8 km unterirdisch: die Wahl der Linienführung und ihre Folgen

Autor(en): **Zuber, P.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **104 (1986)**

Heft 22

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-76167

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

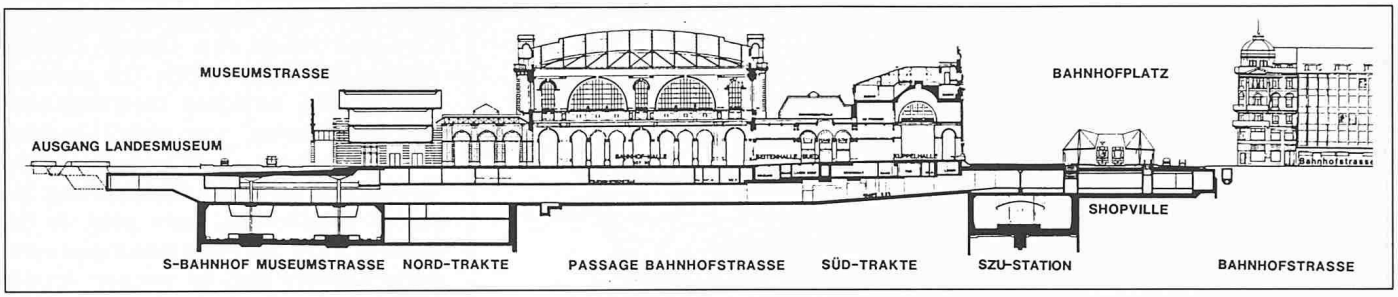


Bild 10. Längsschnitt durch die projektierte Unterführung Bahnhofstrasse

eine unerlässliche Voraussetzung für einen Halbstundentakt im Fernverkehr, wie er den Zielen des Projekts Bahn 2000 entspricht. Im einzelnen geht es um den Bau einer zweiten Doppelspur in Richtung Altstetten, die Verbelasteten Vorortslinie, könnte gleichzeitig ein zweiter Halbstundentakt im Schnellzugverkehr überlagert werden (Bild 8). Das Projekt ist ausgewogen, beinhaltet nur das, was zum Erreichen der gesteckten Ziele notwendig ist und verweist Wünschbares in eine spätere Zeit. Auf Bauherrenseite liegt unser Problem weniger auf der technischen Ebene, als bei der Bewältigung des baulichen Zusatzvolumens, um so mehr als auch im engen Bereich des Hauptbahnhofs jene Teile unseres neuen Gesamtprojekts für den Knotenpunkt Zürich, die erste Priorität beanspruchen, entweder bereits in Angriff genommen worden sind oder bald baureif sein werden. Wir rechnen für sie mit einem Aufwand von 450 bis 500 Mio Franken. Sie haben alle zum Ziel, die Kapazität dieses grössten und umsatzstärksten Personenbahnhofs der Schweiz im Blick auf den kommenden S-Bahnbetrieb flankierend zu steigern, bilden aber auch besserung der Gleistopologie im Vorbahnhof samt Anpassung und Ergänzung der Sicherungsanlagen. Ferner gehören dazu die Verlängerung und Erweiterung der Perronanlage, das Einrichten eines computergesteuerten Betriebsleitsystems sowie als Kernstück der Umbau des Bahnhofgebäudes selbst zu einem attraktiven Umsteigezentrum mit einem Angebot verschiedenster Dienstleistungen und Fussgängerverbindungen, die jeder voraussehbaren Belastung in den Flutstunden gewachsen sein werden (Bild 9 und 10).

Dieser Umbau des Hauptbahnhofs ist tunlichst jetzt und nicht erst nach 1990 an die Hand zu nehmen. Erstens ist es das Ziel der SBB, das Angebot 2000 schrittweise, mit ersten Teilverbesserungen schon ab Fahrplanwechsel 1987 einzuführen. Ausserdem haben wir ab 1990 noch mehr Pendler, die wir mit dem Bau behindern würden. Das wäre ein Attraktivitätsverlust, ausgerechnet in der Anlaufphase der S-Bahn, den wir uns nicht leisten können.

Natürlich ist diese Massierung von Bauvorhaben auf engem Raum für alle Beteiligten problematisch; sie ist aber auch eine Herausforderung. Mit dem Bau des Hauptbahnhofs schlagen wir eine Brücke von der S-Bahn zum Projekt Bahn 2000, von der Gegenwart in die Zukunft. Die Chance ist einmalig. Wir hoffen, sie werde auch ausserhalb der SBB in ihrer vollen Bedeutung erkannt.

