

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 112 (1994)  
**Heft:** 43

**Artikel:** Bahntechnik  
**Autor:** Moor, Rudolf  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-78541>

### **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:** 18.03.2025

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

## Alarmierung und Alarmauswertung

Grosse Bedeutung kommt der Alarmierung zu. Es ist eine Eigenheit bei Ereignissen, dass es immer recht lange geht, bis man sich ein genügend genaues Bild machen kann, was sich wirklich ereignet hat. Schon für die Betroffenen am Ort ist es schwierig, den Sachverhalt zu erkennen, erst recht noch für die Leitstelle, die Massnahmen ergreifen muss. Dem Alarm- und Meldesystem wie auch der Auswertung von Meldungen müssen besondere Beachtungen geschenkt werden. Schon das Entgegennehmen von Meldungen braucht eine geschickte Technik. Derjenige, der meldet, steht unter Stress und gibt möglicherweise unpräzise Darstellungen. Der Meldeempfänger muss deshalb nach einem vorbereiteten Schema gegenfragen und dafür besorgt sein, dass der Kontakt aufrechterhalten bleibt, entweder indem er Zeiten vereinbart oder den Melder bittet, am Apparat zu bleiben. Alarmierung, Meldewesen und Ereignisbetreuung müssen mit dem ortsfesten Bedienungspersonal und dem fahrenden Personal periodisch geübt werden. Ausserdem sind entsprechende einfache Merkblätter als Gedankenstütze zu erstellen.

## Gewaltsame Störungen des Bahnbetriebes

Sabotageakte, Bombendrohungen usw. bedürfen einer besonderen Massnah-

menplanung. Ereignisse dieser Art zielen in der Regel auf Effekt und können deshalb auch beachtliche Folgen haben. In enger Zusammenarbeit mit den Sicherheitskräften des Staates kann von Fall zu Fall ein geeignetes Vorgehen abgesprochen und teilweise auch vorbereitet werden.

## Ereignisdienste

Die Ereignisdienste werden die meisten Standorte im Tunnel per Schiene erreichen und ihre Geräte auf Eisenbahnwagen mitführen. Es ist davon auszugehen, dass sie personell aus Angestellten der Bahn, die in der Nähe des Tunnels ihre Arbeit verrichten, und aus Leuten der zivilen Ereignisdienste der Umgebung bestehen. Häufiges gemeinsames Üben ist die Voraussetzung für die Verlässlichkeit im Ernstfall. Die ortsfesten Einrichtungen im Tunnel für die Ereignisdienste sollen auch im normalen Betriebsgebrauch stehen, weil damit Gewähr besteht, dass sie im Ereignisfall funktionsfähig sind und auch richtig genutzt werden.

## Schutzräume

Die Frage, welche baulichen Einrichtungen für Schutzräume zur Verfügung gestellt werden sollen und wie sie auszurüsten sind, bedarf einer sorgfältigen Bearbeitung. Solche Räume und Einrichtungen dürfen nie zur Falle werden.

## Das richtige Mass an Massnahmen

Es gibt kein allgemein gültiges Mass, wieviel und welche Sicherheitsmassnahmen hinreichend sind. Auch in diesem Gebiet gilt das Mass der Verhältnismässigkeit. Dieses muss aber getragen sein von Sorgfalt und Verantwortungsbewusstsein. Nach meinem Dafürhalten ist der wesentliche Sachverhalt bei der Frage nach dem richtigen Mass an Massnahmen im Urteil des Deutschen Bundesgerichtshofes 1987 zum Vorfall Rheinweiler sehr treffend formuliert:

*«Eine mögliche Gefahr, die sich in einem Schadensereignis verwirklicht, ist erst dann haftungsbegründend, wenn sich vorausschauend für ein sachverständiges Urteil die nicht nur theoretische Möglichkeit ergibt, das Rechtsgüter anderer verletzt werden. Die Organe der Beklagten hatten und haben mithin diejenigen Sicherheitsvorkehrungen zu treffen, die sie nach dem jeweiligen Stand der Technik als verständige, umsichtige, vorsichtige und gewissenhafte Fachleute für das Eisenbahnwesen für ausreichend halten dürfen, um andere Personen vor Schäden zu bewahren, und die den Umständen nach zumutbar sind.»*

Adresse des Verfassers: Franz Kilchenmann, Unternehmensleiter, BLS AlpTransit AG, Bahnhofplatz 10A, 3011 Bern.

# Bahntechnik

**Wer schon die Gelegenheit gehabt hat, eine Baustelle für einen neuen Verkehrsweg während längerer Zeit zu verfolgen, dem ist vielleicht auch schon aufgefallen, dass es meist sehr lange dauert, bis es für das Auge sichtbar wird, was hier eigentlich entsteht. Brücken-, Damm- und Tunnelbaustellen verraten kaum, ob sie dereinst dem Strassen- oder dem Bahnverkehr dienen werden. Erst in der letzten Phase der Bautätigkeit werden Einrichtungen sichtbar, die für den jeweiligen Verkehrsträger typisch sind. Leitplanken machen für eine Eisenbahnstrecke ebenso wenig Sinn wie Fahrleitungsmasten für eine Autobahn. Die Ausrüstung – in unserem Fall die Bahntechnik – kommt im Bauablauf erst zuletzt, ist aber für die Funktionsfähigkeit in der Betriebsphase von entscheidender Bedeutung.**

## Begriff Bahntechnik

Zur Bahntechnik zählt man all jene Komponenten, die zum engern technischen System Eisenbahn gehören (siehe Kästchen).

