

Ein Strassentunnel unter dem Bosphorus

Autor(en): **Pasche, Eckart**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Tec21**

Band (Jahr): **140 (2014)**

Heft 21-22: **Der Bosphorus : überbrückt und untertunnelt**

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-390712>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

15 MINUTEN FÜR DEN INNERSTÄDTISCHEN KONTINENTALTRIP

Ein Strassentunnel unter dem Bosphorus

Um die Meerenge zu überqueren, mussten Pendler und Warentransporte bisher Fähren oder eine der beiden Brücken nutzen.

Künftig sollen Autos und Minibusse durch einen neuen Tunnel rollen.

Text: Eckart Pasche

Istanbul ist nicht nur eine der grössten Metropolen der Welt, sondern auch die einzige, die auf zwei Kontinenten liegt: Zwei Drittel der Bevölkerung wohnen in Europa, ihre Nachbarn in Asien. Hunderttausende pendeln täglich über die Meerenge. Doch der Bosphorus ist nicht nur ein lästiger Störfaktor für die Pendlerinnen und Pendler, sondern auch ein Hindernis für die Schifffahrt: Jeden Tag durchfahren rund 140 Schiffe die 30 Kilometer lange Meerenge, die sich

in engen Kurven vom Schwarzen Meer ins Marmarameer windet. Die Schifffahrt ist wegen der starken Strömungen gefährlich: Aus dem Schwarzen Meer fliesst ein kräftiger Oberstrom, in entgegengesetzter Richtung ein schwächerer Unterstrom in rund 40 Meter Tiefe. Das Wasser aus dem Schwarzen Meer hat in Richtung Mittelmeer eine Durchschnittsgeschwindigkeit von drei Knoten, die sich stellenweise auf acht Knoten erhöht (1 Knoten = 1 Seemeile pro Stunde = 1.852 km/h).



Das Autobahnnetz um Istanbul ist trotz umfangreichem Ausbau dem sprunghaft angestiegenen Verkehrsaufkommen oft nicht gewachsen. Neben den zwei Ringautobahnen mit Länge von 87 und 38 km führen Autobahnen nach Edirne und Ankara. Der Avrasya- («Eurasia»)-Strassentunnel soll den Weg vom europäischen in den asiatischen Teil Istanbuls von 100 auf 15 Minuten verkürzen. Das Projekt umfasst auch den Ausbau und die Instandsetzung der Strassen, die zum Tunnel führen.



Autos und Minibusse von Asien nach Europa und umgekehrt werden künftig die beiden oberen Ebenen des Tunnels nutzen. Ganz unten befindet sich die Werkleitungsebene. Der **doppelstöckige Eurasia-Tunnel** ist mit den üblichen technischen Einrichtungen wie Beleuchtung, Ventilatoren, Funk und Video etc. ausgestattet. Zur Selbstrettung sind die Tunnelleben auf der ganzen Länge regelmässig miteinander verbunden.

Im sechsten Jahrhundert v. Chr. liess der persische König Dareios I. eine aus mehreren nebeneinander liegenden Schiffen gebildete Brücke über den Bosphorus bauen, über die sein angeblich 700000 Mann umfassendes Heer für einen Feldzug gegen die Skythen übersetzte. Die erste Bosphorusbrücke (1074 m) der Neuzeit wurde am 29. Oktober 1973, eingeweiht. Sie entlastete den zeit- und kostenintensiven und nicht ungefährlichen Fährverkehr zwischen den Kontinenten. Weil das nicht genügte, folgte 1988 rund fünf Kilometer weiter nördlich die Fatih-Sultan-Mehmet-Brücke (1090 m). Doch diese beiden Brücken sind mit 300000 Fahrzeugen pro Tag hoffnungslos überlastet. 2013 begann noch etwas weiter im Norden der Bau der Yavuz-Sultan-Selim-Brücke, über die der Verkehr ab 2015 rollen soll (vgl. S. 26, «Ein Prototyp im Weltrekordmassstab»).

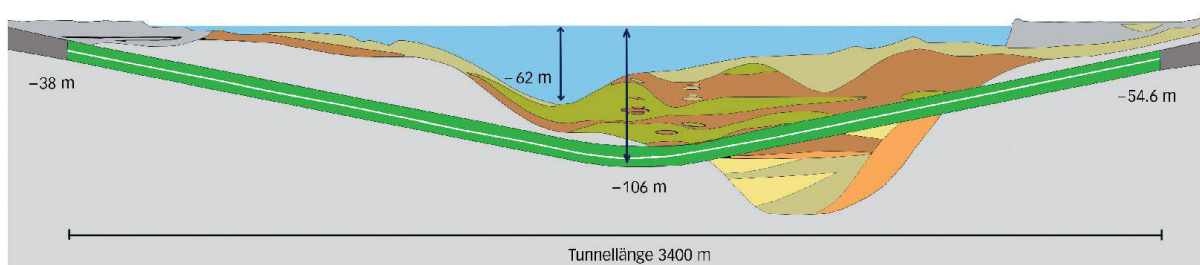
Die Tunnels unter dem Bosphorus

Mehr noch als bei den Brücken muss bei Tunnelbauwerken die spezielle geologische Situation Istanbuls berücksichtigt werden, denn die Stadt liegt in unmittelbarer Nähe der Nordanatolischen Verwerfung, die rund 20 km südlich in ost-westlicher Richtung durch das Marmarameer verläuft. Die Metropole lebt deshalb in ständiger Gefahr heftiger Erdbeben.

