

Zeitschrift:	Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber:	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band:	73 (1955)
Heft:	34
Artikel:	Generalverkehrsplan für die Stadt Zürich, Kurzfassung des Gutachtens Pirath/Feuchtinger
Autor:	Feuchtinger, Max-Erich
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-61974

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 22.02.2026

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

Anderseits ist gerade diese stolze hundertjährige Alpenbahngeschichte für die Ostschweiz, insbesondere für die Kantone Graubünden, St. Gallen, Appenzell und Glarus leider mit einer schweren Benachteiligung belastet. In richtiger Erkenntnis der geographischen, volkswirtschaftlichen und staatspolitischen Notwendigkeiten sah das Eisenbahngesetz von 1877 in Art. 3 ausdrücklich vor, dass der Bund die Bestrebungen zur Erstellung von Nord-Süd-Alpenbahnen im Osten, Zentrum und Westen des Landes fördere. Im Bundesgesetz betreffend die Gewährung von Subsidien für Alpenbahnen hat das Schweizer Volk durch eine Abstimmung vom 19. Januar 1879 (mit 278 731 Ja gegen 115 571 Nein) eine finanzielle Hilfe von je 4,5 Mio Fr. an eine Alpenbahn im Osten, Westen und Zentrum des Landes zugesichert. Ausserordentliche Kraftanstrengungen der Regierungen und privater Persönlichkeiten der erwähnten ostschweizerischen Kantone hatten keinen Erfolg. Es wurden nur die Alpenbahnen im Zentrum und Westen des Landes erstellt. Geblieben ist der Ostschweiz die bundesgesetzliche Zusicherung. Damit hat der östliche Landesteil nach wissenschaftlichen und statistischen Feststellungen eine wesentliche Benachteiligung seiner Verkehrslage als schwächere Minderheit aufzunehmen müssen, was sich entschieden auch als ein Hemmnis in der volkswirtschaftlichen Entwicklung dieser Region auswirkte. Sollte der Zeitpunkt für eine Erstellung der Ostalpenbahn endgültig vorbei sein, so würde es der Ge-

rechtigkeit entsprechen, dass diese im Eisenbahnzeitalter offensichtlich zurückgestellte Region wenigstens zuerst einen wintersicheren Alpenstrassentunnel als teilweisen Ersatz für die Bahn erhält. Im Vordergrund steht hier das Bernhardinalpenstrassenprojekt mit einem Strassentunnel von 6,5 km Länge. Ob sich hier die eidgenössische Solidarität gegenüber einer schwächeren Minderheit auswirken wird, dürfte die Zukunft zeigen.

Dies, meine sehr verehrten Anwesenden, sind einige Gedanken zu den Wirtschafts- und Verkehrsfragen der Ostschweiz, die ich Ihnen darlegen durfte. Abschliessend wollen wir aber bedenken, dass diese Probleme nicht nur materieller Natur sind. Als Schweizerbürger fühlen wir uns alle berufen, unsere staatliche Gemeinschaft in Freiheit und auf demokratischem Weg zu stärken und zu fördern. Achten wir dabei darauf, dass alle Glieder unseres schweizerischen Bundes in gleicher Weise blühen und gedeihen können, denn nur dieses Gleichgewicht gesunder und in sich lebenskräftiger Kantone wird uns das erhalten, was uns das Wertvollste an unserem Kleinstaat erscheint, nämlich die Wahrung und stets neue Entfaltung unserer kulturellen, sprachlichen und geistigen Mannigfaltigkeiten in einer sozial empfundenen persönlichen Freiheit.

Adresse des Verfassers: Regierungsrat Dr. S. Frick, Baudepartement des Kantons St. Gallen, Rorschacherstr. 28, St. Gallen.

Generalverkehrsplan für die Stadt Zürich, Kurzfassung des Gutachtens Pirath/Feuchtinger

Von Dr.-Ing. habil. Max-Erich Feuchtinger, Ulm/Donau, Beratender Ingenieur VBI

DK 711.7:656

Hierzu Tafeln 39 bis 58

Professor Dr.-Ing., Dr.-Ing. e. h., Dr. rer. pol. h. c. Carl Pirath, Stuttgart, der Senior der deutschen Verkehrswissenschaft, hat mit grundlegenden Untersuchungen über unterirdische Schienennetze für den öffentlichen Nahverkehr an Hand des Beispiele der Stadt Zürich seine letzte grössere wissenschaftliche Arbeit fertiggestellt. Wenige Monate darauf, am 23. Januar 1955, starb er im 71. Lebensjahr an den Folgen eines Verkehrsunfalles. Es war ihm nicht mehr ver-

gönnt, die Ergebnisse seiner Zürcher Arbeit der Öffentlichkeit zugänglich zu machen und die Reaktionen auf seine Vorschläge zur Sanierung des Zürcher Verkehrs zu erleben.

Dem Verfasser sei es gestattet, in memoriam Carl Pirath, seinen hochverehrten früheren Lehrer und späteren Partner, eine Kurzfassung des Gutachtens Pirath/Feuchtinger «Generalverkehrsplan für die Stadt Zürich» der Öffentlichkeit zu übergeben.

A. Einleitung

Der Auftrag des Stadtrates von Zürich vom 15. Februar 1952 an die Gutachter, einen Generalverkehrsplan für die Stadt Zürich aufzustellen, beinhaltete ausser diesem «Generalziel» keine weiteren Einzelheiten. Es war den Gutachtern zunächst überlassen, welchen Inhalt sie ihrer Aufgabe geben wollten. Sie gliederten ihre Arbeit in die drei Hauptteile:

- B. Planungen für den öffentlichen Nahverkehr.
- C. Verkehrsanalysen über den öffentlichen Nahverkehr und den individuellen Strassenverkehr.
- D. Planungen für den individuellen Strassenverkehr.

Der Hauptteil B wurde von C. Pirath, die Hauptteile C und D wurden vom Verfasser bearbeitet. Für das Gesamt-gutachten zeichnen beide Gutachter gemeinsam verantwortlich.

Den Untersuchungen liegen zahlreiche Unterlagen über die wirtschaftlichen, kulturellen und sozialen Verhältnisse der Stadt Zürich, sowie umfangreiche Erhebungen über die Verkehrsverhältnisse im Raum Zürich zugrunde, die den Gutachtern dankenswerterweise von den zuständigen Stellen vermittelt wurden.

B. Die Planungen für den öffentlichen Nahverkehr

I. Der Formenwandel im Siedlungs- und Verkehrscharakter

Das Bedürfnis nach einer Neugestaltung der Verkehrsverhältnisse im Raum Zürich ist vor allem darauf zurückzuführen, dass Zürich, wie alle europäischen Grossstädte, in den letzten Jahrzehnten einem zunehmenden Formenwandel seines Siedlungs- und Verkehrscharakters unterworfen ist. Die Städte befinden sich in einem ständigen Wachstum, wobei sich an den Stadträndern ausgedehnte neue Wohngebiete bilden und in den Stadtzentren die Wohnstätten zusehends in Arbeitsstätten umgewandelt werden. Daraus entsteht die Forderung nach möglichst schneller und ungestörter Raumüberwindung durch die Verkehrsmittel zwischen Wohn- und

Arbeitsstätte. Für Zürich, das zur Zeit der Untersuchung rd. 390 000 Einwohner hatte, ist nach den Planungen der Stadtverwaltung in den nächsten zwanzig Jahren mit einem Einwohnerzuwachs von 40 % auf 552 000 Einwohner zu rechnen.

Mit dem dadurch verursachten verstärkten Verkehrsbedarf tritt auch ein Formenwandel im Verkehrscharakter ein. Er macht sich bemerkbar in der zunehmenden Verflechtung zwischen öffentlichen und individuellen Verkehrsmitteln, wird gefördert durch den ständig zunehmenden Kraftfahrzeugbestand und findet seinen Niederschlag in erster Linie im *Stadtzentrum*, der Schwerfläche des grössten Verkehrsbedarfes. Hieraus folgt die Forderung nach Auflockerung der Verkehrswege in der Innenstadt. Sie stellt sich in Zürich in besonders ausgeprägter Form, da hier die Innenstadt ein sehr hohes wirtschaftliches Potential und zugleich ein sehr engräumiges Strassensystem aufweist.

II. Der Verkehrsbedarf und seine Befriedigung

Als Maßstab für die Durchdringung eines Stadtgebietes durch Verkehrswege dient die *Netzdichte* in km/km², und als Maßstab für die Raumüberwindung zwischen Wohnstätte und Arbeitsstätte sind die Einzugsgebiete der verschiedenen Verkehrsmittel anzusehen.

In Zürich ist die Netzdichte der *Strassenbahn* zweimal grösser als im Durchschnitt der deutschen Städte. Sie kann bei der Planung für das künftige Nahverkehrsnetz ohne Nachteile für den Verkehrskunden um ein gewisses Mass reduziert werden. Die Netzdichte der *Strassen* ist so gross, dass sie kaum günstiger gestaltet werden kann.