Bei vielen Gebieten der Bahntechnik

handelt es sich um hochspezialisierte Bereiche mit ganz spezifischen Eigen-

VON RUDOLF MOOR, BERN

heiten, insbesondere im Bereich der Sicherungsanlagen.

## Komponenten der Bahntechnik

- Oberbau:**
  - Schienen,
  - Schwellen,
  - Weichen.
- Sicherungsanlagen:**
  - Gleisfreimeldeeinrichtung,
  - Signale,
  - Führerstandssignalisierung,
  - Stellwerke,
  - Weichenantriebe und Ueberwachungen.
- Telekommanlagen:**
  - Funk,
  - Telefon.
- Bahnstromanlagen:**
  - Fahrleitung,
  - Schaltanlagen auf 15-kV-Ebene.
- Elektrische Anlagen:**
  - Beleuchtungen,
  - 50 Hz Stromversorgungen in Tunnels,
  - Kabelanlagen.

## Anforderungen an die Bahntechnik

Die Anforderungen an die Bahntechnik werden letztlich weitgehend durch die Kundenwünsche definiert. Die Umsetzung der Kundenwünsche in Anforderungen an Kapazität, zulässige Geschwindigkeiten, Regelmässigkeit des Zugverkehrs usw. ist Sache des betrieblichen Bestellers. Weitere Anforderungen an die Bahntechnik gründen auf gegebenen und nur beschränkt beeinflussbaren klimatischen Bedingungen in Tunnels, Sicherheitskonzepten, Bedürfnissen der Erhaltung und selbstverständlich der Wirtschaftlichkeit.

Im folgenden werden diejenigen Anforderungen an die Bahntechnik näher erläutert, die in qualitativer oder quantitativer Hinsicht gegenüber den heutigen Massstäben bei den SBB auf einem sehr hohen Niveau liegen.

**Geschwindigkeit:** Die geforderte Reisegeschwindigkeit von 200 km/h für Reisezüge, bzw. 230 km/h für Züge mit besondern Eigenschaften ist zwar tiefer als die schnellsten in Europa bereits heute gefahrenen Geschwindigkeiten (320 km/h). Für eine Strecke mit ausgeprägtem Mischverkehr in einer gebirgigen Umgebung mit schwieriger Trassierung und einem ausserordentlichen Anteil an Kunstbauten liegt sie aber in einem Bereich, wo heute kaum Erfahrungen vorliegen.

**Mischverkehr:** Die Zusammensetzung der Züge ist gekennzeichnet durch ein Übergewicht relativ langsam (100 km/h bis 160 km/h) fahrender Güterzüge. Die Streubreite der gefahrenen Geschwindigkeiten ist gross (ca. 130 km/h). Die für den Verschleiss im Gleisbereich massgebende Bruttotonnage ist in Anbetracht der bei hohen Geschwindigkeiten geforderten Lagegenauigkeit sehr gross.

**Kapazität:** Die geforderte Kapazität von 300 Zügen pro Tag stellt besonders unter Berücksichtigung der Ausprägung des Mischverkehrs eine ausserordentliche Herausforderung an die Leitsysteme, die Sicherungsanlagen, die Bahnstromversorgung und insbesondere die Erhaltungsmethoden dar.

**Klimatische Bedingungen in Gotthardbasistunnel:** Das Klima im Gotthardbasistunnel ist gekennzeichnet durch hohe Temperaturen, hohe Luftfeuchtigkeit, hohe und teilweise rasch ändernde Windgeschwindigkeiten und wahrscheinlich Nebelbildung in Mischzonen. Die bahntechnischen Anlagen müssen wo möglich durch geeignete Disposition an Stellen mit günstigeren

Randbedingungen untergebracht werden oder so ausgelegt sein, dass die Verfügbarkeit trotz ungünstigem Klima genügend hoch bleibt.

**Erhaltung im Gotthardbasistunnel:** Die grösste Schwierigkeit für die Erhaltung im Gotthardbasistunnel ist die schlechte Zugänglichkeit zu den Komponenten der bahntechnischen Ausrüstung, die im Tunnel selbst untergebracht sind. Damit die gesamte Anlagenverfügbarkeit akzeptable Werte erreicht, drängen sich – neben einer geeigneten Disposition – bei vielen Anlagenteilen besondere Massnahmen auf, um die Funktionsfähigkeit bei einzelnen Ausfällen von Komponenten aufrecht zu erhalten.

**Anlagenverfügbarkeit in den langen Tunnels:** Eine geringe Störungsrate der wichtigen Komponenten der Bahntechnik trägt bei einer Hochgeschwindigkeitsstrecke – und besonders in langen Tunnels – ausserordentlich viel zur Gesamtsicherheit des Bahnbetriebes bei. Bereits das Steckenbleiben eines Reisezuges ist in einem langen Tunnel zumindest eine sehr unangenehme Sache. Trotz stark erschwelter Randbedingungen muss deshalb die gesamte Verfügbarkeit der für einen geregelten Zugbetrieb notwendigen Anlagen wesentlich höher liegen als heute üblich.

## Vorgesehene Technik in den wichtigsten Bereichen

Die hier beschriebene Technik ist jene Technik, die aus heutiger Sicht für den Einbau vorgesehen ist. Für die Kostenberechnung wurde bis jetzt ausschliesslich auf bereits bekannte Technik bei den SBB oder andern europäischen Bahnen zurückgegriffen. Verschiedene Vergleiche und Kontrollrechnungen haben gezeigt, dass die für den Einbau vorgesehene Technik nicht teurer ist als die heutige, für die Kostenberechnung verwendete.