So wurde der Marmaray-Eisenbahntunnel (vgl. TEC21 44/2013) darauf ausgelegt, Erdbeben bis zu einer Stärke von 9 nach Richter und auch einer möglichen Bodenverflüssigung auf sandigem Grund zu widerstehen. Der Tunnel wurde im Oktober 2013 eröffnet und so gebaut, dass er Bodenbewegungen aufnehmen kann. Umfangreiche Simulationen haben ergeben, dass ihm selbst schwerste Erdstösse nichts anhaben können. Die beteiligten Ingenieure sind überzeugt, dass der Eisenbahntunnel künftig einer der sichersten Orte Istanbuls sein wird.

Weil Eisenbahnstrecken keine grossen Neigungswinkel vertragen, wurde die Marmaray-Tunnelröhre in Kastenelementen auf dem Boden des Bosphorus verlegt – 60 m unter der Meeresoberfläche. Damit verläuft dieser Bahntunnel so tief wie kein anderer auf der Welt. Autos dagegen können grössere Steigungen bewältigen, das heisst, es sind stärker einfallende Rampen möglich. Die Verantwortlichen des Strassentunnels entschieden sich daher für die konventionelle bergmännische Bauweise. Diese ist auch deutlich kostengünstiger und weniger risikoreich als das Einschwimmen der Kästen.

Der Avrasya- («Eurasia»)-Strassentunnel wird etwa zwei Kilometer neben dem Marmaray-Tunnel verlaufen. Anfang Dezember 2012 wurde der Auftrag für das auf rund 900 Mio. Euro veranschlagte Tunnelprojekt vergeben an das türkisch-koreanische Firmenkonsortium YMSK aus Yapi Merkezi İnşaat ve Sanayi A.Ş. und SK Engineering & Construction Co. Ltd. Der 5.4 km lange Eurasia-Strassentunnel soll nach den ehrgeizigen Plänen der Bauherrschaft bereits 2015 dem Verkehr übergeben werden (andere Quellen sprechen von 2016 oder sogar 2017 – Anm. d. Red.). Er liegt 27 m unter dem Meeresboden, also rund 100 m unter Normalnull. Auf



Geologisches Profil: Die Tunnelbohrmaschine mit einem Durchmesser von 13.6 m hat im Dezember 2013 auf der asiatischen Seite Istanbuls die Arbeit aufgenommen. **Mit einer Geschwindigkeit von acht bis zehn Metern pro Tag arbeitet sie sich 3.4 km durch Fels und Meeressedimente nach Europa.** Die Anschlussbauwerke (insgesamt rund 2 km) werden mit der Neuen Österreichischen Tunnelbaumethode (NÖT) erstellt. Das heisst, es werden keine Tübbinge verwendet, sondern Haupttragelement ist das umgebende Gebirge.

der europäischen Seite wird das Tunnelmundloch im Stadtteil Sirkeci südlich des Goldenen Horns liegen. In Asien führt die Strecke zum Autobahnkreuz von Göztepe. Insgesamt umfasst das Projekt knapp 15 km Autobahn. Der Innendurchmesser des Tunnelbauwerks beträgt 12 m, um pro Fahrtrichtung zwei Spuren auf zwei Etagen übereinander aufnehmen zu können (Abb. S. 24 oben). Der doppelstöckige Tunnel wurde gewählt, um den runden Querschnitt optimal auszunutzen. Bei einem einstöckigen bliebe zu viel Tunnelquerschnitt ungenutzt. Diese Entscheidung ist nicht nur nachvollziehbar, sondern stringent. Auf der einen Ebene wird der Verkehr von Europa in Richtung Asien rollen, auf der anderen in umgekehrter Richtung. Rund 90000 Fahrzeuge mit geschätzten 120000 Passagieren werden die Röhre pro Tag passieren. Zugang haben nur Pkw und Minibusse; Lkw, Busse, Motorräder, Fahrräder und Fussgänger dürfen nicht hindurch. Ein innerstädtischer Interkontinentaltrip vom europäischen in den asiatischen Teil Istanbuls dauert auf diesem Weg nur noch rund 15 Minuten. Damit wird die Fahrt zwischen dem Atatürk-Flughafen und dem Sahiba-Gökçen-Flughafen erheblich verkürzt.

