

Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 127 (2001)
Heft: 1/2: High Speed Railway Taiwan

Artikel: High Speed Railway Taiwan: ein Blick Richtung Ferner Osten: die Hochgeschwindigkeits-Eisenbahn in Taiwan/Republic of China
Autor: Schatzmann, Arturo / Kühne, Manfred
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-80102>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

als Nummer drei in der Weltrangliste angegeben. Die Arbeitslosenquote ist durchschnittlich unter 2% und die Steigerung des Pro-Kopf-Einkommens der Bevölkerung wird über die letzten zehn Jahre mit jährlich 10,5% angegeben.

Die Regierung hat insgesamt 300 Mia. US\$ für die Realisierung von Infrastrukturprojekten zur Unterstützung des Wirtschaftswachstums freigegeben. Darunter fallen Untergrundbahnen in den grösseren Agglomerationen und Intercity-Verbindungen. Das Hochgeschwindigkeits-Eisenbahnprojekt (High Speed Railway, HSR) ist ein integrierter Bestandteil dieser Planung.

Verkehr und Verkehrsprognose

Entsprechend den letzten Prognosen ist anzunehmen, dass die Zahl der Intercity-Reisenden über mehr als 25 km Entfernung entlang des Westkorridors bis zum Jahr 2000 gegen 1,91 Millionen pro Tag und bis zum Jahr 2010 um die 2,42 Mio. pro Tag erreichen wird. Die bestehenden Transportmittel in der Luft, die Personenzüge, Cars oder auch die Schmalspureisenbahn sind mit Blick auf derartige Verkehrsprognosen völlig überfordert. In der Luft sind Grenzen gesetzt infolge des Luftraumes und der limitierten Kapazität der Flughäfen. Auch die Schmalspurbahn hat begrenzte Kapazitäten durch überfüllte Zugkompositionen. Weiter verlängert die Überlastung des Strassen- und Autobahnnetzes die theoretische Dauer einer Fahrt von Taipei nach Kaohsiung von 4 bis 5 Stunden auf 6 bis 8 Stunden. Die hohe Geschwindigkeit, die Bequemlichkeit, die Sicherheit, die Leistungsfähigkeit, die Wirtschaftlichkeit und die positiven Umweltaspekte sind die Attribute, die die Regierung dazu bewogen haben, ein HSR-System als optimale Lösung zu realisieren.

Projektkonfiguration

Die Gesamtlänge der Anlage beträgt 345 km. Zwischen den Endstationen von Taipei und Kaohsiung sind fünf Haltestellen geplant in Taoyuan, Hsinchu, Taichung, Chiayi und Tainan. Es sind im Übrigen vorgesehen:

- drei Abstell-Gleisgruppen in Tsoying (Süden), in Wuyih (Central Taiwan) und in Hsichih (Norden),
- zwei Werkstätten für den mechanischen und elektrischen Unterhalt,
- eine Werkstatt in Chiao-tou im Süden und drei Depots in Hsinchu, Wuyih und Chiaotou,
- ein zentraler Kommandoraum in Taoyuan.

Das System zeichnet sich aus durch eine doppelgleisige Normalspur mit Spurweite 1435 mm, eine Ausbaugeschwindigkeit von 350 km/h und eine höchste Betriebsgeschwindigkeit von 300 km/h. Es ist ein 18-Stunden-Betrieb vorgesehen mit Schnellzügen, die die Strecke in 90 Minuten zurücklegen und mit normalen Kompositionen, die sämtliche Stationen bedienen und 120 Minuten benötigen. Im Endausbau werden 45 Zugkompositionen mit einem Fassungsvermögen von je 1100 bis 1400 Passagieren pro Einheit in Betrieb sein. Mit einem Zugabstand von drei Minuten während der drei Spitzenstunden täglich wird mit einer Leistungsfähigkeit des Systems von etwa 420 000 Passagieren pro Tag gerechnet.

Die Gleisanlage wird entweder auf importiertem Schotter oder auf einer festen Betonsohle verlegt. Aus Überlegungen im Zusammenhang mit dem Unterhalt kommt die feste Betonsohle vorwiegend in den Tunnels zur Anwendung.

