

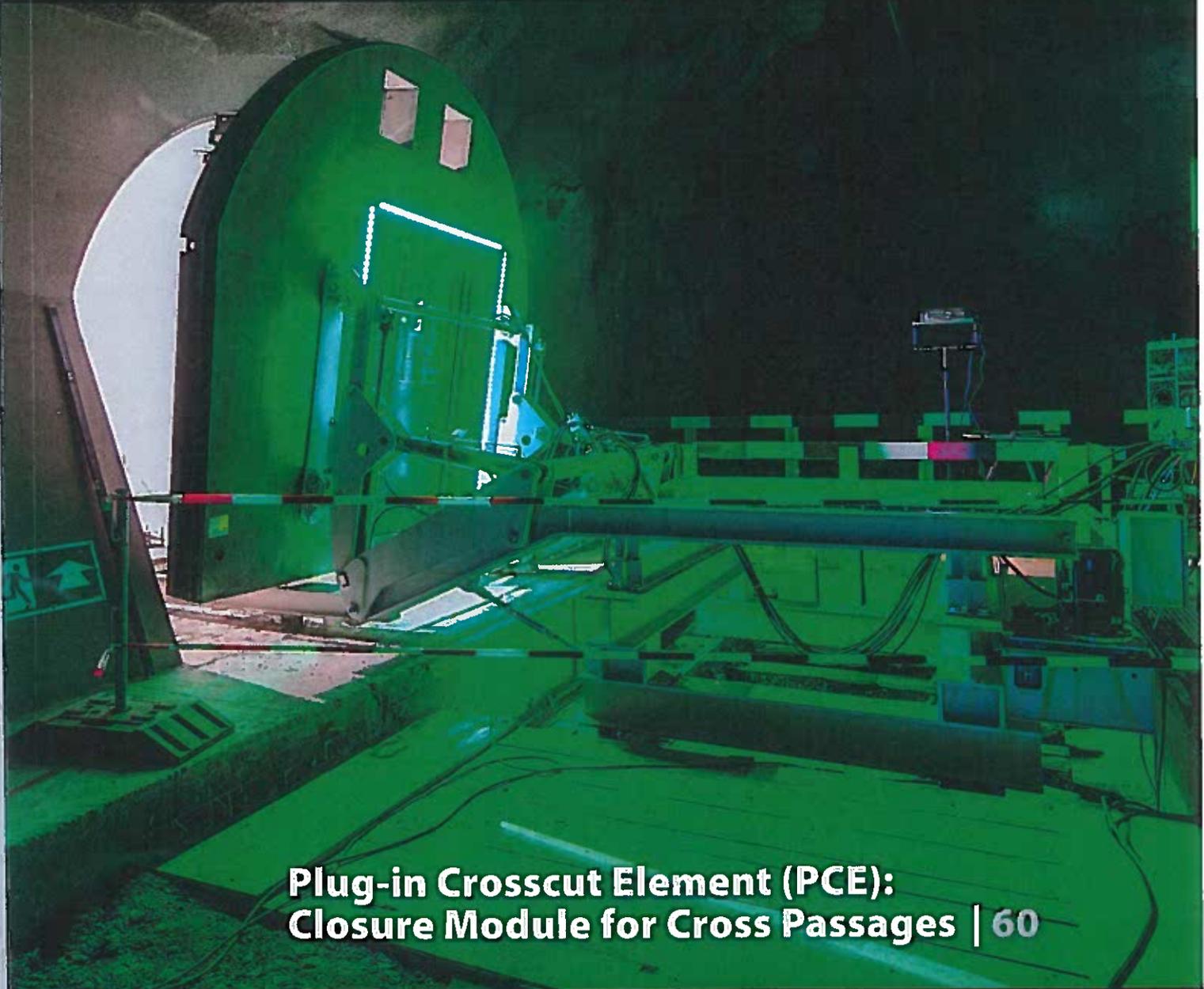


[www.tunnel-online.info](http://www.tunnel-online.info)

# tunnel

Offizielles Organ der STUVA · Official Journal of the STUVA

1  
2018



## **Plug-in Crosscut Element (PCE): Closure Module for Cross Passages | 60**

- Four Breakthroughs for Road Tunnels under the Suez Canal | 2**
- Nepal's first TBM bores Tunnel for Irrigation & Hydroelectric Project | 10**
- Long-term Behaviour of Plastic Sheet Membranes | 12**
- The Rotterdamsebaan in The Hague | 20**

