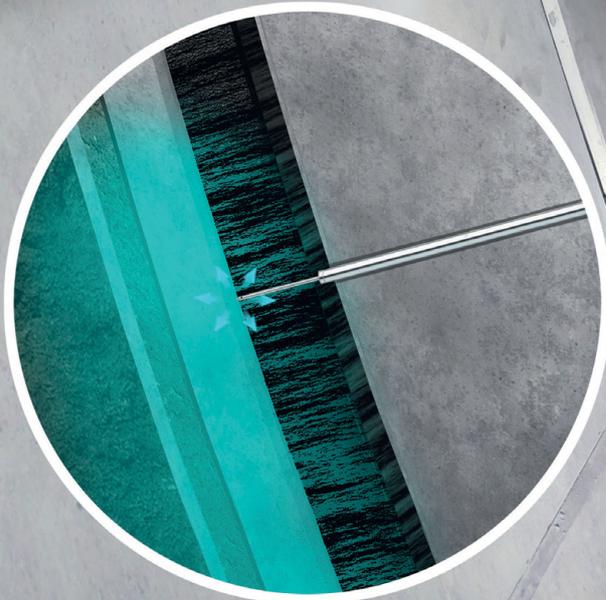
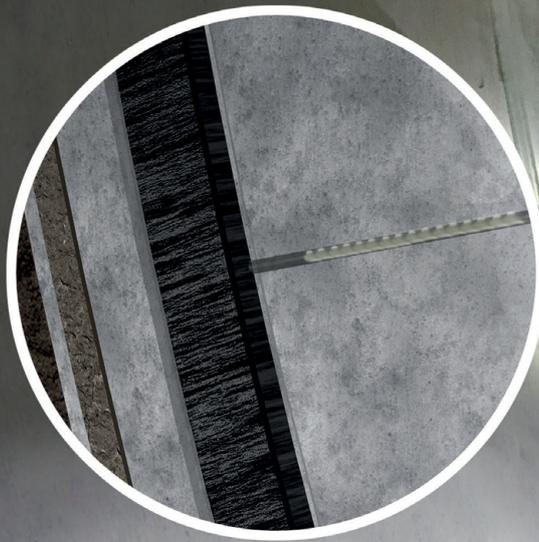


Nachdichtung von Tübbingfugen: Innovative Schlüssellochtechnik



Innovative Nachdichtung von Tübbingfugen mit Injektionsbohrnadeln

Innovative Nachdichtung von Tübbingfugen mit Injektionsbohrnadeln

Götz Tintelnot, TPH Bausystem GmbH, Norderstedt, Deutschland

Einleitung

Undichte Bauwerksfugen im Grundwasser liegender Ingenieurbauwerke sind ein bekanntes Problem. Betroffen sind auch Tübbingfugen in Tunnelröhren, die mit Tunnelvortriebsmaschinen hergestellt werden (**Bild 1**). Wenn Injektionen zur Abdichtung solcher Tübbingfugen erforderlich sind, bieten gezielte Fugennachdichtungen durch die Tübbingdichtung hindurch eine effektive und kostensparende Alternative zu bisher üblichen Injektionen durch aufwendig hergestellte Betonbohrungen. Die TPH Bausysteme GmbH konnte bei Nachdichtungsarbeiten an den Tübbingröhren des Finnetunnels in Thüringen im VDE Projekt 8.2 „Neubaustrecke Erfurt-Halle/Leipzig“ erste positive Erfahrungen bei der Umsetzung solcher gezielter Nachdichtungen machen [1, 2]. Zum damaligen Zeitpunkt war dieses Verfahren eine Innovation, inzwischen wurde es ausgehend von den Erfahrungen aus dem Finnetunnel weiterentwickelt. Das weiterentwickelte Verfahren wird in diesem Beitrag erläutert.

Vergleich der herkömmlichen und der innovativen Nachdichtung

Herkömmliche Nachdichtung mit schräger Tübbingdurchbohrung

Bisher wurden undichte Fugen häufig mit Schrägbohrungen durch den Tübbing und Einpressen von Injektionsstoff nachgedichtet. Als nachteilig erwiesen sich dabei [1, 2]:

- ▶ Der große Aufwand für das Bohren
- ▶ Die Beschädigung der Tübbings und ihrer Bewehrung
- ▶ Schlechte Erreichbarkeit undichter Stellen trotz hohen Injektionsstoffverbrauchs

Undichte Tübbingfugen können direkt durch die Fuge mit einer Injektionsbohrnadel effizient nachgedichtet werden. Dieser Artikel erläutert die innovative, kostensparende „Schlüsselloch-technologie“.