Damit schliesse ich den Kreis meiner Gesamtbetrachtung und wende mich nochmals kurz der S-Bahn-Neubaustrecke zu. Beim Beginn der zweiten Halbzeit darf festgestellt werden, dass das Bauprogramm eingehalten ist. Wir haben die Kosten im Griff und wissen, wo die Probleme liegen. Einige davon betreffen auch den Untertagbau. Davon wird in den nachfolgenden Referaten im einzelnen die Rede sein.

Von seiten der Bauherrschaft bemühen wir uns, das Schiff bis zum Ende weiter auf gutem Kurs zu halten. Ich danke allen unter Ihnen, die uns dabei geholfen haben und auch in Zukunft unterstützen werden.

Adresse des Verfassers: *M. Glättli*, dipl. Ing. ETH, Oberingenieur, SBB-Bauabteilung Kreis III, Kasernenstr. 97, 8021 Zürich.

S-Bahn Zürich

8 km unterirdisch: Die Wahl der Linienführung und ihre Folgen

Von P. Zuber, Zürich

Zum Anlass der SIA/SGBF-Fachtagung vom 29. Mai 1986 beschäftigen wir uns mit besonderen Folgen der S-Bahn. 12 km Neubaustrecke, davon – was hier besonders interessiert – 8 km unterirdisch, in 5 bergmännisch vorgetriebenen Tunnels und in ebensovielen Tagbauabschnitten. «Musterbeispiele moderner Ingenieurkunst» nennt sie freundlicherweise die Einladung zur Fachtagung; jedenfalls sind es eindrückliche, technisch hochstehende Bauwerke, die Scharen von Arbeitern und Ingenieuren beschäftigen und zurzeit täglich gegen eine Million Franken kosten. Ausgelöst wurde indessen alles durch die Wahl der Linienführung, und die Frage stellt sich unwillkürlich, ob man dieser wohl damals die gleiche Sorgfalt habe angedeihen lassen wie heute der Lösung unzähliger Einzelprobleme.

Mehrere Gründe für die Wahl der Linienführung

Die Linienführung der Neubaustrecke (Bild 1) geht auf die 60er-Jahre, zum Teil schon auf frühere Entwürfe zurück. Sie ist nicht auf einen Schlag entstanden, sondern aus Ideen und Fleissarbeit bis kurz vor der Volksabstimmung gereift und stellt im Ergebnis die Summe *mehrere verkehrspolitischer Anliegen* dar:

□ *Die Entlastung des Hauptbahnhofs:* Der Zürcher Hauptbahnhof operiert bekanntlich seit Jahren – mit Erfolg! – an der Kapazitätsgrenze. Eine spürbare Erhöhung der Anzahl Züge, die sowohl

