

Energietübbing Infrastruktur wird zur Energiequelle

2008, Tunnelgeothermie Jenbach

Text | Ralf Winterling und Michael Seemann

Bilder | © REHAU AG+Co und Züblin AG

Grafiken | © REHAU AG+Co und Züblin AG

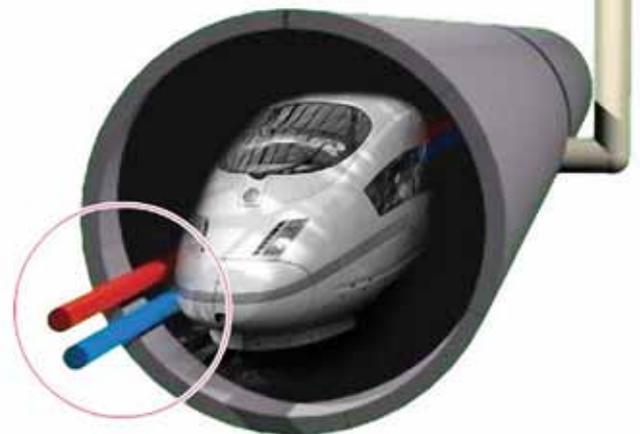
Tunnelkonstruktionen bestehen aus großen Betonmassen mit gutem Kontakt zum umgebenden Erdboden. Durch das Einbringen von Absorberrohren kann die Betonschale thermisch aktiviert werden, um Wärmeenergie aus dem Tunnel und dem umgebenden Erdboden zu gewinnen. Auf diese Weise lässt sich der Boden als wertvolle, regenerative Energiequelle nutzen und der Tunnel kostengünstig kühlen.



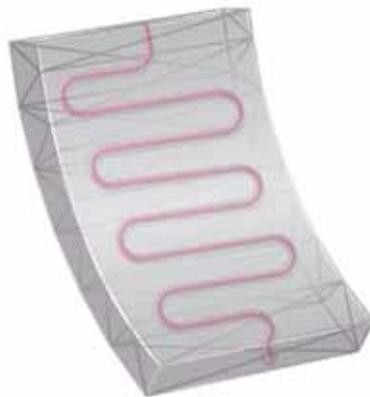
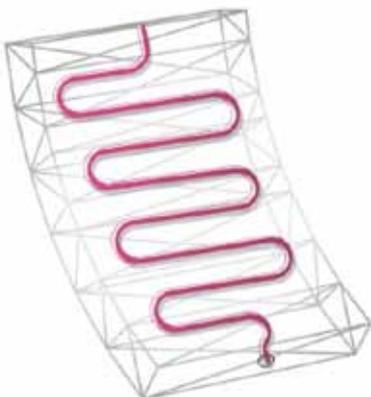
Energiegewinnung aus dem Tunnel für oberirdische Anwendungen

