Der Seikan-Tunnel in Japan : Bauwerk udn Herausforderung

Autor(en): **Stalder, Oskar**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Ferrum : Nachrichten aus der Eisenbibliothek, Stiftung der Georg Fischer AG**

Band (Jahr): **80 (2008)**

PDF erstellt am: **03.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-378443

Nutzungsbedingungen

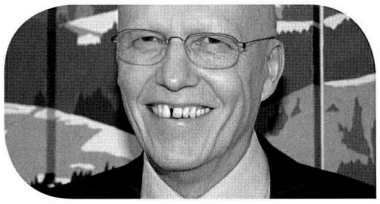
Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung 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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch



Der Seikan-Tunnel in Japan – Bauwerk und Herausforderung

Oskar Stalder
Geboren 1942 in Wassen. Studierte Elektrotechnik an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETHZ). Arbeitete in der Fernmeldeindustrie. War während 37 Jahren in verschiedenen Funktionen im Infrastrukturbereich der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) tätig. Hat die unterschiedlichen japanischen Bahnen anlässlich mehrerer Aufenthalte besucht und studiert. Heute unabhängiger Berater für Planung und Betrieb von Eisenbahnen.

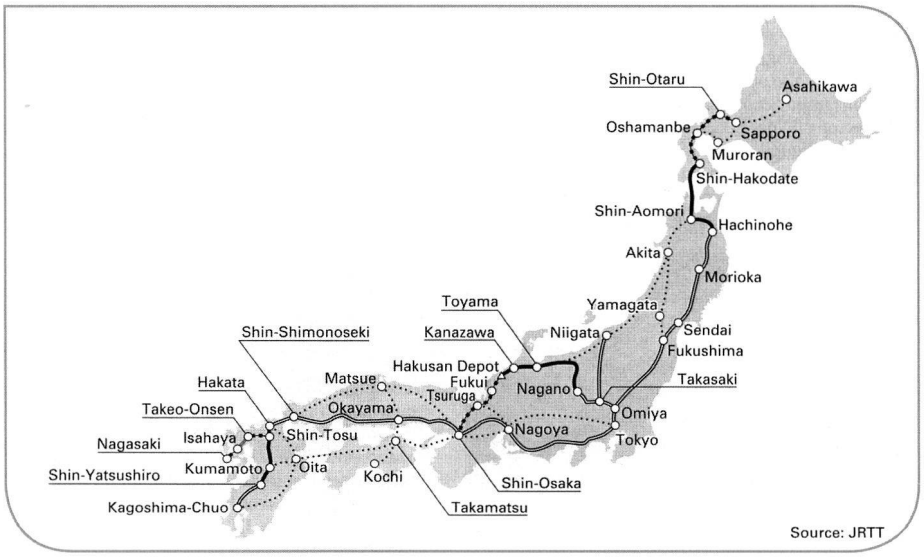


Bild 1: Die japanischen Hauptinseln mit dem Shinkansen-Netz. Graue Linien = in Betrieb, schwarze Linien = im Bau. (Foto: JRTT)

Der Seikan-Tunnel von 54 km Länge verbindet die beiden japanischen Inseln Honshu und Hokkaido unter der Meerenge von Tsugaru hindurch. Er ist gegenwärtig der längste Tunnel der Welt. Sein Bau war schwierig und ereignisreich, sodass er erst nach 24 Jahren Bauzeit 1988 eröffnet wurde. Heute wird er täglich von 68 Schmalspurzügen befahren, und ab 2015 werden Shinkansen-Züge durchfahren.

The Seikan Tunnel, which is 54 km long, connects the two Japanese islands Honshu and Hokkaido under the Strait of Tsugaru. It is currently the longest tunnel in the world and building it was a difficult and eventful endeavour, so that it was only opened in 1988 after 24 years construction. Today it is travelled by 68 narrow-gauge trains daily and from 2015 the Shinkansen trains will run through it.

Der Tunnel

Der Seikan-Tunnel verbindet die beiden grossen japanischen Inseln Honshu und Hokkaido. Er ist 53,84 km lang und liegt bis zu 240 m unter dem Meeresniveau. Er wurde am 13. März 1988 nach 24 Jahren Bauzeit eröffnet. Die Kosten des Bauvorhabens beliefen sich auf rund elf Milliarden Schweizer Franken. Der doppelspurige Eisenbahntunnel ist Teil der 160 km langen Sugaru-Kyo-Linie zwischen Aomori (Honshu) und Hakodate (Hokkaido). Er liegt in einer Gegend, die stark von Erdbeben und Taifunen heimgesucht wird. Sein Name ist ein Kunstwort, das sich aus Teilen der Namen der beiden Präfekturen Aomori auf Honshu (SEI) und Hokodate auf Hokkaido (KAN) zusammensetzt.

