

Innovation: Bahn und Strom in einem Tunnel

Tragende Idee des Grimseltunnels ist die gemeinsame Nutzung durch eine Schmalspurbahn und durch die heute über die Grimsel laufende Höchstspannungsleitung. Diese Leitung soll demnächst ausgebaut werden. Die kombinierte Lösung Strom und Bahn in einem Tunnel ist betrieblich wie wirtschaftlich sinnvoll. Das vorliegende «Faktenblatt Projekt» thematisiert die wichtigsten Aspekte des Projekts.

Die zwei Schmalspur-Bahnnetze im Schweizer Alpenraum (Zentralbahn/Montreux-Berner Oberland Bahn und Rhätische Bahn/Matterhorn-Gotthard-Bahn) nähern sich im Raum Grimsel – zwischen Innertkirchen (BE) und Oberwald (VS) – auf 22 Kilometer an. Seit mehr als 50 Jahren sind Bestrebungen im Gang, diese Lücke zu schliessen und die Teilnetze zu einem Gesamtsystem von 850 Kilometer Länge zusammenzuschliessen. Schon verschiedentlich wurden entsprechende Projekte lanciert. Dabei verstanden die Projektanten die neue Verbindung stets als klassische alpine Zahnradbahn.

Wegen hoher Investitionskosten sowie anderer Prioritäten im Bahnausbau kam das Projekt bisher nicht zur Ausführung.

2013 wurde erneut die Initiative ergriffen. Als der Bundesrat 2015 mit dem Strategischen Netz 2025 zur Sicherung der Schweizer Stromversorgung den Ausbau verschiedener Höchstspannungsleitungen beschloss – dazu gehört auch die heutige 220-Kilovolt-Leitung über die Grimsel – trieben die Aktionäre der Grimselbahn AG, die Interessengemeinschaft Grimselbahn und mehrere Kantone das Projekt mit höchster Priorität voran. Die Kombination von Bahn und Strom in einem gemeinsamen Tunnel wurde als einmalige Chance erkannt. Die unterirdische Führung von Bahn und Leitung ist sinnvoll, weil

- Lawinen und Murgänge im äusserst steilen Gelände immer häufiger die Sicherheit sowohl der Höchstspannungsleitung wie auch der Verkehrswege bedrohen;
- die für Tunnelbauten vorteilhafte Geologie der Grimsel bekannt ist und keine Risiken drohen.