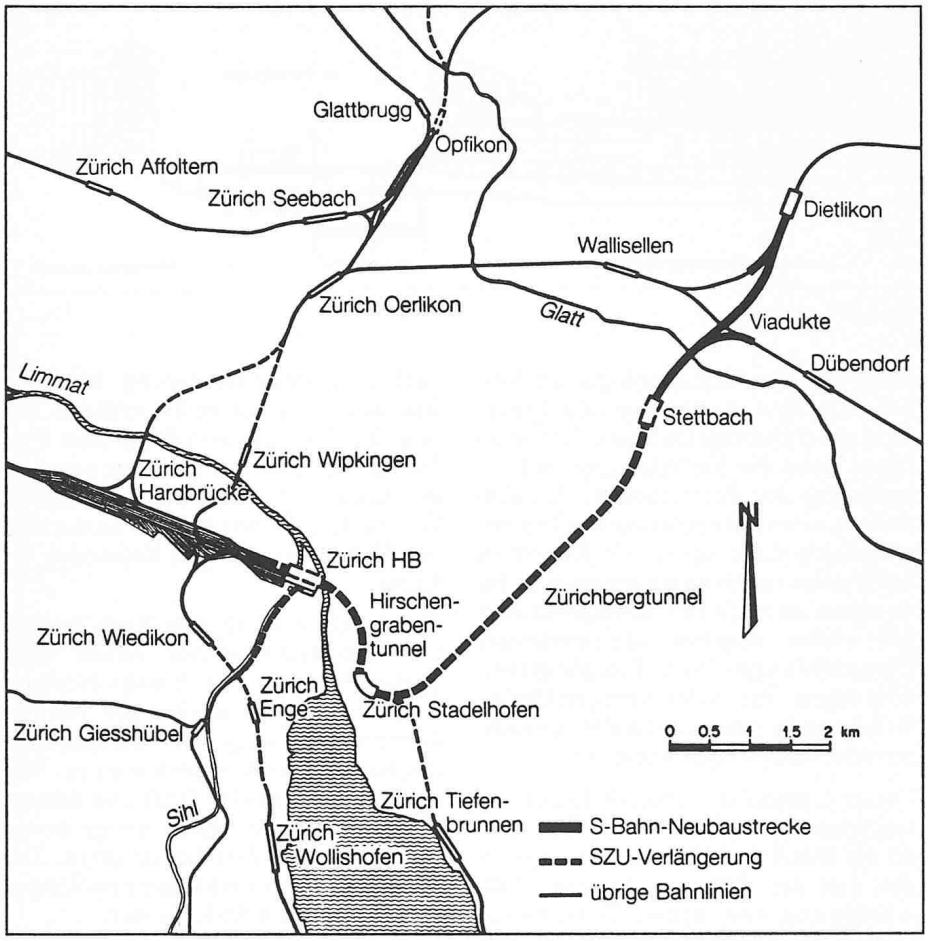


Bild 1. S-Bahn-Neubaustrecke

im Nah- wie im Fernverkehr erwünscht wäre, ist indessen ohne bauliche Erweiterung nicht mehr möglich.

□ *Das Öffnen des Hauptbahnhofs zum Durchgangsbahnhof:* Ein zeitgemässer Wunsch, der auch in Kopfbahnhöfen des Auslands verwirklicht wurde. Der augenfällige Vorteil des Kopfbahnhofs, dass der Zug mitten in die Bahnhofhalle unter die wartenden Leute fährt und ohne Über- oder Unterführungen erreicht werden kann, wiegt in unserem rationellen Urteil weniger schwer als der Nachteil, dass er mindestens 10 Minuten auf dem Gleis stehen bleibt; in derselben Zeit könnte man auf einem durchgehenden Gleis 4 Züge abfertigen, welch ein Unterschied im grössten Bahnhof der Schweiz! Darum entstehen jetzt 4 unterirdische durchgehende Gleise, die zusammen annähernd so viel Kapazität aufweisen wie die bestehenden oberirdischen 16 Gleise. Sinnvollerweise werden sie für den schnellen Regionalverkehr (S-Bahn) benützt, während die Intercity- und Schnellzüge, die ohnehin etwa 10 Minuten warten müssen, um die gegenseitigen Anschlüsse zu gewährleisten, oben bleiben.

□ *Durchmesserlinien:* Die Züge vom rechten Ufer allein reichen nicht aus, um den neuen Durchgangsbahnhof auszulasten, bzw. die Entlastung des Hauptbahnhofs wäre zu gering. Also wird die neue Linie fortgesetzt, bis sie auf die stark frequentierten Linien nach Winterthur und ins Zürcher Oberland trifft, jenseits des Zürichbergs – darum heisst sie auch «Zürichberglinie». Das dermassen ergänzte Netz, mit annähernd doppelter Kapazität im Zentrum ausgestattet, bietet die hochwillkommene Möglichkeit eines häufigeren und schnelleren Zugsangebots, mit neuen Verbindungen durch Zürich hindurch.

Die Ingenieure trachteten danach, diese *planerischen Ziele* mit minimalem baulichen Aufwand zu verwirklichen und fällten folgende Entscheide:

□ Die neuen Gleise des Hauptbahnhofs liegen, um kurze Verzweigungsstrecken zu erhalten, parallel zu den bestehenden Gleisen (Bild 2). Doch neben dem Hauptbahnhof ist kein Platz, schon gar nicht für Durchgangsgleise, also kann man sie bloss darüber oder darunter anordnen. Trotz künstlerischer Vorschläge für eine Hochlage (Wegmann, «Gambit») wählte man aus städtebaulichen und praktischen Gründen die Tieflage, und zwar neben dem Hauptbahnhof Seite Landesmuseum.

□ Die Weiterführung Richtung Stadelhofen trug der Geologie Rechnung: man mied den heiklen Baugrund der City und führte den Tunnel schnellstens in den sicheren Fels. Die geplante Station Uni, zwischen Hauptbahnhof und Stadelhofen, war nicht Ursache, sondern Folge der aus bautechnischen Gründen gewählten Linienführung. Sie wurde bekanntlich, man mag es bedauern, nicht ins Abstimmungsprojekt aufgenommen und im zweiten Anlauf 1984 von den Stimmbürgern von Stadt und Kanton abgelehnt.

□ Nördlich des Zürichbergs ist es kein Zufall, dass die Bahnlinie den Gemeindegrenzen folgt. Die dort bestehende Baulücke ermöglicht eine kostengünstige Trassierung.

Schliesslich setzt auch die *Bahntechnik* einige Randbedingungen zur Linienführung. Massgebend sind dabei die Anforderungen der S-Bahn-Züge, denn andere Zugsarten werden auf der Neubaustrecke höchstens in Ausnahmefällen verkehren.