Veranlassung

Die hauptsächlichste Verkehrsverbindung zwischen den beiden grössten Inseln wurde lange Zeit durch eine Fähre der japanischen Bahnen zwischen Aomori und Hakodate sichergestellt. Die Überfahrt zwischen den beiden 113 km voneinander entfernten Seehäfen dauerte je nach Wetterverhältnissen drei bis fünf Stunden.

Die ersten Pläne für einen Tunnel unter der Meerenge von Tsugaru stammen aus der Zeit vor dem Zweiten Weltkrieg. 1946 wurde mit den ersten geologischen Untersuchungen begonnen. Ein Taifun im September 1954 gab den letzten Anstoss zum Bau des Tunnels. Bei diesem Taifun sanken fünf japanische Fährschiffe, und es fanden 1430 Menschen den Tod. Nach zehn Jahren Planung wurde im April 1964 der Bau beschlossen und im folgenden Monat die erste Sprengung zwischen Shin-Aomori und Shin-Hakodate gezündet (Bild 1).

Konzept und Bau

Der Bau fand unter geologisch schwierigen Bedingungen statt. Es wurden ausgedehnte Bruch- und Verwerfungszonen mit Spalten und Rissen vorgefunden, und der Wasserandrang war dementsprechend hoch. Das gewählte Tunneltrasse stellt eine minimale Felsüberdeckung von 100 m sicher. Die Region ist stark erdbebengefährdet und weist verschiedene, teilweise aktive Vulkane auf.

Als Erstes wurden nahe der beiden Ufer schräge Bauschächte von rund 1300 m Länge gebohrt. Von diesen tiefsten Punkten aus fuhr man anschliessend in 13 Jahren je einen Pilotstollen mit 3 ‰ Neigung bis zur Mitte des Untermeeresteiles bergmännisch auf. Er diente der geologischen Erkundung und der Entwässerung während des Baus und auch im Nutzbetrieb. Erst jetzt wurde der eigentliche Bahntunnel aufgefahren – ebenfalls mit Sprengen. Im Untermeeresteil wurde als Erstes ein paralleler Servicetunnel erstellt und anschliessend der Haupttunnel bergmännisch ausgebrochen. Starke Wassereinbrüche gefährdeten den Arbeitsfortschritt mehrmals, und der Bau stand zeitweise kurz vor dem Abbruch.

Der Haupttunnel besteht aus den beiden landseitigen Zufahrten mit je einer Neigung von 12 ‰ und von 13,5 km Länge auf der Seite Honshu und 17 km auf der Seite Hokkaido. Im Untermeeresbereich von 23,3 km Länge läuft in 30 m Abstand der Servicetunnel parallel und ist alle 600 bis 1000 m mit Durchschlägen verbunden. Dadurch konnte während der Bauzeit der Haupttunnel an verschiedenen Stellen gleichzeitig bearbeitet werden. Der Servicetunnel ist mit Pneufahrzeugen für Wartung und Rettung befahrbar und dient der Entwässerung. Der Haupttunnel ist 9,7 m breit und 7,85 m hoch, was dem Normalprofil der doppelspurigen Shinkansen-Tunnel entspricht. Zwischen den beiden Gleisen ermöglicht ein Graben, Wartungs- und Überwachungsaufgaben während des laufenden Betriebs profilfrei auszuführen.

Unter den beiden Ufern im Bereich der Vertikalschächte befinden sich Rettungsstationen. Die beiden Stationen Tappi (Honshu) und Yoshika (Hokkaido) sind 480 m lang. Dort können sich bei einem Zugbrand oder anderweitig verhinderter Weiterfahrt die Passagiere in Sicherheit bringen, und der Zugbrand kann bekämpft werden. Im Bereich der Notfallstationen bestehen beidseitig der Gleise Perrons auf 1,03 m Höhe zum Verlassen des Zuges. Im Abstand von 40 m führen Durchschläge in den Servicetunnel und von dort via einen Sammelraum in einen Feuerschutzraum für 500 Personen. Von dort aus werden die Passagiere über eine Schrägseilbahn oder zu Fuss an die Oberfläche gebracht (Bild 2).

