Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 86 (1968)
Heft: 19

Artikel: Gesamtausbau der Gotthardroute
Autor: Grob, Hans / Püntener, Peter / W.J.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-70034

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: 16.05.2025

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

Gesamtausbau der Gotthardroute

DK 656.1:656.2:624.19

Von Prof. **H. Grob** und **P. Püntener**, dipl. Ing., ETH, Zürich

Inhaltsangabe

Sowohl Bahn wie Strasse haben heute am Gotthard mit Schwierigkeiten zu kämpfen. Während für die Strasse in absehbarer Zeit eine neue Anlage zur Verfügung stehen wird, sieht die Bahn die Ergänzung der Gotthardstrecke durch einen Basistunnel noch in weiter Ferne. Eine Lösung am Gotthard, die den Ausbau beider Verkehrsträger umfasst, bringt grosse volkswirtschaftliche Vorteile. Leider aber enthält die offizielle Planung keine Gesamtlösung in diesem Sinn.

Anhand von drei Varianten werden die technischen und wirtschaftlichen Aspekte eines Gesamtausbaus des Gotthards untersucht. Als Planungsziel und als Zeitpunkt der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung dient das Jahr 1990. Der heutigen, offiziellen Strassenlösung (Variante B), die durch eine vierspurige Autobahn bis Göschenen bzw. Airolo und durch zwei belüftete Strassentunnel charakterisiert wird, werden die beiden Basistunnellösungen (Variante A und C) gegenübergestellt. Den Strassenverkehr übernimmt die sog. Rollbahn, ein vollautomatisch betriebenes Transportmittel, das mit Geschwindigkeiten von 125 bis 140 km/h verkehrt und im Gegensatz zum heutigen Autotransport jeglichen Komfort wie Verpflegungsmöglichkeiten, Telephonkabinen und Toiletten bietet. Der kombinierte Basistunnel erhält dank der vorgesehenen elektronischen Zugsteuerung eine sehr grosse Leistungsfähigkeit, so dass zwei Gleise dem Verkehr von Bahn und Strasse bis in weite Zukunft genügen werden. Um auch in verkehrsschwachen Zeiten lange Wartezeiten zu vermeiden, wird ein Mindestfahrplan von 20 Minuten garantiert. Die Fahrt von 53 km, davon 45 km im Tunnel, führt von Amsteg nach Pollegio. Mit Durchfahrtstaxen von Fr. 11.— bis 13.20 (je nach Variante und Berechnungsart) können sämtliche Kosten inkl. Verzinsung und Amortisation der Rollbahn gedeckt werden.

Diese günstige wirtschaftliche Grundlage gibt berechtigte Hoffnungen, dass die Rollbahn von einer privaten Gesellschaft gebaut und betrieben werden kann. Damit besteht die Gelegenheit, das Nationalstrassenbudget um 700 (Variante C) bis 1000 Mio Fr. (Variante A) zu entlasten, obgleich auch bei diesen beiden Varianten eine Nationalstrasse über den Gotthard vorhanden sein wird und bei der Variante C sogar noch ein Strassentunnel von Göschenen nach Airolo gebaut wird. Die Baukosten der Strasse plus die kapitalisierten Jahreskosten fallen bei den Lösungen mit Basistunnel um 1100 Mio Fr. (Variante A) bzw. 800 Mio Fr. (Variante C) tiefer aus als bei der offiziellen Lösung (Variante B). Dazu kommt noch, dass der heutige geplante Ausbau der Gotthard-Strassenverbindung infolge Fehlens einer Kriechspur (Lastwagen!) eine geringere Leistungsfähigkeit aufweist als die Varianten mit Rollbahn und dass die Nationalstrasse Erstfeld—Biasca drei bis fünf Jahre später in Betrieb genommen werden kann.

Einleitung

Im letzten Sommer ist der Strassentunnel Göschenen—Airolo dank den Einsparungen an Baukosten im übrigen Nationalstrassennetz in das von der «Kommission Hürlimann» aufgestellte Programm aufgenommen worden. Der Bau soll 1969 begonnen werden. Bei diesem Entscheid waren politische und gefühlsmässige Gründe ausschlaggebend. Technische und namentlich finanzielle Argumente hatten zurückzutreten, und dementsprechend fand unsere allerdings etwas spät vorgetragene Anregung eines Autoverlades durch einen Basistunnel [1]) keine Berücksichtigung mehr.

Die heutige Planung am Gotthard umfasst nur einen Ausbau der Strassenverbindung; der andere wichtige Verkehrsträger, die Bahn, geht dabei leer aus. Die Wichtigkeit einer gemeinsamen Lösung wurde von der «Studiengruppe Gotthardtunnel» wohl erkannt; auf Seite 20 ihres Berichtes ist nämlich zu lesen: «Die Zusammenarbeit von Strassen- und Bahnplanung hat auch noch den Vorteil, dass bei Schiene und Strasse das Verständnis dafür geweckt wird, dass es sich am Gotthard bei beiden Verkehrsträgern um wahrhaft nationale Probleme handelt und dass beide einer Lösung harren.» Im Vorschlag der Studiengruppe aber war keine Rede mehr von der eingangs postulierten Behandlung des Gotthardproblemes als Ganzes; die Kommission hatte dazu auch gar keinen Auftrag. Bei der jetzigen Alpenbahnkommission besteht wieder die Gefahr der Einseitigkeit, indem nur Belange der Eisenbahn abgeklärt werden, der gesamtwirtschaftliche Aspekt aber verloren geht. Ferner ist zu berücksichtigen, dass seit der Ausarbeitung des Gotthard-Berichtes auf dem Gebiete des Schienenverkehrs grosse Fortschritte zu verzeichnen sind, welche erst die von uns vorgeschlagenen Lösungen ermöglichen.

Es ist für uns ein ernstliches Anliegen, bevor der vom Strassenprogramm vorgezeichnete Weg unbesehen weiter verfolgt wird, unsere Vorschläge zu einem rationellen Gesamtausbau der Gotthardroute vorzutragen; wobei es uns keineswegs darum geht, bereits beschlossene Bauwerke zu verzögern. Die Verfasser haben drei Varianten untersucht. Die erste davon, Variante A, ist im wesentlichen ihr letztjähriger Vorschlag. Sie kommen auf diese Lösung zurück, weil man sie als Vergleichsbasis braucht, und weil die ganzen Grundlagen an ihr erarbeitet wurden. Ihr wird die offizielle, als reine Strassenlösung geplante Variante B gegenüber gestellt, deren erheblich schlechtere Wirtschaftlichkeit durch die neuen Studien der Verfasser bestätigt wird. Was wir aber zum besonderen Studium empfehlen möchten, ist die Variante C, eine Kombination der beiden ersten Lösungen, welche durch die gegenwärtigen Bauvorhaben nicht berührt wird und daher noch alle Aussichten auf Verwirklichung haben dürfte.

Die Kostenangaben sind Schätzungen und daher mit Unsicherheiten behaftet, auch wenn sie auf den besten gegenwärtig erhältlichen Unterlagen beruhen. Die Kostendifferenzen zwischen den Varianten sind aber von einer solchen Grössenordnung, dass Ungenauigkeiten der Rechnung weitgehend verschwinden.

Wir möchten allen Instanzen, Firmen und privaten Fachleuten [2]) des In- und Auslandes, die den Verfassern mit Rat und Tat zur Seite standen, unseren besten Dank aussprechen; nur mit ihrer Hilfe war es möglich, die komplexe Aufgabe zu bewältigen.

Die Verfasser und die Redaktion

[1]) Autotunnel: Selbstfahren oder rollende Strasse? Von Prof. *H. Grob*, SBZ 1967, Heft 17, Seite 297.

[2]) Unter diesen verdient es einer, namentlich erwähnt zu werden: Ingenieur *Eduard Gruner*, Basel, seit 20 Jahren der Pionier des Basistunnel-Gedankens. Leider hatten wir den Mut nicht, sein uns im Frühling 1947 angebotenes Manuskript zu veröffentlichen, so dass er es am zweiten Kongress für unterirdischen Städtebau im August 1948 in Rotterdam vortrug, wo es unter dem Titel «European Divide Traffic Tunnel» als Nr. II/9 gedruckt wurde. In der Schweiz erschien seine Projektidee erstmals im «Prisma», Nr. 4, August 1947, zum 75. Jubiläum des Baubeginns am Gotthardtunnel, und hernach in der «Schweiz. Allg. Volkszeitung», Zofingen, am 25. September 1948. Um so wichtiger scheint es uns, hier die Priorität von Kollege Gruner heute noch festzuhalten und ihn zu seinem beharrlichen Kampf zu beglückwünschen. *W. J.*

Kann heute noch über einen Gotthard-Basistunnel diskutiert werden?

Die Tatsachen der letzten Jahre lehren uns, dass der Verkehr am Gotthard auf der Strasse und Schiene weiter zunehmen wird. Deshalb muss der Bau des Basistunnels beförderlichst vorangetrieben werden. Die Befürworter von Schiene und Strasse sollen ihre Anstrengungen koordinieren, um eine gemeinsame Lösung zu finden. Der von den Bundesbehörden bisher gutgeheissene Ausbau der Gotthardstrecke trägt den lokalen Interessen Rechnung, womit die Widerstände gegen die technisch konsequente Lösung schwinden. Damit ist der Weg freigegeben für die sachliche Diskussion des Gotthard-Basistunnel-Projektes, das eine Gesamtkonzeption am Gotthard sein soll.

Ständerat Werner Jauslin, dipl. Ing. ETH

Kap. I. Ausgangslage

1. Gotthard-Strassenverbindung

Seit dem Zweiten Weltkrieg weist der Gotthard dank seiner verkehrstechnisch günstigen Lage eine grosse Verkehrssteigerung auf. Der Ausbau des Passes und der Rampen vermochte aber nicht mit der starken Entwicklung Schritt zu halten.

Die Zunahme des Verkehrs betrug in den Jahren 1963/67 total 30 %; in der gleichen Zeitspanne verzeichnete der Pass nur eine Erhöhung von rund 8 %, während sich der Autoverlad um mehr als 80 % steigerte (Tabelle 1). Daraus geht klar hervor, dass die Passstrasse ihre Kapazitätsgrenze erreicht hat; das wird auch durch die bescheidene Zunahme des Spitzenverkehr bewiesen. Der Gotthard hat seinen ursprünglichen Charakter als Touristenstrasse mit dem prozentual hohen Anteil der Stundenbelastung am durchschnittlichen täglichen Verkehr (20—40 %) vollständig verloren. Eine wesentliche Erhöhung des Verkehrs an den Spitzenstunden ist nicht mehr möglich; daraus ergeben sich Rückstauungen mit endlosen Kolonnen und Belastungen, die während Stunden gleich hoch sind; oft sogar hält der Fahrzeugstrom mit unverminderter Stärke auch über die Nachtzeit an. Der heutige Zustand am Gotthard darf aus diesen Gründen nicht Ausgangspunkt sein für künftige Verkehrsprognosen; das würde ein falsches Bild ergeben.

Der neueröffnete *San-Bernardino-Strassentunnel* hat dem Gotthard eine willkommene Entlastung gebracht. Ein Teil des potentiellen Gotthardverkehrs ist bereits auf den bündnerischen Alpenübergang ausgewichen. Das dauert aber nur solange, als der Bernardino nicht selber verstopft ist. Die Gefahr einer Überlastung besteht nämlich bereits heute schon. Einmal ist die Route nur als zweispurige Nationalstrasse ausgebaut und zum andern wird der Schwerverkehr zu einem ernsthaften Problem werden. Zurzeit gibt das Fehlen von Gebühren dem Bernardino eine besondere Anziehungskraft; die allfällige Einführung von Benützungstaxen und die Überprüfung der Tarifpolitik am Gotthard durch die SBB könnten das Bild wieder ändern.

Ein neu ausgebauter Gotthard wird dank seiner verkehrstechnisch günstigeren Lage, seiner tieferen Kulmination und seinem besseren Ausbaustand den vom Bernardino abgezogenen Verkehr wieder zurückgewinnen und ausserdem noch zusätzlichen anziehen. Zum Beispiel wird die Strecke Zürich—Bellinzona über den Gotthard zwischen 53 und 67 km (je nach Variante) kürzer sein als via Bernardino.

Der Ausbau des Gotthards ist beschlossene Sache. Die Strasse über den Pass wurde bereits am Anfang ins Nationalstrassennetz aufgenommen, später kam noch der belüftete, zweispurige Strassentunnel Göschenen—Airolo hinzu. Ein Teil der Nordrampe (Amsteg—Wassen) ist als vierspurige Autobahn im Ausbau begriffen; die doppelt so lange Südrampe befindet sich noch im Stadium der generellen Projektierung. Mit den Arbeiten am Autotunnel soll 1969 begonnen werden.

Auch nach Beendigung der heute geplanten Bauwerke ist der Ausbau des Gotthards keineswegs abgeschlossen, früher oder später wird eine Ergänzung nötig sein; das wird selbst von offiziellen Stellen bestätigt. Nach der «Botschaft des Bundesrates an die Bundesversammlung über die Ergänzung des Nationalstrassennetzes durch einen Strassentunnel unter dem Gotthard» vom 22. Dezember 1964, Seite 32, wird die Kapazität des Tunnels und des Passes 1990 erschöpft sein. Eine neue internationale Alpenverbindung sollte auch bei geschlossener Passstrasse einen allfälligen Spitzenverkehr bewältigen können; der nur rund 1600 Fahrzeuge pro Stunde schluckende Autotunnel wird dazu aber bereits kurze Zeit nach Eröffnung nicht mehr in der Lage sein. Dass sich eine Erweiterung der Gotthardpassage schon in absehbarer Zeit aufdrängt, ist schon aus dem Umstande ersichtlich, dass die Zufahrten bis zu den Portalen des Autotunnels vierspurig (plus zwei Spuren Kantonsstrasse = total sechs Spuren) gebaut werden sollen, obwohl sie vorläufig gar nicht voll ausgenützt werden können. Wollte man den Tunnel auf längere Sicht nur zweispurig belassen, so könnte im Bereich des Gotthards ebenfalls nur eine zweispurige Nationalstrasse vertreten werden, alles andere würde eine Überinvestition bedeuten, die bei der heutigen Finanzlage nicht verstanden würde.

Wie dürfte nun diese Ergänzung aussehen? Nach Aussagen von Politikern soll es ein zweiter Strassentunnel sein. Wir möchten einen andern Vorschlag machen.

Tabelle 1. Entwicklung des Gotthard-Strassenverkehrs

	Total	Passfahrt	Bahnverlad	
1963	1 115 050	783 500	331 550	Fahrzeuge
1964	1 162 560	787 900	374 660	»
1965	1 354 880	903 690	451 190	»
1966	1 383 350	809 370	573 980	»
1967	1 446 860	847 670	599 190	»
Zunahmefaktor 1963/67	1,30	1,08	1,81	

2. Gotthardbahn

Die Gotthardbahn weist mit Abstand den grössten Verkehr aller in- und ausländischen Alpenbahnen auf. 1966 erreichte der Transitgüterverkehr durch den Gotthard 6,4 Mio t (gegenüber 1,7 Mio t am Simplon). Bild 1 gibt die Entwicklung auf der Gotthard-Nordrampe in den letzten Jahren wieder. Die Zunahme des Verkehrs betrug seit 1950 mehr als 270 %.

Obwohl die Gotthardlinie für damalige Verhältnisse sehr grosszügig erbaut wurde, mehren sich mit steigendem Verkehr die Schwierigkeiten auf der Bergstrecke. Der Gotthardtunnel selber weist noch eine erhebliche Leistungsreserve auf, die Kapazität der Zufahrtsrampen ist aber voll ausgeschöpft. Die Unterhaltsarbeiten gestalten sich infolge der starken Belegung äusserst schwierig und kostspielig; die Steigung und die engen Radien verursachen einen grossen Verschleiss an Schienen, Fahrleitung und Lokomotiven. Zudem verschlingt die Schneeräumung horrende Summen.

Eine weitere Steigerung der Leistungsfähigkeit der Gotthardrampen wäre durch die Ausrüstung aller Stationen mit Zwischenperrons mit schienenfreien Zugängen, durch die Unterteilung der Blockstrecken und durch den Einbau von Spurwechselanlagen wohl noch zu erreichen. Die Anwendung eines Linienleiters wäre zusätzlich noch zu erwägen. Diese Änderungen verursachen Kosten in der Grössenordnung von 200 Mio Fr. Es stellt sich aber die Frage, ob die Bahn diese hohen Investitionen tätigen soll oder ob sie nicht besser diese Summe für eine neue Alpenverbindung verwenden will.

Die «Studiengruppe Gotthardtunnel» war der Auffassung, dass als Ergänzung der heutigen Gotthard-Bergstrecke der Bau eines Eisenbahn-Basistunnels von Amsteg bis Giornico in Aussicht genommen werden sollte. In der Folge wurde die «Kommission Eisenbahntunnel durch die Alpen» ins Leben gerufen, die sämtliche Alpenbahnprojekte zu prüfen hat. Es ist nicht Aufgabe dieses Aufsatzes, eine Untersuchung über die Alpenbahnfrage anzustellen, wir möchten aber doch einige Gesichtspunkte anführen:

— Eine neue Alpenbahn ist für unser Land zur Verteidigung seiner internationalen Bedeutung als «Drehscheibe Europas» von grosser Wichtigkeit. Dadurch könnte die Attraktivität der Bahn auf dem ganzen Netz der SBB und der angrenzenden ausländischen Bahnen gesteigert werden.

— Zugegeben, die Gotthard-Eisenbahnbasislinie schafft keine neue Verbindung, sondern hebt die Leistungsfähigkeit der bestehenden. Die Verkehrsprognosen haben aber ergeben, dass die Bedürfnisse der Bahn mit dem Bau des Gotthard-Basistunnels vollauf befriedigt werden können. Der Wegfall der Steigung ermöglicht den Einsatz viel schwerer Züge; dadurch bleibt

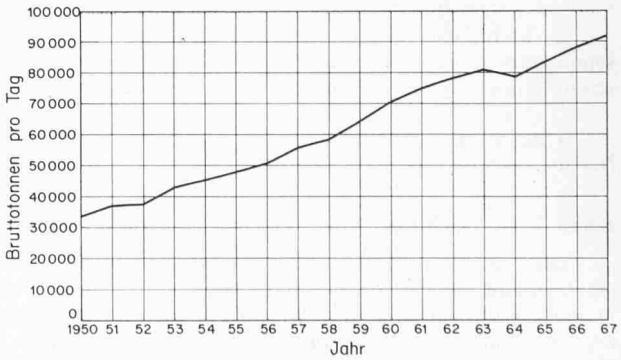

Bild 1. Entwicklung des Eisenbahnverkehrs am Gotthard (Strecke Wassen—Göschenen—Wassen)

die Zugszahl im Jahre 1990 von der gleichen Grössenordnung wie heute.

— Das Netz der Bundesbahnen war seit jeher «gotthardorientiert». Der sukzessive Ausbau der Transitlinie Basel—Chiasso kostete seit 1954 rund 750 Mio Fr. Der Nutzen dieser hohen Investitionen fiele beim Bau einer andern Alpenbahn wenigstens teilweise dahin.

— Die Anlagekosten der Gotthard-Eisenbahnbasislinie belaufen sich auf rund 1390 Mio Fr. (heutige Preisbasis, mit Bauzinsen); die jährlichen Kosten für Unterhalt, Erneuerung, Verzinsung und Amortisation ergeben die Summe von über 70 Mio Fr. Das zeigt die ganze Problematik der Alpenbahnfrage. Die Bahn kann die riesigen Baukosten, ob es sich nun um den Gotthard-Basistunnel oder um eines der andern, noch viel teureren Projekte handelt, nie aufbringen. Der Bund kann es in der heutigen Lage auch nicht. Zudem sind die Jahreskosten dermassen hoch, dass sie sich für die Bahn nicht bezahlt machen. Wir sind der Auffassung, dass — wie der Entscheid der Kommission auch ausfallen mag — in Sachen neuer Alpenbahnen lange Zeit nichts geschehen wird, weil einfach das wirtschaftliche Fundament dazu fehlt.

— Die verkehrstechnischen und topographischen Gegebenheiten am Gotthard drängen den Bau und Betrieb einer gemeinsamen Anlage für Bahn und Strasse auf. Eine kombinierte Lösung bietet am ehesten Gewähr für eine baldige Verwirklichung der neuen Alpenbahn und für eine schnelle, sichere und wirtschaftliche Strassenverbindung.

Kap. II. Beschreibung der Varianten

1. Allgemeines, Annahmen, Voraussetzungen

1.1 Gesamtlösung am Gotthard

Die vorliegende Untersuchung behandelt das Gotthardproblem sowohl für die Schiene als auch für die Strasse. Für die Varianten A und C ist es Bedingung, dass die neue Alpenbahn durch den Gotthard gebaut wird. Die Variante B liesse auch die Verwirklichung eines andern Projektes zu; es wurde aber trotzdem der Bau des Gotthard-Basistunnels in Rechnung gesetzt, da es sich um das billigste Projekt handelt. Bei der Wahl einer andern Alpenverbindung wäre der finanzielle Unterschied der Variante B zu den Varianten A und C noch viel grösser.

1.2 Planungsziel, Verkehrsprognose der Strasse

Als *Planungsziel* und als *Zeitpunkt der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung* wird das Jahr 1990 gewählt und zwar aus folgenden Gründen:

— Eine Zeitspanne von 20 Jahren lässt sich einigermassen überblicken und dient normalerweise als Projektierungsbasis.

— Die Verkehrsprognosen der Bahn lauten auf diesen Zeitpunkt.

— Die Bahn muss bis spätestens 1990 eine neue Alpentraversierung in Betrieb nehmen können, gleichgültig ob es sich um die Gotthard-Basislinie oder um einen anderen Alpendurchstich handelt.

— Der Totalausbau der Gotthard-Strassenverbindung wird bis 1990 gefordert oder zumindest gewünscht.

