DESOI®

WASSERUNDURCHLÄSSIGE BAUWERKE AUS BETON

Abdichtung mit Injektionsverfahren

Lösungen auch für schwierige Fälle

GRUNDLAGEN DES SANIERUNGSKONZEPTES
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 – 3, 5 – 12].

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 (sachkundige Fachplaner SKP). Für die Erstellung des Sanierungskonzeptes sind genaue Kenntnisse der Konstruktion und der objektspezifischen Randbedingungen erforderlich, siehe auch [1]. Das vom fachkundigen Planer aufzustellende Sanierungskonzept sollte eine Beschreibung des Ist-Bauzustandes, das Instandsetzungsziel, das anzuwendende 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	• Festlegung des Instandsetzungsziels • Wahl des anzuwendenden Abdichtungsverfahrens
Beschreibung des Ist-Bauzustandes	• 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	• 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	• 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 bei Vergelungsmaßnahmen beschaffen? (Bodenart und -zusammensetzung, Korngrößenverteilung, Porenanteil, Lagerungsdichte, Wassergehalt, Durchlässigkeit des Bodens, ...)
- 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, langzeitig), den Risszustand (Feuchtigkeit, Verschmutzung) und den Rissverlauf zu kennen.

GRUNDLAGEN DES SANIERUNGSKONZEPTES
BESTANDSAUFNAHME UND BAUWERKSDIAGNOSTIK

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).

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

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.

Tabelle 2: Injektionsverfahren zur nachträglichen Abdichtung undichter Konstruktionen

		Wasserdurchlässigkeit bei						
						Dehnfugen		
Methode		Rissen	Hohlräumen und Gefügestörungen	Arbeitsfugen	Sollriss-querschnitte	Umläufigkeit des Dichtteils	Beschädigung des Dehnteils	Durchdringungen (z. B. Rohrdurchführungen, Schalungsspreizen, Fundamenterder)
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	x	
Vergelung der Fuge (luftseitig, in Kombination mit einer Verdämmung)	Injektion über das DESOI Injektionsprofil					x	x	
Flächeninjektion an der Bauteilaußenseite (Schleierinjektion)						x	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, d.h. das Füllen von Rissen unter Druck, 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 Kegel- oder Flachkopfnippel 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 den Füllstoff 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] schränkt die Verwendung auf solche Füllstoffe ein, welche die Anforderungen nach Technischen Regeln „Instandhaltung von Betonbauwerken (TR Instandhaltung) des DIBt" [1] erfüllen. In der ZTV-ING, Teil 3 Massivbau, Abschnitt 5 – Füllen von Rissen und Hohlräumen in Betonbauwerken [2] sowie in den Technische Regeln „Instandhaltung von Betonbauwerken (TR Instandhaltung) des DIBt" [1] werden als Füllstoffe benannt: 1. Rissfüllstoffen für das kraftschlüssige Füllen von Rissen [1], z. B. Epoxidharz (EP), Zementleim (ZL) und Zementsuspension (ZS). 2. Rissfüllstoffe für das dehnfähige Füllen von Rissen [1], z. B. Polyurethanharz (PUR). Die Leistungsmerkmale der Füllstoffe und Regeln für deren Anwendung sind in den Technischen Regeln „Instandhaltung von Betonbauweken (TR Instandhaltung) Teil 2 [1] beschrieben. In DIN EN 1504-5 [4] sind auch Acrylatgele / Hydrostrukturgele (AY) aufgeführt, deren abdichtende Wirkung über Quellen erzielt wird.

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.

3.1.1 Rissverpressung über Bohrpacker

Treten bei wasserundurchlässigen Bauteilen aus Beton wasserführende Risse auf, so können diese durch die Injektion eines geeigneten Füllstoffes über Bohrpacker 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 Risse mit einem geeigneten Füllstoff verpresst werden.

Der Abstand der Bohrpacker hängt von den objektspezifischen Randbedingungen (Bauteildicke, Rissweite) und den Eigenschaften des Injektionsmaterials (Verarbeitungszeit, Viskosität) ab. In der Regel beträgt der Abstand zwischen den Bohrpackern d/2, wobei mit d die Dicke des Bauteils bezeichnet wird. Durch die in den Abbildungen 1 und 2 dargestellte wechselseitige Anordnung der Bohrpacker werden auch im Bauteil verspringende Risse erfasst.

