Für das Injektionsverfahren relevante Angaben, wie z. B.

- Erkenntnisse aus der Probeinjektion
- Datum und Uhrzeit der Verpressung
- Luft- und Bauteiltemperatur
- Angaben zu den Injektionspackern (Lage, Abstand, Bohrlochtiefe)
- Abweichungen vom Instandsetzungskonzept
- Füllstoff (Art, Produktbezeichnung, Chargen-Nr., Mischungsverhältnis, Reaktionszeit, Temperatur des Injektionsmaterials)
- Materialverbrauch (ggf. je Komponente), Injektionsdruck (min. / max.) und -dauer je Injektionspacker
- Verlauf der Injektion (Reihenfolge der injizierten Injektionspacker, Angabe der korrespondierenden Injektionspacker während der Injektion, Nachinjektion, Ein- oder Mehrstufeninjektion)
- Besonderheiten während der Injektionsmaßnahme sollten daher möglichst präzise dokumentiert werden



Abbildung 16: DESOI Flow Control II [17]

Der Umfang der Dokumentation muss vom sachkundigen Planer im Sanierungskonzept festgelegt werden. Die Dokumentation kann gleichzeitig auch als Nachweis über die ausgeführten Injektionsarbeiten dienen. Neben dem manuellen Erfassen erlauben Injektionspumpen mit einem Mess- und Kontrollsystem die digitale Aufzeichnung der relevanten Injektionsparameter. Durch die permanente Überwachung u. a. des Mischungsverhältnisses der Einzelkomponenten des Füllstoffes sowie die Erfassung der Injektionsmengen und des Injektionsdruckes für jeden Injektionspacker, wird der Injektionsvorgang genau dokumentiert und Mischfehler, Mengen- und Drucküberschreitung verhindert. Durch diese Qualitätssicherung können Fehler frühzeitig erkannt und vermieden werden [14 – 16].