## Signalisierung und Sicherungsanlagen

### Signalisierung

Heute übliche optische Signale wird es auf den AlpTransit-Neubaustrecken nicht geben. Alle für das Führen eines Zuges notwendigen Informationen werden auf den Zug übertragen und im Führerstand optisch dargestellt. Ein solches System nennt man Führerstandsignalisierung. Da auf dem Fahrzeug alle Daten vorhanden sind, ist es möglich, alle Handlungen des Lokführers vollständig zu überwachen und bei Fehlern Gegenmassnahmen, wie beispiels-

weise eine Schnellbremsung, einzuleiten. In gewissen Situationen, wie beispielsweise für Zielbremsungen, sind auch automatisierte Abläufe denkbar. Eine Führerstandsignalisierung und das Weglassen der optischen Signale bringt Vorteile in ganz verschiedenen Bereichen:

### **Sicherheit:**

- Keine Verwechslungsgefahr von Signalen,
- Vollständige Überwachung der Reaktionen des Lokführers,
- Keine nichtkontrollierten Fahrten.

### **Verfügbarkeit der Anlagen:**

- Weniger Erhaltungsaufwand,
- Wegfall von störungsanfälligen Komponenten (beispielsweise von Signallampen).

### **Kostengünstigere Anlagen und Rohbauten:**

- Kein Zwang zur Staffelbildung (um Verwechslungen auszuschliessen, müssen bei mehrgleisigen Strecken alle Signale auf der gleichen Höhe stehen) und damit einfachere Gleisanlagen,
- Gleislängen besser ausnutzbar (kürzere Durchrutschwege),
- Wegfall von störungsanfälligen und unterhaltsintensiven Schutzweichen.

**Einfache und übersichtliche Betriebsführung,** die nicht auf 100 Jahre Stellwerks Geschichte Rücksicht zu nehmen braucht.

Werden auf den Führerstand nicht nur die sicherheitstechnisch zulässigen Grenzgeschwindigkeiten übermittelt, sondern auch die für den betrieblichen Ablauf idealen, ergeben sich weitere Einsparungen durch Senkung des Energieverbrauchs und dadurch, dass die Energieversorgung auf kleinere Spitzen ausgelegt werden kann.

Für das technische System, auf dem die Führerstandsignalisierung basieren soll, ist das zurzeit in Entwicklung stehende europäische Zugsteuersystem ETCS (European Train Control System) vorgesehen. In den Nachbarländern Frankreich, Italien und Deutschland stehen seit längerer Zeit nationale Führerstandsignalisierungssysteme im Einsatz, die auch die schweizerischen Bedürfnisse weitgehend abdecken würden.

### Stellwerke

Als eigentliche Stellwerke auf der Sicherungsebene sind Rechneranlagen vorgesehen, wie sie bereits heute bei den SBB im Einsatz stehen (Siemens-Simis-C) oder in naher Zukunft in Betrieb kommen (Alcatel Elektra) werden. Die Automatisierungsebene (Leit-