Für die Wirtschaftlichkeitsrechnung des Jahres 1990 wird der Vollausbau für Bahn und Strasse als beendet angenommen. Ob dies tatsächlich zutreffen wird, sei dahingestellt. Würde man dazu einen späteren Zeitpunkt wählen, so ergäben sich noch grössere finanzielle Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten. *Das Planungsziel 1990 darf deshalb nicht als festes Datum angesehen werden. Der damit gemeinte Zustand kann je nach Entwicklung von Verkehr und Ausbau früher oder später erreicht werden.*

Um eine genaue *Verkehrsprognose für den Strassenverkehr* aufzustellen, müssten u. a. folgende Punkte berücksichtigt werden:

— Starke Zunahme des Schwerverkehrs, der sich bis heute nicht entwickeln konnte.

— Starke Steigerung des Wochenendverkehrs.

— Abwanderung von der Bahn auf die Strasse.

— Erreichen der Vollmotorisierung in den nächsten Jahrzehnten. Dabei sind die Schweiz und das Ausland zu betrachten.

— Flachere Zunahme des Ferienverkehrs nach Italien wegen «Übervölkerung»; Wahl anderer Ferienländer.

Bild 1a. Entschigtal—Laui; Gleis Wassen—Gurtnellen verschüttet

— Vergrösserung des Winterverkehrs durch Garantierung der «Wintersicherheit».

— Entwicklung des zurzeit noch bescheidenen innerstaatlichen Verkehrs zwischen der Süd- und Nordschweiz.

Es soll noch erwähnt werden, dass man auf den italienischen Autobahnen in zehn Jahren eine Vervierfachung des Verkehrs erwartet, was natürlich auch Auswirkungen auf unser Land haben wird.

Es würde hier zu weit führen, den künftigen Verkehr genau zu analysieren. Wir konnten uns aber auf die Verkehrsprognose für das Jahr 1980 des Schlussberichtes der «Studiengruppe Gotthardtunnel» vom September 1963 stützen. Zur Bestimmung des Verkehrs im Jahre 1990 wurde eine lineare Verkehrsentwicklung angenommen.

An der Prognose des Schlussberichtes wurden noch zwei kleine Änderungen vorgenommen. Einmal hat man damals keinen *Neuverkehr* berücksichtigt. Eine neue Gotthardroute wird aber zusätzlichen Verkehr anziehen, der hier mit 15 % des Verkehrs von 1980 in Rechnung gesetzt ist. Zum zweiten wird der *Anteil des Schwerverkehrs* am gesamten Jahresverkehr von der Studiengruppe mit 9 % veranschlagt. Neuste Erhebungen aus dem In- und Ausland zeigen, dass diese Annahme zu tief ist. Der motorisierte Güterverkehr (also ohne Cars) erreichte im Jahre 1965 auf den deutschen Autobahnen im Durchschnitt 23 %. Unserer Untersuchung liegt ein Schwerverkehrsanteil von 12 % zugrunde, was wohl immer noch etwas zu tief ist.

Der Anteil des *Winterverkehrs* am gesamten Jahresverkehr stieg in den letzten Jahren zusehends. Anfangs der sechziger Jahre betrug er noch rund 12 %, 1967 aber bereits 17,2 %. In der Verkehrsprognose ist er mit 20% eingesetzt, er könnte aber zumindest bei einem tiefliegenden Tunnel auch erheblich grösser sein.

Bild 2. Schwerverkehr auf einer japanischen Expressstrasse. Auf dem Nagoya-Kobe Expressway schwankt der Anteil des Schwerverkehrs zwischen 39,8 % (Toyonaka) und 67,2 % (Ritto)

Für das Jahr 1990 lässt sich aus den Angaben der Studiengruppe für den Gotthardverkehr im Schnitt Hospental S (Tunnel und Pass) folgender Wert errechnen:

Jahresmittel 1980 nach Schlussbericht (ohne Neuverkehr) 8500 Fz/Tag		
Zunahmefaktor 1980/90 1,32		
Jahresmittel 1990 (ohne Neuverkehr)		11 200 Fz/Tag
Neuverkehr von 1980 (15 % von 8500)	+	1 300 Fz/Tag
Jahresmittel des Gotthardverkehrs 1990		12 500 Fz/Tag

Für die Variante mit Strassentunnel Göschenen—Airolo ergibt sich gemäss Schlussbericht im Sommerhalbjahr folgende Belegung der einzelnen Teilstrecken:

Schattdorf—Amsteg	100 %	
Amsteg—Wassen	99 %	
Wassen—Göschenen	95 %	
Göschenen—Andermatt	24 %	Transit 69 %
Andermatt—Hospental	28 %	Transit 69 %
Hospental—Mätteli	8 %	Transit 69 %
Mätteli—Motto Bartola	6 %	Transit 69 %
Motto Bartola—Airolo	9 %	Transit 69 %
Airolo—Piotta	80 %	
Piotta—Rodi	83 %	
Rodi—Lavorgo	88 %	
Lavorgo—Biasca	99 %	

Die 69 % Transitverkehr zwischen Göschenen und Airolo verteilen sich auf Tunnel und Pass. Mit diesen Angaben lassen sich aus dem zahlenmässig errechneten Gotthardverkehr (Schnitt Hospental) auch die Sommer- und Wintermittel des Jahres 1990 der verschiedenen Streckenabschnitte ermitteln (Tabelle 2). Das geplante Nationalstrassennetz und die bestehenden Hauptstrassen vermögen die genannten Verkehrsmengen aus dem Mittelland und der Poebene heranzuführen.

Je nach Attraktivität der Varianten dürfte auch die Verkehrsmenge variieren. Man kann sich zum Beispiel leicht vorstellen, dass ein Basistunnel auf 500 m ü. M. mehr Strassenverkehr im Winter anziehen wird als ein Strassentunnel auf 1100 m ü. M. Solche Überlegungen wurden nicht berücksichtigt, sondern alle Varianten beruhen auf den gleichen Verkehrsmengen.

1.3 Leistungsfähigkeit und maximale Ausbaufähigkeit

An die Strassenanlagen werden bezüglich *Leistungsfähigkeit* für das Planungsziel 1990 folgende Anforderungen gestellt:

1. Der Verkehr der höchsten Stunde muss mit Einbezug der Passstrasse ohne Stauungen bewältigt werden können.
2. Auch bei geschlossenem Pass müssen die Tunnelbauwerke den massgebenden Verkehr (30. Stunde) ohne Verzögerungen übernehmen können.

Die Bauwerke am Gotthard sollen auch nach 1990 eine weitere Verkehrsentwicklung zulassen, aber nur soweit, als es auch die Zufahrten ermöglichen. Der *maximale Verkehr,* der in einer fernen Zukunft auf der Autobahn und der Kantonsstrasse in der stärker belasteten Richtung in Amsteg eintreffen könnte, beträgt etwa 5000 Personenwageneinheiten PWE/h (4000 auf Autobahn und 1000 auf Kantonsstrasse). Das bedingt aber neben der dann bestehenden linksufrigen Vierwaldstättersee-Autobahn (N 2) und der vierspurigen Axenstrasse (N 4) auch eine Erweiterung des schweizerischen Nationalstrassennetzes.

Der Verkehr in Amsteg besteht zu 60 % aus Transitverkehr Amsteg—Biasca; von den 5000 PWE/h können demnach noch 3000 PWE/h als potentieller Basistunnelverkehr betrachtet werden, der Rest setzt sich aus Lokalverkehr und Passverkehr über Susten, Furka und Oberalp zusammen. Die 3000 PWE/h, um beim Beispiel zu bleiben, teilen sich wieder auf den Basistunnel und die Nationalstrasse über den Gotthard auf. Die vom Basistunnel für den Endausbau geforderte Leistung beträgt demnach weniger als 3000 PWE/h pro Richtung. Es hat deshalb keinen Sinn, die Kapazität der Autobahn von 4000 PWE/h pro Richtung auch im Tunnel beizubehalten. Das gleiche gilt auch für den Strassentunnel Göschenen—Airolo.

Tabelle 2. Gotthardverkehr im Jahr 1990

	Sommermittel Fz/Tag	Wintermittel Fz/Tag
Gotthardverkehr (Schnitt Hospental)	20 000	5000
Verkehr in Amsteg	26 000	6500
Transitverkehr Amsteg—Biasca (potentieller Basistunnelverkehr)	15 600	4220
Verkehr Susten—Biasca (potentieller Basistunnelverkehr)	1 300	—

1.4 Geltungsbereich der Untersuchung

Die vorliegende Studie umfasst alle Bauwerke der Strasse und der Bahn im Gebiet des Gotthards von Erstfeld bis Biasca. Ausgangspunkt für die Kostenrechnung der Bahn ist Km. 42,381 ab Immensee, der Endpunkt wird durch den Zusammenschluss der neuen Basislinie mit der alten Gotthardstrecke südlich von Biasca bei Km. 133,227 ab Immensee (über Göschenen gemessen) gegeben. Die Untersuchung der Strasse reicht vom Nationalstrassenkilometer 152,060 in Erstfeld bis auf die Höhe des neu zu errichtenden Bahnhofes Biasca.

Die Baukosten der eigentlichen Passstrasse Göschenen—Gotthardpass—Airolo werden nicht in die Rechnung aufgenommen, da sie für alle drei untersuchten Varianten gleich gross sind.

1.5 Preisbasis, Zinssatz

Für alle Kostenarten gilt das Jahr 1967 als *Preisbasis.* Die Anlagekosten des Gotthard-Basistunnels nach Projekt Elektro-Watt wurden auf dem Kostenniveau 1965 ermittelt. Da sich die Baukosten in der Zwischenzeit stabil verhalten haben, dürften die Zahlenangaben für das genannte Objekt heute noch Gültigkeit haben. Der Kostenrechnung liegt ein einheitlicher *Zinssatz* von 4½ % — im Sinne eines langfristigen Zinssatzes — zugrunde. Das würde zwar für heutige Begriffe zu wenig sein; der Neubau der Gotthardverbindung erstreckt sich aber über eine längere Periode, und die Annahme eines langfristigen Zinssatzes scheint deshalb gerechtfertigt.

1.6 Beförderungsmittel im Basistunnel

Als Beförderungsmittel für den Strassenverkehr im 45 km langen Basistunnel findet die sog. «*Rollbahn*» Anwendung. Es handelt sich dabei im Prinzip um den Transport von Strassenfahrzeugen auf der Eisenbahn. Auf die konstruktiven und betrieblichen Merkmale wird später eingegangen. Es sind vor allem wirtschaftliche Überlegungen, die den Bau der Rollbahn fordern, zudem steht zurzeit kein anderes, technisch ausgereiftes Transportmittel zur Verfügung.

2. Variante A

2.1 Bauwerke und deren Linienführung

Hauptbestandteil der Variante A bildet der *Gotthard-Basistunnel,* der in gerader Linie Amsteg im Norden mit Giornico im Süden verbindet (Bild 3). Der 45 km lange, zweispurige Bahntunnel erreicht eine Kulmination von 548 m ü. M., seine Portale liegen bei 508 im Norden bzw. 361 m ü. M. im Süden. Die neue Eisenbahnstrecke von Erstfeld bis Biasca weist durchwegs den Charakter einer Flachbahn auf. Der Basistunnel nimmt neben den Bundesbahnen auch noch die Rollbahn auf, die den grösseren Teil der Strassenfahrzeuge transportiert. Die dazugehörenden Verladeeinrichtungen sind in Amsteg und Pollegio geplant.

Die hervorragende Stellung des Gotthardpasses als touristischer Anziehungspunkt erfordert neben dem Basistunnel, der den Transit- und Schwerverkehr übernimmt, auch noch einen grosszügigen Ausbau der Strassenverbindung. Die *Passstrasse* wird als zweispurige Nationalstrasse ausgebaut und soll ihre Fortsetzung nach Süden bis Biasca ebenfalls als Zweispurstrasse finden, die, wie weiter unten gezeigt, als eigentliche *Touristenroute* bezeichnet werden darf. Im Norden wird die Nationalstrasse bis Wassen zweispurig und von Wassen bis Erstfeld vierspurig geführt. Neben der Nationalstrasse steht zumindest in der Leventina eine gut ausgebaute Kantonsstrasse zur Verfügung. Der bestehende Autoverlad zwischen Göschenen und Airolo, die sogenannte «*Rollende Strasse*», soll beibehalten werden. Sie dient den oberen Talschaften als ganzjährige Verbindung und hilft der Rollbahn im Basistunnel den Spitzenverkehr zu bewältigen.

2.2 Verkehrsverteilung, Belastung, Dimensionierung

Dem Gotthard-Strassenverkehr stehen im Sommer drei Möglichkeiten offen: Basistunnel, rollende Strasse Göschenen—Airolo und Passstrasse. Im Winter bleibt der Pass bekanntlich geschlos-

sen. Die effektive Verteilung des Verkehrs auf die verschiedenen Verkehrsträger ist nicht einfach abzuschätzen. Mannigfaltige Faktoren beeinflussen die Routenwahl:

— Existenz und Höhe von Tunnelgebühren,
— Ausbaustandard und Komfort,
— Witterungs- und Strassenverhältnisse,
— Schnelligkeit und Zuverlässigkeit,
— Abneigung oder Zuneigung für die eine oder andere Beförderungsart,
— Tourist mit Zeit oder eiliger Geschäftsmann.

Die Reihe könnte beliebig fortgesetzt werden. Für die Bestimmung der *Verkehrsteilung* wurde der Verkehr nach Fahrzeugkategorien getrennt betrachtet. Dabei ging man von folgenden Annahmen aus:

— Die Rollbahn im Basistunnel bietet dem Automobilisten die weitaus schnellste und sicherste Verbindung.
— Der Schwerverkehr wird mit gesetzlichen Mitteln gezwungen, den Basistunnel zu benützen. Damit fällt die starke Beeinträchtigung des übrigen Verkehrs auf der Bergstrecke dahin.
— Die rollende Strasse Göschenen—Airolo bleibt aus wirtschaftlichen Überlegungen in der Regel von 20 bis 06 Uhr geschlossen. Das heisst: Im Winterhalbjahr wickelt sich der Nachtverkehr vollständig durch den Basistunnel ab; im Sommer benützen nachts 80 % aller Automobilisten die Rollbahn im Basistunnel.
— Tagsüber gebrauchen im Winterhalbjahr 80 % den Basistunnel, im Sommer sind es 60 %. Bei den genannten Zahlen handelt es sich um Durchschnitte; je nach Wetter kann die Verkehrsteilung an bestimmten Tagen stark variieren.
— Die Belastung der durchwegs zweispurigen Passstrasse von Airolo bis Göschenen lässt sich nach den gemachten Erfahrungen nicht mehr wesentlich steigern. Den eigentlichen Engpass bildet die Schöllenen.

Der Transitverkehr Amsteg—Biasca (der Verkehr Susten—Biasca wurde ebenfalls als potentieller Basistunnelverkehr angenommen) wurde nach den besprochenen Kriterien auf die drei Verkehrswege verteilt. Zudem wurde der Verkehr, der sich zwischen dem oberen Reusstal und der Leventina abwickelt (Durchgangsverkehr Göschenen—Airolo), auf die rollende Strasse Göschenen—Airolo und den Pass aufgeteilt. Für das Jahr 1990 wird mit folgendem *Jahresverkehr* gerechnet:

Rollbahn Basistunnel		
Personenwagen	2 191 000	
Personenwagen mit Anhänger	125 000	
Schwerverkehr	460 000	2 776 000 Fz
Rollende Strasse Göschenen—Airolo		640 000 Fz
Gotthardpass		850 000 Fz

Vom Transitverkehr Amsteg—Biasca benützen rund 70 % aller Fahrzeuge den Basistunnel. Beim Gotthardpass ist in der Verkehrsmenge von 850 000 Fahrzeugen der Lokalverkehr sowie der Verkehr Furka und Oberalp Richtung Süden nicht inbegriffen; zusammen ergibt sich in Hospental eine Belastung von rund 1,15 Mio Fz (Maximum 1965 mit 904 000 Fz), was bereits die obere Grenze darstellen dürfte.

Bild 4 zeigt die Verkehrsmenge und -verteilung während der *massgebenden Stunde* (30. Stunde) des Jahres 1990. In den Zahlen ist sämtlicher Verkehr, also auch der Lokalverkehr, enthalten. Grösstenteils stehen zwei parallelle Strassen zur Verfügung, zwischen Erstfeld und Wassen sind es die vierspurige Autobahn und die Kantonsstrasse; Wassen—Göschenen und Airolo—Biasca werden neben der Staatsstrasse noch durch eine zweispurige Nationalstrasse verbunden. Die zulässige Belastung der Passstrasse Göschenen—Airolo wird von der «Studiengruppe Gotthardtunnel» mit 900 PWE/h (Personenwagen-Einheiten pro Stunde) und die Leistungsfähigkeit mit 1600 PWE/h angegeben. Die Schöllenen (Göschenen—Andermatt), die neben dem Gotthardverkehr auch noch den Lokalverkehr ins Urserental sowie den Verkehr über Furka und Oberalp aufnehmen muss, liegt gemäss Bild 4 mit rund 1500 Fz/h deutlich über der zulässigen Belastung; eine wesentliche Steigerung scheint unwahrscheinlich. Das hat zur Folge, dass sich die noch freie Kapazität der Strecke Hospental—Passhöhe—Airolo nicht ausnützen lässt, weil der Verkehr durch den Flaschenhals Schöllenen gar nicht herangeführt werden kann. Es wäre zu erwägen, ob die Schöllenen zu einem späteren Zeitpunkt eine zweite Verbindung erhalten sollte (gilt auch für Varianten B und C). Von Andermatt nach Hospental (1645 Fz/h) führen zwei Strassen. Die Anlagen im Basistunnel und der Bahnverlad in Göschenen resp. Airolo sind so dimensioniert, dass der Verkehr der massgebenden Stunde auch bei *geschlossenem Pass* reibungslos bewältigt werden kann.

2.3 Kombinierter Basistunnel

2.31 Technische Beschreibung

Die Grundlage für die angestellten Untersuchungen bildete das «Generelle Projekt für eine Gotthard-Eisenbahnbasislinie» vom Februar 1967, das im Auftrag des Eidg. Verkehrs- und Energie-

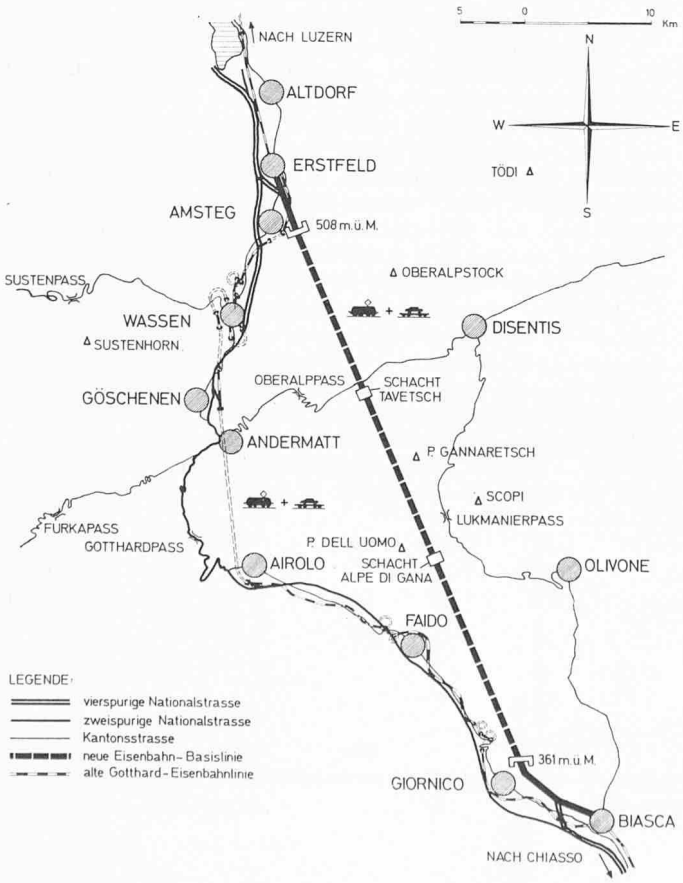

Bild 3. Variante A, Übersichtsplan. Dem Strassenverkehr stehen Basistunnel, rollende Strasse Göschenen—Airolo und Pass zur Verfügung. Der Bahn dienen die alte Gotthardlinie und der Basistunnel

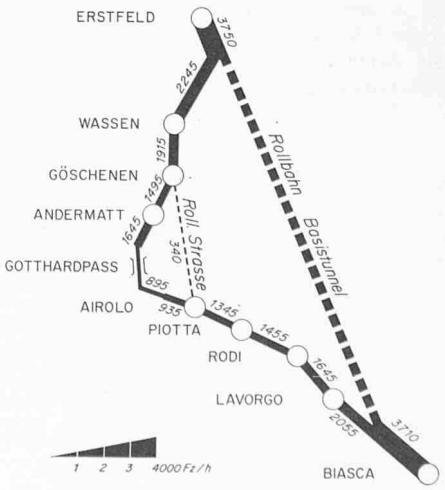

Bild 4. Belastungsplan Variante A für den massgebenden Verkehr (30. Stunde) des Jahres 1990

wirtschaftsdepartementes von der Firma Elektro-Watt (Zürich) ausgearbeitet wurde. Die Einrichtung einer Rollbahn verlangt aber einige Modifikationen.

Die neue Gotthard-Eisenbahnlinie nimmt ihren Anfang im Bahnhof Erstfeld. Über ein neues, 5,4 km langes Trasse mit einer maximalen Steigung von 8,8 ‰ wird das Nordportal des Basistunnels bei Amsteg erreicht. Unmittelbar vor dem Portal befinden sich die Überholstation der SBB sowie die ausgedehnten Verladeanlagen der Rollbahn. Der Basistunnel besitzt eine Länge von 45,07 km und weist eine grösste Steigung von 6,24 ‰ auf. Nach dem Südportal folgt die 8,25 km lange, fast durchwegs 10 ‰ Gefälle aufweisende Anschlusslinie zum neuen, westlich des Dorfes liegenden Bahnhof Biasca. Die Umschlaganlagen der Rollbahn kommen westlich von Pollegio zu stehen (Bilder 3 und 5).