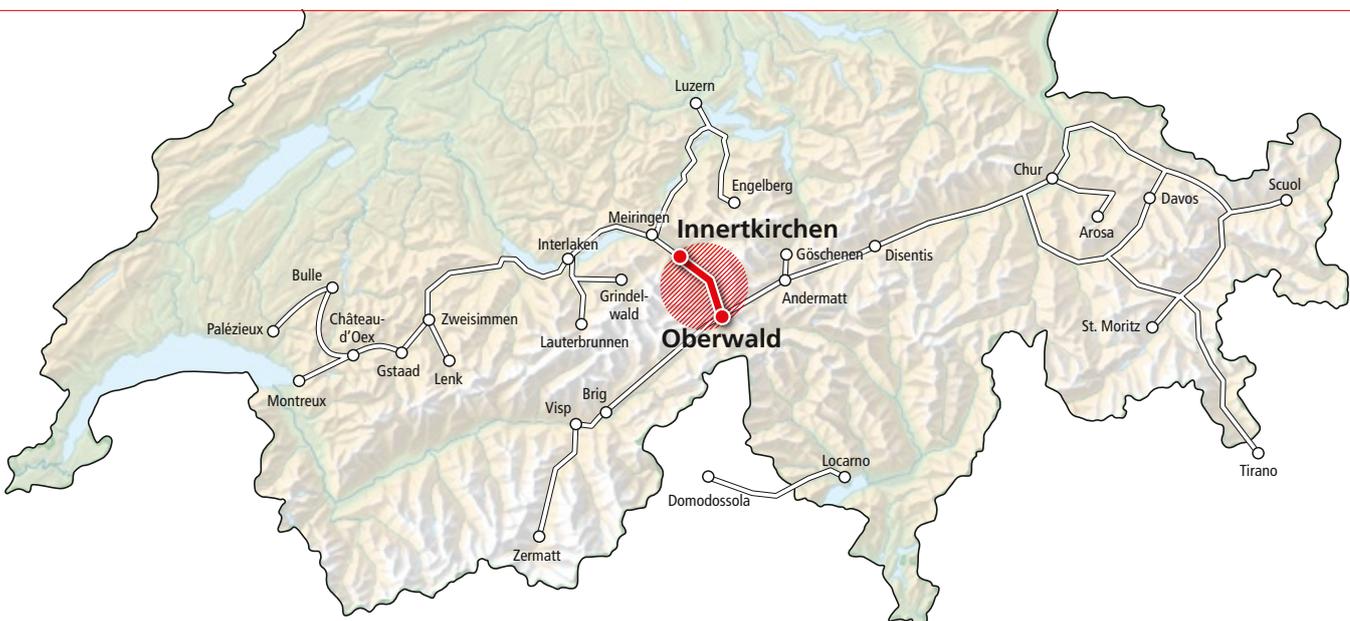


Abb. 1: Die Schmalspur-Bahnnetze der Montreux-Berner Oberland Bahn (MOB), der Zentralbahn (zb), der Matterhorn-Gotthard-Bahn (MGB) und der Rhätischen Bahn (RhB).