Über das *Raum-Zeitsystem*, d. h. den Zeitaufwand für den Verkehr zwischen Aussenzonen und Stadtzentrum, geben die Einflusszonen der öffentlichen und individuellen Verkehrsmittel Aufschluss. Sie wurden für den Raum Zürich, ohne

Tabelle 1. Das Mass der Bedienung der neuen Wohngebiete durch die öffentlichen und individuellen Verkehrsmittel

Verkehrsmittel	Einwohner der Stadt Zürich										Einwohnerzahldaten der Stadt Zürich von 1950 bis Vollausbau							
	Im Jahr 1950					Bei Vollausbau gemäss Zonenplan von 1946					Im Einzugsgebiet (1950) von			Im Einzugsgebiet (1950) von				
	insgesamt	30 min	45 min	60 min	insgesamt	30 min	45 min	60 min	insgesamt	30 min	45 min	60 min	insgesamt	30 min	45 min	60 min		
	Zahl	Zahl	Zahl	Zahl	%	Zahl	Zahl	Zahl	%	Zahl	Zahl	Zahl	%	Zahl	Zahl	Zahl		
Öffentliche:																		
Bundesbahn (SBB)	243 000	63	376 000	96	390 000	100	301 000	55	510 000	92	540 000	98	58 000	36	134 000	83	150 000	83
Strassenbahn (Strab)	342 000	87	380 000	97	388 000	99	443 000	80	517 000	93	545 000	99	101 000	62	137 000	85	157 000	97
Strab + Omnibus (Kom)	344 000	88	390 000	100	390 000	100	447 000	81	549 000	99	552 000	100	103 000	64	159 000	98	162 000	100
SBB + Strab + Kom	346 000	89	390 000	100	390 000	100	453 000	82	552 000	100	552 000	100	107 000	66	162 000	100	162 000	100
Individuelle:																		
Fahrrad	388 000	99	—	—	—	—	540 000	98	—	—	—	—	152 000	94	—	—	—	
Kraftwagen	390 000	100	390 000	100	390 000	100	552 000	100	552 000	100	552 000	100	162 000	100	162 000	100	162 000	100

Rücksicht auf die Stadtgrenze, bei Reisezeiten von 30 Minuten (höchstzulässige Reisezeit bei Benutzung des Fahrrades), 45 Minuten (bei gebrochener Arbeitszeit) und 60 Minuten (bei durchgehender Arbeitszeit), sowie für die Verkehrsmittel Bundesbahn, Strassenbahn, Strassenbahn plus Omnibus, Bundesbahn plus Strassenbahn plus Omnibus, Fahrrad, Kraftwagen von der Stadtmitte ausgehend ermittelt und graphisch aufgetragen. Das Ergebnis besagt gemäss Tab. 1 u. a., dass bei 30 Minuten Reisezeit die individuellen Verkehrsmittel den öffentlichen Verkehrsmitteln überlegen sind, dass aber bei 45 und 60 Minuten Reisezeit durch die Kombination zwischen Bundesbahn, Strassenbahn und Omnibus auch die öffentlichen Verkehrsmittel nahezu das ganze heutige und künftige Stadtgebiet bedienen können.

Bei der derzeitigen Befriedigung des Verkehrsbedarfes im Raum Zürich lässt sich grundsätzlich eine natürliche *Verkehrsteilung* feststellen, indem die städtischen Verkehrsbetriebe den Stadtbereich und die Bundesbahnen den Vorortbereich ausserhalb der Stadtgrenze bedienen.

III. Kriterium der heutigen Verkehrslage

Wie Einzeluntersuchungen ergeben haben, weist die heutige Verkehrsbedienung in Zürich positive und negative *Tatbestände* auf, die für die Planung des künftigen Nahverkehrsnetzes entscheidend sind.

Positiv zu bewerten sind die günstige Raumerschliessung durch alle Verkehrsmittel und die gute Verkehrsteilung zwischen städtischen Verkehrsmitteln und Bundesbahnen im öffentlichen Nah- und Vorortsverkehr.

Negativ zu bewerten ist die starke Verkehrskonzentration des öffentlichen und individuellen Verkehrs im Stadtzentrum, vor allem, wenn dabei auch an den lebenswichtigen Fussgängerverkehr gedacht wird.

Das *Kernproblem* für die Neugestaltung des Zürcher Verkehrsnetzes liegt somit im Stadtzentrum, auf das alle Massnahmen der Verkehrssanierung zu beziehen sind.

IV. Möglichkeiten der Verkehrssanierung im Stadtzentrum

Sollte vom verkehrspolitischen Standpunkt aus daran gedacht werden, den Vorrang der öffentlichen Verkehrsmittel als Träger des Massenverkehrs soweit auszudehnen, dass die City für den Kraftverkehr ganz gesperrt wird und nur noch für den öffentlichen Verkehr, die Radfahrer und Fussgänger offen bleibt, so ist hierzu festzustellen, dass die *Sperrung* der City für irgendein wichtiges Verkehrsmittel nicht in Frage kommen kann. Vielmehr müssen Voraussetzungen verkehrstechnischer Art geschaffen werden, unter denen sich sowohl der öffentliche wie der individuelle Verkehr im Stadtzentrum mit möglichst grosser Leistungsfähigkeit betätigen können. Das bedeutet eine Auflockerung der Verkehrsbedienung im Stadtzentrum dahingehend, dass die starken Verflechtungen der Verkehrsmittel beseitigt, die Verkehrsspitzen abgeflacht und die Geschwindigkeiten aller Verkehrsmittel gesteigert werden.

Eine *horizontale Auflockerung* kann entweder durch Ersatz der Strassenbahn durch Omnibusse oder durch Zuweisung bestimmter Strassen jeweils nur für den öffentlichen bzw. nur für den individuellen Verkehr erfolgen. Die Anwendung des ersten Prinzips würde in Zürich zu untragbaren Anhäufungen von Omnibussen im innerstädtischen Strassenennetzen führen, wenn man die Verkehrsbedürfnisse befriedigen wollte. Es muss daher ausfallen. Das zweite Prinzip ist in der Zürcher Innenstadt schon teilweise angewendet (z. B. Bahnhofstr. — Talstrasse), kann aber ohne wirtschaftlich nicht vertretbare Durchbruchstrassen grossen Stiles nicht vervollständigt werden. In der Kernstadt muss daher die horizontale Auflockerung ausscheiden. Sie kommt nur für die Aussenzonen in Frage.

Für das Stadtzentrum von Zürich vermag nur die *vertikale Auflockerung* die Lösung zu bringen, also die Heranziehung mehrerer Ebenen zur Verkehrsabwicklung: Schienenverkehrsmittel unterirdisch, individuelle Verkehrsmittel in Strassenhöhe und evtl. Kraftverkehr streckenweise auf Hochstrassen, nur in Sonderfällen unterirdisch (doppelte Kosten). Dabei sind die Probleme der Verkehrssanierung im Stadtzentrum nicht isoliert, sondern stets im Rahmen der Bedürfnisse des gesamten Verkehrsraumes der Stadt zu betrachten.

