

Gliederung des Berichts

Der Bericht der Hauptstudie besteht aus folgenden Teilen:

A Eine allgemeine Synthese

= Niveau A, auf Französisch, Deutsch, Englisch

B Die Hefte 1 bis 8, welche die Methodologie und die Ergebnisse der in den einzelnen Disziplinen erstellten Studien zusammenfassen. Heft 8 beinhaltet die verwendeten Parameter. Die Hefte sind auf Anfrage erhältlich :

1) Verkehr	TRAFITEC SA	M. Savary
2) Betrieb	ATELIER COMMUN SA	D. Dériaz
3) Infrastruktur	C. ZSCHOKKE SA	J. Wilhelm
4) Elektromechanik	EPFL	A. Cassat
5) Mechanik	BONNARD ET GARDEL SA	A. Weatherill
6) Sicherheit	ILF	B. Kohl
7) Wirtschaftliche Aspekte	EWE AG	A. Turi
8) Parameter	SWISSMETRO SA	Y. Trottet

= Niveau B, auf Französisch oder Deutsch / Vertraulich

Wir haben auf die Abfassung der Hefte B Raumplanung und Umweltverträglichkeitsprüfung verzichtet, da die entsprechenden Dokumente des Konzessionsgesuchs die Überlegungen, die das Swissmetro-Netz und seine europäische Erweiterung betreffen, bereits enthalten.

C Andere spezifische Dokumente und Berichte, die als Basis für die Erarbeitung der oben genannten Dokumente dienen. Diese sind auf Anfrage erhältlich.

= Niveau C, auf Französisch oder Deutsch oder Englisch / Vertraulich

Anmerkung :

Einige Zusatzstudien sind noch im Gange, und deren Ergebnisse werden 1999 und 2000 in spezifischen Berichten bekanntgegeben. Es handelt sich hierbei um Berichte über die Projekte KTI (Histar und Tunnelverkleidung) und das NFP 41.

Der Koordinator der Eidgenössischen Technischen Hochschulen erstellt ausserdem einen spezifischen Bericht über die wissenschaftlichen Ergebnisse der Hauptstudie. Das Ziel dieses Berichts, der ähnlich strukturiert ist wie jener von Swissmetro AG, liegt darin, den Austausch des wissenschaftlichen Know-hows zu sichern.

Der vorliegende Bericht ist eine Übersetzung des französischen Textes, der ausschlaggebend ist.

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENASSUNG	Z1
RÉSUMÉ.....	R1
SUMMARY	S1
1 EINFÜHRUNG	1
2 BESCHREIBUNG DES SYSTEMS.....	5
2.1 TECHNOLOGIE.....	5
2.2 BAUWERK UND ANLAGEN.....	6
2.3 ART DES BETRIEBS.....	7
3 DIE HAUPTSTUDIE.....	8
3.1 ZIEL	8
3.2 ORGANISATION	8
3.3 FINANZIERUNG.....	10
4 KONZESSIONSGESUCH, PILOTSTRECKE GENÈVE LAUSANNE.....	11
5 ERGEBNISSE DER HAUPTSTUDIE, ZUSÄTZLICHE ENTWICKLUNGEN	13
5.1 RAUMPLANUNG.....	15
5.2 VERKEHR	18
5.3 BETRIEB	22
5.4 INFRASTRUKTUR	30
5.5 UMWELTVERTRÄGLICHKEIT.....	34
5.6 ELEKTROMECHANIK.....	35
5.7 MECHANIK.....	40
5.8 SICHERHEIT.....	44
5.9 WIRTSCHAFT.....	46
6 ERGEBNISSE DER FORSCHUNGSARBEITEN IM RAHMEN DES NFP 41	56
6.1 DIREKT SWISSMETRO BETREFFENDE PROJEKTE	56
6.2 VERWEIS AUF DIE INDIREKT SWISSMETRO BETREFFENDEN NFP41 PROJEKTE.....	58
7 EUROPÄISCHE ENTWICKLUNG.....	60
8 INDUSTRIELLE ENTWICKLUNG	62
9 SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	63
10 ANHANG.....	66
10.1 LISTE DER PARTNER UND PERSONEN, DIE AN DER HAUPTSTUDIE MITGEWIRKT HABEN	66
10.2 LISTE DER PUBLIKATIONEN ÜBER SWISSMETRO.....	68
10.3 ABKÜRZUNGEN.....	71

1 EINFÜHRUNG

*Schweizerische
Metropole*

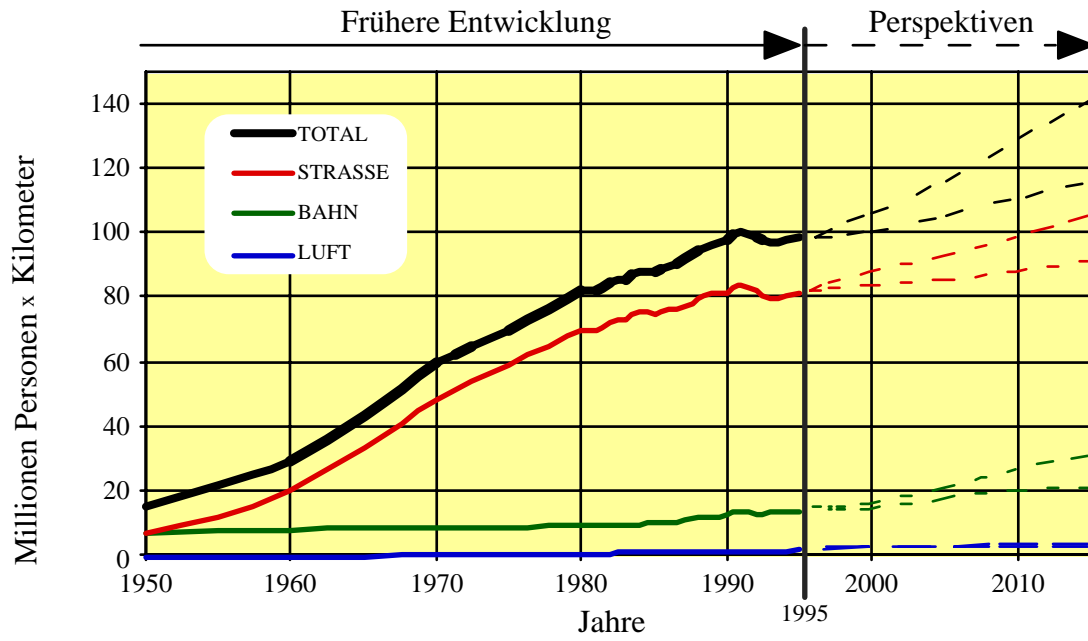
Städte, die wichtige Funktionen ausüben, weil sie das Zentrum für Informationen, Aktivitäten und Dienstleistungen darstellen, strukturieren das Gebiet eines Industrielandes : der tägliche Zugang zu diesen Polen bildet somit immer mehr eine unerlässliche Bedingung für die wirtschaftliche und soziale Entwicklung. Die Schaffung von Wohlstand hängt nicht nur von der Fähigkeit des Landes ab, sich als Metropole zu strukturieren, die national und international bedeutende Städte durch ein Hochgeschwindigkeitssystem miteinander verknüpft, sondern auch von einer guten Erreichbarkeit des Gebietes durch regionale öffentliche Verkehrsmittel. Ebenfalls von Bedeutung sind leistungsfähige Verbindungen zu den wichtigen europäischen Grossstädten.

*Verkehrssystem des
3. Jahrtausends*

Swissmetro, ein für den Personentransport entwickeltes Verkehrssystem von hoher Geschwindigkeit und Frequenz, das von der Urbanisierung, den Hindernissen an der Erdoberfläche und der Topographie unabhängig ist und wie eine Super-Metro funktioniert, erfüllt die neuen, zu Beginn des dritten Jahrtausends auftretenden Bedürfnisse. Es integriert sich in das bestehende oder projektierte Schienennetz, stellt eine zuverlässige Lösung für die erwartete Mobilitätszunahme dar und trägt dank seiner Attraktivität aktiv zur Verlagerung des Individual- und Lastwagenverkehrs auf den Öffentlichen – und Bahnverkehr bei.

*Statistische Entwicklung
des
Personenreiseverkehrs*

Die schweizerische Verkehrsstatistik zeigt die ausserordentlich starke Zunahme des Personenverkehrs seit den 50 iger Jahren sowie den markanten Unterschied in der Entwicklung zwischen Strassen- und Schienenverkehr auf.



Quelle : BfS, Statistisches Jahrbuch der Schweiz 98, Tab.11.6 und SET 2/95 (angepasst an die Zahlen BfS 98)

Abbildung 1 : Entwicklung und Perspektiven der Mobilität

Obwohl die Zunahme des Personenverkehrs während der Rezession (1990-1996) rückgängig war, wird sie in Zukunft weiter ansteigen, unabhängig von den in der Studie "Die Zukunft des Verkehrs in der Schweiz" (SET 2/95, SGZZ) vorgesehenen Szenarien.

Verlagerung Strasse-Bahn

Diese Szenarien sehen nämlich vor, dass trotz umfassender Bemühungen zur Verbesserung des Schienennetzes keine wesentliche Verlagerung von der Strasse auf die Bahn stattfinden wird. Swissmetro wird jedoch dazu beitragen, diese Tendenz zu korrigieren. Durch die unbestreitbare Attraktivität dieses neuen öffentlichen Verkehrsnetzes wird ein Teil der Personenströme umgelenkt, die heute das Auto oder das Flugzeug (Kurzstrecken) benutzen.

Kurzer historischer Rückblick

Das zu Beginn der 70iger Jahren von Rodolphe Nieth lancierte Projekt wird von Wissenschaftsprofessoren der Eidgenössischen Technischen Hochschule Lausanne (EPFL) sowie von Politikern unterstützt. Eine vom Bund und der Privatwirtschaft finanzierte und im März 1993 fertiggestellte Vorstudie zeigt die technische und wirtschaftliche Machbarkeit des Projekt auf. Die 1992 gegründete Gesellschaft Swissmetro AG bringt die erforderlichen finanziellen Mittel für die Hauptstudie auf, die Gegenstand des vorliegenden Berichts ist.

Zukünftige Entwicklungen

Nach der Hauptstudie sollte die Phase der industriellen Entwicklung der elektromechanischen und mechanischen Systeme erfolgen, bevor mit dem Bau einer Pilotstrecke begonnen werden kann. Sobald als möglich wird ein Teilstück von rund 15 Kilometern erstellt werden, das als Versuchs- und Homologationstrecke dient.

Parallel zum Beginn der industriellen Entwicklung werden verschiedene Studien fortgesetzt: HISTAR-Versuche, Tests zur Dichtheit der Auskleidung, Fertigstellung der Studien über das NFP 41, Studien zum Teilstück Genf – Lyon, eventuell St. Gallen – München. Zusätzliche spezifische Berichte werden zu gegebener Zeit herausgegeben.

Terminkalender

Unter Vorbehalt der politischen Zusagen sowie der Aufbringung der finanziellen Mittel innerhalb einer angemessenen Frist präsentiert sich der optimale Terminkalender wie folgt :

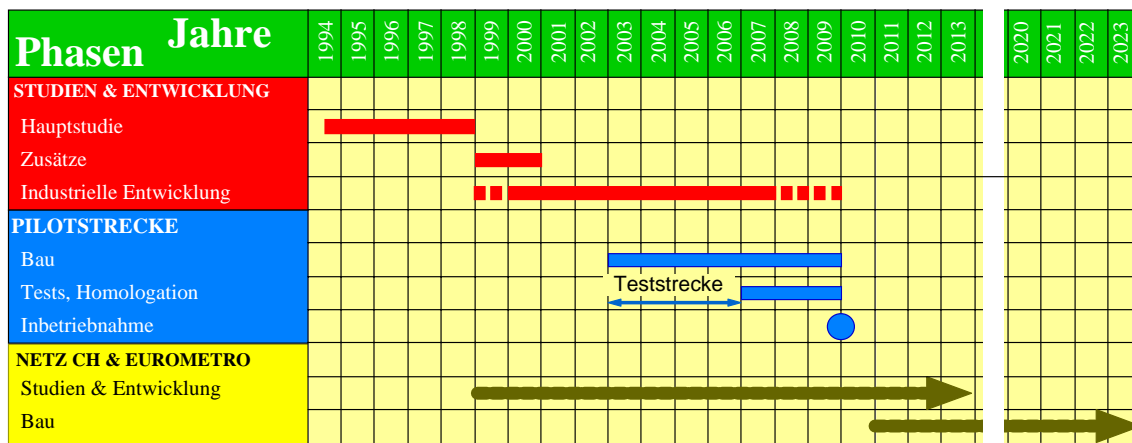


Abbildung 2 : Planning Studien, Entwicklung und Bau

2 BESCHREIBUNG DES SYSTEMS

2.1 Technologie

Vier komplementäre Technologien

Das System Swissmetro basiert auf vier einander ergänzenden Technologien :

- eine vollständig unterirdische Infrastruktur mit zwei Tunnels von einem inneren Durchmesser von 5 m, die für die Pilotstrecke je nach Topographie in einer Tiefe zwischen 60 und 300 Metern in den Fels gebohrt werden, sowie Stationen, die mit den städtischen und regionalen Netzen des öffentlichen Verkehrs verknüpft sind.
- ein reduzierter Luftdruck in den Tunnelröhren (Teilvakuum, das dem Luftdruck auf einer Höhe von rund 18'000 m, der Flughöhe einer Concorde, entspricht) zur Minimierung des Energieverbrauchs für den Antrieb der als Druckkabinen ausgestalteten Fahrzeuge.
- ein Antrieb der Fahrzeuge durch elektrische Linearmotoren (zwei mögliche Varianten), was eine Geschwindigkeit von rund 500 km/h erlaubt.
- ein magnetisches Schweb- und Führungssystem der Fahrzeuge.

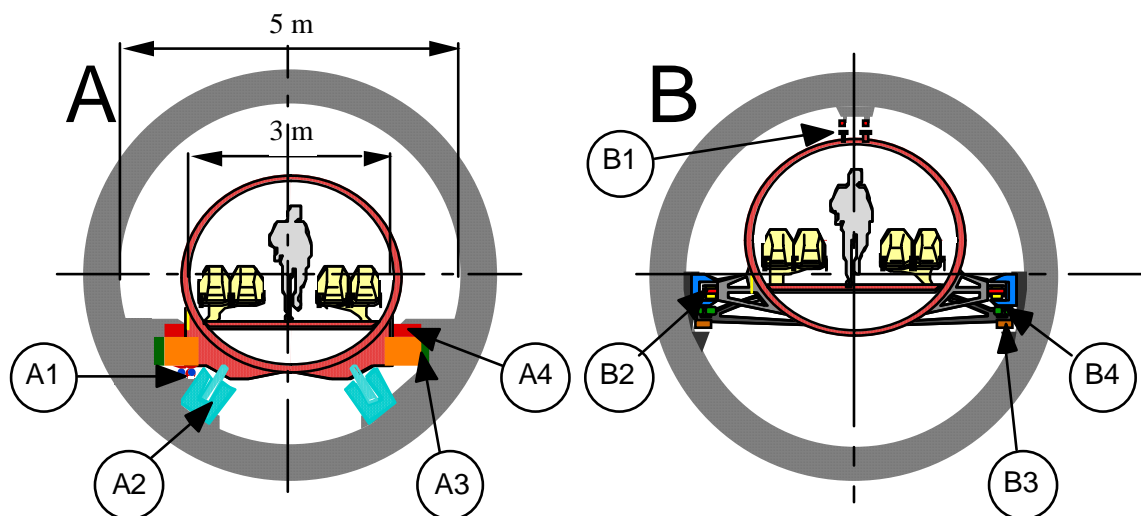


Abbildung 3 : Schematischer Schnitt durch die zwei Tunnelvarianten mit Fahrzeugen

Variante A (Motor im Tunnel)	Variante B (mitgeführter Motor)
A1 = Energieübertragung durch Induktion	B1 = Energieübertragung durch Induktion
A2 = Am Tunnel befestigte Linearmotore	B2 = Mitgeführte Linearmotore
A3 = Führungsinduktor	B3 = Führungsinduktor
A4 = Schwebinduktor	B4 = Schwebinduktor

2.2 Bauwerk und Anlagen

<i>Stationen</i>	Die unterirdischen Stationen befinden sich in unmittelbarer Nähe der SBB-Bahnhöfe. Sie umfassen einen oberen Teil (Empfangs- und Registrierhalle) und einen unteren Teil (Ein- und Aussteigzonen), die mit Hochleistungsaufzügen miteinander verbunden sind. Der untere Teil bietet ebenfalls Platz für Reserve- und Servicefahrzeuge, die mittels eines Drehtrommel-Systems plaziert werden können .
<i>Tunnels</i>	Die zwei einspurigen Tunnels sind mit einer wasser- und luftdichten Auskleidung versehen und verlaufen in einem Achsenabstand von rund 25 m. Sie sind durch transversale Stollen miteinander verbunden, insbesondere an den Zwischenschächten.
<i>Zwischenschächte (Betriebsposten)</i>	Die für den Tunnelbau erstellten Zwischenschächte oder Stollen dienen der Versorgung der Anlagen mit elektrischer Energie während des Betriebs und als Standort für die Pumpen, die für die Herstellung und Stabilität des Teilvakuums sorgen.
<i>Passagierschleusen</i>	An den Stationen können die Passagiere aufgrund von Schleusen problemlos vom Bahnsteig in die Fahrzeuge und umgekehrt gelangen.
<i>Drehtrommel-System</i>	Jede Station ist mit einem Rotationssystem, dem sogenannten Drehtrommel-System, ausgerüstet, mit dem die Fahrzeugen von einem Tunnel in den anderen gelangen.
<i>Werkstätte</i>	In einigen Stationen sind Werkstätten vorgesehen. Es handelt sich um eine programmierte Wartung – wie bei Flugzeugen – wobei der Unterhalt der austauschbaren Teile beim Hersteller bzw. Lieferanten durchgeführt wird.
<i>Energiezufuhr</i>	Im Prinzip werden die Swissmetro-Installationen an den bereits bestehenden Netzen für die Versorgung von elektrischer Energie angeschlossen : <ul style="list-style-type: none">• das Hochspannungsnetz für die Versorgung des elektromagnetischen Systems. Im Falle einer Panne garantiert ein Hilfssystem die Aufrechterhaltung des magnetischen Schwebe- und Führungssystems sowie der wichtigsten Fahrzeugfunktionen.• die lokalen Mittelspannungsnetze für die Versorgung der Stationen und ihrer Anlagen (Aufzüge, usw.). Im Falle einer Panne garantiert ein Hilfssystem die Versorgung der wichtigsten Anlagen.
<i>Fahrzeuge</i>	Die Fahrzeuge sind 80 m (130 m) lang und haben einen äusseren Durchmesser von 3,2 Meter. Sie sind mit Druckkabinen versehen und bieten Platz für 200 (400) Personen. An den Haltestellen gewährleisten automatische Türen und Schleusen das unbehinderte Ein- und Aussteigen der Passagiere.

2.3 Art des Betriebs

Betrieb

Die Wahl zwischen verschiedenen Transportsystemen hängt hauptsächlich von zwei Faktoren ab: der Fahrzeit und der Fahrtkosten. Die Fahrzeit erklärt den Erfolg des Autos gegenüber öffentlichen Verkehrsmitteln: es kostet Zeit, vom Wohnort zum Bahnhof zu gelangen, dort auf den Zug zu warten und dann vom Ankunftsbahnhof an den Zielort zu kommen. Deswegen ist es wichtig, nicht nur der Geschwindigkeit, sondern auch der Frequenz der Züge, der Wahl der Stationsstandorte sowie der engen Zusammenarbeit mit anderen Verkehrssystemen Aufmerksamkeit zu schenken, um die globale Attraktivität des Systems zu erhöhen.

Swissmetro antwortet auf diese Herausforderung, indem sie bei einem synchronen Betrieb eine Fahrzeit von zwölf Minuten, eine Taktfrequenz von sechs Minuten zu Spitzenzeiten, ein Stationskonzept, das die Wartezeiten der Passagiere auf ein Minimum reduziert, sowie eine Zusammenarbeit mit den SBB und den städtischen Verkehrsunternehmen für den Betrieb anstrebt.

Um das Ein- und Aussteigen innerhalb kürzester Zeit zu gewährleisten, werden die Reisenden von einem "Begleiter" betreut.

Mit einem Fahrzeug von 200 Personen alle 6 Minuten hat Swissmetro während den Hauptverkehrszeiten eine Transportkapazität von 2'000 Passagieren pro Stunde und Richtung. Falls nötig kann die Kapazität durch eine Taktfrequenz von 4 Minuten auf 3'000 Passagiere erhöht werden oder sogar auf 6'000 Passagiere pro Stunde und Richtung, indem bei Bedarf der Zug durch das Einfügen zusätzlicher Elemente zwischen den Fahrzeugenden verlängert wird. Diese Kapazität kann noch weiter erhöht werden, jedoch bei eingeschränktem Komfort.

3 DIE HAUPTSTUDIE

3.1 Ziel

- Hauptziele* Die Ziele der Hauptstudie sind folgende :
- die Wahl einer Pilotstrecke und die Einreichung eines Konzessionsgesuchs,
 - die Wahl der technischen, wirtschaftlichen und politischen Optionen des Systems.
- Technische Ziele* Die technischen Ziele der Hauptstudie liegen darin, das System Swissmetro aufgrund von ganzheitlichen und kohärenten Lösungen zu definieren und zu entwickeln.
- Zu den Auswahlkriterien gehörten die Investitionskosten, die Betriebskosten, die Sicherheit und die Umweltverträglichkeit.
- Wirtschaftliche Ziele* Die wirtschaftlichen Ziele sind folgende :
- die glaubwürdige Einschätzung des Verkehrspotentials, der Investitionskosten, der Betriebskosten sowie des Rentabilitätsgrades für die Pilotstrecke und das Netz,
 - die Wahl eines Finanzierungsmodells und Studie zur wirtschaftlichen Machbarkeit,
 - die Studie der sozialwirtschaftlichen Auswirkungen.
- Politische Ziele* Die politischen Ziele sind folgende :
- Konzessionserteilung für eine Pilotstrecke,
 - Realisierung eines Systems unter Berücksichtigung der Umwelt und der Raumplanung sowie unter Einbezug der bereits vorhandenen oder in Realisation stehenden Verkehrssysteme,
 - Promotion des Verkehrssystems Swissmetro im Hinblick auf Europa (Eurometro).

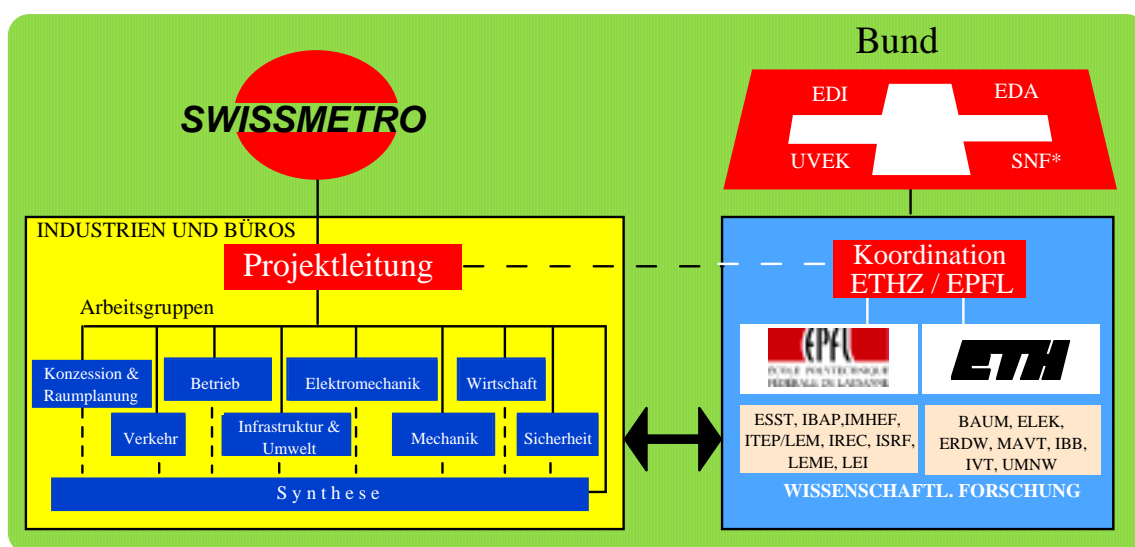
3.2 Organisation

- Baumeisterin* Verantwortlich für die Hauptstudie ist die Gesellschaft Swissmetro AG.
- Direktion des Projekts* Electrowatt Engineering AG (EWE) wurde als Vertreterin von Swissmetro AG mit dem Management des Projekts, dessen Budgetkontrolle, der Integration der Industriepartner sowie der Koordination zwischen den Technischen Hochschulen und der Industrie betraut. Die Aktivitäten zwischen den beiden Technischen Hochschulen wurden von der EPFL koordiniert.