Die *Geologie* kann als sehr gut abgeklärt bezeichnet werden; es wurden sogar Sondierbohrungen abgeteuft. Der Tunnel durchfährt das Aaremassiv, das Tavetscher Zwischenmassiv, das Gotthardmassiv und die Tessiner-Decken, die alle keine besonderen bautechnischen Schwierigkeiten bieten. Einzig das Auftreten von Trias in der Piora-Mulde, das allerdings von den Projektgeologen als sehr unwahrscheinlich bezeichnet wird, könnte auf kurzer Strecke besondere Massnahmen erfordern.

Im Gegensatz zum heutigen Gotthardtunnel, der ohne Lüftung ist, benötigt der dreimal längere Basistunnel eine einfache *Längslüftung*, einmal, um die zum Teil hohe Gebirgswärme abzuführen und zum andern, um die beim Durchfahren der Züge entstehende Wärme abzuleiten. Hierzu werden zwei Schächte gebaut, der eine im Tavetsch in der Nähe von Rueras mit einer Tiefe von 925 m und der andere beim Lukmanier auf Alpe di Gana mit einer Tiefe von 1330 m. Diese Schächte werden zum Bau des Tunnels als zusätzliche Angriffsstellen gebraucht; somit kann gleichzeitig von sechs Stellen aus vorgetrieben werden, was sich auf die Bauzeit günstig auswirkt. Die Elektro-Watt rechnet vom Baubeschluss bis zur Fertigstellung mit zehn Jahren, die reine Bauzeit beträgt dabei rund neun Jahre. Das mag nach heutigen Erfahrungen etwas kurz scheinen, die Grösse des Bauvorhabens lässt aber massive Investitionen für modernste Tunnelbau- und Förderungsmaschinen zu; der dazu nötige Mehraufwand macht sich in der Einsparung von Bauzinsen bezahlt. Es wäre noch zu untersuchen, ob die Erstellung eines dritten Schachtes zweckmässig wäre und sich damit die zusätzlichen Kosten durch kleinere Bauzinsen und das frühere Fliessen der Einnahmen wieder wettmachen liessen.

Der doppelspurige *Tunnelquerschnitt* musste den besonderen Bedürfnissen der Rollbahn angepasst werden (Bild 6). Die 5,25 m hohen Transportwagen der Rollbahn (ausgezogene Linie) überschreiten an den oberen Ecken das Lichtraumprofil der SBB (gestrichelte Linie); das hat eine Vergrösserung der theoretischen Ausbruchfläche von 10—19 % gegenüber dem ursprünglichen Projekt zur Folge. Die Länge des Tunnels und die relativ hohe Zugsdichte lassen aus Gründen des Unterhaltes kein konventionelles Schottergleis zu. Die Tunnelsohle erhält zwei durchgehende Betonplatten, die gegen die Rigole leicht geneigt sind; Aussparungen in den Platten nehmen kurze Betonschwellen auf, die durch Mörtel in ihrer Lage fixiert werden. Unterlagen aus Kunststoff zwischen Gleis und Schwelle und Schwelle und Betonplatte dämpfen die Schwingungen. Dieser Oberbau gewährleistet einen hohen Fahrkomfort.

Der Tunnel nach Projekt Elektro-Watt wird im Vollausbruch vorgetrieben, wobei die Röhre während des Baues gleichzeitig als Arbeitsplatz und Zubringer für Luft, Strom und Material und dem Abtransport des Ausbruchmaterials zu dienen hat. Es sollte noch untersucht werden, ob die Wahl eines anderen Bauvorganges, zum Beispiel mit *Pilotstollen*, vorteilhafter wäre. Ein solcher, neben dem Haupttunnel verlaufender und um einige Hundert Meter vorauseilender Stollen von kleinem Querschnitt hat verschiedene Vorzüge: geologischer Aufschluss, Entwässerung, Lüftung, Erleichterung des Baustellenverkehrs und später des Unterhaltes während des Betriebes.

2.32 Anlagen des Bahnbetriebes, Verkehr und Leistungsfähigkeit der Tunnelstrecke

Die neue Eisenbahnlinie Erstfeld—Biasca ist durchwegs als Doppelspurstrecke geplant. Die Ausbaugeschwindigkeit auf der nördlichen Tunnelzufahrt beträgt 130 km/h, auf der südlichen 140 km/h. Die Linienführung des Tunnels liesse eine weit höhere Geschwindigkeit zu, hier ist aber der Luftwiderstand massgebend. Lokalverkehr gibt es nicht; die Züge werden auf der 58,7 km langen Strecke (entsprechend Zürich—Luzern) durch keine Bahnhofpassagen behindert, was es sonst nirgends in der Schweiz gibt. Vor den Tunnelportalen und in Tunnelmitte sind Überholstationen vorgesehen; der Tunnel ist zusätzlich noch mit sechs Spurwechselanlagen ausgerüstet. Ein- und Ausbiegen der Rollbahn bei Amsteg und Pollegio erfolgt kreuzungsfrei und mit hoher Geschwindigkeit. Die bestehenden Kraftwerke Amsteg, Göschenen und Ritom decken über Speisestellen an beiden Portalen und in einem Schacht den Energiebedarf der Basislinie.

Mit der Einführung des automatischen Streckenblocks hat die Leistungsfähigkeit der Bahnen stark zugenommen. So ist zum Beispiel der heutige Gotthardtunnel in 13 Blockabschnitte eingeteilt, was einen minimalen Zugsabstand von 2 bis 3 min ermöglicht. Das heutige Zugssicherungssystem ist aber noch mit etlichen Mängeln behaftet. Die ortsfesten Signale bilden die einzige Nachrichtenverbindung zwischen dem örtlichen Überwachungspersonal und dem Lokomotivführer; diese Verbindung ist optisch und funktioniert nur einseitig und punktförmig. Die Blockabstände werden durch den längsten vorkommenden Bremsweg bestimmt, der von der maximalen Streckengeschwindigkeit und der kleinsten Bremsverzögerung abhängig ist. Dabei wird dem Umstand nicht Rechnung getragen, dass bei kleinerer Geschwindigkeit die Züge näher aufeinander folgen können, wie das beim Strassenverkehr selbstverständlich ist, wo auf «Optische Sicht» gefahren wird. Der Automobilist schätzt die Geschwindigkeit und den Bremsweg des voranfahrenden Fahrzeuges und bemisst seine Geschwindigkeit unter Berücksichtigung der eigenen Bremsverzögerung so, dass er nicht auf den Vordermann auffährt. Ein Fahren auf optische Sicht mag beim Auto und höchstens noch bei der Strassenbahn angehen, bei der Eisenbahn wäre das unmöglich.

Hier setzt der Anwendungsbereich der Elektronik ein. Die Züge melden fortlaufend ihre Position und Geschwindigkeit an ein zentrales Überwachungszentrum (Computer); Achszahl und Bremsverzögerung sind dem Steuerorgan ebenfalls bekannt; nach den übermittelten Daten und den programmierten Befehlen wie Baustellen, Geschwindigkeitsbeschränkungen infolge Kurven usw. diktiert der Computer Geschwindigkeitsänderungen und den Abstand der Züge. Man nennt das «*Fahren auf elektrische Sicht*».

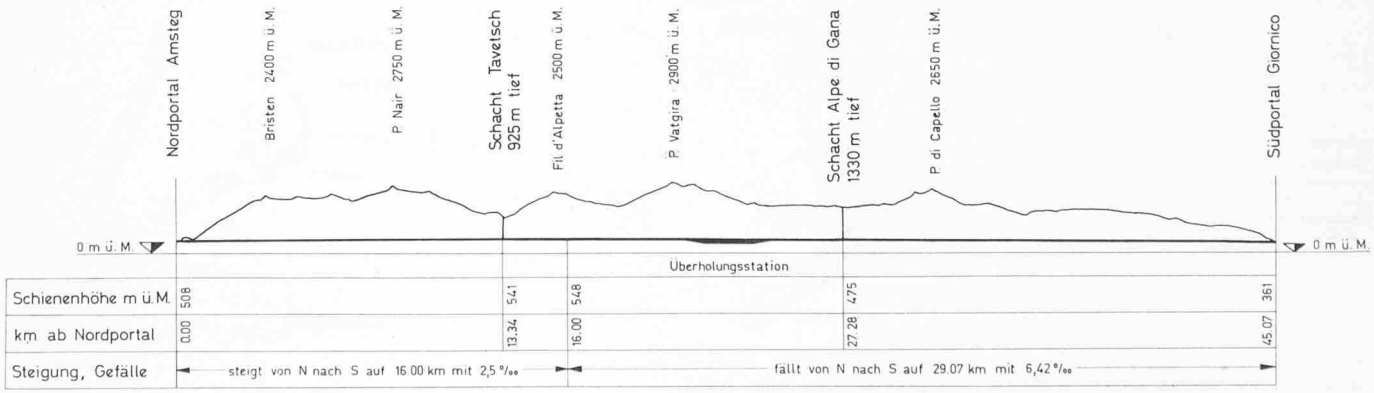

Bild 5. Basistunnel, Längenprofil 1:300 000

Als Übermittlungsträger Zug—Zentrale kann ein *Linienleiter* verwendet werden. Es handelt sich dabei um im Gleis verlegte Kabel, die mit Hilfe hochfrequenter, elektromagnetischer Felder Informationen sowie Telephongespräche in beiden Richtungen übertragen. Das beschriebene System ermöglicht Zugsfolgezeiten von 1 bis 1,5 min. Zum Beispiel rechnet der bekannte deutsche Eisenbahnfachmann Prof. Bäseler bei seinem Rollbahnprojekt mit Zugsabständen von einer Minute und darunter und das bei einer Geschwindigkeit von 250 km/h. Im weiteren gestattet das System die *Vollautomation* der Bahn (führerloses Fahren).

Der Linienleiter wurde bereits von den Bundesbahnen getestet, und zurzeit wird geprüft, ob ein Grossversuch auf der Strecke Lavorgo—Bodio durchgeführt werden soll, um eventuell später die ganze Gotthardstrecke damit auszurüsten. Elektronisch überwachte und automatisch gesteuerte Züge verkehren bereits auf einer Pariser Metro-Linie, und die Tokaido-Bahn (Tokio—Osaka, 552,6 km lang) besitzt weitgehend diese Einrichtungen. Im weiteren sei auf die Forschungsarbeiten der Technischen Hochschule Braunschweig verwiesen.

Die Zufahrtslinien der SBB bis Erstfeld bzw. Biasca vermögen infolge der vielen Bahnhofpassagen auch nach bestem Ausbau nicht einen so hohen Verkehr heranzuführen, wie er für die Auslastung des Basistunnels nötig wäre, wo elektronische Zugsüberwachung und vollautomatisches Fahren eine hohe Kapazität garantieren. Die maximale Zugsfolge auf den Zufahrtsstrecken mag bei Inbetriebnahme der Basislinie etwa 5 min betragen, d. h. bei einem Zugsabstand von 2,5 min im Tunnel, was für das vorgeschlagene System leicht zu erreichen ist, könnte ebenfalls alle 5 min ein Autozug durchgeschleust werden. Die Rechnung hat aber ergeben, dass für die Rollbahn nie ein so dichter Verkehr nötig sein wird. Der «Fahrplan» der Rollbahn ist, wie weiter unten gezeigt wird, sehr elastisch. Unregelmässigkeiten können sich nicht gegenseitig auswirken. Die Verspätung eines SBB-Zuges wird dem zentralen Steuerungszentrum von der Zugsüberwachung rechtzeitig gemeldet; der Computer trifft sofort seine Dispositionen und ordnet z. B. die Abfahrt eines Rollbahnzuges um 1 bis 2 min früher oder später an.

Der *durchschnittliche tägliche Zugsverkehr im Jahre 1990* ergibt für den Basistunnel folgende Zahlen:

Bundesbahnen rund	180 Züge/Tag
Rollbahn rund	160 Züge/Tag
Total rund	340 Züge/Tag

Die Zahl von 180 SBB-Zügen mag erstaunlich gering sein, da bereits 1967 auf den Gotthardrampen 190 Züge pro Tag gezählt wurden. Im Basistunnel fallen die meisten Dienstzüge (zum Beispiel Rückfahrten von Lokomotiven) aus, eine gewisse Anzahl Züge verkehrt weiterhin über Göschenen (Bedienung der oberen Talschaften, Fremdenverkehr) und das wesentliche: die Reduktion der maximalen Steigung von 28 ‰ auf 10 ‰ ermöglicht den Einsatz viel schwererer Züge, so dass die Tonnage trotz geringerer Zugszahl 1990 bedeutend grösser sein wird. Zum Vergleich seien noch einige Zahlen genannt: 1967 fuhren im Durchschnitt 235 Züge (einschliesslich Autozüge) durch den Gotthardtunnel; die grösste Spitze wurde an Ostern mit 377 Zügen erreicht. 1966 standen im Mittel 81 Züge dem Autoverlad zur Verfügung, am Hohen Donnerstag waren es 198. Der Betrieb im Basistunnnel könnte 1990 sogar noch mit einem konventionellen Streckenblock bewältigt werden. Die eingebaute Elektronik gewährleistet demnach eine hohe Kapazitätsreserve.

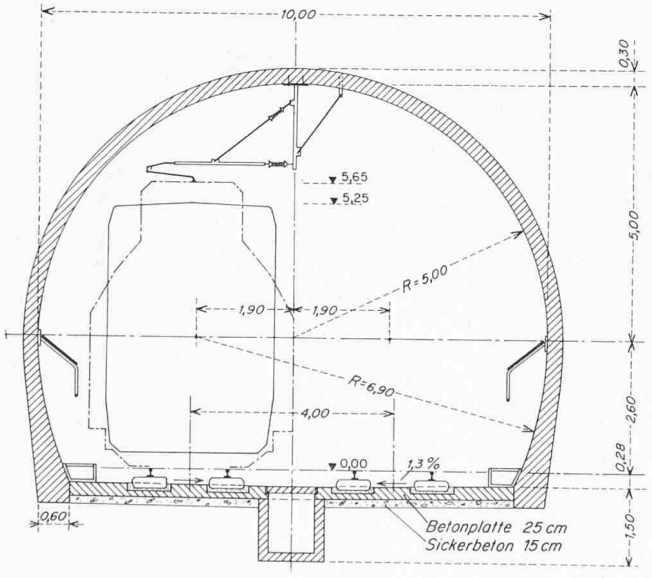

Bild 6. Variante A, Tunnelquerschnitt 1:150 für Profil im standfesten und leicht gebrächen Fels. SBB-Lichtraumprofil gestrichelte Linie, Profil Rollbahnzüge ausgezogene Linie. Schotterloses Gleis. Durchgehendes Stahlgerüst mit Bretterdach als kontinuierliche Personennische

Der *Unterhalt* des 45 km langen Basistunnels stellt einige Probleme, die aber mit Einsatz neuster Methoden, Materialien und Geräte bewältigt werden können. Das schotterlose Gleis ist bedeutend weniger arbeitsintensiv als der herkömmliche Oberbau; bis zur Eröffnung des Tunnels dürften auch widerstandsfähigere Schienenmaterialien entwickelt sein. Der von uns zum Studium empfohlene Pilotstollen wird wesentlich zur Erleichterung des Unterhaltes beitragen, während die elektronische Zugsteuerung den auf den Baustellen nur einspurig aufrechterhaltenen Betrieb rasch und sicher zu bewältigen vermag. Solche Arbeiten werden in die schwach belegte Nacht- und Winterzeit verschoben. Für dringende Revisionen liesse sich der Strassenverkehr nachts ausnahmsweise über den oberen Tunnel umleiten.

2.33 Anlage und Betrieb der Rollbahn

Von Amsteg bis Pollegio soll der Strassenverkehr auf einer Länge von 53 km auf der Schiene transportiert werden, das hiezu verwendete Transportmittel nennt sich in Anlehnung an das Projekt von Prof. Bäseler «Rollbahn» (oder auch «Autoschienenbahn»). Bezüglich Schnelligkeit, Leistungsfähigkeit und Komfort lässt sie sich nicht mit den heutigen Autotransporteinrichtungen der Bahnen vergleichen.

2.331 Rollmaterial

Um die Leistungsfähigkeit der Rollbahn voll auszunützen, sollen für den Transport der Personenwagen doppelstöckige Züge eingesetzt werden. Vorgängig der Projektierung des Rollmaterialparkes mussten die Zusammensetzung und der Platzbedarf des Strassenverkehrs ermittelt werden. Dieser Abklärung dienten Verkehrszählungen vom 16. und 21. Juli 1967 an der Gotthard-Nordrampe. 4 Prozent aller PW zogen einen Anhänger mit sich und 18,5 % waren mit einem Gepäckträger auf dem Dach versehen. Die Bestimmung der Höhe der vorbeifahrenden Fahrzeuge ergab, dass 94 % aller PW mit Gepäckträger kleiner oder gleich 2,05 m hoch waren, bei den PW mit Anhänger betrug der Anteil 50 %. Wir rundeten die gewonnenen Werte noch etwas auf und kamen zum Schluss: Bei einer Limitierung der Höhe auf 2,05 m können 96 % aller PW und etwa die Hälfte aller Lieferwagen auf doppelstöckige Transportwagen verladen werden, der Rest sowie der Schwerverkehr müssen mit einstöckigen Zügen befördert werden.

Das Projekt für die *doppelstöckigen Transportwagen* (Bilder 7 und 8), auf die Personenautos und Lieferwagen bis zu 2,05 m Höhe (lichte Höhe 2,15 m) verladen werden, wurde in verdankenswerter Weise von der Firma Schindler Waggon AG, Pratteln, ausgearbeitet. Eine Zugskomposition setzt sich aus elf Fahrzeugeinheiten von je 24 m Länge zusammen, bestehend aus je einem Verladewagen an den Enden und dazwischen eingereihten Transportwagen. Eine 264 m lange Komposition wiegt leer 399 t und nimmt 100 Autos auf. Bis zu drei Wagengruppen können zu einem Zug mit insgesamt 300 PW-Plätzen zusammengekuppelt werden. Für das Planungsziel 1990 genügen jedoch zweigliedrige 528-m-Züge. Die Wagengruppe besitzt zwei übereinander angeordnete, durchgehende Fahrbahnen zum Durchfahren und Abstellen der Autos. Die Fahrspur ist aussermittig gegen die eine Seitenwand hin verschoben und durch Markierungsschwellen beidseitig begrenzt. Der neben den abgestellten Autos verbleibende Raum dient den Fahrgästen als Zirkulationsweg.

Die Rollbahn bietet neben einer ausgezeichneten Laufruhe jeglichen Komfort, so besitzt jeder Wagen seine eigene Ventilationsanlage; Toiletten und Verpflegungsautomaten stehen den Passagieren in reichlicher Zahl zur Verfügung; ferner wäre der

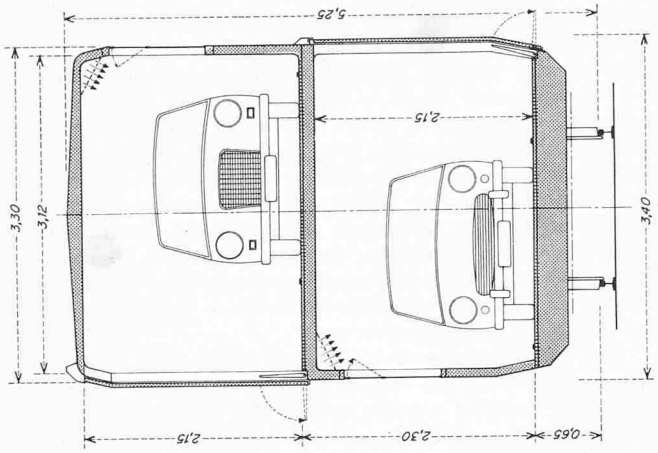

Bild 7. Querschnitt 1:75 durch doppelstöckigen Verladewagen gemäss Projekt der Firma Schindler Waggon AG, Pratteln. Für den oberen und unteren Stock sind je eine Einfahrtsöffnung angebracht mit Schiebetoren und automatisch betätigten Überfahrklappen. Der freie Platz neben den Autos dient den Passagieren als Zirkulationsweg

Einbau von Kaffeebars und Telephonkabinen (via Linienleiter) in die Endwagen denkbar. Die Verladewagen weisen pro Etage je ein 10 m breites, mechanisch bedientes, zweiteiliges Schiebetor auf. Nach dem Öffnen klappen automatisch betätigte Überfahrschwellen herunter. In jedem Wagen ermöglicht oben und unten eine Tür den Zugang zu den Rampen, sie kann notfalls als Fluchtweg gebraucht werden. Anzeigegeräte informieren den Zugführer laufend über das Geschehen in den Laderäumen (Fernsehen, Feuer- und Rauchmelder).

Die niedere Bodenhöhe der unteren Plattform von 65 cm ab Schienenoberkante (kleineres Tunnelprofil) erfordert die Verwendung von kleinen Rädern (Durchmesser 53 cm). Dies stellt aber bereits schon heute kein Novum mehr dar; Versuche mit einem neuen österreichischen Niederflurwagen (Firma Simmering-Graz-Pauker AG), der durch extrem kleine Räder von bloss 32 cm Laufkreisdurchmesser mit etwas steilerem und höherem Spurkranz gekennzeichnet ist, ergaben eine grössere Entgleisungssicherheit als bei Normalradsätzen.

Die *einstöckigen Transportwagen,* bestimmt für die Beförderung des Schwerverkehrs und der übrigen sperrigen Fahrzeuge, weisen einen ähnlichen Aufbau und die gleiche Länge der Kompositionen auf wie die doppelstöckigen. Sie können bezüglich Höhe und Breite alle in der Schweiz zugelassenen Fahrzeuge aufnehmen. Auch sie sind allseitig geschlossen und verkehren mit der gleichen Geschwindigkeit wie die Schnellzüge (125 bis 140 km/h).