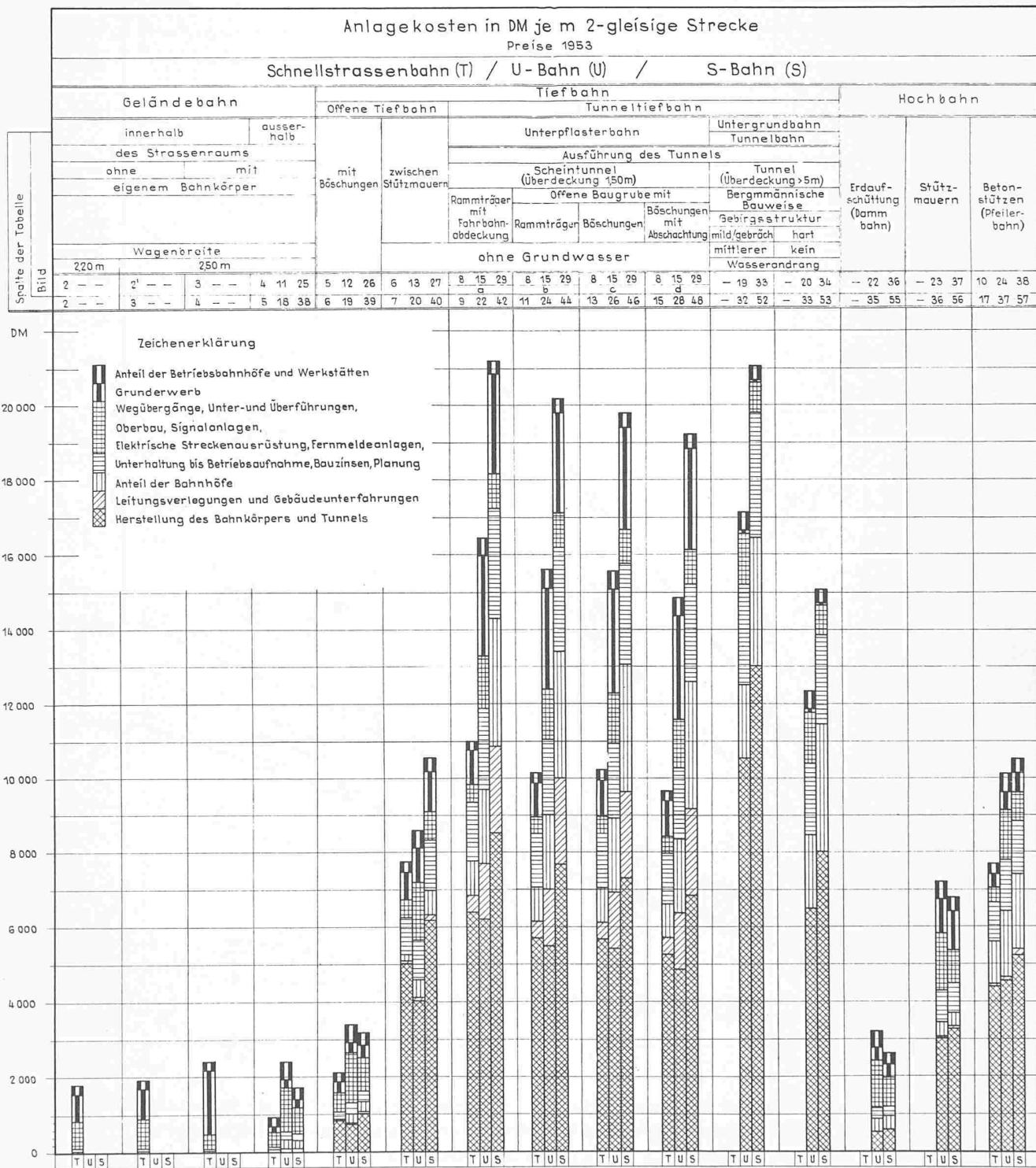


Bild 1. Anlagekosten der oberirdischen und unterirdischen Schienenbahnen je Meter zweigleisiger Strecke ohne Grundwasser (Preise 1953)

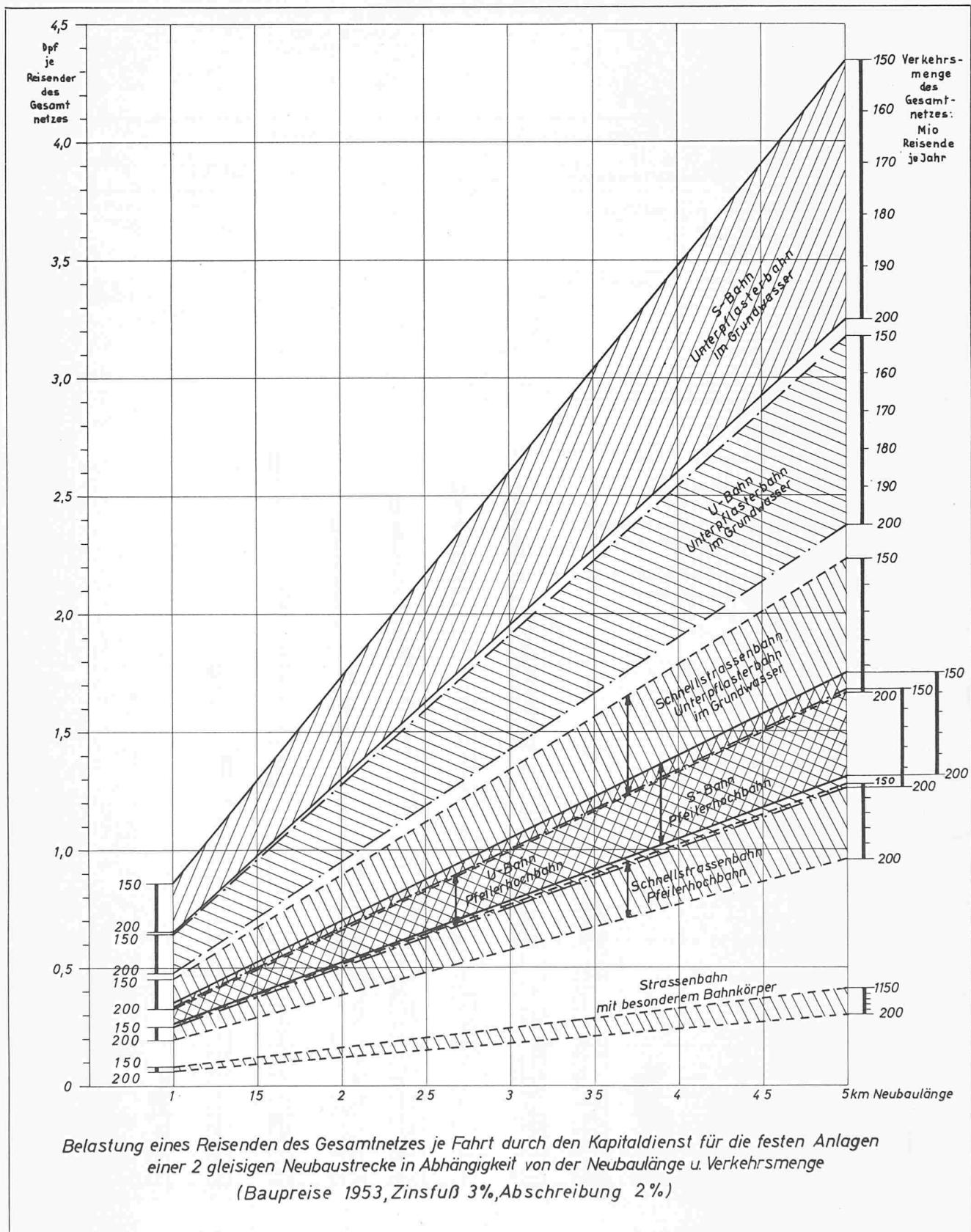


Bild 2. Vergleich verschiedener Arten unterirdischer Bahnen

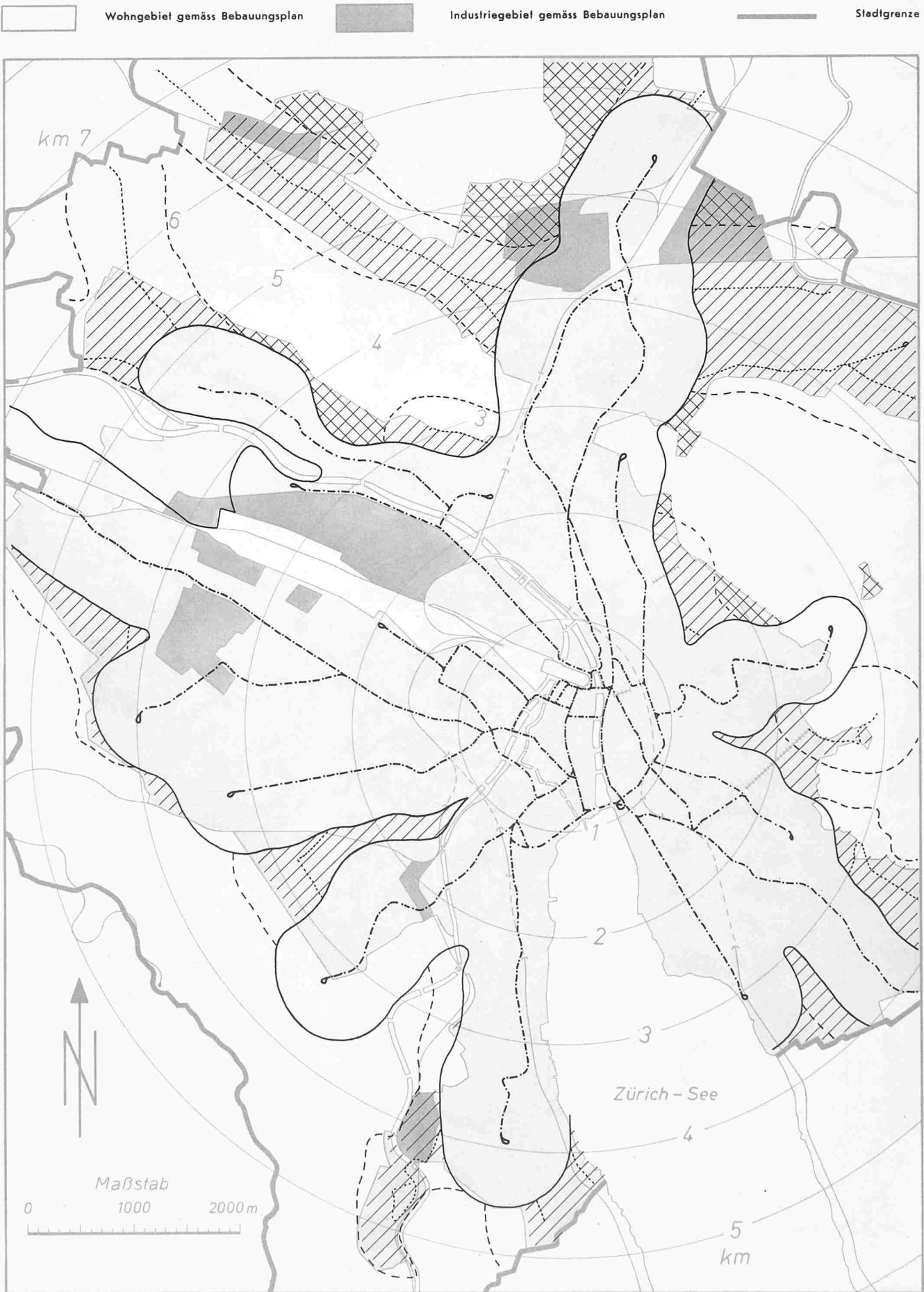


Bild 3. Das heutige oberirdische Strassenbahn- und Omnibus-System. Einflusszonen

- | | |
|-----------------------------------|---|
| —·—·— Strassenbahn | Diagonal-hatched area: Einflusszone des Omnibus oder Obus |
| —·—·— Omnibus oder Obus | |
| Seilbahn | |
| ——— Einflusszone der Strassenbahn | Bebauungsgebiet ausserhalb der Einflusszonen |