1 Einleitung

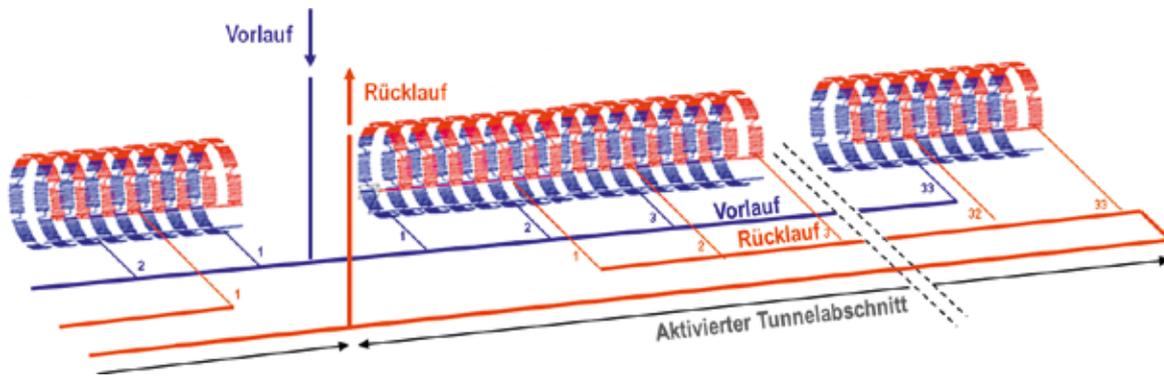
Tunnelkonstruktionen bieten ein großes Potenzial für die Energiegewinnung aus dem umgebenden Erdboden sowie aus dem Tunnel selbst durch den Tunnelbetrieb. Eine Reihe von Tunnelprojekten wird bereits mit dem Ziel der Energiegewinnung für oberirdische Anwendungen genutzt. Für diesen Zweck wurden in den letzten Jahren unterschiedliche Technologien entwickelt. Dieser Fachbeitrag legt insbesondere die neuesten Entwicklungen bei der Tübbing-Bauweise dar. Segmentauslegung, Herstellung, Montage und Betrieb von Energietübbings werden erläutert.



Absorberrohre werden in das Segment eingebracht und zu durchgängigen Rohrschleifen verbunden.



Hydraulikkonzept mit Rohrleitungen nach dem Tichelmann-Prinzip



2 Energietübbing

2.1 Aufbau der Segmente und Absorberrohre

Absorberrohre werden in die Betonsegmente eingebracht, um die thermisch wirksame Masse der Tunnelkonstruktion zu aktivieren. Installiert werden die Rohre üblicherweise in einem mäandrierenden Muster mit einem Rohrabstand von etwa 300 Millimetern und einem Rohrdurchmesser von 20 bis 25 Millimetern. Da neue Tunnel für eine Lebensdauer von mehr als 100 Jahren ausgelegt werden, wird empfohlen, ein Rohrmaterial mit einer entsprechenden Lebenserwartung zu verwenden. Vernetztes Polyethylen (PE-Xa) ist ein robustes Material mit engen Biegeradien und geeigneten Leistungswerten (zum Beispiel Full-Notch-Creep-Test), das herkömmliche Rohre aus PE-HD übertrifft.

Die Absorberrohre jedes Segmentes werden zu einem durchgängigen Kreislauf, bestehend aus bis zu fünf Segmentringen, verbunden. Um Platzbedarf und Wartung im Tunnel zu minimieren, wird jede Schleife nach dem Tichelmann-System mit einer Vorlauf- und Rücklaufsammeleleitung verbunden.

Tübbings mit Aussparungen



An den Bewehrungskorb angebrachte Absorberrohre





Hinteres Ende der TBM als Arbeitsplattform

Für Wartungs- oder Reparaturarbeiten kann jede Schleife über Absperrventile einzeln abgesperrt werden. Die Sammelleitungen können auf der Sohlenhöhe, auf der Fahrbahnplatte oder an der Tunnelwand angebracht werden. Das System ist über die Bahnstationen oder Lüftungsschächte mit den oberirdischen Verbrauchern verbunden.

2.2 Herstellung der Segmente

Die Produktion der Betonsegmente erfolgt nach dem Standard-Tübbingherstellungsverfahren. Die Absorberrohre werden an den Bewehrungskörben angebracht oder, bei faserverstärktem Beton, zu Modulen vormontiert.

Die Absorberrohre beginnen und enden in jedem Segment an einer Aussparung an der inneren Gewölbefläche, damit die Rohrabschnitte nach Installation der Segmente zu durchgängigen Rohrschleifen verbunden werden können. Zum Realisieren der Aussparungen und zum Befestigen der Rohrenden während des Betonierens werden spezielle Einsatzformen in die Schalung eingebaut.