Die Rettungsstationen müssen ständig in betriebsbereitem Zustand gehalten werden. Dies wird erreicht, indem die Stationen laufend genutzt werden. Sie stehen dem Publikum zur Besichtigung zur Verfügung. Züge halten

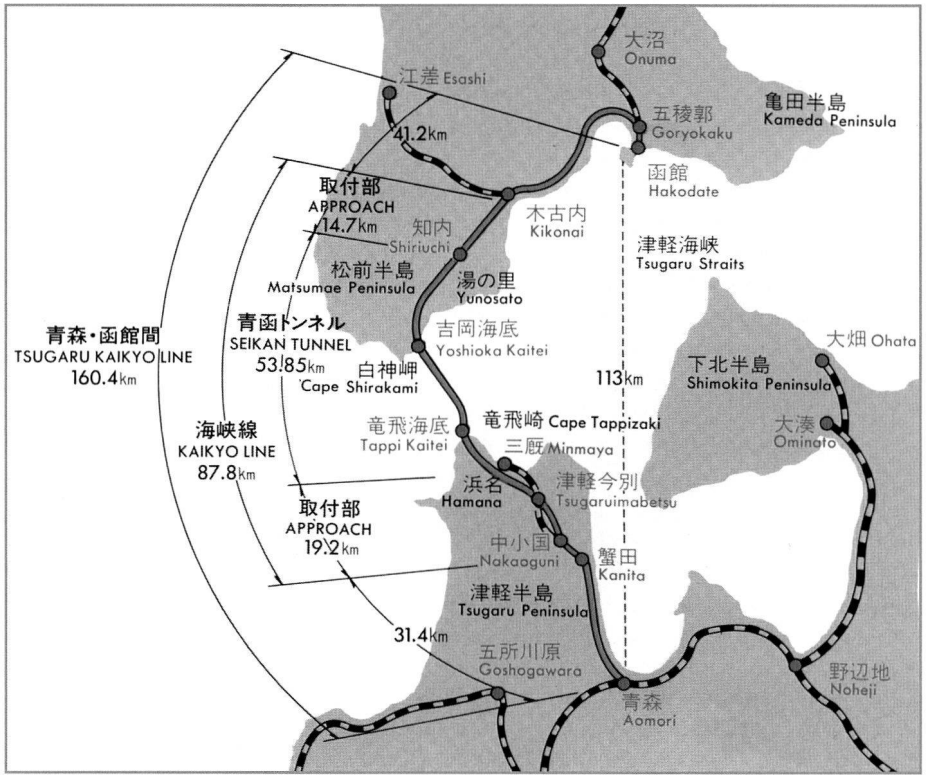


Bild 2: Die Meerenge von Tsugaru mit der neuen Linie und dem Seikan-Tunnel. (Foto: JR Hokkaido)

Bild 3: Die feste Fahrbahn im Tunnel für die beiden Spurweiten «Kap» und «Normal». (Foto: JRTR)

fahrplanmässig an den beiden Bahnhöfen, und geführte Besichtigungen der unterirdischen Räume werden unentgeltlich angeboten. In den grossen Auffangräumen befinden sich permanente Ausstellungen über Funktion und Bau des Tunnels. Damit sind die Anlagen ständig in Betrieb und durch Personal überwacht, welches dadurch sinnvoll beschäftigt ist und zugleich Reklame für das Bauwerk und die Sicherheit im Tunnel macht.

Bahntechnik

Der doppelspurige Tunnel wurde nach den Spezifikationen für Shinkansen-Strecken gebaut: Querschnitt 9,7 m breit und 7,85 m hoch, feste Fahrbahn mit einer Spurweite 1435 mm (künftig für Shinkansen) und 1067 (gegenwärtige Kapspur), Neigung maximal 12 ‰, Kurvenradius minimal 6500 m, Wechselspannung 20 kV/50 Hz, keine Weichen auf eine Länge von 60 km, dauernd beleuchtet, Führerstandsignalisierung (keine Aussensignale), Zugkontrolleinrichtungen für Brand und Heissläufer, Fernsehüberwachung der Rettungsstationen (Bild 3).

Zum sicheren Betreiben des Tunnels bei ständig hoher Wahrscheinlichkeit und Häufigkeit von Erdbeben wurde ein «Urgent Earthquake Detection and Alarm System» an sechs Stellen installiert. Im Falle eines Erdbebens erfasst dieses System die Beschleunigungen und löst Alarm aus. Die Züge werden angehalten und fahren erst nach Klärung der Lage weiter.

