

European XFEL Tunnel of superlatives

European XFEL Tunnelbauwerk der Superlative

Address/Anschrift

Deutsche Kahneisen
Gesellschaft mbH
Nobelstraße 51
12057 Berlin/Germany
Tel.: +49 30 68283-482
Fax: +49 30 68283-497
j.niemand@jordahl.de
www.jordahl.de

● In the western area of Hamburg/Germany a research facility is being constructed providing outstanding characteristics, which are unique in the world. A tunnel of almost six kilometers is built for this purpose. High demands are placed on the concrete segments and the connection system.

The European XFEL (X stands for X-ray, FEL for free-electron laser) will generate ultra short X-ray laser flashes – 27,000 times per second and with a brilliance that is a billion times higher than that of the best conventional X-ray radiation sources. These extremely intensive X-ray laser flashes will, for example, allow to identify atomic details of viruses, to film chemical reactions or study the processes occurring deep inside planets. Deutsche Elektronen-Synchrotron (DESY) as representative of European XFEL GmbH is principal of the underground construction. Besides Germany twelve additional international partners are participating in construction and operation of the facility. The construction costs of the facility, which include the commissioning, amount to round about 1.1 billion Euros (at a price level of 2005). The European XFEL is located in the two federal states of Hamburg and Schleswig-Holstein and will once have a length of 3.4 kilometers.

Shield tunneling method and tunnel segments

The tunnel system consists of a 2.1 kilometers long tunnel building for the electron accelerator and a fan-shaped system of five tunnel sections. These tunnels are used for generating the X-ray flashes that are used for research purposes in an underground experiment hall. By mid 2012, tunnel buildings having an overall length of 5,777 meters are constructed by a working group comprising of Hochtief Construction AG and Bilfinger Berger Civil using the shield tunneling method and tunnel segments. The upper edge of the tunnel lies 6 to 38 meters beneath the surface, depending on the ground profile. This cover guarantees an absolute radiation protection. Access to the tunnel is provided by shafts through which also components for the European XFEL will be brought underground and service pipes are led. During the construction period they serve as start and end shafts for the two shield tunnel boring machines that weigh up to 550 tons and

● Im Westen Hamburgs entsteht eine Forschungsanlage mit weltweit einmaligen Eigenschaften. Dafür werden fast 6 km spezieller Tunnel gebaut. An Tübbings und Befestigungssysteme werden hohe Forderungen gestellt.

Der European XFEL (X steht für Röntgen, FEL für Freielektronen-Laser) wird ultrakurze Laserlichtblitze im Röntgenbereich erzeugen – 27.000-mal in der Sekunde und mit einer Leuchtstärke, die milliardenfach höher ist als die der besten Röntgenstrahlungsquellen herkömmlicher Art. Die extrem intensiven Röntgenlaserblitze werden es beispielsweise ermöglichen, atomare Details von Viren zu erkennen, chemische Reaktionen zu filmen oder die Vorgänge im Inneren von Planeten zu untersuchen. Bauherr für die Tiefbauarbeiten ist das Deutsche Elektronen-Synchrotron (DESY) in Vertretung der European XFEL GmbH. Außer Deutschland beteiligen sich zwölf weitere internationale Partner am Bau und Betrieb der Anlage. Die Baukosten einschließlich der Inbetriebnahme belaufen sich auf rund 1,1 Milliarden € (Preisbasis 2005). Der European XFEL liegt in den beiden Bundesländern Hamburg und Schleswig-Holstein und wird einmal 3,4 km lang sein.

Schildvortrieb und Tübbingbauweise

Das Tunnelsystem besteht aus einem 2,1 km langen Tunnelbauwerk für den Elektronenbeschleuniger und fünf fächerartig davon abzweigenden Tunneln. In diesen Tunneln werden die Röntgenblitze erzeugt, die in einer unterirdischen Experimentierhalle für die Forschung genutzt werden. Bis Mitte 2012 werden von einer ARGE aus Hochtief Construction AG und Bilfinger Berger Civil insgesamt 5.777 m Tunnelbauwerke im Schildvortrieb und Tübbingbauweise geschaffen. Die Tunneloberkante verläuft je nach Geländehöhe 6 bis 38 m tief unter der Erde. Diese Überdeckung garantiert einen absoluten Strahlenschutz. Zugang zu den Tunneln bieten Schächte, durch die auch die Komponenten für den European XFEL eingebracht und die Versorgungsleitungen geführt werden. In der Bauphase dienen sie als Start- oder Zielschächte für die beiden bis zu 550 t schweren und bis zu 83 m langen Schildvortriebsmaschinen. Der Tunnelbau erfolgt rund um die Uhr an sieben Tagen in der Woche. Die Maschine fertigt pro Tag durchschnittlich zehn Meter Tunnel. An ihren Zielschächten angekommen, werden die Tunnelbohrmaschinen auf die gegenüberliegende Seite bewegt oder geborgen und zum nächsten Startschacht transportiert. Danach wird der nächste Tunnelabschnitt aufgeföhren. Der Beschleunigertunnel mit einem Außendurchmesser von 6,17 m und einem Innendurchmesser von 5,30 m beginnt beim DESY in Hamburg-Bahrenfeld. Hier befindet sich der überwiegende Anteil der Versorgungstechnik. Im Süden der schleswig-holsteinischen Stadt Schenefeld enden die Tunnel des Fächer-