Der Kostenberechnung wurde die Verwendung von *normalen SBB-Lokomotiven (Re 4/4'')* zugrunde gelegt. Punkto Leistung reichen sie vollständig aus; die Konstruktion eines speziellen Triebfahrzeuges, das bezüglich aerodynamischer Formgebung den Bedingungen im Tunnelbetrieb und der Anpassung an die Zugskompositionen besser Rechnung trägt, dürfte aber dennoch zweckmässig sein. Sofern nötig, lässt sich die Lokomotive von einem Steuerwagen aus fernsteuern, die notwendigen Überwachungsgeräte für den vollautomatischen Betrieb sind im Kopfteil der Verladewagen unterzubringen.

2.332 Verladestationen

Die Rollbahnstationen weisen eine örtliche und betriebliche Trennung des Aus- und Einlades auf. Bei den Ausladerampen machen die Züge einen Zwischenhalt. Wollte man Aus- und Einlad in einem einzigen Bahnhof abwickeln, wie das etwa beim Ärmelkanal-Tunnel vorgesehen ist, so müssten die Autos in einer Richtung rückwärts (gegen die Fahrrichtung) transportiert werden, was von vielen als Nachteil empfunden wird. Auch wären komplizierte Bauwerke an den Rampenenden notwendig, um den Strassenverkehr über die Schienen zu leiten. In Amsteg liesse

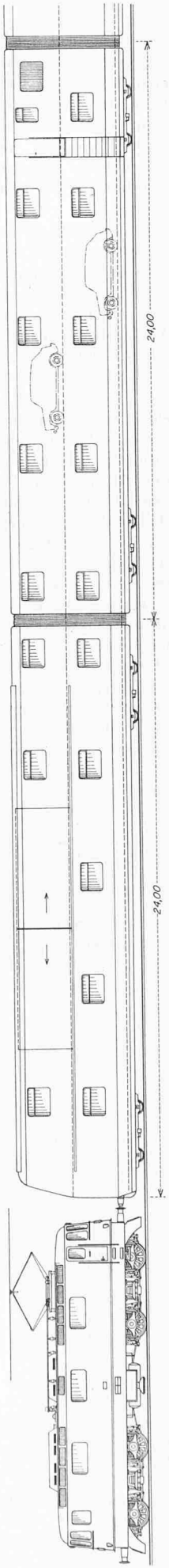

Bild 8. Ansicht Rollbahnzug, Masstab 1:250. Als Vorspann dient eine Re 4/4''. Eine Zugskomposition besteht aus elf Wagen und ist 264 m lang. Bis zu drei Kompositionen können aneinander gekuppelt werden

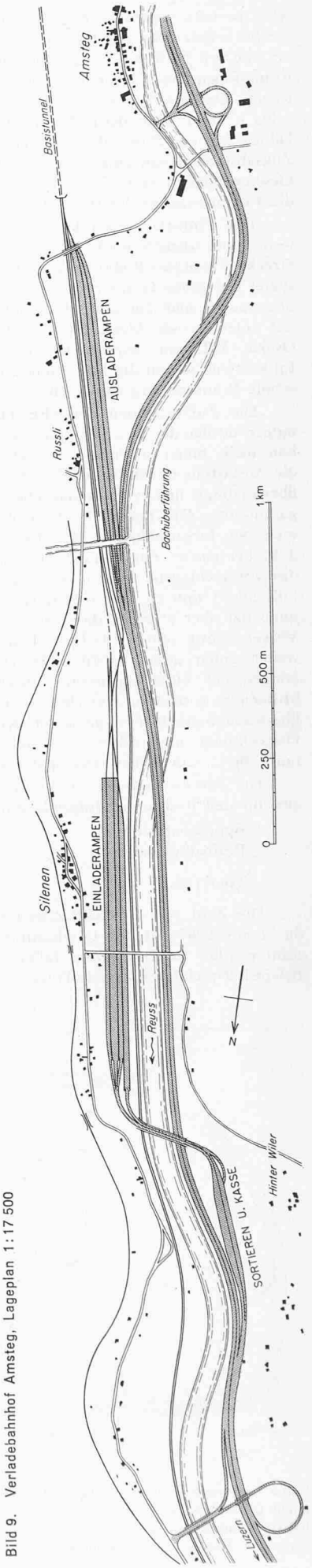

Bild 9. Verladebahnhof Amsteg, Lageplan 1:17 500

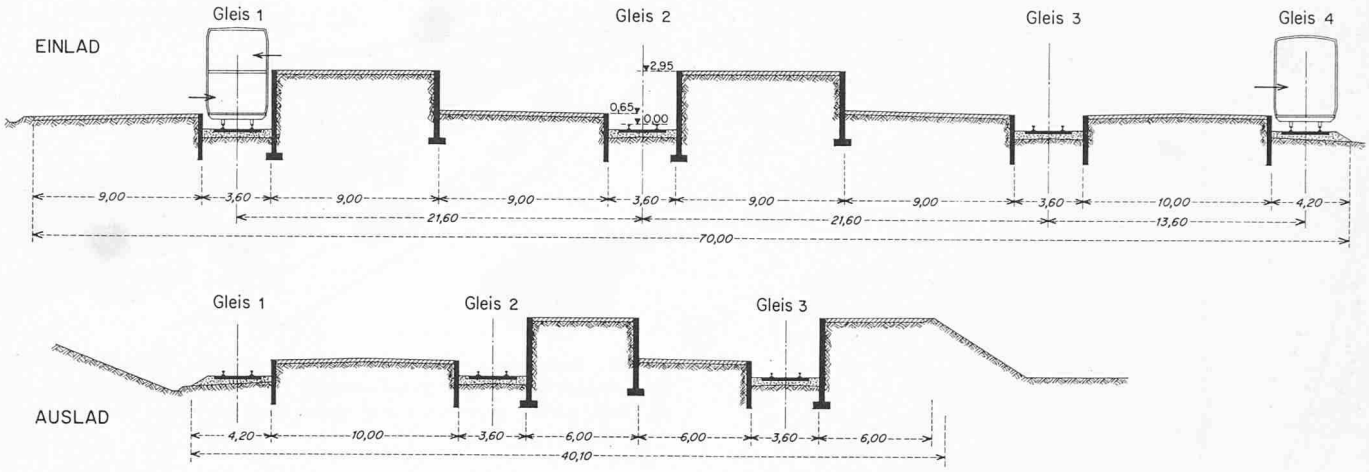

Bild 10. Querschnitt der Einlade- und Ausladerampen, Massstab 1:400

Rechts: Schnitt A—A zu Bild 11

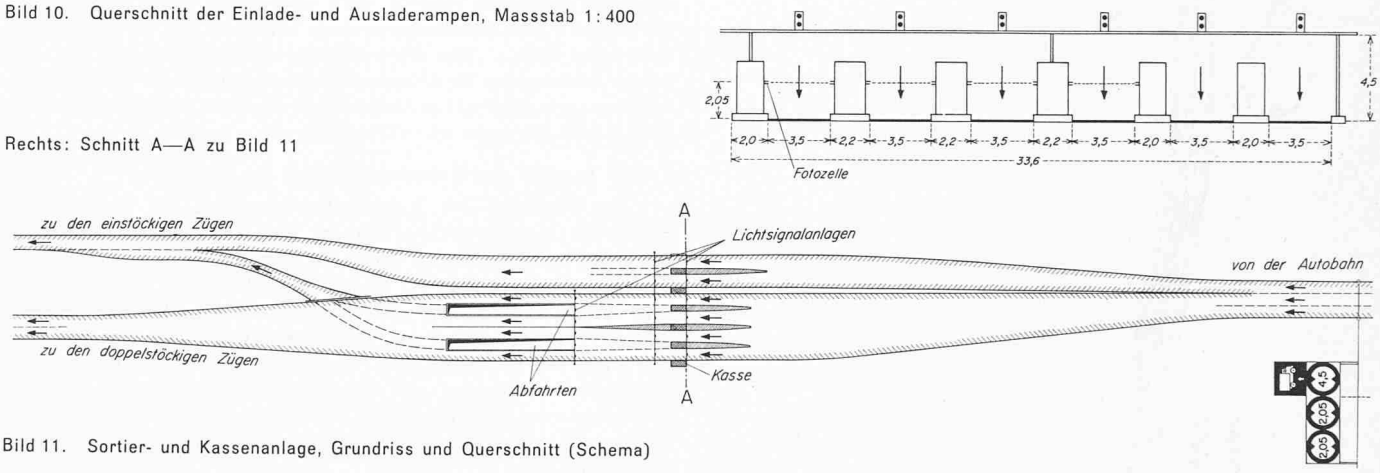

Bild 11. Sortier- und Kassenanlage, Grundriss und Querschnitt (Schema)

sich zudem der Platz für eine gemeinsame Anlage nicht finden, andernfalls müsste die Rollbahnstation unterhalb Erstfeld errichtet werden, was man wegen der Durchleitung des Autoverkehrs durch den Bahnhof Erstfeld vermeiden möchte.

Die Anlagen der *Rollbahnstation Amsteg* (Bild 9) verteilen sich zu beiden Seiten der neuen doppelspurigen SBB-Zufahrtslinie vom Bahnhof Erstfeld zum Tunnelportal. Unmittelbar beim Tunnelausgang erstrecken sich die mit drei Gleisen versehenen Ausladerampen, welche direkt in die Nationalstrasse münden. Eine Unterführung unter den SBB-Gleisen dient als Verbindung zur westlich von Silenen gelegenen Einladestation. Sowohl Einlade- wie Ausladerampen können bis zu 800 m lange Züge aufnehmen. Gleis 1 und 2 des Einladebahnhofes (Bild 10) sind für die doppelstöckigen Züge bestimmt, die dazugehörigen Rampen sind zur Bedienung beider Stockwerke in der Höhe versetzt. Die Gleise 3 und 4 bleiben den einstöckigen Transportwagen vorbehalten. Analog zeigt sich der Querschnitt für die Ausladeseite. Gleis 2 kann von beiden Zugsarten benützt werden.

Der Einsatz von zwei verschiedenen Zugstypen erfordert das *Sortieren des Verkehrs nach der Höhe,* um zu verhindern, dass die doppelstöckigen Rampen von zum Verlad zu hohen Fahrzeugen angesteuert werden. Gleichzeitig muss eine *Vorrichtung zur Erhebung von Gebühren* gebaut werden, denn niemand würde wohl im Ernst einen Gratistransport über 53 km verlangen. Das Einziehen des Fahrgeldes und das Sortieren der Fahrzeuge werden durch die gleiche Anlage besorgt (Bild 11). Bereits bei der Abzweigung von der Nationalstrasse wird der Verkehr vorsortiert. Mittels Verkehrstafeln werden der Schwerverkehr und die Fahrzeuge von mehr als 2,05 m Höhe angewiesen, die rechte Spur zu benützen, der übrige Verkehr hingegen die beiden linken. Die Kassenanlage funktioniert gleich wie ähnliche Bauwerke auf ausländischen Autobahnen. Der grösste Teil der Schalter wird automatisch bedient. Der Automobilist wirft den geforderten Betrag in ein Netz und erhält freie Fahrt; die Einführung des Zehn-Franken-Geldstückes wird dieses System begünstigen. Es ist auch denkbar, geeignete Billette oder Jetons herauszugeben, die an allen Bahnhöfen, Banken, Reisebüros usw. erhältlich sind. Selbst die Verwendung von Kreditkarten ist nicht ausgeschlossen; der Benützer hält seine Karte in einen Schlitz, die Daten werden notiert und periodisch wird eine Rechnung zugestellt.

Es wird immer wieder vorkommen, dass Automobilisten mit zu hohen Fahrzeugen trotz Hinweistafeln die falsche Fahrbahn wählen. Beim kurzen Halt an der Kasse werden solche Fahrzeuge von einer Photozelle registriert; automatisch wird die normale Durchfahrt gesperrt und die zu den einstöckigen Zügen führende Abfahrt freigegeben.

Die Sortier- und Kassenanlage kommt bei der Rollbahnstation Amsteg auf das linke Reussufer zu stehen. Eine dreispurige Brücke, die eine Vermischung des Verkehrs nicht mehr zulässt, dient als Zubringer des Einladebahnhofs.

Die südliche Endstation der Rollbahn erstreckt sich längs der alten Gotthardlinie bei *Pollegio* (Bild 12, nächste Seite). Sie

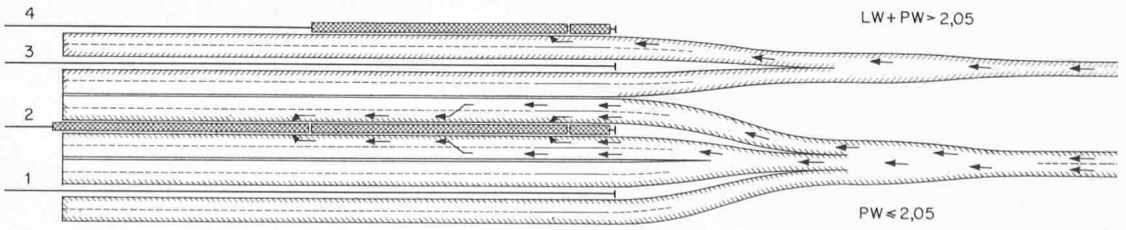

Bild 13 (rechts). Schema Einladestation der Rollbahn. Auf Gleis 2 befindet sich ein doppelstöckiger Zug, während auf Gleis 4 ein einstöckiger beladen wird

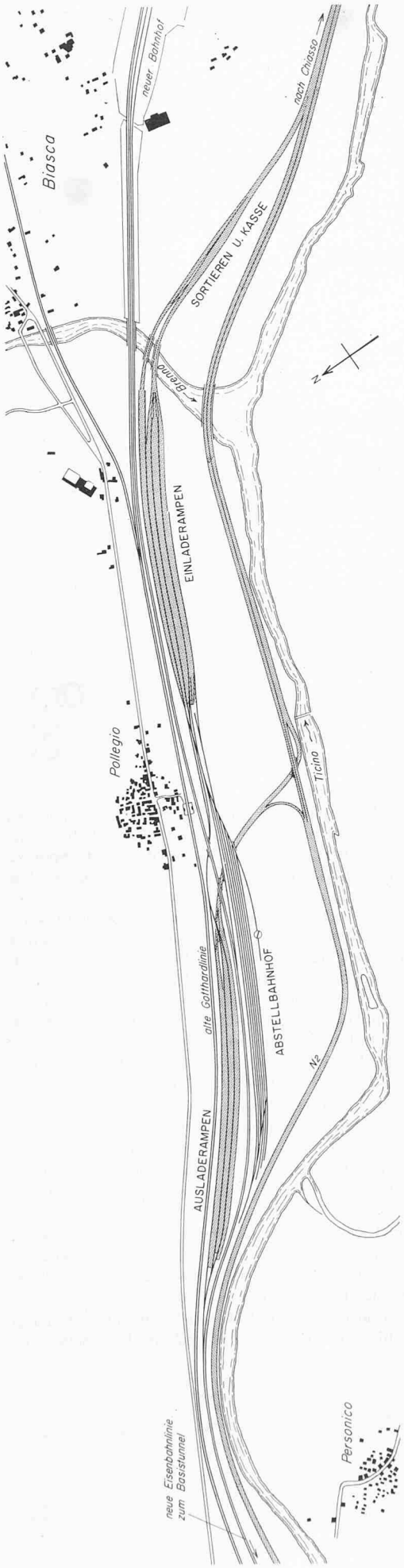

Bild 12. Verladebahnhof Pollegio, Lageplan 1:17 500

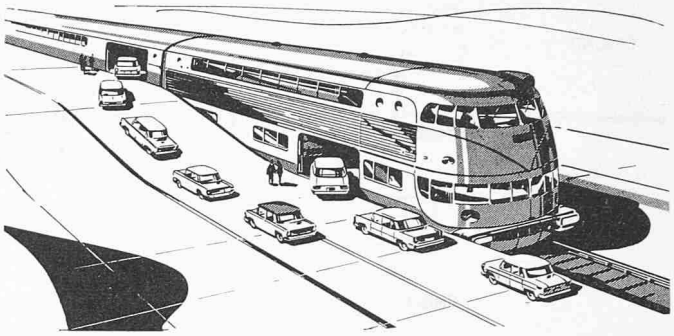

Bild 14. Rollbahnzug nach Projekt von Prof. Bäseler, ein neuartiges Beförderungsmittel für den Strassenverkehr. Mit einer Geschwindigkeit von 250 km/h werden Automobile und deren Insassen sicher und vor allem wirtschaftlich transportiert

entspricht jener von Amsteg, wird aber durch einen Abstellbahnhof ergänzt. Die Eisenbahnbasislinie erfordert die Versetzung des Bahnhofes Biasca. Das freiwerdende alte Bahnhofareal mit den bereits bestehenden Reparaturwerkstätten könnte der Rollbahn als Servicestation dienen. Ein kurzes Gleis von den Ausladerampen zur alten SBB-Linie stellt die Verbindung dar.

2.333 Betrieb- und Leistungsfähigkeit der Rollbahn

Der Vorgang des Rollbahnbetriebes soll am Beispiel des Bahnhofes Amsteg gezeigt werden. Ein vom Süden kommender beladener Autozug zweigt nach der Durchfahrt des Tunnels von der Hauptlinie ab und hält an den Ausladerampen; die Tore werden automatisch geöffnet, die Überfahrklappen heruntergelassen und die Autos verlassen mit eigener Kraft den Zug und gelangen direkt auf die nach Norden führende Seite der Autobahn. Diejenigen Fahrzeuglenker, die auf die Kantonsstrasse gelangen wollen, können beim Teilanschluss Erstfeld ausfahren. Der leere Zug gelangt anschliessend auf die Einladeseite, die als Kopfbahnhof ausgebildet ist.

Im Einladebahnhof steht ein doppelstöckiger Rollbahnzug, bestehend aus zwei zusammengekuppelten Zugseinheiten und einer Lokomotive, auf Gleis 2 bereit (Bild 13). Die Personenwagen werden nach Passieren der Sortier- und Kassenanlage durch Leuchttafeln und Lichtsignale zu den insgesamt vier Einfahrten (je zwei auf der oberen und unteren Rampe) gewiesen. Auf Gleis 4 im Einladebahnhof nimmt ein einstöckiger, eingliedriger Autozug gleichzeitig die höheren Fahrzeuge auf. Hinsichtlich Fahrzeit und Komfort besteht kein Unterschied zu den Doppel-

Tabelle 3. Anlagekosten in Mio Fr. für Basistunnel, Zufahrtsstrecken, Einrichtungen Rollbahn (ohne Rollmaterial) Var. A

	Total	Anteil Rollbahn	Anteil Bahn
— Basistunnel			
Kosten nach Projekt Elektro-Watt .	1010,0*	505,0	505,0
Mehrkosten infolge Verbesserungen	44,0	22,0	22,0
Mehrkosten infolge Einrichtung Rollbahn	69,0	69,0	—
	1123,0	596,0	527,0
— Eisenbahnzufahrten Erstfeld—Nordportal und Südportal —Biasca. Gesamte Länge 12,85 km, davon 6,42 km von Rollbahn benützt	75,8*	21,1	54,7
— Neuer Bahnhof Biasca und Anschluss an alte Gotthardlinie . . .	20,8*	—	20,8
— Verladestationen der Rollbahn: Amsteg und Pollegio	70,0	70,0	—
Total Anlagekosten *ohne* Bauzinsen	1289,6	687,1	602,5
— Bauzinsen ($4^1/_2$ %)	260,7	134,1	126,6
Total Anlagekosten *mit* $4^1/_2$ % Bauzinsen	1550,3	821,2	729,1

* Kosten nach Projekt Elektro-Watt

stockwagen. Sollte sich nach dem Auslad der Anfall von mehreren Lastwagen im Verkehrsablauf der Nationalstrasse als störend erweisen, so könnte eine einfache Lichtsignalanlage die Lastwagenkolonne auflockern, indem z. B. immer nur zwei Fahrzeuge gleichzeitig freie Fahrt von der Ausladerampe zur Autobahn bekommen.

Der ganze Betriebsablauf der Bahn wie der Strasse benötigt sehr wenig Personal. Die Überwachung und Lenkung des Strassenverkehrs geschieht mittels Fernsehen, Lautsprechern, Achszählern usw. von einer zentralen Stelle aus. Die Autozüge werden vollautomatisch gesteuert. Zur Überwachung der Maschine und der Ladung wird pro Zug dennoch ein Mann mitgegeben, der auch nach erfolgtem Einlad das Bereitschaftssignal an die Zentrale zu geben hat. Die Rollbahn verkehrt mit der gleichen Geschwindigkeit wie die Schnellzüge, zurzeit 125 km/h. Eine Steigerung auf 140 km/h wäre bezüglich Linienführung, Oberbau und Rollmaterial ohne weiteres zulässig, zuerst aber müssten noch genaue Untersuchungen über den Luftwiderstand im Tunnel angestellt werden.

Die Länge und Art der Rollbahnzüge wird dem Verkehrsandrang angepasst; automatische Verkehrszähler in weiter Entfernung (z. B. am Lopper) ermöglichen es, rechtzeitig zu disponieren. Während eines Grossteils des Jahres müssen nur einstöckige Züge (meist mit zwei Kompositionen) eingesetzt werden, PW und LW bleiben aber dennoch getrennt voneinander. Die leistungsfähigen Doppelstockwagen werden bei Grossverkehr (Sommer, Ostern) beigezogen. Die Rollbahn verkehrt nach *keinem festen Fahrplan,* sondern nach Bedarf; sobald ein Zug voll oder annähernd gefüllt ist, wird abgefahren. Um die Wartefristen in verkehrsschwachen Zeiten nicht lang werden zu lassen, wird gemäss Wirtschaftlichkeitsrechnung ein *Mindestfahrplan* von 20 Minuten garantiert; da der Zug etwa 10 min vor der Abfahrt an den Einladerampen bereitsteht, wird die Wartezeit im Freien minim. Die Vollautomation würde auch noch einen dichteren Mindestfahrplan ohne grosse Mehrkosten zulassen.

