

# Bilanz des nachkriegszeitlichen weltweiten Tunnelbaues am Untergrundbahn-Sektor

Von Harald EICHER, Graz

(mit 1 Tafel , 4 Abb. und 5 Tab.)

1.	Zusammenfassung	97
2.	Einleitung	98
3.	Der städtische Untergrundbahn-Tunnelbau unter baulichen Zwängen und im umweltimmanenten Wirkungsgefüge	99
4.	Faktor Kostenbewältigung	107
5.	Metro-Tunnelbau im weltweiten Vergleich	110
6.	Metro-Netzlängen im weltweiten Vergleich	113
7.	Literatur	120

## 1. Zusammenfassung

Berücksichtigt man bei U-Bahnen die tatsächliche Netzlänge unter Tag, so ergeben sich gegenüber den Tabellen der Gesamtnetzlängen in VALENTA 1991 oder SCHLEIFE 1992 ganz andere Reihungen (Tab. 4). Beachtet man überdies noch die Einwohnerzahlen bzw. Einwohner-Einzugsgebiete (EW-Netzquoten unter Tag/1 Mio EW, Tab. 3) so ergibt sich eine noch größere Verschiebung der Rangordnungen. Größtes Hindernis sind die enormen Baukosten (Tab. 1, 2 mit jungen Preisvergleichen), die vor allem von den baugeologischen Schwierigkeiten, Rücksichtnahmen auf die Stadtkonfiguration (Baulose peripherer Linien im Gegensatz zu den CBD-Unterfahrungen), Bürgerbeteiligungs-Einsprüchen und der Verkehrs-Aufrechterhaltung während der Bauzeit diktiert sind. Die Begründungen zur Tab. 4 sind mannigfaltig und reichen von der Wohlhabenheit der Städte im allgemeinen über die Verkehrspolitik, klimatischen Szenarien (hoher Tunnelanteil in Städten mit strengen Wintern oder heißen Sommern), Prestige-Denken autoritärer Regime, bis hin zu baugeologischen Vorteilen. Es zeigt sich, daß im weltweiten Vergleich selbst so wirtschaftsstarke Länder wie die USA und Japan in der Dichte

der europäischen Metro-Netze (Gesamtnetz pro 1 Mio EW, Netze unter Tag pro 1 Mio EW) nicht mithalten können. Die Jahresvergleiche 1950, 1970, 1984, 1994 der derzeit 47 größten Netzlängen unter Tag zeigen (Tab. 4), daß vor allem erst die nachkriegszeitliche Metrobau-Hochkonjunktur zu dieser größten Tunnelbau-Aktivität der Welt geführt hat, wobei wir heute in einer Zeit des Hinzukommens zahlreicher neu beginnender Städte mit Metro-Verkehrssystemen leben. Außerhalb der in Tab. 4 aufgelisteten 47 großen Metro-Städte mit Tunnelkilometern von über 20 kommen heutzutage noch 90 weitere Metro-Städte (Stand 1994, in Bau befindliche Baulose mitgezählt) hinzu.

## 2. Einleitung

Bei der Ausarbeitung der Systematik eines Vorlesungszyklusses "Anthropogenetische Geomorphologie" (Technogene Formen) hat der Verfasser für die Technogenen Formen (DEMEK 1968, LOUIS 1968 nannte sie "Naturfremde Formen", vgl. auch EICHER 1991, 89) feststellen müssen, daß in keiner Literatur eine Zusammenfassung des neuen großstädtischen Tunnelbaues am Untergrundbahn-Sektor aufzufinden war.

Es mag verwundern, daß seit dem Tabellenanhang bei KUHLMANN 1981 sich niemand mehr die Mühe machte, auch die Netzlängen unter Tag zu recherchieren. Daher vermeiden auch alle Lexika, sogar die mit technischer Ausrichtung, eine genauere Stellungnahme. Man vermeidet offenbar die Mühe des Recherchierens, weil sich die Daten ohnehin laufend verändern und jene Tunnellängen, die gebracht werden, sind durchwegs weit entfernt vom aktuellen Stand.

Wenn man auf die Tunnellängen verzichtet und nur die reinen Netzlängen der Untergrundbahnen haben will, so liegen derzeit zwei recht gut aktualisierte Tabellen vor, nämlich bei VALENTA 1991, der anlässlich der Wiener U3-Baudokumentation sich um einen weltweiten Größenordnungsvergleich bemühte, und bei SCHLEIFE 1992, wo man nach Ansicht des Verfassers wohl den aktualisierendsten Stand des weltweiten Untergrundbahnbaues in interessanten Einzelbeschreibungen nachvollziehen kann. In beiden Arbeiten werden in den Tabellen des weltweiten Vergleiches alle möglichen Parameter aufgezeigt (Betriebsaufnahme, Anzahl der Linien, Fahrzeuge, der U-Bahnstationen, Streckenlänge, mittlerer Stationsabstand, Spurweiten, Betriebsspannung, Fahrgäste pro Jahr), die Netzlänge unter Tag schien den Ausarbeitenden jedoch kein Thema für die Auflistung zu sein. Dabei gibt es sehr viele Untergrundbahnen, deren Netzkonfigurationen weit von der wortwörtlichen Bezeichnung "U-Bahn" entfernt sind. Ein Geograph - ob Geomorphologe oder Verkehrsgeograph - ist sicherlich daran interessiert, auch einmal eine Reihung der U-Bahnen nach der Netzlänge unter Tag zu erfahren, zumal sich der weltweite

Untergrundbahnbau trotz gigantischer Baukosten in einer nicht abbrechenden Hochkonjunktur befindet.