Organisation

Die Hauptstudie wurde im Rahmen von Arbeitsgruppen durchgeführt, die in verschiedenen Bereichen gemäss dem unten stehenden Organigramm tätig waren.

Die Synthesegruppe ist regelmässig interveniert, um technische und wirtschaftliche Kompromisse zwischen den manchmal widersprüchlichen Forderungen der verschiedenen Arbeitsgruppen zu finden. Insbesondere hat sie im Juni 96 die von den Partnern der Studie zu berücksichtigenden Parameter definiert, um die Einheitlichkeit der Studie zu garantieren.



* Der SNF hat Forschungsarbeiten der ETH, aber auch von Privatbüros und Fachhochschulen finanziert.

Abbildung 4 : Organigramm

Wann immer möglich setzten sich die Arbeitsgruppen aus Vertretern der Technischen Hochschulen und der Privatwirtschaft zusammen. Diese öffentliche/private Partnerschaft hat beiden Parteien zweifellos Vorteile verschafft. Während der wissenschaftliche Aspekt und die Forschung selbstverständlich zu den Hauptaufgaben der ETH gehörten, suchten die aus dem industriellen Umfeld stammenden Teilnehmer mittelfristig wirtschaftlich gültige Ergebnisse. Diese unterschiedlichen Strategien haben zeitweise zu Spannungen geführt, so dass die Parteien gezwungen waren, kreative Diskussionen zu führen und - in den meisten Fällen - nach innovativen Lösungen zu suchen.

3.3 Finanzierung

Finanzierungsquelle

Die Finanzierung der Hauptstudie wird gesichert durch :

- das hauptsächlich von privaten Aktionären gezeichnete Kapital der Gesellschaft,
- die von technischen Büros sowie Privatunternehmen und -industrien geleisteten Beiträge für die Studien. Diese Leistungen können bei einer Realisierung in Aktien von Swissmetro AG umgewandelt werden,
- öffentliche Kredite durch den Bund (**EDI**: ETH-Rat, ETHZ, EPFL ; **UVEK** : SET, BFE ; **EDA** : KTI ; **SNF** : NFP 41)

Finanzierungsquellen	Betrag (CHF)	(%)
Swissmetro AG (Ausgaben Cash am 31.12.98)	5'064'200	35
Leistungen technische Büros und Privatindustrie	4'001'415	27
Leistungen Bund	5'463'000	38
Total	14'528'615	100

Tabelle 1 : Finanzierungssituation der Hauptstudie am 31.12.98

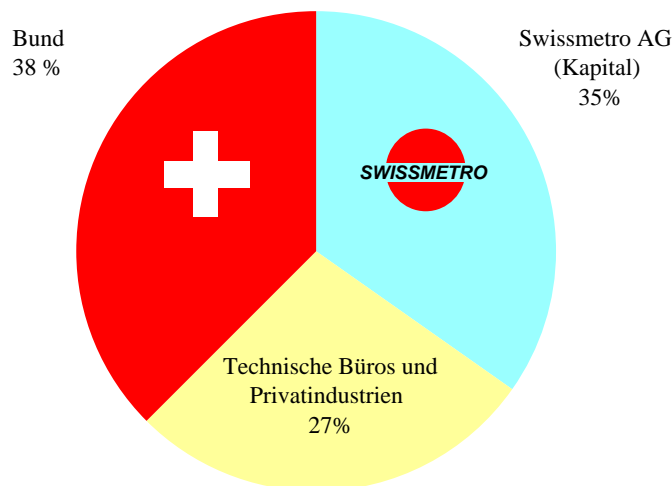


Abbildung 5 : Finanzierungsaufteilung

Das Gesamtbudget der Hauptstudie, einschliesslich der Zusatzphase 1999-2000 (KTI und andere, Budget : 3,5 Mio. CHF), beträgt rund 18 Millionen Franken.

Das Kapital von Swissmetro AG wurde für Mandate der Projektdirektion und für die Promotion, einige bar bezahlte Sonderleistungen sowie die Teilnahme der Gesellschaft an der Realisierung von Prüfständen eingesetzt.

Kapitalaufteilung	Betrag (CHF)	(%)
Administration	1'269'600	25%
Promotion	1'115'800	22%
Direktion und Administration des Projekts	2'551'100	50%
Studien und Tests	127'700	3%
Total	5'064'200	100%

Tabelle 2 : Aufteilung der Ausgaben von Swissmetro AG für die Hauptstudie am 31.12.98

4 KONZESSIONSGESUCH, PILOTSTRECKE GENF LAUSANNE

- Wahl der Pilotstrecke* Die Wahl der Pilotstrecke erfolgte aufgrund einer Studie, die zahlreiche Kriterien untersuchte : die interne Rentabilität, die Gesamtinvestition, die politische Akzeptanz, die Umweltverträglichkeit, die Zustimmung der SBB, die Attraktivität, die Investitionsberichte sowie die Kompatibilität mit dem endgültigen Netz berücksichtigte. Die 5 folgenden Strecken wurden in Betracht gezogen: Genf – Lausanne, Freiburg – Bern, Bern - Zürich, Luzern – Zürich, Basel – Zürich.
Nach Absprache mit den Bundesbehörden fiel die Wahl schliesslich auf die Verbindung Genf – Lausanne.
- Dossier des Konzessionsgesuches* Das Konzessionsgesuch wurde am 27.11.97 beim Bundesamt für Verkehr in Form eines Dossiers eingereicht, das folgendes enthielt :
- Niveau A*
- das eigentliche Konzessionsgesuch entsprechend den gesetzlichen Vorschriften, einschliesslich den geforderten Plänen.
= Niveau A des Konzessionsgesuches in Französisch und Deutsch
- Niveau B*
- die Hefte 1 bis 9, welche die Methodologie und die Ergebnisse der in den einzelnen Disziplinen erstellten Studien zusammenfassen, nämlich : Infrastruktur, Elektromechanik, Mechanik, Betrieb, Verkehr, Raumplanung, Umweltverträglichkeit, Sicherheit, wirtschaftliche Aspekte. Die Hefte 10 und 11 beinhalten zusätzliche Informationen (Parameter, Status von Swissmetro AG). Das Dossier mit den Plänen vervollständigt diese Dokumente und enthält die geologischen Studien, die Streckenführung, die Tunnels, die Station von Genf und die Station von Lausanne.
= Niveau B des Konzessionsgesuches in Französisch oder Deutsch (vertraulich)
- Niveau C*
- die anderen, vertraulichen Dokumente und Berichte, die als Grundlage für die oben genannten Dokumente dienten, sind von Swissmetro AG inventarisiert worden und befinden sich bei den jeweiligen Autoren. Sie können auf Anfrage zur Verfügung gestellt werden.
= Niveau C des Konzessionsgesuches in Französisch oder Deutsch oder Englisch (vertraulich)

Die Informationen bezüglich des Konzessionsgesuches stehen in den genannten Dokumenten und werden im vorliegenden Bericht nicht wiederholt. Die Arbeiten der Pilotstrecke werden somit nur erwähnt, wenn es sich um Beispiele handelt oder um allgemeine Optionen, die für das gesamte Netz gelten.

*Konkretes und
interdisziplinäres
Vorgehen*

An dieser Stelle ist jedoch zu erwähnen, dass die Ausarbeitung des Konzessionsgesuchs für die Hauptstudie als Ganzes von Vorteil war. Es handelte sich nämlich um ein konkretes und interdisziplinäres Vorgehen, das nebst den technischen und sicherheitstechnischen Aspekten auch Fragen bezüglich des Umweltschutzes, der Wirtschaft und der Politik untersuchte. Die gewählten Lösungen mussten zwingend unter einem globalen Gesichtspunkt betrachtet und nicht isoliert nach Disziplin behandelt werden. Dieses interdisziplinäre Vorgehen hat sich zweifellos positiv auf die Entwicklung des Projekts ausgewirkt.

5 ERGEBNISSE DER HAUPTSTUDIE, ZUSÄTZLICHE ENTWICKLUNGEN

Netzvarianten

Die Arbeitsgruppen haben mehrere Netzvarianten untersucht, doch dieser Bericht berücksichtigt lediglich die zwei folgenden Varianten :

- Variante A, Basisnetz der Vorstudie
- Variante B, mit Knotenpunkt in Zürich

Variante A (wie Vorstudie)

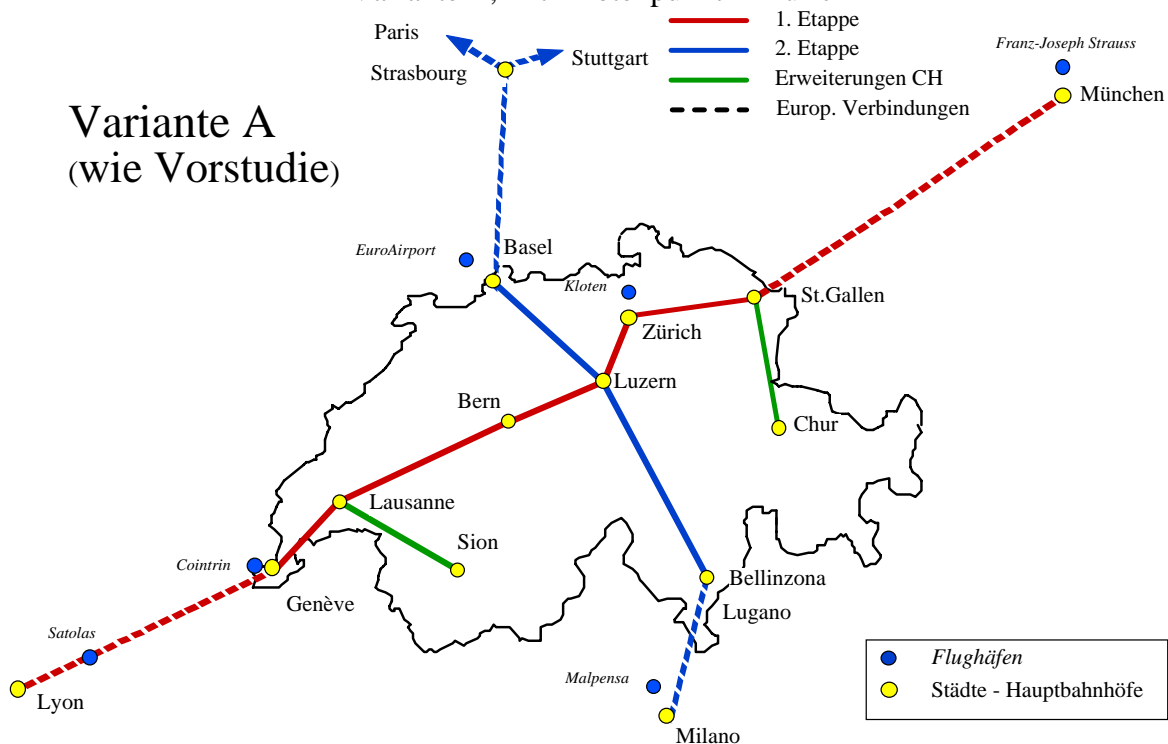


Abbildung 6 : Variante A, Basisnetz (Vorstudie)

Variante B

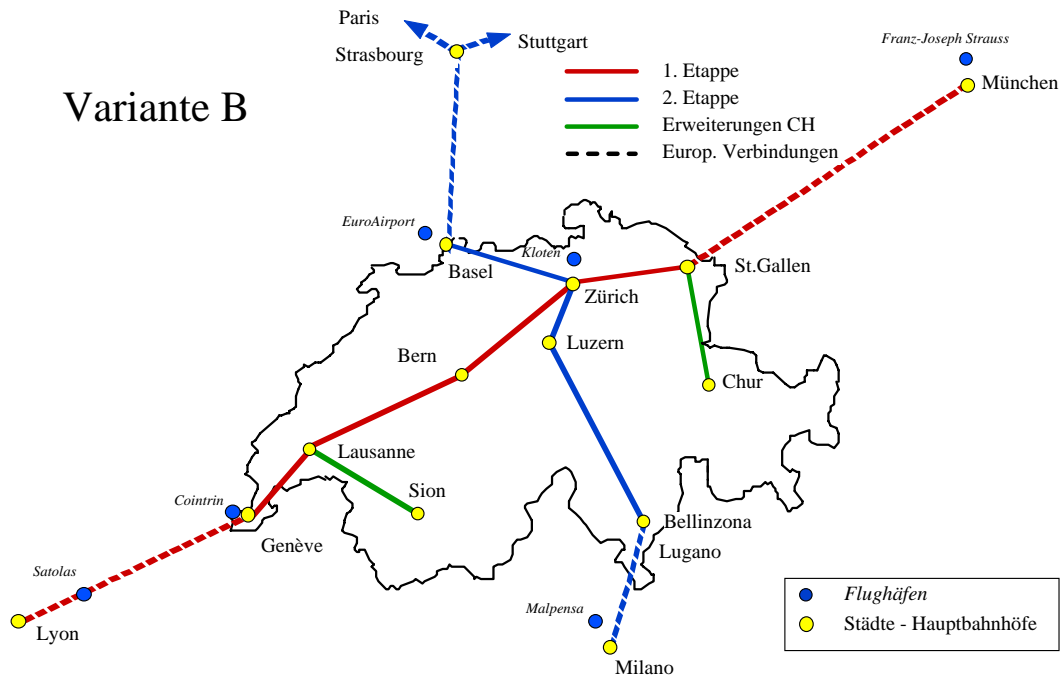


Abbildung 7 : Netzvariante B

5.1 Raumplanung

Vorbemerkungen

Die Studie zur Raumplanung übernimmt im Grossen und Ganzen den Inhalt des Berichts für das Konzessionsgesuch. Die für dieses Gesuch gemachte Analyse untersuchte die Kompatibilität der Pilotstrecke und des Swissmetro-Netzes mit den Entwicklungsplänen auf kommunaler, kantonaler, Bundes- und europäischer Ebene.

Aus diesem Grund wurde auf die Abfassung eines Heftes B – Raumplanung verzichtet.

5.1.1 Pflichtenheft der Arbeitsgruppe

- Studien über die Auswirkungen auf die Raumplanung bei Realisierung des Systems Swissmetro,
- Untersuchung der Kompatibilität des Projekts Swissmetro mit der Raumplanungspolitik des Bundes, der Kantone und der Gemeinden,
- Identifizierung von erforderlichen Begleitmassnahmen für die Sicherstellung dieser Kompatibilität.

5.1.2 Methodologie

Allgemeines

Die angewandte Arbeitsmethode ist vergleichbar mit dem Vorgehen bei Umweltverträglichkeitsprüfung im Bereich der Raumplanung untersuchen. Für die Analyse der Auswirkungen beziehen sich die Spezialisten der verschiedenen Disziplinen auf die bestehenden Normen, Empfehlungen und Daten anhand von Planungsdokumenten, die auf kommunaler, kantonaler und Bundesebene ausgearbeitet wurden (Bezugnahmestand der Daten : 1997).

Iteratives Verfahren

Der Schutz der öffentlichen Interessen ist nicht Gegenstand eines anerkannten Verfahrens. Zudem ist Swissmetro ein neues Projekt, das sich nicht in ein traditionelles Reflexionsschema einfügen lässt. Aus diesem Grund wurde in Zusammenarbeit mit den entsprechenden Bundesbehörden ein iteratives Verfahren gewählt, um ein gemeinsames Vorgehen mit dem Eisenbahngesetz als Leitfaden zu definieren.

Kompatibilität des Projekts

Das Projekt Swissmetro wurde auf seine Kompatibilität mit den Ausrichtungen der Raumordnung auf kommunaler, kantonaler, Bundes- und gegebenenfalls europäischer Ebene untersucht.

Schliesslich wurden Begleitmassnahmen festgelegt, um diese Kompatibilität zu garantieren.

Basisdokumente

Die Studie beruht auf folgenden Dokumenten :

- auf nationaler Ebene : « Bericht des Bundesrats über die Grundzüge der Raumordnung Schweiz (Les grandes lignes de l'organisation du territoire suisse approuvées par le Conseil fédéral) » (BRP/OFAT 1996),
- auf europäischer Ebene : « Document d'orientation pour une coopération dans l'aménagement du territoire européen » (Europe 2000+ der Europäischen Kommission, 1994).

Die schweizerische und europäische Ausrichtung weist zahlreiche Gemeinsamkeiten auf bezüglich der Identifizierung der gegenwärtigen Probleme sowie der erforderlichen Lösungen, insbesondere :

- das Modell einer nachhaltigen Entwicklung,
- die grenzüberschreitende Zusammenarbeit,
- das Städtennetz,
- das Gleichgewicht zwischen den Regionen.

5.1.3 Ergebnisse

Allgemeines

Die Themen Raumplanung und Verkehrspolitik sind in der Schweiz von anhaltender Aktualität, und die grundlegenden Fragen sind unabhängig vom Projekt Swissmetro zu beantworten.

Swissmetro liefert jedoch neue Überlegungsansätze, welche die Diskussion auf nationaler und europäischer Ebene ausweiten und für die Schweiz eine Lösung mit hohem Mehrwert anbieten.

Zusammenhalt der Nation

In der Schweiz gibt es hinsichtlich der Erreichbarkeit der Regionen grosse Disparitäten: die Randkantone werden dabei ganz klar benachteiligt.

Mit Swissmetro ändert sich die Erreichbarkeit erheblich, denn praktisch jeder Einwohner der Schweiz kann sich von Kantonshauptstadt zu Kantonshauptstadt innerhalb von 90 Minuten begeben.

Schweizerisches Städtennetz

Die Realisierung von Swissmetro erlaubt die optimale Verbindung zwischen den grossen Städten des Mittellands in Form eines polyzentrischen Netzes, das aufgrund seiner menschlichen und sozialwirtschaftlichen Kapazität von 4 Mio. Einwohnern einer mittelgrossen europäischen Metropole entspricht.

Das Swissmetro-Netz wird auf dem Arbeitsmarkt Änderungen hervorrufen, da sich die Arbeitsstellen in den Hauptstädten konzentrieren werden, was zu einem Rückgang des Agglomerationsphänomens führen wird. Der Pendelverkehr zwischen den Stadtzentren und der Peripherie dürfte zugunsten von Verbindungen zwischen den Städten selbst zurückgehen. Dies wird positive Auswirkungen haben, sofern es der Raumplanungs- und Verkehrspolitik gelingt, zwischen den Städten und der Peripherie ein Gleichgewicht herzustellen. Es ist also nötig, wenn nicht unerlässlich, eine Komplementarität zwischen den gegenwärtigen öffentlichen Verkehrssystemen und Swissmetro zu finden.

Die relative Randstellung einzelner Landesregionen erfordert, dass diese Regionen spezifische Entwicklungsstrategien definieren, bei denen die Vorteile ihrer Randstellung hervorgehoben werden (Tourismus, Aufwertung der Landschaft, Kultur, usw.).

Zusammenfassend geht es darum, den Betrieb der öffentlichen Verkehrssysteme, insbesondere der SBB und Swissmetro, ergänzend zu gestalten (Marktsegmentierung), Swissmetro in die Raumplanung und die Verkehrspläne auf kommunaler, kantonaler und Bundesebene einzubeziehen.

Integration in den europäischen Raum

Durch die Entwicklung des Swissmetro-Netzes auf europäischer Ebene kann die Schweiz ihre zentrale Rolle im europäischen Personenverkehr aufrechterhalten und so verhindern, dass sie von EU-Projekten umgangen wird. Die Swissmetro-Transversale Lyon – München, die sich den europäischen Nord-Süd-Linien anfügt, ist für die Schweiz von grösstem Interesse.

Das gesamte Swissmetro-Netz, und insbesondere die Verbindungen mit Lyon, München, Mailand und Strassburg, entspricht den schweizerischen Integrationszielen im europäischen Raum.

Die Bedingungen für eine Integration sind folgende :

- dem Swissmetro-Netz eine "europäische" Rolle zuordnen, zuerst der W-O-Achse Genf-St.Gallen und dann der N-S-Achse Basel-Bellinzona,
- Swissmetro in die grenzüberschreitenden Raumplanungspläne einbeziehen,
- die Entwicklungspolitik der anderen europäischen Länder berücksichtigen.

Synthese

Was die untersuchten Ebenen betrifft, folgt Swissmetro in allgemeiner Hinsicht den Ausrichtungen der Raumplanungspolitik.

Die Möglichkeit, die Rolle der Schweiz und ihres Städtetzes in Europa dank eines umweltverträglichen Verkehrssystems zu bestätigen, stellt sicherlich ein wichtiges Element für die zukünftige Entwicklung des Landes dar.

Die Realisierung von Swissmetro wird das derzeitige Verkehrssystem ändern und muss in den definierten Entwicklungszielen integriert und von bedeutenden Begleitmassnahmen unterstützt werden, ohne jedoch die finanzielle Rentabilität des Systems zu beeinträchtigen.

Die nachstehenden Massnahmen könnten die Vorteile von Swissmetro noch verstärken :

- Verminderung der Attraktivität des Privatverkehrs (keine 3. Fahrspur auf Autobahnen, keine neuen Teilstücke der Nationalstrassen, tatsächliche Kosten),
- Suche nach Synergien mit den derzeitigen Verkehrssystemen (Marktsegmentierung mit den SBB, Zusammenarbeit mit den S-Bahnen und anderen Privatbetrieben, usw.),
- Durchführung von Raumplanungsmassnahmen auf lokaler Ebene.

Das Schweizer Städtetz basiert auf dem Prinzip der konzentrierten Dezentralisierung. Swissmetro stellt eine ideale Verbindung zwischen den wichtigsten Städten dieses Netzes her und antwortet so auf die Anliegen des oben zitierten Berichts des Bundesrates, der folgendes sagt :

« Stärkung der internationalen Standortqualität »

« Das vernetzte Städtesystem ist die föderalistische Antwort der Schweiz auf die Herausforderungen im verschärften Standortwettbewerb zwischen den bedeutenden Stadtregionen Europas. Bevölkerungsmässig können sich die drei schweizerischen grossstädtischen Agglomerationen Zürich, Basel und Genf nicht mit europäischen Metropolen messen. Mit dem dezentralisierten und vernetzten, an die internationalen Verkehrswege bestmöglich angebundenen Wirtschaftsstandort Schweiz kann sich unser Land als Ganzes in der internationalen Konkurrenz der Standorte besser behaupten als mit der Konzentration auf ein einziges grosses Zentrum. ("Bericht des Bundesrats über die Grundzüge der Raumordnung Schweiz" Seite 43, BRP/OFAT 1996) ».

Die Studie bestätigt, dass Swissmetro auf europäischem Niveau ein Integrationselement darstellt, das eine Reorganisierung der konventionellen Netze zur Folge hat.

Mit Koordinierungsmassnahmen zwischen Swissmetro und den derzeitigen Netzen kann man von einer Modernisierung oder sogar von einer Aktualisierung auf europäischer Ebene der konzentrierten Dezentralisierung sprechen.

5.1.4 Zusätzliche Entwicklungen

Netzoptimierung

Das Netz ist auf der Grundlage folgender Kriterien zu optimieren :

- territoriale Kompatibilität (Raumplanung und Umwelt),
- Bedeutung der Begleitmassnahmen,
- politische Machbarkeit.

Die ersten Ergebnisse der Software Polydrom zeigen, dass aufgrund von wirtschaftlichen Überlegungen die Station für den Knotenpunkt W-O und N-S in Luzern oder in Zürich angesiedelt werden kann. Die politischen Aspekte müssen hingegen unter Berücksichtigung öffentlicher Diskussionen betrachtet werden.

Neue Elemente

Die zusätzlichen Studien müssen eine bestimmte Anzahl neuer Elemente berücksichtigen, wie : die bestätigte Realisierung von Alptransit und Bahn 2000, die Inbetriebnahme des europäischen Hub Milano-Malpensa, den sektoriellen Plan bezüglich der Luftfahrt (PSIA, in Beratung) sowie die Europäische Netze TGV / TEN.

Erreichbarkeit

Eine vertiefte und systematische Studie der Erreichbarkeit sämtlicher Regionen der Schweiz, mit und ohne Swissmetro, muss in Angriff genommen werden, beispielsweise auf der Basis einer Matrix der Beziehungen der Pendelregionen zu Pendelregionen.