Für das Planungsziel 1990 wird der Wagenpark aus 18 zweistöckigen und 14 einstöckigen Kompositionen bestehen. Daraus lassen sich neun doppelstöckige (200 PW) sowie sieben normale Züge formieren. In dieser Zusammenstellung erlaubt der volle Einsatz des Materials, alle 5,6 min einen Zug abzuschicken; das ergibt eine *Stundenleistung* von 1660 PWE pro Richtung oder total 3320 PWE. Weil aber beide Richtungen nie gleich stark belegt sind, dürfte die Gesamtleistung nur etwa 2700 PWE/h betragen. Da sich der Einlad in die ein- und zweistöckigen Wagen unabhängig voneinander abwickelt, ist es möglich, zwei Rollbahnzüge gleichzeitig zu beladen und in sehr kurzem Abstand abzuschicken (rund 1 min). Dadurch ergeben sich breitere Fahrplanstrassen für die SBB-Züge. Die gleiche Leistung würde auch erreicht durch die Bildung von längeren Zügen, bestehend aus je drei Kompositionen (Ladefähigkeit Doppelstockzug 300 PW); die Zugsfolge würde dann 8,2 min betragen.

Tabelle 4. Zusammenstellung der Jahreskosten der Rollbahn in Franken für das Jahr 1990 Var. A

— Löhne Betriebspersonal	1 710 000
— Unterhalt Rollmaterial (inkl. Löhne)	2 670 000
— Elektrische Energie	4 250 000
— Anteil am Betrieb, Unterhalt und Erneuerung Basistunnel (inkl. Löhne)	2 000 000
— Betrieb, Unterhalt, Erneuerung bauliche Anlagen im Freien (inkl. Löhne)	1 990 000
— Unvorhergesehenes	800 000
	13 420 000
— Verzinsung und Abschreibung des Rollmaterials (nach den Ansätzen der Bundesbahnen)	6 655 000
— Verzinsung und Amortisation der Anlagekosten von 687,1 Mio Fr. (ohne Bauzinsen), Abschreibung in 50 Jahren bei einem Kapitalzins von 4½ % Annuität 5,06 %	34 767 000
Gesamte Jahreskosten *ohne* Bauzinsen	54 842 000
Gesamte Jahreskosten *mit* 4½ % Bauzinsen	61 628 000

Eine weitere Kapazitätssteigerung erfolgt durch Inbetriebnahme von zusätzlichem Rollmaterial. Für die am Anfang dieses Kapitels geforderte *maximale Ausbaufähigkeit* werden nur noch dreigliedrige, rund 800 m lange Züge eingesetzt. Die geforderte Leistungsfähigkeit von rund 2270 PWE pro Stunde und Richtung (die bis weit ins 21. Jahrhundert ausreichen dürfte) wird mit einem 6,5-Minuten-Fahrplan erreicht.

2.34 Kosten der baulichen Anlagen der Eisenbahnbasislinie und der Rollbahn

Die aufgeführten Kosten erfassen sämtliche Bauwerke der neuen Eisenbahnbasislinie von Erstfeld bis zum Zusammenschluss mit der alten Gotthardstrecke südlich von Biasca, sowie die zusätzlichen Auslagen, die mit der Einrichtung der Rollbahn (ohne Rollmaterial) verbunden sind. Der Aufteilung der Kosten zu gleichen Teilen auf Strasse und Schiene liegt die Annahme zugrunde, dass die Benützung durch beide Verkehrsträger ungefähr gleich gross sei. Das stimmt allerdings nicht genau: Die Bundesbahnen werden etwas mehr Züge führen und auch die Zahl der beförderten Bruttotonnen wird grösser sein (Rollbahn 1990 rund 41 Mio t, SBB bereits 1967 33,5 Mio t).

Die Mehrkosten infolge Verbesserungen im Basistunnel sind durch den Einbau des schotterlosen Gleises und leistungsfähigerer Sicherungs- und Überwachungsanlagen bedingt, die sowohl der SBB wie auch der Rollbahn zugute kommen. Die erhöhten Anlagekosten des Basistunnels infolge Einrichtung der Rollbahn werden hauptsächlich von der Vergrösserung des Tunnelprofils, der Verstärkung der elektrischen Anlagen und der Erhöhung der Lüftungsleistung verursacht. Die Bauzinsen ergeben einen sehr hohen Betrag, so dass grosser Wert auf eine möglichst kurze Bauzeit gelegt werden muss.

2.35 Jahreskosten der Rollbahn, selbstkostentragende Gebühren

Die Jahresrechnung wird für die Bundesbahnen und die Rollbahn, die die Strassenrechnung belastet, getrennt geführt. Die in Tabelle 4 aufgeführten Zahlen geben nur Auskunft über den Jahresaufwand des Autoverlades.

Für den unter 2.2 dieses Kapitels angenommenen Verkehr müssen die nachstehenden *selbstkostentragenden Gebühren* verlangt werden. Der Personenwagen ist dabei mit 1 Kosteneinheit, der PW mit Anhänger mit 1,5 und der Lastwagen mit 5 Kosteneinheiten belastet. In der Praxis müssten natürlich noch differenziertere Abstufungen eingebaut werden.

	Ohne Berücksichtigung der Bauzinsen	*Mit* Berücksichtigung der Bauzinsen
Taxe für Personenwagen	Fr. 11.73	Fr. 13.18
Taxe für PW mit Anhänger	Fr. 17.60	Fr. 19.77
Taxe für Lastwagen	Fr. 58.65	Fr. 65.90

In diesen Gebühren sind sowohl Fahrzeuge wie Personen und Gepäck inbegriffen. Die Fahrt auf der Rollbahn geht über 53 Kilometer. Als Vergleich seien die heutigen Gebühren am Gotthard in Erinnerung gerufen: ein PW kostet für die dreimal kürzere Strecke zwischen 22 und 25 Franken. Die Rollbahn bringt dem Benützer nicht nur mehr Komfort und einen erheblichen Zeitgewinn, sondern auch gegenüber der Passfahrt eine reelle Kostenersparnis (Selbstkosten einer Fahrt über den Pass für PW Fr. 13.50 bis 25.—, je nach Wagen, Verkehrsverhältnissen und Fahrweise).

2.4 Nationalstrasse

Wie eingangs erwähnt, soll die Nationalstrasse N 2 auch bei der Variante A durchwegs von Erstfeld über den Pass nach Biasca geführt werden. Durch die zwangsläufige Verfrachtung des Schwerverkehrs auf die Rollbahn fällt das grösste Hindernis auf den Steigungen weg, und die Leistungsfähigkeit der Bergstrecke

Tabelle 5. Geschätzte Anlagekosten der Nationalstrasse Var. A

Erstfeld—Wassen, vierspurig	266	
Wassen—Göschenen, zweispurig	28	294 Mio Fr.
Airolo—Biasca, zweispurig		281 Mio Fr.
Total Anlagekosten *ohne* Bauzinsen		575 Mio Fr.
Bauzinsen 4½ %		69 Mio Fr.
Total Anlagekosten *mit* Bauzinsen		644 Mio Fr.

wird wesentlich verbessert. Zudem benützt ein Grossteil des eiligen Transitverkehrs ebenfalls den Basistunnel. Damit bietet sich die Gelegenheit, die Nationalstrasse im Alpengebiet als eigentliche *Touristenstrasse* auszubauen mit vermehrten Zufahrtsmöglichkeiten zu den Dörfern und grösserer Rücksichtnahme auf das Landschaftsbild. Das *Fahrverbot für Lastwagen* — der lokale Schwerverkehr wird auf die Kantonsstrasse verwiesen — macht den Bau von Kriechspuren hinfällig und ermöglicht es, topographische Schwierigkeiten besser zu umfahren, wobei auch etwas grössere Steigungen für den Personenwagen kein Problem darstellen. Neben der zumindest im Tessin gut ausgebauten Kantonsstrasse genügt eine *zweispurige* Nationalstrasse vollauf. Der Abschnitt Amsteg—Wassen, der zurzeit als Autobahn ausgebaut wird, weist die grösste Belastung der ganzen Strecke auf (Bild 3) und zudem befindet sich die Kantonsstrasse in diesem Bereich in weniger gutem Zustand. Für das Untersuchungsjahr 1990 sind die vier Spuren erwünscht, aber noch keine unbedingte Notwendigkeit. Später ist aber eine richtungsgetrennte Anlage nicht zu umgehen; auch wird sie während der Übergangszeit bis zur Eröffnung des Basistunnels gute Dienste leisten.

Die Kosten der Strecke Göschenen—Pass—Airolo sind in Tabelle 5 nicht enthalten, da sie für alle Varianten gleich gross sind. Die Nationalstrasse im Tessin liesse sich auch mit kleinerem Aufwand erstellen.

Da die Kantonsstrasse im Winter sowieso offen gehalten werden muss, würden es die hohen Winterdienstkosten nicht rechtfertigen, auch die Nationalstrasse frei zu halten. Die Touristenstrasse soll deshalb im Winter grösstenteils geschlossen bleiben; im Bereich der unteren Leventina mit geringem Winterdienst bleibt sie aber das ganze Jahr befahrbar. Dem Durchgangsverkehr, der nicht den Basistunnel benützt, sowie dem Lokal- und Wintersportverkehr dient die geräumte Kantonsstrasse, die der relativ schwachen Benützung gut gewachsen ist.

2.5 Rollende Strasse Göschenen—Airolo

Der Autoverlad zwischen Göschenen und Airolo soll auf der heutigen Grundlage aufrechterhalten bleiben. Bis zur Aufnahme des Betriebes im Basistunnel hat die rollende Strasse bei geschlossenem Pass allein den Verkehr zu bewältigen, nachher steht sie dem Touristen- und Binnenverkehr offen und dient der Rollbahn als «Sicherheitsventil». Zweifellos ist der Bahntransport an Spitzenstunden heute überfordert, die Jahreskapazität ist aber keineswegs erschöpft (Auslastung 1966 25,7 %). Eine Senkung der Gebühren würde wesentlich zur besseren Auslastung beitragen. Mit relativ bescheidenen Mitteln (Ausbau der Verladeanlage Airolo) lässt sich die Stundenleistung bereits heute fühlbar steigern. Der durch die neue Basislinie weitgehend entlastete alte Gotthardtunnel weist für eine künftige Verkehrssteigerung eine grosse Leistungsreserve auf.

Für die Wirtschaftlichkeitsrechnung des Jahres 1990 wurde angenommen, die Anlagen seien im Besitze der Strasse und diese habe für Betrieb, Unterhalt, Verzinsung und Amortisation aufzukommen.

3. Variante B

3.1 Bauwerke und deren Linienführung

Die Variante B soll nach der heutigen offiziellen Planung verwirklicht werden, wenn auch zurzeit noch nicht alle Bestandteile in das Bauprogramm aufgenommen sind (Bild 15). Sie wird durch die *«Autobahn durch den Gotthard»* charakterisiert, bestehend aus *zwei 16,3 km langen, belüfteten Strassentunneln* zwischen Göschenen und Airolo. Der Ausbau erfolgt in zwei Etappen, wobei der erste Tunnel vorerst im Gegenverkehr betrieben wird. Das Portal Göschenen liegt auf 1089 m ü. M., dasjenige von Airolo auf 1151 m ü. M., und der Kulminationspunkt hat eine Höhe von rund 1165 m ü. M.

Die *Nationalstrasse N 2* wird von Erstfeld bis Biasca durchwegs als vierspurige, richtungsgetrennte Autobahn ausgeführt; sie dürfte mit ihren vielen Kunstbauten als weitaus teuerster Abschnitt (ausser den städtischen Expressstrassen) in die Nationalstrassenrechnung eingehen. Das maximale Gefälle ist auf 5 % beschränkt; Kriechspuren wurden nicht bewilligt, sie werden aber trotzdem gebaut, wo sie ohne besondere Mehrkosten möglich sind (anstelle der Standspur!). Die eigentliche Passstrasse von Göschenen nach Airolo wird wie bei der Variante A als Zweispurstrasse ausgebaut.

Da auch die Variante B eine Gesamtlösung für den Gotthard bringen soll, die Bahn und Strasse umfasst, ist ein *Eisenbahn-Basistunnel* von Amsteg nach Giornico ebenfalls miteinzubeziehen. Die rollende Strasse Göschenen—Airolo wird aufgegeben, der alte Gotthardtunnel nur noch vom Lokalverkehr und einigen binnenschweizerischen Schnellzügen benützt.

3.2 Verkehrsverteilung und Belastung

Dem Strassenverkehr stehen im Sommer zwei Möglichkeiten offen: Autotunnel Göschenen—Airolo und Passstrasse. Die Aufteilung des Verkehrs auf die beiden Routen lässt sich relativ einfach vornehmen. Wie bereits bei der Variante A gesagt wurde, kann der Pass nicht wesentlich stärker belastet werden als heute.

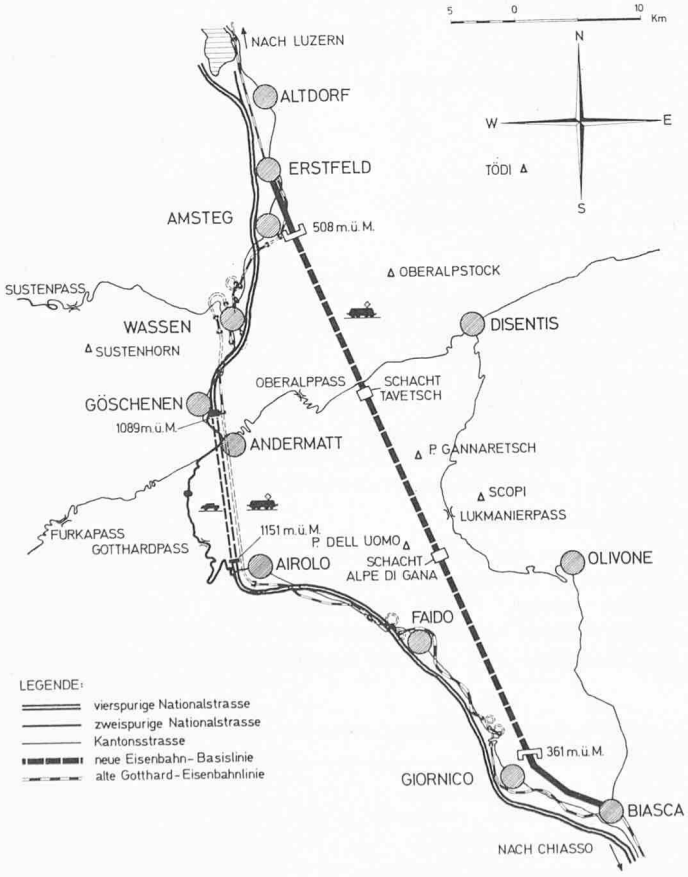

Bild 15. Variante B, Übersichtsplan. Basistunnel allein für die Bahn. Zwei Strassentunnel Göschenen—Airolo, vierspurige Autobahn und Passstrasse für den Strassenverkehr

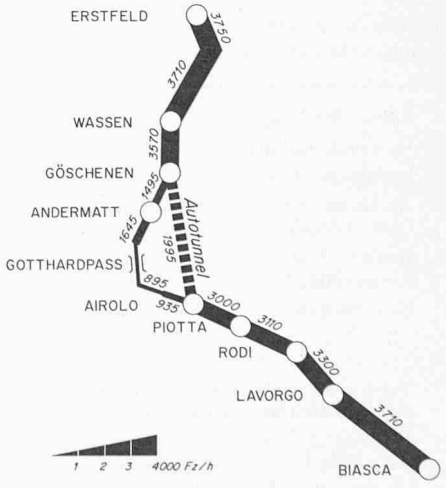

Bild 16. Variante B, Belastungsplan für den massgebenden Verkehr (30. Stunde) des Jahres 1990

Der Schwerverkehr wird verpflichtet, den Autotunnel zu benützen, sonst ergäbe sich ein zu grosser Leistungsabfall der Passstrasse. Für das Jahr 1990 wird folgender *Jahresverkehr* geschätzt:

Strassentunnel			
Göschenen—Airolo	PW	2 956 000	
	LW	460 000	3 416 000 Fz
Gotthardpass			850 000 Fz

Beim Gotthardpass ist wiederum der Lokalverkehr und der Verkehr von Furka und Oberalp in Richtung Süden nicht inbegriffen.

Auf die Probleme des Spitzenverkehrs muss noch näher eingetreten werden. Bild 16 zeigt die Belegung der einzelnen Teilstrecken für den *massgebenden Verkehr* (30. Stunde) des Jahres 1990. Nach der in Abschnitt 1.3 dieses Kapitels aufgestellten Forderung muss der Tunnel bei geschlossenem Pass den Verkehr der massgebenden Stunde allein bewältigen können. Für den Tunnel ergibt sich demnach eine Belastung von 2590 Fz/h (1995+595) oder von rund 2800 PWE/h. Wie bereits erwähnt, sollen die beiden *Autotunnel* in Etappen gebaut werden. Die heute geplante erste Röhre mit einer Leistung von 1600 PWE/h würde lange vor 1990 den gestellten Anforderungen nicht mehr entsprechen. Erst durch den Bau der zweiten Röhre erhält die Tunnelstrecke eine genügend hohe Kapazität.

Nach dem Bau des zweiten Strassentunnels wird sich der Engpass auf die *Rampen* verlagern. Hauptsächlich die Strecke Amsteg—Meitschligen mit 4,87 % Steigung ohne Kriechspur, sowie der Abschnitt Giornico—Lavorgo werden die Leistungsfähigkeit der ganzen Gotthardroute beeinträchtigen. Die Ursache liegt in der auf der Steigung reduzierten Geschwindigkeit des Schwerverkehrs und der Personenwagen mit Campinganhängern. Ein Lastwagen erreicht in der Ebene immerhin 80 km/h, auf einer Steigung von 5 % aber nur noch 22 km/h. Da eine Kriechspur fehlt, wird die rechte Fahrbahnhälfte zum grossen Teil vom langsamen Verkehr beansprucht, den schnellen Fahrzeugen steht nur noch die linke Spur zur Verfügung, auf der ein einziger «Schleicher» das Tempo einer ganzen Kolonne diktieren kann.

Auf der Ebene wird ein Lastwagen mit zwei PWE, auf der Steigung von 5 % hingegen mit acht PWE berechnet. Die zulässige Belastung (ZB) von 2000 PWE/h der Bergrichtungen Amsteg—Wassen und Giornico—Lavorgo, die beide die gleiche Belastung und die gleiche Steigung aufweisen, wird im Jahre 1990 an total 300 Stunden überschritten. Nach den allgemein gültigen Dimensionierungsregeln darf die ZB aber nur an 30 Stunden im Jahr erreicht oder überschritten werden. Dabei wurde berücksichtigt, dass der Anteil des Schwerverkehrs während den höchsten Stunden im Jahr bedeutend kleiner ist als im Jahresdurchschnitt (höchste Stunde 4 %, Jahresdurchschnitt 12 %). Die Spitzenstunden treten bekanntlich über das Wochenende auf, wo der normale Lastwagenverkehr eingestellt ist. Dem Verkehr steht wohl nach Erreichen der ZB noch die Spanne bis zur Leistungsfähigkeit zur Verfügung, aber die Behinderung wird immer grösser, was sich besonders durch eine Verlängerung der Fahrzeit bemerkbar macht.

Zusammenfassend kann festgehalten werden: *Die Gotthardroute wird in all ihren Planungsstadien (einschliesslich Endausbau) mit einem Engpass behaftet sein.* Die Schwierigkeiten treten vorerst auf der eigentlichen Passstrasse und nach Eröffnung des ersten Autotunnels auf der Kantonsstrasse im Tessin auf. Nach dem Bau der Nationalstrasse im Tessin wird der Strassentunnel nicht mehr genügen. Mit der Aufnahme des Betriebes im zweiten Strassentunnel wird der Engpass endgültig auf die steilen Autobahnstücke im oberen Reusstal und in der Leventina verschoben. Die Aufnahme eines *maximalen Verkehrs,* wie er eingangs dieses Kapitels gefordert wurde, ist für die Variante B nicht möglich.

3.3 Gotthard-Strassentunnel Göschenen—Airolo

3.31 Technische Beschreibung

Die *erste Etappe* der «Autobahn durch den Gotthard», der belüftete, zweispurige Strassentunnel Göschenen—Airolo, soll 1969 in Angriff genommen werden. Es sollen kurz einige Einzelheiten angegeben werden: Leistungsfähigkeit 1600 PWE/h, zwei bis vier Lüftungsschächte (je nach Variante), Länge des eigentlichen Tunnels rund 16,3 km, Tunnelzufahrt in Göschenen wegen der Rientallawine auf eine Strecke von rund 600 m eingedeckt. Da bis

Tabelle 6. Baukosten der Gotthard-Strassentunnel — Var. B

Erster Strassentunnel Göschenen—Airolo	320 Mio Fr.
Zweiter Strassentunnel Göschenen—Airolo	348 Mio Fr.
Anpassung des ersten Strassentunnels	9 Mio Fr.
Total Strassentunnel *ohne* Bauzinsen	677 Mio Fr.
Tunnelzufahrten	30 Mio Fr.
Total Tunnel inkl. Zufahrten *ohne* Bauzinsen	707 Mio Fr.
Bauzinsen 4½ %	125 Mio Fr.
Total Tunnel inkl. Zufahrten *mit* Bauzinsen	832 Mio Fr.