Als Faustformel gilt:
max. Injektionsdruck ≈ ⅓ der Nenndruckfestigkeit des Betons*

Beispiel:
Ortbetonkonstruktion, Beton C 20/25

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

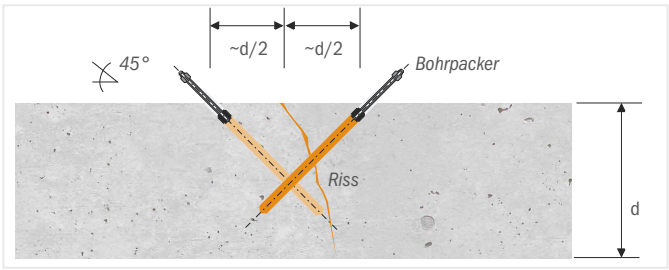
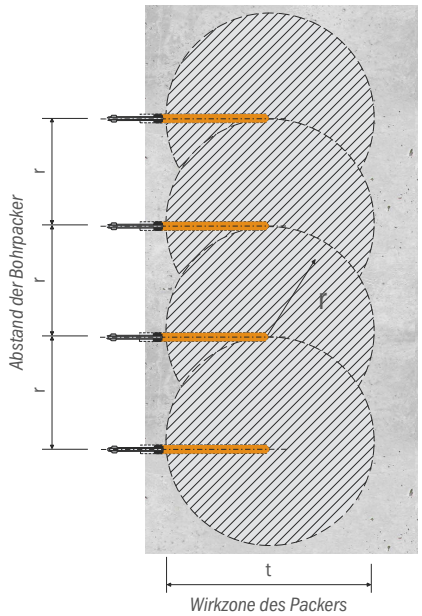


Abbildung 1: Rissverpressung über Bohrpacker

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

RISSVERPRESSUNG ÜBER INJEKTIONSPACKER
ANORDNUNG DER INJEKTIONSPACKER

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 entweichen können. Bei vertikalen Rissen erfolgt die Injektion beginnend am tiefstgelegenen Bohrpacker von unten nach oben. Um Schäden in der Betonstruktur zu vermeiden, sollte der maximale Injektionsdruck im Regelfall auf ⅓ 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 Bohrpacker entfernt und die Öffnungen mit einem schwindarmen Mörtel verschlossen.



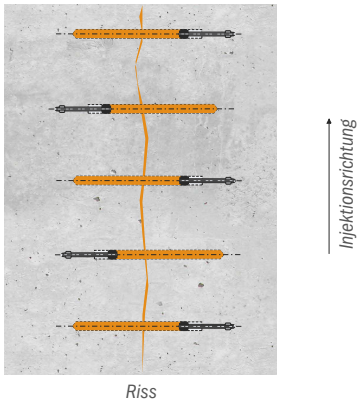


Abbildung 2: Anordnung der Bohrpacker bei der Rissverpressung (nach ZTV-ING [2], TR Instandhaltung [1])

3.1.2 Rissverpressung über Klebepacker

Klebepacker werden direkt auf den Riss geklebt. Daher ist ihr Einsatz auf Fälle mit trockenen Rissen und mit dichter Bewehrung beschränkt , in die nicht gebohrt werden kann bzw. 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 ca. 60 bar begrenzt.

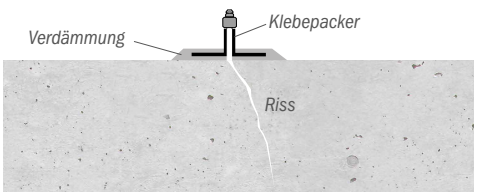


Abbildung 3: Rissverpressung über Klebepacker

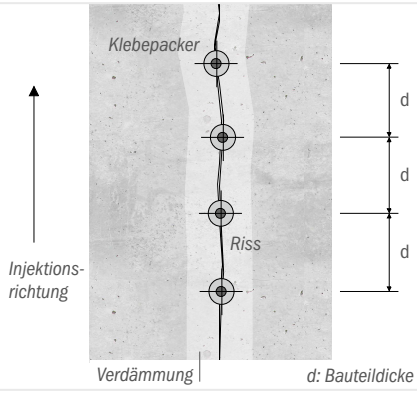


Abbildung 4: Anordnung der Klebepacker bei der Rissverpressung (nach ZTV-ING [2], TR Instandhaltung [1])

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. Bauwerkszwischenschichten sind Polyurethanschäume (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 = ½ · Bauteildicke

Bohrlochtiefe = ¾ · Bauteildicke

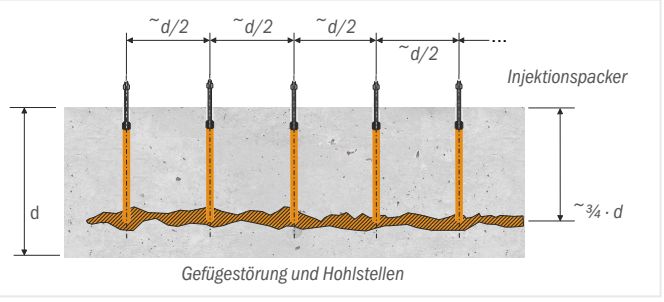


Abbildung 5: Flächeninjektion im Bauteil

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 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.