Internationalisierung des Netzes

Swissmetro ist ein Verkehrssystem von europäischer Dimension, und es bestehen derzeit Kontakte mit den grenzüberschreitenden Regionen hinsichtlich der Entwicklung einer Eurometro.

5.2 Verkehr

5.2.1 Pflichtenheft der Arbeitsgruppe

- Entwicklung einer Software für die Verkehrsbewertung, ausgehend vom Schienen- und Autobahnnetz,
- Bewertung der Bedeutung des derzeitigen Verkehrs und seiner Entwicklung hinsichtlich sämtlicher Teilstücke und Netzvarianten,
- Bewertung des Verkehrs der Pilotstrecke, allein und hinsichtlich einer Netzintegration,
- Bewertung der Verkehrsverlagerung von der Strasse und der Schiene auf Swissmetro in bezug auf die Attraktivität des Systems,
- Festlegung der optimalen Standorte für die Stationen in bezug auf den Verkehr.

5.2.2 Methodologie

Pilotstrecke

Die Verkehrsbewertung der Pilotstrecke Genf – Lausanne erfolgte auf folgenden Grundlagen :

- für den Autobahnverkehr auf der Basis der eidgenössischen Volkszählung von 1990 sowie der verschiedenen Verkehrsumfragen, die insbesondere die Gründe für den Ortswechsel sowie den Auslastungsgrad der Fahrzeuge untersuchten,
- für den Bahnverkehr auf der Basis verschiedener, von den SBB durchgeführten Umfragen, welche die Art der benutzten Billette sowie den Abfahrts- und Zielort der Passagiere untersuchten,

unter Berücksichtigung :

- verschiedener Hypothesen bezüglich des Modal-Splits (Autobahn, Schiene und Swissmetro),
- eines Swissmetro-Tarifs, der jenem der SBB entspricht, so dass der Preis einen neutralen Faktor darstellt und die Wahl des Benutzers beim Modal-Split nicht beeinflusst,
- der Auswirkungen der Zeiteinsparungen und der Frequenz der Swissmetro-Züge,
- einer vorsichtigen Hypothese bezüglich der Verkehrszunahme um 10% in 10-Jahresabschnitten während den nächsten 30 Jahren (Autobahn- und Schienenverkehr).

Vier Szenarien wurden berücksichtigt :

	Autobahn 2-spurig	Autobahn 3-spurig	SBB 2-spurig	Angebot SBB unverändert	Angebot SBB verändert, IC aufgehoben
Szenario 1 (1995)	•		•	•	
Szenario 2	•		•	•	
Szenario 3		•	•	•	
Szenario 4	•		•		•

Tabelle 3 : Verkehrsszenarien

Netz

Für die Verkehrsstudie des gesamten Netzes auf nationalem Gebiet hat Swissmetro AG die Software Polydrom entwickelt, die ursprünglich einzig für den Schienenverkehr vorgesehen war, um ein allgemeines Modell des Strassen- und Schienenverkehrs zu erhalten. Als entscheidende Kriterien führt diese Software die Fahrtkosten und die Kosten pro Stunde der Passagiere an.

Der Personenverkehr innerhalb der Schweiz konnte auf diese Weise modelliert werden, wobei dem Fernverkehr eine besondere Bedeutung zukam, da er für die Festlegung des Swissmetro-Verkehrs ausschlaggebend ist.

Die Verkehrsprognosen beruhen auf den Statistiken 1995 (globaler Verkehr, Strasse und Schiene): Zählungen SBB und Matrix Ausgangsort / Zielort (A/Z) für den SBB-Verkehr, sowie Zählungen einzig für den Strassenverkehr.

Die Software Polydrom benutzt als Basis das Verkehrsvolumen des Jahres 2010 mit folgenden Hypothesen :

- die erste Etappe Bahn 2000 ist fertiggestellt,
- die Realisierung der NEAT erfolgt gemäss Bauprogramm,
- das Nationalstrassennetz erfolgt gemäss dem 4. Bauprogramm,
- die Kapazität des Strassennetzes in den Alpenregionen hat nicht zugenommen,
- das Swissmetro-Netz mit seinen Geschwindigkeits- und Frequenzmerkmalen ist im Jahre 2010 voll betriebsfähig (Netzvarianten A und B),
- die ICs sind auf den parallelen SBB- und Swissmetro-Teilstücken aufgehoben.

5.2.3 Ergebnisse

Aufgrund des Verkehrsmodells Polydrom ergeben sich für Swissmetro im Jahre 2010 die folgenden Verkehrswerte (durchschnittlicher täglicher Verkehr, Total der beiden Richtungen) :

Strecke SWISSMETRO	Variante A	Variante B
Genf - Lausanne	27'240	27'360
Lausanne - Bern	24'480	24'840
Bern - Luzern	58'560	-
Luzern - Zürich	95'400	53'520
Zürich – St.Gallen	30'000	-
Basel - Luzern	25'680	-
Luzern - Bellinzona	18'492	17'448
Bern - Zürich	-	57'360
Zürich – St. Gallen	-	31'080
Basel - Zürich	-	35'760
St. Gallen - Chur	14'400	14'626
Lausanne - Sion	6'012	6'042

*Tabelle 4 : Verkehr Swissmetro 2010 (durchschnittlicher Tagesverkehr)
auf verschiedenen Strecken*

Die Ergebnisse erlauben keine definitive Wahl zwischen den Varianten A und B, da die Unterschiede bei den Verkehrswerten minim sind.

Abweichungen

Für die Pilotstrecke Genf – Lausanne sind die Verkehrswerte der für das Konzessionsgesuch angewandten Methode (29'400) und des Modells Polydrom nicht identisch. Die Abweichungen lassen sich dadurch erklären, dass das Modell Polydrom den Verkehr für 2010 anstatt für 2015 angibt und die Sättigung der Autobahn, die den Modal-Split zugunsten von Swissmetro beeinflusst, nicht berücksichtigt.

5.2.4 Zusätzliche Entwicklungen

Das Modell Polydrom kann im heutigen Entwicklungsstadium die Belastung der Teilstücke für verschiedene Netzkonfigurationen vergleichen. Für die Berechnung der absoluten Verkehrswerte hingegen ist es nur glaubwürdig, wenn die Zuverlässigkeit und die Details der Basisdaten verbessert werden können. Demzufolge müssen Studien in diese Richtung eingeleitet werden.

5.3 Betrieb

5.3.1 Pflichtenheft der Arbeitsgruppe

- Definition des Betriebskonzepts des Systems, ausgehend von den Verkehrsdaten, der festgelegten Frequenz sowie der Wartezeit an den Stationen,
- Studie der optimalen Dimensionierung der Stationen und der Fahrzeuge in bezug auf das Betriebskonzept des Systems,
- Studie des Wartungskonzepts,
- Studie der synchronen und asynchronen Betriebsarten,
- Schätzung des erforderlichen Personalbestandes und der Betriebskosten.

5.3.2 Methodologie

Geschwindigkeit und Frequenz

Die Attraktivität des Transportsystems Swissmetro basiert auf zwei Kriterien :

- die hohe Geschwindigkeit,
- die hohe Frequenz,

die dazu beitragen, die Gesamtfahrzeit zu reduzieren.

Eine hohe Frequenz bietet ausserdem eine grössere Betriebsflexibilität gegenüber konventionellen Systemen, denn sie erlaubt eine optimale Anpassung an die Nachfrage sowie eine bessere Verteilung der Verkehrsspitzen.

Verkehr

Die Station ist andererseits das Schlüsselement, wo sich sämtliche Parameter des Betriebs konzentrieren. Ausgehend von den Verkehrsdaten, der festgelegten Frequenz sowie der Fahrt- und Wartezeit kann die Studie ein Betriebskonzept des Systems und die optimale Dimensionierung der Stationen bestimmen.

Ausgehend vom vorgesehenen Betriebsfahrplan der Fahrzeuge sind die verschiedenen Parameter so organisiert worden, dass sie die folgenden besonderen Ziele erfüllen :

- den Passagieren einen Komfort wie auf einem Flughafen anzubieten, jedoch mit einer Verkehrszirkulation, die dem Betriebsrhythmus einer städtischen U-Bahn gleicht,
- die Bewegungsabläufe der verschiedenen Systemelemente rationalisieren, um den Impakt der Anlagen sowie die Investitions- und Betriebskosten auf ein Maximum zu reduzieren.

5.3.3 Ergebnisse

- Vorgesehener Zeitplan* Der vorgesehene Zeitplan ist eine Basishypothese, die provisorisch und *a priori* den Ablauf der Operationen festlegt, die bei einer Taktfrequenz von 6 Minuten zwischen den Fahrzeugen während den Hauptverkehrszeiten die Gesamtheit der in Betrieb stehenden Fahrzeuge betreffen.
- Fahrzeugbeschreibung* Die Dimensionierung der Fahrzeuge erfolgte aufgrund des geschätzten täglichen Verkehrs und der Einschränkungen hinsichtlich Fahrplan und Betriebskomfort. Die Swissmetro-Fahrzeuge sind in bezug auf ihre transversalen Achsen symmetrisch und können in beide Richtungen verkehren. Sie verfügen über zwei Abteile mit 104 Sitzplätzen, die an jedem Ende einen seitlichen Ein- und Ausgang haben. Die Kapazität kann noch erhöht werden, wobei aber ein geringerer Komfort in Kauf genommen werden muss, beispielsweise durch Stehen während der Fahrt. Bei der vollständigen Realisation der Ost-West-Achse oder des Netzes ist die Verlängerung der Fahrzeuge durch zusätzliche Elemente vorgesehen.

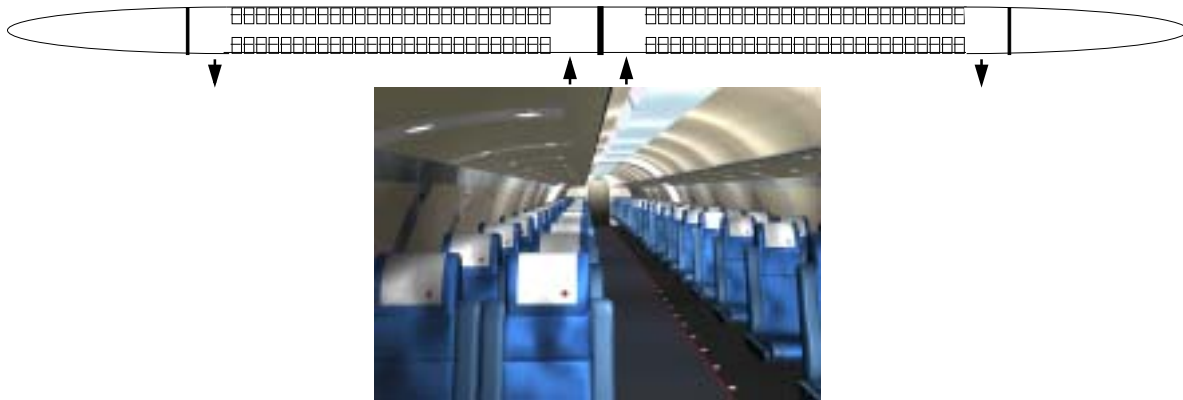


Abbildung 8 : Planansicht des Fahrzeugs

Das Ein- und Aussteigen der Passagiere an den Stationen sollte 100 Sekunden nicht übersteigen : dies ist dadurch möglich, dass der Passagierfluss sich nicht kreuzt, da die Reisenden von einem Begleiter betreut werden. Durch die asymmetrische Typologie der Stationen sind die Schleusen nur an einer Fahrzeugseite angebracht, was Kosten- und Sicherheitsvorteile erlaubt.

Fahrzeugmerkmale

Die Fahrzeugmerkmale sind folgende :

- Anzahl Sitze : 208 (416)
- Gesamtlänge : 80 Meter (130 Meter)
- Innerer Durchmesser : 3 Meter
- Anzahl Türen : 4 (8)
- Dimension der Türen : 1,9 x 1,2 Meter
- Gewicht : 50 Tonnen (85 Tonnen)

Standardstation

Die Swissmetro-Standardstationen sind in den SBB-Bahnhöfen integriert, um die Synergie mit den öffentlichen städtischen und regionalen Verkehrsmitteln an der Oberfläche zu fördern. Sie verfügen über zwei unterirdische Betriebsebenen :

- eine Halle für den Empfang der Passagiere, die mit den oberirdischen Verkehrsmitteln verbunden ist (Empfangshalle),
- ein Bereich für das Ein- und Aussteigen, der auch alle anderen Funktionen der Stationen in sich vereint (Ein- und Aussteigzone).

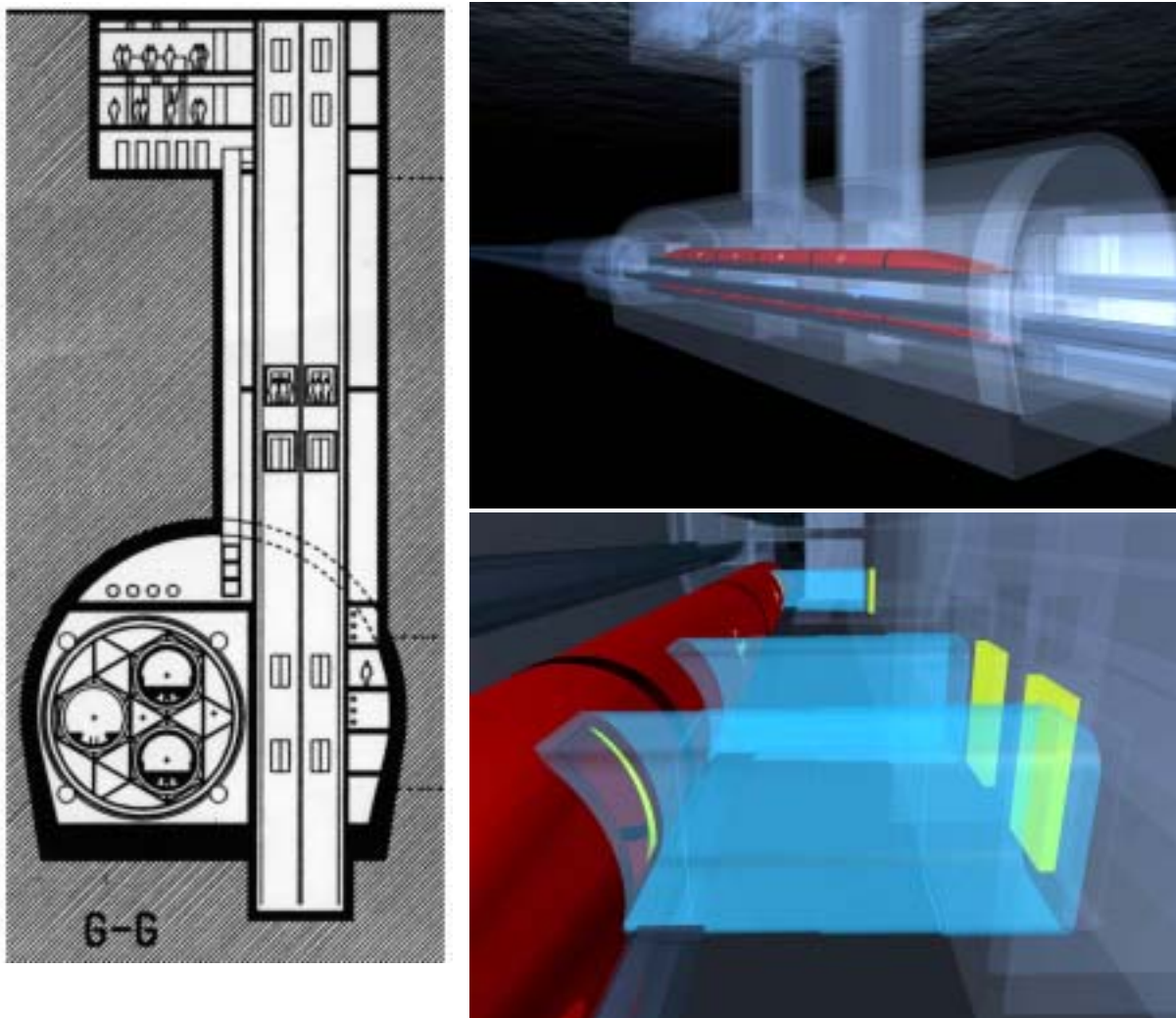


Abbildung 9 :Standardstation

In den Stationen sind die Tunnels übereinander angeordnet. Der Zugang zu den Fahrzeugen erfolgt auf zwei Stockwerken, je nach Herkunfts- oder Zielort der Passagiere. Die Empfangshalle und die Ein- und Aussteigzone sind durch Aufzüge mit Doppelbrücke miteinander verbunden. Die Tunnels haben einen reduzierten Luftdruck, und durch die an jeder Fahrzeugtür angebrachten Schleusen gelangen die Passagiere in den Bereich mit Normaldruck. Falls nötig kann in jeder Station ein Fahrzeug mit Hilfe eines Drehtrommel-Systems von einem Tunnel in den anderen gelangen.

Die Länge einer Standardstation entspricht jener eines Fahrzeugs. Um die erwartete Verkehrszunahme zu berücksichtigen, muss die Länge verdoppelt werden, damit verlängerte Fahrzeuge Platz finden. Der Rohbau der Erweiterung der Kaverne erfolgt ab der ersten Bauetappe. Die Anlagen (Drehtrommel-System, Aufzüge, usw.) werden hingegen nach Bedarf errichtet.

Betriebsart

Die Entfernungen zwischen den Stationen betragen auf dem gesamten Netz zwischen 48 und 130 Kilometern. Zwei Betriebsarten werden in Betracht gezogen :

Synchroner Betrieb

- ein synchroner Betrieb, das heisst eine konstante, von der Distanz unabhängige Fahrtzeit zwischen den Stationen, zum Beispiel 12 Minuten. Diese Lösung hat den Nachteil, dass auf langen Teilstücken sehr hohe Geschwindigkeiten erforderlich sind, was einen höheren Energieverbrauch und eine grössere elektromechanische Infrastruktur zur Folge hat. Auf kommerzieller Ebene ist sie jedoch interessanter.

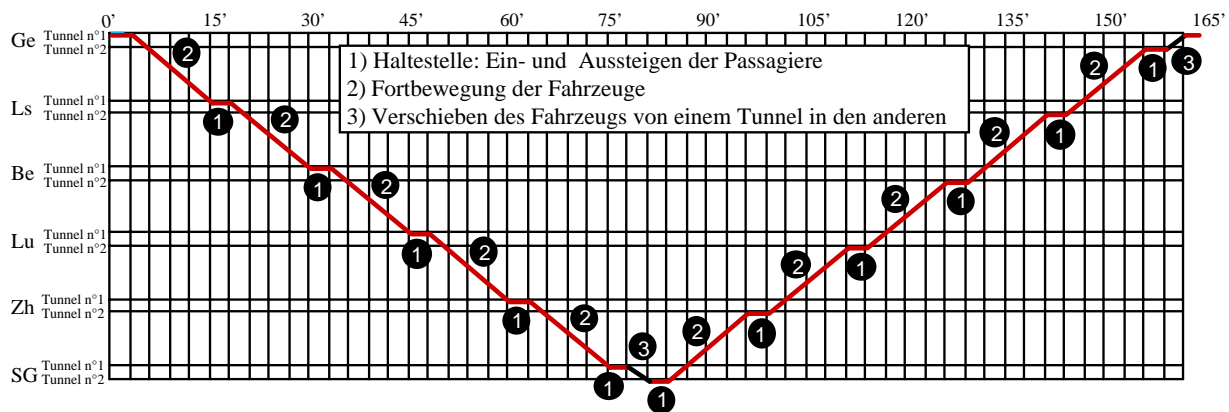


Abbildung 10: Vorgesehener Zeitplan eines synchronen Betriebs für die Strecke Genf-St.Gallen

Asynchroner Betrieb

- ein asynchroner Betrieb, das heisst eine variable Fahrtzeit zwischen den Stationen mit angepassten Geschwindigkeiten. Das gewählte Betriebskonzept kann sich problemlos an einen asynchronen Betrieb anpassen, unter der Voraussetzung, dass die nachstehenden Regeln eingehalten werden :
 - eine Taktfrequenz von 6 Minuten zwischen den Fahrzeugen und eine Haltezeit in der Station von 3 Minuten. Für die Einhaltung dieser Regel muss die Fahrtzeit zwischen den Stationen zwingend ein Vielfaches von 3 Minuten sein,
 - simultaner Halt der Fahrzeuge in den Stationen. Diese Regel ist nötig, um die Wahl von Aufzügen mit Doppelbrücken sowie eine kompakte Empfangsstation beizubehalten.

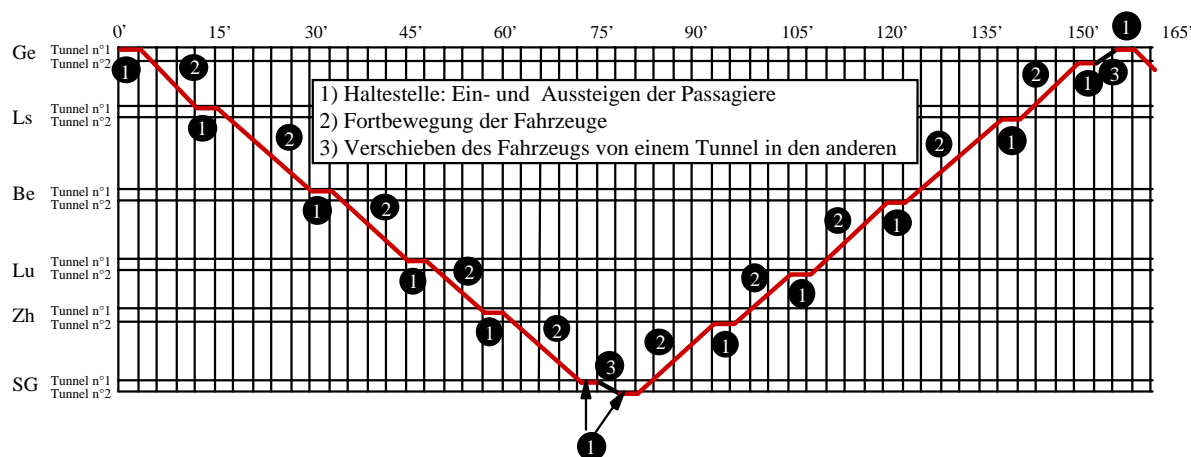


Abbildung 11 : Vorgesehener Zeitplan eines asynchronen Betriebs für die Strecke Genf-St.Gallen

Die Wahl der einen oder anderen Lösung bleibt nach Abschluss der Hauptstudie offen.

Sicherheitskonzept

Angesichts der Taktfrequenz der Fahrzeuge gleicht Swissmetro mehr einer städtischen Untergrundbahn als einem Flugzeug. Deswegen muss die Überwachung des gesamten Systems hauptsächlich von Sicherheitspersonal gewährleistet werden.

Um einen Sicherheitsgrad zu erreichen, der über jenem einer gewöhnlichen Untergrundbahn liegt, stellt sich das berücksichtigte Sicherheitskonzept folgendermassen zusammen :

- Identifizierung der Passagiere bei der Reservation der Sitzplätze. Diese Operation kann mittels digitalisierter Fotos oder automatisierter Apparate für die Identifizierung der Fingerabdrücke erfolgen, unter Vorbehalt der Einhaltung des Datenschutzes und des kommerziellen Aspekts,
- permanente Überwachung der Stationen durch Sicherheitspersonal, ausgehend von einer Kommando- und Überwachungszentrale, sowie von Mannschaften, die rasch einschreiten können,
- Präsenz in den Fahrzeugen eines "Begleiters", der die Passagiere eskortiert und insbesondere auch nach verdächtigen Objekten Ausschau hält. Der Begleiter ist bei normalem oder herabgesetzten Betrieb auch für die Informationen und für die Betreuung der Passagiere zuständig.

Alle diese Sicherheitstechniken und –massnahmen sind bereits heute in zahlreichen Bereichen im Einsatz. Sie müssen jedoch noch weiter ausgebaut werden, um der zunehmenden Unsicherheit nachzukommen, jedoch unter dem Vorbehalt, dass die Benutzung der gesammelten Daten einem Rechtsentscheid untersteht.

Schlussfolgerungen

Dank dieser zwei einspurigen Röhren bietet Swissmetro die Möglichkeit, die Taktfrequenz der Fahrzeuge und folglich die Kapazität des Verkehrssystems auf einfache Weise zu variieren.