Tunnelbau • Injektionstechnik • Abdichtung • Nachdichtung • Effizienz • Innovation

- ▶ Nicht kalkulierbarer Materialverbrauch und unsicherer Abdichtungserfolg
- ▶ Aufwendige nachträgliche Betoninstandsetzungsmaßnahmen

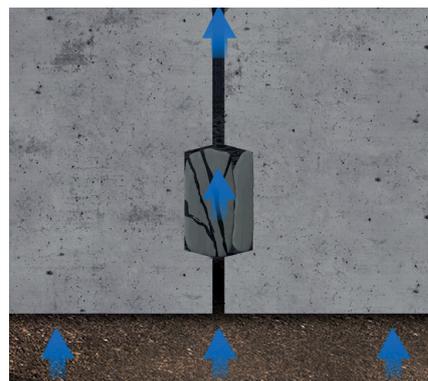
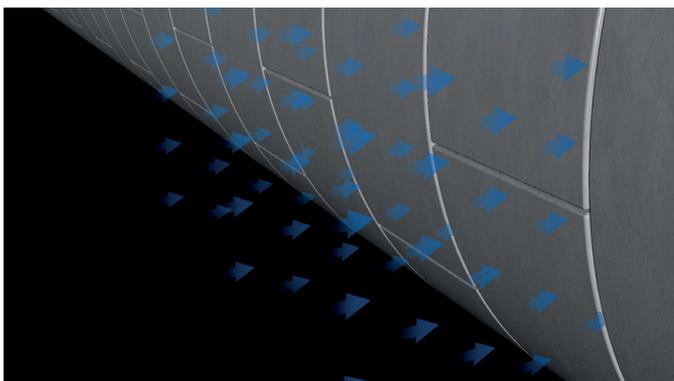
Gezielte Fugennachdichtung durch die Tübbingfuge

Das im Finnetunnel angewendete innovative Verfahren der Nachdichtung von Tübbingfugen und ein Fachbeitrag von Kirschke, Schälicke und Fraas aus dem Jahr 2013 [1, 2] zu den Hinter- und Beweggründen und zu den Erfahrungen aus der erstmaligen Anwendung brachen mit dem Tabu, dass Tübbingdichtungen nicht durchbohrt werden dürfen. Die Anwendung in der Praxis hat gezeigt, dass selbst bei sehr großem Kraftaufwand während des Aufbohrens der Tübbingfuge bis zur Dichtung mit handelsüblichen Stahlbetonbohrern kein versehentliches Durchbohren der Tübbingdichtung zu befürchten ist (**Bild 2**). Bei der gezielten Fugennachdichtung wird der direkte Weg über die Tübbingfuge zur Tübbingdichtung genutzt, indem die Dichtung durchbohrt und durch diese hindurch der Injektionsstoff wasserseitig platziert wird. Vorteile des innovativen Verfahrens sind:

- ▶ Der Injektionsstoff und damit die Abdichtungswirkung können erheblich genauer im Fugenkanal

Bild 1: Prinzipskizze des Eindringens von Wasser durch eine undichte Tübbingfuge – Bergseitige Druckwasserbeanspruchung auf Tübbingröhre (links) und Eindringen von Wasser durch undichte Fuge (rechts)

Quelle der Bilder: TPH Bausysteme GmbH



zwischen den Tübbingsteinen positioniert werden als mit einer durch den Tübbingbeton hinter die Tübbingdichtung geführten Schrägbohrung.

- ▶ Im Gegensatz zur herkömmlichen Vorgehensweise muss der Verarbeiter lediglich die unbewehrte Tübbingfuge mit einer Betonbohrung mit 18 mm Durchmesser aufweiten, um die Tübbingdichtung



Bild 2: Aufbohren einer Tübbingfuge mit einem Betonbohrer mit 18 mm Durchmesser



Bild 3: Injektionsbohrnadel (1) und Injektionsrohr (2) als Werkzeuge für die gezielte Fugennachdichtung

Bild 4: Eindrehen von Injektionsbohrnadel und Injektionsrohr mithilfe eines Akkuschaubers und eines Einbohraufsatzes (3)



erreichen zu können (**Bild 2**). Die deutlich aufwendigere und längere Schrägbohrung durch bewehrten Beton entfällt. Der Bohraufwand wird also erheblich minimiert und der bislang beim Bohren störende Einfluss der Tübbingbewehrung gänzlich ausgeschaltet.