Ähnlich wie VALENTA hat der Verfasser zur Komplettierung der Daten zahlreiche Mitteilungen der U-Bahnverwaltungen und Projektbeschreibungen der Zeitschrift TUNNELS & TUNNELING aufgearbeitet, nun aber mit dem Schwerpunkt Tunnelbau. Für die Aktualisierung bis 1994 war auch die unveröffentlichte Liste der Baulos-Meldungen an die ITA-Working-Group (International Tunneling Association) sehr hilfreich, eine Auflistung, die meist nur bei den Ingenieur-Vereinen eingesehen werden kann. Sie ist unvollständig, offensichtlich melden nicht alle U-Bahnverwaltungen an die ITA regelmäßig; wohl aus diesem Grund liegen diese Daten nur als graue Literatur vor, die aber wegen der geologischen Kurzcharakteristik, Tunnelprofilbeschreibung, Auffahr - Methode und der Kostenschätzung sehr interessant sind. Wenn diese Unausgewogenheit der Meldungen bei der ITA überbrückt würde, wären hier noch weitere sehr interessante Vergleiche von weltweiten U-Bahn-Parametern anzustellen.

### **3. Der städtische Untergrundbahn-Tunnelbau unter baulichen Zwängen und im umweltimmanenten Wirkungsgefüge**

Im Grunde genommen ist jeder Untergrundbahn-Tunnel ein "Umweltschutztunnel", denn er vermeidet Lärm an der Oberfläche, er zieht indirekt den immissionsschädlichen Individualverkehr an sich, ohne selbst immissionsschädlich zu sein und ist ein Konkurrent zur Parkraumbewirtschaftung, die auf den wertvollsten Flächen der Stadt stattfindet und in den Stadtzentren die Verkehrserreger-Funktion beibehält.

Das große Problem sind die enormen Baukosten, die vor allem von drei Faktoren bestimmt sind:

- Baugeologische Schwierigkeiten
- Rücksichtnahme auf die Stadt-Konfiguration
- Rücksichtnahme auf die bestehende Verkehrs-Infrastruktur während der Bauzeit

Bei den baugeologischen Schwierigkeiten gab es die größten Fortschritte, sodaß der nachkriegszeitliche Untergrundbahnbau sich immer mehr der "Ideal-Konfiguration" einer U-Bahn annähern konnte. Die ideale U-Bahn Trasse ist eine vom Bauschema der Stadt weitgehend abgekoppelte unterirdische Trassenkonfiguration, die nur noch in einer geschlossenen Tunnelbauweise möglich ist. Dadurch braucht die Trasse sich nicht so sehr an das Straßenmosaik halten und vermeidet enge Kurven, die bei der einst dominierenden C&C-Technik (Cut and Cover) unvermeidlich war, wie etwa in

New York und Osaka, weil sich die Trasse den Straßenkreuzungen anschmiegen mußte. Das Beispiel der U2- Kurven in Wien zwischen den Stationen Rathaus - Schottentor - Schottenring steht auch dafür und geht noch auf die alte C&C-Philosophie der USTRAB zurück. Man entschärfte fahrtechnisch meist dadurch die engen Kurven, indem man die Stationen nahe an sie verlegte, um mit der geringen Geschwindigkeitserfordernis gleich ein Anhalten zu verbinden.

Die modernen straßenunabhängigen Tiefbau-Systeme haben durch die Schildvortriebsmaschinen, die enge Kurven gar nicht in der Lage sind zu ziehen, eine großzügige Kurvenauslegung. Um kostspielige Bewehrungen bei Gebäudeunterfahrungen zu vermeiden, sind die Röhren in größere Tiefen verlegt und nur zu den Haltestationen fährt die ideale U-Bahn im Längsprofil näher an die Oberfläche. Damit hat man zwei Vorteile: die Zulaufwege zur Station sind kürzer, es werden weniger Rolltreppen gebraucht und die Züge können durch das Bergauffahren zur Station Bremskraft sparen, Kräfte, die dann an der anderen Seite zum Beschleunigen wieder verwendet werden können (man beachte bei den geologischen Längsprofilschnitten der Tafel 1 die Stationen Stephansplatz, Kardinal-Nagl-Platz, Erdberg, Zieglergasse der U3 und Längenfeldgasse der U6 mit der Beschleunigungssynklinale dazwischen). Ist dieses Idealprofil wegen asymmetrischer Neigung nicht möglich, so wählt man einen treppenförmigen Längsprofil-Aufbau, wobei man die Stationen jeweils auf die Oberkante der Treppe verlegt (vgl. Stationen Kendlerstraße, Johnstraße, Schweglerstraße, Kirchengasse, Volkstheater der U3). Manche U-Bahnen gehen in noch größere Tiefen, weil dort eine vorteilhaftere geologische Schicht vorherrscht. In London ging man schon um die Jahrhundertwende von den Surface-Lines (womit nicht die Oberfläche, sondern die C&C-Technik gemeint ist) zu den "Tubes" im günstigeren London-Clay über (TROSKE, L., 1986, XIII). Ähnliches vollzog sich in Moskau und St. Petersburg. In Pjöngjang gibt es Stationstiefen bis zu 150 m, Kiew bis 100 m, St. Petersburg bis 60 m und Moskau bis 40 m.

Je höher die Geschwindigkeiten gefahren werden, bzw. dadurch bedingt die Stationsabstände größer werden, was neuerdings bei den Express-Metro-Projekten (Paris - Barcelona - Moskau - Tokyo) der Fall ist, umso mehr ist diese Synklinal-Antiklinal-Konfiguration ein bedeutender energieeinsparender Faktor. Vorreitermodell ist die Pariser RER, deren Antiklinalstrecken wegen Rücksichtnahme auf das RATP-Metro-Netz noch immer relativ tief gehalten werden mußten, sodaß für die großen Stationen Châtelet-Les-Halles (325 m x 80 m x 25 m) und Gare de Lyon (315 m x 423 m x 25 m) riesige Baugruben entstanden, die man sogar im Tagbau aushob. Die geplante Moskauer Ring-Express-Metro wird einige Bahnhöfe in Hochlage verlegen, also eine Art Berg- und Talbahn darstellen.