Die kompakte Organisation der Stationen reduziert die Dauer der verschiedenen Bewegungsabläufe und bietet die Möglichkeit einer kurzen Taktfrequenz und einer reduzierten Anzahl Passagiere pro Fahrzeug bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung der hohen Transportkapazität. Diese Flexibilität steigert die kommerzielle Attraktivität des Systems, verringert die Investitionskosten der Infrastruktur, verteilt die Passagiere innerhalb und ausserhalb des Systems und erhöht den Benutzungsgrad sämtlicher Anlagen.

Die Wahl, kleine Gruppen von rund hundert Passagieren bei einer kurzen Taktfrequenz anstatt Massen von Leuten bei einer langen Frequenz zu transportieren, erlaubt den Swissmetro-Passagieren eine durchschnittlich kürzere Wartezeit (in einem Verhältnis von 1/5 verglichen mit einer Frequenz von 30') sowie eine komfortable und gemütliche Reiseatmosphäre bei gleichzeitigen Hochgeschwindigkeitsleistungen. Diese Wahl wirkt sich aber auch positiv auf das Umsteigen der Swissmetro-Passagiere auf städtische und regionale Verkehrsmittel aus.

Betriebskosten

Die Betriebskosten beinhalten die Kosten für das Personal, die Energie, die Wartung der Infrastruktur, der Fahrzeuge sowie der mechanischen und elektromechanischen Installationen, sowie die Allgemeynkosten.

Geschätzte Kosten

Strecke	Variante		Länge [km]	Betriebskosten /Jahr (Mio CHF)
	A	B		
Genf – Lausanne	A	B	58,5	51,0
Lausanne -Bern	A	B	81,0	51,3
Bern- Luzern	A	-	69,2	43,7
Luzern- Zürich	A	B	48,2	31,6
Zürich – St. Gallen	A	B	69,6	40,3
Basel – Luzern	A	-	80,0	55,6
Luzern - Bellinzona	A	B	127,6	74,1
Bern- Zürich	-	B	104,3	70,3
Basel - Zürich	-	B	75,0	61,7
Total Variante A des Netzes (Etappen 1 und 2)			534,1	347,3
Total Variante B des Netzes (Etappen 1 und 2)			564,2	380,0

Tabelle 5 : Jährliche Betriebskosten in CHF (1997)

5.3.4 Zusätzliche Entwicklungen

Die folgenden Bereiche erfordern zusätzliche Studien :

Globales Konzept

- globales Betriebskonzept des Systems Swissmetro mit den interregionalen und städtischen Verkehrsmitteln an der Oberfläche sowie den SBB,

Fahrpläne

- Überprüfung und eventuelle Anpassung des vorgesehenen Zeitplans gemäss den technischen Entwicklungen, insbesondere der Schleusen und des "Drehtrommel-Systems",
- definitive Wahl eines synchronen oder asynchronen Fahrplans,
- Fahrplanentwicklung bei herabgesetztem Betrieb,

Passagierfluss

- Überprüfung der Transfertime der Passagiere zwischen der Station und dem Fahrzeug, in Zusammenarbeit mit den Planern der Bauwerke und Fahrzeuge,

Fahrzeuge

- Entwicklung der inneren Einrichtung in bezug auf Sicherheit und Betrieb,
- Mitbeteiligung an der Fahrzeugentwicklung,

Stationen

- Wahl der definitiven Dimensionen der Standardstation in bezug auf technische Entwicklungen,
- definitive Organisation der Sicherheit sowie Wahl der Einrichtungen,
- Organisation des Billet- und Reservationssystems sowie Wahl der Einrichtungen,
- Entwicklung der Stationsanlagen : Heizung, Lüftung, Elektrizität, Sanitäreanlagen, usw.,
- vertiefte Studie der Organisation des Betriebspersonals sowie der erforderlichen Kompetenzen für die verschiedenen Arbeitsstellen.

5.4 Infrastruktur

5.4.1 Pflichtenheft der Arbeitsgruppe

- Ausarbeitung der vorläufigen geologischen und hydrogeologischen Modelle,
- Wahl der Linienführungen und Standortbestimmung der Bauwerke,
- Konzipierung von Tunnels, Stationen, Stollen, Schächten und Nebenbauwerken,
- Dichtigkeit und Widerstandsfähigkeit der Auskleidungen: Betontechnologien, dichte Membranen, eventuell andere Lösungen,
- grobe Dimensionierung der Bauwerke,
- Wahl der Konstruktionsmethoden,
- Evakuierung des Aushubmaterials,
- Schätzung der Konstruktionsdauer und -kosten.

5.4.2 Methodologie

Grunddaten

Die physikalischen Daten und anderen Informationen in bezug auf die Oberflächenbedingungen (Topographie, Kataster, Wasserläufe, Zufahrtsstrassen, etc.) wurden anhand bereits vorliegender Dokumente zusammengetragen. Die unterirdischen Bedingungen wurden ebenfalls auf der Grundlage verfügbarer Informationen bestimmt (Bohrarbeiten, seismische Profile, Publikationen, etc.). Die gesammelten Daten wurden durch Rekognoszierungen der Standorte sowie Umfragen bei Verwaltungsbehörden und anderen Quellen vervollständigt.

Standortbestimmung der Bauwerke

Die Standortbestimmung der Bauwerke erfolgte im allgemeinen unter Berücksichtigung aller festgestellter Belastungen sowie - im Falle der Pilotstrecke - im Einvernehmen mit den betroffenen Behörden. Die Wahl erfolgte jeweils durch Vergleiche zwischen verschiedenen Varianten. Einige davon wurden provisorisch eliminiert, könnten jedoch je nach Entwicklung der Situation insbesondere in bezug auf die Stationen wieder aktuell werden.

5.4.3 Ergebnisse

Tunnels

Schon bei Beginn der Hauptstudie wurde eine Vergleichsstudie über verschiedene Dispositionen der Tunnels für die beiden Spuren der Swissmetro-Fahrzeuge vorgenommen. Die typologische Studie beruhte auf dem Konzept von zwei getrennten Tunnelröhren - das letztlich in der Hauptstudie übernommen wurde - sowie einer Reihe von Querschnitten, durch welche die beiden Spuren in einer einzigen Tunnelröhre mit verschiedenen Dimensionen und Formen verbunden werden.

Abbildung 12 zeigt eine Tunnelvariante mit Doppelspuren, die neben- oder übereinander verlaufen. Die Vorteile der Varianten mit nur einem Tunnel - insbesondere in bezug auf die Sicherheit - wurden als nicht ausreichend für die Kompensierung der Zusatzkosten beurteilt. Diese Zusatzkosten belaufen sich im günstigsten Fall auf rund 30% im Vergleich zu der Lösung, welche zwei Tunnelöhren vorsieht. Die Nutzung eines Teils dieser Profilgerüste für andere Zwecke (Telekommunikation, Stromleitungen, Gütertransport, etc.) könnte diese Lösungen jedoch wieder interessant machen.

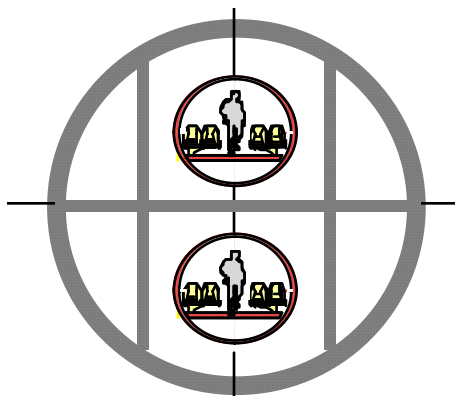


Abbildung 12 : Variante mit Doppelspuren

Tunnelverkleidungen

Die Tunnelverkleidung wurde ebenfalls in einer Studie genau auf die geologischen Bedingungen sowie die Nutzungskriterien untersucht (Luftundurchlässigkeit, Wasserdichtigkeit, mechanische, thermische und chemische Beanspruchung, etc.).

Da beim Aushub jeweils ein Aussenring angelegt wird, wurden vier verschiedene, den Anforderungen entsprechende Innenverkleidungen bestimmt :

- Variante mit speziellem Sperrbeton,
- Variante mit *Sandwich*-membran (Synthetik, Stahl oder anderes),
- Variante mit Innenverkleidung aus Mörtel (Beton, Synthetik oder anderes),
- Variante mit Innenverkleidung aus Stahl (Stahlrohr, Wölbsteine aus Stahl, Verbundwölbsteine).

Die Vergleichsstudien haben gezeigt, dass beim derzeitigen Stand der Entwicklung eine Verkleidung vom Typ *Sandwich*, der aus einer undurchlässigen und zwischen zwei Betonringen (Aussenwölbsteine und Innenring) angelegten Membran besteht, die Kriterien am besten erfüllt.

Der anhand obenstehender Aspekte und Parameter bestimmte Tunnelquerschnitt (Innendurchmesser 5.0 Meter, Abstand zwischen den Tunnelachsen 25 Meter) wird in Abbildung 13 gezeigt. Die Verkleidungsdicke muss den jeweiligen geologischen Bedingungen angepasst werden.

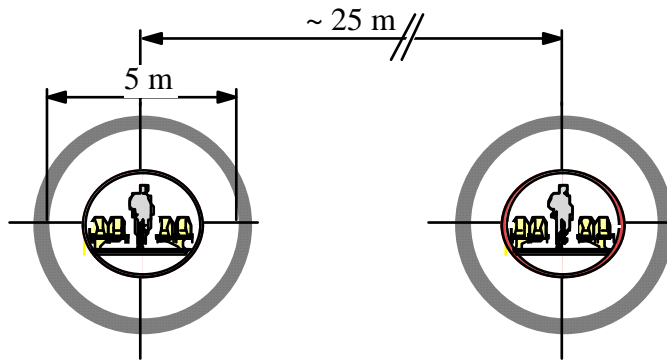


Abbildung 13 : Variante mit zwei getrennten Tunnelröhren (angenommene Variante)

Das Verhalten der Baumaterialien für die Tunnelverkleidung wird derzeit durch Tests, welche 1998 gemeinsam von der Technischen Forschungs- und Beratungsstelle der Schweiz. Zementindustrie (TFB) sowie dem Institut de béton armé et précontraint (IBAP) der ETH Lausanne in Wildegg durchgeführt wurden, im Rahmen eines KTI-Fonds analysiert.

Diese Tests betreffen in einer ersten Phase die den Belastungen im Zusammenhang mit den Betriebsbedingungen ausgesetzten Betons, vor allem den thermischen sowie den mit dem Teilvakuum verbundenen Auswirkungen. Die erste Testphase mit den Betonproben wird 1999 abgeschlossen.

Stationen

Die Konzipierung der Swissmetro-Standardstation wurde von der Betriebsgruppe untersucht. Sie wurde von Fall zu Fall den örtlichen Planungsbedingungen angepasst.

Betriebsstellen (Zwischenschächte)

Die Betriebsstellen werden in den für den Tunnelbau genutzten Schächten und Kavernen eingerichtet. Sie verfügen über die für den Betrieb notwendigen elektrischen und mechanischen Ausrüstungen (elektrische Unterstationen, Vakuumpumpen, Einrichtung zur Wiederherstellung des Drucks, etc.).

Andere Studien

Die Infrastrukturgruppe war an den Arbeiten anderer Gruppen beteiligt, insbesondere in den Bereichen Sicherheit und Aerodynamik (Studien der Stollen, Tunnels, Kammern, etc.) sowie Planung der verschiedenen Konstruktionseinzelheiten.

Untersuchte Strecken

Folgende Strecken wurden spezifisch im Hinblick auf die geologischen Bedingungen sowie die Bauwerkplanung (Linienführung, Lokalisierung der Bauwerke, Konstruktionsbedingungen, etc.) studiert.

Kostenvoranschläge

Strecke	Variante		Länge [km]	Infrastrukturkosten (in Mio CHF)
	A	B		
Genf – Lausanne	A	B	58,5	2564
Lausanne - Bern	A	B	81,0	3248
Bern - Luzern	A	-	69,2	2837
Luzern - Zürich	A	B	48,2	2494
Zürich – St. Gallen	A	B	69,6	2824
Basel – Luzern	A	-	80,0	3672
Luzern - Bellinzona	A	B	127,6	6066
Bern - Zürich	-	B	104,3	4456
Basel - Zürich	-	B	75,0	4080
Total Variante A des Netzes (Etappen 1 und 2)			534,1	23705
Total Variante B des Netzes (Etappen 1 und 2)			564,2	25858

Tabelle 6 : Untersuchte Strecken und Infrastrukturkosten in CHF(1997)

5.4.4 Zusätzliche Entwicklungen

Allgemeines

Die Ergebnisse der Hauptstudie beruhen auf den heute verfügbaren Informationen. Im Zuge der Weiterentwicklung des endgültigen Projekts sind Anpassungen und zusätzliche Studien erforderlich.

Geologische Untersuchungen

Zur besseren Kenntnis der geologischen Bedingungen, insbesondere Wassereinbrüche mit hohem Druck, sind Untersuchungen vor Ort notwendig. Das in der geologischen Studie der Pilotstrecke Genf - Lausanne erwähnte Rekognoszierungsprogramm liefert Anhaltspunkte zu den in der ersten Phase anstehenden Arbeiten. Da jede Strecke über besondere Charakteristiken verfügt, muss von Fall zu Fall ein spezifisches Programm ausgearbeitet werden. Es sei daran erinnert, dass die in Rekognoszierungen investierten Mittel bei der Ausführung der unterirdischen Arbeiten zu deutlichen Einsparungen führen.

Konstruktionsmethoden

Die Realisierung eines unterirdischen Netzes vom Swissmetro-Ausmass stellt für Bauunternehmen eine grosse Herausforderung dar. Dank einer hohen Rationalisierung der Bohr- und Aushubinstallationen ist ein Angebot mit Lösungen zur Senkung der Baukosten zu erwarten. Die vorgeschlagenen Konstruktionsmethoden werden jedoch auf gewissen Strecken das Vorkommen von Grundwasser mit hohem Druck berücksichtigen müssen.

Baustoffe

Die Untersuchungen zum Verhalten von Beton und Membran zur Sicherstellung der Luftundurchlässigkeit sind in folgenden drei Phasen weiterzuführen :

- Tests mit Proben (im Gang),
- Tests mit Bauelementen,
- Versuche im Massstab 1:1 auf einem ad-hoc-Standort oder einer Versuchsstrecke in einem ersten Swissmetro-Tunnel.

5.5 Umweltverträglichkeit

Vorbemerkungen Die Umweltschutzprobleme werden in Form einer Umweltverträglichkeitsprüfung, die Teil eines Konzessionsgesuchs ist, studiert. Eine solche Studie wurde für die Pilotstrecke Genf - Lausanne vorgelegt und wird jeweils auch für die Konzessionsgesuche aller Strecken des Netzes ausgearbeitet werden.

Aus diesem Grund betreffen die folgenden Betrachtungen lediglich die Pilotstrecke. Deren Umweltverträglichkeitsprüfung soll als Modell für die verschiedenen Streckenabschnitte dienen. Deshalb wurde auf die Abfassung eines Dokumentes B - Umweltverträglichkeitsprüfung verzichtet.

5.5.1 Pflichtenheft der Arbeitsgruppe

- Pilotstrecke Genf – Lausanne (Konzessionsgesuch)*
- Voruntersuchung zur Umweltverträglichkeit und Pflichtenheft des Umweltverträglichkeitsberichts,
 - Prüfung der möglichen Standorte der Zugangsschächte durch Vergleiche technischer und ökologischer Natur,
 - Prüfung von Szenarien und Standorten für die Lagerung und/oder Verwertung des Aushubmaterials,
 - Umweltverträglichkeitsprüfung Phase I für das Konzessionsgesuch,
 - Informationen an die Kantons- und Gemeindebehörden, die von den verschiedenen auf der Pilotstrecke vorgesehenen Bauwerke betroffen sind,
 - Abfassung eines Pflichtenhefts für die Umweltverträglichkeitsprüfung Phase II für die Plangenehmigungsphase.

5.5.2 Methodologie

Entscheidende Elemente Die entscheidenden Elemente des Projekts sind bestimmt worden. Dabei wurde zwischen der Betriebsphase (Auswirkungen der Empfangsstationen und Betriebsstellen an der Oberfläche) und der Bauphase (Transport und Verarbeitung des Aushubmaterials) unterschieden.

Verarbeitung des Aushubmaterials Die verschiedenen möglichen Lösungen und Standorte für die Verwertung und Lagerung des Aushubmaterials wurden inventorisiert und analysiert.

Umweltauswirkungen Für beide Phasen (Betriebs- und Bauphase) wurden mögliche Auswirkungen auf die Umwelt untersucht: Raumplanung, kontaminierte Standorte, Lufthygiene, Schwingungen und Schalle, Böden, Wälder, Verkehr und Modal-Split, Energiebilanz, Natur und Landschaften, Oberflächenwasser, Grundwasser, induzierter Verkehr und Lärmbelästigung, Risiken und Sicherheit.

Bauwerkplanung

Die für die Betriebsschächte günstigsten Bauwerkstandorte wurden auf der Grundlage möglicher Bausektoren analysiert und definiert. Für jeden Sektor wurde eine Multikriterienanalyse durchgeführt. Sie beruht auf der Anwendung technischer und ökologischer Ausschliessungs- und Vergleichskriterien. So sollen für jede Oberflächeninstallation die für die Evakuierung und Verarbeitung des Aushubmaterials günstigsten Bauzonen und Lösungen bestimmt werden.

Pflichtenheft der Umweltverträglichkeitsprüfung Phase II

Das Pflichtenheft für die Umweltverträglichkeitsprüfung Phase II wurde anhand der Analyse der Auswirkungen und Unbekannten des Projekts aufgestellt.

5.5.3 Ergebnisse

Die Ergebnisse werden stark durch die Swissmetro-spezifischen Aspekte beeinflusst, d.h. die unterirdische Linienführung sowie die Konzentration der Arbeiten auf einige Oberflächenpunkte, welche spezifisch gewählt werden können. Es wird unterschieden zwischen den zwei folgenden Phasen :

Betriebsphase

- In der Betriebsphase bleiben die Auswirkungen von Swissmetro im grossen ganzen auf die Bereiche Raumplanung und Verkehr/Modal-Split begrenzt. Die Auswirkungen auf andere Bereiche sind im allgemeinen niedrig, inexistent oder dank der Möglichkeit, auf eine Erweiterung des Verkehrsnetzes an der Oberfläche zu verzichten, sogar positiv. Die positiven Auswirkungen, insbesondere in Form einer Reduzierung der atmosphärischen Verschmutzung, werden sich bereits im Stadium der Pilotstrecke bemerkbar machen,

Bauphase

- die Bauphase : hier hat die Analyse der möglichen Standorte sowie der Evakuierungsmöglichkeiten gezeigt, dass die von den Baustellen betroffenen Oberflächen zahlenmässig nicht ins Gewicht fallen und in ihrem Ausmass begrenzt bleiben. Es gibt in jedem Fall günstige Standorte und Lösungen, dank denen die Machbarkeit und die starke Begrenzung potentiell negativer Auswirkungen sichergestellt ist. Die Evakuierung der Aushubmaterialien ist das entscheidende Element dieser Phase. Die Studie hat gezeigt, dass Verwertungs- und Lagerlösungen auf dem gesamten Gebiet existieren.

5.5.4 Zusätzliche Entwicklungen

Sobald die Position des Bundesrates und der betroffenen Bundesämter zum Konzessionsgesuch bekannt ist, wird das Schema der Umweltverträglichkeitsprüfungen Phase I und Phase II gegebenenfalls vervollständigt.

5.6 Elektromechanik

5.6.1 Pflichtenheft der Arbeitsgruppe

- Bestimmung folgender elektromechanischer Komponenten und Funktionen : magnetisches Schwebe- und Führungssystem, Antrieb durch elektrische Linearmotoren mit im Tunnel befestigten Statoren, Konverter, Energietransfer ohne Kontakt,
- Entwicklung einer Variante elektrischer Linearmotoren mit Stator auf dem Fahrzeug ,
- Bestimmung der elektrischen Energieversorgung und deren kontaktlose Übertragung,

- Untersuchung des Adaptionvermögens der Transrapid-Technologie an die Swissmetro-Bedingungen in Zusammenarbeit mit Dornier System Consult,
- Aufstellung der Energiebilanz,
- Untersuchung des Verhaltens der elektromechanischen Komponenten bei Swissmetro-Bedingungen,
- Bau von Modellen (Schwebesystem und Führung, Antrieb, Energieübertragung),
- Aufstellung der Kostenvoranschläge.

5.6.2 Methodologie

Die verschiedenen elektromechanischen Komponenten und Funktionen wurden anhand von Studien, parametrischen Analysen und praktischen Überlegungen untersucht.

Die elektromechanischen Systeme von Swissmetro erlauben aufgrund der Investitionskosten und praktischen Einschränkungen keine Validierung der theoretischen Analysen durch Tests im Massstab 1:1. Lediglich Prototypen im verkleinerten Massstab, in einigen Fällen spezifische Elemente im Massstab 1:1, wurden realisiert und getestet. Dadurch wurde die Illustrierung der technischen Auswahlkriterien und die Validierung der wissenschaftlichen Entwicklungen möglich.

Die in die elektromechanische Gruppe eingebundenen Unternehmen haben an diesen Arbeiten direkt in Form von Vordimensionierungsstudien, Analysen von elektrischen Verteilungsnetzen, wirtschaftlichen Evaluierungen und Beiträgen an die Realisierung von Prototypen teilgenommen.

Die Eidgenössischen Technischen Hochschulen beteiligten sich in Form von Semester- und Diplomarbeiten, Dissertationen sowie Forschungsarbeiten der wissenschaftlichen Mitarbeiter an diesen Studien. Verschiedene Fachhochschulen leisteten ihren Beitrag in Form spezifischer Entwicklungen von elektromechanischen Elementen.

5.6.3 Ergebnisse

<i>Antrieb</i>	Zwei Typen von Linearmotoren kommen für den Antrieb in Frage :
<i>Transrapid-System</i>	<ul style="list-style-type: none">• der klassische synchrone Linearmotor mit langem, mit dem Tunnel verbundenem Stator - die Transrapid-Lösung - erlaubt die Kombination zwischen Antrieb und magnetischem Schweben sowie kontaktlose Energie Übertragung,
<i>Swissmetro-System</i>	<ul style="list-style-type: none">• der homopolare synchrone Linearmotor mit kurzem Stator, die Swissmetro-Lösung. Zwei Antriebsvarianten (siehe Abbildung 3) werden in Betracht gezogen : <p>Variante A : Antrieb durch einen kurzen, homopolaren, synchronen Linearmotor mit fixem, mit dem Tunnel verbundenem Stator und auf dem Fahrzeug befestigten Rotorpolen. Diese Variante setzt eine ausschliessliche Verteilung der Statoren in den Beschleunigungs-, Wiederbeschleunigungs- und Bremszonen der entsprechenden Strecke voraus,</p> <p>Variante B : Antrieb durch einen kurzen, homopolaren, synchronen Linearmotor mit auf dem Fahrzeug befestigtem Stator und fixen, mit dem Tunnel verbundenen Rotorpolen.</p>
<i>Bremsung</i>	Drei Bremssysteme werden in Betracht gezogen : <ul style="list-style-type: none">• normale Bremsung und Notbremsung durch Linearmotoren,• Notbremsung durch ein induktives Bremssystem,• Notbremsung (niedrige Geschwindigkeit) und Verlegung des Fahrzeugs auf Gleitkufen.
<i>Magnetisches Schweben</i>	<p>Die Verwendung von magnetischen Schweben- und Führungstechniken ist hinsichtlich der mechanischen Beanspruchung und der Wartungskosten bei Geschwindigkeiten von über 300 km/h sehr vorteilhaft.</p> <p>Dem elektromechanischen Schweben wurde von Swissmetro vor allem aus Platz- und Kostengründen Vorrang gegeben. Aufgrund der systeminhärenten Instabilität sorgt ein Regelungssystem für die Aufrechterhaltung des nominalen Luftspalts.</p> <p>Die Sicherheit und Zuverlässigkeit sind die für das Schweben entscheidenden Kriterien. Die Zuverlässigkeit wird durch Batterien garantiert, welche den Betrieb selbst bei Versorgungsspannen des Fahrzeugs gewährleisten. Ausserdem kann die Stilllegung eines Schwebemoduls durch die Übernahme der Aktivität durch die anliegenden Module kompensiert werden. Bei einem Versagen mehrerer Induktoren wird der Kontakt mit der Reaktionsschiene oder dem Boden durch Gleitkufen vermieden.</p>
<i>Magnetische Führung</i>	Das magnetische Führungssystem ist dem Schwebesystem sehr ähnlich. Der einzige Unterschied liegt in der Regelung von Induktorenpaaren, welche Rücken an Rücken plaziert sind.