□ Die Zugslänge beträgt maximal 300 m, die Geschwindigkeit geht bis 120 km/h (was Kurvenradien ≧ 625 m bedingt), wird aber zwischen Hauptbahnhof und Bahnhof Stadelhofen ohnehin nicht erreicht, also gilt dort 80 km/h mit Radien ≧ 280 m.

□ Das Gefälle könnte, wenn es nur auf die beschleunigungsstarken S-Bahn-Züge ankäme, recht steil sein, doch verkehren noch auf lange Sicht im Berufsverkehr Einsatzzüge mit 12 Wagen und einer Re 4/4-Lokomotive, womit das massgebende Gefälle (über 300 m) auf 27‰ begrenzt bleiben muss. Kurze, steile Rampen bis 40‰ sind möglich und stellenweise auch nötig, beispielsweise um unter den Häusern an der Rämistrasse durchzukommen.

Diese summarische Aufzählung, die alle Varianten beiseite lässt, soll darlegen, dass die nach damaligem Wissen *technisch günstigste und wirtschaftlichste Lösung* gewählt wurde. Wir haben die Linienführung heute nicht zu rechtfertigen, sondern zu realisieren, doch dürfte es interessieren, ob die am Bau gewonnenen Erfahrungen die seinerzeitige Wahl bestätigen.

Doch vorerst eine Zwischenbemerkung:

Der Aufwand für einen Entscheid ist nicht proportional zu seiner Tragweite

Wenn man den imposanten Aufwand kennt, mit dem heute die beste und billigste Methode für den Bau eines Tunnels von A nach B gesucht wird, so fällt auf, wie wenig seinerzeit für den letztlich bedeutsameren Entscheid aufgewendet wurde, ob der Tunnel überhaupt von A nach B (oder nicht besser nach C?) führen soll (Bild 3). Mit