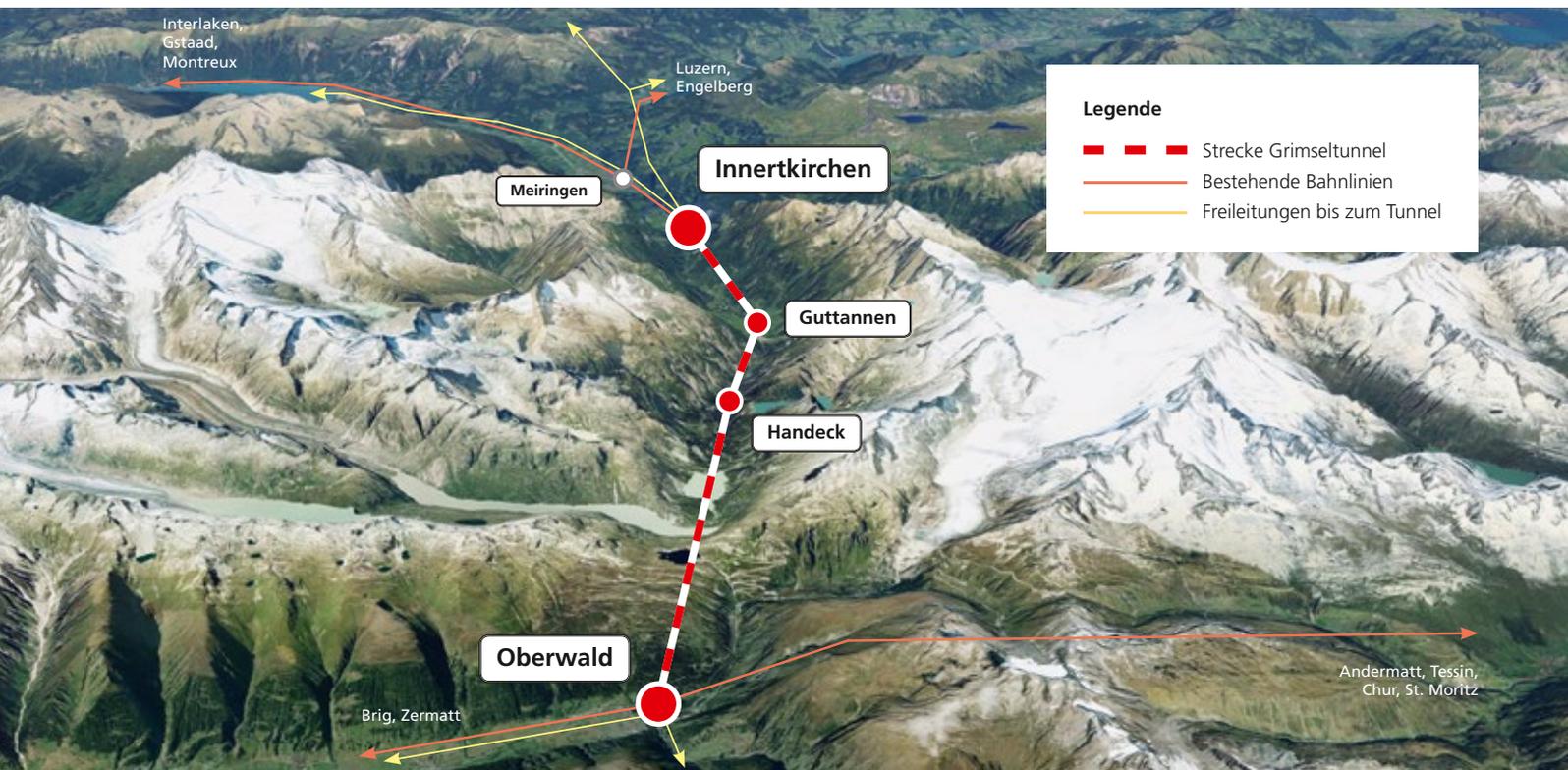


Abb. 2: Linienführung des Grimseltunnels.

Machbarkeit bestätigt

In Machbarkeitsstudien konnte bestätigt werden, dass eine solche Tunnelanlage von Innertkirchen via Guttannen nach Oberwald mit den entsprechenden Aussenanlagen sowie der Möglichkeit zur Unterbringung der Höchstspannungskabel machbar ist – sowohl technisch wie raumplanerisch. Die Studien bestätigten insbesondere auch, dass eine unterirdische Bahnverbindung gegenüber einer oberirdischen Zahnradbahn mit vielen Galerien und Brücken hinsichtlich Investitionskosten, Betriebskosten und -sicherheit klar im Vorteil ist. Die unterirdische Bahn lässt sich in gestreckter Linienführung als normale Adhäsionsbahn mit einer Steigung unter 6 % realisieren.

Bahn- und stromkonforme Linienführung

Massgebend für die Linienführung sind folgende Aspekte:

- Die Anfangs- und Endpunkte Innertkirchen (BE) im Norden und Oberwald (VS) im Süden,
- der Anschluss des Dorfs Guttannen (BE),
- eine Haltestelle an der Handeck, um einerseits die Grimsel-Kraftwerke und andererseits das dortige Wandergebiet zu erschliessen,
- eine Begrenzung der Steigung auf unter 6 % für normalen Adhäsionsbetrieb,
- eine gute Landschaftsverträglichkeit der nördlichen und südlichen oberirdischen Anschlussstrecken,
- die Verfügbarkeit von Installationsplätzen für den Bau,
- die Möglichkeit zur Deponierung des Ausbruchsmaterials ohne lange Transportwege.

Daraus wurde die Linienführung gemäss Abbildungen 2 und 3 entwickelt.