- Energieübertragung zum Fahrzeug* Im Fall der Variante A liegen die Versorgungsfunktionen bezüglich des Zugs vor allem im Bereich von Schwebung, Führung, Antrieb, Beleuchtung, Heizung, Lüftung, Klimatisierung, ähnlichen Regelungen und anderen Funktionen. Die Energiebilanz der verschiedenen Zugfunktionen liegt bei 500 kW.
- Im Fall der Variante B muss die für den Antrieb notwendige Energie auf das Fahrzeug übertragen werden. Die Wattleistung beträgt in diesem Fall 7 MW.
- Modellierung* Modelle für das Schwebesystem, die magnetische Führung, die Messung des magnetischen Widerstands und die Linearmotoren wurden verwirklicht und getestet.
- Energiebilanz* Die Energiebilanz wurde für verschiedene Fahrzeugauslastungsgrade berechnet. Der direkte Energieverbrauch ist im Vergleich zum Gesamtverbrauch in der Schweiz gering : Die Strecke Genf - St. Gallen verbraucht bei voller Kapazität zwischen 0,18 und 0,24% des Gesamtbedarfs (1995) der Energie in der Schweiz. Der Verbrauch von Swissmetro hat somit keine spürbare Auswirkung auf die Versorgungsstrategie des Landes. Ausserdem verdeutlicht die Energiebilanz pro Passagier bei ähnlicher Geschwindigkeit die Wettbewerbsfähigkeit von Swissmetro im Vergleich zu anderen Verkehrssystemen.
- Die Studie von Dornier System Consult* Dornier System Consult wurde 1998 mit der Studie des Adaptionsvermögens des Transrapid-Systems als Ganzem oder Teil an die Swissmetro-Bedingungen beauftragt. Die Studie brachte folgende Schlussfolgerungen zutage :
- das Transrapid-System kann den Swissmetro-Bedingungen nach einer zusätzlichen Entwicklung angepasst werden,
 - zwei Optionen kommen in Frage :
 - entweder eine Anpassung des gesamten Transrapid-Konzepts
 - oder eine Anpassung verschiedener Transrapid-Komponenten
 - die von Transrapid und Swissmetro gewählten Antriebssysteme weisen unterschiedliche Eigenschaften mit spezifischen Vor- und Nachteilen auf,
 - das Transrapid-Fahrzeug muss den verminderten Druckbedingungen gemäss den Standards der Luftfahrtindustrie angepasst werden insbesondere in bezug auf die Lufterneuerung,
 - das Sicherheits- und Rettungskonzept von Transrapid lässt sich auf Swissmetro übertragen. Das Sicherheitskonzept von Swissmetro ist aufgrund des geringeren Risikos von Kollisionen, meteorologischen Einflüssen und Sabotageakten einfacher,
 - die industriellen Entwicklungskosten von Swissmetro werden je nach Anpassung der Transrapid-Komponenten auf zwischen 480 und 650 Mio DM geschätzt,
 - die industrielle Entwicklung kann durch ein spezielles Industriekonsortium auf europäischer Ebene sichergestellt werden.

Kostenvoranschläge

Strecke	Variante		Länge [km]	Kosten für Elektro- mechanik (in Mio CHF)
	A	B		
Genf – Lausanne	A	B	58,5	700
Lausanne - Bern	A	B	81,0	1100
Bern - Luzern	A	-	69,2	847
Luzern - Zürich	A	B	48,2	539
Zürich – St. Gallen	A	B	69,6	760
Basel – Luzern	A	-	80,0	822
Luzern - Bellinzona	A	B	127,6	1547
Bern - Zürich	-	B	104,3	1202
Basel - Zürich	-	B	75,0	1004
Total Variante A des Netzes (Etappen 1 und 2)			534,1	6315
Total Variante B des Netzes (Etappen 1 und 2)			564,2	6852

Tabelle 7 : Kosten für die Elektromechanik CHF (1997)

5.6.4 Zusätzliche Entwicklungen

Folgende Zusatzstudien sind notwendig :

- Studie der lokalen Erwärmung der elektromechanischen Komponenten sowie einer eventuellen Fremdkühlung,
- Tests und Verhaltensstudie der Wicklungen und Hoch- und Mittelspannungsleitungen im Vakuum,
- Räumliche Integration der Versorgungselemente (Tunnel, Station), Motoren (Fahrzeuge und Tunnel) und Konverter,
- Studie der elektrischen Verbindungen zwischen den verschiedenen Komponenten,
- Studie zur Wartung,
- Studie zur Machbarkeit der Energieübertragung durch mechanischen Kontakt.

5.7 Mechanik

5.7.1 Pflichtenheft der Arbeitsgruppe

- Studie der aerodynamischen Aspekte : Blockierungsverhältnis, Teilvakuumniveau, aerodynamischer Widerstand, etc.,
- Entwicklung von aerodynamischen Prüfständen,
- Entwicklung des Fahrzeugs und dessen Ausstattung,
- Entwicklung des Systems für die Schaffung eines Teilvakuums und die schnelle Wiederherstellung des Drucks,
- Schätzung der thermischen Entwicklung im Tunnelinnern,
- Entwicklung des Drehtrommel-Systems und der Schleusen für die Passagiere,
- Aufstellung des Kostenvoranschlags.

5.7.2 Methodologie

<i>Aerodynamik</i>	Im Bereich Aerodynamik wurde ein Software zur Modellierung des aerodynamischen Verhaltens des Fahrzeug-/Tunnelsystems und zur Berechnung des Luftwiderstandes bei bestimmten Konfigurationen entwickelt. Die mathematische Ergebnisse sind noch in Experimenten zu bestätigen.
<i>Teilvakuum</i>	Die Möglichkeiten zur Schaffung eines Teilvakuums unter Verwendung aktueller und auf dem Markt verfügbarer Technologien wurden untersucht.
<i>Thermisches Verhalten</i>	Die thermische Entwicklung des Tunnels wurde kurzfristig (Fahrzeug und Motoren) und langfristig (Berücksichtigung des Wärmeleitwiderstands des Umgebungsgesteins) untersucht.
<i>Fahrzeug</i>	Für die Konzipierung und Dimensionierung der Beschaffenheit des Fahrzeugs sowie dessen Ausstattung wurden verfügbare Techniken im Bereich der Luftfahrt verwendet
<i>Wiederherstellung des Drucks</i>	Die Phänomene im Zusammenhang mit der raschen Wiederherstellung des Drucks im Tunnel durch Lüftungsschächte wurden im Hinblick auf Schnelligkeit, Druck und Lufttemperatur untersucht. Der Analyse der physiologischen Probleme bei unfallbedingtem Druckablass des Fahrzeugs (2.5 Minuten für eine partielle Druckwiederherstellung) wurde Priorität eingeräumt.
<i>Sicherheit</i>	Den Sicherheitsaspekten wurde schon bei der Phase der Konzipierung der Fahrzeuge, der Passagierschleuse sowie der anderen Installationen Rechnung getragen.

5.7.3 Ergebnisse

- Teilvakuum* Das Vakuumniveau sowie der Tunneldurchmesser stellen einen Kompromiss zwischen Investitionskosten (kleiner Durchmesser/ein dem atmosphärischen Niveau möglichst ähnliches Druckniveau) und Betriebskosten (minimaler Energieverbrauch) dar und erfüllen die genauen Kriterien in bezug auf Sicherheit, thermische Entwicklung, Masse, etc.
- Wiederherstellung des Drucks* Die notmässige Wiederherstellung des Luftdrucks im Tunnel innerhalb von 2.5 Minuten durch die Lüftungsschächte führt zu bedeutenden Luftgeschwindigkeiten, die schwer zu kontrollieren sind. Deshalb ist für die ganze Tunnellänge ein System (Tunnelröhren unter Druck) zur kontinuierlichen und einheitlichen Wiederherstellung des Drucks vorgesehen. So soll sehr rasch ein Luftdruckniveau von rund 60'000 Pascal erreicht werden. Die endgültige und langsamer verlaufende Druckwiederherstellung erfolgt über die Lüftungsschächte.
- Aerodynamik* Die entwickelten leistungsfähigen Berechnungsgeräte ermöglichen detaillierte Analysen der aerodynamischen Probleme bei präzisen Luftströmungszonen (Luftströmung auf dem Fahrzeugsockel, im Bereich der elektromechanischen Elemente, etc.). Eine vollständige experimentelle Installation wurde in Form eines Stosswellenrohrs von 120 Meter Länge realisiert (STARLET - Shock Tube for the Aerodynamic Research on Long and Enhanced Tunnels). Die Konzipierung eines Prüfstands (HISTAR - High-speed Train Aerodynamic Rig) ist abgeschlossen und Gegenstand eines KTI-Gesuchs. Diese Installation ist Anfang 2000 einsatzbereit und ermöglicht eine Validierung der theoretischen Ergebnisse.
- Thermisches Verhalten* Bei der Fahrt erzeugt ein Fahrzeug (kurzfristig) ein instationäres aerothermisches Umfeld, dessen Erfassung die Bestimmung des Wärmeaustauschs durch Konvektion und damit die Bemessung eventueller Kühlungssysteme möglich macht. Die langfristige Studie hat einen hohen thermischen Wärmeleitwiderstand des den Tunnel umgebenden Felsens sowie dessen Fähigkeit zur Absorbierung einer bedeutenden Wärmemenge gezeigt.
- Nach 48 Betriebsjahren wird im Tunnel mit einer Temperatur von zwischen 30 und 35°C gerechnet. Während dieser Periode scheint der Tunnel somit kein Kühlungssystem zu benötigen. Der lokale thermische Zustand des Felsen und/oder eine Erhöhung der Betriebsfrequenz könnten jedoch zu thermischen Problemen führen und den Bau eines Tunnelkühlungssystems erfordern.
- Fahrzeuge* Das Vorkommen eines Teilvakuums hat die Wahl eines unter Druck stehenden Fahrzeugs sowie von Schleusen zur Folge, welche das Umsteigen der Passagiere in den Stationen erlauben.
- Besondere Aufmerksamkeit wurde der Entwicklung der Gelenke des Fahrzeugs - auf der Grundlage eines neuen, sich im Entwicklungsstadium befindenden Systems - sowie dem Einbau der elektromechanischen Elemente in das Fahrzeug geschenkt.

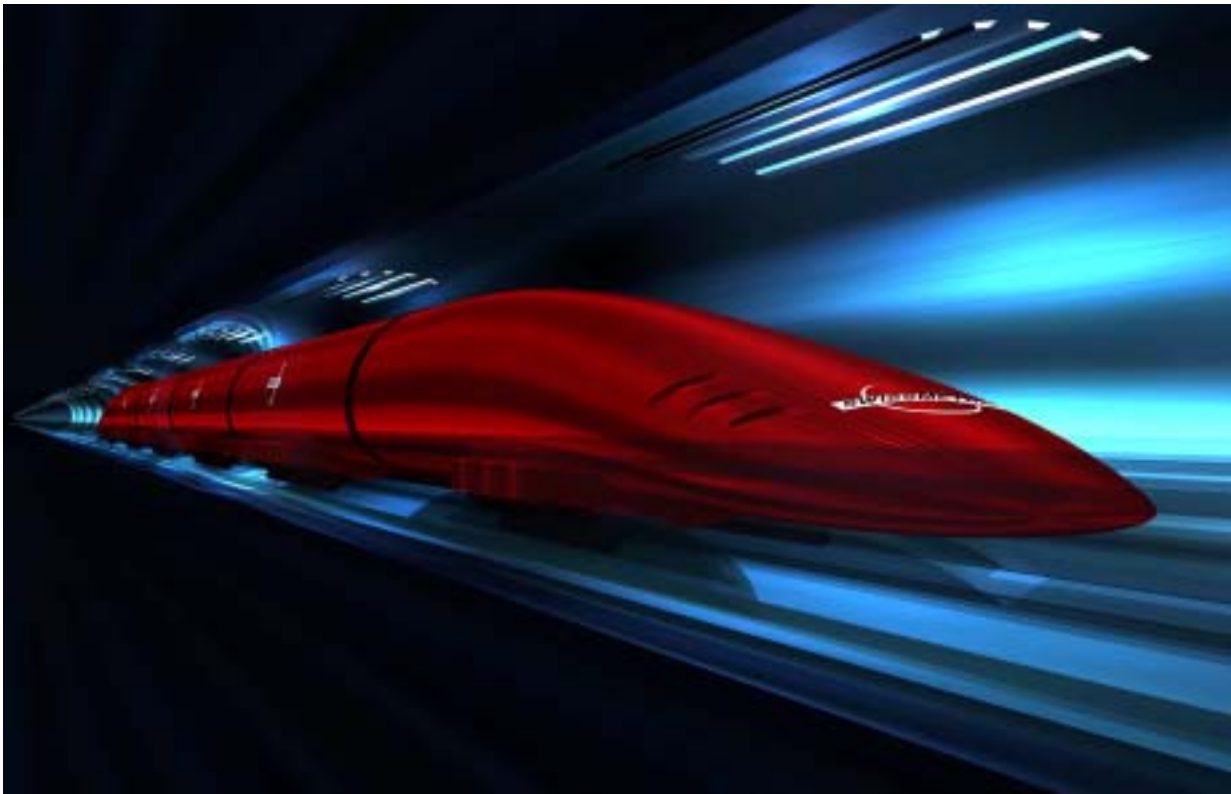


Abbildung 14 : Vorderansicht des Fahrzeugs

Lüftung

Zur Garantierung der Luftqualität in bezug auf Komfort und Sicherheit muss das Fahrzeug mit einem Lüftungssystem ausgestattet werden. Drei Lösungen kommen für die Eliminierung der Schadstoffe in Frage : Die Verdünnung der Luft in der Kabine mit sauberer Luft, die (chemische oder physikalische) Sorption durch Fixieren der Schadstoffe in einer Flüssigkeit oder in einem festen Stoff und die Trennung der Schadstoffe durch Membranen in der Gasphase (Filtration). Dieses dritte Verfahren scheint die für Swissmetro angesichts des verladenen Gewichts vielversprechendste Lösung zu sein. Es sei jedoch erwähnt, dass die derzeitigen Trennungsmembranen noch nicht die gewünschten Filtrationskoeffiziente erreichen. Dieser Forschungsbereich verzeichnet jedoch enorme Entwicklungen, so dass Swissmetro sicherlich von den laufend gewonnenen Erkenntnissen profitieren können wird.

Andere mechanische Installationen

Die auf dem Markt verfügbaren Installationen wie zum Beispiel Vakuumpumpen wurden lediglich hinsichtlich ihrer Masse und Kosten eigens untersucht. Die Schleusen und das Drehtrommel-System waren jedoch Gegenstand eines konzeptuellen Ansatzes.

Kostenvoranschläge

Teilstück	Variante		Länge [km]	Kosten für Mechanik (in Mio CHF)
	A	B		
Genf – Lausanne	A	B	58,5	210
Lausanne - Bern	A	B	81,0	197
Bern - Luzern	A	-	69,2	185
Luzern - Zürich	A	B	48,2	154
Zürich – St. Gallen	A	B	69,6	176
Basel – Luzern	A	-	80,0	223
Luzern - Bellinzona	A	B	127,6	265
Bern - Zürich	-	B	104,3	221
Basel - Zürich	-	B	75,0	233
Total Variante A des Netzes (Etappen 1 und 2)			534,1	1410
Total Variante B des Netzes (Etappen 1 und 2)			564,2	1456

Tabelle 8 : Kosten für die mechanischen Installationen und Fahrzeuge in CHF (1997)

5.7.4 Zusätzliche Entwicklungen

Folgende Bereiche bedürfen noch zusätzlicher Studien :

Aerodynamik

- Optimierung des Luftaustauschsystems zwischen den beiden Tunnelröhren zur Verringerung des aerodynamischen Widerstands,
- Quantifizierung der zu Schwingungen und Instabilitäten führenden aeroelastischen Phänomene,

Thermik

- Berechnung der Temperatur und Feuchtigkeit im Tunnel sowie im Bereich des Fahrzeugs bei normalem und herabgesetztem (Wartung) Betrieb sowie bei einem Halt zwischen den Stationen,
- Studie zur Abkühlung der Führungs- und Schwebeinduktoren sowie der Fahrzeugmotoren,
- Dimensionierung des Tunnelkühlungssystems (falls nötig),

Fahrzeug

- Entwicklung des Fahrzeuggelenksystems,
- Integration der elektromechanischen Installationen in die Fahrzeugstruktur,
- Entwicklung des Klimatisierungs- und Lüftungssystems des Fahrzeugs,

Vakuum

- Quantifizierung der Undichtheiten (Durchlässigkeit von Tunnel, Zwischenräumen, Schächten),
- ausgedehnte Untersuchung der Phänomene im Zusammenhang mit der notmässigen Wiederherstellung des Luftdrucks im Tunnel (aerodynamische und thermische Phänomene),
- Optimierung des Systems zur notmässigen Wiederherstellung des Luftdrucks im Tunnel.

5.8 Sicherheit

Vorbemerkungen

Die Arbeitsgruppe Sicherheit hat sich ausschliesslich mit den Fragen der technischen Sicherheit von Swissmetro während der Betriebsphase sowie deren Auswirkungen auf die Arbeiten der anderen Arbeitsgruppen befasst.

Die Sicherheit der Reisenden wurde von der Arbeitsgruppe Betrieb untersucht. Die Sicherheit während der Bau- und Fabrikationsphase wird durch die üblichen gesetzlichen Bestimmungen geregelt.

Im Fall eines neuen Transportsystems wie Swissmetro ist die Sicherheit (sowohl die objektive Sicherheit als auch das subjektive Sicherheitsgefühl) ein heikler Bereich mit Auswirkungen auf die Akzeptanz und Rentabilität des Systems.

Im Vergleich zu ähnlichen Systemen (Zügen, Untergrundbahnen) weist Swissmetro konzeptionsbedingte Sicherheitsvorteile (Eigensicherheit) auf. Wie bei den klassischen Verkehrsmitteln gibt es jedoch auch hier Gefahrenquellen, welche die körperliche Unversehrtheit der Reisenden bedrohen können. Swissmetro kombiniert in einem speziellen Umfeld bekannte Technologien aus den Bereichen Luftfahrt, Hochgeschwindigkeitszüge, Untergrundbahnen sowie magnetische Züge (im derzeitigen Entwicklungsstadium).

5.8.1 Pflichtenheft der Arbeitsgruppe

- Definition der Sicherheitsziele des Swissmetro-Transportsystems,
- Identifizierung und Analyse der Systemrisiken,
- Ausarbeitung von Lösungsvorschlägen für einen höheren Sicherheitsstandard als bei anderen öffentlichen Verkehrssystemen zu vernünftigen Kosten,
- Ausarbeitung von Anweisungen für die systematische Berücksichtigung der Sicherheitsaspekte bei der Konzipierung des Systems und seiner Komponenten.

5.8.2 Methodologie

Methodologie

Das Sicherheitskonzept wurde anhand einer Systemrisikoanalyse entworfen (Baum der Risiken und Folgen).

Anweisungen

Für die anderen, mit den Systementwicklungen beauftragten Arbeitsgruppen wurden Sicherheitsanweisungen ausgearbeitet. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Anweisungen kontinuierlich neue Erkenntnisse in den Entwicklungen des Systems integrieren können.

Richtplan

Ein Sicherheitsrichtplan wurde mit folgenden Zielen ausgearbeitet :

- hoher Sicherheitsstandard,
- Eigensicherheitsstandard des Systems,
- Koordination der Sicherheitsmassnahmen in sämtlichen Bereichen,
- Berücksichtigung der Sicherheitsaspekte schon ab Beginn der Konzeptionsphase,

- Sicherheitsmassnahmen mit vernünftigem Kosten-/Leistungsverhältnis,
- systematische Berücksichtigung der menschlichen Faktoren,
- kontinuierlicher Dialog mit den verantwortlichen Behörden und der Öffentlichkeit.

5.8.3 Ergebnisse

Identifizierte Risiken

Einige der identifizierten Risiken entsprechen denjenigen klassischer Verkehrssysteme, andere unterscheiden sich davon :

- das Swissmetro-Fahrzeug verkehrt wie ein Flugzeug in einer Atmosphäre mit stark vermindertem Druck. Ein Schaden an der Fahrzeugstruktur hat, wie bei einem Flugzeug, einen Druckverlust in der Kabine zur Folge,
- das Swissmetro-Fahrzeug verkehrt bei sehr hoher Geschwindigkeit auf eigenem Bahnkörper. Die Wahrscheinlichkeit einer Entgleisung oder einer Kollision ist sehr niedrig,
- das gesamte System bietet grossen Schutz vor äusseren Einflüssen wie Witterungsverhältnissen oder Sabotageakten,
- es gibt keinen Gütertransport, was die Risiken im Zusammenhang mit gefährlichen Frachten eliminiert,
- das Swissmetro-Fahrzeug verkehrt wie eine Untergrundbahn in einem Tunnelnetz mit hochautomatisiertem Betriebssystem,
- die Stationen liegen räumlich sehr weit auseinander. Die Anzahl Passagiere pro Zug liegt unter derjenigen klassischer Untergrundbahnen oder Oberflächenzügen.

Untersuchte Szenarien

Das Risiko ist die Folge zweier Elemente : die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens eines schädigenden Ereignisses und die Schwere der Folgen. Fünf charakteristische Szenarien wurden untersucht und nach dem Wahrscheinlichkeits- und Folgegrad geordnet :

- das Fahrzeug kommt aus technischen Gründen unterwegs zum Stillstand. Für die Reisenden besteht keine Gefahr. Das Fahrzeug muss jedoch in eine Station geführt werden,
- in der Fahrzeugkabine kommt es aufgrund eines technischen Problems zu einem progressiven Druckverlust. In diesem Fall besteht keine direkte Gefahr. Der Massnahmenplan sieht das Erreichen der nächstgelegenen Station vor, wo die Reisenden rasch und zu optimalen Bedingungen evakuiert werden können. Wenn der Druck im Fahrzeug unter den zulässigen Grad fällt, werden Sauerstoffmasken benutzt,
- das Fahrzeug kollidiert mit einem Tunnelelement, die Struktur wird stark beschädigt, in der Kabine kommt es zu einem raschen Druckverlust. In diesem Fall ist das Leben der Reisenden stark gefährdet. Der Massnahmenplan sieht eine rasche Wiederherstellung des Drucks im Tunnel sowie die Evakuierung der Reisenden vor,

- in der Kabine bricht ein Feuer aus. Ein solches Ereignis wird von den Betreibern unterirdischer Transportsysteme besonders gefürchtet. Der Massnahmenplan sieht die Bekämpfung des Feuers, die Verlegung der Reisenden in ein anderes Abteil sowie das rasche Erreichen der nächstgelegenen Station durch den Zug vor. Falls nötig wird die rasche Wiederherstellung des Drucks im Tunnel sowie die Evakuierung der Reisenden eingeleitet.
- eine Explosion ereignet sich im Swissmetro-Fahrzeug und zerstört es teilweise. Wie bei anderen Transportsystemen kann dieser Extremfall nicht ausgeschlossen werden. Der Massnahmenplan sieht die rasche Wiederherstellung des Drucks im Tunnel sowie die Intervention von Rettungsmannschaften vor.

Bei der Systementwicklung wurde der Ausarbeitung von präventiven Massnahmen zur Begrenzung der Wahrscheinlichkeit des Eintreffens eines Ereignisses oder zur Reduzierung von dessen Folgen Vorrang eingeräumt.

Evakuierungskonzept

Konkret ermöglichte die Risikoanalyse die Entwicklung eines Evakuierungskonzepts für die Reisenden gemäss folgenden Prinzipien :

- solange die Mobilität des Fahrzeugs nicht beeinträchtigt ist, fährt es eigenständig oder gezogen in die nächste Station, wo die Reisenden zu optimalen Bedingungen evakuiert werden können (Zugang, Beleuchtung, Lüftung, Nähe zum urbanen Rettungsdispositiv, etc.),
- wenn sich das Fahrzeug nicht mehr fortbewegen kann, begeben sich die Rettungsmannschaften zur Evakuierung der Reisenden in einem Notfahrzeug zum Unfallort. Bei Bedarf kann der Druck im Tunnel rasch wiederhergestellt werden, damit sich die Reisenden selbständig vom Unfallort entfernen können.