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 über Injektionspacker erfolgen, siehe Abschnitt 3.3.1. Gleiches gilt für die Fälle, bei denen das Verpressen des Injektionsschlauchsystems nicht zu dem gewünschten Dichterfolg geführt hat.

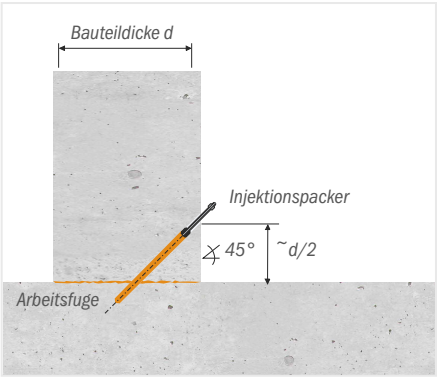


Abbildung 6: Verpressung einer Arbeitsfuge zwischen Bodenplatte und Wand [5, 7]

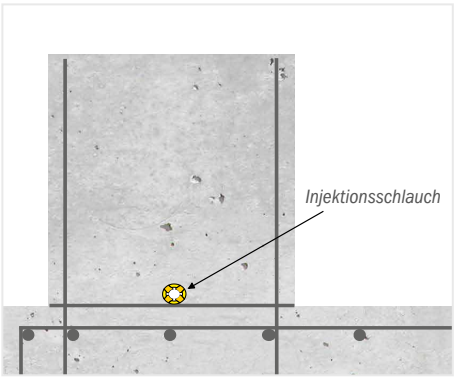


Abbildung 7: Injektionsschlauch in der Arbeitsfuge zwischen Bodenplatte und Wand (Beispiel) [5, 7]

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 Wasserumläufigkeit 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.

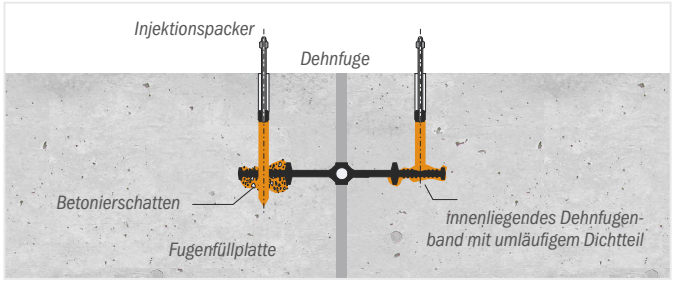


Abbildung 8: Verpressung von Hohlstellen am Dichtteil bei einem innenliegenden Dehnfugenband /mit (links) bzw. ohne (rechts) Durchbohren des Fugenbandes [5, 7]

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 [9] muss die Eignung des einzusetzenden PUR-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.

Bei der Verwendung von Acrylatgelen / Hydrostrukturgelen (AY), deren Abdichtungswirkung über Quellen erzielt wird, können Dehnfugen bei begrenzter Fugenbewegung abgedichtet werden. Hierbei sind die physikalischen Eigenschaften des Acrylatgels / Hydostrukturgels maßgebend. Die Verwendbarkeit für diesen Anwendungsfall und die begrenzte Verformung sollten nachgewiesen sein.

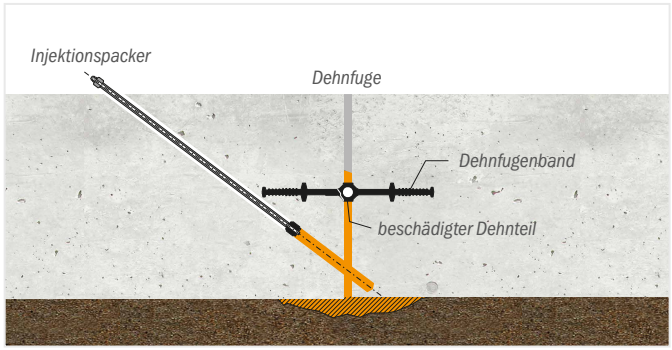


Abbildung 9: Vergelung der Fuge bei beschädigtem Dehnteil [5, 7]

3.4.3 Injektion der Bewegungsfuge zwischen Fugenband und wasserabgewandter Bauteiloberfläche mit dem B-PROFILE®

Das B-PROFILE® mit integrierten Gummidichtlippen eignet sich zur nachträglichen Abdichtung undichter Bewegungsfugen mittels Injektion. Es vereinfacht den Arbeitsablauf und reduziert den Zeitbedarf gegenüber herkömmlichen Methoden.