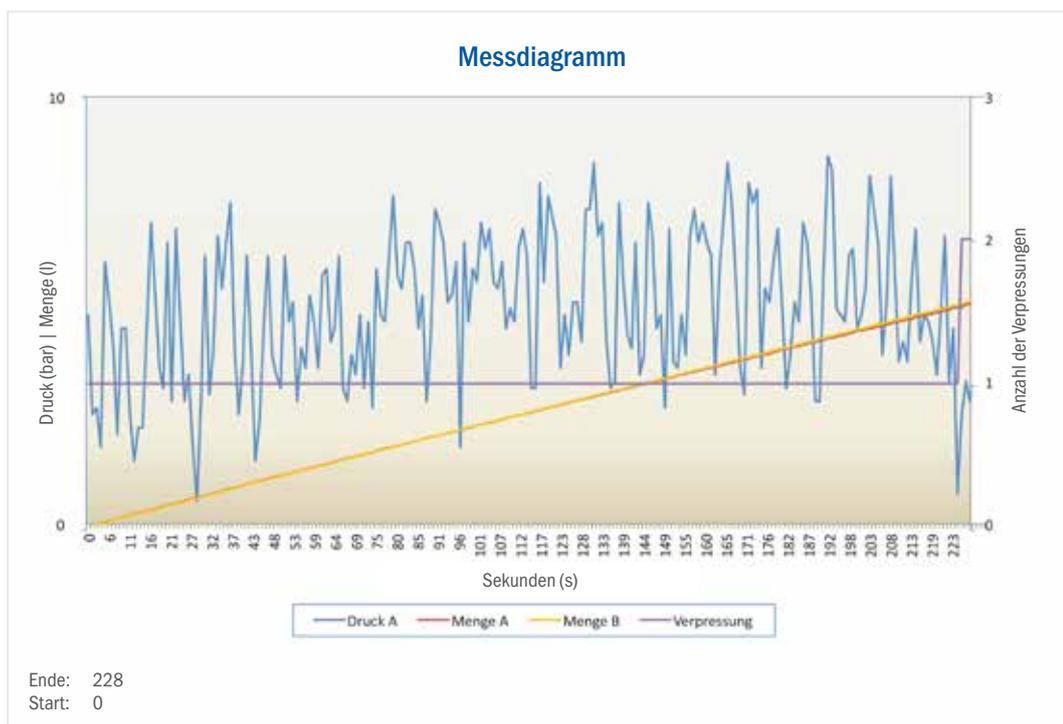


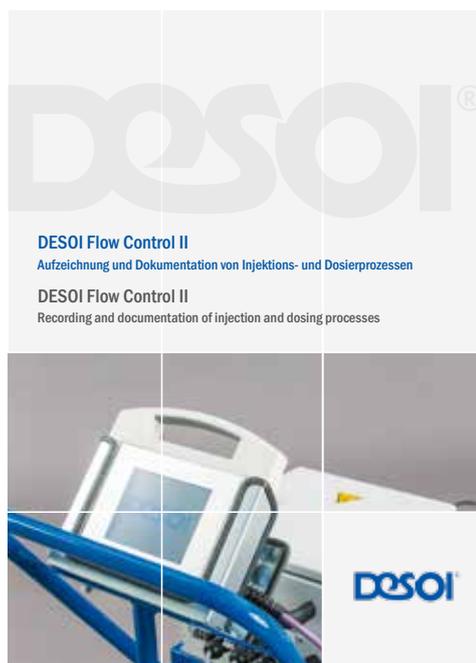
Abbildung 17:
Beispiel eines Messdiagramm

QUALITÄTSSICHERUNG

FLOW CONTROL II

Beispiel eines Aufzeichnungsprotokolls System DESOI Flow Control II A

Packer Nr.	Anzahl der Verpressungen	Datum	Startzeit	Injektionsdauer (s)	Injektionsdruck (bar)	Verbrauch A (l)	Verbrauch B (l)	Gesamtverbrauch (l)	Abweichung vom Mischungsverhältnis (%)	Temperatur: Luft (°C)	Temperatur: Material (°C)	Charge Nr.	Dateiname der Messung
1	1	05.08.15	14:33:25	386	3,42	4,22	4,21	8,43	0,2	21,0	18	8154711	20150805_143325_0001.xlsx
2	1	05.08.15	14:40:08	133	22,80	4,33	4,3	8,63	0,7	21,0	18	8154711	20150805_144008_0002.xlsx
3	1	05.08.15	14:42:34	131	25,54	4,64	4,67	9,31	0,6	21,0	18	8154711	20150805_144234_0003.xlsx
4	1	05.08.15	14:44:59	137	7,08	4,45	4,43	8,88	0,5	21,0	18	8154711	20150805_144459_0004.xlsx
5	1	05.08.15	14:47:25	137	23,87	4,23	4,21	8,44	0,5	21,0	18	8154711	20150805_144725_0005.xlsx
6	1	05.08.15	14:49:52	157	11,96	4,88	4,8	9,68	1,7	21,0	18	8154711	20150805_144952_0006.xlsx
7	1	05.08.15	14:52:46	146	5,40	4,51	4,45	8,96	1,3	21,0	18	8154711	20150805_145246_0007.xlsx
8	1	05.08.15	14:55:22	144	25,24	4,56	4,41	8,97	3,4	21,0	18	8154711	20150805_145522_0008.xlsx
9	1	05.08.15	14:58:06	139	6,32	4,54	4,27	8,81	6,3	21,0	18	8154711	20150805_145806_0009.xlsx
10	1	05.08.15	15:00:35	152	11,35	4,75	4,48	9,23	6,0	21,0	18	8154711	20150805_150035_0010.xlsx
11	1	05.08.15	15:03:20	140	23,41	4,52	4,27	8,79	5,9	21,0	18	8154711	20150805_150320_0011.xlsx
12	1	05.08.15	15:05:50	137	0,52	4,32	3,94	8,26	9,6	21,0	18	8154711	20150805_150550_0012.xlsx
13	1	05.08.15	15:08:21	81	2,20	3,88	3,6	7,48	7,8	21,0	18	8154711	20150805_150821_0013.xlsx
14	1	05.08.15	15:09:54	152	3,27	4,67	4,3	8,97	8,6	21,0	18	8154711	20150805_150954_0014.xlsx
15	1	05.08.15	15:12:56	141	23,41	4,45	4,11	8,56	8,3	21,0	18	8154711	20150805_151256_0015.xlsx
16	1	05.08.15	15:19:02	51	2,05	2,4	2,17	4,57	9,6	21,0	18	8154711	20150805_151902_0016.xlsx
17	1	05.08.15	15:21:56	139	15,47	4,72	4,41	9,13	7,0	21,0	18	8154711	20150805_152156_0017.xlsx
18	1	05.08.15	15:26:58	153	15,32	4,17	4,24	8,41	1,7	21,0	18	8154711	20150805_152658_0018.xlsx
19	1	05.08.15	15:29:41	154	18,83	4,18	4,39	8,57	4,9	21,0	18	8154711	20150805_152941_0019.xlsx
20	1	05.08.15	15:32:27	159	11,81	4,17	4,34	8,51	4,0	21,0	18	8154711	20150805_153227_0020.xlsx
21	1	05.08.15	15:38:38	167	24,17	4,15	4,45	8,60	6,8	21,0	18	8154711	20150805_153838_0021.xlsx
Summe								179,2					