SCAUT/Elkuch Gruppe

## Querschlagsabschlüsse: Einbau in weniger als 90 Minuten

SCAUT/Elkuch Group

## Plug-in Crosscut Element – Installation in less than 90 Minutes



Quelle/credit: SCAUT

Im Vergleich mit der konventionellen Einbaumethode lässt sich die Installationszeit von Querschlagsabschlüssen mit dem vorgefertigten Plug-in Crosscut Element um bis zu 90 % verringern. Das PCE kann im Tunnel in weniger als 90 Minuten komplett montiert werden

Compared to the conventional method of installation for a cross cut closure, the use of the prefabricated Plug-in Crosscut Element can reduce installation time inside the tunnel by 90 %. The PCE can be installed in less than 90 minutes

Am 14. Dezember 2017 stellte das SCAUT-Konsortium unter der Führung der Elkuch Gruppe das Projekt „Einschubmodul für Querschlagsabschlüsse“ einem erweiterten SCAUT-Publikum im Versuchsstollen Hagerbach (VSH) vor. Michael Lierau, Geschäftsführer bei der Elkuch Gruppe, gab einen kurzen Rückblick auf den Werdegang des Projektes und die Zusammenarbeit mit SCAUT. Anschließend wurde den Teilnehmern die Versetzung des Einschubmoduls, des „Plug-in Crosscut Elements (PCE)“, im Maßstab 1:1 vorgeführt.

Den Anstoß für die Entwicklungsarbeiten gaben die beengten Einbaubedingungen beim österreichischen Koralmtunnel. Geringe Durchmesser der Querschläge sowie Betoneinbauten innerhalb der Verbindungsrohre machten eine Installation größerer Bauelemente wie Türen, Ventilatoren etc. von der Innenseite des Querschlags her nur schwer möglich. Aus dieser Problemstellung entwickelte sich die Idee eines komplett ausgerüsteten und vorfabrizierten Einschubmoduls. Eine Umsetzung für den

On 14 December 2017, the SCAUT consortium under the leadership of the Elkuch Group introduced the project "Crosscut Closure Module" to an expanded SCAUT audience in the Hagerbach Test Gallery (VSH). Michael Lierau, Elkuch managing director, gave a brief review of the development of the project and the collaboration with SCAUT. Afterwards, the placement of the closure module, the "Plug-in Crosscut Element (PCE)", was demonstrated to the participants at a scale of 1:1.

The impulse for this innovation was given by the assembly situation in the Koralm Tunnel in Austria. The small diameter of the crosscut as well as the concrete buildings inside the cross connecting gallery prevent the installation of larger systems such as doors, fans, etc. to the inside of the crosscut wall. The idea of a prefabricated, fully equipped Plug-in Crosscut Element (PCE) was born in order to take account of the challenging installation environment. The idea had to be eventually abandoned for the Koralm Tunnel due to the progressed time plan. Nevertheless Elkuch further explored the idea

Koralm tunnel war auf Grund des zu großen Baufortschrittes letztendlich nicht möglich. Elkuch entwickelte die Idee gemeinsam mit den Industriepartnern dennoch weiter, da ein überwältigendes Feedback aus der Industrie das Potential des Plug-in Crosscut Elements deutlich machte. Seit Anfang 2016 hat das Konsortium das BIM-kompatible Konzept bis zur Marktreife gebracht.

### Herstellung und Einbau des Plug-in Crosscut Elements

Das Betonelement wird außerhalb des Tunnels produziert. Die Fertigung in einer Werkshalle ermöglicht eine qualitativ und terminlich hochwertige Herstellung. Die Grundlage für eine größtmögliche Exaktheit bei der Ausführung der PCE ist ein 3D-Laserscan des Querschlagsanschlusses, der als Basis für eine CAD-gestützte Fertigung dient. Die heute verfügbaren Messtechnologien besitzen die dafür benötigte Genauigkeit.

Nach Fertigstellung der Bewehrung folgt die präzise Platzierung von Einbauteilen, wie z. B. von Bolzen, Gewindehülsen, Aussparungen, RFID-Tags etc. Dann wird die Form ausbetoniert mit einer fertigen Wandstärke von 25–30 cm. Nach dem Ausschalen wird das Wandelement für die weitere Fertigung, den Transport und den Einbauvorgang in einem Montagegestell aufgerichtet. Alle weiteren Bauteile (Ventilatoren, Anschlussstellen für Lüftungsschläuche, Türen, Schaltschränke etc.) werden nun hinzugefügt, sodass am Ende ein voll funktionsfähiges, geprüftes System steht, mit dem die Installationsdauer im Tunnel auf ein Minimum reduziert werden kann.