Die gesamte Strecke ist für die Bauausführung in elf Baulose aufgeteilt und ausgeschrieben worden. Die Offertevaluation und die Verhandlungen mit den Unternehmungen wurden durch die Erdbebenkatastrophe vom 21. September 1999 etwas gebremst. Es war trotzdem möglich, die Verhandlungen und die Arbeitsvergebungen bis Ende März 2000 zum Abschluss zu bringen. Es wird erwartet, dass die auf der internationalen Bühne der Bauindustrie tätigen Unternehmungen den auf 2005 gesetzten Termin für die Inbetriebnahme einhalten werden. Dies trotz einer allfälligen Verknappung der Ressourcen durch den gleichzeitigen Wiederaufbau nach dem Erdbeben.

Die Kostenschätzung, die mit fortschreitendem Projekt laufend aktualisiert und angepasst wird, steht im Moment auf etwa 23 Milliarden Franken, Landerwerb eingeschlossen. Die sich abzeichnenden Engpässe auf der Seite der Finanzierung haben die Bauherrschaft zu einer nochmaligen Evaluation des Rollmaterials bewogen. Zur Zeit scheint die Wahl auf das japanische Shinkansen HSR-Zugsystem gefallen zu sein. Ein «Memorandum of Understanding» ist bereits unterzeichnet und es ist damit zu rechnen, dass zum Zeitpunkt der Publikation dieses Beitrages ein abgeschlossener Vertrag vorliegt. Die Tunnels sind jeweils als eine Röhre mit zwei Gleisen konzipiert. Diesem Konzept liegen die folgenden Überlegungen zugrunde: Die Kosten für den Landerwerb fallen weniger ins Gewicht und die geringe Überlagerung eröffnet gute Möglichkeiten für Zwischenangriffe, um die Länge der einzelnen Ausbruchabschnitte klein zu halten. Weiter handelt es sich um ein reines HSR-System ohne Mischbetrieb, demzufolge um ein System mit kleinerem Unfallrisiko; die meisten Tunnel sind kürzer als 500 m, der längste Tunnel (Paghuashan) misst 7,3 km und die geologischen Verhältnisse sprechen nicht für den Einsatz von Tunnelbohrmaschinen (TBM).