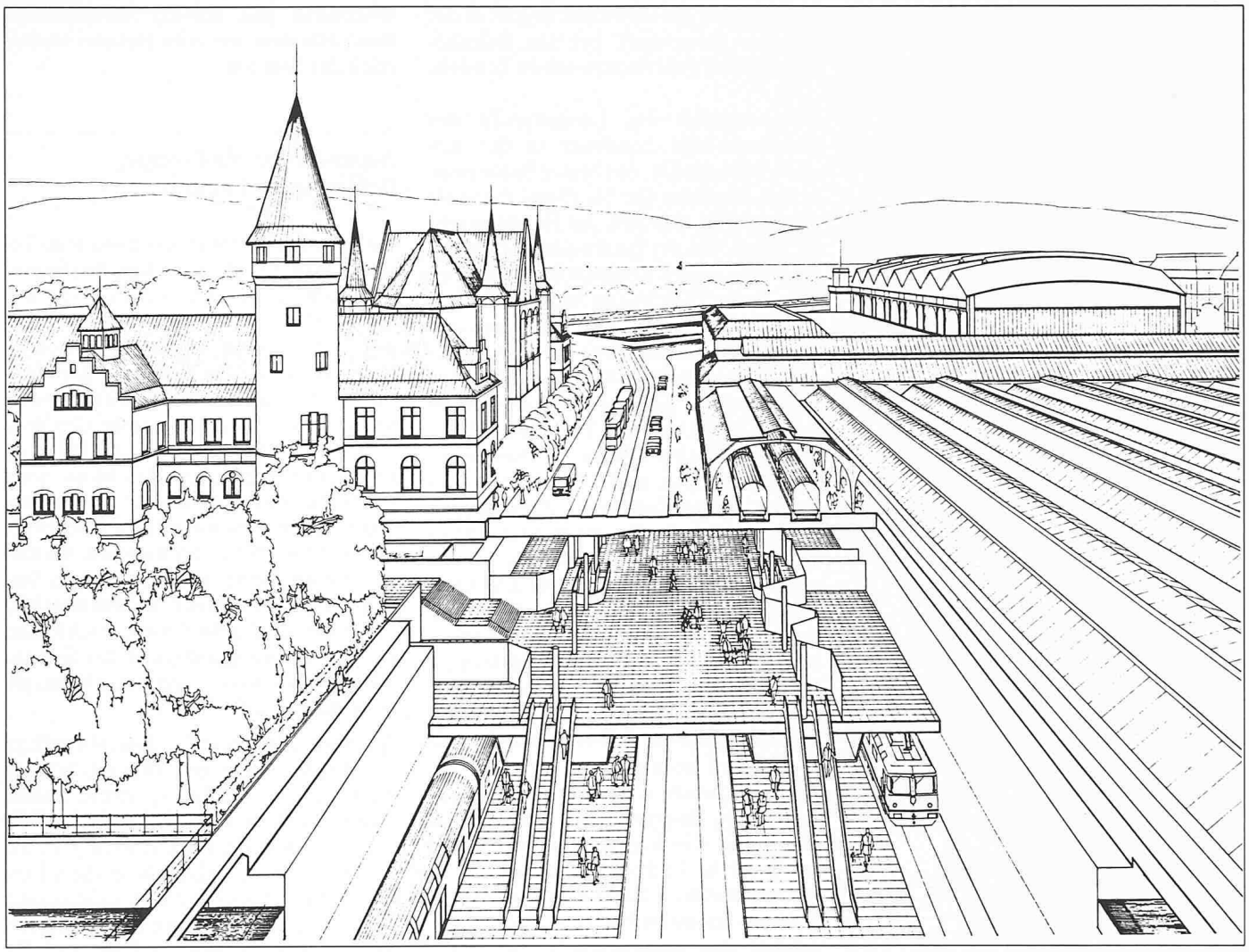


Bild 2. Zürich HB – Erweiterung zum Durchgangsbahnhof

einem Federstrich sozusagen wurden die Randbedingungen für Tausende von Arbeitsstunden gesetzt. Also doch zu wenig Sorgfalt damals?...

Ich glaube nicht, der Vergleich ist untauglich. Die Linienführung hatte sich nach dem Zweck der Bahn zu richten, beruhte also letztlich auf einem politischen Entscheid, der im Ermessensbereich liegt und daher weniger kostspieliger Abklärungen bedarf als ein technisches Detailprojekt. Baukosten dienten dem Vergleich verschiedener Varianten und als Grundlage für weiter gespannte Kosten-Nutzen-Überlegungen. Dafür genügten Erfahrungswerte. Zudem darf man nicht vergessen, dass die Verwirklichung der S-Bahn damals recht ungewiss war und dass verständlicherweise die Bereitschaft, Geld für ungewisse Abklärungen zur Verfügung zu stellen, gering war (Bild 4).

Wichtiger als die Höhe des Aufwands ist dessen Einsatz im richtigen Moment, unmittelbar vor dem Entscheid, wenn es gilt, echte Alternativen aufzuzeigen. Letztere entstehen bekanntlich erst so richtig in freier Konkurrenz und unter einem gewissen Druck, sei es in der politischen Ausmarchung um die Linienführung oder später im Wettbewerb um die günstigste Unternehmerofferte. Die Wahlfreiheit der Linienführung darf nicht «schleichend» und unnötig eingeengt werden, auch nicht durch an sich erwünschte Vorentscheide wie Landsicherung oder Vorinvestitionen. Ein gutes Beispiel – obschon nicht alles an der S-Bahn so systematisch geschah – stellt die 1978 im Zürcher Kantonsrat durchgeführte Debatte über die S-Bahn-Varianten «Ost» und «West» dar, die von verschiedenen Projektanten ausgearbeitet worden waren. Da wurden die verkehrspolitischen Meinungsstreite offen ausgetragen und der anschliessende klare Entscheid für die Variante «Ost» bildete die beste Grundlage, im richtigen Zeitpunkt, für die Ausarbeitung des Abstimmungsprojekts von 1981 (Bild 5 und 6).

Vergleich Planung – Realität: Leicht verschobene Gewichte bei den Kosten

Ein Blick auf die effektiven Kosten der Neubaustrecke zeigt, (Bild 7) wo auf-

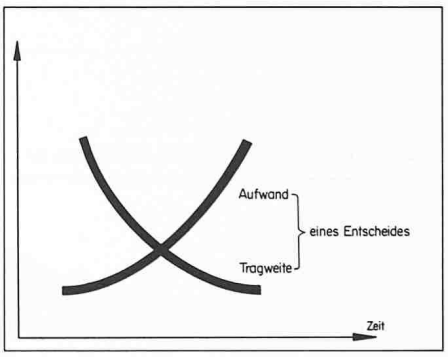
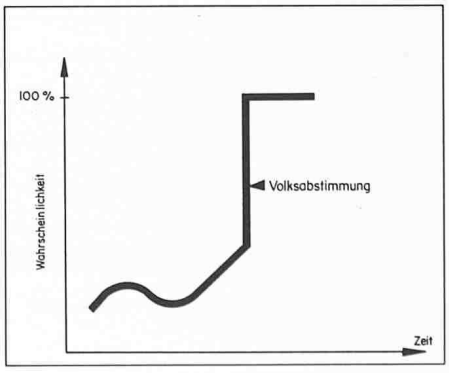


