

Abdichtung wasserführender Risse mit Injektionsharzen

Beim Schließen wasserführender Risse ist es zuerst erforderlich, das fließende Wasser zu stoppen. Danach kann der Riss dauerhaft geschlossen werden. Beim konventionellen Verfahren werden hierzu zwei Materialien mit sehr unterschiedlichen Eigenschaften benötigt, die nacheinander in zwei Arbeitsschritten eingebaut werden. Mit KÖSTER KB-Pur® 2 IN 1 können wasserführende Risse dagegen dauerhaft und sicher mit nur einem Material abgedichtet und verschlossen werden.

Beim konventionellen Verfahren wird zuerst ein schaumbildendes wasserreaktives Injektionsharz in den wasserführenden oder feuchten Riss injiziert, das mit dem Wasser im Riss reagiert und einen Schaum bildet, wobei es sein Volumen um ein Vielfaches vergrößert. Der Schaum härtet sehr schnell aus und ist nach ca. 2–5 min starr und wasserdicht. Bei der Reaktion des Harzes mit dem Wasser zu einem Schaum wird das im Riss befindliche Wasser teils „verbraucht“ und teils durch die mit der Reaktion einhergehende Volumenvergrößerung aus dem Riss verdrängt. Da der Schaum wasserdicht ist, kann kein Wasser mehr in den Riss eindringen. Danach erfolgt die dauerhafte Abdichtung und das Verschließen des ehemals wasserführenden Risses mit einem Injektionsharz, das zu einem zäh elastischen Massivharz reagiert. Dieses wird unmittelbar nachdem das Wasser im Riss durch die vorhergehende Injektion gestoppt wurde in den starren Schaum injiziert. Die Injektion erfolgt über dieselben Packker, die für die vorangehende Injektion mit dem schaumbildenden Harz verwendet wurden. Die Poren des starren Schaums werden mit dem zäh elastischen Massivharz gefüllt bzw. der Schaum wird teilweise verdrängt. Nach der vollständigen Aushärtung bildet das Material ein massives zäh elastisches Harz das den Riss dauerhaft verschließt.

Die alleinige Verwendung eines starren Schaums zur Abdichtung wasserführender Risse ist in den meisten Fällen allerdings nicht ausreichend. Zwar ist der Fluss des Wassers nach der Injektion des starren Schaums zunächst gestoppt, aber falls sich die Rissflanken nach Einbringen des starren Schaums gegeneinander bewegen, kann dies zur Beschädigung des starren Schaums führen. Dieser kann den Bewegungen der Rissflanken nicht folgen, sondern würde reißen und wiederum Wasser durchlassen.

Neues, weiterentwickeltes Verfahren

Auf der Baustelle ist es oft nicht einfach festzustellen, ob ein Riss trocken, feucht oder wasserführend ist. Das kann zu Schwierigkeiten bei der Auswahl des richtigen Injektionsmaterials für die jeweilige Anwendung führen. Daher wäre es ideal, ein Injektionsharz zu haben, das einen Schaum bildet, wenn es auf Wasser im Riss trifft, und ein Massivharz bildet, wenn es in einen trockenen Riss eingebracht wird.

Die KÖSTER Bauchemie AG hat ein Material entwickelt, das nur dann einen wasserdichten Schaum bildet, wenn es in Kontakt mit Wasser kommt. In trockenen Rissen reagiert es zu einem dauerhaft elastischen Massivharz: Mit KÖSTER KB-Pur® 2 IN 1 können wasserführende Risse dauerhaft und sicher mit nur einem Material abgedichtet und verschlossen werden:

Es ist ein wasser-reaktives Polyurethan Präpolymer. Wenn es mit Wasser in Kontakt kommt, bildet es einen hoch elastischen Schaum. Unter trockenen Bedingungen reagiert es zu einem elastischen Massivharz aus. Das Massivharz bleibt nach der Reaktion dauerhaft elastisch und kann daher ggf. Bewegungen der Rissflanken folgen. Hierdurch wird eine dauerhafte Versiegelung des Risses gewährleistet. KÖSTER KB-Pur® 2 IN 1 ist ein schaumbildender Wasserstopper zur Abdichtung wasserführender Risse und ein elastisches Massivharz zum dauerhaften



Bild 1. Blick in den Schacht



Bild 2. Oberstes leckendes Trägerauflager



Bild 3. Nahaufnahme des obersten leckenden Trägerauflagers

Verfüllen und Versiegeln von Rissen – es vereint somit zwei verschiedenen Harze in einem Produkt. Im Vergleich zu den Schäumen, die bei den konventionellen Verfahren eingesetzt werden, reagiert dieses Harz bei Kontakt mit Wasser vergleichsweise langsam zu einem Schaum. Wie die nachfolgende Fallstudie zeigt, ist dies jedoch kein Nachteil, da mit diesem Material eine Abdichtungsleistung gegen einen Wasserdruck von mehr als 3 bar erreicht werden konnte.