- ▶ Die bisher nach den Injektionsarbeiten erforderliche Betoninstandsetzung – der Tübbingbeton ist immerhin ein wesentlicher Teil des Abdichtungssystems – bleiben dem Ausführenden erspart. Da erfahrungsgemäß die Betonüberdeckung an den Stirnflächen der Tüblings ausreichend groß ist, erfordern Betonbohrungen mit Durchmesser 18 mm in der Tübbingfuge keine Nacharbeiten, und die Betonbohrung kann nach der Injektion unbehandelt bleiben.

Weiterentwickelte Fugennachdichtung mit Injektionsbohrnadel

Neuerdings kommt bei der innovativen Methode der gezielten Fugennachdichtung ein Injektionsbohrnadel genanntes Werkzeug zum Einsatz, welches alle Funktionen in sich vereint, die für das Durchbohren der Tübbingdichtung, das anschließende Injizieren und das dauerhafte und druckwasserdichte Verschließen des Bohrlochs erforderlich sind. **Bild 3** zeigt das als Injektionsbohrnadel bezeichnete Injektionswerkzeug sowie das zugehörige Injektionsrohr, auf das die Nadel im Uhrzeigersinn aufzuschrauben ist. Beim Durchstoßen der Tübbingdichtung mit dieser 3 bis 5 mm starken Edelstahl-nadel wird das Dichtungsmaterial lediglich verdrängt, und ein Materialentzug wie beim spanabhebenden Durchbohren findet nicht statt. Die verfahrensbedingte Kompression der Tübbingdichtrahmen wird dadurch zusätzlich erhöht, sodass ein Herausdrücken der Nadel durch den von außen angreifenden Wasserdruck unmöglich ist [3].

Für den Einsatz der Injektionsbohrnadel sind folgende Arbeitsschritte erforderlich, die nachfolgend genauer beschrieben werden [3]:

1. Eindrehen der Injektionsbohrnadel (**Bilder 4 und 5**)
2. Auswahl geeigneter Injektionsstoffe und Injizieren der Bauwerksfuge (**Bilder 6 und 7**)
3. Entfernen des Injektionsrohrs

Zu 1. Eindrehen der Injektionsbohrnadel

Die auf das Injektionsrohr aufgeschraubte Injektionsbohrnadel wird bis zum Erreichen der Tübbingdichtung in die mit einem Bohrer aufgeweitete Tübbingfuge eingeführt (**Bild 2**). Anschließend wird sie mithilfe eines Akkuschaubers und eines Einbohraufsatzes (3) bis zum Erreichen der Wasserseite mit leichtem Vorschub durch die Tübbingdichtung gedreht (**Bilder 4 und 5**).

Zu 2. Auswahl geeigneter Injektionsstoffe und Injizieren der Bauwerksfuge

Aufgrund der zu erwartenden Umlagerungen im Gebirge und damit verbundenen Bauwerksbewegungen

bzw. -setzungen sind grundsätzlich elastische bzw. dehnfähige Injektionsstoffe vorzusehen. Hier bieten sich besonders zweikomponentige Acrylatgele und dehnfähige Polyurethane an, die beispielsweise im ABI-Merkblatt [4] beschrieben werden. Die Injektionsstoffe sollten über Eignungsnachweise für die Injektion in den Stahlbeton, z. B. gemäß EN 1504-5 [5] verfügen. Für die Qualitätssicherung werkmäßig hergestellter Instandsetzungsprodukte können die Planer, ausschreibenden Stellen und bauausführenden Firmen zukünftig nicht mehr auf Systeme zugreifen, die durch unabhängige Dritte auf ihre Verwendbarkeit untersucht wurden – für den Tunnelbau die sogenannte „BASt-Liste“. Aufgrund des neuen Deutschen Baurechts werden Produkte für Schutz- und Instandsetzungssysteme sowie die anerkannten Prüfstellen ab dem 31.12.2018 nicht mehr in der BASt-Liste geführt. Als Alternative zu projektspezifischen Verwendbarkeitsnachweisen durch die bauausführende Firma im Einzelfall können „Prüffähige Bescheinigungen“ nach Art. 30 der Bauproduktenverordnung (BauPVO) vorgelegt werden [6, 7, 8]. Solche Bescheinigungen, sogenannte DIBt-Gutachten, erteilt in Deutschland das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) auf Antrag der Hersteller. Da ein Kontakt mit dem Grundwasser während der Injektion wahrscheinlich ist, sind Nachweise über die Grundwasserhygienische Verträglichkeit z. B. gemäß DIN 19631 [9] zu erbringen. Als Injektionsstoff haben sich das Acrylatgel Rubbertite/Polinit bzw. Variotite/Polinit sowie das dehnfähige zweikomponentige Polyurethanharz Pur-o-Crack Plus bewährt [10, 11, 12, 13].