Das Sicherheitskonzept kombiniert somit autonome Rettung und Intervention von aussen.

5.8.4 Zusätzliche Entwicklungen

- breitere Analyse der Unfallszenarien anhand von Ereignisbäumen,
- Quantifizierung der Wahrscheinlichkeit des Eintreffens eines Ereignisses sowie von dessen Folgen,
- Quantifizierung eines für die individuellen und kollektiven Risiken angemessenen Sicherheitsstandards,
- Beteiligung an der Entwicklung des Fahrzeugs, der Bauwerke sowie der Installationen,
- Definition der Systembereitschaft (Wartung, Instandhaltung, Sicherheit des Personals, Schutz, Zugangskontrolle, etc.).

5.9 Wirtschaft

5.9.1 Pflichtenheft der Arbeitsgruppe

- systematische Studie über die verschiedenen Finanzierungsmodelle und deren Vor- und Nachteilen : öffentliche, private und gemischte Finanzierung,
- Konsolidierung der von den verschiedenen Arbeitsgruppen vorgelegten Schätzungen der Investitions- und Betriebskosten und Vergleich mit jenen für die realisierten Bauwerke,
- Prüfung der wirtschaftlichen und finanziellen Machbarkeit des Projekts,
- Ausarbeitung eines adäquaten Finanzierungssystems.

5.9.2 Methodologie

Allgemeine Überlegungen Die wirtschaftliche Studie wurde mit Unterstützung von Finanzexperten ausgearbeitet und berücksichtigt zwei zusätzliche Aspekte :

- die wirtschaftliche Machbarkeit des Projekts, d.h. die globale und langfristige interne Rentabilität (direkte Rentabilität) sowie Überlegungen zu den induzierten Einsparungen und Folgen für die Öffentlichkeit (indirekte Rentabilität) ;
- die finanzielle Machbarkeit des Projekts unter Berücksichtigung der Rentabilität des investierten Kapitals.

Hypothesen

Die wirtschaftliche Studie basiert auf folgenden Hypothesen :

- Abschluss des Baus des Netzes in der Schweiz im Jahr 2010 (Variante A oder B),
- durchschnittlicher Verkehr pro Tag gemäss Schätzung für 2010
- Lebensdauer der elektromechanischen Installationen und Fahrzeuge : 20 Jahre,
- Lebensdauer der Infrastruktur : 100 Jahre,
- Kilometertarif von Swissmetro 2010 : 0.276 CHF/km,
- Schätzung der Investitionskosten in CHF 1997
- Schätzung der Betriebskosten in CHF 1997
- Schätzung der Betriebseinnahmen in CHF 1997.

Damit für die verschiedenen Teilstücke der Netze A und B objektive Vergleiche möglich sind, wurde von der allgemeinen Hypothese ausgegangen, dass 2010 das gesamte Netz in Betrieb genommen wird. Durch diese vereinfachende Hypothese wurde die Komplexität im Zusammenhang mit den unvorhergesehen Ereignissen bei einem progressiven Bau des Netzes vermieden.

Kosten für die industrielle Entwicklung Die Kosten für die industrielle Entwicklung des Systems werden auf 500 Millionen CHF geschätzt. Dieser Betrag verteilt sich je nach Länge anteilmässig auf die verschiedenen Teilstücke. Eine von Dornier System Consult gemachte Schätzung geht von 480 bis 640 Millionen DM, einschliesslich der Kosten für die behördliche Genehmigung des Fahrzeugs und der vollständigen oder teilweisen Nutzung der Transrapid-Technologie, aus.

5.9.3 Ergebnisse

In der nachstehenden Tabelle werden die Investitionskosten sowie die jährlichen Betriebskosten und -einnahmen der verschiedenen Teilstücke aufgeführt.

Die Investitionskosten umfassen Kosten für Infrastruktur (Tunnels, Stationen, Betriebsstellen), elektromechanische und mechanische Installationen, Fahrzeuge sowie die industriellen Entwicklungskosten.

Teilstrecke	Variante		Länge [km]	Investitions- kosten [Mio CHF]	Betriebs- kosten [Mio CHF]	Betriebseinnahmen [Mio CHF]	
	A	B				(Variante A)	(Variante B)
Genf - Lausanne	A	B	58,5	3'524	51,0	148	149
Lausanne - Bern	A	B	81,0	4'614	51,3	184	186
Bern - Luzern	A		69,2	3'930	43,7	383	-
Luzern - Zürich	A	B	48,2	3'225	31,6	357	201
Zürich - St. Gallen	A		69,6	3'814	40,3	197	-
Basel - Luzern	A		80,0	4'776	55,6	192	-
Luzern - Bellinzona	A	B	127,6	7'984	74,3	220	208
Bern - Zürich		B	104,3	5'965	70,3	-	509
Zürich - St. Gallen		B	69,6	3'940	40,0	-	204
Basel - Zürich		B	75,0	5'383	61,7	-	251
Total Variante A des Netzes (Etappen 1 und 2)			534,1	31'868	347,8	1681	-
Total Variante B des Netzes (Etappen 1 und 2)			564,2	34'635	380,2	-	1708

Tabelle 9: Rekapitulation der Investitionskosten, Betriebskosten und Betriebseinnahmen 2010 in CHF (1997)

Wirtschaftliche Machbarkeit : direkte Rentabilität

Globale und langfristige interne Rentabilität Der interne Zinssatz drückt die interne Rentabilität des Projekts über eine bestimmte Zeitdauer aus.

Das Resultat der angestellten Berechnungen kommt in folgenden Zahlen zum Ausdruck :

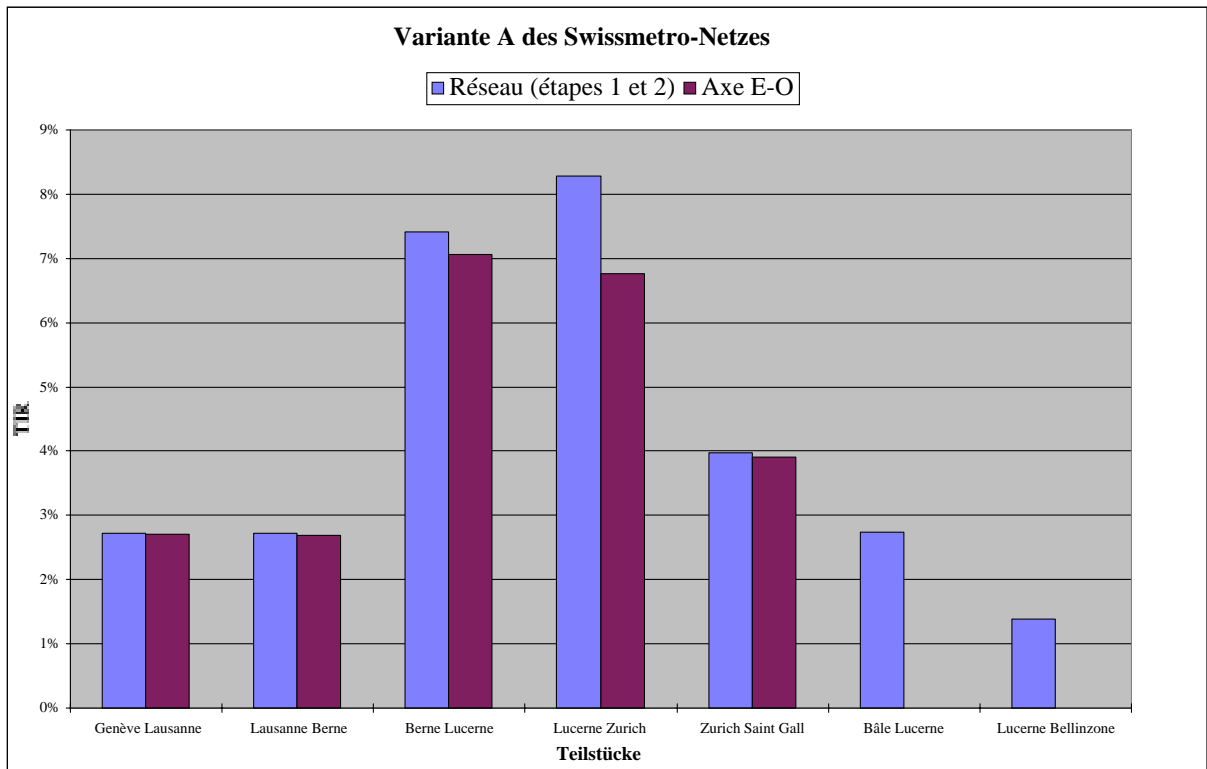


Abbildung 15 : wirtschaftliche Rentabilität, interner Zinssatz der Strecken Variante A

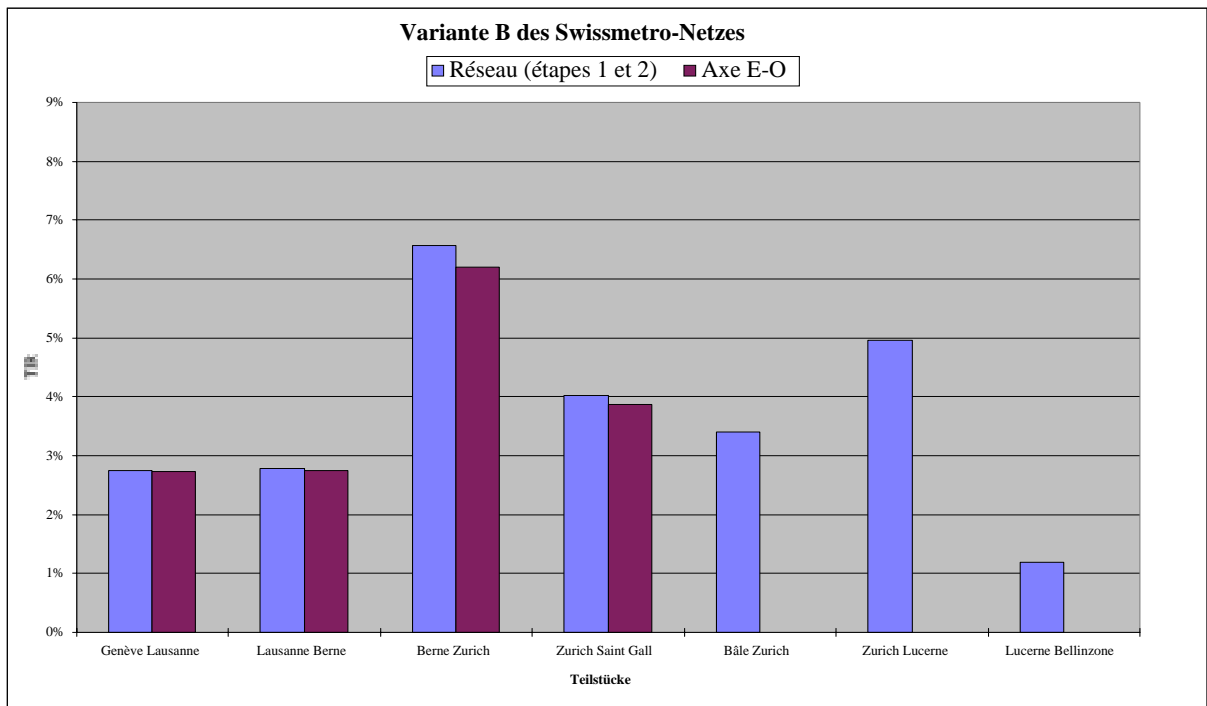


Abbildung 16 : wirtschaftliche Rentabilität, interner Zinssatz der Strecken Variante B

Die für Varianten A und B (Netz und W-O Linie) über 10 Bau- (2000 - 2009) und 40 Betriebsjahre (2010 - 2059) berechneten internen Zinsfüsse liegen je nach Strecke bei zwischen 1 und 8%.

Die an der Peripherie gelegenen Strecken weisen selbstverständlich die niedrigsten Zinsfüsse auf. Deshalb ist eine Verlängerung ins Ausland (Eurometro) für die Steigerung der Rentabilität des Netzes in der Schweiz erforderlich.

Interner Zinssatz des Netzes

Die durchschnittlichen Werte des internen Zinssatzes für das Netz (Etappen 1 und 2) liegen bei 4,7% für Variante A und 4,3% für Variante B.

Wirtschaftliche Machbarkeit : indirekte Rentabilität

Indirekte, induzierte und erweiterte Rentabilität

Die indirekte Rentabilität drückt die induzierten und erweiterten Vorteile aus, welche sich aus der Realisierung des Netzes für die öffentlich-rechtlichen Körperschaften ergeben.

Induzierte Einsparungen

Die Evaluierung berücksichtigt zunächst die durch das Projekt induzierten Einsparungen gemäss folgender Rekapitulation :

Elemente	Einsparungen (Mio CHF)	
	Investitionen	Jährlich
Vortrag Strassen- und Autobahninvestitionen	4'500	
Einsparungen Autobahnunterhalt		90
Vortrag Bahninvestitionen	2'250	
Einsparungen Bahnbetriebskosten		110
Total	6'750	200

Tabelle 10 : Induzierte Einsparungen durch das Swissmetro-Netz

Die kumulierten Einsparungen über 35 Jahre belaufen sich auf 13,75 Milliarden CHF.

Erweiterte Einsparungen

Die Evaluierung berücksichtigt sodann die durch das Projekt erzeugten wirtschaftlichen und sozialen Vorteile gemäss folgender Rekapitulation :

Elemente	Einsparungen (Mio CHF)	
	Pauschal	Jährlich
Zeitgewinn		400
Stellen und Steuereinnahmen	360+1'000	9
Raumplanung		17
Umwelt		30
Total	1'360	456

Tabelle 11 : induzierte, erweiterte Einsparungen durch die West-Ost Linie

Die kumulierten Einsparungen über 35 Jahre belaufen sich auf 17,32 Milliarden CHF

Makroökonomische Vorteile

Zusammenfassend ergeben sich durch Swissmetro folgende makroökonomische Vorteile :

- Zeitgewinn für die Reisenden
- Verringerung der Kosten in der Folge von Unfällen
- Senkung der sozialen Kosten im Zusammenhang mit dem Energie- und Kraftstoffverbrauch
- Senkung der sozialen Kosten im Zusammenhang mit der Luftverschmutzung
- Schaffung von Arbeitsplätzen während der Bau- und Betriebsphasen.

*Finanzielle Machbarkeit**Untersuchte Finanzierungsmodelle*

Verschiedene Finanzierungsmodelle - öffentliche, private, gemischte - wurden untersucht. Die Wahl fiel schliesslich auf das gemischte Modell im Hinblick auf eine angemessene Rentabilität des Privatkapitals.

Zur Vereinfachung wurde für das Netz das im Konzessionsgesuch für die Pilotstrecke angenommene Finanzierungsmodell verwendet, obwohl die zur Debatte stehenden Beträge, die Staffelung der Bauarbeiten und die Ertragsunterschiede zwischen den Teilstücken keine genaue Bestimmung der Ergebnisse ermöglichen.

Das gewählte Finanzierungsmodell

Das Finanzierungsmodell des TRANSRAPID-Projekts Berlin - Hamburg mit den Akteuren deutsche Bundesregierung, Deutsche Bahn sowie die Unternehmen Thyssen AG, Siemens AG und ADtranz GmbH wurde von Swissmetro AG übernommen und angepasst. Folgende drei Gesellschaften sind in diesem Modell vorgesehen :

- **SOFINF**, Infrastrukturgesellschaft im Besitz von öffentlich-rechtlichen Körperschaften. Sie finanziert die Systeminfrastruktur und vertraut deren Unterhalt der Betriebsgesellschaft SOGEST an. Für das von SOFINF investierte Kapital wird kein Zins bezahlt. SOFINF ist jedoch zu einem Drittel am Betriebsergebnis von SOGEST beteiligt. SOFINF funktioniert somit wie eine Zwischengesellschaft, die ein kündbares Darlehen der öffentlich-rechtlichen Körperschaften verwaltet. Das von SOFINF eingegangene Risiko liegt im Überschreiten des Kostenvoranschlags für die Bauarbeiten. Dieses Risiko lässt sich durch Vergaben zu Pauschalpreisen an Totalunternehmungen reduzieren.
- **SOTRANS**, private Transportgesellschaft. Sie finanziert den Kauf der Fahrzeuge sowie des grössten Teils der Betriebsanlagen und vertraut deren Betrieb gegen eine Vermietung und eine Beteiligung in Höhe von einem Drittel am Betriebsergebnis SOGEST an. Die finanziellen Risiken von SOTRANS liegen im Überschreiten der Kostenvoranschläge für die Anschaffung und Erneuerung der Anlagen, der Zinszahlung, der Rückzahlung des Fremdkapitals sowie der Eigenkapitalrendite.

- SOGEST**, private Betriebsgesellschaft (SBB allein, oder im Verbund mit Privaten oder Dritten). Sie stellt den Betrieb und Unterhalt des Systems (Management, Marketing, Verkauf, Antrieb, Sicherheit und Betreuung der Passagiere) sicher. Sie tritt zwei Drittel des Betriebsergebnisses an SOFINF und SOTRANS ab. Das finanzielle Risiko von SOGEST, die selbst keine Investitionen tätigt, liegt in der Verkehrsentwicklung, die durch dynamisches Marketing, erstklassigen Service und gute Koordination mit allen öffentlichen Verkehrsmitteln an der Oberfläche positiv beeinflusst werden kann.

Finanzielle Rentabilität von SOTRANS

Die nachstehenden Abbildungen veranschaulichen den durchschnittlichen Ertrag (ROE, Eigenkapitalrendite) des von SOTRANS investierten Kapitals pro Teilstück der Varianten A und B (Netz und Ost-West Achse) für die ersten 30 Betriebsjahre.

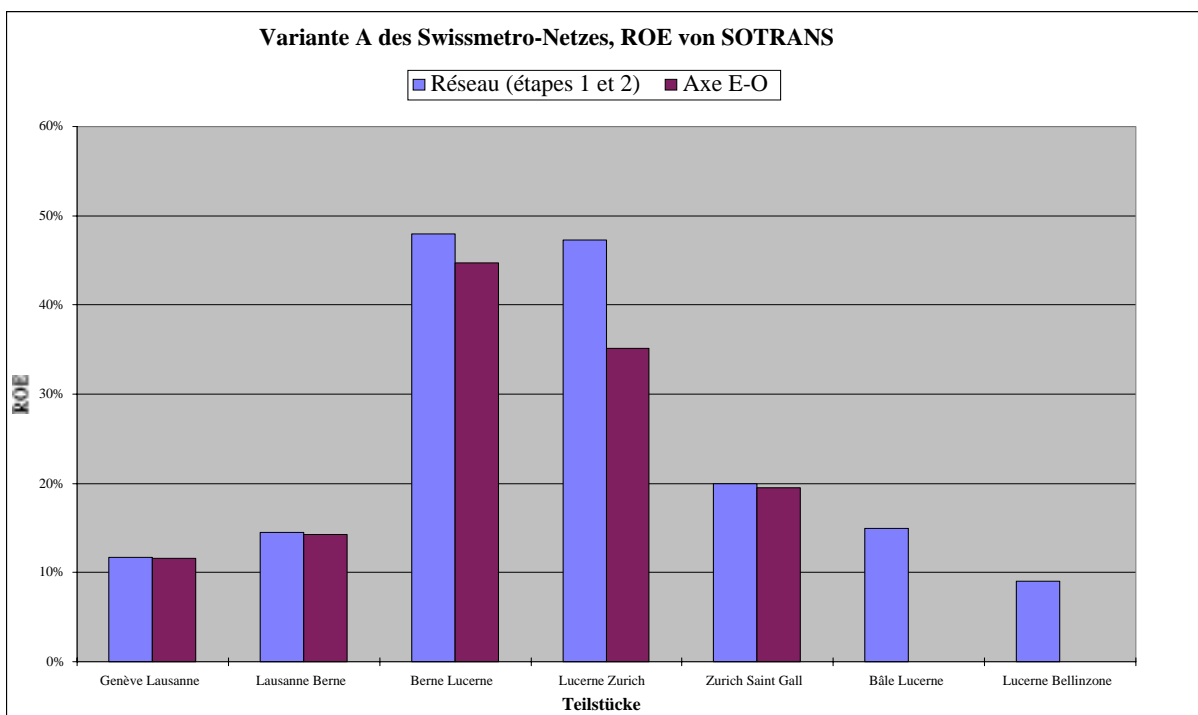


Abbildung 17 : durchschnittliche Eigenkapitalrendite von SOTRANS, Variante A des Netzes (Etappen 1 und 2)

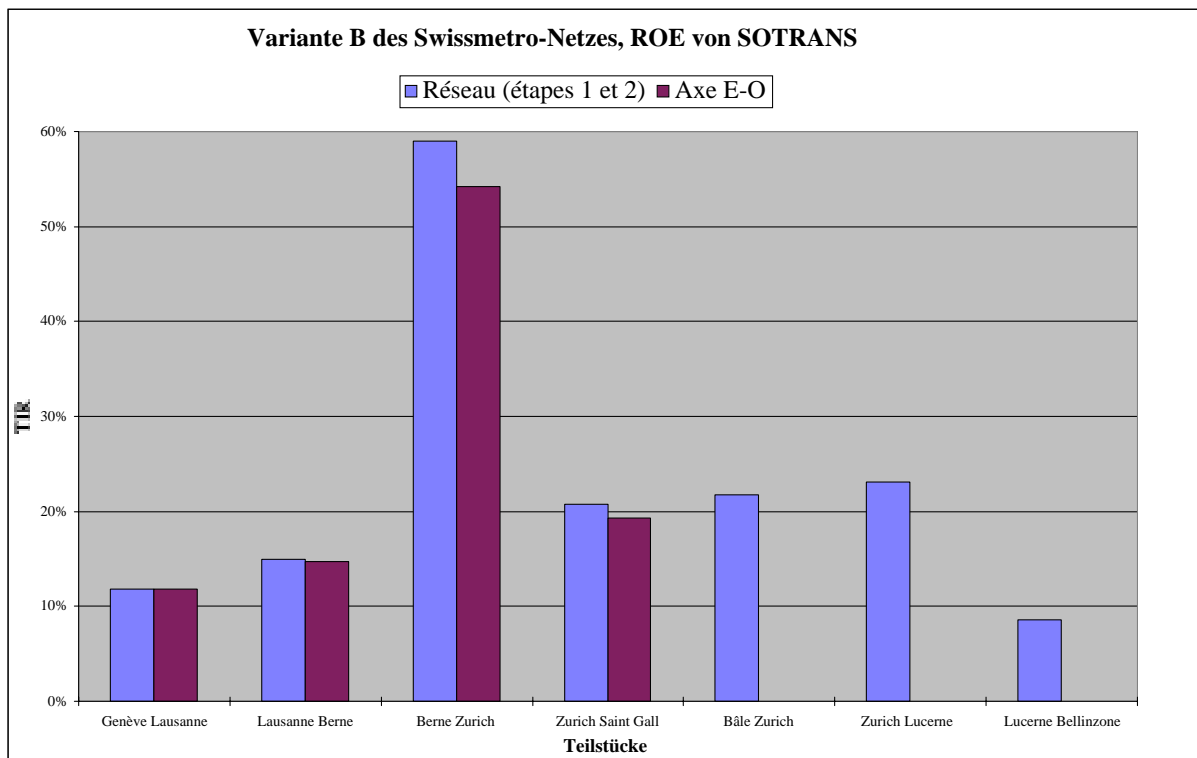


Abbildung 18 : durchschnittliche Eigenkapitalrendite von SOTRANS, Variante B des Netzes (Etappen 1 und 2)

Eigenkapitalrendite des Netzes

Der Durchschnittswert der Eigenkapitalrendite für das Netz (Etappen 1 et 2) liegt bei 4,0 % für Variante A und 3,7 % für Variante B.

Rückzahlung des öffentlichen Kapitals

Das von den öffentlich-rechtlichen Körperschaften in SOFINF investierte Kapital unterliegt einer gestaffelten Rückzahlung, welche durch die Einkassierung eines Drittels des Gewinns von SOGEST sichergestellt wird. Dies veranschaulicht folgende Abbildung für die Linie Genf – St Gallen der Variante A des Netzes.