Fig. 1 Main building of the European XFEL. Five tunnels with a clear diameter of 4.60 meters lead to the underground experiment hall.

Abb. 1 Hauptgebäude des European XFEL. Fünf Tunnel mit einer lichten Weite von 4,60 m münden in die unterirdische Experimentierhalle.



[Foto: (3): European XFEL, www.xfel.eu/de]



Fig. 2 10 meters of tunnel will be excavated per day using the shield tunneling method. Anchor channels and grounding connections are already mounted in the precast concrete plant of Max Bögl.

Abb. 2 Täglich 10 m Tunnel werden im Schildvortrieb aufgeföhren. In die Tübbings werden bereits im Max Bögl-Fertigteilwerk Ankerschienen und Erdungsanschlüsse eingebaut.

have a length of up to 83 meters. Tunnel construction is operating day and night at seven days per week. The machine is producing 10 meters of tunnel on an average per day. When the tunnel boring machines arrive at their end shafts, they are moved to the opposite side or they are lifted and transported to the next start shaft. Then the next tunnel section will be excavated. The acceleration tunnel having an external diameter of 6.17 meters and an internal diameter of 5.30 meters begins at the site of DESY in Hamburg-Bahrenfeld. Here, most of the building services are situated. The end of the fan-shaped tunnel system is in the south of the town of Schenefeld in the state of Schleswig-Holstein. These tunnels have an external diameter of 5.48 meters and an internal diameter of 4.60 meters.

Precise concrete segments and reliable anchors channels

The tunnel segments and the keystone segment manufactured by Max Bögl Fertigteilwerke GmbH & Co. KG are high-precision precast reinforced concrete units. At a width of 1.5 meters five concrete segments each (4.60 meters in diameter) and/or six concrete segments (5.30 meters in diameter) plus a cone-shaped keystone segment each build one ring. The Max Bögl plant located in Linthe uses custom-built segment molds for the production of the 3,855 tunnel segments in total. Each segment is furnished with some grounding connections. As to be able to install the service pipes and measuring instruments without any problems in a later stage of the tunnel construction, Jordahl anchor channels of Deutsche Kahneisen Gesellschaft (DKG) are integrated in the segments. The curved Jordahl® anchor channels JXA W (toothed channels) in the hot-dip galvanized version are directly welded into the reinforcement cages after having been tested on customized measuring templates. The anchor channels chosen en-

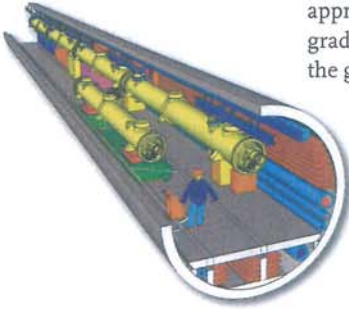
bauerwerks. Diese werden mit einem Außendurchmesser von 5,48 m und einem Innendurchmesser von 4,60 m ausgeführt.