Im standfesten Untergrund ist auch ein seichter geschlossener bergmännischer Tunnelbau (sog. belgische Bauweise) möglich, für die die Stockholmer "Tunnelbana" und die Prager Metro exemplarische Beispiele sind. Streckenweise konnte eine abstützende Zimmerung im standfesten Stockholmer-Gneis und -Granitgneis bzw. Prager Schiefer unterbleiben. Hier liegt u.a. auch mit ein Grund, daß Stockholm und Prag die größten Einwohner-Tunnelkilometer-Bauquoten der Welt aufweisen (vgl. Tab. 3).

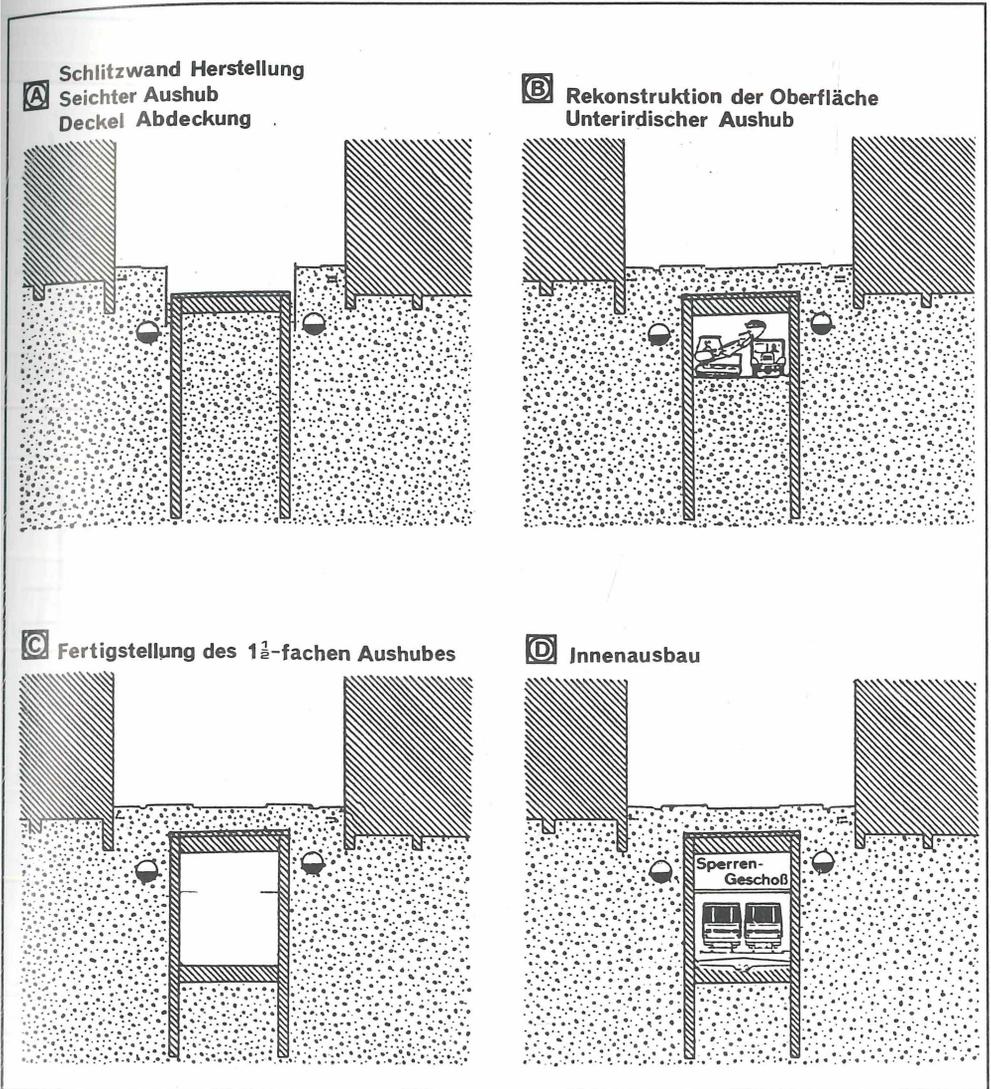
In der Regel liegen aber die großen Metropolen der Erde auf geologisch schwierigen Schwemmland-Flächen (Tokyo, Singapur, Mexiko-City), ein Baugrund, wo man früher sich ursprünglich nur eine offene Bauweise oder aufgeständerte Bahn vorstellen konnte (Berlin begann damit, Chikago). Die NÖT (Neue Österreichische Tunnelbauweise, international NATM/New Austrian Tunneling Method genannt) hat hier eine bautechnische Revolution verursacht (QUELLMELZ 1987, 87 ff). Es ist eine von Österreich ausgehende Entwicklung, die sowohl von österreichischen Ingenieuren wie auch von großen österreichischen Bauunternehmungen maßgeblich gestaltet wurde. So ist derzeit die Firma Mayereder am Bau der Washington-Metro, die größte Metro-Baustelle der USA, daran maßgeblich beteiligt. Die NÖT wurde auch besonders in der BRD im städtischen Tiefbau angewandt und auch sämtliche Tunnels der ICE - Neubaustrecken der DB-Hochgeschwindigkeitsbahnen, insgesamt 151 Tunnelkilometer, wurden alle wegen dem geringmächtigen Deckgebirge (EICHER 1994, in Druck) in der NÖT gebaut, sodaß sämtliche TBM-Konkurrenz-Firmen (Tunnelbohr-Maschinen/Vollschnittfräsmaschinen) für diese größte je dagewesene Tunnelbaustelle Deutschlands keinen einzigen Bauauftrag erhielten. Diese NÖT-Baumethode ermöglicht den Vortrieb von Stollen und Tunnel so gut wie in allen schwierigen geologischen Formationen und ist - ursprünglich für brüchigen Fels mit hoher Verbrauchsrate entwickelt - auf schwierige Lockersedimente weitgehend übertragbar. Dazu weiterentwickelte flankierende Maßnahmen sind: Grundwasserabsenkung i.A., teilweise Grundwasserabsenkung (wandernde Schotten) mit der darauf abgestimmten Druckluft (der eine setzungsmindernde Eigenschaft ausübt), Vereisungen, Injektionen. Eine zentrale Erfindung war die Spritzbeton-Technologie, die bei der Kalotte (die der Strosse meist 3-5 m - je schwieriger desto kürzer - vorausseilt und über Bewehrungsmatten, vorausseilenden Spießen und Injektionen das Tunneldach absichert) sogleich eine schnelle Standfestigkeit verursacht. Der Bauarbeiter hat viel besser als bei der Vollschnitt-Rotationsmaschine das Ohr am Gebirge angelegt und kann eine Verbrauchsgefahr früher erkennen (Abb.4). Bei den STUVA-Tagungen in Köln war zu erfahren, daß die bevorzugten NÖT-Baufauftragsvergaben nicht immer mit den kostengünstigsten Angeboten einhergingen, sondern daß sie oft mit indirekten Begründungen zustandekamen, wie Hinweise auf die unbegrenzte Flexibilität im Bauablauf, bei der Hindernisentfernung, der Linienführung-Anpassung und deren Querschnitts-