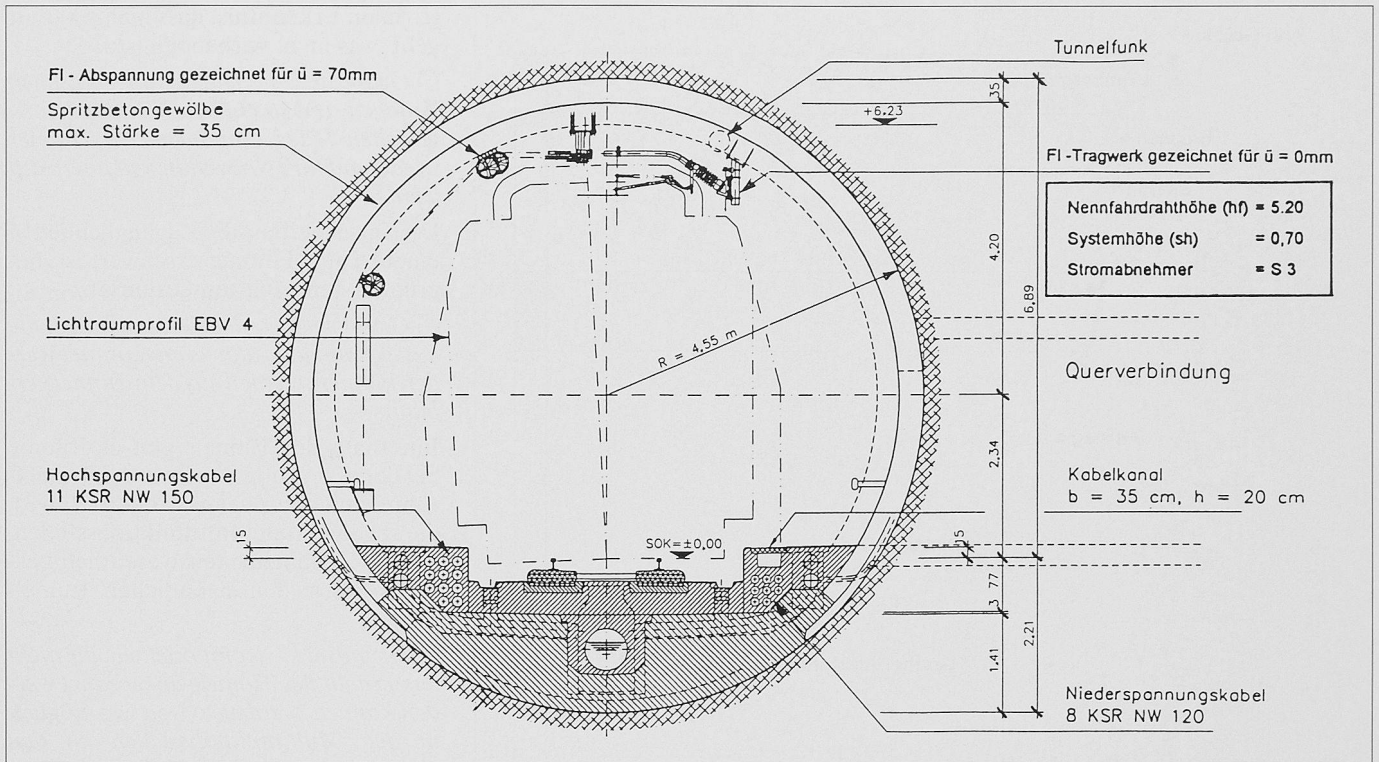


Bild 1. Fahrleitung im Gotthardbasistunnel

system) muss aufgrund völlig anders gelagerter Bedürfnisse weitgehend neu entwickelt werden. Dabei soll der Automatisierungsgrad erhöht werden, und die verschiedenen Bereiche der Bahntechnik sollen untereinander vernetzt werden. Alle Rechneranlagen werden vollständig redundant ausgeführt und geographisch so angeordnet, dass beim – sehr seltenen – Totalausfall einer Einheit immer nur ein Gleis der Doppelspur betroffen wird.

**Gleisfreimeldung**

Für die Gleisfreimeldung sind Achszähler in redundanter Ausführung vorgesehen. Die rechnergestützten Systeme erlauben das eindeutige Erkennen von Zählfehlern an einem Zählpunkt und gestatten bei voller Wahrung der Sicherheit die automatische Freigabe eines gestörten Gleisabschnittes, nachdem der nachfolgende Gleisabschnitt korrekt befahren worden ist.

**Fahrleitung und Bahnstromversorgung**

Eine Fahrleitung für hohe Geschwindigkeiten (bis 230 km/h) für den Einsatz im Freien steht heute bei den SBB bereits in Erprobung. Für die Doppelspurtunnels in den Abschnitten Süd und Nord ist eine angepasste Variante vorgesehen (Bild 1). Im Gotthardbasistunnel wird die Situation dadurch etwas schwieriger, dass der Unterwerksabstand durch gewisse Randbedingungen

weitgehend gegeben ist und die Fahrleitung deshalb für eine grössere Stromstärke ausgelegt werden muss. Das bedingt nicht nur die teilweise Neukonstruktion der Fahrleitung, sondern auch eine Anpassung der Lastschalter und weiterer elektromechanischer Elemente. Einspeisungen sind im Mittel etwa alle 20 km vorgesehen.

**Fahrbahn**

Auf den Streckenabschnitten im Freien ist eine klassische Fahrbahn mit Schotterbett, Betonschwellen und Schienen, Profil SBB VI, vorgesehen. Es handelt sich dabei um eine Bauart, die als europäische Standardbauart bezeichnet werden kann. In den Tunnels kommt eine schotterloser Oberbau zum Einbau. Sein Aufbau wird weitgehend demjenigen entsprechen, wie er sich bereits seit rund 20 Jahren im Heitersberg-tunnel und – weniger lang – unter anderem auch im Zürichberg-tunnel bewährte. Vor allem aus Gründen der Aerodynamik wird eine Konstruktion bevorzugt, die ohne Querstreben zwischen den Schienen auskommt. Die schotterlose Bauart ist zwar etwas teurer als der Schotteroberbau, zeichnet sich aber durch ausgesprochen geringen Unterhaltsbedarf und eine ausgezeichnete Lagegenauigkeit auch noch nach längerer Benutzungsdauer aus. Besonders in langen Tunnels hat ein geringer Unterhaltsbedarf sehr hohe Priorität. Die Bereiche mit den verschiedenen Bauarten der Fahrbahn zeigt Bild 2.

**Bahntechnik im Gotthardbasistunnel**

**Disposition der Anlagen und Grundsätze**

Das Anforderungsprofil an die Bahntechnik des Gotthardbasistunnels ist vor allem durch zusätzliche Forderungen aus zwei Bereichen geprägt:

- Erhaltung der Anlagen,
- Sicherheit der Reisenden und des Personals.

Die sich aus den Forderungen aus den zwei Bereichen ergebenden Konsequenzen für die Disposition der Anlagen der Bahntechnik gehen weitgehend in dieselbe Richtung. Sowohl für die Sicherheit wie auch für einen vernünftigen Erhaltungsaufwand ist es von grösstem Nutzen, wenn möglichst wenig Störungen und Ausfälle auftreten und die Störungsbehebung ohne Beeinträchtigung des Bahnbetriebes möglich ist. Die Forderung, die Störungsrate klein zu halten, und die Bedeutung des Konzepts für die Störungsbehebung erhalten durch die Wahl des Tunnelsystems ohne zusätzlichen Dienstunnel zusätzliches Gewicht. Die Grundsätze für die Disposition der bahntechnischen Anlagen im Gotthardbasistunnel sind deshalb stark durch die Störungsproblematik geprägt.