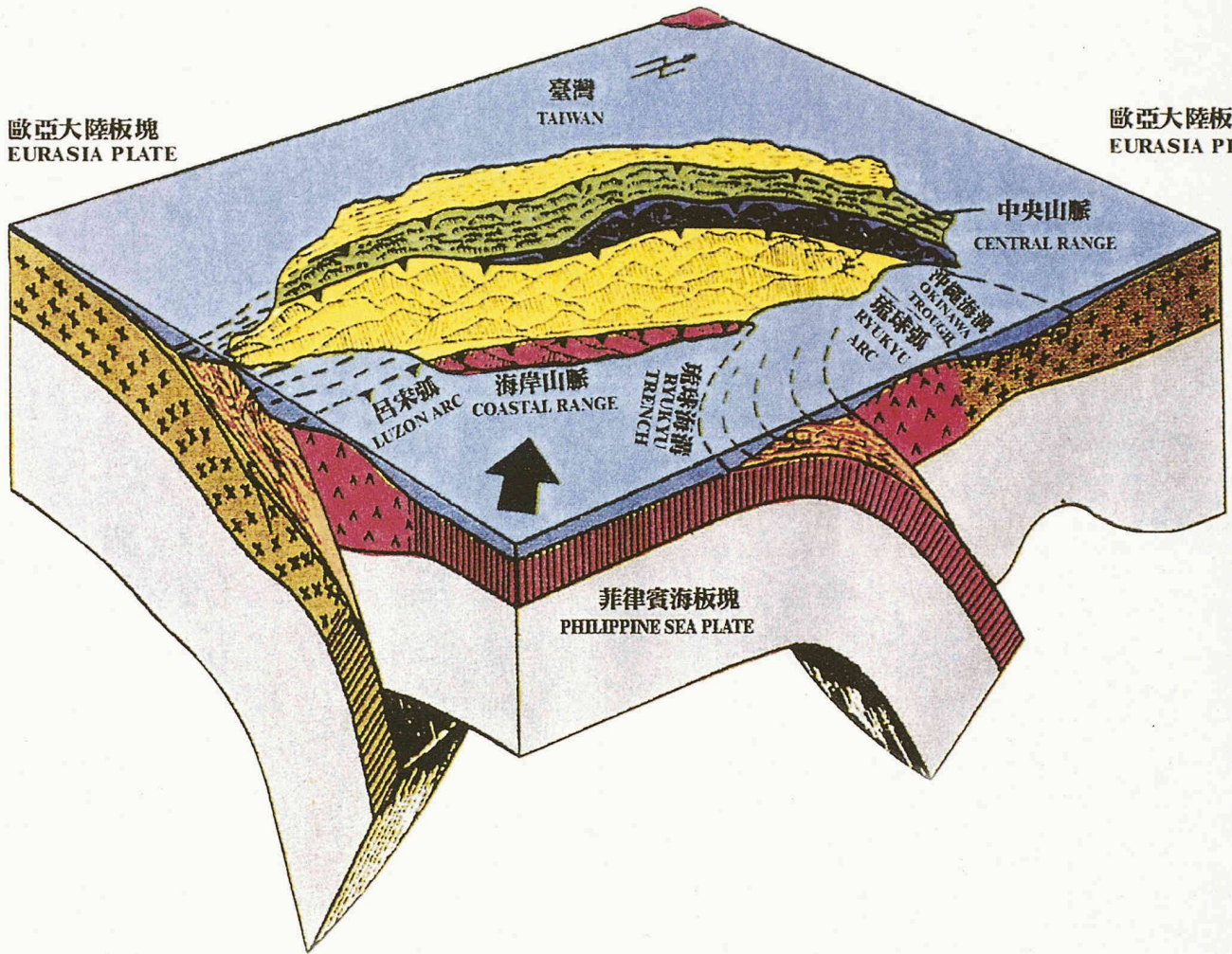
Es ist heute unbestritten, dass auf zweigleisigen Strecken bei langen und sehr langen Tunneln die Fahrten als parallele, eingleisige Tunnel anzulegen sind, wenn das Betriebsprogramm einen uneingeschränkten Mischbetrieb von Reise- und Güterzügen vorsieht (aus den Richtlinien des Deutschen Eisenbahn-Bundesamtes, EBA). Im Übrigen ist eine solche Projektkonfiguration aus Gründen der Bauausführung, der Kosten, der Vorteile für den Betrieb und Unterhalt, der Ventilation und insbesondere der Sicherheit gerechtfertigt.

Geologische Verhältnisse

Die Geologie Taiwans ist entscheidend durch seine Lage an einem komplex aufgebauten, aktiven Kontinentalrand geprägt, an dem sich zum einen der Luzon-Inselbogen auf die Eurasische Kontinentalplatte schiebt und zum anderen die ozeanische Philippinenplatte am Ryukyu-Graben unter den Ryukyu-Inselbogen subduziert wird (Bild 1).