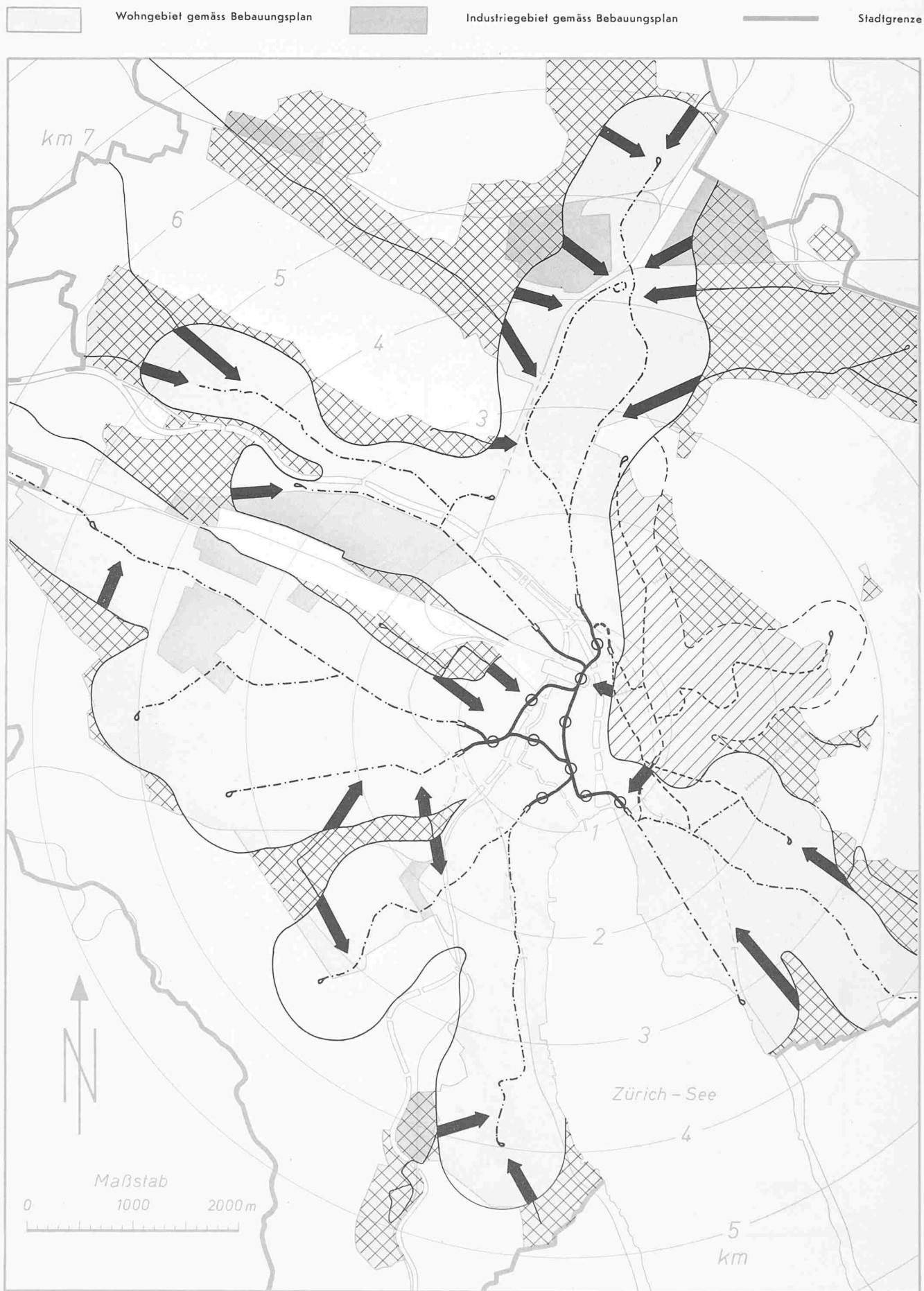


Bild 4. Rahmenentwurf eines Unterpflaster-Strassenbahn-Systems. Einflusszonen und Zubringerverkehr

- Straßenbahn unterirdisch
- Station unterirdisch
- Tauchrampe
- - - - Straßenbahn oberirdisch
- - - - Omnibus oder Obus, bei der Variante Straßenbahn
- Omnibus- oder Obuszubringerlinie zur Straßenbahn und Innenstadt
- ← Richtung des Omnibus- oder Obuszubringerverkehrs
- Einflusszone der Straßenbahn
- ▨ Einflusszone der Straßenbahn bei der Variante
- ▨ Bebauungsgebiet ausserhalb der Einflusszone der Straßenbahn



Bild 5. Rahmenentwurf eines U-Bahn-Systems. Einflusszonen und Zubringerverkehr

- U-Bahn
- - - U-Bahn, Erweiterung
- Station unterirdisch
- \— Uetlibergbahn mit Nahschnellverkehr
- Omnibus- oder Obuszubringerlinie zur U-Bahn und Innenstadt

- ← Richtung des Omnibus- oder Obuszubringerverkehrs
- Zone 1 Einflusszone der U-Bahn
- Zone 1 Einflusszone der Uetlibergbahn
- Zone 1 Bebauungsgebiet ausserhalb der Einflusszone der U-Bahn und Uetlibergbahn