Der wichtigste konzeptionelle Grundsatz für die Bahntechnik im Gotthardbasistunnel ergibt sich aus der an sich

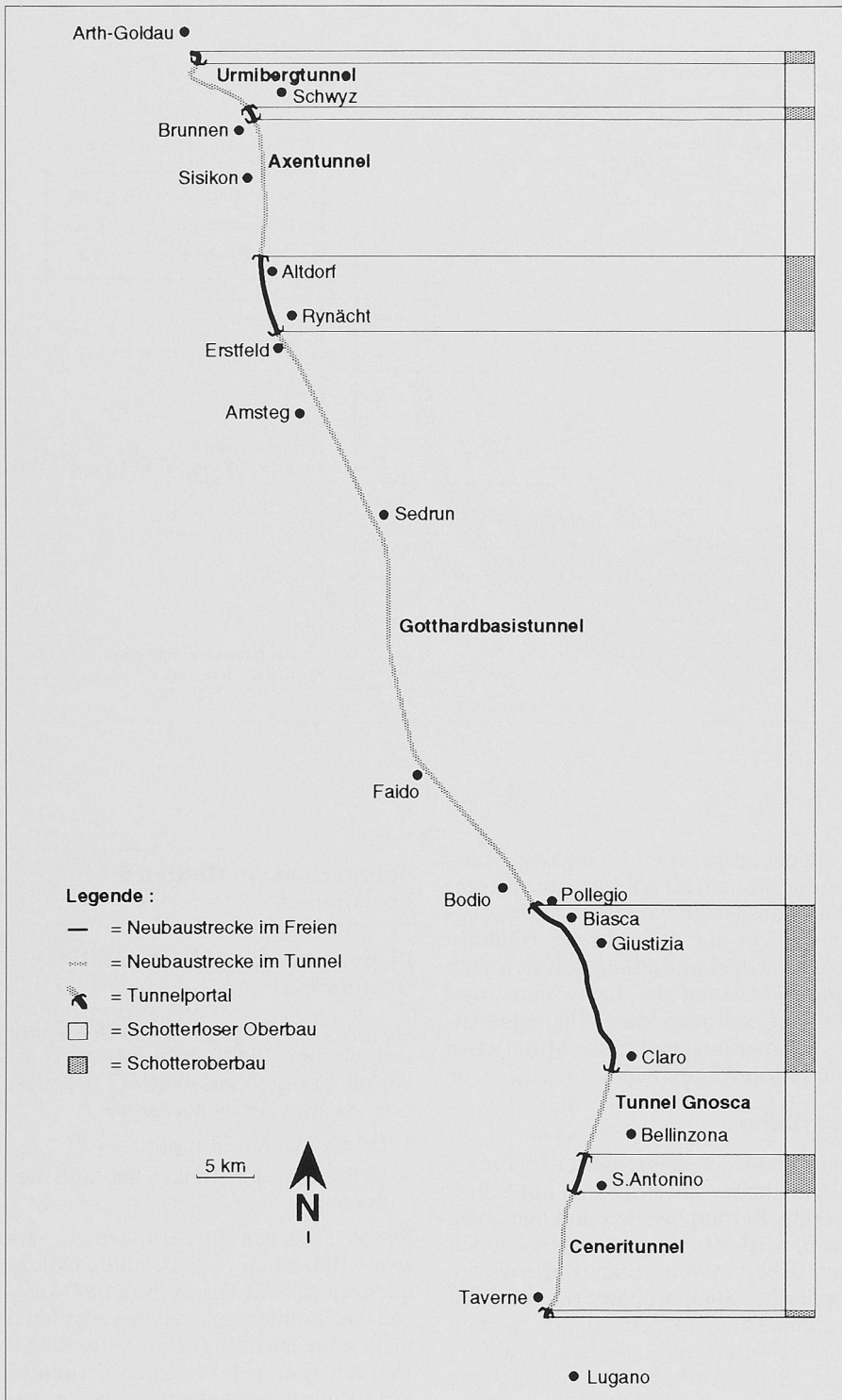


Bild 2. Übersicht über die Bereiche mit Schotteroberbau bzw. schotterlosem Oberbau der Neubaustrecke Gotthard (Basisvariante)

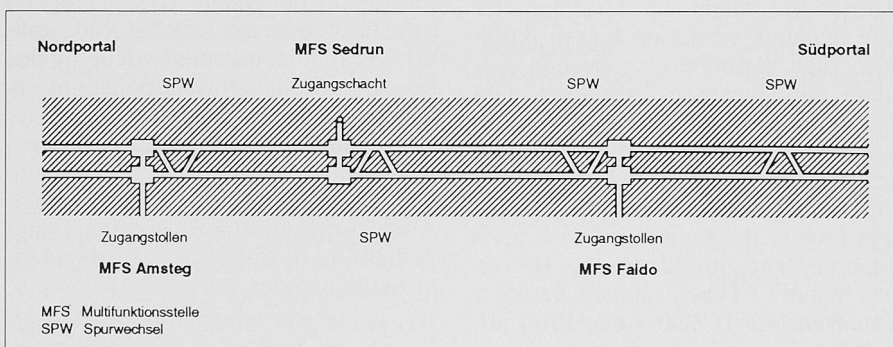


Bild 3. Räume im Gotthardbasistunnel

trivialen Erkenntnis, dass nichts kaputt geht, was nicht vorhanden ist:

□ Grundsatz 1: Die bahntechnischen Anlagen sind so einfach wie möglich zu gestalten. Jede Komponente muss immer wieder auf ihre Notwendigkeit überprüft werden.

Die Tatsache, dass die Zugänglichkeit in einem Tunnel immer erschwert ist, begründet den nächsten Grundsatz:

□ Grundsatz 2: Alle Komponenten, die ausserhalb des Tunnels angeordnet werden können, werden aus dem Tunnel verbannt.