Bild 3. Der Aufwand für Entscheide nimmt zu, die Tragweite ab

Bild 4. Die Wahrscheinlichkeit des Baus der S-Bahn



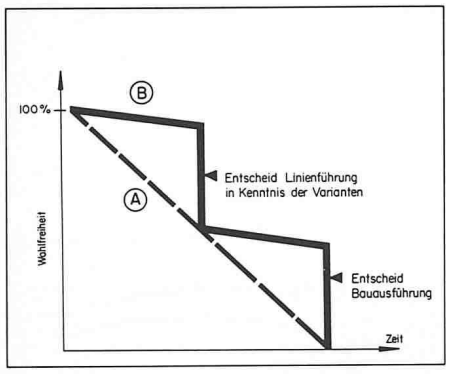


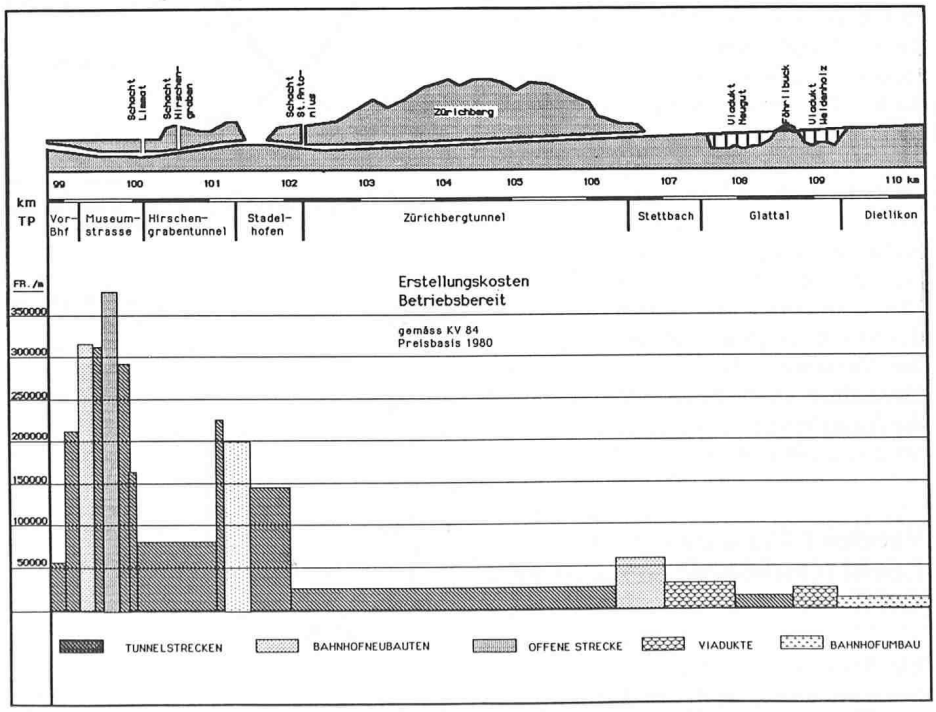
Bild 5. Die Wahlfreiheit der Linienführung soll nicht «schleichend» eingeengt werden (Kurve Ⓐ), sondern bewusst, stufenweise, in Kenntnis der Varianten

Bild 6. Zürichbergtunnel, Varianten Ost und West

wandmässig die Gewichte liegen: in der Zürcher Innenstadt, bei den Bahnhöfen, bei den oberflächennahen Tunnels.

Man erkennt das Längenprofil der Neubaustrecke unschwer in der Kostenkurve wieder; ein Meter Bahntrasse kostet am einen Ort bis 10mal mehr als am anderen, auf 28% der Neubaustrekke fallen 72% der Baukosten an. Gegenüber dem ersten Kostenvoranschlag hat sich diese Diskrepanz in der Realität noch ausgeweitet, das Schwergewicht der Kosten hat sich noch mehr in die innerstädtischen, oberflächennahen Tunnelabschnitte verlagert. Wir verdanken das ein Stück weit der Technik: mit raffinierten Baumethoden werden heute Flüsse, Strassen und Häuser, die man früher umgeleitet bzw. abgebrochen hätte, fast ungestört unterquert. Parallel dazu sind aber auch die Ansprüche gestiegen; man erwartet von den Ingenieuren, dass sie ihre Bahn diskret unter der Stadt erstellen, ohne das städtische Leben oder gar das Stadtbild zu stören. Die Bereitschaft, sowohl der Öffentlichkeit wie der Privaten, Eingriffe und Immissionen eines öffentlichen Werkes zu erdulden, ist im gleichen Mass gesunken, wie die Technik neue, schonende Bauverfahren ermöglichte; allerdings, wie Figura zeigt, nicht gratis. Dieselbe Technik hat es aber auch fertiggebracht, längere Tunnels in einem industrialisierten Verfahren schnell und kostengünstig zu bauen, vorausgesetzt, der Tunnel weist eine genügende Länge und Gleichmässigkeit auf wie zum Beispiel der Zürichbergtunnel. Bedeutend teurer sind Tunnelabschnitte mit ständig wechselnden Baumethoden, wie zum Beispiel im Bereich der Limmat.