Die Verarbeitung von KÖSTER KB-Pur® 2 IN 1 ist, verglichen mit der Verarbeitung des konventionellen Zwei-Produkt-Systems, deutlich einfacher, da nur ein Material auf der Baustelle vorgehalten und verarbeitet werden muss. Bei der Abdichtung von wasserführenden Rissen ist es nicht mehr erforderlich, das Material in der Injektionspumpe zu wechseln bzw. es ist keine zweite Pumpe für das zweite Material erforderlich. Dies vereinfacht und erleichtert die Baustellenlogistik. Insbesondere bei Injektionsarbeiten unter räumlich beengten und schwer zugänglichen Bedingungen ist dieser Vorteil für den Ausführenden von großer Bedeutung, wie die nachfolgende Fallstudie zeigt.

KÖSTER KB-Pur® 2IN1 ist lösemittelfrei und hydrolysebeständig. Das Produkt kann mit einer herkömmlichen Einkomponenten-Injektionspumpe verarbeitet werden. Trockene und feuchte Risse können mit dem Material mit einstufiger Injektion abgedichtet werden. Wasserführende Risse werden zweistufig abgedichtet:

1. Stufe: Injektion, bis das Harz als Schaum aus dem nächstgelegenen Bohrloch oder aus dem Riss austritt
2. Stufe: Die nachfolgende Injektion wird innerhalb von ca. 10 bis 15 min nach der vorhergehenden durchgeführt; sie muss innerhalb der Topfzeit des bereits angemischten Materials erfolgen.

Fallstudie: Abdichtung von Trägerauflagern auf engstem Raum

Lage und Randbedingungen der Baustelle

Das Städtchen Idrija liegt in den slowenischen Bergen ca. 50 km westlich von Ljubljana. Hier wurde 1490-1995 Quecksilber abgebaut. Heute ist das Bergwerk UNESCO-Weltkulturerbe und soll Museumsbergwerk werden. Der alte Hauptschacht des Bergwerks soll zu diesem Zweck saniert und mit einem neuen Fahrstuhl ausgestattet werden. Der Schacht verläuft vertikal und ist ca. 280 m tief. Es ist nur noch der oberste Abschnitt von ca. 100 m zugänglich. Nur dieser Bereich soll später als Museumsbergwerk genutzt werden. Die tiefer liegenden Bereiche des gesamten Bergwerks wurden kontrolliert verfüllt und geflutet. Der Schacht verläuft auf den ersten 100 m hauptsächlich durch mitteltriastischen Dolomit, der durch einen Durchlässigkeitsbeiwert von $k = 0,7 \cdot 10^{-6}$ m/s charakterisiert wird, also mittelmäßig durchlässig ist.

Der Schacht wurde im 15. Jahrhundert in den lockeren Fels geschlagen. Später wurde der Schacht mit einer ca. 20 cm dicken unbewehrten Betonschicht von schlechter Qualität ausgekleidet. Diese Betonschicht wurde mit einer Mörtelschicht überzogen, die dekorativ gestaltet wurde, durch Andeutung von Fugen und durch Anstreichen. Auf den ersten Blick sieht die Schachtwand aus, als bestünde sie aus großen Blöcken. Die Mörtelschicht ist teilweise bereits sehr brüchig und löst sich vom Untergrund. Das Profil des Hauptschachts ist ungefähr rund. Im Schacht ist zurzeit ein Aufzug eingebaut, der ca. die Hälfte des Profils einnimmt. Es ist geplant, auf der anderen Hälfte den neuen Aufzug einzubauen. Der Aufzug läuft an einem Stahlgerüst, dessen Träger sowohl horizontal als auch vertikal verlaufen (Bild 1). Die horizontal verlaufenden Stahlträger binden an den Enden in die Verkleidung der Schachtwand ein. Für den neuen Aufzug wurden zusätzliche neue Stahlträger eingebaut.