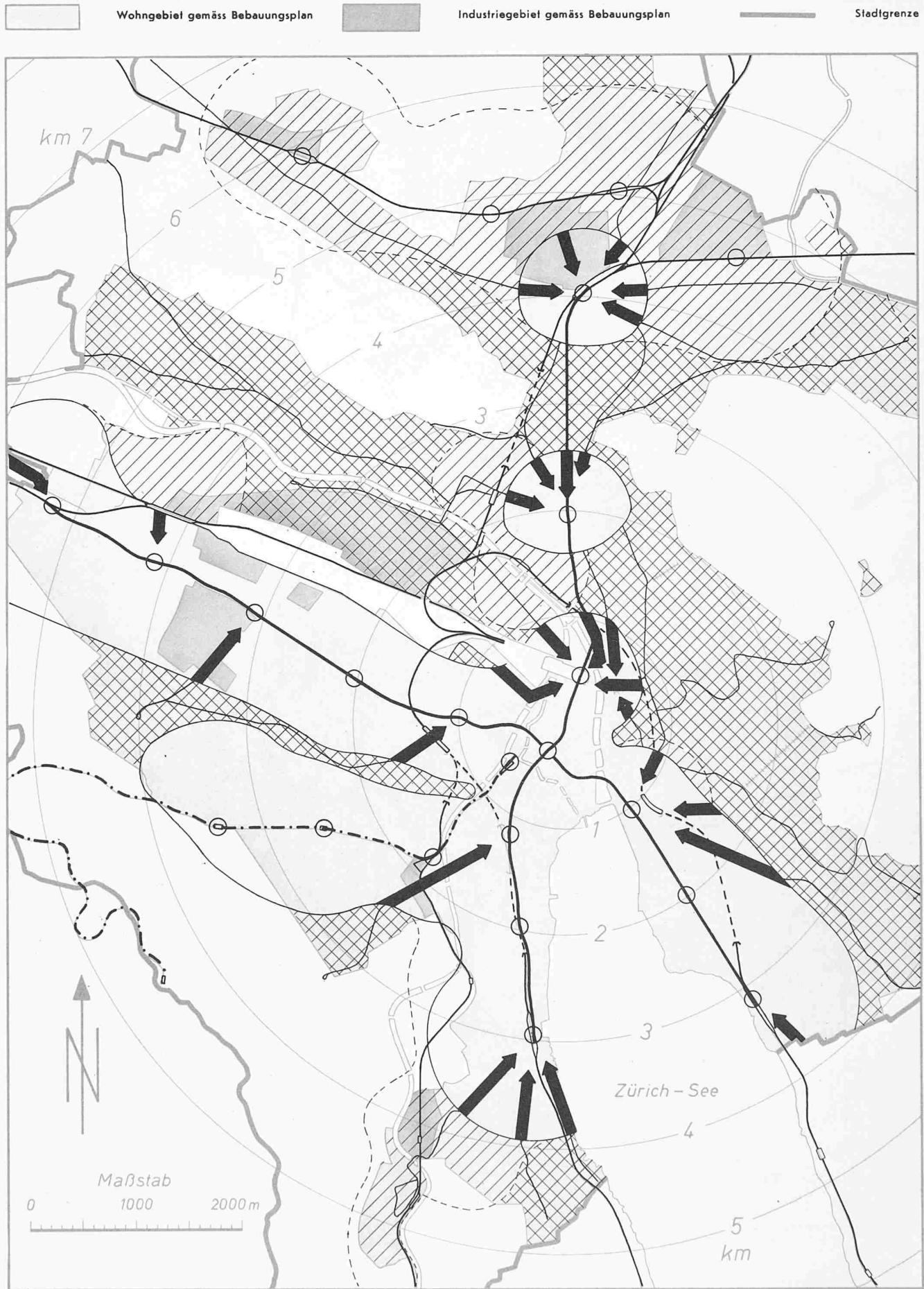


Bild 6. Rahmenentwurf eines S-Bahn-Systems. Einflusszonen und Zubringerverkehr

- | | | |
|--|--------------------------|--|
| S-Bahn | Eisenbahn offene Strecke | Einflusszone der S-Bahn |
| Station der S-Bahn | Eisenbahn Tunnelstrecke | Einflusszone der SBB-Strecken mit Nahverkehr und der Sihltalbahn |
| Uetlibergbahn mit Nahschnellverkehr | | |
| Bahnhof der SBB | | |
| Omnibus- oder Obuszubringerlinie zur S-Bahn und Innenstadt | | Bebauungsgebiet ausserhalb der Einflusszone der S-Bahn |
| Richtung des Omnibus- oder Obuszubringerverkehrs | | und der SBB-Strecken mit Nahverkehr und der Sihltalbahn |

Wohngebiet gemäss Bebauungsplan

Industriegebiet gemäss Bebauungsplan



Bild 7. Ausführungsvorschlag für ein unterirdisches Schnell-Strassenbahn-System; Bauperioden

	Strassenbahn unterirdisch		Strassenbahn unterirdisch, Erweiterung		Seilbahn
	Bauabschnitt		Bauabschnitt, Erweiterung		Eisenbahn offene Strecke
	Tauchrampe				Eisenbahn Tunnelstrecke

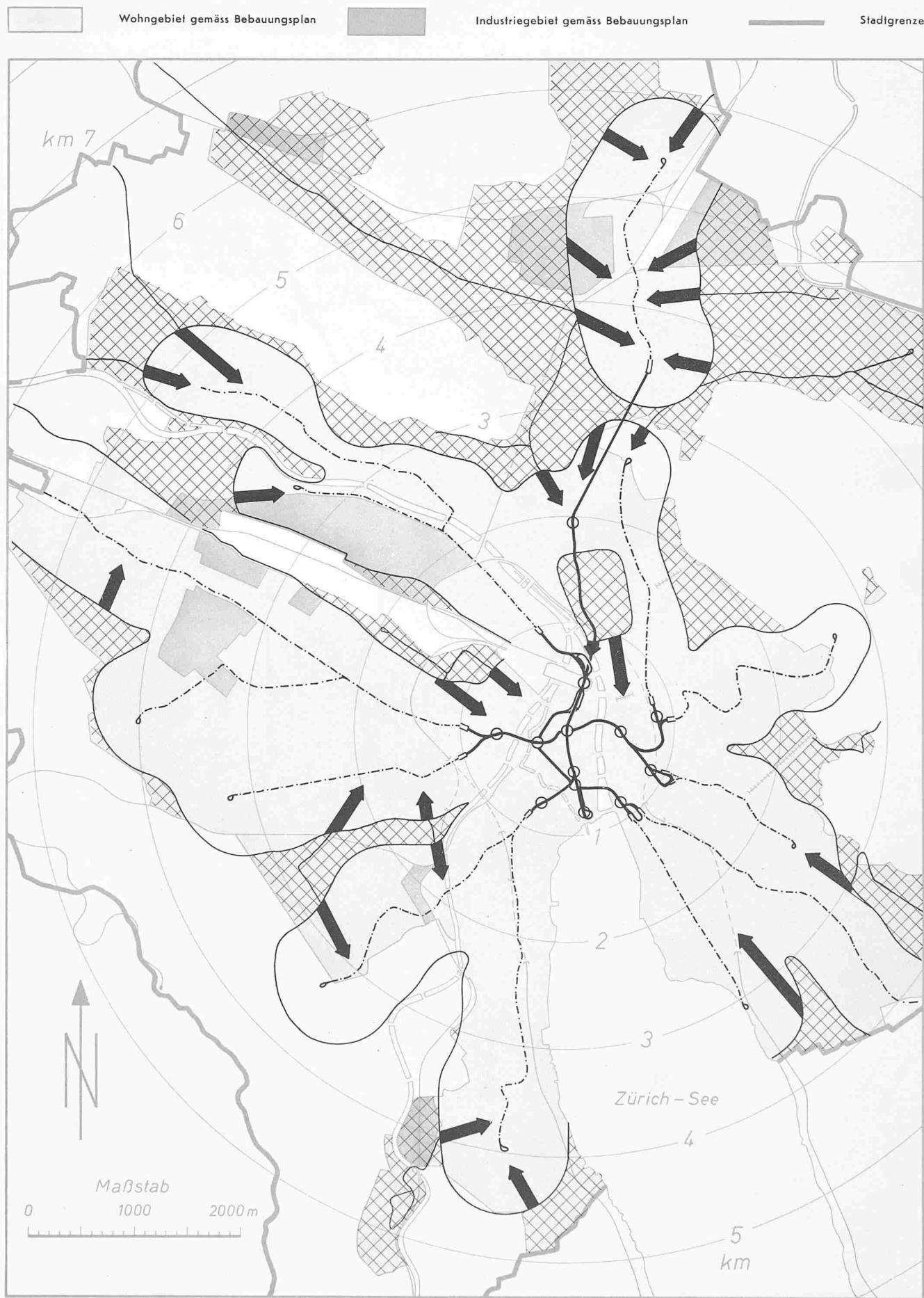


Bild 8. Ausführungsvorschlag für ein unterirdisches Schnell-Strassenbahn-System

————— Straßenbahn unterirdisch, Grundnetz
 ——— Station unterirdisch
 —— Tauchrampe
 - - - - - Straßenbahn oberirdisch

← Omnibus- oder Obuszubringerlinie zur Strassenbahn und Innenstadt
 Richtung des Omnibus- oder Obuszubringerverkehrs
 Einflusszone der Strassenbahn
 Bebauungsgebiet ausserhalb der Einflusszone der Strassenbahn

V. Allgemeine Grundlagen der vertikalen Auflockerung

Angesichts des hohen Kapitalaufwandes für eine vertikale Auflockerung des Verkehrs war es notwendig, den Vorschlägen für *unterirdische Verkehrsnetze* im Raum Zürich eine grundsätzliche Untersuchung über deren Anwendungsbereiche voranzustellen. Diese Untersuchung brachte zahlreiche neue, allgemeingültige Erkenntnisse, die von Pirath noch veröffentlicht wurden¹⁾ ²⁾ und im folgenden kurz gestreift werden.

Zunächst wurden die *Anlagekosten* ober- und unterirdischer Schienenbahnen unter Auswertung einer Arbeit von Dr.-Ing. W. Lambert³⁾, inzwischen Nachfolger von Professor Pirath, untersucht. Für oberirdische Strassenbahnen, Hochbahnen, unterirdische Strassenbahnen, U-Bahnen und die sog. S-Bahnen (Stadt- und Vorortbahnen) wurden vorweg die technischen Grundlagen, d. h. die Elemente der Linienführung, die Tunnelprofile und die Ausbildung der Stationen generell festgelegt. Die Kostenanalyse ergab sodann für die genannten Bahntypen die Anlagekosten je Meter zweigleisiger Strecke (Kostenindex 1953 in DM; bei Umrechnung in Sfr. ist ein Zuschlag von 25 % erforderlich), unterteilt nach Lage im Grundwasser und ohne Grundwasser sowie unter spezieller Berücksichtigung von Unterplasterbahnen (Tunnelkörper 1,5 m unter der Strassenoberfläche) und von reinen Tunnelbahnen (Stollen mehr als 10 m unter der Strassenoberfläche). Entsprechend dem auf Bild 1 graphisch dargestellten Ergebnis sind gegenüber der oberirdischen Strassenbahn die Anlagekosten für die unterirdische Strassenbahn ohne Grundwasser fünfmal, für die U-Bahn sieben- bis achtmal (beide als Unterplasterbahnen), für die Tunnelbahn zehn- bis elfmal und für die Hochbahn vier- bis fünfmal teurer. Bei unterirdischen Bahnen erhöhen sich die Anlagekosten je Meter Mehrtiefe unter der Strassenoberfläche etwa um 10 %.