Präzise Tübbings und sichere Ankerschienen

Die von der Max Bögl Fertigteilwerke GmbH & Co. KG hergestellten Tübbingsegmente und Schlusssteine sind hochpräzise Stahlbetonfertigteile. Mit 1,50 m Breite bilden jeweils fünf Tübbings (Durchmesser 4,60 m) bzw. sechs Tübbings (Durchmesser 5,30 m) und jeweils ein konischer Schlussstein einen Ring. Für die Produktion der insgesamt 3.855 Tübbings werden im Linther Max Bögl Fertigteilwerk speziell gefertigte Tübbingschalungen eingesetzt. Jeder Tübbing verfügt über mehrere Erdungsanschlüsse. Um in der späteren Ausbauphase der Tunnel Versorgungsleitungen und Messeinrichtungen problemlos montieren zu können, werden in die Tübbings Jordahl Ankerschienen der Deutschen Kahneisen Gesellschaft (DKG) eingebaut. Die gebogenen Zahnschienen Jordahl® JXA W in feuerverzinkter Ausführung werden nach Prüfung auf speziell gefertigten Messschablonen direkt mit den Bewehrungskörben verschweißt. Bei den ausgewählten Ankerschienen ist eine zuverlässige Lasteinleitung auch nach Millionen von Lastwechseln gesichert. Die warmgewalzten Profile des Berliner Unternehmens sind besonders eigenspannungsarm und daher dauerfest. JXA W-Zahnschienen sind in der Lage Lasten in alle Richtungen aufzunehmen und bieten für nicht ruhende Belastung die höchste dynamische Tragfähigkeit ihrer Lastgruppe. Die Formgebung der Ankerschienen erlaubt es, mit speziellen Schrauben der Güte 8.8 (M 12) Anzugsdrehmomente von 80 Nm aufzubringen. Die auftretenden Kräfte werden damit sicher in das Bauwerk eingeleitet. Sie besitzen die bauaufsichtliche Zulassung (Z-21.4-1690). Der bei den Tübbingen

Fig. 3 Overall 5,777 meters of tunnel will be constructed for the X-ray laser. The comprehensive installations as well as media lines are fixed to the Jordahl® anchor channels.

Abb. 3 Insgesamt 5.777 m Tunnel werden für den Röntgenlaser gebaut. Die umfangreichen Einbauten sowie Medienleitungen werden an Jordahl® Ankerschienen montiert.



sure a reliable load transfer even after millions of load changes. The hot rolled profiles manufactured by the Berlin-based company are virtually free of residual stress and are therefore fatigue resistant. The Jordahl tooth channels JXA W are capable of absorbing loads in all directions and offer the highest dynamic load-bearing capacity for non-static loads in their load group. The design of the anchor channels together with the corresponding bolts of strength class 8.8 (M 12) enables to achieve tightening torques of 80 Nm. This makes sure that the emerging forces will be transferred to the building structure. The anchor channels have been granted the national technical approval (approval number Z-21.4-1690). The concrete grade C40/50 used for the tunnel segments is higher than the grade C>25 required according to the approval.

The future campus of the new research center will be built on an area covering approx. 150,000 square meters in the south of the town of Schenefeld in Schleswig-Holstein. Starting in 2015, teams of scientists coming from all over the world will use X-ray laser flashes in their research and studies and will carry out experiments here.

„This new X-ray sources will lead to a world-wide breakthrough in research. To have an opportunity for research not only in Japan and the United States of America but also in Europe is of great importance for international science, especially as this one will have outstanding characteristics, which are unique in the world.“ states Professor Massimo Altarelli, Managing Director of the European XFEL GmbH.

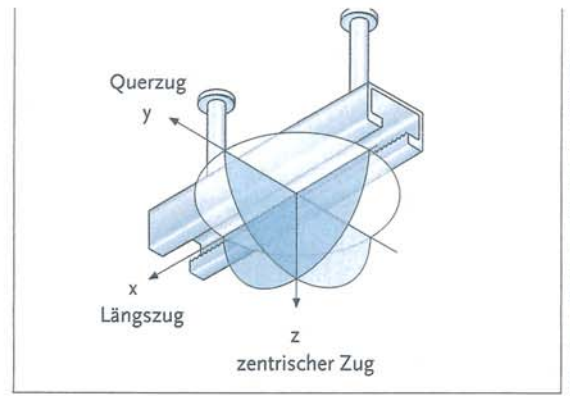


Foto: Deutsche Kahneisen Gesellschaft mbH (DKG)

Fig. 4 Jordahl® anchor channels JXA W are able to absorb loads in all directions.

Abb. 4 Jordahl® Ankerschienen JXA W sind in der Lage, Lasten in alle Richtungen aufzunehmen.

eingesetzte Beton liegt mit seiner Güte von C40/50 über der in der Zulassung geforderten C>25.

Der künftige Campus des neuen Forschungszentrums wird auf einem ca. 150.000 m² großen Areal im Süden der schleswig-holsteinischen Stadt Schenefeld entstehen. Ab 2015 werden hier Wissenschaftlerteams aus der ganzen Welt die Röntgenlaserblitze für ihre Untersuchungen nutzen und Experimente durchführen.

„Weltweit führen diese neuartigen Röntgenquellen zu einem Durchbruch in der Forschungslandschaft. Es ist für die internationale Wissenschaft von großer Bedeutung, nicht nur in Japan und den Vereinigten Staaten, sondern auch in Europa an so einer Anlage forschen zu können, zumal diese dann weltweit einzigartige Eigenschaften haben wird.“, so der Geschäftsführer der European XFEL GmbH, Professor Massimo Altarelli.