Die Injektion der Bewegungsfuge erfolgt nach der Montage des B-PROFILE® und dem Einsetzen der Fugeninjektionsnadel. Beim Eindrehen der Fugeninjektionsnadel in das B-PROFILE® entsteht kein Materialabtrag; die seitlichen Austrittslöcher der Fugeninjektionsnadel bleiben sauber und ein freier Durchfluss des Füllstoffes ist gewährleistet. Das feste Material des B-PROFILE® umspannt die Fugeninjektionsnadel, dadurch wird diese gehalten und gleichzeitig abgedichtet.
Die integrierten Dichtlippen des Fugengummis sorgen für einen undurchlässigen Anschluss an das Bauteil, das Gummi passt sich exakt den Unebenheiten an.
Nach erfolgreicher Injektion wird das B-PROFILE® wieder entfernt.

Anwendungsvideo

Typische Anwendungsbereiche

- Alle WU-Betonkonstruktionen mit Fugen
- Fußgängerunterführungen
- Versorgungskanäle
- Kontrollgänge in Wasserbauwerken oder Brücken
- Tunnel in offener und geschlossener Bauweise
- Tiefgaragen

Vorteil / Hinweis

- Zeitersparnis und sichere Montage – keine Kantenausbrüche
- Keine Schalung: Einfache und schnelle Montage und wesentliche Reduzierung der ansonst notwendigen Verkehrseinschränkungen
- Universell einsetzbar – für fast alle Bewegungsfugen mit einer Fugenbreite von ca. 5 bis 50 mm geeignet
- B-PROFILE® passt sich exakt an das Bauteil an
- Kein Materialabtrag beim Eindrehen der Fugeninjektionsnadel in das B-PROFILE®
- Sehr gute Abdichtung durch die Fugeninjektionsnadel in Kombination mit dem B-PROFILE®
- Wiederverwendbar

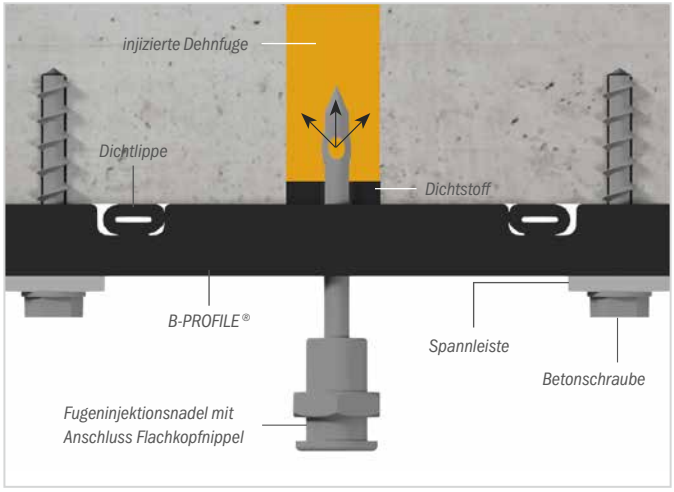


Abbildung 10: Vorübergehend montiertes B-PROFILE®

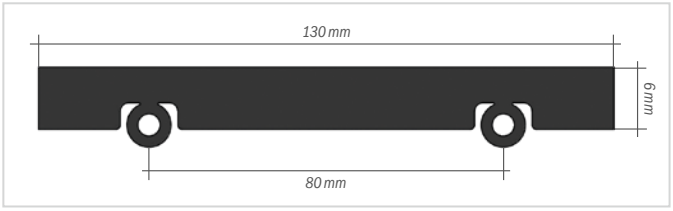


Abbildung 11: Maße des B-PROFILE®

Abbildung 12: Fugeninjektionsnadel (Nr. 23207), Ø 5 mm x 71 mm, Edelstahl, seitliche Austrittslöcher Ø 2,5 mm; Arbeitslänge 25 mm, Anschluss Flachkopfnippel mit Rückschlagventil, SW17

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
- Tiefgaragen

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 Austrittstellen 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.