Bild 7. Erstellungskosten pro m¹ Neubaustrecke



Anzustreben sind lange, tiefliegende Tunnels

Aus obiger Erkenntnis müsste man bestrebt sein, möglichst lange, tiefliegende Tunnels, im Fels und weg von der teuren Oberfläche zu bauen. Die gewählte Linienführung liegt also richtig, wenn sie unter die ETH, in den Fels zielt und nicht, wie es begreiflicherweise auch schon angeregt wurde, den Weg näher bei Bahnhofstrasse und Bellevue sucht. Preisgünstiger wäre bloss noch die seinerzeitige «Variante West», weniger wegen dem kürzeren Zürichbergtunnel, wie 1978 argumentiert wurde, als infolge Wegfallens des Bereichs Stadelhofen. Dafür hätte sie bekanntlich einen ganzen Stadtteil nicht erschlossen und die Leistungsfähigkeit der S-Bahn wäre bedeutend geringer ausgefallen als beim heutigen Projekt.

Auch im Längenprofil, dessen Einfluss auf die Kosten augenfällig ist, könnte man die Linienführung kaum besser wählen, sofern man die Bahnkunden möglichst nahe dorthin führen will, wo sie hin möchten, nämlich an die Oberfläche. Lange unterirdische Gänge sind nicht gefragt. Der Bahnhof Stadelhofen bleibt daher an heutiger Lage und die neuen Gleise des Hauptbahnhofs liegen nur gerade so tief unter dem Boden, dass die Sihl darüber hinweg fliessen kann. Dazwischen und hinter dem Bahnhof Stadelhofen taucht die neue Linie so steil in den Untergrund, als es das bahnbetrieblich zulässige Gefälle erlaubt. Tiefer könnte sie nur zu liegen kommen, wenn auch der Bahnhof Stadelhofen in den Untergrund verlegt würde, wie im Projekt 1973, was aber neben den Nachteilen für die Passagiere auch die Erstellung eines neuen Riesbachtunnels und somit Mehrkosten zur Folge hätte, ganz abgesehen von der städtebaulichen Fragwürdigkeit eines solchen Eingriffs.

Im Nahbereich wurden noch bis kurz vor der Abstimmung Änderungen an der Linienführung angebracht, um neuen Gegebenheiten Rechnung zu tragen:

☐ der Bau des «Publicitas»-Gebäudes am Neumühlequai bot Gelegenheit, die kurzfristige Baulücke zur Herstellung eines Deckels (= Fundamentplatte des neuen Gebäudes) für das künftige S-Bahn-Trasse zu nutzen, das deswegen seitlich verschoben wurde

☐ um rund 100 m seitlich verschoben wurde die unterirdische Station Stett-

bach, damit sie unter die projektierte und seither erstellte Tramschleife zu liegen komme.

Schlussbemerkung

Die Linienführung der S-Bahn scheint auch aus heutiger Sicht richtig gewählt worden zu sein. Neubaustrecken im Agglomerationsgebiet müssen auf eine zweite Ebene ausweichen, die im Stadtgebiet praktisch nur unterirdisch liegen kann. Tunnels sollten aus wirtschaftlichen Gründen lang und tief sein, anderseits erfordert die Kundenfreundlichkeit Stationen möglichst an der Oberfläche. Dank steiler Rampen konnten die unvermeidlichen teuren oberflächennahen Abschnitte kurz gehalten werden. Etwas unterbewertet wurden bei der Wahl der Linienführung die Probleme der provisorischen Bauzugänge (Schächte) für die innerstädtischen Tunnels.

Adresse des Verfassers: *P. Zuber*, dipl. Ing. ETH, Projektleiter S-Bahn, SBB-Bauabteilung Kreis III, 8021 Zürich.

S-Bahn Zürich

Limmatunterquerung

Bisherige Erfahrungen mit dem Gefrierverfahren

Von Rolf Egli, Zürich

Die beiden Baulose 2.04 und 4.03 zwischen dem neuen Bahnhof Museumstrasse und der Stampfenbachstrasse werden aufgrund eines Sondervorschlages bergmännisch aus dem Schacht Limmat heraus erstellt. In geologisch wechselnden Verhältnissen wird dabei das Gefrierverfahren unter extremen Bedingungen eingesetzt. Die vorhandenen Grundwasserverhältnisse und die geringe Überlagerung zwischen dem Tunnelscheitel und der Flusssohle verlangen zusätzliche, flankierende Baumassnahmen. Eine Serie von Messungen und Prüfverfahren sind für die Kontrolle der notwendigen Voraussetzungen und für die Überwachung der Bauwerkssicherheit während der Ausführung unerlässlich. Die Lokalisierung und nachfolgende Sanierung von geologisch bedingten Schwachstellen wird dargestellt. Der eigentliche Tunnelbau kann erst nach Erfüllung aller Randbedingungen erfolgen und bildet das letzte Glied einer langen Kette von Arbeiten.