Innerhalb des Tunnels gibt es Räume bei den Kreuzungspunkten der Tunnelröhren mit den Zugangsstellen (Bild 3), die sogenannten Multifunktionsstellen, wo die Zugänglichkeit wesentlich besser ist als in den eigentlichen Tunnelröhren:

□ Grundsatz 3: Komponenten, die nicht ausserhalb des Tunnels angeordnet werden können, werden so weit wie möglich in den Multifunktionsstellen an den Kreuzungspunkten der Tunnelröhren mit den Zugangsstellen untergebracht.

Die Multifunktionsstellen sind mit Strassenfahrzeugen – oder, im Fall von Sedrun, mit einem Lift – von aussen zugänglich. Sie weisen klimatisierbare Räume auf und dienen auch als Rettungsstationen. Neben den Multifunktionsstellen gibt es technische Räume bei allen Querverbindungen zwischen den beiden Tunnelröhren, die in einem Raster von 630 m bis 650 m angeordnet sind. Sie sind von beiden Tunnelröhren aus zugänglich:

□ Grundsatz 4: Technische Einrichtungen, die in Prozessnähe angeordnet werden müssen, werden in den technischen Räumen bei den Querstellen untergebracht. In den eigentlichen Tunnelröhren ist nur, was für den Bahnbetrieb dort zwingend notwendig ist (Gleise, Fahrleitung, Achszählpunkte, Einrichtungen der Führerstandssignalisierung) sowie Leitungen in Längsrichtung (Kabel, Erdleiter usw.).

### Massnahmen zur Verbesserung der Verfügbarkeit der Anlagen

Den grössten Beitrag zur Sicherheit kann die Bahntechnik durch eine sehr hohe Verfügbarkeit leisten. Hohe Verfügbarkeit ist gekennzeichnet durch wenig Störungen und Ausfälle, Wartungsfreundlichkeit, frühe Erkennbarkeit von sich abzeichnenden Störungen, Redundanz, Einfachheit und Überschaubarkeit der Systeme und Anlagen sowie durch effizienten und konzentrierten, vorbeugenden Unterhalt.

Einige dieser Punkte wurden schon im vorangehenden Kapitel erläutert. Eini-



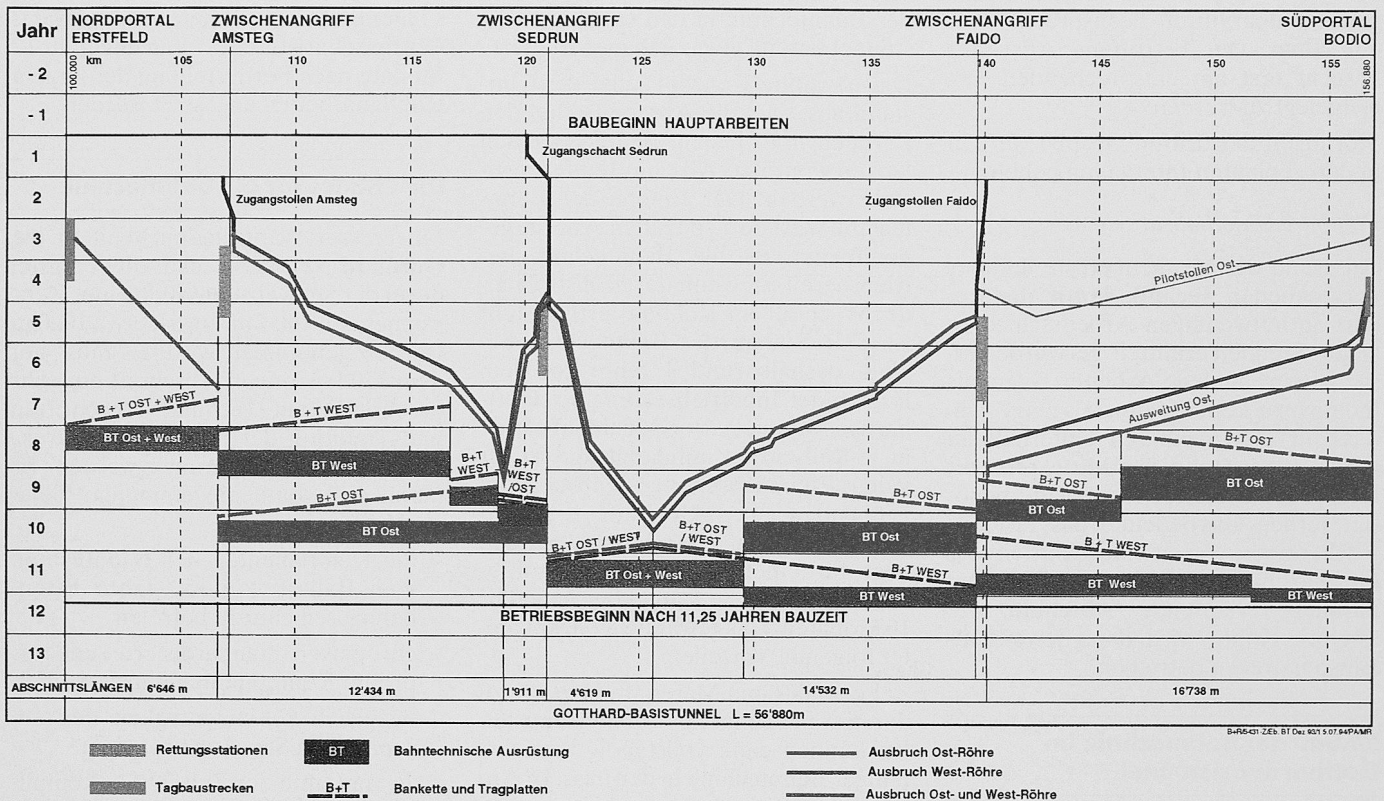


Bild 4. Vereinfachtes Bauprogramm Gotthardbasistunnel

ge weitere sollen hier konkretisiert werden:

Bei der Wahl der technischen Systeme haben die Kriterien «geringer Erhaltungsaufwand» und «wenig Verschleissteile» hohe Priorität.