Das Sickerwasser wird laufend gefasst und die Menge an verschiedenen Stellen gemessen. Sie nahm in zehn Jahren von 32 auf 24 m^3/min ab. Nach einem Erdbeben hatte sie vorübergehend zugenommen.

Der Tunnel ist dauernd ventiliert und im Bereich der Rettungsstaionen mit Sprinkleranlagen versehen. Im Ereignisfall wird die Ventilation so umgeschaltet, dass die Fluchtwege rauch- und gasfrei bleiben. Im Normalbetrieb wird Frischluft über die Schrägschächte in den Pilotstollen in die Tunnelmitte geblasen. Von dort gelangt die Abluft via Haupttunnel nach draussen. Im Brandfall wird die Frischluft durch den Verbindungsstollen zwischen Schrägschacht und Servicetunnel in die Fluchtstollen und von dort in den Haupttunnel umgeleitet. Die Abluft gelangt dann über einen speziellen, ventilierten Abluftstollen nach draussen. Der Tunnel wird auf beiden Ufern je dauernd durch ein eigenes elektrisches Unterwerk mit elektrischer Energie (2x 80 MVA) versorgt. Sämtliche Systeme bahntechnischer und sicherheitstechnischer Art werden vom Steuerzentrum Hakodate aus überwacht und gesteuert.

Betrieb und Unterhalt

Im Jahre 2007 wurde der Tunnel täglich von 68 Schmalspurzügen (Kapspur) genutzt. Davon waren 42 Güterzüge (Container-Ganzzüge), 26 Personenzüge (lokale Triebzüge, Expresszüge, Schlafwagenzüge). Die Maximalgeschwindigkeit im Tunnel beträgt 140 km/h. Wegen der feuchten, staubigen Atmosphäre im Tunnel sind die Fahrzeuge speziell staub- und feuchtigkeitsertüchtigt. Die entsprechenden Filter müssen alle zwei Wochen gewechselt werden.

Zum laufenden Überwachen des Tunnelbauwerkes besteht ein Inspektionskanal zwischen den beiden Geleisen. In ihm verkehrt ein profilfreies Spezialfahrzeug während des normalen Zugbetriebes. Die Sicherheitseinrichtungen sind vor allem für den Brandfall eines Zuges im Tunnel ausgerichtet. Dabei geht die Vorsorge des Betreibers sehr weit, da im japanischen Umfeld sehr hohe Anforderungen an diesen gestellt werden. Mehrere grosse Erdbeben haben seit der Eröffnung stattgefunden. Das grösste davon verursachte eine Beschleunigung von 56 gals an der Tunnelstruktur. Auf der Erdoberfläche wurde gleichzeitig eine Beschleunigung von 214 gals gemessen. Die erdbebenbedingte Erdbewegung unter Wasser war merklich schwächer als an der Oberfläche. Das Bauwerk steht ständig unter hohem Wasserdruck. Die Gewölbestruktur wird deshalb dauernd automatisch überwacht. Der Einfluss der Gezeiten ist dabei deutlich messbar (Änderung des Wasserdruckes). Das Sickerwasser wird gefasst und laufend an die Oberfläche gepumpt. Die tägliche Menge beträgt 35 000 m^3; sie wird von sechs Pumpen à 12 m^3/sec bewältigt. Im Falle eines Pumpenausfalls beträgt die Auffangkapazität der Entwässerungsstollen drei Tage.

Heutige Nutzung

Der Tunnel wird durch die Bahngesellschaft JR Hokkaido betrieben. Die Transportmengen betrugen im Jahr 2006 im Güterverkehr 2 462 360 Tonnen, das entspricht circa 6747 Tonnen pro Tag. Im Personenverkehr: 785 900 Passagiere, was circa 2153 Personen pro Tag entspricht. Der Marktanteil für den gesamten Verkehr Hokkaido–Honshu betrug im Güterverkehr 6,4 % und im Personenverkehr 6,6 %.

Diese Anteile sind relativ bescheiden. Gründe dafür sind: Die Reisezeit per Bahn für grosse Distanzen im Personenverkehr (zum Beispiel Tokyo–Sapporo) ist wenig attraktiv. Demgegenüber ist die Flugstrecke Tokyo–Sapporo die frequenzstärkste innerjapanische Verbindung. Entsprechend wird auch die Nachtverbindung mit 15 Stunden Reisezeit relativ wenig benutzt.