änderungen. Besonders der ungewisse städtische Untergrund, von archäologischen Einsprüchen bis hin zu Bürgerbeteiligungs-Einsprüchen, ist für die flexible NÖT das Hoffungsgebiet schlechthin.

In geologisch günstigeren Sedimenten ist auch in der Heimatstadt der NÖT in Wien bei längeren Bauabschnitten in Schluffen und Tonen des Tertiär-Basements der Schildvortrieb als die wirtschaftlichere Methode erkannt worden. Im Unterschied zu den gewöhnlichen Vollschnitt-Rotationsmaschinen hat sich für schwierige Sedimente der Hydroschild bewährt (Abb. 3). Er stützt die Ortsbrust mit Hilfe einer Bentonitsuspension und kann gemeinsam mit der Druckschleuse den geologisch- und hydrostatisch- diffizileren Gegebenheiten besser Rechnung tragen, bis die Tübbing-Ringe das Gewölbe endgültig sichern können. Mit Hilfe eines Luftpolsters als Druckregulator können Volumenänderungen in der Schneidrad-Druckschleusenkammer ausgeglichen werden, wodurch der Stützdruck konstant gehalten werden kann. Das abgebaute feinklastische Sediment wird in einer Wassersuspension über Tag gepumpt. Die eigentlichen Tübbing-Abstützungsarbeiten vollziehen sich hinter der Druckluftschleuse und können so von den Arbeitern unter normalen atmosphärischen Bedingungen vollzogen werden.

Die Tunnelbaufirmen beherrschen heute geschlossene und offene Tunnelbauweisen gleichermaßen. Die Entscheidung für die eine oder andere Technologie hängt heute alleine von den verkehrlichen, geologischen, wirtschaftlichen und Bürgerbeteiligungs-Bedingungen ab. Der überwiegende Teil der mittelgroßen bis kleineren Metro-Städte der Welt - und das ist in der Summe die Mehrheit (vgl. Tabelle 3) - verwendet Mischbauweisen, wobei Stationen und stationsnahe Strecken mehrheitlich in offenen Bauweisen gebaut werden und die NÖT das Bindeglied zwischen offenen Bauweisen/Deckelbauweisen (Tafel 1) und den TBM-Strecken darstellt (Tokyo, Paris, München, Wien etc.).

Dort, wo die geschlossene Bauweise wegen der fehlenden Bebauung (- typisch bei stark wachsenden Städten, bei konzertierter Verkehrswegeplanung, wie in Mexiko-City, Sao Paolo, Bukarest etc.-) nicht Anwendung finden muß, hat sich die C&C-Technik behauptet bzw. in verkehrsreichen engeren Straßenabschnitten sich zur sog. Mailänder Deckelbauweise weiterentwickelt bzw. als die wirtschaftlichste Form erwiesen. Ursprünglich mit Greifergeräten oder Bohrpfahlwänden bewerkstelligt, hat sich heute die Schlitzwandbauweise durchgesetzt, die den Vorteil hat, daß Verdrehungen bzw. Abweichungen von der Lotrechten sowie Erschütterungen die wandernden Baustellen nicht mehr so beeinflussen. Die modernen Schlitzwandfräsen arbeiten alle auf dem Prinzip des kontinuierlichen Bodenabbaues, wodurch die Zwischen-Deponie-Problematik sich erübrigt. In weniger standfestem Sediment wird



**Abb. 1:** Die Mailänder Bauweise (Deckelbauweise) kann gegenüber konventionelle C&C-Techniken in bedeutend größere Tiefen (20m) geschachtet werden. Je nach erforderlicher Tiefenlage werden über dem Ausbaugeschoß 1-2 Sperrengeschoße errichtet, oder es werden 2 Ausbaugeschoße mit je einer Richtungsbahn übereinander gestellt (z.B. Mariahilfer Straße, vgl. Tafel 1).  
Qu. MA 38 -U-Bahn-Bau o.J.