Konzept

Die Unterfahrung der Limmat und des Neumühlequais erfolgen in Anbetracht verschiedener Vorteile bergmännisch, wobei das Gefrierverfahren zur Anwendung kommt [1], [2].

Durch die vom Bauherrn ausgewählte Kombilösung werden die beiden Baulose 2.04 und 4.03 miteinander verknüpft. (Bild 1).

Kennzeichnend für diese Baustelle ist die Vielfalt der Baumethoden, die auf engstem Raum angewandt werden. Es sind dabei zwei grundsätzlich verschiedene Bereiche zu unterscheiden.

Der Abschnitt von der Losgrenze beim Bahnhof Museumstrasse bis zum Schacht Bahnhofquai wird nach der Mailänder Methode mit Deckelbauweise erstellt; die Querung der Limmat und die anschliessende Doppelröhre unter dem Neumühlequai werden im bergmännischen Vortrieb aufgefahren.

Drei verschiedene Bauweisen prägen die Tunnelbauten, die aus dem Schacht Limmat (Bild 2) heraus ausgeführt werden. Das Kernstück bildet dabei der Teil unter der Limmat und die beiden Röhren bis zum Haus Publicitas; bei diesen Abschnitten wird das Gefrierverfahren angewandt. Beim Neubau des Publicitasgebäudes wurde seinerzeit das S-Bahntrasse bereits in die Planung einbezogen; dieser Abschnitt kann zwischen bestehenden Bohrpfahlreihen unter der Bodenplatte des Gebäudes ausgebrochen werden. Die restliche Tunnelstrecke bis zu Losgrenze verläuft in der Grundmoräne, die von der steil ansteigenden Molasse abgelöst

Bild 1. Situation Baulose 2.04 und 4.03

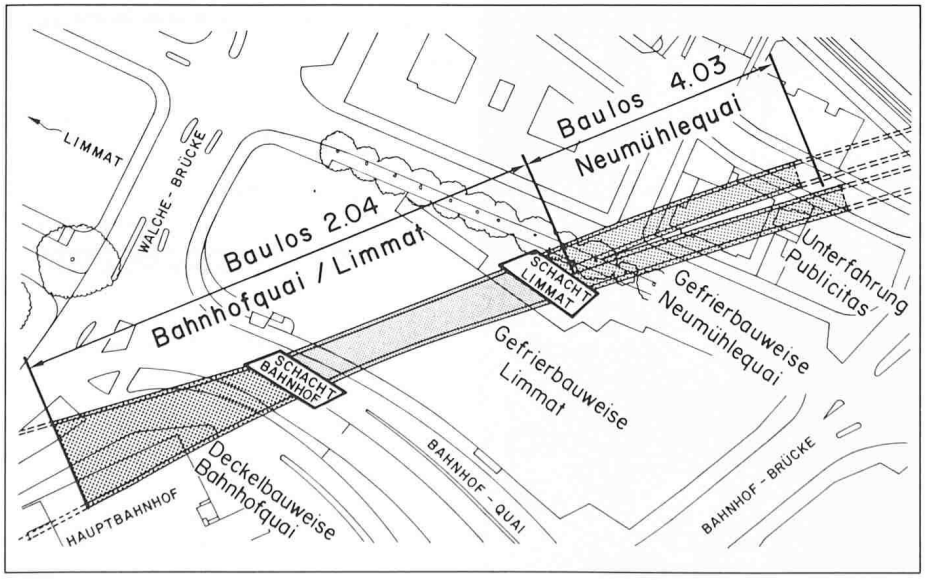
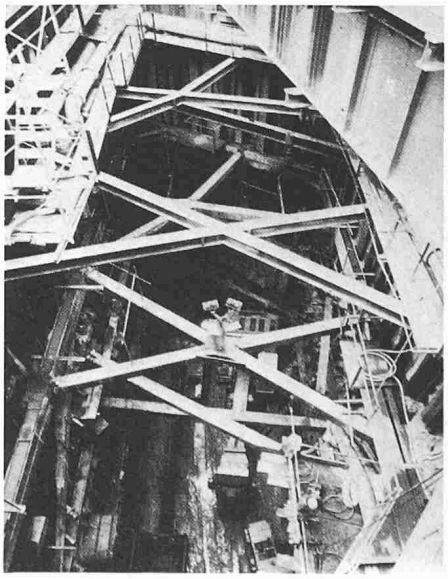



Bild 2. Schacht Limmat: Spriessung und Dienstbrücke; auf dem Schachtboden sind die drei Tunnelbaugeräte erkennbar