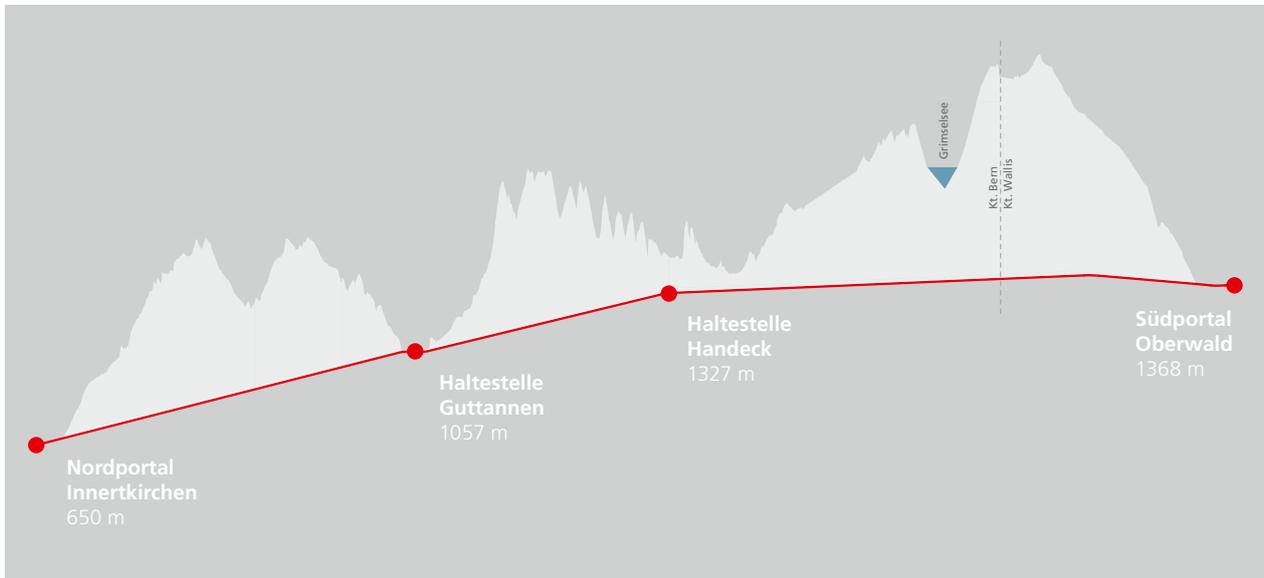


Abb. 3: Längsprofil des Grimseeltunnels.

Die 22,6 Kilometer lange Bahn-Neubaustrecke schliesst in Innertkirchen an die Linie der Meiringen-Innertkirchen-Bahn (MIB) an. Die Strecke von Meiringen nach Innertkirchen wurde seinerzeit für den Materialtransport zum Bau der Wasserkraftwerke der Kraftwerke Oberhasli AG (KWO) erstellt. Heute dient sie dem regionalen Personenverkehr. Ab der MIB-Endstation auf dem KWO-Betriebsgelände verläuft die Neubaustrecke zunächst gut 600 Meter oberirdisch in südlicher Richtung bis zum Nordportal des Tunnels.

Vom Nordportal steigt der Tunnel mit knapp 6 % bis zur Haltestelle Guttannen. Diese ist als seitlich offene Galerie gestaltet. Von dort läuft der Tunnel weiter in gleicher Steigung bis zur unterirdischen Haltestelle Handeck. Hier besteht eine Stollenverbindung für den Kabelanschluss der Grimsel-Kraftwerke. Ab Handeck verläuft der Tunnel weitgehend horizontal nach Oberwald. Dort unterquert er östlich des Bahnhofs die Furkalinie der Matterhorn-Gotthard-Bahn und führt schliesslich via einen 260 Meter langen Tagbauabschnitt direkt in den Bahnhofsbereich – mit Anschluss ans südliche Gleis.

Der 21,7 km lange Tunnel ist in vier Bauabschnitte gegliedert:

- Innertkirchen (633 m.ü.M.) – Guttannen: 6,7 km, Steigung 5,9 %
- Tagbaustrecke Guttannen mit Haltestelle: 0,5 km
- Guttannen – Handeck: 4,7 km, Steigung 5,9 %
- Handeck – Oberwald (1366 m.ü.M.): 9,8 km, Kulminationspunkt auf 1400 m.ü.M., beidseitig mit leichtem Gefälle.

Für die Deponierung des Ausbruchs stehen Ablagerungsmöglichkeiten im Nahbereich der Portale Innertkirchen (Deponie Blänggen) sowie Handeck (Deponie Handeggli) zur Verfügung. Der Anschluss der Deponie Handeggli erfolgt wintersicher über einen Schutterstollen. Die Deponien sind raumplanerisch gesichert. Die Schwertransporte für die Anlieferung der Kabel in den erforderlichen (langen) Lieferlängen fahren vom Mittelland aus via Meiringen nach Innertkirchen. Diese Verbindung ist als Schwerlastroute für Nutzlasten bis 180 Tonnen ausgelegt (vergl. «Faktenblatt Strom»).

Kombination von Bahn und Höchstspannungskabel

Die gemeinsame Führung einer Bahn und einer verkabelten Höchstspannungsleitung (380 Kilovolt) in einer Tunnelanlage ist eine Novität, akzentuiert durch die Tunnel- respektive Kabellänge. Dafür sind spezifische Lösungen nötig, um den Anforderungen von Sicherheit, Betrieb und Wirtschaftlichkeit zu genügen.

Spezifische Herausforderungen ergeben sich primär durch die engen Platzverhältnisse in einem Tunnel. Es bedarf besonderer Vorkehrungen um unter anderem die wechselseitige mechanische und elektrische Anlagesicherheit, den Personenschutz, die Immissionsgrenzwerte, die Wärmeableitung und die Reparierbarkeit bei Störungen an der Kabelanlage zu gewährleisten.