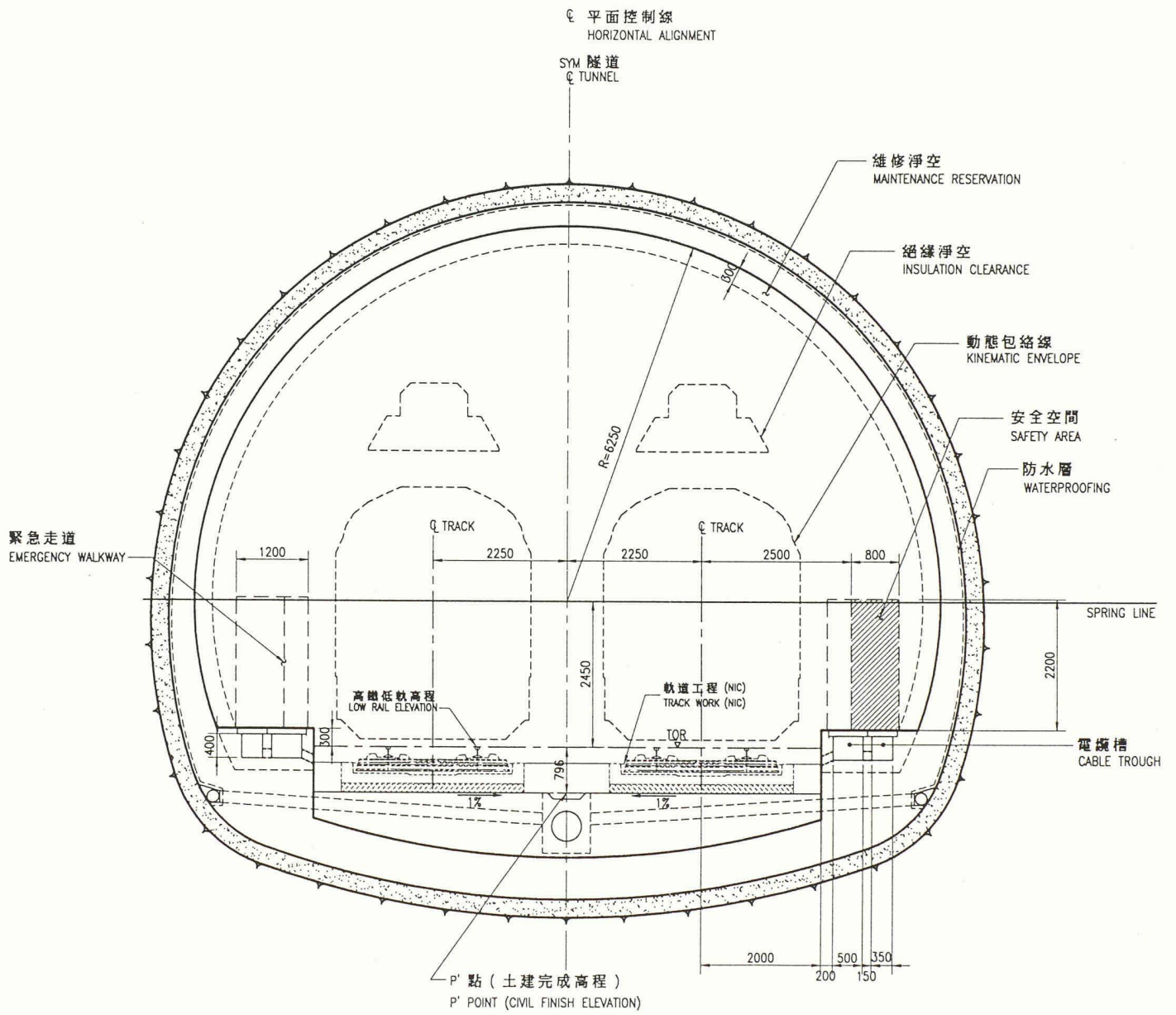
歐亞大陸板塊
EURASIA PLATE

歐亞大陸板塊
EURASIA PLATE



1

Plattentektonische Situation der Insel Taiwan (aus Ho 1988)



2
Tunnel-Normalprofil

Die konvergente Bewegung der Kontinentalplatten hält bis heute an. Die Philippinische Platte schiebt mit rund sieben Zentimetern pro Jahr in Richtung Westen, gleichzeitig bewegt sich der äusserste östliche Teil der Insel mit zwei bis vier Zentimetern nach Nordosten. Die hohen Spannungen in der Erdkruste bauen sich in rund 3000 Erdbeben pro Jahr ab, von denen etwa 1500 pro Jahr auf der Insel selber gemessen werden können. Die Magnitude erreicht dabei nicht selten – wie beim fatalen Chi-Chi-Erdbeben im September 1999 – eine Stärke von über 7 auf der Richter-Skala. Über 50 Störungszonen sind auf der Insel aktiv und in Senkungs- und Hebungszonen werden jährliche Vertikalbewegungen von mehreren Zentimetern erreicht.

Das Projektgebiet der Eisenbahnstrecke verläuft im westlichen Teil der Insel überwiegend in erdgeschichtlich jüngeren tertiären und quartären Sedimenten. Diese sind aus klastischen Sedimenten (Kies, Sand, Schluff, Ton) aufgebaut und liegen in einem geringen Verfestigungsgrad vor. Lediglich die ersten Kilometer der Strecke im Norden kommen in teilweise sehr harten Festgesteinen zu liegen.