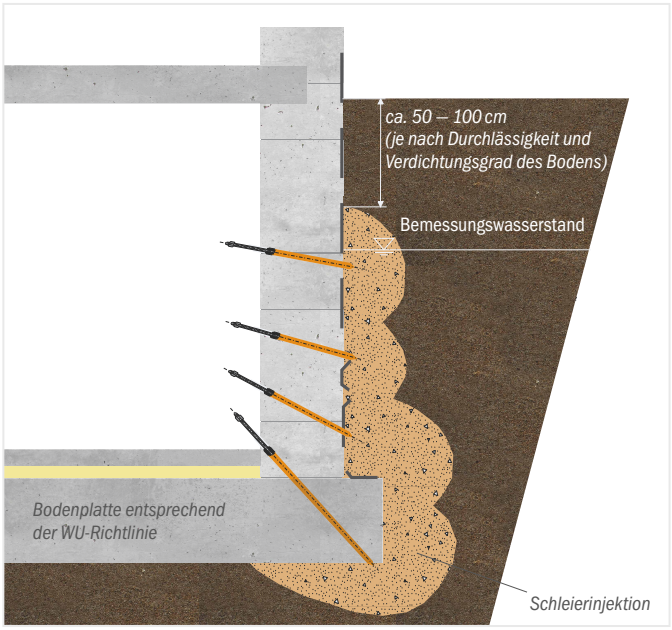


Abbildung 12: Beispiel einer Schleiervergelung *13 a Prinzipskizze [8]*

Abbildung 13b: freigelegter Injektionsschleier [8]

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
- Abzudichtende Fläche nicht mehr zugänglich ist oder eine betriebsschonende Bauweise gefordert wird

Zur Instandstandsetzung von Bauschäden durch einen Wasser- und Feuchteeintritt 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 [9, 11].
Es wird empfohlen, Bauherren entsprechend aufzuklären.

SCHLEIERINJEKTION

Die Abstände der Injektionspacker sollten nach [9] 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.

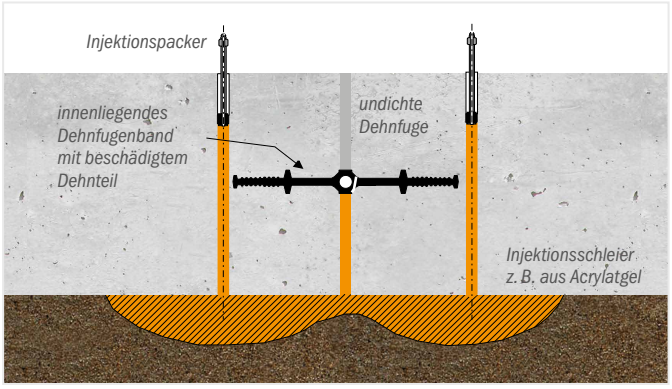


Abbildung 13: Abdichtung undichter Dehnfugen durch Schleiervergelung [7]

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 [9].

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
- Trennfläche zwischen Außen- und Innenschale 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.

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. Bauwerkszwischenschichten 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.

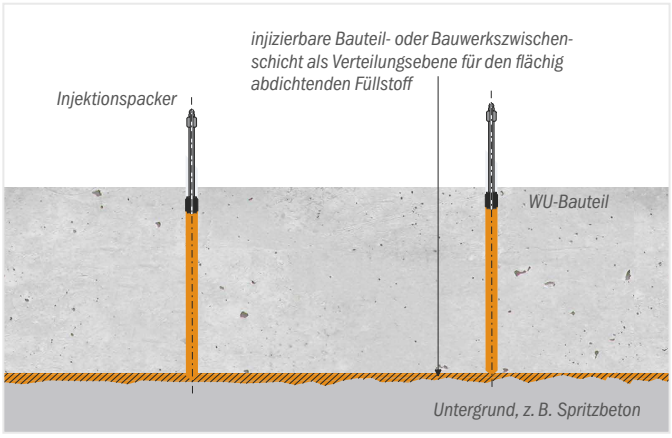


Abbildung 14: Beispiel für eine Flächeninjektion in Bauteil- oder Bauwerkszwischenräumen [7]

3.7 NACHTRÄGLICHE ABDICHTUNG VON ELEMENTWÄNDEN

Im Gegensatz zur Ortbetonkonstruktion birgt eine Elementwand bei Undichtigkeiten aufgrund der Vielzahl möglicher Wasserwegigkeiten einige Besonderheiten, siehe auch [6]. 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 oder Feinstzementsuspension zu verfüllen.