Der türkische Traum

Nach ihrer Inbetriebnahme wird die neue Autobahn-Schnellverbindung zwischen Europa und Asien zunächst für 26 Jahre durch das Joint Venture Avrasya Tüneli İşletme İnşaat ve Yatırım A.Ş. (ATAS) betrieben und anschliessend an die Regierung von Istanbul übergeben. Mit dem Marmaray-Tunnel feierte sich die Republik Türkei zu ihrem 90. Geburtstag durch die Realisation eines seit 150 Jahren erträumten technischen Grossprojekts. Die modernen Bosphorus-Querungen sind das bisher fehlende Glied einer Renaissance der ältesten Handelsverbindung der Erde: der Seidenstrasse.

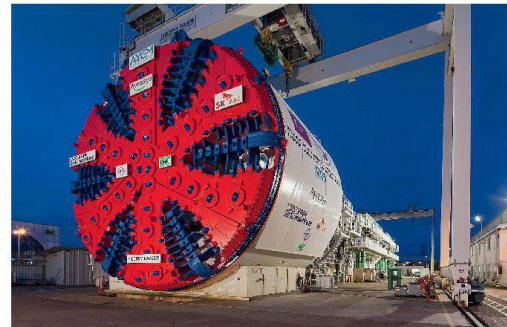
Doch der Traum geht weiter: Zum hundertsten Jahrestag soll parallel zum Bosphorus ein 50 km langer Kanal Schwarzes Meer und Marmarameer verbinden. Damit würde eine der wegen ihrer Windungen und Strömungen gefährlichsten Wasserstrassen der Welt entlastet und vielleicht ihre alte Schönheit zurückgewinnen. Der Name «Bosphorus» bedeutet übrigens so viel wie «Rinderfurt». Denn in der griechischen Mythologie hatte sich einst Io, die Tochter des Flussgottes Inachos, dummerweise mit Götterchef Zeus eingelassen und musste fliehen. Um unerkant zu bleiben, verwandelte sie sich in ein Rind, überquerte das später nach ihr benannte Ionische Meer und durchschwamm die Meerenge nach Asien – den Bosphorus. •

Eckart Pasche, Dr.-Ing., Freier Fachjournalist DPV,
eckart.pasche@epasche.de

Mit scharfen Zähnen ins Gestein

Die Geologie unter dem Bosphorus besteht aus Sandstein, Tonstein, Fels und magmatischem Fels. Die maximale Druckfestigkeit des Gesteins beträgt 220 MPa. Umfangreiche geologische und hydrogeologische Voruntersuchungen zeigten, dass die Tunnelbauer mit bis zu 12 bar Wasserdruck rechnen müssen. So lautete die zentrale Aufgabenstellung für Herrenknecht-Projektleiter Georg Schleer: «Selbst wenn vorn an der Ortsbrust extrem hoher Druck ansteht, muss der Kunde die Abbauwerkzeuge im Bedarfsfall schnell und sicher wechseln können.» Deshalb wurde der Mixedschild mit einem speziellen, neu entwickelten Schleusensystem ausgestattet. Es ermöglicht im Bedarfsfall Drucklufteinsteige bei über 5 bar.

Das eingesetzte Schneidradkonzept reduziert zeit- und kostenaufwendige Einsteige für Wartungsarbeiten unter Druckluft, denn es ist vom rückwärtigen Bereich der Maschine unter atmosphärischem Druck begehbar. Von dort können alle Schneidrollen und ein grosser Teil der Schälmesser sicher gewechselt werden. Um starke Materialabnutzung frühzeitig zu erkennen und notwendige Wartungseinsteige gezielt angehen zu können, sind in Abbauwerkzeuge und Schneidrad Verschleissdetektoren integriert. Die Schneidrollen sind mit dem Überwachungssystem Disc Cutter Rotation Monitoring (DCRM) ausgestattet, das Daten zu Drehbewegung und Temperatur der Schneidrollen in Echtzeit an den Maschinenfahrer im Steuercontainer meldet. So lassen sich Rückschlüsse auf den Zustand der Werkzeuge ziehen und Wechselintervalle besser planen.



Der Mixedschild Yıldırım Bayezid mit einem Durchmesser von 13,6 m fährt seit Dezember 2013 den Avrasya-Strassentunnel auf. Die Tunnelbohrmaschine hat eine Antriebsleistung von 4900 kW, die Vortriebsgeschwindigkeit beträgt zwischen 8 bis 10 m/d. Mixedschilde werden für komplexe Baugründe gewählt, insbesondere bei hohem Wasserdruck und sehr grossen Durchmessern. Dank der Ortsbruststützung über ein automatisch geregeltes Luftpolster können auch plötzliche Druck- und Volumenschwankungen ausgeglichen werden. Das gewährleistet Sicherheit im Vortrieb und minimiert die Gefahr von Hebungen und Setzungen an der Oberfläche.

Der Name der Tunnelvortriebsmaschine erinnert an den Sultan Bayezid I. (1360–1403), der den Beinamen Yıldırım («Blitz») trug. Er trieb zum Ende des 14. Jahrhunderts die Ausdehnung des Osmanischen Reichs erfolgreich voran.