Die Tunnels und der unterirdisch angelegte Bahnhof in Taoyuen sind mehrheitlich kürzer als 500 m mit bescheidener Überlagerung und tief gelegenem Grundwasserspiegel. Durch eine systematisch durchgeführte Sondierkampagne und durch eine einfache Kartierung kann man die geologischen Verhältnisse in den Tunnels als bekannt voraussetzen. In den einzelnen Tunnels sind meistens homogene Formationen zu erwarten, die eine zweckmässige Definition der Ausbruchsmethoden erleichtern.

Insgesamt fünf Tunnels sind länger als zwei Kilometer. Sie könnten im generellen Bauprogramm den kritischen Punkt bilden und sind in Bezug auf die Realisierung von besonderem Interesse.

Der Hueilung-Tunnel ist etwa 2,15 km lang, befindet sich im nordöstlichen Bereich der Bahnlinie und mündet mit dem Nordportal in eine dicht besiedelte Gegend, die der Unternehmung in der Wahl der Installationsplätze sehr enge Grenzen setzen wird. Beim Ausbruch sind steil einfallende oder gefaltete Sedimentformationen aus Sandstein und Schiefer, bisweilen mit dünnen Kohlschichten, zu erwarten. Der Unternehmer wurde ferner auf mögliche Gasaustritte aufmerksam gemacht.

Der 6,5 km lange Linkou-Tunnel wird durchgehend auf Konglomerate aus Kies und grösseren Blöcken stossen, die in einer schwach zementierten Silt- und Sand-Matrix eingebettet sind. Aufgrund des bis 80 m über dem Tunnel liegenden Grundwasserspiegels und der relativ hohen Durchlässigkeit des Materials sind Probleme im Zusammenhang mit der Wasserhaltung zu erwarten, die durch das Vorhandensein von stabilitäts-hemmenden Sandlinsen noch verschärft werden können. Der Tunnel wird rundum abgedichtet, die Zahl der Angriffsstellen kann durch zwei kurze Vertikalschächte erhöht und so das Risiko bei der Einhaltung des Bauprogrammes reduziert werden.

Der 4,2 km lange Hukou-Tunnel kommt mehrheitlich in schwach zementierte Lehmschichten, Silt- und Sand-

steine zu liegen mit einem 40 bis 80 m über dem Tunnel liegenden Grundwasserspiegel. Auch für diesen Tunnel besteht die Möglichkeit, durch zwei kurze Vertikalschächte die Zahl der Angriffsstellen zu erhöhen.

Der Miaoli-Tunnel befindet sich auf der ganzen Länge von drei Kilometern in horizontal geschichteten Lehmschichten sowie Silt- und Sandsteinen. Auf kurzen Streckenabschnitten ist mit einem 40 m hohen Grundwasserspiegel zu rechnen. Bei diesem Tunnel sind keine Zwischenangriffe vorgesehen.

Der längste Tunnel der Strecke ist der Paghuashan-Tunnel mit 7,3 km Länge. Durch die geringe Überlagerung besteht die Möglichkeit einer beliebigen Zahl von Zwischenangriffen. Die Geologie kann mit derjenigen vom Linkou-Tunnel verglichen werden mit dem einzigen Unterschied, dass der Grundwasserspiegel unter dem Tunnel liegt, was die Vortriebsarbeiten deutlich erleichtern mag. Zur Zeit sind auf einem tieferen Niveau zwei Tunnelröhren für die Autobahn im Bau und liefern wertvolle Unterlagen für den Ausbruch des HSR-Tunnels. Der Erfolg und die Vortriebsrate werden sehr eng mit der Möglichkeit zusammenhängen, das Grundwasser beim Vortrieb zu beherrschen und die Ortsbrust zu stabilisieren.

Die Fundamente der 250 km langen Brücken und Viadukte kommen überwiegend in holozänen und pleistozänen Lockergesteinen zu liegen. Diese setzen sich wechsellagernd aus bindigen, überwiegend weichen bis steifen Schluffen und locker bis mitteldicht gelagerten Sanden zusammen. Aufgrund der latenten seismischen Aktivität besteht bei ungünstigem Bodenaufbau die Gefahr der Bodenverflüssigung (Liquidifikation). Dem möglichen Verlust der notwendigen Scherfestigkeit des Bodens muss daher durch Bodenstabilisierungsmassnahmen oder besondere Gründungen entgegen gewirkt werden. Kombinierte Pfahl-Platte-Gründungen mit über 60 m langen Pfählen müssen daher bereichsweise zur Anwendung kommen.