Tabelle 7. Jahreskosten der Strassentunnel Göschenen—Airolo in Franken für das Jahr 1990 — Var. B

Personalkosten	1 420 000
Betrieb und Unterhalt Lüftung	925 000
Betrieb und Unterhalt Beleuchtung	885 000
Betrieb und Unterhalt Signalanlagen, Telephondienst usw.	100 000
Reinigung, Unterhalt und Erneuerung der Tunnel	1 107 000
Unterhalt Betriebsräume	90 000
Betrieb, Unterhalt und Erneuerung Fahrzeugpark	255 000
Unvorhergesehenes	240 000
	5 022 000
Amortisation und Verzinsung der baulichen Anlagen von 596,5 Mio Fr. (ohne Bauzinsen), Abschreibung in 50 Jahren bei einem Kapitalzins von 4½ %, Annuität 5,06 %	30 183 000
Amortisation und Verzinsung der elektromechanischen Anlagen und diversen Einrichtungen von 80,5 Mio Fr. (ohne Bauzinsen), Abschreibung in 25 Jahren bei einem Kapitalzins von 4½ %, Annuität 6,744 %	5 429 000
Total Jahreskosten Tunnel	40 634 000
Jahreskosten Zufahrten	1 812 000
Total Jahreskosten Tunnel inkl. Zufahrten *ohne* Bauzinsen	42 446 000
Total Jahreskosten Tunnel inkl. Zufahrten *mit* Bauzinsen	49 034 000

Tabelle 8. Kosten pro Fahrt — Var. B

		Ohne Bauzinsen		*Mit* Bauzinsen	
		Fr.	Fr./km	Fr.	Fr./km
Kosten Tunnel	PW	8.08	—.44	9.33	—.51
	LW	40.40	2.22	46.65	2.56
Selbstfahrkosten	PW	2.73	—.15	2.73	—.15
	LW	10.—	—.55	10.—	—.55
Totalkosten pro Fahrt	PW	10.81	—.59	12.06	—.66
	LW	50.40	2.77	56.65	3.22

Tabelle 9. Geschätzte Anlagekosten der Nationalstrasse — Var. B

Erstfeld—Göschenen, vierspurig	326 Mio Fr.
Airolo—Biasca, vierspurig	557 Mio Fr.
Total Anlagekosten ohne Bauzinsen	883 Mio Fr.
Bauzinsen 4½ %	139 Mio Fr.
Total Anlagekosten mit Bauzinsen	1022 Mio Fr.

Tabelle 10. Anlagekosten in Mio Fr. eines reinen Eisenbahn-Basistunnels — Var. B

— Basistunnel nach Projekt Elektro-Watt	1010,0
Mehrkosten infolge Verbesserungen	44,0
— Zufahrten 12,85 km lang	75,8
— Neuer Bahnhof Biasca und Anschluss an alte Gotthardlinie	20,8
Total Anlagekosten *ohne* Bauzinsen	1150,6
Bauzinsen 4½ %	240,4
Total Anlagekosten *mit* Bauzinsen	1391,0

heute noch nicht öffentlich bekannt ist, welches Projekt zur Ausführung gelangt, können keine weiteren Einzelheiten angegeben werden.

Der Bau einer weitern Tunnelröhre in der *zweiten Etappe* ermöglicht den richtungsgetrennten Betrieb auf der Tunnelstrecke. Der zweite Strassentunnel wird parallel zum ersten geführt. Im Endausbau sollten rund 2600 PWE/h in der stärker belegten Röhre durchgeschleust werden können. Das bedingt den Bau von vier zusätzlichen Schächten und die Installation einer bedeutend stärkeren Lüftung im zweiten Tunnel, die auch dem bestehenden Strassentunnel aushelfen muss. Die beiden Tunnelröhren werden abschnittweise mit Kanälen untereinander verbunden.

3.32 Baukosten der Gotthard-Strassentunnel

Die geschätzten Zahlen der Strassentunnel und der Zufahrten enthalten sämtliche Kosten für bauliche Anlagen, Lüftungsinstallationen, Stromversorgung, Beleuchtung, Signale, Steuerung und Überwachung. Die Bauzeit pro Tunnel beträgt rund acht Jahre.

3.33 Jahreskosten, Kosten pro Fahrt

Unterhalt und Betrieb der Strassentunnel benötigen einen hohen Aufwand. Der Personalbestand (ohne Polizei) wurde im Schlussbericht der Studiengruppe Gotthardtunnel mit 51 Mann angegeben; da es sich hier um zwei Tunnel handelt, werden 70 Mann eingesetzt. Allein die elektrische Energie für Beleuchtung und Belüftung der beiden Tunnelröhren würde theoretisch ausreichen, um sämtliche Fahrzeuge auf der rollenden Strasse Göschenen—Airolo zu befördern. Die jährlichen Kosten (Tabelle 7) wurden auf Grund der Erfahrungen mit bestehenden Tunneln berechnet. Der Abschreibemodus wurde aus dem Schlussbericht übernommen.

Es ist nicht Aufgabe dieses Berichtes, zum Problem der Strassentunnelgebühren Stellung zu nehmen. Es wird nur angegeben, wie hoch die *selbstkostentragenden* Gebühren sein müssten, wenn solche eingeführt werden sollten. Da im Gegensatz zu der Rollbahn die Strassenfahrzeuge mit eigener Kraft durch den Tunnel fahren, müssen auch diese Auslagen zur Ermittlung der *Kosten pro Fahrt* miteinbezogen werden.

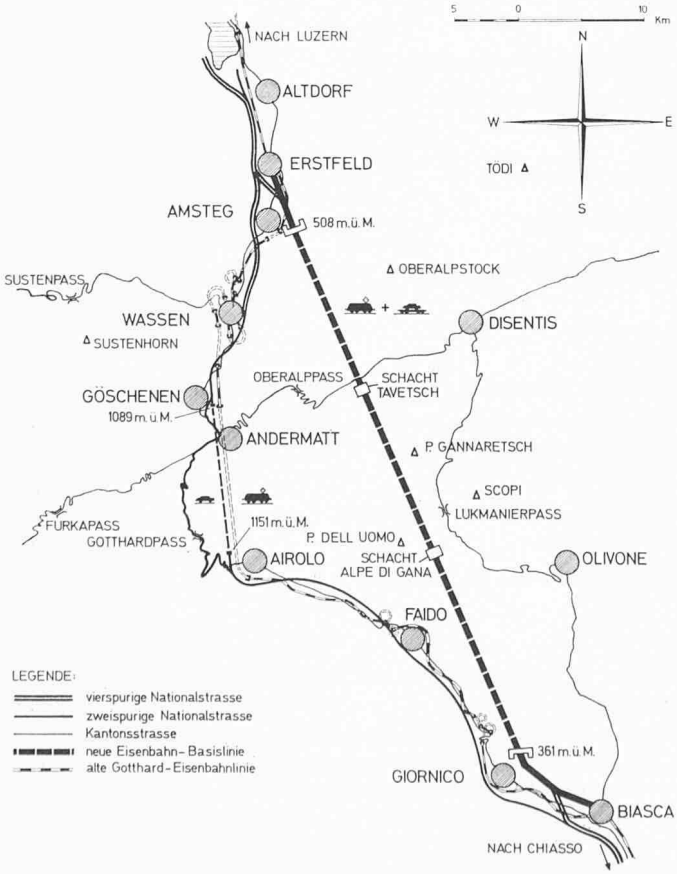

Bild 17. Variante C, Übersichtsplan. Basistunnel für Eisenbahn und Strasse. Der Strassenverkehr verfügt daneben noch über einen Strassentunnel auf der Höhe Göschenen—Airolo und über die Passstrasse

3.4 Nationalstrasse

Das Wesentliche über die Nationalstrasse im Bereich des Gotthards wurde bereits gesagt. Auf die besonderen Probleme des Unterhaltes wird später noch eingegangen.

3.5 Eisenbahn-Basistunnel Amsteg—Giornico

Wie erwähnt, soll im Sinne einer Gesamtlösung für Bahn und Strasse auch der Bau eines reinen Eisenbahn-Basistunnels in Rechnung gestellt werden. Die Anlagekosten zeigt Tabelle 10.

4. Variante C

4.1 Bauwerke und deren Linienführungen

Die Variante C (Bild 17) stellt einen Kompromiss zwischen den Varianten A und B dar. Sie befriedigt die politischen Ansprüche des Tessins nach einem Strassentunnel am Gotthard, der als «Sofortmassnahme» die prekären Verkehrsverhältnisse sanieren hilft. Trotzdem kann dem Gedanken einer gemeinsamen Lösung für Bahn und Strasse Folge geleistet werden. Der gesamtwirtschaftliche Gesichtspunkt findet weit bessere Beachtung als bei der Variante B.

In der ersten Etappe wird der zweispurige, belüftete *Strassentunnel* Göschenen—Airolo gebaut. Anstelle eines zweiten Autotunnels auf der gleichen Höhe (wie bei Variante B), wird der *kombinierte Basistunnnel* Amsteg—Giornico verwirklicht. Die Bahn erhält so die dringend benötigte neue Alpentransitlinie, und die Strasse verfügt mit der Rollbahn über ein schnelles und vor allem wirtschaftliches Verkehrsmittel.

Die *Nationalstrasse* wird mit Ausnahme der Strecke Erstfeld—Wassen im ganzen Untersuchungsgebiet nur zweispurig gebaut. Da der Schwerverkehr verpflichtet wird, den für ihn günstigeren Basistunnel zu benützen, werden die neue *Touristenstrasse* und die bestehende Kantonsstrasse dem Verkehr vollauf gerecht. Sowohl Strassentunnel wie Nationalstrasse werden konsequent über zwei Spuren verfügen. Der vierspurige Ausbau der N 2 in der Leventina kann aus wirtschaftlichen Gründen nicht vertreten werden.

4.2 Verkehrsverteilung und Belastung

Dem Strassenverkehr stehen am Gotthard während des ganzen Jahres Basistunnel und Strassentunnel offen; die beiden Bauwerke stehen gewissermassen in Konkurrenz zueinander. Im Sommer kommt noch der Pass dazu. Die Abschätzung der Verteilung des Verkehrs auf die drei Möglichkeiten verursacht einige Probleme. Wir stellten dazu folgende Überlegungen an:

— Der Schwerverkehr wird gesetzlich verpflichtet, den Basistunnel zu benützen (wie bei Variante A).

— In der Nacht bleibt aus wirtschaftlichen Gründen nur einer der beiden Tunnel geöffnet. Im Winter wickelt sich nachts der Verkehr aus Sicherheitsgründen (Lawinen!) über den Basistunnel ab, im Sommer steht ausserdem noch die Passstrasse zur Verfügung, während sich in den Übergangszeiten nachts der Verkehr durch den Autotunnel abspielt.

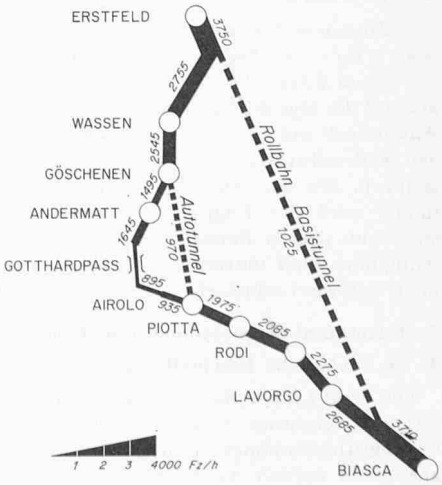

Bild 18. Variante C, Belastungsplan für den massgebenden Verkehr (30. Stunde) des Jahres 1990

Tabelle 11. Anlagekosten in Mio Fr. für Basistunnel, Zufahrtsstrecken, Einrichtungen Rollbahn (ohne Rollmaterial)

	Total	Anteil Rollbahn	Anteil Bahn
— Basistunnel nach Projekt Elektro-Watt	1010,0*	454,5	555,5
Mehrkosten infolge Verbesserungen	44,0	19,8	24,2
Mehrkosten infolge Einrichtung Rollbahn	25,0	25,0	—
	1079,0	449,3	579,7
— Eisenbahnzufahrten Erstfeld — Nordportal und Südportal — Biasca. Gesamte Länge 12,85 km, davon 6,42 km von Rollbahn benützt	75,8*	19,1	56,7
— Neuer Bahnhof Biasca und Anschluss an alte Gotthardlinie	20,8*	—	20,8
— Verladestationen der Rollbahn in Amsteg und Pollegio	58,0	58,0	—
Total Anlagekosten *ohne* Bauzinsen	1233,6	576,4	657,2
— Bauzinsen 4½ %	250,8	112,9	137,9
Total Anlagekosten *mit* Bauzinsen	1484,4	689,3	795,1

* Kosten nach Projekt Elektro-Watt

Tabelle 12. Zusammenstellung der Jahreskosten der Rollbahn in Franken für das Jahr 1990 Var. C

— Löhne Betriebspersonal	1 460 000
— Unterhalt Rollmaterial (inkl. Löhne)	2 060 000
— Elektrische Energie	3 560 000
— Anteil am Betrieb, Unterhalt und Erneuerung Basistunnel (inkl. Löhne)	1 750 000
— Betrieb, Unterhalt, Erneuerung bauliche Anlagen im Freien (inkl. Löhne)	1 720 000
— Unvorhergesehenes	650 000
	11 200 000
— Verzinsung und Abschreibung des Rollmaterials (nach den Ansätzen der SBB)	4 460 000
— Verzinsung und Amortisation der Anlagekosten 576,4 Mio Fr. (ohne Bauzinsen), Abschreibung in 50 Jahren bei einem Kapitalzins von 4½ %, Annuität 5,06 %	29 166 000
Gesamte Jahreskosten *ohne* Bauzinsen	44 826 000
Gesamte Jahreskosten *mit* 4½ % Bauzinsen	50 539 000

— Wie schon mehrmals gesagt wurde, lässt sich der Passverkehr nicht mehr wesentlich steigern; gegenüber den beiden vorhergehenden Varianten wurde der Pass sogar etwas weniger stark belastet. Begründung: weiter unten bestehen bereits zwei vollwertige Verbindungen.

— Der eilige Verkehr wird den schnelleren Basistunnel benützen.

— Vorerst wurde für die Aufteilung des Tagesverkehrs angenommen, dass finanzielle Aspekte keinen Einfluss auf die Routenwahl ausüben, d. h. beide Varianten sind finanziell gleichwertig.

— Schlechte Wetter- und Strassenverhältnisse werden auf der Autobahn vor der Abzweigung zum Basistunnel signalisiert (Nebel, Schneetreiben, Glatteis, Lawinengefahr usw.) und die Automobilisten angewiesen, die Rollbahn zu benützen.

— Normalerweise wird der Autotourist seine Routenwahl nach der momentanen Wetterlage treffen.

Die Rechnung ergab nach Berücksichtigung aller aufgezählten Faktoren, wobei uns u. a. die Wetterberichte der letzten Jahre und eine kleine Umfrage behilflich waren, eine durchschnittliche Benützung des Basistunnels durch den Personenwagenverkehr von 40 % im Juli/August und bis zu 75 % im Hochwinter. Nachträglich stellte sich noch heraus, dass die Fahrt im Basistunnel bedeutend billiger zu stehen kommt als über den Strassentunnel.

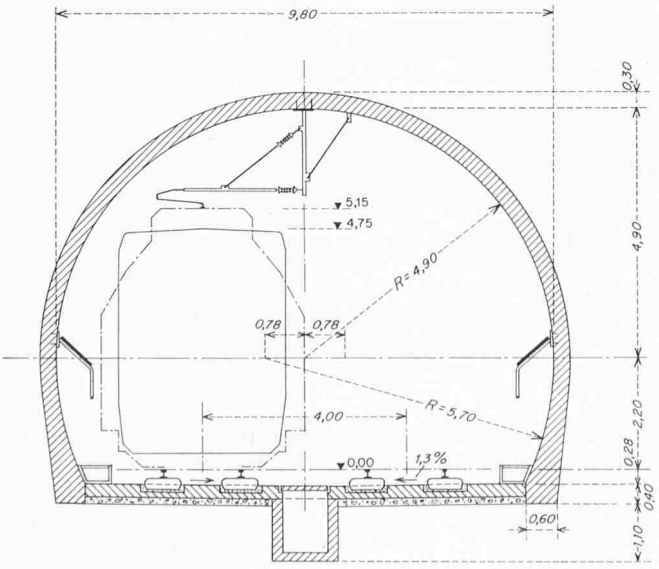

Bild 19. Variante C, Querschnitt 1:150 des Basistunnels für standfesten und leicht gebrächen Fels. SBB-Lichtraumprofil gestrichelte Linie, Profil Rollbahnzüge ausgezogene Linie

Für das Jahr 1990 wird mit folgendem *Jahresverkehr* gerechnet:

Rollbahn Basistunnel		
Personenwagen	1 661 000	
Personenwagen mit Anhänger	95 000	
Schwerverkehr	460 000	2 216 000 Fz
Strassentunnel Göschenen—Airolo		1 300 000 Fz
Gotthardpass		750 000 Fz

Der *massgebende Verkehr* (30. Stunde), gemäss Bild 18, wird zum grossen Teil durch zwei parallele Strassen aufgenommen (National- und Kantonsstrasse). Auch bei geschlossenem Pass vermag der Strassentunnel sämtlichen in Göschenen bzw. Airolo anfallenden Verkehr (970 + 595 = 1565 Fz/h) aufzunehmen, ohne dass der Basistunnel zusätzlich belastet wird.

4.3 Kombinierter Basistunnel

4.31 Allgemeines

Der kombinierte Basistunnel Amsteg—Giornico für Eisenbahn und Rollbahn entspricht weitgehend dem in der Variante A besprochenen Bauwerk. Es war möglich, einige Änderungen im Sinne von Einsparungen vorzunehmen, da gegenüber dem ursprünglichen Projekt der Verkehr auf der Rollbahn kleiner ist.

Wiederum findet *ein- und zweistöckiges Rollmaterial* Verwendung. Während die einstöckigen Transportwagen und auch die Lokomotiven genau gleich sind wie bei der Variante A, wurde bei den Doppelstockwagen die lichte Innenhöhe verkleinert (1,90 m). Das hat zur Folge, dass mehr Personenwagen mit Gepäck auf dem Dach oder mit Campinganhänger auf einstöckige Züge verladen werden müssen, aber anderseits ist der *Tunnelquerschnitt* (Bild 19) gegenüber dem Projekt Elektro-Watt nur noch minim zu vergrössern (1,5 bis 11,5 %, je nach Felsverhältnissen).

Der *durchschnittliche tägliche Zugsverkehr* im Jahre 1990 beträgt für die Rollbahn rund 140 Züge/Tag. Die Schliessung der Rollbahn während gewissen, wenig belegten Nachtstunden (dafür Autotunnel offen) ermöglicht es, die Auslastung der Züge zu verbessern.

Selbst der Endausbau für maximalen Verkehr erfordert nur Züge mit zwei zusammengekuppelten Kompositionen. Dadurch können die *Aus- und Einladerampen* auf den Stationen von ursprünglich 800 m auf 540 m verkürzt werden.

Der *Wagenpark* für das Jahr 1990 braucht für keinen Spitzenverkehr ausgelegt zu werden. Was die Rollbahn im Stossverkehr nicht bewältigen kann, wird an den Strassentunnel abgegeben. Kosten für Ankauf und Unterhalt desjenigen Rollmaterials, das nur für einen allfälligen Spitzenbedarf in Bereitschaft zu stehen hat, erübrigen sich. Der Wagenpark setzt sich 1990 aus zehn doppelstöckigen und 14 einstöckigen Kompositionen zusammen. Die Formation von zweigliedrigen Zügen erlaubt, alle acht Minuten einen Autozug abzuschicken; das ergibt eine Leistungsfähigkeit von 1120 PWE/h pro Richtung (Gesamtleistung theoretisch 2240

PWE/h). Die Kapazität der Rollbahn lässt sich mit der Inbetriebnahme von zusätzlichem Rollmaterial noch stark steigern.

4 . 32 Kosten der baulichen Anlagen der Eisenbahnbasislinie und der Rollbahn

Da die Benützung des Basistunnels durch die Rollbahn kleiner ist als durch die SBB, ändert sich auch die Aufteilung der Kosten. Die Strassenrechnung wird mit 45 % und die Bahnrechnung mit 55 % belastet, das Verhältnis könnte aber auch 40 : 60 % betragen.

4 . 33 Jahreskosten der Rollbahn, selbstkostentragende Gebühren

Die in Tabelle 12 aufgeführten Zahlen geben den Aufwand der Rollbahn wieder, der auf Konto Strasse verbucht wird. Aus den Jahreskosten lassen sich die *selbstkostentragenden Gebühren* für den zugrundegelegten Verkehr errechnen.

	Ohne Bauzinsen		*Mit* Bauzinsen	
	Fr.	Fr./km	Fr.	Fr./km
Taxe für Personenwagen	10.93	—.21	12.33	—.23
Taxe für PW mit Anhänger . . .	16.40	—.31	18.50	—.35
Taxe für Lastwagen	54.60	1.03	61.65	1.16

Die selbstkostentragenden Gebühren sind hier sogar noch etwas kleiner als bei der Variante A. Das darf nicht zu falschen Schlüssen führen. Für das Untersuchungsjahr 1990 sind die Taxen wohl etwas geringer, für einen andern Zeitpunkt (z. B. 2000) könnte sich aber das Bild ändern. Die Rollbahn nach Variante A weist im Hinblick auf eine weitere Leistungssteigerung bedeutende Vorinvestitionen auf (grösserer Tunnelquerschnitt, längere Verladestationen usw.), die sich 1990 noch nicht bezahlt machen.

4 . 4 Strassentunnel Göschenen—Airolo

Der belüftete, zweispurige Strassentunnel Göschenen—Airolo entspricht der ersten Etappe des in 3 . 3 beschriebenen Bauwerkes.

4 . 41 Baukosten des Gotthard-Strassentunnels

Ausser den Zufahrten, die etwas einfacher gestaltet werden können, entsprechen die folgenden Zahlen den in 3 . 3 bereits genannten.