Die Durchführung des Injektionsvorgangs erfolgt im Vergleich zu üblichen Betoninjektionen mit sehr geringem Injektionsdruck, da es sich um eine gezielte Verfüllung eines Fugenraums handelt (Bild 6 und 7). Der Kompressionsdruck der eingebauten Tübbingdichtung stellt den maximal möglichen Injektionsdruck in der Fuge dar, und die Tübbingdichtung wirkt als Fugenverdümmung nach innen und sollte nicht überdrückt werden. Der Verlauf und die Verteilung des gewählten Injektionsstoffs sind über die Materialausstritte an den Nachbarpackern kontrollierbar.

Zu 3. Entfernen des Injektionsrohrs

Nach Beendigung des Injektionsvorgangs kann das Injektionsrohr entfernt werden. Ein Aushärten des Injektionsstoffs muss nicht abgewartet werden, da die mit einem Rückschlagventil ausgestattete Injektionsbohrnadel nach den Injektionsarbeiten als verlorenes Werkzeug im Bohrloch der Tübbingdichtung verbleibt und dieses dauerhaft und wasserdicht verschließt.

Ein Rückschlagventil in der Injektionsbohrnadel verhindert bereits während des Eindrehens der Injektionsbohrnadel ein Eindringen des auf der Tübbingaußenseite befindlichen Wassers und während des Injizierens einen Rückfluss von Injektionsmaterial. Dies erlaubt den Ausführenden nach Durchführung der Injektionsarbeiten – vergleichbar mit einem Tagespacker – ohne Warten auf das Aushärten des Injektionsmate-



Bild 5: Injektionsbohrnadel in Tübbingfuge

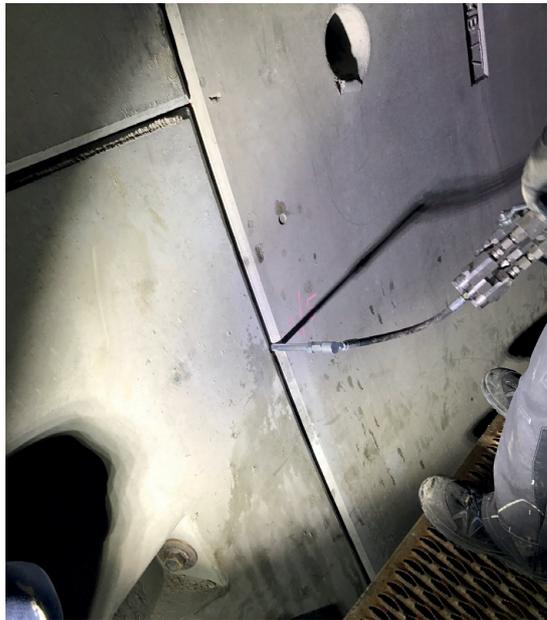


Bild 6: Injizieren der Tübbingfuge

Bild 7: Injizierte Tübbingfuge



rials einen Wechsel zur nächsten Injektionsstelle, wozu das Injektionsrohr einfach gegen den Uhrzeigersinn von der Injektionsnadel abgedreht wird, die als Verschluss in der Tübbingdichtung verbleibt.

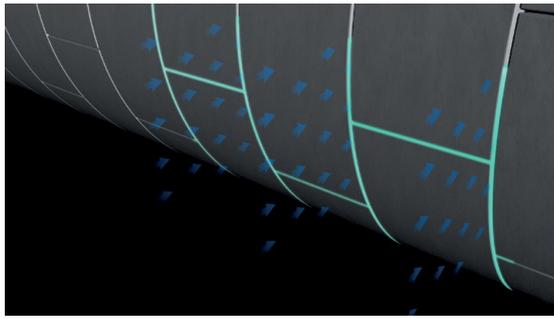


Bild 8: Erfolgreich injizierte und nachgedichtete Tübbingfugen

Erfahrungen zur Fugennachdichtung mit Injektionsbohrnadel und Ausblick

Die bisher von der TPH Bausysteme GmbH mit der gezielten Fugennachdichtung und neuerdings auch mit der Injektionsbohrnadel gemachten Erfahrungen können durchweg als positiv bezeichnet werden (**Bild 8**).

Die Betonbohrarbeiten in einer unbewehrten Tübbingfuge sind deutlich einfacher umzusetzen als alternativ Betonbohrungen durch den bewehrten Tübbingbeton – unabhängig ob als Schrägbohrung oder als fugenparallele Bohrung. Injektionsarbeiten beim Rastatter Tunnel haben ergeben, dass die bei einem 50 cm dicken Tübbing erforderlichen ca. 35 cm tiefen Fugenbohrungen in weniger als 2 Minuten ausgeführt werden können.