Taiwan gehört im Norden zur subtropischen, im Süden zur tropischen Klimaregion. Die lateritische Verwitterung ist entsprechend tiefgreifend. Hinzu kommen Regenmengen von bis zu 6000 mm/a (im Mittel knapp 3000 mm/a), die eine extrem hohe Erosion, vor allem in Richtung Westen, bewirken.

Das Tunnel-Normalprofil

Durch das Fehlen international gültiger Richtlinien hat sich die Projektierung des Tunnelquerschnittes zu einer unverhältnismässig zeitraubenden Arbeit entwickelt (Bild 2). So wurde der Gleisabstand auf 4,5 m festgelegt. In Spanien werden hierfür 4,7 m und in Italien 5,1 m angewendet. Für die Querschnittfläche steht zwischen den 126 m² in Korea und den 64 m² in Japan eine breite Palette zur Auswahl. Aerodynamische Überlegungen haben schlussendlich dazu geführt, die Fläche für die meisten Tunnel auf 90 m² festzulegen. In den der Hauptstadt Taipei nahegelegenen Tunnels werden aufgrund niedrigerer Betriebsgeschwindigkeiten die Querschnitte verkleinert; so hat der Hueilung-Tunnel einen lichten Querschnitt von 74 m² und der Linkou-Tunnel von 79 m². Hierdurch konnte in geologisch schwierigen

gen Tunneln ein deutlicher Kostenvorteil erzielt werden. Dabei spielte die längst mögliche Zeit, während der ein Passagier der Druckänderung beim Versagen des Dichtungssystems ausgesetzt ist, eine Rolle (sogenanntes Gesundheits-Kriterium der European Railway Research Institut/Union International des Chemin de Fer, ERRI/UIC). Ferner wurden die Widerstandsfähigkeit des Rollmaterials gegen Druckstöße sowohl im Tunnel (Kreuzung zweier Züge) als auch bei der Tunneleinfahrt, der Fahrkomfort in Bezug auf die Druckänderungen während dem Normalbetrieb (intaktes Dichtungssystem) und den so genannten Sonic Boom-Effekt (Portal-Knall) in die Definition mit einbezogen. Es sei festgehalten, dass die 90 m² der Querschnittfläche das von ERRI/UIC festgelegte Gesundheits-Kriterium erfüllen. Sie genügt jedoch nicht für den Fall, dass man an einer Ausbaugeschwindigkeit von 350 km/h festhalten möchte.

In Bezug auf Komfort bei Normalbetrieb beträgt der zur Zeit gültige Wert der inneren Druckänderung plus/minus 1000 Pa innerhalb von 10 Sekunden. Der Portal-Knall ist lediglich bei den langen Tunneln zu erwarten. Er wird durch den Einbau einer festen Fahrbahn (kein Schotterbett) begünstigt. Als Gegenmassnahme wird im Portalbereich auf einer Länge von 20 m der Tunnelquerschnitt auf 150% vergrössert und es werden Druck-Entlastungsöffnungen mit einer Fläche von 10 m² eingebaut.

Die Tunnel sind mit einer wasserdichten Isolation versehen. Beide Elemente, sowohl der äussere als auch der innere Auskleidungsring, werden als tragend in die Berechnung aufgenommen. Die innere Beton-Auskleidung wird mit zwei Lagen armiert, um Rissbildung und erdbebenbedingte Beton-Abplatzungen in Grenzen zu halten.

Für die Gestaltung der Tunnelportale ist der Unternehmer angewiesen, moderne und bekannte Methoden anzuwenden, um offene Einschnitte und übermässige Böschungen auf ein Minimum zu reduzieren. Es soll damit vermieden werden, dass die Grundwasser-Verhältnisse gestört werden, Entwässerungsprobleme entstehen und bei tropischen Regenfällen Stabilitätsprobleme entstehen. Ausserdem soll zu grosser Aufwand für die Neubepflanzung vermieden und die Gefahr von Steinschlag vermindert werden.