Strassentunnel Göschenen—Airolo	320 Mio Fr.
Tunnelzufahrten	20 Mio Fr.
Total Baukosten *ohne* Bauzinsen	340 Mio Fr.
Bauzinsen 4½ %	60 Mio Fr.
Total Baukosten *mit* Bauzinsen	400 Mio Fr.

4 . 42 Jahreskosten

Der Strassentunnel wird während der Nachtzeit an insgesamt 2740 Stunden im Jahr geschlossen sein. Dadurch liessen sich die Personal- (total 38 Mann) und Beleuchtungskosten herabsetzen. Aus den Jahreskosten (Tabelle 13) lassen sich die nachstehenden *selbstkostentragenden Gebühren* errechnen:

pro Fahrzeug Fr. 15.55, *ohne* Bauzinsen
pro Fahrzeug Fr. 17.97, *mit* Bauzinsen

Der Strassentunnel wird hauptsächlich nur von Personenwagen benützt, so dass eine Aufteilung nach Fahrzeugkategorien nicht vorgenommen wurde. Die Fahrkosten für einen mittleren Personenwagen von Erstfeld nach Biasca betragen bei der Erhebung von selbstkostentragenden Tunneltaxen (die Bauzinsen sind dabei miteingerechnet) und bei

Selbstfahrkosten von	Fr. —.17/km
über die Rollbahn	Fr. 13.20 (davon Tunneltaxe 12.33)
über den Strassentunnel	Fr. 30.25 (davon Tunneltaxe 17.97)

Der Autotunnel weist im Hinblick auf eine künftige Verkehrszunahme eine grosse Kapazitätsreserve auf, die im Untersuchungsjahr noch nicht ausgeschöpft werden kann. Die errechneten, relativ hohen Durchfahrkosten pro Fahrzeug werden sich deshalb im Laufe der Zeit verringern.

4 . 5 Nationalstrasse

Die *Nationalstrasse* im gesamten Untersuchungsgebiet weist die gleiche Linienführung, den gleichen Ausbaustandard und die gleichen Baukosten auf wie das in der Variante A unter 2 . 4 besprochene Bauwerk.

Kap. III. Vergleich der Varianten

1. Gegenüberstellung der geometrischen Daten und Fahrzeiten im Untersuchungsgebiet Erstfeld—Biasca

Die wichtigen Angaben für die Strasse enthält Tabelle 14. Je grösser der Verkehr auf der Rollbahn im Basistunnel (Varianten A und C), desto dichter der Fahrplan und desto kleiner werden die Wartezeiten und damit auch die Fahrzeiten. Bei der Variante B tritt bei grossem Andrang das Umgekehrte, d. h. eine Verlangsamung des Verkehrs auf der Strasse ein. Die Daten der Bahn enthält Tabelle 15.

2. Vergleich in verkehrstechnischer und touristischer Hinsicht

Der *Schwerverkehr,* das grösste Hindernis auf steilen Strecken, kann bei den Varianten A und C vom eigentlichen Gotthardgebiet

Tabelle 13. Jahreskosten des Strassentunnels Göschenen—Airolo in Mio Fr. für das Jahr 1990 (Variante C)

— Personalkosten	786 000
— Betrieb und Unterhalt Lüftung	310 000
— Betrieb und Unterhalt Beleuchtung	344 000
— Betrieb und Unterhalt Signalanlagen, Telephondienst usw.	50 000
— Reinigung, Unterhalt und Erneuerung des Tunnels . .	409 000
— Unterhalt Betriebsräume	60 000
— Betrieb, Unterhalt und Erneuerung Fahrzeugpark . . .	170 000
— Unvorhergesehenes	107 000
	2 236 000
— Amortisation und Verzinsung der baulichen Anlagen von 285 Mio Fr. (ohne Bauzinsen), Abschreibung in 50 Jahren bei Kapitalzins 4½ %, Annuität 5,06 %	14 421 000
— Amortisation und Verzinsung der elektromechanischen Anlagen und diversen Einrichtungen von 35 Mio Fr. (ohne Bauzinsen), Abschreibung in 25 Jahren bei einem Kapitalzins von 4½ %, Annuität 6,744 %	2 360 000
Total Jahreskosten Tunnel	19 017 000
Jahreskosten Zufahrten	1 192 000
Total Jahreskosten Tunnel einschliesslich Zufahrten *ohne* Bauzinsen	20 209 000
Total Jahreskosten Tunnel einschliesslich Zufahrten *mit* Bauzinsen	23 359 000

Tabelle 14. Charakteristische Daten der Strasse für die drei Varianten

		Var. A	Var. B	Var. C
Länge über Basistunnel	km	58,1	—	58,1
Länge über Strassentunnel [1])	km	—	72,1	72,1
Länge über Rollende Strasse [1])	km	71,0	—	—
Länge über Pass	km	89,0	89,0	89,0
Kulmination Basistunnel	m ü. M.	548	—	548
Kulmination Strassentunnel [1])	m ü. M.	—	1165	1165
Kulmination Rollende Strasse [1])	m ü. M.	1151	—	—
Kulmination Pass	m ü. M.	2108	2108	2108
Für Schwerverkehr massgebende grösste Steigung	%	0,8	5,0	0,8
Fahrzeit Personenwagen [2])	min	44	61	44
Fahrzeit Lastwagen [2])	min	51	90	51

[1]) Göschenen—Airolo
[2]) Fahrzeiten für mittlere Verkehrs- und normale Strassenverhältnisse für die kürzeste Verbindung einschliesslich Wartezeiten auf der Rollbahn

Tabelle 15. Vergleichszahlen der Bahn (Bahnhof Erstfeld bis zum Zusammenschluss mit der alten Gotthardstrecke südlich von Biasca)

		Über alten Gotthardtunnel	Über Basistunnel
Länge	km	91,6	60,5
Kulmination	m ü. M.	1151	548
Grösste Steigung	‰	28	10
Fahrzeit für Schnellzüge rund	min	75	30

ferngehalten werden. Schon aus wirtschaftlichen Gründen wird der kommerzielle Transitverkehr die Rollbahn im Basistunnel benützen; anderseits wird der lokale Schwerverkehr durch Vorschriften auf die alte Gotthardstrasse verwiesen. Bei der Variante B muss sämtlicher Schwerverkehr nach Göschenen bzw. Airolo zum Strassentunnel geführt werden. Das verursacht neben allen andern Unannehmlichkeiten, wie Lärm, Gestank und starke Abnützung der Strasse, eine empfindliche Verminderung der Kapazität der Autobahn. *Die Variante B ist bezüglich Leistungsfähigkeit den Varianten A und C nicht ebenbürtig.*

Der Einwand, der Basistunnel ziehe vermehrt Schwerverkehr an, der auf den Zufahrten im Mittelland unerwünscht ist, ist nicht stichhaltig. Der Lastwagenverkehr wird durch einen Strassentunnel genauso angezogen; auf den steilen Autobahnstücken stellt er wohl für den übrigen Verkehr ein Hindernis dar, der Lastwagen selber wird aber dadurch nicht behindert.

Tabelle 16. Vergleich der Jahreskosten in Fr. für Betrieb, Unterhalt und Erneuerung der Nationalstrasse (Erstfeld—Göschenen, Airolo—Biasca)

	Var. A	Var. B	Var. C
Kanton Uri			
Unterhalt Nationalstrasse . . .	410 000	830 000	410 000
Erneuerung Nationalstrasse . .	240 000	290 000	240 000
Betrieb, Unterhalt, Erneuerung Rampentunnel	340 000	500 000	340 000
Jahreskosten Kanton Uri . . .	990 000	1 620 000	990 000
Kanton Tessin			
Unterhalt Nationalstrasse . . .	650 000	1 260 000	650 000
Erneuerung Nationalstrasse . .	210 000	490 000	210 000
Betrieb, Unterhalt, Erneuerung Rampentunnel	100 000	300 000	100 000
Jahreskosten Kanton Tessin . .	960 000	2 050 000	960 000
Totale Jahreskosten	1 950 000	3 670 000	1 950 000

Tabelle 17. Vergleich der Anlagekosten in Mio Fr. für die Strasse

	Var. A	Var. B	Var. C
Nationalstrasse	558	883	558
Anteil an Kosten Basistunnel und bauliche Anlagen Rollbahn	687	—	576
Rollmaterial der Rollbahn	120	—	85
Ausbau rollende Strasse Göschenen—Airolo	2	—	—
Strassentunnel einschliesslich Zufahrten .	—	707	340
Total Anlagekosten *ohne* Bauzinsen . . .	1367	1590	1559
Bauzinsen 4½ %	201	264	240
Total Anlagekosten *mit* Bauzinsen . . .	1568 (100 %)	1854 (118 %)	1799 (115 %)

Tabelle 18. Verteilung der Anlagekosten der Strasse (ohne Bauzinsen) in Mio Fr.

	Var. A	Var. B	Var. C
Anteil Nationalstrassenrechnung	558	1590	898
Eventueller Anteil private Gesellschaft . . .	809	—	661
Total Anlagekosten	1367	1590	1559

Tabelle 19. Vergleich der Anlagekosten in Mio Fr. für Bahn und Strasse

	Var. A	Var. B	Var. C
Strasse (alle Bauten einschliesslich Tunnel) .	1367	1590	1559
Anteil Bahn an Kosten Basistunnel . . .	603	—	657
Reiner Eisenbahn-Basistunnel	—	1150	—
Total Anlagekosten *ohne* Bauzinsen . . .	1970	2740	2216
Bauzinsen 4½ %.	328	504	378
Total Anlagekosten *mit* Bauzinsen . . .	2298 (100 %)	3244 (141 %)	2594 (113 %)

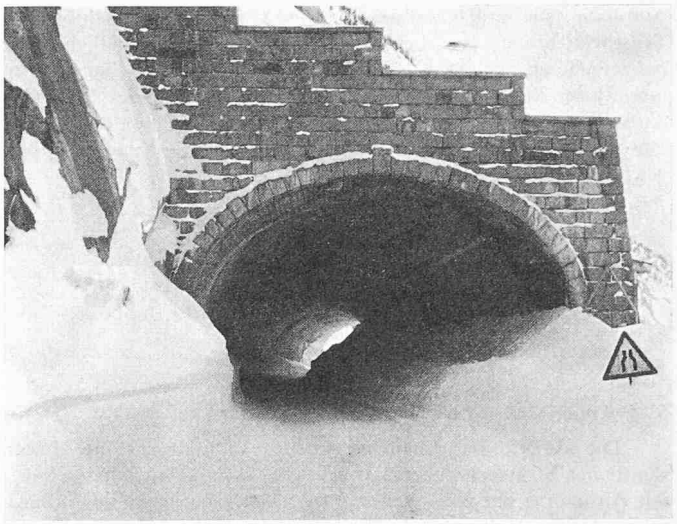

Bild 20. Probleme des Winterdienstes am Gotthard. Verschneites Urnerloch in der Schöllenen (Photo Bund)

Der Bau der vierspurigen Autobahn im oberen Reusstal und in der Leventina verursacht grosse Eingriffe in das *Landschaftsbild,* was bereits zu heftigen Protesten von seiten der Bevölkerung der Leventina geführt hat. Mit der Erstellung der zweispurigen Nationalstrasse bei den Varianten A und C, die ohne Kriechspur und auch mit etwas grösseren Steigungen auskommt, können die Schönheiten der Natur und das Ortsbild der Gemeinden viel besser geschont werden.

Der *Tourismus* ist für die wirtschaftliche Entwicklung der Talschaften des Gotthards von grosser Wichtigkeit. Das Heranführen von zuviel Verkehr und besonders von Schwerverkehr kann zu einem Rückgang des Fremdenverkehrs führen. Das können Ferienorte bezeugen, die sich anfänglich gegen die Umfahrung sträubten, später aber buchstäblich im Verkehr ertranken. Beim Verkehr verhält es sich ja wie beim Wasser: eine bekömmliche Menge ist lebensnotwendig, zuviel aber bringt Verderben.

Nach der Konjunktur während der Bauzeit bietet die Autobahn nach Variante B den meisten Dörfern im oberen Reusstal und in der Leventina, die über keine Anschlüsse verfügen, wirklich nichts anderes als Lärm und Gestank. Der Tourist sieht sich nicht veranlasst, in den lärmigen Tälern zu verweilen. Die Nationalstrasse nach Varianten A und C soll demgegenüber nicht als Autobahn, sondern als zweispurige *Touristenstrasse,* frei von jeglichem Schwerverkehr, gebaut werden. Ohne grosse zusätzliche Kosten können mehr Anschlüsse zu den Dörfern gebaut werden.

3. Vergleich der Unterhaltskosten der Nationalstrasse

Betrieb, Unterhalt und Erneuerung der Nationalstrasse, gemeint sind die Strecken Erstfeld—Göschenen und Airolo—Biasca, verursachen hohe Kosten. Besonders der Winterdienst (Bild 20) stellt sehr grosse Ansprüche, denn die Autobahn sollte zu jeder Zeit schwarz geräumt sein, d. h. es sollte sich überhaupt nie Schnee und Eis auf der Fahrbahn ansetzen können, was aber nicht bei allen Wetterlagen möglich sein wird. Nur die Unterhaltskosten auf der offenen Strecke Amsteg—Göschenen werden für die Autobahn nach Variante B rund 50 000 Fr./km pro Jahr betragen, dazu kommen noch die Kosten für die Erneuerung des Belages und der übrigen baulichen Anlagen sowie die Unterhalts- und Beleuchtungskosten der Rampentunnel. Bei den Varianten A und C bleibt die Nationalstrasse im Winter zum grossen Teil geschlossen. Der Hauptverkehr wickelt sich sowieso durch den Basistunnel ab, und den übrigen Fahrzeugen steht die Kantonsstrasse offen.

Trotz grossem Einsatz von Maschinen und Personal kann die *Wintersicherheit* der Gotthardroute nach Variante B nicht voll gewährleistet werden; das hat der Winter 1967/68 wieder einmal mit aller Deutlichkeit demonstriert.

4. Vergleich der Polizeikosten

Die Nationalstrassen verlangen ein gut ausgebautes Überwachungssystem. Nach den heutigen schweizerischen Erfahrungen verursacht der Polizeidienst jährliche Kosten bis zu 20 000 Fr./km

Autobahn. Die in den Varianten A und C im Winter geschlossenen Teilstücke brauchen während dieser Zeit selbstverständlich keine polizeiliche Betreuung. Die Polizeikosten für die bestehende Kantonsstrasse und die eigentliche Passstrasse sind in der folgenden Aufstellung nicht enthalten. Bei der Variante A fällt die Strecke Göschenen—Airolo (rollende Strasse) für die polizeiliche Überwachung ausser Betracht.

Polizeikosten der Nationalstrasse Erstfeld—Biasca

(ohne Pass) für Variante A	400 000 Fr./Jahr
(ohne Pass) für Variante B	1 080 000 Fr./Jahr
(ohne Pass) für Variante C	500 000 Fr./Jahr

5. Vergleich der Anlagekosten

5.1 Anlagekosten für die Strasse

Die aufgeführten Zahlen (Tabelle 17) umfassen die Kosten sämtlicher Strassenanlagen im Bereich des Untersuchungsgebietes mit Ausnahme der eigentlichen Passstrasse Göschenen—Gotthardpass—Airolo. Volkswirtschaftlich gesehen, müssen Bauzinsen miteingerechnet werden, gleichgültig, ob sie in der Bauabrechnung auftreten oder nicht, d. h. die Art der Finanzierung (Kantons- und Bundesbeiträge à fonds perdu oder Fremdkapital) ist für diese Betrachtungsweise nicht massgebend.

Wie in Kapitel II beschrieben, vermag die Rollbahn im Basistunnel mit bescheidenen Tunneltaxen ihren jährlichen Aufwand zu decken. Sollte der Strassentunnel nach dem Wunsche des Tessins gebührenfrei passiert werden dürfen, so könnte mit gleichem Recht bei der Variante C vom Bund auch ein Beitrag an die Betriebskosten der Rollbahn gefordert werden, da dem Staat die Bau- und Unterhaltskosten des zweiten Strassentunnels erspart werden.

Das wirtschaftliche Fundament der Rollbahn ist dermassen gut, dass berechtigte Hoffnungen bestehen, die Rollbahn könne auf *privatwirtschaftlicher Grundlage* gebaut und betrieben werden. Es wäre denkbar, dass eine Aktiengesellschaft «Gotthard-Rollbahn» gemeinsam mit den Bundesbahnen den Basistunnel baut. Wie die Erfahrungen des Auslandes zeigen, könnte ein solches Vorgehen viel schneller zu einer Verwirklichung führen und hätte für den Staat noch den Vorteil, dass die Nationalstrassenrechnung, wie die folgende Aufstellung zeigt, um etliche hundert Millionen Franken entlastet würde, die an andern Stellen des Landes dringend gebraucht werden.

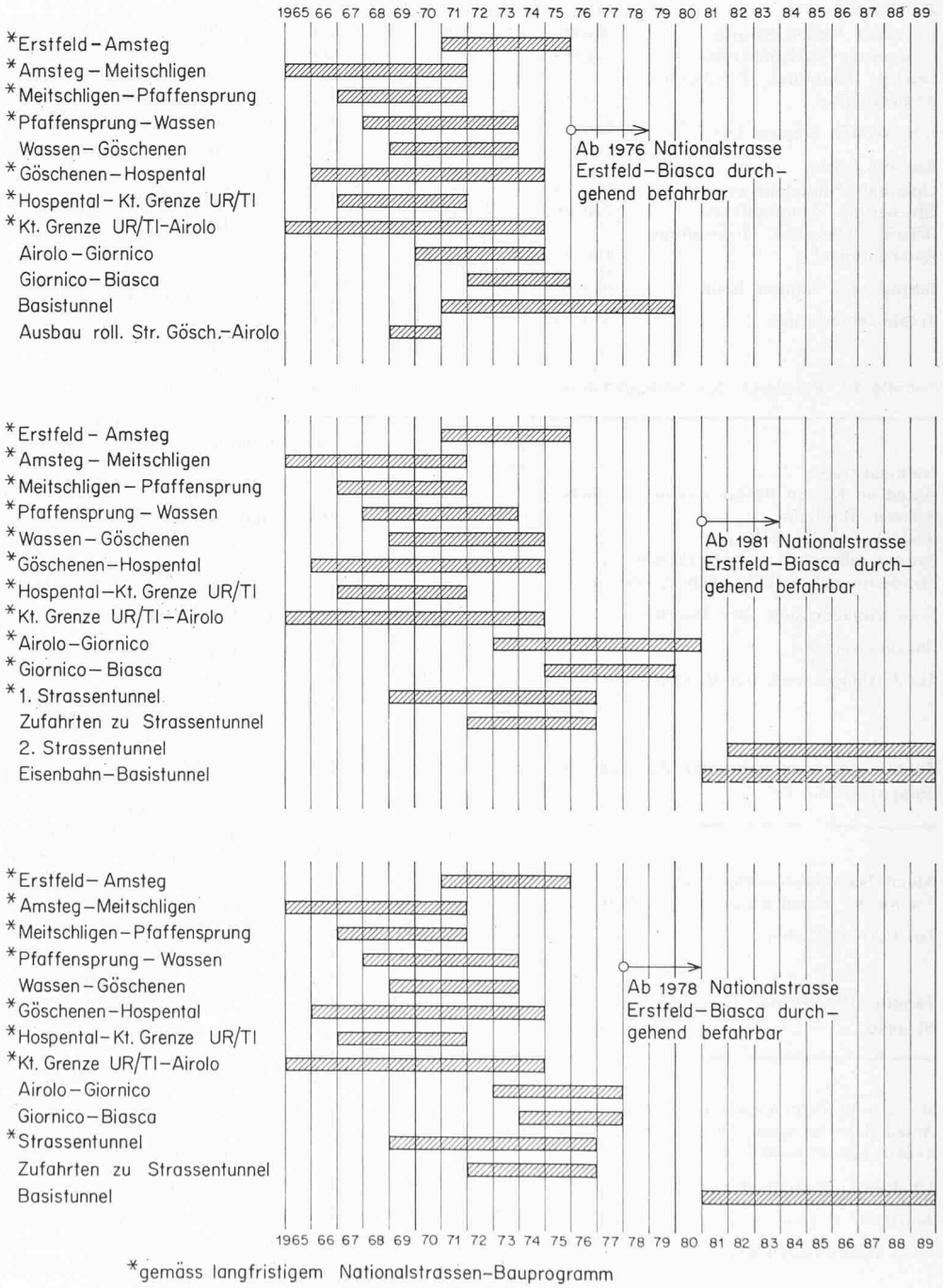

Bild 21. Bauprogramm für die untersuchten Varianten

5.2 Anlagekosten der Gesamtlösung für Schiene und Strasse

Wie eingangs gefordert, soll am Gotthard sowohl für Strasse wie Bahn eine neue Lösung gefunden werden. Für die Varianten A und C ist der Bau der neuen Alpentransitbahn am Gotthard Bedingung, bei der Variante B könnte aber auch ein anderes Projekt berücksichtigt werden. In der folgenden Zusammenstellung ist dennoch der Bau des Gotthard-Basistunnels in die Rechnung aufgenommen worden, da es sich um das Alpenbahnprojekt mit der kleinsten Bausumme handelt.

6. Bauprogramm

Auf der Grundlage des langfristigen Nationalstrassenprogrammes wurden für die drei untersuchten Varianten Bauprogramme aufgestellt (Bild 21), die von folgenden Überlegungen ausgehen:

— Im Jahre 1990 ist der Endausbau für die Strasse erreicht.

— Die Bundesbahnen müssen bis spätestens 1990 die neue Alpentransitlinie (Basistunnel) in Betrieb nehmen können.

— Die jährliche Kreditzuteilung aus dem Nationalstrassenfonds bleibt für alle Varianten gleich hoch wie bei der Variante B gemäss Programm Hürlimann.