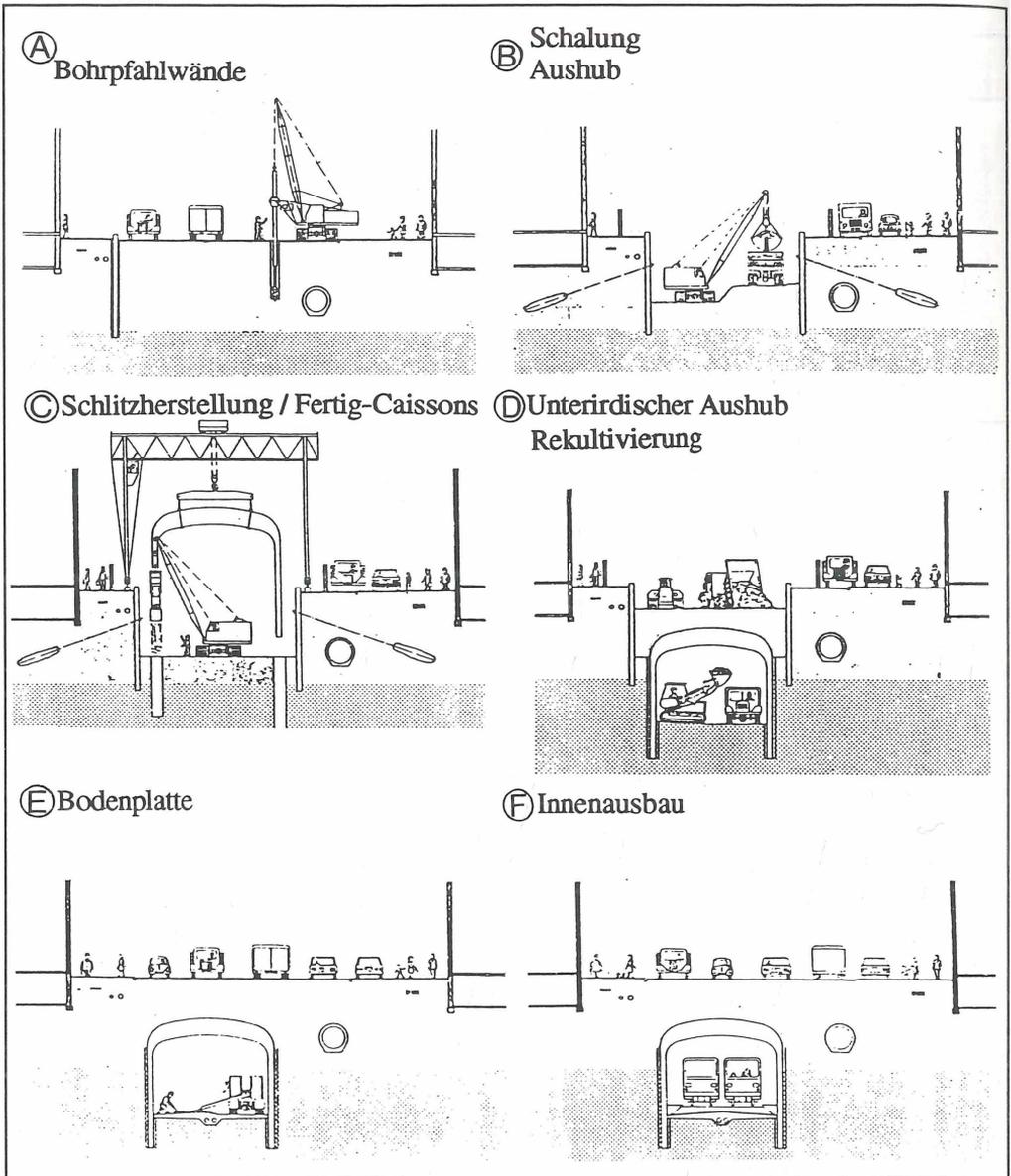


Abb. 2: Die C&C (Cut and Cover)-Technik ist auch heute noch die wirtschaftlichste U-Bahn-Bauweise und wird im freien Gelände und bei breiten Straßenzügen bevorzugt angewendet, wo ein eingeschränkter Straßenverkehr noch aufrechterhalten werden kann.  
(Qu.: STUVA - Tagung 1976)

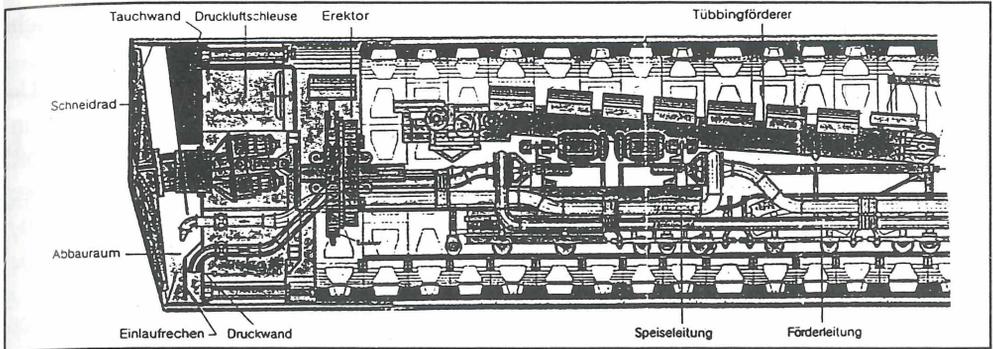


Abb. 3: Die geschlossene Bauweise am Beispiel des Hydroschild-Vortriebes  
(Qu.: PELZ 1985)