2.3 Installation

Im Tunnel werden die vorgefertigten Betonsegmente auf konventionelle Art und Weise mittels Tunnelbohrmaschine installiert. Besonders am Bogenschluss sind die Positionen der Aussparungen hinsichtlich der Größe der Vakuum-Saugteller zur Handhabung der Segmente zu beachten. Sobald ein vollständiger Segmentring installiert ist, wird das hintere Ende der Tunnelbohrmaschine als Arbeitsplattform genutzt, um die Absorberrohre in den Aussparungen zu verbinden.



Aussparung mit REHAU Fitting zum Verbinden der Absorberrohre

Zusätzliche Rohrbelastungen an den Stoßfugen durch potenzielle Tunnelsetzungen sind bei der Dimensionierung zu berücksichtigen. REHAU hat eine spezielle, dauerhafte Verbindung entwickelt, die einfach und schnell installierbar sowie für Baustellenbedingungen bestens geeignet ist. Aufgrund der hohen Anzahl an Verbindungen ist dies ein wichtiges Detail bei Energietübbings.

2.4 Vorteile im Betrieb

Je nach Bodenbedingungen und Lufttemperatur im Tunnel ist typischerweise mit einer Energieausbeute von 10 bis 30 Watt pro Quadratmeter Tunnelfläche zu rechnen. Die Energieausbeute kann dabei über die Temperatur und den Volumenstrom der in den Absorberrohren zirkulierenden Flüssigkeit variiert werden.

Die gewonnene Energie kann vom Tunnelbetreiber für seinen eigenen Energiebedarf genutzt werden, zum Beispiel zum Heizen oder Kühlen der Stationen oder um Stationseingänge oder oberirdische Bahnsteige schnee- und eisfrei zu halten. Sie kann jedoch auch an Energieversorgungsunternehmen für oberirdische Anwendungen verkauft werden.

Bei Wärmeentwicklung durch den Tunnelbetrieb kann die Nutzung von Energietübbings eine kostengünstige und intelligente Methode zum Kühlen des Tunnels darstellen. Bekannte Nachteile gängiger Lüftungsmethoden werden hierdurch vermieden. Insbesondere in Regionen, in denen ein heißes Klima vorherrscht, stößt die Kühlung der Tunnelkonstruktion mittels Lüftung durch den hohen Energiever-

brauch an ihre Grenzen. Hier wird erwartet, dass in den nächsten Jahren verstärkt Absorbersysteme in der Tunnel-schale eingesetzt werden.

3 Projekt Jenbach

Im Zuge der Umsetzung der neuen Hochgeschwindigkeitsstrecke im österreichischen Inntal, die als Zubringer zum Brenner-Basistunnel fungiert, wurde im Bauabschnitt H8 bei Jenbach ein 3.460 Meter langer Tunnel erstellt. Er wurde in Segmentbauweise mit einem Durchmesser von zwölf Metern ausgeführt. Alle Projektbeteiligten, angefangen vom Bauherrn ÖBB über die ausführende Bauunternehmung Züblin (ARGE Jenbach: Züblin & Hochtief) bis zur angrenzenden Gemeinde Jenbach, waren an einer Umsetzung mit Energietübbings als Pilotprojekt interessiert. Nachdem der Bauhof der Gemeinde unmittelbar an einem der Rettungsschächte liegt, wurde der angrenzende Tunnelabschnitt mit Energietübbings ausgestattet, um das Gebäude zu beheizen.

Insgesamt wurden 27 Segmentringe mit Absorberleitungen ausgestattet, was einer aktivierten Tunnellänge von 54 Metern entspricht. Die 50 Zentimeter starken Segmente wurden mit Stahlarmierung ausgeführt, wodurch die Absorberleitungen an den Armierungskörben befestigt werden konnten. Die Herstellung der Segmente erfolgte in der Fertigungsstraße für die Standardsegmente des Tunnelbauvorhabens. Einzig die Aussparungskörper für die spätere Kopplung der Absorberrohre wurden zusätzlich in der Schalung befestigt.