Weitere wichtige Anhaltspunkte ergaben Untersuchungen über die *Leistungsfähigkeit* ober- und unterirdischer Verkehrsmittel. Von besonderer Bedeutung für den vorliegenden Fall ist der Vergleich der Netzausdehnung ober- und unterirdischer Strassenbahnen bei Fahren im Sicht- und Raumabstand. Das Ergebnis grenzt den Anwendungsbereich der verschiedenen Verkehrsmittel ab, wobei selbstverständlich das jeweilige Verkehrsbedürfnis zu berücksichtigen ist. Bemerkenswert ist, dass die Leistungsfähigkeit der oberirdischen Verkehrsmittel bis auf die Hälfte absinkt, wenn sie durch Querverkehr gestört werden. In dem Wegfall dieser Störmomente liegt ein Hauptvorteil unterirdischer Bahnen. Nach Untersuchungen von W. Dörfler⁴⁾ machen die Störreinflüsse oberirdischer Strassenbahnen etwa 25 % der Fahrzeit aus, die sich dann bei unterirdischer Führung als 25%ige Fahrzeiteinsparnis auswirken.

Schliesslich ergab eine Untersuchung über die *Aenderung der Selbstkosten* des unterirdischen Verkehrs gegenüber dem oberirdischen Verkehr wesentliche Anhaltspunkte über die wirtschaftliche Seite unterirdischer Bahnen. Danach machen die Anlagekosten unterirdischer Bahnen je nach Streckenlänge und Verkehrsmenge eine unterschiedliche Mehrbelastung eines Reisenden des Gesamtnetzes je Fahrt aus (Bild 2). Sie beträgt bei 5 km Netzlänge und 148 Millionen Reisenden, die in Zürich 1952 befördert wurden, 2,1 Dpfg bei der unterirdischen Strassenbahn, 3,0 Dpfg bei der U-Bahn und 4,1 Dpfg bei der S-Bahn. Dazu kommen noch 0,11 Dpfg aus den Unterhaltungskosten für die ortsfesten Anlagen. Dem stehen aber wesentliche wirtschaftliche Gewinne gegenüber, und zwar infolge Wegfallen der Störreinflüsse des oberirdischen Verkehrs rd. 40 % Energieersparnis und rd. 25 % Fahrzeiteinsparnis, und dadurch ebenfalls rd. 25 % Personalersparnis für den Betrieb. Dies hat zur Folge, dass trotz des höheren Aufwandes für Anlage- und Unterhaltungskosten bei einem

¹⁾ C. Pirath: Das Grundproblem des öffentlichen Personen-Nahverkehrs in europäischen Grossstädten und seine Lösungsmöglichkeiten. «Zeitschrift für Verkehrswissenschaft», 1954, Heft 3/4.

²⁾ C. Pirath: Der Dualismus des öffentlichen und individuellen Verkehrs in Grossstädten und seine wirtschaftlichen Folgen. «Internationales Archiv für Verkehrswesen», 1954, Heft 21.

³⁾ W. Lambert: Die vertikale Auflockerung des Grossstadtverkehrs — Ein Raum- und Kostenproblem für das schienengebundene Verkehrsmittel. Dissertation Technische Hochschule Stuttgart 1954.

⁴⁾ W. Dörfler: Störsummanden für Fahrzeiten, Stromverbrauch und Haltestellenaufenthalte der Strassenbahnen. Dissertation Technische Hochschule Aachen 1953.

unterirdischen Strassenbahnnetz die gesamten Betriebskosten erst ab 8,4 km Netzlänge höher werden als bei dem entsprechenden oberirdischen Netz. Bei der U-Bahn und der S-Bahn sind diese Relationen nicht so günstig.

Das generelle Ergebnis der Untersuchung korrigiert die bisher verbreitete Ansicht, dass sich *unterirdische Schienenbahnen* erst bei Städten von mehr als 1 Million Einwohner empfehlen. Angesichts der heutigen Verkehrslage in den europäischen Grossstädten können solche vielmehr schon in Grossstädten von 500 000 Einwohnern an als ein volkswirtschaftlich und städtebaulich besonders wertvolles Mittel für eine Verkehrsanierung angesehen werden. Diese Feststellung ist deshalb von entscheidender Bedeutung, weil, wie oben ausgeführt, bei Städten von der Gröszenordnung Zürichs eine horizontale Auflockerung in der Form des Ersatzes der Strassenbahn durch Omnibusse ausfallen muss.

VI. Unterirdische Verkehrsnetze im Raum Zürich

Die *Bedingungen* für die Anlage unterirdischer Verkehrsnetze im Raum Zürich sind nicht alle günstig. Die Flussläufe der Limmat und der Sihl zwingen zu kostspieligen Flussunterfahrungen, weil oberirdische Flussüberquerungen in der Form von Hochbahnen aus städtebaulichen Gründen ausfallen müssen. Der relativ hohe Grundwasserstand und die geologisch wechselnde Beschaffenheit der Bodenarten sind weitere Erschwerungen, die eine behutsame Netzplanung angezeigt sein lassen. Nicht einfach ist außerdem wegen der topographischen Verhältnisse die Schaffung einer befriedigenden Verkehrsbedienung des Stadtteiles östlich der Limmat. Schliesslich muss eine Netzform gefunden werden, die einen stufenweisen Ausbau ermöglicht, wobei jede einzelne Bauweise schon einen verkehrlichen Effekt bringen soll. Auch die organisatorische Seite ist von Bedeutung, indem die bisherige saubere Trennung der Interessengebiete zwischen den städtischen Verkehrsbetrieben (Stadtverkehr) und den Bundesbahnen sowie der Sihltalbahn (Vorortverkehr) im Prinzip möglichst erhalten bleiben sollte.

Von den Gutachtern wurden 4 *Planungsfälle* untersucht, denen der vergleichenden Uebersicht halber auch das derzeitige oberirdische Verkehrsnetz gegenübergestellt wurde.

Die Netzlösungen

1. Das oberirdische Strassenbahn- und Omnibussystem,
2. Rahmenentwurf eines Unterplaster-Strassenbahnsystems,
3. Rahmenentwurf eines U-Bahnsystems,
4. Rahmenentwurf eines S-Bahnsystems,
5. Ausführungsvorschlag für ein unterirdisches Schnellstrassenbahnsystem

wurden einander nach folgenden *Gesichtspunkten* gegenübergestellt:

Grundnetz nach Linienführung und Betrieb,
Netzteil im Stadtzentrum,
Bauperioden und Baukosten,
Einflusszonen und Zubringerverkehr.

Es muss im vorliegenden Rahmen genügen, die wichtigsten Ergebnisse dieser umfangreichen Einzeluntersuchungen stichwortartig zu kommentieren:

1. Das oberirdische Strassenbahn- und Omnibussystem

Es handelt sich um das heutige Nahverkehrsnetz, das in Bild 3 mit seinen Einflusszonen dargestellt ist. Seine *Charakteristika* sind: organische Netzstruktur (radiale Strassenbahnlinien zu den wichtigsten Aussenbezirken, Omnibuslinien als Zubringer zur Strassenbahn usw.); hohe Bequemlichkeit (direkte Strassenbahnlinien aus W, O, NO, SO zu den Hauptknotenpunkten Bahnhofplatz und Paradeplatz im Stadtzentrum, wenig Umsteiger); zur Verkehrsdichte proportionale Liniendichte (2—5 Strassenbahnlinien auf den Sammelstrecken der Innenstadt, zwei Linien auf den Hauptausfallstrassen); ausreichende Netzdichte (vgl. BII).

15 Strassenbahnlinien mit 65 km zweigleisiger Netzlänge, drei Obuslinien mit 15 km Netzlänge und zehn Omnibuslinien mit 42 km Netzlänge bedienen gemäss Bild 3 nahezu das gesamte bebaute Gebiet der Stadt.

2. Rahmenentwurf eines Unterplaster-Strassenbahnsystems

Die Planungsgrundsätze des in Bild 4 mit seinen Einflusszonen dargestellten Netzes entsprechen dem Verlauf des

heutigen oberirdischen Netzes gemäss 1. *Charakteristika*: schlechte Verkehrsbedienung der Stadtteile östlich der Limmat; nur teilweise Entlastung der Strassen von öffentlichen Verkehrsmitteln (sechs oberirdische Linien befahren noch innerstädtische Strassen); Tauchrampen noch innerhalb der City; Netzlänge 6,6 km mit zehn Stationen; begrenzte Leistungsfähigkeit des Netzes, da die drei Trennungs- und Kreuzungsbahnhöfe schienengleiche Kreuzungen aufweisen; spätere Umstellung von Strassenbahn- auf U-Bahnbetrieb nicht vorgesehen; fünf Baustufen zu je fünf Jahren.