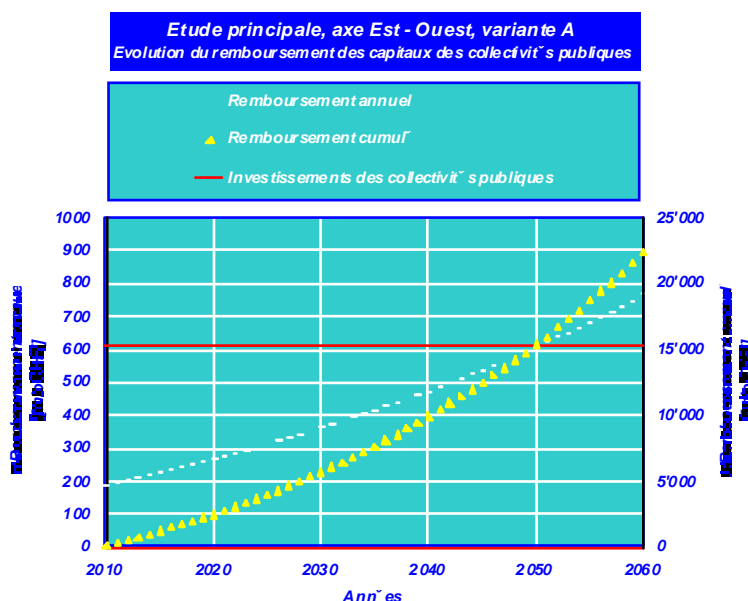


Abbildung 19 : Entwicklung der jährlichen kumulierten Rückzahlung an SOFINF, Variante A, Linie Genf – St Gallen

Aus der Abbildung geht hervor, dass diese Rückzahlung nach 40 Betriebsjahren rund 15 Milliarden CHF erreicht. Dieser Betrag deckt die von SOFINF geleisteten Investitionen, ohne die induzierten Einsparungen sowie die durch das System generierten sozio-ökonomischen Vorteile zu berücksichtigen.

Sensibilitätsanalyse

Für die Pilotstrecke wurde eine Sensibilitätsanalyse durchgeführt. Damit soll der Effekt der Zahl der Reisenden (Einnahmen), der Investitionen und der Betriebskosten auf folgende Aspekte illustriert werden :

- interner Zinssatz
- Eigenkapitalrendite
- Dauer der Rückzahlung des öffentlichen Kapitals

Die Sensibilitätsanalyse zeigt, dass die Einnahmen sowie, in geringerem Rahmen, die Investitionen entscheidende Auswirkungen auf die Rentabilität haben, während jene der Betriebskosten gering sind. Es ist somit für SOGEST wichtig, durch Promotion und dynamisches Marketing auf eine Steigerung der Einnahmen hinzuwirken. SOTRANS wiederum wird bei der Planung und Realisierung auf die Einhaltung der Investitionsbudgets achten müssen.

Schlussfolgerungen

Die wirtschaftliche Studie zeigt, dass :

- der durchschnittliche interne Zinssatz je nach Strecke variiert. Er liegt bei den angenommenen Hypothesen im Durchschnitt bei zwischen 4 und 5% für beide Varianten des Netzes,
- eine ausschliesslich private Finanzierung nicht möglich ist,
- das gewählte Finanzierungsmodell auf der gerechten Verteilung der Risiken zwischen öffentlich-rechtlichen Körperschaften und Privatunternehmen beruht,
- die privaten Investoren ab dem ersten Betriebsjahr von einer ihrem Eigenkapital angemessenen Rentabilität profitieren, so dass sie ihren Verpflichtungen nachkommen können,
- die SBB in die Realisierung und den Betrieb eines leistungsstarken und attraktiven Transportsystems eingebunden werden können, das ausserdem die Rentabilität ihres Oberflächennetzes steigert,

- die öffentlich-rechtlichen Körperschaften erlauben die Realisation des Projekts dank eines zinslosen und kündbaren langfristigen Darlehens, das durch eine Zwischengesellschaft SOFINF gewährt wird. Die öffentlichen Kredite werden nicht *à fonds perdu* investiert, da ab den ersten Betriebsjahren eine Amortisierung vorgesehen und das Kapital nach 40 Jahren vollständig amortisiert ist (Variante A, O-W Achse). Die öffentlich-rechtlichen Körperschaften können diese Kredite dank der Übertragung von Investitionen finanzieren, die für andere Verkehrssysteme vorgesehen sind, jedoch durch die Realisierung von Swissmetro überflüssig werden.
- die Analyse des internen Zinssatzes zeigt, dass die Ost-West Linien und die Teilstrecken Basel - Zürich - Luzern bei einer gemischten Finanzierung eine akzeptable Rentabilität aufweisen. Dies ist nicht der Fall bei der Strecke Luzern - Bellinzona und den an der Peripherie gelegenen Teilstrecken,
- die Verlängerung des Swissmetro-Netzes über die Grenzen hinaus (Eurometro) die Rentabilität steigern könnte.

5.9.4 Zusätzliche Entwicklungen

Die wirtschaftliche Studie der Pilotstrecke basiert auf relativ genauen Berechnungen der Investitionskosten, Betriebskosten und Betriebseinnahmen.

Dies ist nicht der Fall bei den beiden Varianten des Netzes, für die diese Werte hochgerechnet wurden. Zusätzliche Studien sind somit notwendig, um diese Werte genauer zu berechnen.

Ausserdem können je nach Wünschen der Konzessionserteilungsbehörde und der privaten und öffentlichen Investoren weitere Finanzierungsmodelle entwickelt werden.

6 ERGEBNISSE DER FORSCHUNGSARBEITEN IM RAHMEN DES NFP 41

Ziel des NFP 41 Ziel des nationalen Forschungsprogramms NFP 41 "Verkehr und Umwelt: Wechselwirkungen Schweiz - Europa" ist es, die der Umsetzung einer effizienten und umweltfreundlichen Verkehrspolitik dienlichen Erkenntnisse zu liefern.

Sechs Module Die 52 Projekte sind in folgende Module gegliedert:

- A Mobilität : sozio-institutionelle Aspekte (11 Projekte)
- B Mobilität : sozio-ökonomische Aspekte (9 Projekte)
- C Umwelt : Methoden und Modelle zur Analyse der Umwelteffekte (8 Projekte)
- D Politische und wirtschaftliche Strategien und Rahmenbedingungen (13 Projekte)
- E Lenkung von Verkehrssystemen : Potentiale und Effekte (5 Projekte)
- F Technologie : Potentiale und Effekte (6 Projekte)

Die Swissmetro-Hauptstudie zieht aus 5 Projekten direkten und aus 24 Projekten indirekten Nutzen. Die endgültigen Ergebnisse dieser Studien liegen noch nicht vor.

Verweis All diese Projekte werden in der Beschreibung und den Berichten des NFP 41 sowie auf dem Web (<http://www.snf.ch/NFP41/HOME.HTM>) vorgestellt. Die fünf Swissmetro direkt betreffenden Projekte werden an einem Kolloquium am 23.6.99 an der ETH Lausanne vorgestellt.

Die Veröffentlichung der Berichte ist für 1999 und 2000 geplant. Die Berichte können bei der EDMZ in 3000 Bern angefordert werden. Zusammenfassungen auf deutsch, französisch und englisch sind direkt auf dem Web erhältlich.

6.1 Direkt Swissmetro betreffende Projekte

6.1.1 Evaluierung der Swissmetro-Nachfrage (Projekt F1)

Problemstellung Es ist sehr schwierig, den durch die fundamental neuen Technologien und Systeme induzierten Verkehrsfluss zu evaluieren.

Ziel Ziel des Projekts ist einerseits die Weiterentwicklung der "stated preferences" Methode und deren Vergleich mit anderen Methoden sowie andererseits das Vorlegen konkreter Ergebnisse über die Swissmetro-Nachfrage.

Methodologie Das Projekt hat am Beispiel Swissmetro die Präferenzen der potentiellen Kundschaft (states preferences) in Form von Fragebögen sondiert.

6.1.2 Analyse der Risiken bei Unfällen in Tunnels (Projekt F2)

<i>Problemstellung</i>	<p>Angesichts des seltenen Eintreffens von Unfällen in Strassen- und Bahntunnels sind statistische Analysen schwierig.</p> <p>Diese Unfälle können jedoch für Mensch, Umwelt und Installationen gravierende Folgen haben.</p>
<i>Ziele</i>	<p>Mit dieser Studie sollen die Kenntnisse der Risiken und deren Ursachen, Folgen und Wahrscheinlichkeiten in Tunnelinfrastrukturen vertieft werden.</p>
<i>Methodologie</i>	<p>In diesem Projekt wurden verschiedene Methoden eingesetzt, wie zum Beispiel Baumdiagramme zur Analyse möglicher Versagen. Mögliche gravierende Unfälle wurden anhand von konkreten Tunnelprojekten simuliert.</p>

6.1.3 Evaluierung der technologischen Optionen : Hochgeschwindigkeit (Projekt F3)

<i>Problemstellung</i>	<p>Die Auswirkungen von Hochgeschwindigkeitssystemen über weite Distanzen betreffen technische, ökologische und soziale Aspekte sowie Fragen der Raumplanung.</p>
<i>Ziele</i>	<p>Die Studie liefert einen Beitrag zur Evaluierungsmethode der technologischen Optionen sowie konkrete Grundlagen für die Evaluierung neuer Hochgeschwindigkeitssysteme wie Swissmetro.</p>
<i>Methodologie</i>	<p>Ausgehend von den in Frankreich mit dem TGV gemachten Erfahrungen sowie dem Forschungsstand im Bereich Magnetschweben wurde eine Evaluierung der technologischen Optionen (Technology Assessment) eines schweizerischen Hochgeschwindigkeitssystems (Beispiel Swissmetro) durchgeführt.</p>

6.1.4 Räumliche Effekte von Swissmetro (Projekt F5)

<i>Problemstellung</i>	<p>Durch die Veränderung der Erreichbarkeit verschiedener Regionen bleibt die Entwicklung der Verkehrssysteme nicht ohne Folgen auf die Attraktivität von Regionen sowie die Raumordnung.</p>
<i>Ziele</i>	<p>Diese Studie untersucht am Beispiel Swissmetro die Folgen einer deutlichen Reduzierung der Reisezeiten auf die Raumordnung.</p>
<i>Methodologie</i>	<p>Zwei Forscherteams haben diese Fragen in Form verschiedener Ansätze untersucht :</p> <ul style="list-style-type: none">• das Team an der ETH Zürich hat zur Simulierung verschiedener Szenarien ein integriertes Modell zur Verkehrs- und Raumnutzung verwendet,• das Team an der ETH Lausanne hat die sozialen Aspekte, wie z.B. die Folgen der Veränderung in den Verkehrssystemen, untersucht.

6.1.5 Eurometro (Projekt F6)

<i>Problemstellung</i>	Im Projekt "Eurometro" wird Swissmetro auf europäische Ebene verlagert. Ziel ist die Entwicklung eines Systems, das eine Alternative zum Luftverkehr über kurze Distanzen bietet, indem beispielsweise Frankfurt mit Rom und Madrid mit Budapest verbunden werden. Ein Anstieg der Nachfrage und grössere Distanzen hätten insbesondere auf die Umwelt und die Energiebilanz einen positiven Effekt.
<i>Ziele</i>	Mit diesem Projekt sollen namentlich die von den verschiedenen Fachhochschulen durchgeführten Vorbereitungsarbeiten vertieft werden.
<i>Methodologie</i>	In Zusammenarbeit mit der ETH Zürich, der ETH Lausanne sowie anderen Spezialisten wurden Ökologie- und Energiebilanzen sowie Profile der Lebensdauer für die verschiedenen Szenarien ausgearbeitet.

6.2 Verweis auf die indirekt Swissmetro betreffenden NFP41 Projekte

Nr.	Gesuchsteller(in)	Institut	Abgekürzter Titel	Termin
A 4	Joye Dominique	ETHL, IREC	Attraktive Kombination von Verkehrsmitteln	9.99
A 5	Meier-Dallach Hans-Peter	cultur prospectiv	Soziale Determinanten und Freizeitmobilität	4.99
A 7	Elsasser Hans	Uni ZH, Geogr. Inst.	Neue Kommunikationsmedien (EVITA I)	3.00
A 8	Probst André	UNIL, HEC	Kommunikation virtueller Unternehmen (EVITA II)	3.00
A 11	Ratti Remigio	IRE Lugano	Messung der Erreichbarkeit	6.00
B 6	Marti Peter	Metron	Integration in die europäischen Netze : Personenverkehr	4.99
B 9	Rumley Pierre-Alain	ETHL, IREC	Logistische Multiservice-Plattformen	6.00
C 1	Egger Mark	Infraconsult	Kosten und Nutzen des Umwelt- und Landschaftsschutzes	12.98
C 2	Keller Mario	Infras	MODUM (strategisches Modell Umwelt-Mobilität)	12.99
C 5	Spillmann Werner	Basler+Partner	Kriterien für eine nachhaltige Mobilität	publ.
C 6	Spillmann Werner	Basler+Partner	Evaluierung der Nachhaltigkeit von Projekten und Strategien	10.99
C 7	Kaufmann-Hayoz Ruth	IKAÖ Uni Bern	Strategie „Nachhaltiger Verkehr“	4.00
C 8	Marti Peter	Metron	Verkehr und Raumordnung	8.00
D 2	Lundsgaard-Hansen Niklaus	LHGP	Konkurrenz und Grundversorgung per Bahn	1.99
D 3	Maibach Markus	Infras	Gerechte und wirtschaftliche Preise	12.98
D 5	Meier Ruedi	Bern	Strategien der Freizeitmobilität	6.99
D 7	Rey Michel	C.E.A.T.	Verkehrspolitik in Grenzregionen	6.99
D 8	Oliva Carl	Büro Oliva	Liberalisierung des Flugverkehrs	4.99
D 9	Blöchlinger Hansjörg	B,S,S.	Institutionen und Finanzierung	6.99
D 10	Maggi Rico	Uni Lugano	Wirtschaftliche Vorteile des Transports	6.00
D 12	Vatter Adrian	Uni BE	Akzeptanz:: Abstimmungen	8.00
D 13	Widmer Thomas	Uni ZH	Akzeptanz: politische Prozesse	8.00
E 1	Holzinger Stefan	Aarproject	Informationssystem für die Benutzer öffentlicher Verkehrsmittel	publ./99

F 4	Brändli Heinrich	IVT ETHZ	Technisches Entwicklungspotential der Bahn	publ.
-----	------------------	----------	--	-------

7 EUROPÄISCHE ENTWICKLUNG

- Von Swissmetro ...* Es ist verständlich, dass das Swissmetro-Verkehrssystem in der Schweiz konzipiert und entwickelt wurde : Topographie, Urbanisierung der Landschaft und Umweltschutz erlauben heutzutage nicht mehr den Bau von Bahnlinien für Hochgeschwindigkeitszüge vom Typ TGV. Das Konzessionsgesuch für die Pilotstrecke Genf - Lausanne wurde eingereicht, um die kostspielige Investition für eine Versuchsstrecke ausserhalb des Netzes (Transrapid-Konzept) zu vermeiden, aber auch, um Swissmetro AG in Form einer offiziellen Urkunde jene Glaubwürdigkeit zu verleihen, welche notwendig ist, um das System auf ein grösseres Gebiet als jenes der Schweiz auszudehnen.
- ... zu Eurometro* Schon mit den ersten Studien wurde rasch deutlich, dass eine solche Hochgeschwindigkeits- und Hochfrequenzverbindung zwischen den grossen europäischen Metropolen ein einzigartiges Instrument der sozio-ökonomischen Entwicklung ist, da es täglich den Zugang zu den in grösseren Städten angebotenen Aktivitäten und Dienstleistungen bietet.
- Beteiligung europäischer Unternehmen* Ausländische Industriekonzerne wie Daimler-Benz, Alstom, Dornier und Thyssen haben die Bedeutung des Projekts erkannt und wurden so einflussreiche Aktionäre von Swissmetro AG oder schlugen in verschiedener Form ihre Mitarbeit vor.
- Die hohen Kosten für die industrielle Entwicklung dieses neuen Verkehrssystems führen auch zu einer Ausweitung des Förderkreises auf Europa und sogar auf andere Teile der Welt.
- Verbindung Genf - Lyon* Deshalb wurden 1998 in einer ersten Phase Kontakte mit den Behörden der Region Rhône-Alpes aufgenommen. Ziel war die Studie der sozio-ökonomischen Auswirkungen und der Machbarkeit einer Schnellverbindung zwischen Genf und Lyon mittels der Swissmetro-Technologie. Diese Studie wird zu gleichen Teilen von der Region Rhône-Alpes, dem Kanton Genf und Swissmetro AG finanziert. Eine Übereinkunft wird derzeit abgefasst und dürfte im ersten Halbjahr 1999 unterzeichnet werden.
- Verbindung St. Gallen - München* Ähnliche Kontakte laufen mit dem Freistaat Bayern für eine Schnellverbindung zwischen St. Gallen und München. Damit wird für die West-Ost-Achse von Lyon nach München die Priorität der Verbindung durch die Schweiz bestätigt.
- Andere Verbindungen* Andere Kontakte werden 1999 für die Studie möglicher Verlängerungen der Linie Basel - Bellinzona nach Strassburg - Stuttgart und Mailand geprüft.
- Interreg-Kredite* Swissmetro AG prüft ausserdem die Möglichkeit der Finanzierung sämtlicher Studien für die internationalen Strecken durch Kredite aus den Programmen Interreg II A, Interreg III B und C (Periode 2000 – 2006).

Schlussfolgerung

Eine klare und entschlossene Unterstützung durch Bund und Kantone ist für den Erfolg dieser Massnahmen unerlässlich.

8 INDUSTRIELLE ENTWICKLUNG

Die Weiterverfolgung des Swissmetro-Projekts hängt selbstverständlich von der Antwort des Bundesrats auf das Konzessionsgesuch für die Pilotstrecke Genf - Lausanne ab, welche für Anfang 1999 erwartet wird.

Wissenserwerb durch die Hauptstudie

Folgender Wissensstand wurde bis Ende 1998 erreicht :

- ein Infrastruktur-Vorprojekt, das nach einigen zusätzlichen Untersuchungen (geotechnischer Natur) die Planung für die Auflage und Ausführung der Pilotstrecke Genf - Lausanne oder die Anpassung an andere Strecken in der Schweiz oder im Ausland erlaubt,
- ein kohärenter Komplex elektromechanischer und mechanischer Lösungen (Aerodynamik, Vakuumsteuerung, Thermik und Fahrzeuge), durch den die industrielle Entwicklung des Swissmetro-Systems, eventuell unter Einbeziehung verschiedener Transrapid-Komponenten, möglich wird,
- die ersten Ergebnisse der laufenden experimentellen Tests mit verkleinerten Modellen (STARLET).

Industrielle Entwicklung

Der Verwaltungsrat hat beschlossen, direkt die Phase der industriellen Entwicklung der Fahrzeuge sowie der elektromechanischen und mechanischen Installationen einzuleiten. Diese Entwicklung wird nicht analog zum Modell der Hauptstudie weitergeführt, das heisst: Verteilung der Mandate für die Durchführung von Studien und Planungen, dann Ausschreibung für die Lieferung der Teile.

Einbeziehung der Lieferanten

Da die industrielle Entwicklung des Systems vor allem elektromechanische und mechanische Aspekte betrifft, hielt es der Verwaltungsrat für unerlässlich, die Lieferanten von Beginn an der Entwicklung und Fertigstellung der von ihnen zu liefernden Teile zu beteiligen, und zwar auf der Grundlage von Pflichtenheften, in welchen für jeden Bereich Zielsetzungen und Leistungen festgelegt werden. Ausserdem muss die Phase der industriellen Entwicklung professionell durchgeführt werden. Swissmetro AG verfügt jedoch über keine operative Leitung für die Ausführung dieser Aufgabe. Deshalb liegt die Systementwicklung in den Händen der wichtigsten Industriepartner, welche selbst die notwendigen Partner und Zulieferer wählen und anleiten.

Der Verwaltungsrat sucht somit zur Zeit auf der Grundlage des obenstehenden Konzepts Industriepartner in der Schweiz und im Ausland, um unverzüglich die Phase der industriellen Entwicklung einleiten zu können.

9 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Erreichte Ziele

Die Ziele der Hauptstudie wurden erreicht :

- Wahl einer Pilotstrecke und Einreichung des Konzessionsgesuchs,
- Wahl der technischen, wirtschaftlichen und politischen Optionen des Systems

Somit ist Swissmetro AG nun in der Lage, die Phase der industriellen Entwicklung einzuleiten, wenn auch noch verschiedene zusätzliche Studien notwendig sind.

Im Vergleich zur Vorstudie, deren Ergebnisse 1993 veröffentlicht wurden, sind substantielle Fortschritte erzielt worden :

Technische Machbarkeit

- die technische Machbarkeit des Systems wurde in den wichtigsten Bereichen nachgewiesen, muss jedoch selbstverständlich noch in Modellen im Massstab 1:1 bestätigt werden. In den meisten Fällen wird eine Lösung anstelle von Varianten angeboten. In verschiedenen Bereichen wurden einige Entscheide noch offengelassen, um Lieferanten und Konstrukteuren eine gewisse Freiheit zu geben.

Verkehrsvolumen

- für das im Zusammenhang mit Swissmetro erwartete Verkehrsvolumen existieren glaubwürdige Angaben, unter anderem dank der Softwareentwicklung Polydrom, welche die Schätzung des Modal-Splits auf der Grundlage des Autobahn- und Bahnnetzes ermöglichte.

Betriebskonzept

- es liegt ein rationelles Betriebskonzept mit synchronen und asynchronen Fahrplanmodellen vor, das sich an der Fertigstellung der für dieses Konzept entworfenen Standardbauwerke orientiert.

Tiefbau

- im Bereich Tiefbau wurde die Konzipierung der Bauwerke in Form eines Vorprojekts abgeschlossen und deren Machbarkeit mit Ausnahme der endgültigen Gestaltung der dichten Auskleidung der Tunnels, wo die Tests noch laufen, nachgewiesen.

Elektromechanik

- es existieren verkleinerte Modelle für Antrieb, magnetisches Schweben und magnetische Führung, Steuerung, Versorgung der Motoren sowie Energieübertragung ohne Kontakt. Eine Testinstallation für das Schweben wurde ebenso wie eine Testinstallation im verkleinerten Massstab für den geplanten Motor realisiert. Parallel dazu wird eine Variante mit einem mitgeführten Motor entwickelt, durch den bedeutende Investitionseinsparungen möglich sind. Eine von Dornier gemachte Studie lässt ausserdem die Anpassung verschiedener für Transrapid entwickelter Komponenten an das System Swissmetro als möglich erscheinen. So könnten die Kosten für die industrielle Entwicklung gesenkt werden.

- Mechanik*
- im Bereich Mechanik existieren entwicklungsfähige und testbereite Lösungen für die Industrien, welche sich auf die mechanischen Fahrzeuge und Ausrüstungen spezialisiert haben (Schleusen, Drehtrommel-System, System zur Schaffung eines Teilvakuums und zur raschen Druckwiederherstellung, usw.)
- Aerodynamik*
- im Bereich Aerodynamik sind substantielle Fortschritte erzielt worden. Hier existieren zuverlässige mathematische Modelle und Prüfstände, die bereits im Betrieb sind oder sich in der Realisierung befinden und mit denen die verwendeten Parameter überprüft und die optimalen Lösungen gewählt werden können. Der mit der Aerodynamik verbundene Bereich Thermik muss jedoch insbesondere in bezug auf den Tunnel und das Fahrzeug vertieft werden.
- Raumplanung und Umweltschutz*
- der Beweis für die Machbarkeit von Swissmetro in bezug auf Raumplanung und Umweltschutz wurde erbracht. Die begleitenden Massnahmen wurden identifiziert. Für die Umweltverträglichkeitsprüfungen wurde ein Pflichtenheft ausgearbeitet. Die Umweltverträglichkeitsprüfung Phase I wurde für die Pilotstrecke realisiert und dient somit als Modell für die Zukunft.
- Sicherheit*
- im Bereich Sicherheit liegen ein Konzept sowie ein Richtplan vor. Diese gewährleisten eine Systemzuverlässigkeit, die mindestens ebenso hoch wie jene klassischer Verkehrssysteme ist, wenn nicht sogar höher.
- Wirtschaftliche und finanzielle Machbarkeit*
- die wirtschaftliche und finanzielle Machbarkeit wurde bestätigt. Ein anwendbares Finanzierungsmodell liegt vor. Die öffentlich-rechtlichen Körperschaften erlauben die Realisierung des Projekts dank eines zinslosen und kündbaren langfristigen Darlehens, das durch die Übertragung von Investitionen finanziert wird, die für andere Verkehrssysteme vorgesehen waren, welche jedoch durch Realisierung von Swissmetro überflüssig werden.