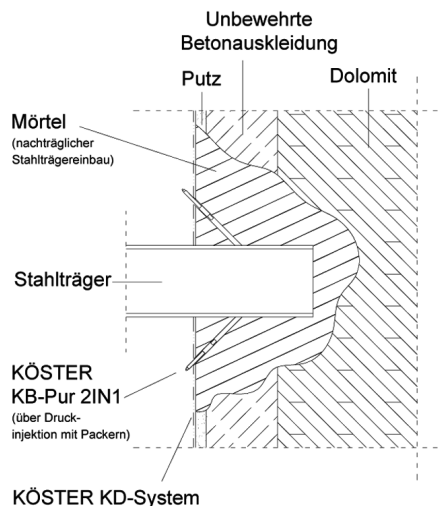


Bild 4. Detail der Abdichtungslösung



Bild 5. Schacht mit Arbeitsebenen



Bild 6. Abgedichtetes Trägerauflager (Fotos/Grafik: KÖSTER BAUCHEMIE)

Wassereintritt in den Schacht

In einer Tiefe von ca. 30 m unter GOK beginnt der Wassereintritt in den Schacht durch die Schachtauskleidung. Wasser tritt überwiegend - aber nicht ausschließlich - an den Stellen durch die Schachtauskleidung, an denen die horizontal verlaufenden Stahlträger für den Aufzug in die Schachtauskleidung eingebaut wurden. Diese Stahlträger sind mit einer Auflagertiefe von ca. 30 cm eingebaut worden, d. h. sie durchstoßen die Beton-Schachtauskleidung und gehen noch ein Stück in das dahinter liegende Gestein hinein. Zum Einbau dieser Stahlträger wurden zuerst entsprechende Löcher gestemmt. Dann wurden die Stahlträger eingesetzt. Das Loch um den Stahlträger wurde mit einem heute noch ausreichend druckfesten, mineralischen Mörtel geschlossen. Wasser tritt an folgenden Stellen aus:

- direkt an den Stahlträgerauflagern - also zwischen Stahl und Mörtel,
- an Stellen an der Oberfläche des die Träger umgebenden Mörtels und
- aus den Randbereichen des die Träger umgebenden Mörtels.

Dies ist besonders gut an dem obersten leckenden Trägerauflager zu erkennen (Bilder 2 und 3). Über diesem Trägerauflager ist es trocken, es gibt also von oben keine Zuflüsse auf der Oberfläche, die das Schadensbild beeinflussen. Die darunter liegenden Trägerauflager sind zwar noch als separate Zuflüsse erkennbar, werden aber durch von höher gelegenen Trägerauflagern auf der Oberfläche herabfließendes Wasser überspült, so dass das dort alles nass ist. Je tiefer man im Schacht kommt, desto größer wird die an den Wänden herab laufende Wassermenge.

Vor Einbau des neuen Aufzugs will der Betreiber die in den Schacht eintretende Wassermenge so weit wie möglich reduzieren, so dass die Technik im Schacht keiner allzu großen Belastung durch Wasser ausgesetzt ist und damit ein Befahren des Schachts als Teil des Besuchs des Bergwerksmuseums sicher und ohne nass zu werden möglich ist.

Abdichtungslösung

Die Abdichtungslösung wurde nach einer Ortsbesichtigung von der Anwendungstechnik der KÖSTER Bauchemie AG erarbeitet. Die Abdichtung der Trägerauflager erfolgt in zwei Teilen:

- Der Zwischenraum zwischen Stahlträger und Mörtel wird zweistufig mit dem Injektionsharz KÖSTER KB-Pur® 2 IN 1 verpresst.
- Der das Trägerauflager umgebende Bereich wird flächig mit dem KÖSTER KD-System abgedichtet, einem mineralischen Negativabdichtungssystem, mit dem auch fließendes Wasser gestoppt werden kann. Das aus 3 Materialien bestehende System wird in 5 Schichten kurz aufeinander folgend aufgebracht (Bild 4).

Da die die Trägerauflager umgebenden Flächen im ersten Schritt mit dem KÖSTER KD-System abgedichtet werden, wird der Bedarf an Injektionen soweit wie möglich reduziert. Zur Herstellung der Abdichtung zwischen Stahlträger und Mörtel fiel die Wahl auf das Injektionsmittel KÖSTER KB-Pur® 2 IN 1, da somit der Einbau nur eines Materials sowohl zum Stoppen des Wassers als auch zum dauerhaften elastischen Versiegeln der Zwischenräume zwischen Träger und Mörtel erforderlich ist. Aufgrund der schwierigen Zugänglichkeit der Wandbereiche im Schacht und der äußerst schwierigen Zugänglichkeit der Trägerauflager war die ausführende Firma darauf bedacht, die Verarbeitung so einfach wie möglich zu gestalten.

Abdichtung des Zwischenraums zwischen Stahlträger und Mörtel

Als Material kam KÖSTER KB-Pur® 2 IN 1 zum Einsatz, als Packer der KÖSTER Harz-Schraubpacker d = 13 mm, 110 mm lang.