Die Injektionsbohrnadeln lassen sich mit leichter Vorschubkraft problemlos mit einem Akkuschauber durch die Tübbingdichtung bohren. Wegen der Kompression der Tübbingdichtrahmen sitzen die Nadeln fest und wasserdicht in der Dichtung, sodass versehentliches Herausziehen der Nadel daher nicht möglich ist.

Am wesentlichsten ist aber die Feststellung, dass die Injektionsbohrnadel zu keiner Zeit das limitierende Element bezüglich der Durchflussmengen darstellte. Die im Vergleich zur klassischen „Verschleierung“ geringeren Injektionsmengen konnten jederzeit mit sehr geringen Injektionsdrücken direkt in die undichten Fugenbereiche eingebracht werden.

Bei Verwendung der Injektionsrohre mit Ventilöffner, die das Rückschlagventil in der Nadel vorübergehend ausschalten, können sogar Umläufigkeiten von einer Injektionsbohrnadel zur anderen erreicht werden. Solche bewusst erzeugten Umläufigkeiten lassen für den Verarbeiter die Fließrichtung des Injektionsstoffs erkennen und bieten eine Steuerungsmöglichkeit, die zur Optimierung des Injektionsergebnisses beiträgt.

Das ausführende Fachunternehmen muss keine Einschränkungen im Vergleich zu Injektionsarbeiten mit einem Stahlbohrpacker hinnehmen. Aus Sicht der TPH Bausysteme GmbH kann es daher nur noch eine Frage der Zeit sein, bis sich die gezielte Fugennachdichtung unter Verwendung der Injektionsbohrnadel als Stand der Technik durchsetzt.

Quellen

- [1] Kirschke, D.; Schällicke, H.; Fraas, D.: Finnetunnel: Innovative gezielte Fugennachdichtung in Tübbingröhren – Teil 1. tunnel 3/2013, S. 50-59.
- [2] Kirschke, D.; Schällicke, H.; Fraas, D.: Finnetunnel: Innovative gezielte Fugennachdichtung in Tübbingröhren – Teil 2. tunnel 4/2013, S. 30-40.
- [3] Schällicke, H.: Gezielte Fugennachdichtung ohne aufwendige Betonbohrungen bei WU-Betonkonstruktionen und Tübbingtunneln. Forschung + Praxis 48, Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e. V. (STUVA), Köln, November 2016, Bauverlag BV GmbH, Gütersloh, ISBN (Print): 978-3-7625-3677-2.
- [4] Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e. V. (STUVA): Abdichten von Bauwerken durch Injektion (ABI-Merkblatt). 3. Auflage, Oktober 2014, Fraunhofer IRB-Verlag, ISBN (Print): 978-3-8167-9360-1.
- [5] DIN 1504-4:2005-02: Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Definitionen, Anforderungen, Qualitätsüberwachung und Beurteilung der Konformität - Teil 4: Kleber für Bauzwecke; Deutsche Fassung EN 1504-4:2004.
- [6] Bauministerkonferenz (ARGEBAU): Musterbauordnung (MBO).
- [7] Westendarp: Betoninstandsetzung im Verkehrswasserbau. BAWBrief 01/2017.
- [8] Bundesanstalt für Wasserbau (BAW): BAWEmpfehlung „Instandsetzungsprodukte“.
- [9] DIN 19631:2016-07: Elution von Bauprodukten - Perkolationsverfahren zur Untersuchung des Elutionsverhaltens von Injektionsmitteln.
- [10] TPH Bausysteme GmbH: RUBBERTITE. Technisches Datenblatt, Stand 17.05.2018.
- [11] TPH Bausysteme GmbH: VARIOTITE. Technisches Datenblatt, Stand 17.05.2018.
- [12] TPH Bausysteme GmbH: POLINIT. Technisches Datenblatt, Stand 17.05.2018.
- [13] TPH Bausysteme GmbH: PUR-O-CRACK. Technisches Datenblatt, Stand 09.04.2018.

Götz Tintelnot

ist Geschäftsführer der
TPH Bausysteme
GmbH.



Kontakt:

info@tph-bausysteme.com
www.tph-bausysteme.com.

Quelle des Artikels

Tintelnot, G. (2018): Innovative Nachdichtung von Tübbingfugen mit Injektionsbohrnadeln. GeoResources Zeitschrift (2-2018), S. 24–27. Online: <https://www.georesources.net/download/GeoResources-Zeitschrift-2-2018.pdf>