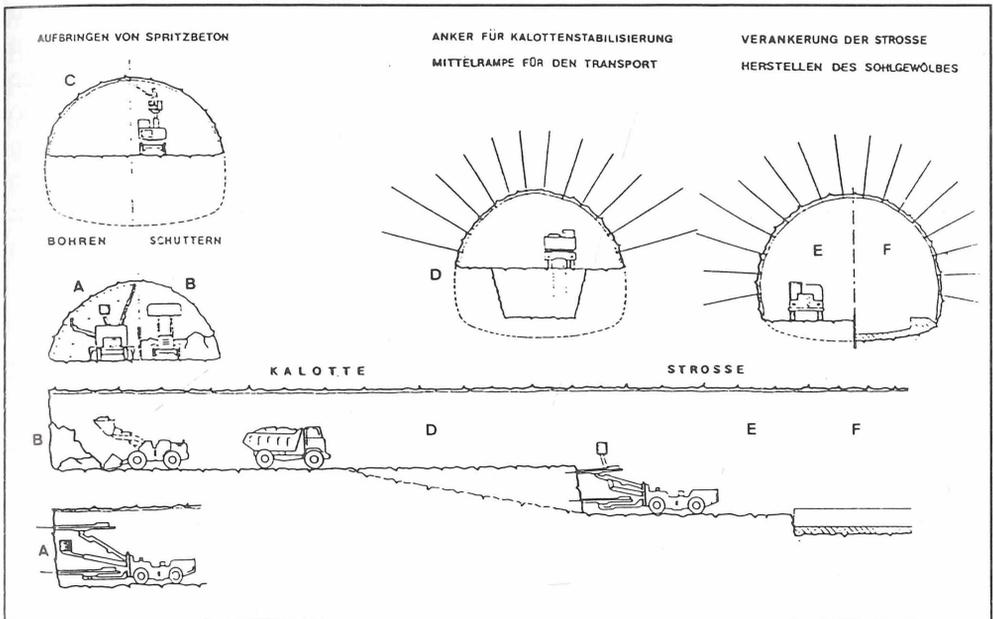


Abb. 4: Das Prinzip des NÖT-Vortriebes wurde ursprünglich für Fels mit großer Verbrauchsgefahr entwickelt und ist mit seiner bewährten Festigkeitslehre auch für Vortriebe in allen Sedimenten geeignet. Statt Anker und vorausseilende Spieße zur Kalottensicherung werden dann Vereisungsmethoden oder Bentonit-Hochdruckvermörtelungen verwendet, die die Ortsbrust (u.a. Ulmenstollen-Schlagen) so lange absichern, bis Bewehrungsmatten, Spritzbeton und die Schale den Tunnel endgültig absichern. Das Profil ist aus optimalen Abstützungs- und Raumausnutzungsgründen in der Regel hufeisen- bis eiförmig, während der Schildvortrieb durch sein Kreisprofil ein relativ großes ungenutztes Sohlengewölbe hinterlassen muß.  
(Qu.: Deutsche-Bahnbauzentrale, Frankfurt, o.J.)

auch mit Bentonit-Suspension gearbeitet, eine Schalung des Schlitzes erübrigt sich (Mailand, Rom, Tokyo, Osaka).

Abb. 1 zeigt die vier Phasen der Mailänder Bauweise. Ist eine tiefere Lage der U-Bahn vonnöten, wird in der Regel über dem eigentlichen Raum der Fahrzone ein größerer Hohlraum aufrecht erhalten (1 1/2fache Tiefenlage, Sperrengeschoß, oft von Radweg- und Fußgängertunneln benutzt). Liegt die Box direkt unter der Straße, spricht man von einfacher Tiefenlage. Unter 20 m Tiefe werden Mailänder Bauweisen nur mehr selten angewendet (Tafel 1, Baulos WBF.-Zieglg.-Kircheng.-Volksth.).

Die "Immersed Tube-Technology", bei der Eröffnung des Straßentunnels unter der Chesapeake Bay (USA-Virginia, 3,4 km, Eröffnung 1964) berühmt geworden, hat in den Städten mit Unterwasser-Untertunnelungen eine gewisse Bedeutung erlangt (San Franzisko 5,83 km, Rotterdam 2,49 km, Amsterdam 1,5 km, Hongkong 1,4 km, Tokio 1,5 km, New York 1,12 km), sie ist aber heute bei einigermaßen tragfähigem Baugrund gegenüber herkömmlichen Unterwasserunterführungen nicht wirtschaftlich. Man setzt dabei Tunnelsegmente als Caissons oberirdisch auf die Trasse auf und läßt sie durch Ausgrabungen in die gewünschte Lage absinken, wo die Segmente miteinander verbunden werden. In San Francisco und Hongkong wurden die Segmente auch eingeschwommen und im untermeerischen Boden verankert - im Bebengebiet San Francisco, eine heute wahrscheinlich nicht mehr durchzusetzende Methode. Der BART-Tunnel (Bay Area Rapid Transit) ist mit 5825 m der mit Abstand längste Tunnel der Welt in "Immersed Tube Tecnology" (CULVERVELL 1988,53).

Was die Rücksichtnahme auf die bestehende Verkehrs-Infrastruktur während der Bauzeit betrifft, so sind offene Bauweisen in Geschäftsstraßen hoher Standort-qualität äußerst problematisch. Der scheinbar billigeren Bauweise, von den Bauverantwortlichen durchgesetzt, kann eine beträchtliche Standortdegradation der betreffenden Geschäftsstraße ausgehen, deren Evaluierung in der Öffentlichkeitsarbeit von Planungs- und Baubehörden stark heruntergespielt wird. Die Wiener Mariahilfer Straße als die bedeutendste Einkaufsstraße dieser Großstadt hat ohnehin in einer Zeit der Suburbanisierung des Geschäftslebens (hin zu den großpark-platzgebundenen Shopping-Centers) durch den Bau der U3 tiefgreifende negative Auswirkungen auf das Geschäftsleben erfahren müssen. TINHOF konnte schon 1990 einen Umsatzverlust von 15 % nachweisen. Nicht wieder gut zu machen ist dabei der Druck auf die wirtschaftlich schwächeren Unternehmen, die zum Absiedeln gezwungen wurden. Diese zunehmende Großgeschäfts-Filialisierung hat die Zahl der Geschäftsarten stark abnehmen lassen und wird auch nun seit der Eröffnung der U-Bahn ein irreversibler Vorgang bleiben, wodurch das einst ihr anhaftende weltstädtische Niveau dieser Einkaufsstraße wohl kaum wieder erreicht werden wird. Keine Frage, solche Arbeiten wie die von TINHOF 1991, auch in anderen CBD-U-Bahn-

Bauräumen durchgeführt, würden so manche Öffentlichkeitsarbeit jene Argumente und das Zünglein an der Waage bedeuten, daß so manche Entscheidungen für offene Bauweisen heute unter diesen Gesichtspunkten nicht mehr zustandekämen.