Arbeitsablauf:

- 1.1. Herstellen der Bohrungen zur Aufnahme der Schraubpacker. Von allen Seiten, also mindestens 4 Stück pro Trägenerauflager im Winkel von 45° an die Trägerteile anbohren, so dass der Kontaktpunkt am Träger mind. 10 cm im Beton liegt. Das Bohrmehl mit ölfreier Druckluft entfernen oder mit Wasser ausspülen.
- 1.2. Setzen der Packer
- 1.3. Injektionsharz mittels Injektionspumpe mit Niederdruck (bis max. 30 bar) bis zum gleichmäßigen Harzaustritt oder bis zum Aufbau eines Gegendrucks verpressen. Die Injektion erfolgt in zwei Stufen.
- 1.4. Entfernen der Packer frühestens 24 Stunden nach dem Injizieren und die dadurch entstandenen Löcher mit Mörtel, z. B. KÖSTER KB-Fix 5, verschließen.
- 1.5. Ggf. Rissverdümmung entlang der Einbindestelle des Trägers mit Mörtel, z. B. KÖSTER KB-Fix 5, vor der Injektion an der Oberfläche.

Abdichtung der das Trägenerauflager umgebenden Fläche:

Zum Einsatz kam das KÖSTER KD-System.

Arbeitsablauf: Die Fläche ist von Verschmutzungen und Ablagerungen zu reinigen. Der Putzuntergrund muss gut am darunter liegenden Beton haften, wenn nicht, muss er entfernt werden. Die Verarbeitung des KÖSTER KD-Systems erfolgt gemäß technischem Datenblatt.

Die Slowenische Baufirma SCT hat die Abdichtungslösung 2008 umgesetzt. Zunächst wurden Arbeitsebenen in den Schacht eingebaut, um die Zugänglichkeit für die durchzuführenden Arbeiten zu verbessern. Bild 5 zeigt die beengten Verhältnisse im Schacht mit einigen Arbeitsebenen während der Ausführung. Aufgrund der Arbeitsschutzvorschriften der Mine müssen alle, die den Schacht befahren, eine Sicherheitsausrüstung, bestehend aus Sicherheitsschuhen, Helm, Gurtgeschirr mit Sicherheitsgurt und ex-geschützter Lampe mit Akku, tragen und immer mit dem Sicherheitsgurt gesichert sein. Der Transport von Mensch, Material und Maschinen erfolgte ausschließlich über den Aufzug, der auch für Arbeiten an bestimmten Bereichen des Schachts als Arbeitsbühne diente. Da der Aufzug sehr klein und sehr langsam ist, ist seine Transportkapazität sehr niedrig. Vorkommnisse wie mehrmaliges Aufbohren der Packerlöcher bei verpasster Nachinjektionsdauer mussten deshalb von vornherein vermieden werden. Die beengten Platzverhältnisse sprachen auch deutlich gegen den Einsatz des konventionellen Verfahrens, da hierbei die doppelte Anzahl von Gebinden mit Injektionsmittel im Schacht hätte gehandelt werden müssen.

Auf Wunsch des Bergwerksbetreibers wurden an der Schachtinnenseite Dränrohre installiert, die über ein Fallrohr das gesammelte Wasser zum Schachtende führen. Dort wird das Wasser in einen Pumpensumpf geleitet und über Tage gefördert. Dies sollte dazu dienen, ein Ansteigen des Grundwasserspiegels zu verhindern. Der Betreiber befürchtete, dass die Schachtauskleidung einem erhöhten negativen Wasserdruck nicht standhalten würde.

Bild 6 zeigt ein abgedichtetes Trägenerauflager. Um das Trägenerauflager herum sind die Packer sichtbar. Der Graue Bereich um und unterhalb des Trägenerauflagers ist der mit dem KÖSTER KD-System abgedichtete Bereich. In Bild 5 ist die installierte Dränageleitung sichtbar.

Nach dem derzeitigen Stand der Baumaßnahme wird das Ziel der Abdichtungsarbeiten erreicht werden. Die in den Schacht eintretende Wassermenge konnte drastisch reduziert werden, so dass nach Abschluss der Arbeiten sowohl die Sicherheit der Technik im Schacht als auch das Wohl der zukünftigen Besucher gewährleistet sein wird.

Weitere Informationen:

KÖSTER BAUCHEMIE AG, 26607 Aurich,
Tel. (0 49 41) 97 09-0, Fax (0 49 41) 97 09 40,
info@koester.eu, www.koester.eu