Sicherheit

Das Sicherheitskonzept basiert auf dem Prinzip der Selbstrettung. Alle drei Kilometer sind auf den Viadukten Treppenanlagen und in den Tunnels künstlich belüftete Notausgänge in Form von Vertikalschächten oder Horizontalstollen vorgesehen. Im Falle eines Brandes in einem Tunnel sind die zu treffenden Massnahmen wie folgt festgelegt:

- Der betroffene Zug soll wenn immer möglich die Fahrt ins Freie fortsetzen; diese Bedingung wird erleichtert, indem die Tunnels im Gefälle erstellt werden.
- Das Kontrollzentrum ist umgehend zu orientieren.
- Das Kontrollorgan trifft Massnahmen zur Sicherung der Unfallstelle und beschliesst erste Massnahmen in Zusammenarbeit mit dem Sicherheitsdienst.

- Die Besatzung versucht, den Brand unter Kontrolle zu bringen.

Ist der Zug bei einem Schadenereignis nicht mehr fahrtüchtig - und das ist aufgrund der jüngsten Ereignisse der Normalfall - sind folgende Massnahmen zu treffen:

- Die Besatzung hilft den Passagieren beim Verlassen des Zuges.

- Es wird Meldung an das Kontrollzentrum gegeben; Massnahmen in Zusammenarbeit mit dem Sicherheitsdienst werden beschlossen.

- Die Fluchtrichtung wird festgelegt.

- Die Passagiere werden informiert.

- Der Weg bis zum nächsten Notausgang oder Tunnelportal wird angewiesen.

Ausserdem werden in den Tunneln die üblichen Installationen zur Erhöhung der Sicherheit vorgesehen. Sie basieren auf der Grundlage der US NFPA-Normalien (US National Fire Protection Association).

Schlussbetrachtungen

Eine sehr lange Projektierungsphase für dieses Mega-Projekt ist zu Ende. Nach einem grossen Aufwand an Planung, Zusammentragen von Informationen, Beschlussfassung, Vorbereitung (Landerwerb, Strassenumlegung, Abbruch von Gebäuden, Definition der Zufahrten, Festlegung der Finanzierung, geologische Erkundung) ist dieses grösste Infrastrukturprojekt in Taiwan startklar für die Realisierungsphase. Während dieser Zeit ist einmal mehr einerseits das Bedürfnis nach intensiver internationaler Zusammenarbeit und nach Austausch von Erfahrungen, andererseits die dringende Notwendigkeit von international gültigen Richtlinien zum Ausdruck gekommen. Dies insbesondere weil die Entwicklung eines Brandes in einem Tunnel bekannt ist, weil die Brandunfälle in bestehenden Tunnelanlagen in den letzten Jahren zugenommen haben und weil die Zahl von langen und sehr langen Tunnelanlagen weltweit in Zunahme begriffen ist. Für gleiche Geschwindigkeiten und gleiches Rollmaterial bei luftdichtem Passagierraum sind dringend Richtlinien für das Normalprofil gefragt in Bezug auf Breite der Gehwege, Querschnittfläche und Gleisabstand in zweigleisigen Röhren. Weiter sind Grenzwerte gefragt für Komfort, Massnahmen gegen den Portal-Knall usw.

Sicherheit verlangt nach Einheitlichkeit, um die Effizienz zu erhöhen. Sicherheit kommt nur dann zum Tragen, wenn die Tunnelbenützer von den getroffenen Massnahmen Kenntnis haben, und das ist nur dann möglich, wenn international gültige Normen für die Projektierung langer Tunnelanlagen aufgestellt, durchgesetzt und dem Tunnelbenützer bekannt gemacht werden. Dies bedeutet noch einen langen Weg und schwer befrachtete Traktandenlisten für die Arbeit der auf der internationalen Bühne tätigen Organisationen.

Arturo Schatzmann, dipl. Bauing. ETH/SIA, c/o DMT, z.Z. Engineering Director, c/o Taiwan High Speed Rail Corporation, Hsin Yi Road No. 100 Section 5, 7th Fl. Taipei, Taiwan R.O.C, Manfred Kühne, Dipl.-Geol., Stellvertretender Abteilungsleiter des Baugrundinstitutes, c/o Deutsche Montan Technologie GmbH, Am Technologiepark 1, D-45307 Essen