Für den Transport im Tunnel kommen entweder Bahnwaggons oder Tiefladeanhänger zum Einsatz. Im Falle von Bahnwaggons werden sechs Elemente mit je 8 t Gewicht für eine Arbeitsschicht aufgeladen. Vorausgesetzt wird hierbei eine Einbauzeit von 90 Minuten pro PCE. Am Einbauort angelangt, wird die Standposition des Waggons per Lasermessung bestimmt. Der Manipulator, mit dem das Querschlagselement in seine Einbauposition versetzt wird, kann hierbei Toleranzen von +/- 10 cm ausgleichen.

Nach der Positionierung des Waggons werden Führungsschienen zum Einbauort verlegt. Der Manipulator hebt das Element auf die Schienen und bewegt es mit leichter Neigung, um die Fahrleitungen nicht zu beschädigen, in die Endposition, wo es in die dafür vorgesehene Bodenaussparung eingelassen wird. Hierbei sind Toleranzen von 1–2 cm möglich. Die erwähnten Justierungsmöglichkeiten des Manipulators gewährleisten die plangenaue Platzierung. Anschließend wird das PCE im Querschlag verbolzt, während der Manipulator wieder eingezogen wird. Im nächsten Schritt wird die Bodenaussparung mit im Tunnelbau üblichem Fugenmörtel verfüllt. Der Mörtel härtet in ca. 6 Stunden aus, ohne die noch folgenden Arbeitsschritte zu beeinträchtigen.

Um den verbleibenden Spalt rund um das PCE zu schließen wird ein feuerresistenter Füllstoff eingesetzt; dafür sind Produkte verschiedener Hersteller verfügbar. Zuletzt wird das Querschlagselement an die Stromzufuhr und das Überwachungssystem angeschlossen. Damit ist der rund 90-minütige Einbau abgeschlossen und das Team kann mit dem Einbau am nächsten Querschlag beginnen.

together with industry partners, as the overwhelming feedback clearly indicated, that the highly BIM compatible concept was well received within the industry and had potential. Hence, since beginning of 2016, the consortium jointly developed a concept to the marketability stage.

### Manufacturing and Installation of the PCE

The concrete element is manufactured in a workshop outside the tunnel, ensuring high process reliability and security. Outset for an accurate execution of the PCE is a 3D laser scan of the crosscut ends which set the basis for a CAD project. Available measurement technologies on the market are sufficient to provide the required accuracy. The adjustable mold is aligned with the crosscut's geometry to reduce tolerances. After the armoring, all necessary interfaces (bolts, threaded sleeves, RFID tags etc. are precisely prepositioned. The mold is then filled with concrete to produce wall elements of a thickness between 25 and 30 cm.

Once cured, the pre-fabricated concrete wall element is set and mounted on jigs that provide fixation for the concrete element during the assembly, transport and installation.

Now, all additional sub-assemblies and systems such as fans or aeration tube interfaces, doors, control cabinets, etc. are mounted to the Plug-in Crosscut Element, until it is ready to be installed. Main objective of the project is, that a fully functional and verified system is entering the tunnel to minimize the installation time inside the tunnel.

When the tunnel is ready to receive the PCE's, a rail car or a flatbed trailer loads the elements weighing 8 t apiece. In the case of a rail car, up to six PCEs for a workman shift (given 90 minutes installation time per PCE) are loaded. The PCEs are transported to their specific installation site. The rail car's final position in front of the crosscut will be defined according to a laser based marking. The manipulator that moves the PCE into its final position in the crosscut can compensate a tolerance of +/- 10 cm. Once the car is in position, guide rails, adapted to the respective tunnel geometry, are unfolded manually. The manipulator can lift the PCE vertically, incline it and move it down. In order to avoid interference with the catenary wires, the PCEs has to be slightly tilted when moved into position in the crosscut. The PCE is set into the block-out (with tolerance of 1–2 cm) of the crosscut. The manipulator's adjustment capability allows for optimal placement. Once in place, the PCE is bolted to the crosscut and the manipulator is disconnected and pulled back on the rail car. In the next step, the block-out with the PCE is filled with a common grout for tunnel applications. The grout can cure (typically within 6 hours) without interfering with the following operations.

In order to seal the remaining opening around the PCE, a fire resistant filler is used. Products from various providers can be considered. Final step is plugging the PCE to the tunnel control and power system. This last operational step concludes a 90 minute installation procedure, and the team can move on to the next crosscut.