Im Güterverkehr wird der Hauptteil durch die Küstenschifffahrt über grössere Distanzen abgewickelt; dies sowohl für Massengüter als auch für den Transport von Lastwagen.

Perspektiven und Schlussfolgerungen

Der Tohoku Shinkansen, der von Tokyo nordwärts nach Sendai und Morioka führt, ist gegenwärtig (2007) bis nach Hachinoe in Betrieb. Die langfristige Planung sieht eine Fortsetzung bis nach Sapporo auf Hokkaido vor. Momentan ist das Teilstück zwischen Hachinoe und Hakodate im Bau. Es umfasst eine neue Strecke (111 km) von Hachinoe bis Okutsugaru am Südportal des Tunnels einschliesslich eines Bahnhofs Shin-Aomori, die Ausrüstung des Tunnels mit Normalspurgleisen sowie eine neue Strecke (38 km) vom Nordportal des Tunnels bis nach Shin-Hakodate. Die Inbetriebnahme der Shinkansen-Verlängerung bis Shin-Hakodate ist für 2015 vorgesehen. Die Fortsetzung nach Sapporo ist gegenwärtig noch nicht beschlossen.

Die Betreibergesellschaft JR Hokkaido sucht gegenwärtig nach einer verbesserten Nutzung dieses nationalen Assets. Ein Ansatz dazu wäre der Transport von Privatautos ähnlich jenem in schweizerischen Alpentunneln oder im Eurotunnel. Eine Delegation dieser Bahngesellschaft besuchte dazu im April 2007 die Schweiz. Es scheint, dass in Japan vor allem Sicherheitsbedenken gegen den Transport von Autos mit Brennstoff in den Tanks bestehen, denen durch geeignete Massnahmen begegnet werden muss. Zur Bekämpfung von Bränden in den Schweizer Tunnel stehen bei den Betreiberbahnen Lösch- und Rettungsfahrzeuge im Einsatz. Diese erregten vor allem das Interesse der japanischen Besucher und helfen ihnen beim Finden von Lösungen im japanischen Umfeld.

Zusammenfassung

Der Seikan-Tunnel ist ein beeindruckendes Bauwerk, zu dessen Bau grosser Mut und eine beeindruckende Durchsetzungskraft notwendig waren. Er ist gegenwärtig (2007) mit 53,8 km der längste Tunnel der Welt und wird künftig nach Inbetriebnahme des Gotthard-Basistunnels wohl längster Unterwassertunnel bleiben. Er ist wohl der letzte doppelspurige Eisenbahntunnel dieser Länge; neu ist der Bau von zwei Einspurröhren (à la Eurotunnel) der Standard. Der Tunnel wird gegenwärtig relativ schlecht genutzt, und er dient primär als eine nationale «Versicherung» für die Verbindung zwischen den beiden Hauptinseln Honshu und Hokkaido.

Die künftige Nutzung durch Hochgeschwindigkeitszüge (Shinkansen) ist geplant und die dazu notwendige Infrastruktur ist im Bau. Die neuen Züge werden allerdings die Verhältnisse kaum radikal verbessern, da die Bedürfnisse des Reisemarktes dadurch kaum genügend abgedeckt werden. Die Nutzung für den Transport von privaten Strassenfahrzeugen wird gegenwärtig abgeklärt. Eine solche erweiterte Nutzung hat wahrscheinlich im regionalen Bereich durchaus Aussicht auf einen gewissen Erfolg. Diese Absicht eröffnet eine mögliche künftige Zusammenarbeit zwischen Japan und der Schweiz.

Literaturhinweise

- Toshiji Takatsu: The history and future of high-speed railways in Japan; Japan Railway & Transport Review Nr. 48, 2007, East Japan Railway Culture Foundation, Tokyo, Japan.
- Seikan Tunnel: Leaflet of Hokkaido Railway Company, Sapporo, Japan.
- Japon: Liaison directes avec Hokkaido et Shikoku en 1988; Revue Générale des Chemins de Fer, Juin 1987, Paris.
- Seikan, ein 54,2 km langer Untersee-Eisenbahntunnel in Japan; Neue Zürcher Zeitung Nr. 99, 1971.
- Sicherheitskonzept Seikan-Tunnel; Seminar zur Betriebssicherheit langer Eisenbahntunnel, 24.11.1988 Zollikon, Ernst Basler und Partner AG.
- Noriyoshi Nirasawa: The soundness of the longest tunnel in the world; Hokkaido University, Sapporo, Japan, 1999.