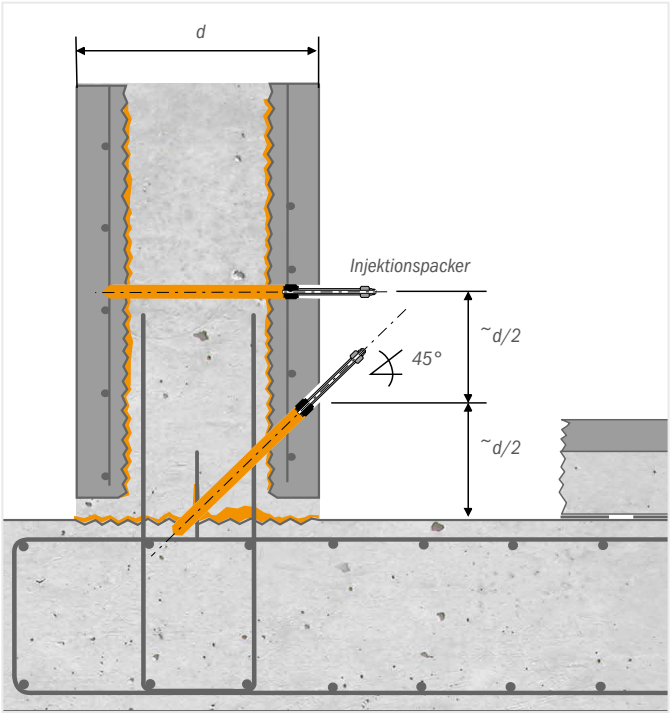


Abbildung 15 a: Nachträgliche Abdichtung einer Elementwand durch Injektion [6]

ABDICHTUNG VON ELEMENTWÄNDEN DURCH INJEKTION

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 [6].

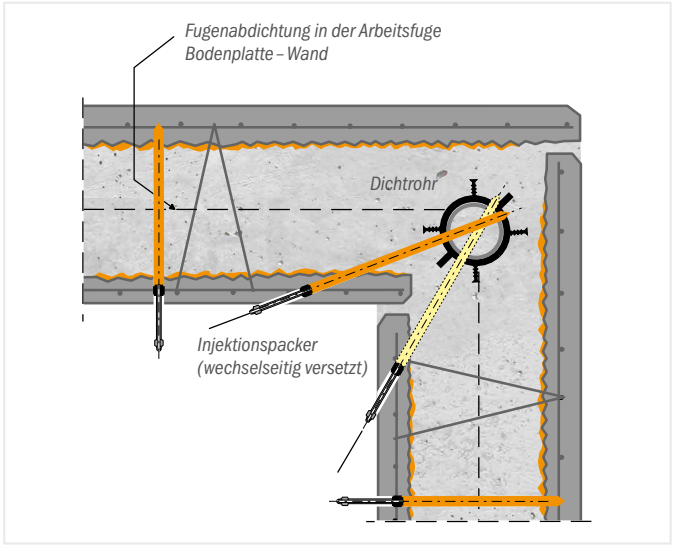


Abbildung 15 b: Nachträgliche Abdichtung einer Elementwandecke mit Dichtrohr durch Injektion [6]

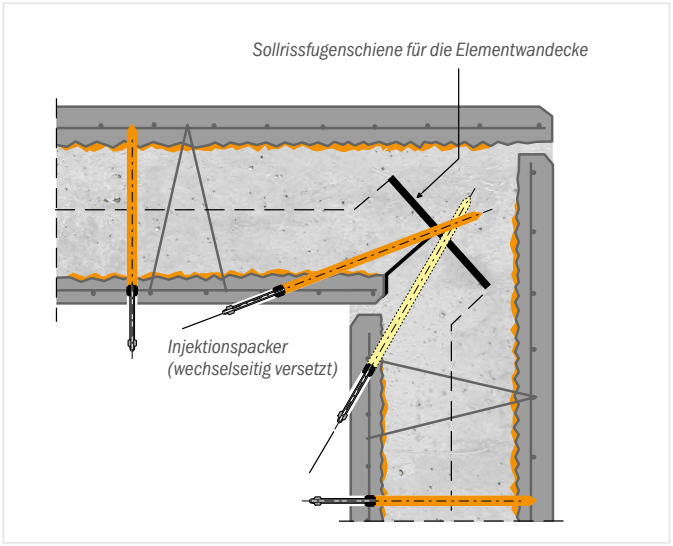


Abbildung 15 c: Nachträgliche Abdichtung einer Elementwandecke mit einer Sollrissfugenschiene [6]