Die für den Bahnbetrieb absolut notwendigen Anlagen werden, wo technisch sinnvoll, vollständig redundant ausgeführt. Dies betrifft vor allem die Sicherungsanlagen und die Einrichtungen der Stromversorgung.

Alle Anlagen werden für die beiden Tunnelröhren vollständig getrennt ausgeführt, so dass bei Ausfall oder Zerstörung der Anlagen der einen Tunnelröhre die jeweils andere voll funktionsfähig bleibt.

Anlagen mit Verschleissteilen werden mit automatischen Diagnoseeinrichtungen ausgerüstet (wie beispielsweise Weichen).

Erhaltungsarbeiten der verschiedenen Einrichtungen in einem Tunnelabschnitt werden so weit wie möglich zusammengelegt, um die Sperrzeiten klein zu halten.

Zur Verbesserung der Verfügbarkeit der Anlagen trägt auch ein akzeptables Tunnelklima bei. Insbesondere eine zu hohe Luftfeuchtigkeit ist in dieser Hinsicht sehr nachteilig. Es muss aber beachtet werden, dass die Möglichkeiten, das Tunnelklima künstlich zu beeinflussen, begrenzt sind, besonders dann, wenn auf aufwendige und selbst wieder

Unterhaltsaufwand verursachende Kühlungsanlagen verzichtet werden soll.

### Konzepte zur Anlagenerhaltung und Störungsbehebung

Ohne, dass hier auf die Gründe für die Wahl dieses Konzepts eingegangen wird, soll das wichtigste Prinzip der Anlagenerhaltung im Gotthardbasistunnel an den Anfang gestellt werden:

*Bei in Betrieb stehendem Tunnelabschnitt hält sich niemand in diesem Tunnelabschnitt auf, um Erhaltungs- oder Inspektionsarbeiten auszuführen. Wird im Tunnel gearbeitet, so wird der entsprechende Abschnitt stillgelegt.*

Dieses Prinzip hat einen wesentlichen Einfluss auf die zu erwartende Frist zwischen der Erkennung einer Störung bis zu deren Behebung. Wird jeden Tag ein Tunnelabschnitt während 8 Stunden für Erhaltungsarbeiten ausser Betrieb genommen, wie es in der ersten Bearbeitungsphase vorgesehen war, kann es 10 Tage dauern, bis ein Abschnitt in einem planmässigen Intervall das nächste Mal zugänglich ist. Die mittlere Dauer bis zu einer geplanten Intervention dauert 5 Tage. Die weitere Bearbeitung des Problems zeigte, dass bei vielen Störungen nicht so lange zugewartet werden kann.

#### Störungsbehebung

Aus Sicht der zur Behebung zulässigen Zeit lassen sich die Störungen in 3 Klassen einteilen:

Die Störung muss sofort behoben werden (vor allem mechanische Schäden an Schienen und Fahrleitung).

Die Störung wirkt sich leicht betriebshemmend aus, oder die Wahrscheinlichkeit des Ausfalls des redundanten Systems ist gross; die Behebung ist innert 24 Stunden angezeigt (beispielsweise Störungen an Sicherungs- oder Stromversorgungsanlagen).

Die Störungsbehebung ist nicht dringend (beispielsweise Leuchten, Komponenten mit ausreichender Redundanz).

Störungen der ersten Gruppe haben mindestens einen teilweisen nicht geplanten Betriebsunterbruch zur Folge. Es muss mit Verspätungen und Zugausfällen gerechnet werden. Die zulässige gesamte Häufigkeit solcher Störungen wurde aufgrund einer Analyse des heutigen Betriebsablaufes vorgegeben und auf die einzelnen Komponenten der Bahntechnik aufgeteilt. Es zeigte sich, dass mehrere heutige Standard-Komponenten verbessert werden müssen, um unter den Randbedingungen des Gotthardbasistunnels eine akzeptable Störungs- bzw. Ausfallrate zu erreichen.

Zur Behebung der Störungen der zweiten Gruppe wurde das organisatorische Mittel des Joker-Intervalls vorgeschlagen. Danach steht jeden Tag ein einstündiges Intervall im Gotthardbasistunnel zur Verfügung, das bei Bedarf durch die Unterhaltsdienste für drin-

gende Reparaturen beansprucht werden kann. Der betroffene Abschnitt braucht erst am entsprechenden Tag festgelegt zu werden.

Störungen der dritten Gruppe werden in den geplanten Intervallen behoben.

#### Planbare Unterhaltsarbeiten

Aufgrund der Mengengerüste und der vorgesehenen Technik wurde der Bedarf an notwendigen Arbeitsschichten zu je 8 Stunden ermittelt. Es wurde versucht, verschiedene Arbeiten so gut als möglich zu kombinieren. Es zeigt sich, dass für den planbaren Unterhalt im Gotthardbasistunnel im Mittel pro Jahr knapp 300 8-Stunden-Intervalle benötigt werden. Das bedeutet, dass fast jede Nacht einer von 10 Abschnitten des Gotthardbasistunnels gesperrt ist. Der parallel verlaufende Abschnitt der zweiten Röhre wird dann jeweils als Einspurstrecke betrieben.