Herausforderungen ergeben sich primär durch die limitierten Platzverhältnisse in einem Tunnel. Es bedarf innovativer Lösungen, um etwa die wechselseitige mechanische und elektrische Anlagesicherheit, den Personenschutz, die Immissionsgrenzwerte, die Wärmeableitung oder die Reparierbarkeit bei Störungen an der Kabelanlage zu gewährleisten. Die Lösungen müssen sich in den Untertagbauten kosteneffizient realisieren lassen, gewichten doch diese Bauten kostenmässig am stärksten. Demnach sind sämtliche Synergiepotenziale auszuschöpfen, zum Beispiel:

- Die Kabel müssen im Tunnelprofil platzsparend angeordnet werden.
- Kabel-Verbindungs-muffen sind in baubetrieblich ohnehin nötigen Nischen unterzubringen.

In diesem Sinn hat die Grimselbahn AG verschiedene Systeme der Parallelführung entwickelt und untersucht (siehe Abschnitt «Studie zur Systemwahl»). Abbildung 4 illustriert eines der in Betracht kommenden Systeme. Die Kabel liegen in einem Graben, der durch eine Leitmauer gegenüber der Bahn und einer allfälligen Entgleisung geschützt ist. Der Graben ist nach oben offen, so dass der Luftzug von Bahn, Thermik und Klima die Kühlung der Kabel gewährleistet. Die drei Kabel pro Leitungsstrang sind eng zusammengebunden, um die magnetische Feldstärke tief zu halten. Auf diese Weise können die einschlägigen Immissionsgrenzwerte – 100 Mikrottesla gemäss Verordnung über den Schutz vor



Abb. 4: Mögliches Konzept für die Parallelführung: Kabel in gebündelter Verlegung, Leitmauer, Gleis, Fluchtweg und Lüftungsrohr für Personen-Schutzräume (von links nach rechts).

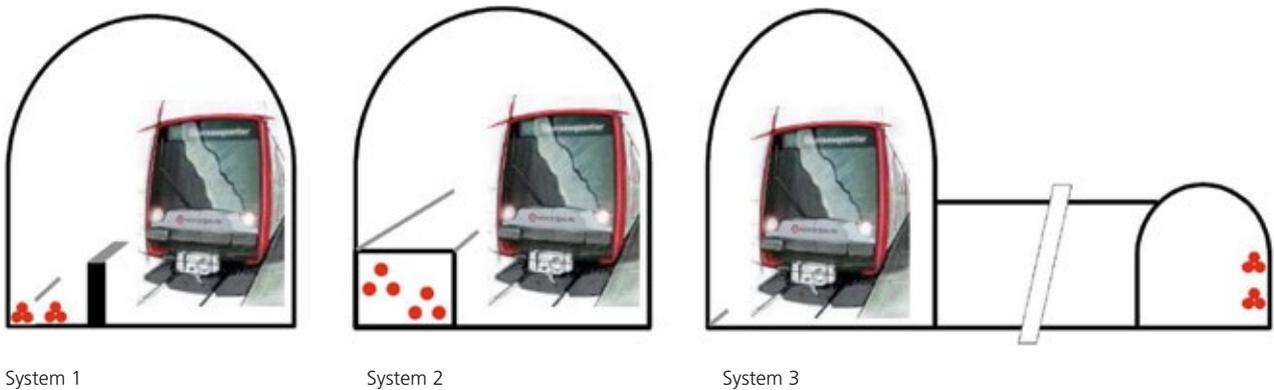


Abb. 5: Die drei in Betracht kommenden Systeme.

nichtionisierender Strahlung (NISV) – in den Bahnfahrzeugen ohne weiteres eingehalten werden. Um die Kurzschlusskräfte aufzunehmen, sind die Kabel in Abständen von ca. 5 Metern mit Briden am Boden festgeschraubt. Die Kabel-Verbindungs-muffen (3 Einheiten pro Strang, Durchmesser 0,5 m, Baulänge inkl. Kabeleinführung ca. 10 m) befinden sich in den baubedingten Nischen, die gut 40 Meter lang sind. Diese Nischen sind mit einer Mauer gegenüber der Fahrbahn abgetrennt.