Bauprogramm der Variante A

Die Strecke Erstfeld—Wassen ist dem Nationalstrassenbauprogramm entnommen. Das gleiche gilt für die eigentliche Passstrasse. Anstelle des Gotthard-Strassentunnels kann die zweispurige Nationalstrasse in der Leventina gebaut werden, so dass bereits 1976 die Strecke Erstfeld—Gotthardpass—Biasca durchgehend in Betrieb genommen werden kann. Die eigentliche Entlastung der Gotthardroute, der Basistunnel, könnte bautechnisch ab 1980 zur Verfügung stehen, womit der Endausbau des Gotthards erreicht wäre. Freilich hat dies angesichts der politischen Lage nur noch hypothetischen Charakter.

Bauprogramm der Variante B

Mit Ausnahme des zweiten Strassentunnels Göschenen—Airolo sind alle Bestandteile der Strasse in das Programm Hürlimann aufgenommen. Der Ausbau der Autobahn im Tessin erfolgt erst relativ spät, so dass erst von 1981 an — vier Jahre nach der Eröffnung des ersten Strassentunnels — der durchgehende Betrieb auf der Nationalstrasse aufgenommen werden kann. Der Endausbau erfolgt 1990.

Bauprogramm der Variante C

Die starke Reduktion der Baukosten des tessinischen Nationalstrassenstückes ermöglicht die durchgehende Eröffnung der Nationalstrasse bereits 1978, d. h. ein Jahr nachdem der Strassentunnel dem Verkehr übergeben wurde. Der Endausbau wird 1990 erreicht.

Es wurde darauf verzichtet, den Minderaufwand des Verkehrs durch die frühere Inbetriebnahme der Nationalstrasse bei den Varianten A und C auszurechnen.

7. Vergleich der Varianten in volkswirtschaftlicher Hinsicht (nur für die Strasse)

Die Berechnung der Jahreskosten und der kapitalisierten Unterhaltskosten erfolgt *nur für die Strassenrechnung*. Eine ähnliche Betrachtung für die Bahn müsste von den SBB vorgenommen werden.

— Wie bereits gesagt wurde, müssen Bauzinsen für eine volkswirtschaftliche Betrachtung eingesetzt werden, das gleiche gilt für Verzinsung und Amortisation der Anlagen. Zinssatz 4½ %.

— Die Kosten für Unterhalt, Polizeidienst, Verzinsung und Amortisation der eigentlichen Passstrasse Göschenen—Gotthardpass—Airolo sind nicht berücksichtigt.

— Allen drei Varianten liegt die gleiche Verkehrsmenge zugrunde.

— Der Aufwand des Lokalverkehrs bleibt unberücksichtigt.

— Der Kilometerpreis für Personenwagen wird je nach Steigung mit Fr. —.15 bis Fr. —.17, derjenige für Lastwagen mit Fr. —.55 bis Fr. —.60 (ohne Lohnkosten) berechnet. Der Zoll und die übrigen fiskalischen Belastungen des Treibstoffes sind nicht in Rechnung gestellt, dafür aber ist ein Anteil für Unfallkosten eingeschlossen.

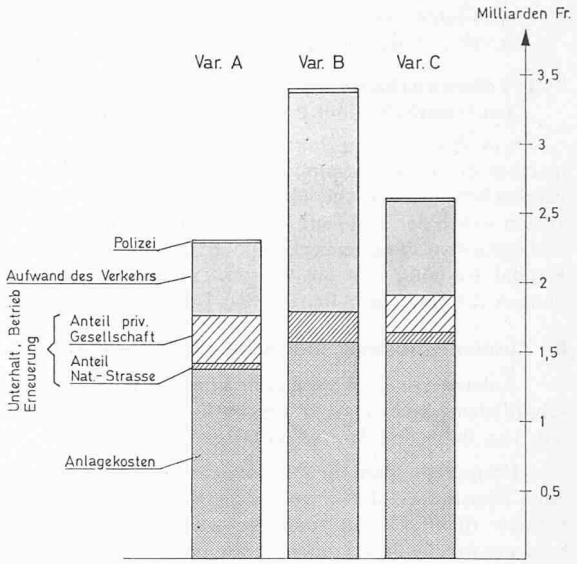

Bild 22. Schematische Darstellung der Anlagekosten und der kapitalisierten Betriebs-, Unterhalts- und Erneuerungskosten sowie des kapitalisierten Aufwandes des Strassenverkehrs für die Strassenrechnung des Jahres 1990

Tabelle 20. Jährlicher volkswirtschaftlicher Aufwand der Strasse in Mio Fr. für das Jahr 1990

	Var. A	Var. B	Var. C
Nationalstrasse			
— Betrieb, Unterhalt, Erneuerung	1,950	3,670	1,950
— Verzinsung und Amortisation	31,625	51,713	31,625
	33,575	55,383	33,575
Rollbahn			
— Betrieb, Unterhalt, Erneuerung	13,420	—	11,200
— Verzinsung und Amortisation	48,208	—	39,339
	61,628		50,539
Rollende Strasse Göschenen—Airolo			
— Betrieb, Unterhalt, Erneuerung, Verzinsung und Amortisation	5,035	—	—
Strassentunnel			
— Betrieb, Unterhalt, Erneuerung	—	5,022	2,236
— Verzinsung und Amortisation	—	44,012	21,123
		49,034	23,359
Aufwand des Verkehrs	23,570	71,640	30,985
Polizeikosten	0,400	1,080	0,500
Total jährlicher Aufwand	124,208	177,137	138,958
	(100 %)	(143 %)	(112 %)

Tabelle 21. Anlage- und Betriebskosten-Vergleich in Mio Fr.

	Var. A	Var. B	Var. C
Kapitalisierte Betriebs-, Unterhalts- und Erneuerungskosten			
— Nationalstrasse	43,3	81,5	43,3
— Rollbahn	298,2	—	248,9
— Rollende Strasse Göschenen—Airolo	47,8	—	—
— Strassentunnel	—	111,6	49,7
	389,3	193,1	341,9
Kapitalisierter Aufwand des Verkehrs	523,7	1592,0	688,5
Kapitalisierte Polizeikosten	8,9	24,0	11,1
Anlagekosten	1367,0	1590,0	1559,0
Total Anlagekosten und kapitalisierte Jahreskosten	2288,9	3399,1	2600,5
	(100 %)	(148 %)	(113 %)

— Lohnkosten werden nur für den Schwerverkehr aufgeführt (Fr. 10.—/Fahrzeugstunde).

7.1 Volkswirtschaftlicher Vergleich der Anlage- und kapitalisierten Unterhalts- und Betriebskosten für die Strasse

Um Anlage- und Jahreskosten der verschiedenen Varianten in einer einzigen Zusammenstellung (Tabelle 21 und Bild 22) zu vergleichen, werden die Unterhalts-, Betriebs- und Erneuerungskosten sowie der Aufwand des Verkehrs kapitalisiert und mit den Anlagekosten zusammengezählt. Es wird also gefragt: welches Kapital ist nötig, um aus dessen Zinsen die jährlichen Aufwendungen für Unterhalt, Betrieb und Erneuerung decken zu können?

8. Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Anhand von drei Varianten wurden die technischen und wirtschaftlichen Aspekte einer Gesamtlösung am Gotthard, den Ausbau von Bahn und Strasse umfassend, untersucht.

Hauptbestandteil der *Variante A* ist der zweispurige Eisenbahn-Basistunnel, der sowohl dem Bahn- als auch dem Strassenverkehr dient. Die Automobile werden auf der 53 km langen Schienenstrecke durch die vollautomatisch gesteuerte Rollbahn mit Schnellzugsgeschwindigkeit befördert; Wirtschaftlichkeit, Sicherheit, Komfort und Zuverlässigkeit sind ihre besonderen Kennzeichen. Neben der Schnellverbindung im Basistunnel bietet diese Variante dem Tourismus und dem Lokalverkehr eine durchgehende, gut ausgebaute Nationalstrasse an. Die Bahnanlagen im alten Gotthardtunnel können von der rollenden Strasse Göschenen—Airolo weiter benützt werden. Diese Lösung weist sowohl für die Bahn wie für die Strasse die kleinsten Anlagekosten auf und schneidet bezüglich Jahreskosten weitaus am besten ab. Das Hauptbauwerk, der Basistunnel, könnte dank den günstigen wirtschaftlichen Verhältnissen weitgehend auf privatwirtschaftlicher Basis gebaut werden. Die Nationalstrassenrechnung würde dadurch gegenüber der Variante A um mehr als eine Milliarde Franken entlastet. Der grosse Nachteil dieser Lösung: sie passt nicht in die heutige politische Lage.

Die *Variante B* entspricht der heutigen offiziellen Planung, die nur einen Ausbau der Strasse umfasst und keine Rücksicht auf eine Koordination mit der Bahn nimmt. Hauptgewicht wird auf das Selbstfahren gelegt, dazu dienen belüftete Tunnelbauwerke auf der Höhe Göschenen—Airolo, die über vierspurige, richtungsgetrennte Autobahnen erreicht werden. Die Leistungsfähigkeit der ganzen Gotthardroute wird schliesslich durch diese steilen Autobahnstrecken stark herabgesetzt. Das kann bereits heute nicht mehr geändert werden, da das auf der Urnerseite im Bau befindliche Teilstück Amsteg—Meitschligen (4,87 % Steigung) ohne Kriechspur gebaut wird. Neben der geringeren Leistungsfähigkeit und der nicht voll garantierbaren Wintersicherheit weist diese Variante die grössten Anlagekosten und die weitaus höchsten volkswirtschaftlichen Jahreskosten auf.

Die *Variante C* bietet eine Gesamtlösung für die beiden Verkehrsträger, die gegenseitige Bindung geht aber nicht soweit wie bei der Variante A. Dem Strassenverkehr stehen selbst bei geschlossenem Pass zwei vollwertige Verbindungen zur Verfügung: die Rollbahn im Basistunnel und der zweispurige Strassentunnel Göschenen—Airolo, der über die Nationalstrasse erreicht wird.

Tabelle 22. Vergleich der verschiedenen Varianten im Untersuchungsgebiet Erstfeld—Biasca

	Variante A	Variante B	Variante C
1. Vergleich für die Strasse			
— Länge Erstfeld—Biasca (kürzeste Strecke)	58,1 km	72,1 km	58,1 km
— Länge des Gotthardtunnels	45,07 km	16,3 km	45,07 km und 16,3 km
— Kulmination (tiefste)	548 m ü. M.	1165 m ü. M.	548 m ü. M.
— Grösste Steigung für Lastwagen-Verkehr	0,8 %	5,0 %	0,8 %
— Wintersicherheit	gut	nicht voll gewährleistet	gut
— Anzahl Fahrrouten für Strassenverkehr	3	2	3
— Leistungsfähigkeit im Endausbau	genügend	ungenügend	genügend
— Beförderungssystem im Tunnel	Rollbahn	Selbstfahren	Basistunnel: Rollbahn Strassentunnel: Selbstfahren
— Unfallrisiko	klein	grösser	Basistunnel: klein Strassentunnel: besser als B (prakt. kein Schwerverkehr)
— Verkehrstrennung Lastwagen — Personenwagen	obligatorisch	nicht möglich	obligatorisch
— Eingriffe in die Landschaft	kleiner	gross	kleiner
— Baukosten ohne Bauzinsen	1367 Mio Fr.	1590 Mio Fr.	1559 Mio Fr.
davon Anteil Nationalstrassenrechnung	558 Mio Fr.	1590 Mio Fr.	898 Mio Fr.
eventueller Anteil private Gesellschaft	809 Mio Fr.		661 Mio Fr.
— Volkswirtschaftliche Jahreskosten	124 Mio Fr.	177 Mio Fr.	139 Mio Fr.
— Baukosten + kapitalisierte Betriebs-, Unterhalts- und Erneuerungskosten + kapitalisierter Aufwand des Verkehrs	2289 Mio Fr.	3399 Mio Fr.	2600 Mio Fr.
2. Vergleich für die Bahn			
— Länge Erstfeld bis zum Zusammenschluss mit alter Gotthardlinie südlich von Biasca	60,5 km	60,5 km	60,5 km
— Verkürzung gegenüber alter Gotthardlinie	31,5 km	31,5 km	31,5 km
— Kulmination	548 m ü. M.	548 m ü. M.	548 m ü. M.
— Verkürzung der Fahrzeit für Schnellzüge gegenüber alter Gotthardstrecke	45 min	45 min	45 min
— Anlagekosten für Bahn ohne Bauzinsen	603 Mio Fr.	1150 Mio Fr.	657 Mio Fr.
— Anlagekosten für Bahn mit Bauzinsen	729 Mio Fr.	1391 Mio Fr.	795 Mio Fr.
3. Vergleich für die Gesamtlösung			
— Koordination Schiene — Strasse	gut	keine	gut
— Privatwirtschaftliche Beteiligung	möglich	unmöglich	möglich
— Total Anlagekosten ohne Bauzinsen	1970 Mio Fr.	2740 Mio Fr.	2216 Mio Fr.
— Total Anlagekosten mit Bauzinsen	2298 Mio Fr.	3244 Mio Fr.	2594 Mio Fr.

Obwohl die Variante C den luxuriösesten Ausbau des Gotthards darstellt, konnten die Baukosten der Strasse etwas tiefer gehalten werden als bei der Variante B, die Kosten der Gesamtlösung und die volkswirtschaftlichen Jahreskosten der Strasse hingegen sind bedeutend kleiner. Auch hier besteht wie bei der Variante A die Möglichkeit, dass ein ansehnlicher Teil der Bausumme durch privates Kapital aufgebracht werden kann (Ersparnis der Nationalstrassenrechnung rund 700 Mio Fr. gegenüber Variante B).

Die vorliegende Studie des Verkehrsproblems am Gotthard zeigt drei recht erstaunliche Ergebnisse:

1. Dank einer guten Ausnützung der neusten Fortschritte im Schienenverkehr ist der Basistunnel imstande, nicht nur den Strassenverkehr zu bewältigen, den das geplante Strassennetz von Norden und Süden überhaupt heranzuführen vermag, sondern auch den Ansprüchen der Bundesbahnen bis weit ins 21. Jahrhundert hinein zu genügen.

2. Die Rollbahn weist derart niedrige kostendeckende Taxen auf, dass sie einerseits für den Strassenverkehr attraktiv wird und dass anderseits das investierte Kapital einen guten Ertrag abzuwerfen verspricht. Damit dürfte sie das Interesse privater Geldgeber finden.

3. Auch wenn politische Umstände den Bau der volkswirtschaftlich günstigsten Variante A verhindern, so ist dennoch mit der kombinierten Variante C gegenüber der reinen Strassenlösung B eine Summe einzusparen, die auch in dem milliardenschweren Nationalstrassenprogramm nicht übersehen werden darf. Dabei sind in unserer Untersuchung die Vorteile der Bundesbahnen zahlenmässig noch gar nicht in Rechnung gesetzt.

*

Bei privater Finanzierung der Rollbahn spart die Baurechnung des Nationalstrassenprogramms etwa eine Jahresquote ein, die andernorts eine willkommene Beschleunigung des Baues ermöglichen wird. Dazu kommt eine wesentliche Einsparung an Unterhalt und Betrieb, die ja heute ein besonderes Thema zwischen Bund und Kantonen bilden.

Das Zusammengehen einer privaten Rollbahngesellschaft mit den Bundesbahnen erscheint nur auf den ersten Blick ungewohnt. Solche Zusammenarbeit ist beim Bau und Betrieb von Kraftwerken längst verwirklicht. Ferner steht ein solches Vorgehen auch nicht im Widerspruch mit dem Nationalstrassengesetz, da ja gemäss Variante C die Gotthardstrasse als Nationalstrasse zweiter Klasse entstehen wird.

Wer heute den Bau der vierspurigen Nationalstrasse zwischen Amsteg und Gurtnellen beobachtet, ist bestürzt ob der riesigen Wunden, die das wenig anpassungsfähige Strassenband trotz sorgfältigster Projektierung in die Landschaft reisst. Es ist daher begreiflich, wenn die Leventina diese Entwicklung mit Sorge verfolgt. Da würde eine zweispurige Strasse dank geringerer Breite und anpassungsfähigerer Nivellette doch ein schonenderes Projekt ermöglichen.

Die Gotthardroute ist eine Hauptverkehrsader unseres Landes. Die naturgegebene, enge Parallelführung von Bahnlinie und Nationalstrasse ermöglicht wie nirgendwo anders ein Zusammenwirken der beiden Verkehrsträger. Der daraus entstehende volkswirtschaftliche Vorteil ist von einer Grössenordnung, die es den massgeblichen Instanzen zur Pflicht macht, noch einmal genau zu überlegen, was wirklich gebaut werden soll.

Adresse der Verfasser: *Hans Grob,* Professor an der ETH, und *Peter Püntener,* dipl. Ing. ETH, 8006 Zürich, Leonhardstrasse 33.

Schweizer Baudokumentation in Losblattform

DK 002:69

Der International Economic Press Service (ieps) teilt mit: Die Ankündigung, dass der ehrwürdige Schweizer Baukatalog BSA nicht mehr in gebundener Form erscheinen, sondern mittels eines Losblattsystems ausgebaut werde, hat in allen Baufachkreisen erhebliches Aufsehen erregt. Da mit dem Wechsel der Publikationsform zugleich eine Namensänderung vollzogen wurde, nämlich von «Schweizer Baukatalog» zu «Schweizer Baudokumentation», herrschte sogar eine gewisse Unsicherheit über die Aufgabe und Bedeutung dieser neuen Publikation. Mit der Schweizer Baudokumentation liegt nicht nur ein verbesserter Schweizer Baukatalog vor, sondern auch ein Arbeitsinstrument für den Architekten oder Ingenieur, das sich mit internationalen Spitzenfachpublikationen vergleichen lässt.

Am Sitze der Administration und Redaktion (in Basel) wurde der Mitarbeiterstab auf über 25 baufachtechnische Mitarbeiter erweitert. Dies ermöglicht, ein Klassifizierungssystem für die schweizerischen Verhältnisse nach dem internationalen SfB-System zu schaffen und die Planungsgrundlagen sowie die technisch-graphische Gestaltung der einzelnen Publikationsseiten derart auszubauen, dass sie für die Praxis direkt verwendbar sind.

Ein besonderes Problem bildet das Losblatt-System. Es ist vom Verbraucher aus gesehen notwendig, weil nur so eine erhöhte Aktualität der Information gewährleistet werden kann. Durch das Losblatt-System ist es heute möglich, innert 3 Monaten die gesamte schweizerische Baufachwelt über ein neues Bauprodukt ausreichend zu informieren. Vergleichsweise benötigen konventionelle Nachschlagewerke (wie etwa der frühere Baukatalog) eine Informationsspanne von 1 bis 2 Jahren. Wenn auch das Losblatt-System als unbedingt notwendig erscheint, könnte der Architekt doch befürchten, die Übersicht zu verlieren. Das internationale SfB-Klassierungssystem, verbunden mit einer Zahlen/Buchstabenkombination auf jedem Blatt, ermöglicht es jedoch, sämtliche losen Blätter leicht einzuordnen (die meisten Informationen werden zudem in Zweier- bis Vierer-Bögen geheftet angeliefert).

Die AG für Baudokumentation und Information als Herausgeber der Schweizer Baudokumentation baut ausserdem bis Ende dieses Jahres einen Verteilerdienst auf, durch welchen jeden Monat sämtliche Abonnenten der Schweizer Baudokumentation besucht werden. Ähnlich dem «Barber»-Service in London will dadurch die AG für Baudokumentation und Information dem Architekten eine Dokumentation zur Verfügung stellen, die jederzeit aktuell und vollständig ist.

Auskünfte über die Schweizer Baudokumentation oder Bestellung des Abonnementes durch die AG für Baudokumentation und Information, Freie Strasse 3, 4001 Basel, Tel. (061) 23 88 14.

Für erweiterten Schutz technischer Neuerungen

DK 347.77

Das schweizerische Patentgesetz von 1954 soll revidiert werden. Es stellt sich in diesem Zusammenhang die Frage, ob bei dieser Gelegenheit nicht eine Erweiterung des Schutzes für «kleine» technische Neuerungen verwirklicht werden soll. Man spricht unter anderem von der Einführung eines Gebrauchsmusterschutzes nach deutschem Vorbild. Diese Frage war schon bei der Schaffung des heute gültigen Patentgesetzes aktuell, nur war damals die Meinung, es seien grundsätzlich auch «kleine Erfindungen» und nicht nur Raumformen, d. h. Gebrauchsmuster zu schützen. Leider folgte das Bundesgericht dem Wunsche der Experten und der Parlamentarier bis heute nicht. Dr. *Rudolf E. Blum,* Zürich, schlägt nun in der «Neuen Zürcher Zeitung» vom 15. Februar 1968, Nr. 101, folgendes vor:

1. Es sollen in Zukunft zwei Gruppen von Erfindungen (technischen Neuerungen) unterschieden werden a) solche, die nur Neuheit und technischen Fortschritt, und b) solche, die Neuheit, technischen Fortschritt und Erfindungshöhe aufweisen. Beide sollen durch ein und dasselbe Gesetz geschützt werden.

2. Es sollen aber zwei Schutzperioden geschaffen werden: a) eine kurze von 6 Jahren für Erfindungen, die Neuheit und technischen Fortschritt beanspruchen können und b) eine Periode von 14 Jahren für Erfindungen, die zusätzlich auch Erfindungshöhe, bzw. schöpferische Idee nachweisen können.

3. Für die erteilten Schutzrechte wären folgende Taxen zu entrichten: a) für die 6jährige Periode eine einmalige Summe von etwa 200 bis 300 Franken (keine Jahrestaxen), b) für die 14jährige anschliessende Periode jährliche Gebühren analog den Jahrestaxen im heutigen Patentgesetz.

4. (Patent-) Anmeldungen für die erste (sechsjährige) Periode werden nicht vorgeprüft, vor Ablauf der Sechsjahresfrist kann der Schutz für die zweite (14jährige) Periode nachgesucht werden. Es