Gemäss Bild 4 stoßen die Zubringer-Omnibuslinien zum Teil erst am Rande der City auf eine Strassenbahnstation. Es muss wegen der relativ kurzen unterirdischen Strecken und der Zeitverluste durch Umsteigen insgesamt mit Fahrzeitverlusten gerechnet werden.

3. Rahmenentwurf eines U-Bahnsystems

Die Planungsgrundsätze beruhen darauf, dass ein U-Bahnnetz sich auf weniger Strände beschränken muss als ein unterirdisches Strassenbahnnetz. Das U-Bahnnetz gemäss Bild 5 benötigt zur Bedienung der Zwischengebiete oberirdische Verkehrsmittel, vornehmlich Omnibusse. *Charakteristika*: geringe Bequemlichkeit, da hohe Umsteigehäufigkeit; sehr grosse Netzlänge von 28 km mit 41 Stationen; reichliche Leistungsreserven, da hohe Streckenleistungen; vorübergehender Betrieb mit unterirdischen Strassenbahnen möglich; fünf Baustufen zu je fünf Jahren, wobei erst nach der vierten Baustufe eine nennenswerte Entlastung der Innenstadt von oberirdischen Nahverkehrsmitteln eintritt.

Tabelle 2. Streckenlängen, Ausbaustufen und Baukosten der untersuchten Lösungen für ein unterirdisches Nahverkehrsnetz in Zürich

Bezeichnung des Verkehrsnetzes	Streckenlänge km	Baukosten		Bezeichnung des Verkehrsnetzes	Streckenlänge km	Baukosten	
		für 1 km	in Mio DM im ganzen			in Mio DM für 1 km	in Mio Sfr
I. Unterpfaster-Strassenbahn-System, Rahmenentwurf							
Bleicherweg - Beckenholz	2,6	14,46	37,6	47			
Badenerstrasse - Bellevueplatz	2,0	15,52	30,5	38			
Birmensdorferstr. - Limmatstr.	1,9	15,26	29,0	36			
Summe I	6,5	14,94	97,1	121			
II. Untergrundbahn-System²⁾, Rahmenentwurf							
<i>1. Grundnetz</i>							
Schlieren - Tiefenbrunnen	8,7	19,06	165,8	207			
Industriegebiet - Seilbahn Rigi- viertel	8,6	22,22	191,1	239			
Oerlikon - Wollishofen	10,3	17,90	184,4	231			
Summe II ¹⁾	27,6	19,61	541,3	677			
2. Erweitertes Netz, Grundnetz	27,6	19,61	541,3	677			
Affoltern - Schwamendingen	7,2	18,46	132,9	166			
Summe II ²⁾	34,8	19,37	674,2	843			
III. Schnellbahn (S-Bahn)-System²⁾							
<i>Rahmenentwurf</i>							
Wollishofen - Oerlikon	6,9	19,43	134,1	168			
Tiefenbrunnen - Schlieren	8,8	25,35	223,1	279			
Summe III	15,7	22,75	357,2	447			
IV. Unterird. Schnellstrassenbahn-System, Ausführungsvorschlag							
<i>1. Grundnetz</i>							
Bleicherweg - Paradeplatz - Sternen Oerlikon	5,3	14,64	77,6	97			
Bellevue - Sihlporte - Limmatstr.	3,4	17,32	58,9	74			
Badenerstrasse - Sihlporte - Uni- versitätsstrasse	3,9	14,62	57,0	71			
Summe IV ¹⁾	12,6	15,36	193,5	242			
<i>2. Grundnetz mit Erweiterungen</i>							
Bederstrasse - Seestrasse - Sternen Oerlikon	6,6	14,15	93,4	117			
Seefeldstrasse - Limmatstrasse	4,4	16,09	70,8	89			
Badenerstr. - Birmensdorferstr. - Universitätsstr. - Heimplatz	5,3	14,34	76,0	95			
Summe IV ²⁾	16,3	14,74	240,2	301			

¹⁾ Die Baukosten in Sfr liegen 25 % höher als in DM.

²⁾ Bei dem U-Bahn- und S-Bahn-System erhöhen sich die Anlagenkosten der festen Anlagen um 30 % für die Beschaffung der Fahrzeuge, während die Neubeschaffung der Omnibusse für den Zubringerverkehr in der Hauptsache aus den Abschreibungsquoten der fortfallenden Strassenbahnlinien gedeckt werden kann.

Gemäss Bild 5 sind grosse Teile des Stadtgebietes durch das Netz nicht erfasst. Es entstehen also entweder weite Fussgängerwege zu den Stationen oder ein sehr dichter Zubringerverkehr mit Omnibussen, dessen Wirtschaftlichkeit zweifelhaft ist.

4. Rahmenentwurf eines S-Bahnsystems

Die Planungsgrundsätze beruhen darauf, dass die S-Bahnlinien in den Aussenbezirken von den Bundesbahnlinien oberirdisch abzweigen und von dort ab unterirdisch in Form eines Kreuzes durch die Innenstadt geführt werden, wobei Zugübergänge Bundesbahn-S-Bahn möglich sind. Der für die Umgestaltung der Eisenbahnanlagen vorgesehene grosszügige Ausbau der zum Hauptbahnhof führenden Bundesbahnlinien und des Hauptbahnhofes selbst kann vermieden werden, wenn besonders in der Zeit der Verkehrsspitzen die Vorort- und Bezirkszüge über die neuen S-Bahnstrecken geleitet werden. Das S-Bahnnetz gemäss Bild 6 benötigt ebenso wie das U-Bahnnetz zur Bedienung der Zwischengebiete zahlreiche oberirdische Nahverkehrsmittel, vornehmlich Omnibusse. Die beiden S-Bahnlinien kreuzen sich in einem Turmbahnhof unter dem Pelikanplatz. *Charakteristika*: geringe Bequemlichkeit, da hohe Umsteigehäufigkeit wie beim U-Bahnnetz; 16 km Netzlänge mit 15 Stationen; weit über den Verkehrsbedarf hinausgehende Leistungsreserven, so dass der Verzicht auf den grosszügigen Umbau der Bundesbahnanlagen ohne wei-

Tabelle 3. Streckenlängen und Baukosten der einzelnen Ausbaustufen des Ausführungsvorschlags für ein unterirdisches Schnellstrassenbahn-System in Zürich

Bezeichnung des Verkehrsnetzes	Streckenlänge km	Baukosten		Bezeichnung des Verkehrsnetzes	Streckenlänge km	Baukosten	
		für 1 km	in Mio DM im ganzen			in Mio Sfr	in Mio
I. Grundnetz							
<i>1. Ausbaustufe:</i>				Bleicherweg - Rampe Beckenholz	2,48	16,29	40,4
Limmattstr. - Hauptbahnhof	0,79	14,68	11,6				
Badenerstr. - Uraniastrasse	1,28	16,64	21,3				
Paradeplatz - Bellevue	1,10	13,73	15,1				
Summe 2	3,17	15,14	48,0				
<i>3. Ausbaustufe:</i>				Rampe Birmensdorferstr.	0,33	10,91	3,6
Uraniastr. - Universität - Gloriastr. - Heimstrasse	3,24	12,14	27,2				
Summe 3	2,57	11,98	30,8				
<i>4. Ausbaustufe:</i>				Rampe Beckenholz - Sternen Oerlikon	2,43	12,43	30,2
<i>5. Ausbaustufe:</i>				Hauptbahnhof - Sihlporte - Paradeplatz - Talackerstr.	1,53	16,47	25,2
				Paradeplatz - See	0,42	12,86	5,4
				Wendegleis Bellevue	(0,74)	6,62	4,9
				Wendegleis Heimplatz	(0,51)	7,45	3,8
				Betriebsbahnhöfe und Abstellanlagen	—	4,8	6
Summe 5	1,95	—	44,1				
II. Grundnetz mit Erweiterungen							
<i>1. Bederstr. - Seestr. - Parade- platz - Sternen Oerlikon</i>				Bederstr. - Seestr. - Bleicherweg	5,3	14,64	77,6
<i>Verlängerung:</i>					1,3	12,15	15,8
				Summe 1	6,6	14,15	93,4
<i>2. Seefeldstr. - Bellevue - Sihlporte - Limmatstrasse</i>				Summe 2	4,4	16,09	70,8
<i>Verlängerung:</i>							
<i>3. Badenerstr. - Birmensdorfer- str. - Sihlporte - Universitäts- str. - Gloriast. - Heimplatz</i>				Summe 3	5,3	14,34	76,0
<i>Verlängerung:</i>							

teres verantwortet werden kann; fünf Baustufen zu je fünf Jahren.

Gemäss Bild 6 wird ein vollständiges Zubringer-Omnibusnetz eingerichtet werden müssen, das die nicht erschlossenen Gebiete an die S-Bahnstationen heranbringt und das wegen der grossen Haltestellen-Abstände der S-Bahn in der Innenstadt auch über diese hinweg ausgedehnt werden muss.