Nach dem Einbau der Energietübbings im Tunnel wurden die Absorberleitungen in jedem Segment miteinander gekoppelt und an den im Rettungsschacht angeordneten Verteiler angeschlossen. Die Absorberrohre von zwei beziehungsweise drei Segmentringen wurden jeweils zu einem Kreis zusammengeschaltet. Über Vor- und Rücklaufleitungen sind die Verteiler im Schacht mit dem Bauhof verbunden. Die einzelnen Heizkreise sowie die Anbindungsleitungen wurden abschnittsweise auf Dichtigkeit geprüft und mit einem Wasser-Glykol-Gemisch gefüllt. Da bei der Aktivierung von Tunnelkonstruktionen unweigerlich Hochpunkte in den Absorberkreisläufen entstehen, wurde besonderes Augenmerk auf die Entlüftung der Kreisläufe gelegt. Über das Aufbringen einer Mindestfließgeschwindigkeit kann die Ansammlung von Luftblasen vermieden werden.

Im Sommer 2011 wurde die Wärmepumpe im Bauhof installiert und an das Tunnelsystem angeschlossen. Die Anlage ging im Winter 2011/2012 erstmalig in Betrieb. Der Zugbetrieb im Tunnel wird voraussichtlich 2012 aufgenommen.

4 Fazit

Absorberrohre können in Tunnelkonstruktionen integriert werden, um einerseits Energie aus dem Erdboden zu gewinnen und um andererseits den Tunnel zu kühlen, falls sich durch den Tunnelbetrieb Wärme entwickelt. Da immer mehr Tunnel unter schwierigen Bodenbedingungen errichtet werden, kommen verstärkt Tunnelbohrmaschinen und Tübbings zum Einsatz. Die Berücksichtigung von Energietübbings in der Tunnelkonstruktion bietet eine kostengünstige Lösung für künftige Anforderungen hinsichtlich regenerativer Energiequellen und Maßnahmen zur Eindämmung des Klimawandels (alternative Kühlung des Tunnels). Insbesondere Stadttunnel bieten ein großes Potenzial als Energiequelle und potenzielle Verbraucher befinden sich in unmittelbarer Nähe.

5 Danksagungen

Die Autoren möchten allen Beteiligten danken, die an der Entwicklung des Energietübbings mitgewirkt haben. Insbesondere unserem Entwicklungspartner ZÜBLIN, der das Fundament gelegt und die ersten Installationen in Deutschland und Österreich ermöglicht hat, sowie ARUP, die das Potenzial des Energietübbings in Bezug auf Tunnelkühlung vergrößert haben. Die erfolgreiche Zusammenarbeit bei der Entwicklung des Energietübbings führte ZÜBLIN, ARUP und REHAU zum Gewinn des „International Tunnelling Award 2011“.

Quellenverzeichnis

- [1] Wilhelm, J., Rybach, L., 2003: The geothermal potential of Swiss alpine tunnels, *Geothermics* 32: pp 557–568
- [2] Hofinger, H., Markiewicz, D., Adam, D., Unterberger, W., 2010. Geothermal energy systems for major projects – design and construction, *Geomechanics and Tunnelling* 3 (2010), No. 5, pp 634–646
- [3] Schneider, M., Moormann, C., 2010: GeoTU6 – a geothermal research project for tunnels, *Tunnel* 2/2010, pp 14–21
- [4] Franzius, J. N., Pralle, N., 2011: Turning segmental tunnels into sources of renewable energy, *Civil Engineering* 164, pp 35–40



Auszeichnung mit dem
International Tunnelling Award 2011

Projektdaten:

Bauherr: ÖBB AG | Bauträger: ARGE-Tunnel Jenbach | Aktivierte Tunnellänge: 54 m |
Zeitraum der Installation: 2008

Autoren:

Ralf Winterling, REHAU AG+Co, Deutschland,
Michael Seemann, REHAU GmbH, Österreich
www.rehau.at