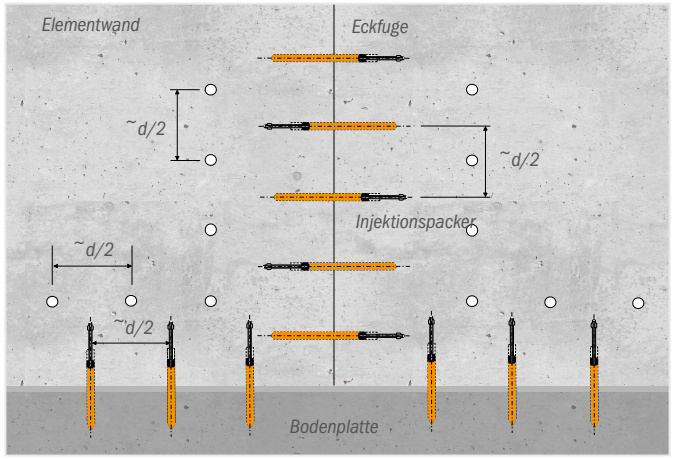


Abbildung 15 d: Bohrschema zur Abdichtung einer Elementwandecke durch Injektion (Beispiel) [6]

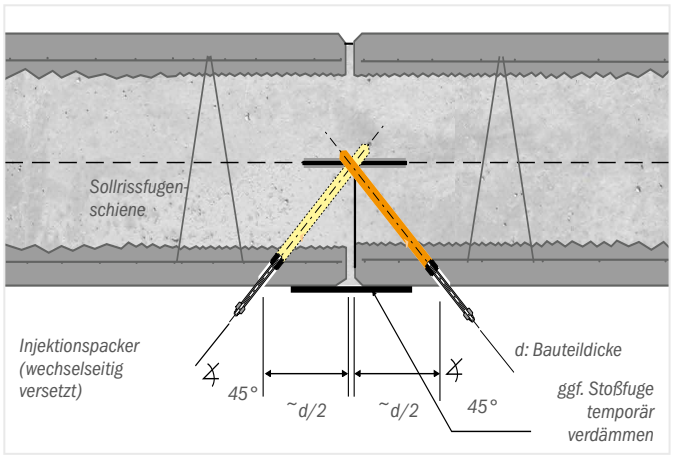


Abbildung 15 e: Nachträgliche Abdichtung der Stoßfuge einer Elementwand durch Injektion [6]

DESOI W.I.L.M.A.
MEHR SICHERHEIT FÜR INJEKTIONSPROZESSE

Mit dem Aufzeichnungungs- und Dokumentationsgerät DESOI w.i.l.m.a. wird das bewährte DESOI Flow Control II abgelöst, es steht die dritte Generation praxiserprobter und bewährter Technik zur Verfügung. Mit der permanenten Überwachung von Injektionsprozessen wird gewährleistet, dass planerisch festgelegte Parameter maßgeschneidert auf das jeweilige Bauwerk ***eingehalten***, ***überwacht*** und ***dokumentiert*** werden.
Dieses Kontrollsystem ist in vier verschiedenen Ausführungen erhältlich und sichert sämtliche Prozesse Ihrer Injektionstechnik.

Folgende Ausführungen stehen Ihnen zur Verfügung

- Acrylatgel (AY)
- Injektionsharz (PU)
- 2C Polyurethan (PU) / Silikatharz
- Zement (Z)

Dabei zeichnet DESOI w.i.l.m.a. den Druck, das Volumen, die Zeit und die Abweichung der Injektionsprozesse auf. Um sicherzustellen, dass während der Injektion keine unzulässigen Abweichungen entstehen, können im Vorfeld Grenzwerte zum Mischungsverhältnis, Druck und Volumen festgelegt werden. Kommt es zu einer Überschreitung dieser Werte, wird die gesamte Anlage abgeschaltet oder es erscheint ein Hinweis im Display.

DESOI w.i.l.m.a. besteht aus

- einem Schaltkasten inklusive Netzteil
- einem Tablet zur Steuerung aller aufzeichnungsrelevanten Daten

Damit Ihre sensiblen Daten rund um die Injektionsprozesse geschützt sind, kommunizieren Tablet und Grundeinheit über eine geschützte WLAN-Verbindung. Sämtliche Daten sind für den Anwender mit Passwörtern geschützt und werden ausschließlich auf einem Server in Deutschland bearbeitet und verwaltet.
So sind Sie rundum abgesichert.