VII. Ausführungsvorschlag für ein unterirdisches Schnellstrassenbahnenetz

Die Planungsgrundsätze des in Bild 7 mit seinen Bauperioden dargestellten Schnellstrassenbahnenetzes bestehen aus einer Kombination derjenigen des Unterplaster-Strassenbahnenetzes (hohe Bequemlichkeit) und derjenigen des U-Bahnnetzes (zügige Linienführung). Untersucht sind ein Grundnetz sowie ein solches mit Erweiterungen für die spätere Zukunft. *Charakteristika:* bequeme Direktverbindungen zur Innenstadt, vor allem aus den ständig wachsenden Wohngebieten im Norden durch den Strassenbahntunnel Oerlikon-Hauptbahnhof mit nur einer Zwischenhaltestelle Schaffhauserplatz; auf Strassenbahnstrecken mit nur einer Strassenbahnenlinie Umstellung auf Omnibusverkehr (Linie 1, 8, 9); neue Omnibusquerverbindungen, wodurch auch die Strassenbahnenlinien 6 und 15 entfallen; sämtliche innerstädtischen Strassen und Ausfallstrassen nach Norden werden schon nach der dritten Baustufe schienenfrei; Netzlänge 12 km mit 13 Stationen; spätere Umstellung auf echten U-Bahnbetrieb möglich, wodurch zwar kaum an Fahrzeit eingespart, aber das Platzangebot gesteigert wird; fünf Baustufen zu je fünf Jahren, von denen jede einzelne spürbare Entlastungen der Strassen von Nahverkehrsmitteln bringt.

Gemäss Bild 8 mit den Einflusszonen und dem Zubringerverkehr des Systems liegen grössere zusammenhängende, durch Strassenbahnen nicht erschlossene Bebauungsflächen nur im Anschluss an bestehende Strassenbahnenlinien in den Aussengebieten. Diese können ohne weiteres über ihre jetzigen Endstationen hinaus verlängert werden. Im übrigen ergeben sich aus dem Zubringerverkehr keine Schwierigkeiten.

Auf die Erörterung der untersuchten zahlreichen sonstigen Einzelheiten des Ausführungsvorschages muss an dieser Stelle verzichtet werden.

VIII. Kriterium für die Wahl des Ausführungsvorschages

Von den untersuchten vier Planungsfällen ist derjenigen Lösung der Vorzug zu geben, die bei folgenden fünf *Gesichtspunkten* optimale Wirkungen erzielt:

1. Entlastung des Oberflächenverkehrs im Stadtzentrum und ungestörter Ablauf des öffentlichen Verkehrs;
2. Besserer Anschluss der Stadtteile östlich der Limmat an das öffentliche Verkehrssystem;
3. Steigerung der Leistungsfähigkeit mit dem Wachsen der Stadt;
4. Verkürzung der Reisezeiten Aussenzonen-Stadtzentrum;
5. Organisatorischer Einbau des neuen öffentlichen Verkehrssystems in den bestehenden Zustand vom technischen und finanziellen Standpunkt.

Untersucht man das Mass der *Entlastung des Oberflächenverkehrs* durch Herausnahme der Strassenbahn, so stellt man zunächst fest, dass — wie bereits erwähnt — ein Ersatz durch Omnibusse allein nicht in Betracht kommt, da mit 1170 während der Spitzenstunde im Stadtzentrum verkehrenden Omnibussen zu grosse Verkehrsverstopfungen entstehen würden. Wird die Zahl der Omnibusse im Stadtzentrum bei vollem Ersatz der Strassenbahn mit 100 % angesetzt, so ergeben sich für die vier Planungsfälle folgende Prozentsätze von Omnibussen, die zur Unterverteilung des Verkehrs noch erforderlich sind:

Unterplaster-Strassenbahnenetz	42,2 %
U-Bahnnetz	51,1 %
S-Bahnnetz	71,1 %
Unterirdisches Schnellstrassenbahnenetz	17,8 %

Der Ausführungsvorschlag ist daher im Hinblick auf die Entlastung der Verkehrskonzentration in der Innenstadt mit Abstand die günstigste Lösung.

Weitere Vergleiche zwischen den vier Planungsfällen führen zu folgenden Ergebnissen: Bezuglich der Verkehrsbedienung der Stadtteile östlich der Limmat ist der Ausfüh-

rungsvorschlag am günstigsten. Bezuglich der Ersparnis an Reisezeiten ist er mindestens ebenso günstig wie die U-Bahn und die S-Bahn, wenn man alle Reisenden im gesamten Stadtgebiet berücksichtigt.

Besonders wichtig ist die *finanzielle Seite*. Gemäss Tab. 2 sagt ein Kostenvergleich der vier Planungsfälle aus, dass Fall 1 (unterirdische Strassenbahn) 121 Mio Sfr., Fall 2 (U-Bahn) 677 Mio Sfr., Fall 3 (S-Bahn) 447 Mio Sfr. und Fall 4 (unterirdische Schnellstrassenbahn) 242 Mio Sfr. kostet. Zu den Baukosten von Fall 2 und 3 kommen aber noch weitere 30 % für die Beschaffung der neuen Fahrzeuge, während dies bei den Fällen 1 und 4 im Rahmen der normalen Abschreibung erfolgen kann. Der Ausführungsvorschlag Fall 4 ist also, nachdem Fall 1 aus verkehrlichen Überlegungen entfällt, auch von der Seite der Mittelbeschaffung her die günstigste Lösung. Tab. 3 gibt Aufschluss über die Aufteilung der Baukosten auf die fünf Baustufen. Demnach werden bis zur 3. Baustufe, in welcher die völlige Schienenfreiheit der Innenstadt erreicht wird, 149 Mio Sfr benötigt.

Diesen Ausgaben stehen die unter BV behandelten *Ersparnisse* gegenüber, die für ein unterirdisches Schnellstrassenbahnenetz bis zu 8,4 km Länge ausreichen, um den gesamten Kapital- und Unterhaltungsdienst für die unterirdischen Tunnelanlagen zu decken. Ein ähnliches Ergebnis ist bei den Fällen 2 und 3 (U- und S-Bahn) wegen der verbleibenden grossen Zahl von Omnibussen mit ihren Verstrickungen in die Engpässe des Innenstadtnahverkehrs nicht zu erreichen.

Für die *Aufbringung der Baumittel* wird vorgeschlagen, die Rohbaukosten der Tunnelanlagen, die 70—75 % der Gesamtkosten ausmachen, durch die öffentliche Hand bereitzustellen, da auch der Verkehrsweg für den individuellen Verkehr durch sie bereitgestellt wird und beide Verkehrserscheinungen, sowohl der öffentliche wie der individuelle Verkehr, aus der Herausnahme des öffentlichen Verkehrs in eine andere Ebene in gleichem Masse Vorteile ableiten können.

IX. Das Problem der Arbeitszeit

Die Frage der gebrochenen oder durchgehenden Arbeitszeit hängt von vielen Momenten ab, die im Rahmen dieses Gutachtens nicht zu erörtern sind. Es ist jedoch eindeutig, dass bei Einführung der durchgehenden Arbeitszeit erhebliche Entlastungen im Verkehrsablauf eintreten würden, da dann die besonders unangenehme kurze und hohe *Mittagsspitze* wegfallen würde. Die Gesamtfrage der Arbeitszeit sollte daher einer ernsthaften Prüfung unterzogen werden.

Schluss folgt.

Schneemengenmessung in Oesterreich

DK 551.508.77

Von Dipl. Ing. Otto Lanzer, Sektionsrat im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft in Wien, erhalten wir folgende Zuschrift:

In Heft Nr. 21, S. 320, des laufenden Jahrgangs Ihrer geschätzten Zeitschrift bringen Sie einen Bericht über unbemannte Stationen zur Niederschlagsmessung mit drahtloser Weitergabe der Messwerte, die im Gebiete des Sacramento-Flusses in den USA aufgestellt sind. Gestatten Sie mir, in diesem Zusammenhang mitzuteilen, dass wir in Oesterreich ein ähnliches Gerät, allerdings nur zur Messung der in fester Form gefallenen Niederschläge, genauer gesagt, zur Messung des jeweiligen Wasserwertes der Schneedecke in Erprobung haben. Die Messung der festen Niederschläge stellt ja besonders im Gebirge eine schwer lösbare Aufgabe dar. Selbst wenn man davon absieht, dass man sich dort nur auf sehr wenige ständig bewohnte Siedlungen, Unterkunftshütten oder dgl. stützen kann, von denen aus die Beobachtungen auch im Winter durchgeführt werden könnten, bietet auch die Technik dieser Beobachtungen selbst viele, bisher kaum überwindbare Schwierigkeiten. Fest steht jedenfalls, dass Auffanggefäß aller Art, z. B. Totalisatoren oder Ombrometer, deren in Oesterreich verwendete Regelausführung 500 cm² Auffangfläche besitzt, nur einen Teil der tatsächlich fallenden Niederschläge erfassen. Ein erheblicher Prozentsatz geht — hauptsächlich infolge Windwirkung, Windstau und Luftwirbelbildung — gar nicht in das Auffanggefäß oder wird aus ihm wieder herausgeweht. Wie gross aber der gemessene Anteil