Der Personenschutz ist gesichert

Die Bahnanlage mit fester Fahrbahn ist einspurig. Eine Kreuzungsstelle befindet sich unterirdisch im Abschnitt Innertkirchen – Guttannen, nahe Guttannen. Als Störfallereignis kommt ein Brandfall des Zugs in Betracht. Die Kabel selber stellen kein aktives Brandrisiko dar. Ein Autoverlad ist aus betrieblichen und wirtschaftlichen Gründen ausgeschlossen. Für die Personensicherheit im Brandfall sind die nötigen Vorkehrungen eingeplant. Im System gemäss Abbildung 4 handelt es sich dabei um geschlossene und separat belüftete Schutzräume im Abstand von 1,5 bis 2 Kilometern, verbunden mit einem Fluchtweg auf der den Kabeln gegenüberliegenden Seite. Unter dem Fluchtweg geschützt verläuft das Lüftungsrohr für die Schutzräume. Eine Brandlüftung unterstützt die Flucht und Evakuierung.

Studie zur Systemwahl

Die konkrete Ausgestaltung der Parallelführung von Bahn und Kabel war Gegenstand einer detaillierten Studie. Grundsätzlich kommen drei Systeme in Betracht:

1. Tunnel mit offener Kabellegung in einem geschützten Graben (oben besprochen).
2. Tunnel mit Unterbringung der Kabel in einem Beton-Rohrblock.
3. Tunnelanlage bestehend aus einem Haupt- und einem kleinen Nebenstollen. Die Kabel sind im Nebenstollen verlegt. Beide Stollen sind durch Querschläge in regelmäßigen Abständen miteinander verbunden.

Untersucht wurde, welches System nach technischen, sicherheitsrelevanten und betrieblichen Kriterien machbar und gleichzeitig auch kostengünstig ist. Dabei wurden folgende Aspekte betrachtet:

- Einhaltung der NISV-Grenzwerte für das Magnetfeld im Passagierraum.
- Elektromagnetische Verträglichkeit des Bahnsystems mit den Höchstspannungskabeln.
- Störfall-Auswirkungen der Kabel auf die Bahn.
- Schutz der Kabel gegen Einwirkung bei Entgleisung.
- Vorkehrungen bei einem Bahn-Brand.
- Verlegung und Befestigung der Kabel unter Berücksichtigung von Magnetfeld und Kurzschlusskräften.
- Ableitung der Verlustwärme der Kabel.

- Unterbringung der Muffen.
- Reparaturkonzept.
- Erdung unter Berücksichtigung von Kabelschirm-Behandlung, Bahnstrom-Rückführung, Berührungsspannungen und Magnetfeldkompensation.
- Kosten.

System 1 zeichnet sich durch die beste Synergie der beiden Infrastrukturen aus. Entsprechend liegen die Kosten dieses Systems am tiefsten. System 2 ist hinsichtlich Rohrblock eine vertraute Lösung. Der Rohrblock gewährt mechanischen Schutz, schränkt aber bezüglich Wärmeableitung der Kabel sowie Magnetfeldreduktion ein. Die Kosten liegen einige Prozente höher. System 3 schützt die beiden Infrastrukturen gegeneinander. Die baubedingten Querschläge zwischen den beiden Stollen dienen auch als Personenschutzräume – vom Nebestollen aus belüftet. Dank ausgeprägter Vorteile im Bauprozess (bei Spreng-Vortrieb) liegen die Kosten dieses Systems ebenfalls nur einige Prozente höher als bei System 1.

Die allgemeinen Anforderungen für eine sichere Parallelführung von linearen Infrastrukturen werden derzeit in einer Studie im Auftrag des Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) erarbeitet. Diese Studie soll Anfang 2019 vorliegen. Basierend auf diesen Ergebnissen will die Grimselbahn AG 2019 zusammen mit Swissgrid eines der Systeme für die weitere Bearbeitung auswählen.

Einige Kennzahlen

- ▶ Tunnellänge: 21,72 km, baulich in vier Abschnitte unterteilt.
- ▶ Steigung: unter 6 Prozent.
- ▶ Planungszeit: 4 bis 5 Jahre.
- ▶ Bauzeit: ca. 7 Jahre.
- ▶ Aushub: 1,2 bis 1,7 Mio. m³ Deponievolumen, kann direkt vor Ort gelagert werden.
- ▶ Kosten: Knapp 600 Mio. Franken für Tunnel mit Bahn und Strom.