#### 4. Faktor Kostenbewältigung

In der Tab.1 sehen wir junge Kostenbeispiele des Röhbaues von U-Bahnen. Der Vergleich zeigt (man berücksichtigte die nicht indexbereinigten Kostenbasen 1987 - 1990), daß vor allem die innerstädtischen U-Bahn-Rohbaukosten (Wien U3, Mariahilf, Wien-U3 Mitte, Mailand, Prag) weit über denen der peripheren Streckenverlängerungen liegen (München, Washington, Tokyo, Osaka). Kairo hat durch die C&C-Methode durch den Wegfall baubehindernder Faktoren Kosten eingespart. Für die günstigen Baukosten von Los Angeles und Amsterdam konnte der Verfasser keine Begründung recherchieren. Bei Unkenntnis der bauerschwerenden Parameter ist es Oppositionsparteien sehr leicht, gegen U-Bahn-Baukosten zu polemisieren, wie es neulich in Stellungnahmen zur Wiener U3 der Fall war, deren Trassenkonfiguration

und differenzierte Bahnhofsgestaltung (übereinander-liegend, übereinanderversetzt, Verwendung sämtlicher Bauweisen, schwierige Bewehrungsarbeiten) zu den kompliziertesten der Metro-Bahnen der Welt gehört (Tafel 1). Dieselbe U-Bahn hat im Baulos 3, auf das wir im nächsten Kapitel noch zurückkommen, wo die komplizierte Innenstadt verlassen wurde und die einfache Deckelbauweise möglich war, in der Kostengünstigkeit durchaus herzeigbare Ergebnisse. Die Tab. 2 zeigt bei den U3-Erdbaulosen 1-15 als exemplarisches Beispiel, wie sehr die Rohbaukosten zu den Gesamtbaukosten auseinanderklaffen können.

Die derzeit 9,5 km lange U3, die zwischen den bis 1994 eröffneten Tunnelbaulosen 1-15 ausschließlich unter Tag verläuft, hat demnach 12,4 Mrd.ÖS an Rohbaukosten und 22,85 Mrd.ÖS Gesamtbaukosten verursacht, das sind 1,3 Mrd. ÖS pro Kilometer. Ein Vergleich mit München mit Kilometerkosten von 710 Mio. ÖS/km (STEIPE, 1993, 8, vgl. auch 4,5km-Strecke der Münchner U2 Abzweigung Scheidplatz-Dülferstraße mit 5 Stationen und 0,5 Mrd. DM in SÜDDEUTSCHE ZEITUNG Nr. 269/1993, S.14) hinkt insoferne, weil es sich dort um periphere Strecken handelt, die in überwiegend offener Bauweise gebaut wurden. Solche Baulose sind auch in Wien nicht viel teurer gekommen. So beliefen sich die Gesamtbaukosten des in Deckelbauweise gebauten Bauloses Nr. 3 der U3 (Kardinal-Nagl-Platz, 875 m, 1 Station) auf 831 Mio. ÖS (= 1052 Mio. ÖS/km).

Kritiker sollten, bevor sie mit internationalen Preisvergleichen zu polemisieren beginnen, sich zumindest Informationen über vergleichbare Bauumstände beschaffen. In München gibt es heute mehrheitlich offene Bauweisen der peripheren Verlängerungen, weil der komplizierte innerstädtische Bereich bereits verwirklicht ist (U2-Ost-Verlängerung nach Riem mit der neuen Funktion als Messe-Standort = 8km/6 Stationen - U6-Nordverlängerung nach Garching, 4km in Bau). München

**Tab. 1: Exemplarische Beispiele von Rohbau-Kosten einiger U-Bahn-Baulose der letzten Zeit**  
(Qu.: Tunneling Project Summary im Catalogue of Tunnels der ITA-Working Group 1989)

Metro- Bezeichnung	Jahr	Tunnel- länge in m	Auffahr-Methode Geologische Kurzcharakteristik	Lichter Quer- schnitt in m <sup>2</sup>	Kubatur in m <sup>3</sup>	Kosten in Mio US \$	Kosten pro 1 km Netzlänge in Mio US \$	Kosten pro 100000 m <sup>3</sup> lichter Kubatur in Mio US \$
Wien U3 - Mitte, Los 4-10	1984-89	3925	mehrheitl. Schild Tertiär, Quartär	20-48		421,12	107,29	
Wien U3 - Ost, Los 1a, 2, 3	1985-90	2150	mehrheitl. Deckel-Bau, Tertiär, Quartär	20-48		87,05	40,49	
Wien U3 - Mariahilf, Los 11-13	1987-93	1375	Schild + Deckelbau, Tertiär, Quartär	20-48		246,7	179,42	
Tokyo Nr. 7, 10, 12	1988-90	5850	Schild, Quartär	48-73	298361	242,47	41,45	81,27
Osaka	1986-89	7100	Schild, Quartär	22	156200	149,75	42,18	95,87
Mailand Nr. 1, 2	1986-90	1950	Bergm. Deckelb. Alluv.	80	156000	233,60	119,79	149,74
Los Angeles	1985-90	7930	Schild, Fels, Sand, Ton	30	235521	106,0	26,72	41,81
Washington	1987-89	12110	NATM, Ton, Silt	24-30	320401	210,3	34,72	65,63
Amsterdam	1976-83	2419	Emmerst, Schluff	105	253995	110,0	45,47	43,31
Prag II B	1985-90	4490	D&B, Schiefer	48	214622	343,8	76,57	160,19
Prag V B	1988-93	5480	Schild, Schiefer	20	111792	208,9	76,24	186,86
Kairo	1981-87	4500	Box/C&C, Silt, Ton	50	225000	212,0	47,11	94,20
zum Vergleich: Innsbruck Bypass	1990-93	12696	NATM, Quarzphyllit	76	964896	225,0	17,72	23,30

**Tab. 2: Die Rohbau-Kostengestaltung der jüngsten U-Bahn-Linie in Wien (U3, Baulose 1-15, Bauzeit 1985-1993, Qu. Hödl 1991)**