DESOI W.I.L.M.A.
MEHR SICHERHEIT FÜR INJEKTIONSPROZESSE

Lieferumfang

Schaltschrank mit integrierter Steuerung, 10-m-Netzanschlussleitung, Ein-/Ausschalter, Kontrollleuchte, Durchflusssensoren, Drucksensor, schlagfestes und wasserdichtes CATERPILLAR *(bis 1 m)* T20 Tablet mit Windows 10, inkl. Betriebsanleitung

Das System kann automatisch abschalten bei

- Erreichen des eingestellten Materialverbrauches
- Erreichen des eingestellten Injektionsdruckes
- Unzulässiger Überschreitung des Mischungsverhältnisses

DESOI w.i.l.m.a. dokumentiert

- Materialverbrauch je Packer
- Mischungsverhältnis
- Injektionsdruck pro Packer
- Injektionsdauer pro Packer
- Reihenfolge der Injektion
- Nachinjektionen
- Datum und Uhrzeit der Injektion

DESOI Serviceangebot

- Individuelle technische Beratung
- System-Einweisung durch Fachpersonal auf der Baustelle

Schaltschrank mit Tablet

Technische Daten - Schaltschrank

Anschlussspannung (einstellbar ab Werk)	110 – 230 V/ 0,5 Ampere
Speicherart	digital auf Tablet
Datentransfer	WLAN
Messbereich - Volumen (abhängig von dem Sensor)	max. 100 l/min
Messbereich - Druck (abhängig von dem Sensor)	max. 250 bar *
Messgenauigkeit	± 2 % v ME
Gewicht - Schaltschrank	8,62 kg
Gewicht - Tablet	0,68 kg
L x B x H - Schaltschrank	30 x 19 x 33 cm
L x B x H - Tablet	22 x 14,5 x 2 cm

** 1 bar = 105 Pa. (Pascal)*

Ausführliche Informationen finden Sie im Fachprospekt

„DESOI w.i.l.m.a., 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 DiBt[1]
- 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“,
- DAfStb[2]-Unterausschuss „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“
- DBV[3]-Arbeitskreis „Hochwertige Nutzung von Untergeschossen – Bauphysik und Raumklima“
- DBV[3]-Arbeitskreis „Injektionsschlauchsysteme und quellfähige Einlagen für Fugen“
- DBV[3]-Arbeitskreis „Beschichtete Fugenbleche“
- Mitglied in der WTA[4]-Arbeitsgruppe „Nachträglicher Einbau von Betoninnenwannen zur Abdichtung gegen drückendes Wasser“

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

[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.

Literaturverzeichnis

[1] Deutsches Institut für Bautechnik: DIBt - Technische Regel zur Instandhaltung von Betonbauwerken (TR Instandhaltung Teil 1: Anwendungsbereich und Planung der Instandhaltung; Teil 2: Merkmale von Produkten oder Systemen für die Instandsetzung und Regelung für deren Verwendung), 05 / 2020

[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, 2018

[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, 07 / 2012

[5] Hohmann, R.: Abdichtung bei wasserundurchlässigen Bauwerken aus Beton. 2., überarbeitete und erweiterte Auflage, Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag, 2009

[6] Hohmann, R.: Elementwände im drückenden Grundwasser – Konstruktionsprinzip, Planung, Bauausführung, Schwachstellen, Fehlervermeidung, Instandsetzung. Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag, 2016

[7] Hohmann, R.: Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton – Nachträgliche Abdichtung undichter Fugen. Verlag Ernst & Sohn, Beton- und Stahlbetonbau, 12 (2006), S. 950 – 964

[8] Hohmann, R.: Nachträgliche Abdichtung vernässter Wohngebäude durch Schleiervergelung – ein Lösung für alle Fälle? Europäischer Sanierungskalender 2009, Berlin, Beuth Verlag, 2009

[9] STUVA e.V, Köln (Hrsg.): ABI-Merkblatt „Abdichtung von Bauwerken durch Injektion“. 3., überarb. Auflage, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2014

[10] WTA Merkblatt 4 – 6 „Nachträgliches Abdichten erdberührter Bauteile“, Frauenhofer IRB Verlag, 11 / 2014

[11] WTA Merkblatt 5 – 20 „Gelinjektion“, Frauenhofer IRB Verlag, 05 / 2009

[12] Injektions-ABC: DESOI GmbH, 3. Auflage, 05 / 2019

DESOI®

Hersteller von Injektionstechnik

DESOI GmbH
Gewerbestraße 16
36148 Kalbach/Rhön
GERMANY

Tel.: +49 6655 9636-0
Fax: +49 6655 9636-6666
info@desoi.de | **www.desoi.de**

Zertifiziert durch TÜV THÜRINGEN ISO 9001 / ID:15 100 2411727 www.tuev-thueringen.de

Zertifiziert durch TÜV THÜRINGEN ISO 14001 / ID:15 104 242136 www.tuev-thueringen.de

Stand 10/21 – B - z Irrtum und technische Änderungen vorbehalten. Für Druckfehler übernehmen wir keine Haftung.