Ausführliche Informationen finden Sie im Fachprospekt

„DESOI Flow Control II, Aufzeichnung und Dokumentation von Injektions- und Dosierprozessen“

AUTORENINFORMATION

LITERATURVERZEICHNIS

Autoreninformation 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 DiBt¹
- DIN-Ausschuss der DIN 18197 „Abdichten von Fugen in Beton mit Fugenbändern“
- DIN-Ausschuss der DIN 18541 „Fugenbänder aus thermoplastischen Kunststoffen zur Abdichtung von Fugen in Ortbeton“,
- DAfStb²-Unterausschuss „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“
- DBV³-Arbeitskreis „Hochwertige Nutzung von Untergeschossen – Bauphysik und Raumklima“
- DBV³-Arbeitskreis „Injektionsschlauchsysteme und quellfähige Einlagen für Fugen“
- Mitglied in der WTA⁴-Arbeitsgruppe „Nachträglicher Einbau von Betoninnenwannen zur Abdichtung gegen drückendes Wasser“



¹ Deutsches Institut für Bautechnik

² Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V.

³ Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V.

⁴ Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V.

Er ist Autor zahlreicher Fachpublikationen und Vorträge zum Thema „Abdichtung von Betonbauwerken“.

Literaturverzeichnis

- [1] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (Hrsg.): Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungs-Richtlinie). 01 / 2001
- [2] Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.): Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING), Teil 3 Massivbau, Abschnitt 5: Füllen von Rissen und Hohlräumen in Betonbauteilen. 04 / 2010
- [3] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (Hrsg.): Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie). Berlin, Beuth, 2003
- [4] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (Hrsg.): Erläuterungen zur DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie). Heft 555, Beuth, Berlin, 2006
- [5] 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, 07 / 2012
- [6] DIN V 18028: Rissfüllstoffe nach DIN EN 1504-5:2005-03 mit besonderen Eigenschaften. Beuth, Berlin, 06/2006
- [7] Hohmann, R.: Abdichtung bei wasserundurchlässigen Bauwerken aus Beton. 2., überarbeitete und erweiterte Auflage, Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag, 2009
- [8] Hohmann, R.: Elementwände im drückenden Grundwasser – Konstruktionsprinzip, Planung, Bauausführung, Schwachstellen, Fehlervermeidung, Instandsetzung. Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag, 2016
- [9] Hohmann, R.: Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton – Nachträgliche Abdichtung undichter Fugen. Verlag Ernst & Sohn, Beton- und Stahlbetonbau 12 (2006), S. 950 – 964
- [10] Hohmann, R.: Nachträgliche Abdichtung vernässter Wohngebäude durch Schleiervergelung – ein Lösung für alle Fälle? Europäischer Sanierungskalender 2009, Berlin, Beuth Verlag, 2009
- [11] STUVA e.V, Köln (Hrsg.): ABI-Merkblatt „Abdichtung von Bauwerken durch Injektion“. 3., überarb. Auflage, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2014
- [12] WTA Merkblatt 4 – 6 „Nachträgliches Abdichten erdberührter Bauteile“, Fraunhofer IRB Verlag, 11 / 2014
- [13] WTA Merkblatt 5 – 20 „Gelinjektion“, Fraunhofer IRB Verlag, 05 / 2009
- [14] Injektions-ABC: DESOI GmbH, 2. Auflage, 2013
- [15] Prospekt Flow Controll: DESOI GmbH, 08 / 2016
- [16] Prüfbericht P 5.1 / 15 - 455-1, MFPA Leipzig GmbH, Funktion der Auswertung- und Dokumentationseinheit DESOI Flow Control II – Ausführung Gel in Verbindung mit der Kolbenpumpe DESOI PN-1435-3K



DESOL GmbH
Gewerbestraße 16
D-36148 Kalbach/Rhön

Telefon +49 6655 9636-0
Fax +49 6655 9636-6666
info@desol.de
www.desol.de



Qualitätsmanagement
Umweltmanagement
ISO 9001
ISO 14001
www.dekra.org/de