Zusammenfassend lässt sich folgendes sagen :

- Swissmetro ist ein sicheres, attraktives, leistungsfähiges und umweltfreundliches öffentliches Verkehrsmittel mit grosser Betriebsflexibilität,

- Swissmetro ist nach Ansicht von Spezialisten wahrscheinlich das Verkehrssystem, welches die Hochgeschwindigkeitszüge vom Typ TGV ablösen wird, da bei einer Reisegeschwindigkeit (Durchschnittsgeschwindigkeit zwischen Abfahrtsort und Zielort) von zwischen 280 und 300 km/Stunde der Betrieb eines Oberflächenzugs aus Gründen der Kosten, des Energieverbrauchs, der Umweltbelastungen und der Sicherheit nicht mehr denkbar ist. Dieses neue Verkehrssystem muss jetzt entwickelt werden, um in 10 bis 15 Jahren betriebsbereit zu sein,
- Swissmetro ist sowohl in der Schweiz als auch im übrigen Europa das Mittel der Wahl, um einen metropolisierten Raum zu schaffen, der täglich den Zugang zu den Aktivitäten und Dienstleistungen grösserer Städte erlaubt und gleichzeitig dank einem leistungsfähigen Regionalverkehr eine harmonische Verteilung auf die verschiedenen Regionen sicherstellt,
- Swissmetro bietet der Schweiz und Europa die Chance auf eine Spitzenstellung im Kreise der Industriestaaten, welche sich im Hinblick auf die Förderung ihrer wirtschaftlichen Entwicklung und die Lösung der Fragen im Zusammenhang mit der steigenden Mobilität für leistungsfähige öffentliche Verkehrssysteme entschieden haben,
- Swissmetro bietet den an der Entwicklung beteiligten Industrien und Ländern Möglichkeiten zur Erreichung einer Spitzenposition und zur Öffnung gegenüber vielversprechenden Märkten.

Am Schluss dieses Berichts möchte Swissmetro AG folgenden Körperschaften und Personen ihren Dank aussprechen : den politischen Behörden sowie den Bundes-, Kantons- und Gemeindeverwaltungen, den beiden technischen Hochschulen, dem Schweizerischen Nationalfonds für wissenschaftliche Forschung, allen Vertretern, Unternehmen und Gesellschaften aus der Privatindustrie, welche ihr Wissen in Form von auf eigenes Risiko erbrachten Leistungen zur Verfügung gestellt haben, sowie allen Aktionären der Gesellschaft für ihre technische und finanzielle Unterstützung während der Hauptstudie. Ohne ihre eindrucklichen Bemühungen, ihr Vertrauen in die Zukunft und ihren Enthusiasmus hätte Swissmetro nicht all die Fortschritte erzielen können, die bald den Übergang zur Phase der industriellen Entwicklung in der Schweiz und im übrigen Europa möglich machen.

10 ANHANG

10.1 Liste der Partner und Personen, die an der Hauptstudie mitgewirkt haben

10.1.1 Unternehmen und private Büros

Unternehmen	Kontaktperson	Adresse	
Abay&Meier AG	Dr. Georg Abay	Ceresstr. 10	8008 ZÜRICH
ABB Sécheron SA	Harry Zueger	Case postale 2095	1211 GENF 2
AC Atelier Commun SA	Dominique Dériaz	Rue du Simplon 25	1006 LAUSANNE
AGBTS SA	André Grangier.	L'Aiguille-du-Pin	1845 NOVILLE
AGZ Arbeitsgruppe Zentralschweiz, p.a. Bucher + Dillier	Peter Bucher	Industriestrasse 6	6006 LUZERN
Albrecht & Partner	Bruno Albrecht	Murbacherstrasse 19	6003 LUZERN
Alcatel Câble Suisse SA	Alain Rochat	Av. François Borel	2016 CORTAILLOD
Alstom Suisse SA	Peter Schmutz	Case postale 183	5036 OBERENTFELDEN
Amberg IngenieurbüroAG	Felix Amberg	Trockenloostrasse 21	8105 REGENSDORF-WATT
Ambrosetti Holding SA	Richard Ambrosetti	Case postale 6015	1211 GENF 6
Amila Video&Film Production	Roberto Luzzani	Via Cantonale 3	6944 CUREGLIA
Amsler & Bombeli SA	Pierre Amsler	31, rue Chêne-Bougeries	1224 CHÊNE-BOUGERIES
ASS Architectes SA	Christine Delarue	40 av. du Lignon	1219 GENF
Bakoplan Elektro Ingenieure AG	Arthur Aepli	Neugutstrasse 88 Postfach	8600 DÜBENDORF
Basler & Hofmann	Felix Jenny	Bachweg 1	8133 ESSLINGEN
Techn. Beratungs- u. Forschungsstelle der Schweiz. Zementindustrie (TFB)	Dr. Fritz Hunkeler	Lindenstrasse 10	5103 WILDEGG
Beric SA	Jean-Robert Lorenzini	2 Bd. des Promenades	1227 CAROUGE
Betelec SA	Dominique Chambettaz	Chemin de Chantemerle 14	1010 LAUSANNE
Bonnard & Gardel	Alan Weatherill	Av. de Cour 61	1001 LAUSANNE
Bourgeois Géomètre	Jean-Jacques Bourgeois	Grand-Rue 9	1337 VALLORBE
Bucher + Dillier AG	Peter Bucher	Industriestr. 6	6003 LUZERN
Büchi + Müller AG	Dr. Michael Stockmayer	Zürcherstrasse 34	8501 FRAUENFELD
Burkhart Bauinformatik AG	Pierre Burkhart	Kuonimatt, Industriestrasse 13	6010 KRIENS
Busch AG	Hans Steybe	Waldweg 22	4312 MAGDEN
C. von der Weid SA	Jean-Bernard Demont	11, av. Moléson	1701 FREIBURG
Cemsuisse + TFB	Georges Spicher	Marktgasse 53	3011 BERN
CETP	Pierre Balegno	Route du Simplon 16	1094 PAUDEX
Chuard bureau d'ingénieur	Pierre Chuard	En Budron A2	1052 LE MONT/LAUSANNE
CIGLE Communauté des Ingénieurs	Jean-Jacques Bourgeois	Ch. de Chantemerle 14	1010 LAUSANNE
Colenco Power Engineering AG	Dr. Markus Hugi	Mellingerstrasse 207	5405 BADEN
Condis -Montena SA	Roland Gallay	Zone industrielle	1728 ROSSENS
Credit Suisse Grp	Werner Guyer	Trittligasse 2	8001 ZÜRICH
CSD - Ingénieurs Conseils SA	Felix Schmidt	Ch. de Maillefer 36	1052 MONT S/LAUSANNE
CVE, p.a. Romande Energie	Bettler Martin	Rue de Lausanne 53 CP	1110 MORGES 1
De Cérenville Géotechnique SA	Hervé Detrey	17, ch. des Champs-Courbes	1024 ECUBLENS
Dionea SA	Pippo Gianoni	Lungolago Motta 8	6000 LOCARNO
Dr. Heinrich Jäckli AG	Dr. Heinrich Jäckli	Limmattalstrasse 289	8049 ZÜRICH
Dr. Vollenweider AG	Kurt Boppert	Neue Jonastrasse 71	8640 RAPPERSWIL

Dr. Von Moos AG	Dr. Matthias Freimoser	Bachofnerstrasse 5	8037 ZÜRICH
Dornier System Consult GmbH	Willi Mayer	Postfach 1306	D-88003 FRIEDRICHSHAFEN
EEF-Entreprises électriques fribourgeoises	André Sudan	Bd. Pérolles 25, CP 1044	1701 FREIBURG
Electrowatt Engineering AG	Alberto Turi	Bellerivestrasse 36	8034 ZÜRICH
EZ Associates	Enrico Zuffi	Case postale 9	1226 THÔNEX
Fédération des Syndicats Patronaux	Dr. Pierre Weiss	Rue de St. Jean 98	1211 GENF 11
GEOFORM Geologische Beratungen	Dr. Werner Leu	Anton Graff-Strasse 6	8401 WINTERTHUR
Geol. Büro Dr. Lorenz Wyssling AG	Dr. Paul Felber	Lohzelgstrasse 5	8118 PFAFFHAUSEN
Géotechnique Appliquée Dériaz SA	Michel Odier	10 rue Blavignac	1227 CAROUGE
Geotest AG	Dr. Hans-Rudolf Keusen	Birkenstrasse 15	3052 ZOLLIKOFEN
Gilliéron Electronique SA	Claude Gilliéron	Chemin Buvelot 2	1110 MORGES
Grundbauberatung AG	Dr. Hans Kapp	Helvetiastrasse 41	9000 ST.GALLEN
Fachhochschulen Bern u. Zentralschweiz	Walter Ernst	Pestalozzistrasse 20	3400 BURGDORF
Huber + Suhner AG	Thomas Cantz	Tumbelenstrasse 20	8330 PFÄFFIKON
IG Zürich, p.a. Schindler + Schindler	Dr. Johannes Schindler	Albistrasse 103	8038 ZÜRICH
ILF Beratende Ingenieure GmbH	Bernhard Kohl	Lustenauerstrasse 9	A-4020 LINZ
ILF Beratende Ingenieure AG	Günther Strappler	Richard-Wagner-Strasse 6	8027 ZÜRICH
Infraconsult SA	Claude Hilfiker	37, av. du Lignon	1219 LE LIGNON
IST- Institut de la santé au travail	David Vernez	rte du Bugnon 19	1005 LAUSANNE
Jenni + Gottardi AG	Dr. Giovanni Gottardi	Hornhaldenstrasse 9	8802 KILCHBERG/ZÜRICH
Karakas & Français SA	Olivier Français	Bd de Grancy 19A	1006 LAUSANNE
Küng et associés SA	Pierre-Alain Matthey	Av. de Beaulieu 43	1004 LAUSANNE
Lienert & Haering AG	Christoph Haering	Poststrasse 4	9113 DEGERSHEIM
Locher	André Hagmann	Chemin Isaac Anken 8-10	1219 GENÈVE-AÏRE
Losinger Holding SA	Philippe Pot	Route du Grenet 14	1074 MOLLIE-MARGOT
M. Kobel + Partner AG	Dr. Max Kobel	Grossfeldstrasse 74	7320 SARGANS
Mantilleri, Bureau d'ingénieurs	Roland Mantilleri	Bd des Promenades 2	1227 CAROUGE
Matousek, Baumann & Niggli AG	Dr. Federico Matousek	Mäderstrasse 8	5401 BADEN
Mengis+Lorenz AG	Dr. Beat Keller	Schlossstr. 3	6005 LUZERN
Mettler Rudolf		Belmontstrasse 1	7006 CHUR
Norbert Géologues Conseil SA	Georg Schaeren	6, rue Enning	1003 LAUSANNE
NTB-Neutechnikum, Buchs	Prof. Roland Rebsamen	Werdenbergstrasse 4	9470 BUCHS
OFEL – Office d'électricité de la Suisse romande	Dr. François Gaille	Case postale 534	1003 LAUSANNE
Otis	Gilbert Monneron	Case postale 1047	1701 FREIBURG
Passera + Pedretti SA	Mauro Pedretti	Via al Molino 6	6916 GRANCIA
Perret-Gentil, Rey et Associés SA	Jacques Bize	Rue de la Villette 34	1400 YVERDON 3
Perss, Ingénieurs conseils SA	René Crisinel	Rue de l'Industrie 8	1020 RENENS
Pétignat bureau d'ingénieurs	Jean Pétignat	Rue de la Paix 11	1820 MONTREUX
Pilatus Aircraft Ltd	Dr. P. Masefield		6370 STANS
Polysoft Consulting	Jean-Michel Blumenthal	3, rue des Buis	1202 GENF
RBA Réalini Bader et Associés SA	Jean-Paul Vuillemin	Av. Bois-de-la-Chapelle 15	1213 ONEX
Rudolf Keller & Partner	Rudolf Keller	Gartenstrasse 15	4132 MUTTENZ
SA Conrad Zschokke	Jules Wilhelm	Chemin Isaac Anken 8-10	1219 GENÈVE-AÏRE
SBB Kreis 2	Peter Hünkeler	Schweizerhof G6	6002 LUZERN
Schärlig Alain Prof.		19, chemin du Calabry	1233 BERNEX
Schindler & Schindler	Dr. Johannes Schindler	Albistrasse 103	8038 ZÜRICH
SEL- Service de l'électricité de la Ville de Lausanne	Bernard Krummen	Case postale 836	1000 LAUSANNE 9
SF Schweizer Flugzeuge und Systeme	Dr. Martin Monkewitz	Postfach 301	6032 EMMEN
Sieber Cassina + Partner AG	Dr. Nick Sieber	Langstrasse 149	8004 ZÜRICH
SIG- Services industriels de Genève	Bernard Bugnon	Case postale 2777	1211 GENF 2

Steigerpartner	Jürg P. Bransch	Klausstrasse 20	8034 ZÜRICH
Systems Consult	Casimir de Rham	Les Abeilles 7 Blvd d'Italie	MC-98000 MONACO
Theiler+Kalbermatter Bau AG	Peter Theiler	Obergütschrain 2	6003 LUZERN
Thyssen Transrapid System Gmbh (TTS)	Dr. Lässer	Anzingstrasse 11	D-81671 MÜNCHEN
Transrapid International Gmbh	Manfred Wackers	Pascalstrasse 10	D-10587 BERLIN
Tradoc SA	Jean-Werner Signer	Rue Verdaine 4bis	1095 LUTRY
University of Dundee	Alan E. Vardy	Dunholm 512 Perth Road	GB- DUNDEE DD2 ILW
Urbaplan	Fred Wenger	Montchoisi 21	1006 LAUSANNE
von der Weid SA	Jean-Bernard Demont	11, avenue Moléson	1700 FREIBURG
Wyss Roland	Dr. Roland Wyss.	Staubeggstrasse 23	8500 FRAUENFELD
ZS Trafitec SA	Michel Savary	2, rue des Grand-Portes	1213 ONEX-GENF

10.1.2 Institute und Forschungslabore

Eidgenössische Technische Hochschule Lausanne

Schule	Institut oder Labor	Kontaktperson	Adresse	
EPFL	DE-LEME	Prof. Jufer Marcel	EL-Ecublens	1015 LAUSANNE
EPFL	DE-LEI	Prof. Rufer Alfred	EL-Ecublens	1015 LAUSANNE
EPFL	DGC-ITEP-LEM	Prof. Perret Francis-Luc	GC-Ecublens	1015 LAUSANNE
EPFL	DA-IREC	Prof. Bassand Michel	Av.de l'Eglise Anglaise	1001 LAUSANNE
EPFL	DA-IREC	Prof. Rumeley Pierre-Alain	14, Av.de l'Eglise Anglaise	1001 LAUSANNE
EPFL	ESST	Dr Rossel Pierre	INR 112	1001 LAUSANNE
EPFL	DGC-ISRF	Prof. Descoedres François	GC- Ecublens	1015 LAUSANNE
EPFL	DGM-IMHEF	Prof. Deville Michel	ME-Ecublens	1015 LAUSANNE
EPFL	DGM-IMHEF	Prof. Monkewitz Peter	ME-Ecublens	1015 LAUSANNE
EPFL	DGC-IBAP	Prof. Badoux Marc	GC-Ecublens	1015 LAUSANNE

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich

Schule	Institut oder Labor	Kontaktperson	Adresse	
ETHZ	D-ERDW	Prof. Conrad Schindler	ETH- Hoenggerberg/HIL D21-3	8093 ZÜRICH
ETHZ	D-ELEK	Prof. Hans Glavitsch	ETH-Zentrum./ETL G29	8092 ZÜRICH
ETHZ	D-ELEK	Prof. Herbert Stemmler	ETH-Zentrum / ETL H22	8092 ZÜRICH
ETHZ	D-ERDW, Geologie	Prof. Simon Löw	ETH- Hoenggerberg/HIL D 21.3	8093 ZÜRICH
ETHZ	D-ARCH	Dr. Alfred Moser	ETH-Zentrum / LOW E2	8092 ZÜRICH
ETHZ	D-BAUM	Prof. Gerhard Girmscheid	ETH-Hoenggerberg, HIL F 23.3	8093 ZÜRICH
ETHZ	D-BAUM, IVT	Prof Heinrich Brändli	ETH Hoenggerberg, HIL F 33.3	8093 ZÜRICH
ETHZ	D-UMNW	Prof. Thomas Baumgartner	Haldenbachstr. 44, HAD F 2	8006 ZÜRICH

10.2 Liste der Publikationen über Swissmetro

10.2.1 Publikationen

- The 14th International Conference on Magnetically Levitated Systems – Maglev 95, 26-29 November 1995, Bremen, Germany

- High Speed Underground Transportation System Propulsion, Levitation and Guiding System. EPFL, Prof. M. Jufer, Dr A. Cassat, N. Macabrey,
- Contactless Induction Energy Transmission System for High Speed Vehicles- Application to Swissmetro. EPFL, N. Macabrey.
- AIDAA; XIII congresso nazionale, Roma 11-15 September 1995. *Studio aerodinamico di treni ad alta velocità in tunnel*. M. Mossi, V. Bourquin, M. Deville.
- AFTES, Bruxelles, décembre 1996. *Swissmetro - Transport interrégional à grande vitesse*. F. Descoedres, R. Mantilleri et Y. Trottet.
- AAAF – 33^{ème} colloque d'aérodynamique appliquée: 4.34-4.38, Poitiers, Mars 1997. *Simulation numérique de l'écoulement d'air autour d'un train évoluant à haute vitesse dans un tunnel*. M. Mossi, V. Bourquin, J.B. Vos et M. Deville.
- 9th International Symposium on Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels, Aosta, Italy, 6-8 October 1997. *Simulation of Compressible Flow Phenomena in the Swissmetro Tunnel Network*. EPFL, Alexander Rudolf.
- World Congress on Railway Research, Florence, November 1997. *The importance of aerodynamics on the design of high-speed transportation systems in tunnels: an illustration with the TGV and the Swissmetro*. V. Bourquin, M. Mossi, R. Grégoire and J.M. Réty.
- Safety in Road and Rail Tunnels, ITC, Nice 9-11 March 1998. *Development of a safety concept for Swissmetro an innovative transport idea for Switzerland*. EPFL, Y. Trottet & ILF, B. Kohl
- The 15th International Conference on Magnetically Levitated Systems and Linear Drives - Maglev 98, 15-18 April 1998, Mt Fuji, Yamanashi, Japan
 - Swissmetro project. EPFL, Prof. M. Jufer
 - Electromechanical Aspects of the Swissmetro Pilot Track Geneva – Lausanne., EPFL, Dr A. Cassat
 - Power Supply for a High-Power Propulsion System with Short Stator Linear Motors. ETHZ, M. Rosenmayr, A. Cassat, H. Glavitsch, H. Stemmler

10.2.2 Dissertationen

- *L'ingénierie économique et financière des grands projets d'infrastructure, modèle appliqué au projet Swissmetro*. Pascal Gentinetta, Universität St. Gallen, 1997, ISBN 3-258-05725-7.
- *Etude de réglage en position de la sustentation magnétique par attraction*, Michel Zayadine, (These n°1508) EPFL 1996.
- *Simulation of compressible flow in tunnel systems induced by trains traveling at high speed*. Alexander Rudolf (These n°1806), EPFL 1998.
- *Alimentation et guidage linéaires sans contact*. Nicolas Macabrey (These n°1840), EPFL 1998.

10.2.3 Dissertationen in Vorbereitung

- *Simulation of benchmark and industrial unsteady compressible turbulent fluid flows.* Michele Mossi, EPFL 1999.
- *Analyse de risque à un stade précoce de conception dans les projets novateurs : application au Swissmetro.* David Vernez, EPFL 1999.
- *Problems of reduced-scale aerodynamic testing of high-speed vehicles in tunnels.* Vincent Bourquin, EPFL 1999.
- *SWISSMETRO - Power Supply and Control for Linear Motor.* Marc Rosenmayr, ETHZ 1999.
- *SWISSMETRO-Die USM im Raum Lausanne-Genf: Relation zwischen Geologie, Geotechnik und dem mechanisierten Untertagebau.* David Estoppey, ETHZ 2000

10.2.4 Artikel in Fachzeitschriften

- Die Volkswirtschaft, Februar 1994- *Swissmetro, eine Chance zur Neubelebung für die Schweizer Industrie.* Prof. M. Jufer, Prof. F-L. Perret
- La Vie économique, février 1994 – *Swissmetro, une chance de renouveau pour l'industrie suisse.* M. Jufer, Prof. F-L. Perret
- Les cahiers de l'électricité n°27, mars 1995 – *L'étude principale est engagée, l'heure de vérité en 1998.* Prof. M. Jufer
- Tunnel 8/1996 (ISSN0722-6241), *Stand des Swissmetro-Projektes, Level of Progress reached by the Swissmetro Project*
- Rail International, 11.96, SWISSMETRO - *Le défi des transports de la prochaine génération -The transport challenge of the next generation- Der Verkehr der nächsten Generation als Herausforderung.* Prof. M. Jufer
- Schweizer Ingenieur und Architekt 51/52, 18.12.97, *Swissmetro-Untertagebauten und Pilotstrecke Genf-Lausanne.* Marc Badoux et J. Wilhelm
- De Ingenieur N° 21 (ISSN 0020-1146), 10.12.97, *Swissmetro, ondergrondse trein met snelheid van 500 km/h, HSL is een boemeltje.* Prof. F-L. Perret
- Schweizer Baublatt n° 5, 13.1.98, *Konzessionsgesuch für erste Swissmetro-Strecke eingereicht, Technologie unterirdischer Personenschnellbahn.*
- Vision-Science and Innovation in Switzerland, 1/98, Swissmetro, *Much more than just a tunnel vision.* M. Jufer
- Technique des transports en Suisse, 1998. *Swissmetro : les ouvrages souterrains du tronçon pilote Genève – Lausanne.* Dr. M. Badoux, J. Wilhelm
- Bulletin ASE/UCS 12/1998. *Swissmetro : tronçon pilote Genève-Lausanne, aspects électromécaniques.* A. Cassat, N. Macabrey, M. Jufer
- Bulletin ASE/UCS 12/1998. *Stratégies de réglage pour la sustentation et le guidage magnétique des véhicules de Swissmetro.* S. Colombi, A. Rufer, M. Zayadine, M. Girardin
- Industries et Techniques, nov. 1998 (ISSN01506617). *Un train sous vide sous la Suisse.* Th. Mahé

- Revue E n°1-2/98 (décembre 1998) (ISSN0770024). *Les trains d'avant-garde vus par les électriciens, Swissmetro le rôle de l'électrotechnique*. Prof. M. Jufer, A.Cassat

10.3 Abkürzungen

- EVED: Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement
- EDI: Eidg. Departement des Innern
- EVD: Eidg. Volkswirtschaftsdepartement
- FNRS: Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung
- BFE: Bundesamt für Energiewirtschaft
- NFP41: Nationales Forschungsprogramm 41: Verkehr und Umwelt
- BfS: Bundesamt für Statistik
- EDMZ: Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale
- KTI: Kommission für Technologie und Innovation
- SET: Service d'étude des transports (Dienst für Gesamtverkehrsfragen)
- SGZZ: St. Galler Zentrum für Zukunftsforschung
- EWE: Electrowatt Engineering
- HISTAR: High-speed Train Aerodynamic Rig
- STARLET: Shock Tube for the Aerodynamic Research on Long and Enhanced Tunnels
- NTB: Neutechnikum Buchs
- EPFL: Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (Eidg. Techn. Hochschule)
 - ESST: European Society Science & Technology
 - IBAP: Institut de béton armé et précontraint
 - IMHEF: Institut de machines hydrauliques et de mécaniques des fluides
 - ITEP: Institut des transports et de la planification
 - IREC: Institut de recherche sur l'environnement construit
 - ISRF: Institut des sols, roches et fondations
 - LEME: Laboratoire d'électromécanique et de machines électriques
 - LEI: Laboratoire d'électronique industrielle
- ETHZ: Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
 - BAUM: Bau und Umwelt
 - ELEK: Elektrotechnik
 - LEM: Leistungselektronik und Messtechnik
 - EEH: Institut für Elektrische Energieübertragung und Hochspannungstechnologie
 - ERDW: Department of Earth Sciences

- MAVT : Maschinenbau und Verfahrenstechnik
- IBB : Institut für Bauplanung und Baubetrieb
- IVT : Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau
- UMNW: Umweltnaturwissenschaften