#### Einbau der Bahntechnik im Gotthardbasistunnel

Der Einbau der Bahntechnik ist erst möglich, wenn der grösste Teil der Rohbauarbeiten abgeschlossen ist und rund 80% der Bausumme verbaut sind (Bild 4). Wegen der damit verbundenen grossen Zinslast und fehlender Einnahmen kommt einem raschen Einbau der Bahntechnik sehr hohe Bedeutung zu. In Erwägung der zu erwartenden logistischen Probleme wurde der Einbau

der Bahntechnik in den Gotthardbasistunnel bereits etwas genauer studiert.

Das gewählte Konzept nutzt den Umstand aus, dass die Abschnitte bei den Portalen im Rohbau wesentlich vor den letzten zentralen Abschnitten fertiggestellt werden. Der Einbau der Bahntechnik wird dort so früh in Angriff genommen, dass die Bahntechnik betriebsbereit ist, wenn der nächstfolgende Abschnitt im Rohbau fertiggestellt ist. Der Einbau der Bahntechnik beginnt deshalb rund 4 Jahre vor dem Beginn der Inbetriebsetzung des Gotthardbasistunnels. Der Bauablauf wurde in 15 Teilschritte aufgeteilt und ist für jeden Einbauabschnitt identisch. Die Einbaudauer pro Abschnitt ist abhängig von der Länge des Abschnittes und liegt für einen typischen Einspurabschnitt von 15 km Länge bei ungefähr 10 Monaten. Das gewählte Konzept bietet folgende Vorteile:

□ Personal- und Materialtransporte zu den tief im Tunnel gelegenen Baustellen können dank vollständig betriebsfähiger Bahntechnik in den äusseren Abschnitten effizient abgewickelt werden.

□ Die vorzeitige Inbetriebnahme der Bahntechnik auf den äusseren Abschnitten erlaubt bereits deren teilweise Erprobung und dient der Instruktion des Personals.

□ Der Einbauvorgang kann für die zeitkritischen zentralen Abschnitte aufgrund der Erfahrungen in den äusseren Abschnitten optimiert werden.

□ Der Beginn der Inbetriebsetzung des Gotthardbasistunnels kann ungefähr 10 Monate nach Fertigstellung der letzten Rohbauarbeiten angesetzt werden.

#### Die Chance für die Bahntechnik

Mit grosser Wahrscheinlichkeit ist die Gotthard-Neubaustrecke die längste, die in der Schweiz innerhalb eines Zeitraumes von 100 Jahren seit etwa 1920 in Betrieb genommen wird. Es muss auf dem 130 km langen Abschnitt nur sehr beschränkt auf Technik, Vorschriften und Tradition der bestehenden Strecken Rücksicht genommen werden. Es bietet sich somit die einmalige Gelegenheit,

- die Komponenten der Bahntechnik vom Ballast von 150 Jahre Eisenbahngeschichte zu befreien,
- europaweit standardisierte und erprobte Komponenten einzusetzen,
- bezüglich Geschwindigkeit den europäischen Stand zu erreichen,
- die im Laufe der Zeit immer komplizierter gewordene Technik auf die wesentlichen Aufgaben zu konzentrieren und
- damit einen gut kontrollierbaren, nach einfachen Grundsätzen geführten Eisenbahnbetrieb zu ermöglichen.

Adresse des Verfassers: Dr. R. Moor, Leiter Bahntechnik Alp Transit, Mittelstr. 43, 3030 Bern, Generaldirektion SBB, Bern.

## Autoverlad am Lötschberg

Verbindung N6/N9 als Rawil-Ersatz

**Nachdem die Rawil-Autobahn aus dem Nationalstrassennetz gestrichen wurde, bietet sich der Autoverlad am Lötschberg-Basistunnel als sinnvolle Ersatzlösung an. Kapazitätsmässig nimmt der Autoverlad einen bedeutenden Platz ein. Tunnelprofil und die Wahl der Bahnwagentypen wurden sorgfältig auf die Betriebsabwicklungen abgestimmt. Der Autoverlad am Basistunnel und am Scheiteltunnel ergeben zusammen ein Gesamtsystem.**

Die Lötschberg-Basislinie erfüllt drei Funktionen:

VON FRANZ KILCHENMANN,  
BERN

- Die Verbesserung der Transitinfrastruktur im Sinne einer Hochleistungsseisenbahnstrecke,

– Die direkte Bahnverbindung ins Mittelwallis,

– Die Verbindung der beiden Nationalstrassen N6 / N9 als Rawilersatz.

Der Bundesrat hat im Abstimmungs-büchlein zum NEAT-Referendum vom 27. September 1992 die Aufgabe des Rawilersatzes wie folgt definiert:

*«Autoverlad am Lötschberg. Der Lötschberg-Basistunnel bietet Ersatz für die aus dem Nationalstrassennetz gestrichene Rawil-Autobahn. Leistungsfähige Autozüge werden die Verladestationen Heustrich bei Spiez (N6) mit der N9 im Rhonetal verbinden und schaffen so für Automobilisten in jeder Hinsicht einen vollwertigen Ersatz. Für das Kandertal bringt der neue Tunnel eine umweltgerechtere Lösung, denn er entlastet es vom Strassenverkehr ins Wallis.»*

Aus der Rawilersatzaufgabe ergibt sich die Folgerung, dass im wesentlichen alles, was auf Nationalstrassen verkehren darf, muss verladen werden können. Beim heutigen Autoverlad am Lötschberg-Scheiteltunnel ist das nicht der Fall. Dort können Nutzfahrzeuge nur bis 3,4 m Höhe verladen werden, und ein doppelstöckiger Autoverlad wird nie möglich sein.