### Cost and Time Advantages

Main cost driver of the PCE derive from the technical equipment mounted to the PCE. However, due to the concept of prefabrication,

### Kosten- und Zeitvorteile

Einen großen Kostenfaktor stellt die technische Ausstattung dar, die am PCE angebracht wird. Auf Grund der Vorfertigung außerhalb des Tunnels sind die Kosten des PCE-Systems im Vergleich mit dem konventionellen Einbau dennoch um etwa 15 % geringer. Gründe dafür sind:

- Einbaurahmen für die Tür werden nicht mehr benötigt, da diese in das Element integriert wird.
- Die Kosten einer Fertigung in der Werkstatt sind erheblich niedriger als im Tunnel. Alle Arbeiten im Tunnel (z. B. Bohrungen und Abdichtung) sind jedoch in der Kalkulation berücksichtigt.
- Die Effizienz der Fertigung ist höher, da in der Werkstatt keine räumlichen Einschränkungen die Arbeiten behindern.
- Die Betonkosten fallen ebenfalls geringer aus, da Fertigbeton anstelle von Baustellenbeton verwendet wird.

Der große Vorteil des PCE-Systems liegt in einer deutlich schnelleren Installation und Inbetriebnahme (mit bis zu 90 % Zeitersparnis). Bei einem konventionellen Einbau benötigt ein erfahrenes, dreiköpfiges Bauteam derzeit etwa drei Tage für den Einbau und die elektrische Anbindung einer Querschlagstür – basierend auf Erfahrungswerten vom Lötschberg-, Gotthard und Ceneri-Basistunnel. Das Plug-in Crosscut Element kann dagegen in weniger als 90 Minuten installiert werden.

Ebenfalls von Bedeutung ist die deutlich einfachere Logistik, da nur Fertigelemente in den Tunnel transportiert werden und keine einzelnen Baumaterialien. Abfälle und Restbestände müssen ebenfalls nicht mehr abtransportiert werden. Dies führt auch beim Hauptunternehmer zu erheblichen Einsparungen an Kosten und Zeit.

### Konzeptpräsentationen

Ab Februar 2018 wird das Konzept des Einschubmoduls durch das Konsortium interessierten Bauherrn und Tunnelbetreibern aus ganz Europa präsentiert; dies geschieht zusammen mit dem sich im Aufbau befindlichen SCAUT-Projekt „Querschlag der Zukunft“. Zudem werden ab dem 20. Februar auch wieder Demonstrationsveranstaltungen zum PCE-Einbau im VSH stattfinden. Für weitere Informationen oder einen Präsentationstermin im Versuchsstollen können sich Interessenten mit Christian Nutrice (c.nutrice@elkuch.com) in Verbindung setzen.

SCAUT ist eine Initiative der Industrie mit dem Ziel, den unterirdischen städtischen Raum gezielt zu entwickeln und zu nutzen. Dies geschieht durch Konzeptstudien und Technologie-Projekte.

Weitere Informationen zum Konzept der Initiative und zur Mitgliedschaft finden sich auf der SCAUT Internetseite ([www.scaut-association.com](http://www.scaut-association.com)).

the PCE's cost are reduced compared to the conventional method (up to 15 % less manufacturing cost). For example:

- Mounting racks for the door are avoided as they are simpler and integrated in the PCE.
- Installation cost is calculated on workshop level during the day and not at tunnel level. All works inside the tunnels are considered, e.g. drilling and sealing of the PCE is included in the cost calculation.
- Overall installation efficiency is higher as free access to all parts of the PCE is given at all time outside the tunnel.
- Concrete building costs are lower as finished concrete is used instead of site concrete.

The main advantages of the PCE system are the benefits from a much faster installation and commissioning time (up to 90% time saving). Currently, a well experienced installation team of three members need about three days for the installation and electrical connection of one cross connecting gallery door in the Lötschberg, Gotthard and Ceneri Base Tunnel. The PCE can be installed in less than 90 minutes.

Simplified logistics are another advantage, since only prefabricated elements have to be transported into the tunnel, instead of diverse construction materials. Waste materials and remainders do not have to be carted off, either. This leads to significant cost and time savings for the main contractor.

### Presenting the Concept

Starting in February 2018, the PCE concept is presented by the SCAUT consortium to various interested clients and tunnel operators throughout Europe. This is slated to take place in the context of the "Crosscut of the Future" SCAUT project that is currently in development. Furthermore the demonstrations of the PCE assembly in the VSH are resumed, starting with February, 20. Interested parties can contact Christian Nutrice (c.nutrice@elkuch.com) for more information and to schedule an appointment for a demonstration in the Hagerbach Test Gallery.

SCAUT is an industry initiative with the aim of developing and using underground urban space in a more focused way, guided by conceptual studies and technology projects.

Further information on the initiative's concept and membership are available online on the SCAUT website ([www.scaut-association.com](http://www.scaut-association.com)).