BAULOSE	NR.	LÄNGE m	GESAMT- KOSTEN Mio. ÖS	ROHBAU- KOSTEN Mio. ÖS
Station Erdberg	1a	680	328,5	109,7
Betriebsbahnhof Erdberg	1b	-	1972,8	725,1
Schlachthausgasse	2	595	1012,8	524,3
Kardinal-Nagl-Platz	3	875	831,5	411,8
Rochusgasse	4	555	1099,2	624,1
Landstraße	5	500	2191,8	939,1
Stubentor	6 + 7	875	2169,9	1486,2
Stephansplatz(Vorarb. U1)	8	200	485,9	243,0
Herrengasse	9	860	1472,9	1045,3
Volkstheater	10	935	1821,8	1060,4
Mariahilferstraße	11	517	1229,4	611,5
Zieglergasse	12	565	1325,4	648,7
Westbahnhof	13	312	3265,1	1700,0
Schweglerstraße	14	1240	1677,6	1008,9
Johnstraße	15	805	1963,0	1004,3
<b>Summe</b>		<b>~ 9500</b>	<b>22847,6</b>	<b>12142,4</b>

mit einem 1,8 Mio. Einzugsgebiet wird 1998 mit einer Netzlänge unter Tag von 70km in der Einwohner-Tunnelbauquote an 3. Stelle der Welt stehen; bezogen auf die Gesamtbauzeit von nur 30 Jahren in der Bauintensität jedoch von keiner Metrostadt der Welt überflügelt (- das ist bis dahin z.B. genau der doppelte Betrag von Wien). Auch die Erhaltungskosten sind enorm. Nach STEIPE verursacht jeder neue U-Bahnkilometer zusätzlich jährliche Kosten von 5 Mio.DM (ca. 35 Mio.ÖS).

Daher haben sich kleinere oder preisbewußtere Kommunen auch andere Metro-ähnliche Systeme des öffentlichen Verkehrs einfallen lassen. Das wirtschaftsstarke Zürich etwa überspannte sein dicht gezogenes Straßenbahnnetz (- mit absoluter Pünktlichkeit, d.h. Priorität an Kreuzungen gegenüber dem Individualverkehr -) nicht mit einer U-Bahn-Lösung, sondern mit einem Schnell-Bahn-Netz. In einer Abstimmung am 29.11.1981 entschieden sich die Bürger für eine S-Bahn-Lösung. Nur 12 km Neubaustrecke, davon 8 km unter Tag, schufen in Verbindung mit den bestehenden Anlagen ein hoch leistungsfähiges S-Bahn-Netz von 380 km Länge (HOBMEIER, 1990,7). Auch die Wiener S-Bahn-Tunnels von nur 6km Gesamtlänge ermöglichten einen ÖBB-S-Bahn-Trassenverbund von 445km.

Eine andere intelligente Schnellbahn-Straßenbahn verknüpfende Lösung kreierte Karlsruhe, die für zukünftige kleinere Oberzentren Vorbild-Charakter haben könnte. Den Stadtvätern gelang es, unrentable Bundesbahnstrecken, die an Vororte-Ortskernen vorbeiführten, durch den Neubau von Schleifen, die direkt in diese Ortskerne hineinführen, zu reaktivieren (Lärmschutz-Matten unter den Gleisen und Schallschutz-Wände konnten meist sogar einen Tunnelbau vermeiden; Bürgerbeteiligungen akzeptierten diese Lärmschutzlösung). Die besondere Neuerung ist jedoch die Entwicklung einer 2-Strom-System-Straßenbahn, die in der Lage ist, sowohl auf dem Bundesbahnnetz als auch auf ihrem eigenen Netz zu verkehren. Karlsruhe hat mit diesem Konzept bereits soviel Individualverkehr-Teilnehmer abwerben können, daß dieses Verkehrskonzept heute aus den roten Zahlen heraus ist. Saarbrücken und mehrere nachholbedürftige Oberzentren in den Neuen Bundesländern, ja sogar solche in Großbritannien, interessieren sich bereits für diese ganz junge, intelligente Lösung einer "Allzweck-Stadtbahn". Wenn Bürgerbeteiligungen mitspielen, daß bei dem Bau von Neubaustrecken ein gewisser Lärm und eine Ortszerschneidung in Kauf genommen wird, dann ist eine solche Lösung gegenüber einer Pre-Metro oder gar Full-Metro-Einrichtung unter Einbeziehung der bestehenden Schienen-Infrastruktur eine Variante, die auch für österreichische Oberzentren wie Graz oder Linz finanzierbar sein könnte bzw. überdenkenswert wäre (Graz überprüft derzeit, inwieweit die Karlsruher Lösung übertragbar wäre).

## **5. Metro-Tunnelbau im weltweiten Vergleich**

Wie sehr ein weitgehend unter Tag befindliches U-Bahn-Netz von der Wohlhabenheit einer Großstadt diktiert wird, sehen wir in der Tabelle 3, wo die vorhandenen Netzlängen unter Tag pro 1 Mio.EW.(Stand 1994) ausgewiesen sind. Nur so lassen sich Tunnelkilometer-Leistungen vergleichen. Die EW-Zuordnung stammt von VALENTA 1991 und SCHLEIFE 1992, die bei unpassender Stadtgrenzziehung ein EW-Einzugsgebiet zuordneten.

Es ist kein Zufall, daß Städte der Dritten Welt nicht zu diesem Club der tunnelreichen U-Bahn-Städte gehören, ja sogar Metro-Städte der USA und Japan können in der EW-Tunnelbauquote mit europäischen Städten nicht konkurrieren. Neben der Wirtschaftskraft dieser Städte spielt auch die frühe Baumentscheidung (-damals meist die billigere C&C-Technik in Verbindung mit dem gemeinsamen Hinauswachsen der Städte wie in Berlin, Paris, Madrid -) und eine günstige geologische Voraussetzung (Stockholm, Prag) eine gewisse Rolle. Dazu kommt überlagert der bereits angesprochene Faktor, daß Baumentscheidungen unter autoritären Regimen zustandegekommen, - heute meist Hauptstädte der jungen Demokratien - in ihren Hauptstädten sich ein U-Bahn-Tunnelbau prestigebedingt entwickeln konnte, der der Wirtschaftskraft der Stadt nicht entsprach (Madrid, Barcelona, ehem. sowjet. Oberzentren, Prag, Bukarest).

**Tab. 3: Die EW-Tunnelbauquoten. Netzlängen unter Tag pro 1 Mio EW des jeweiligen Metro-Einzugsgebietes, Ausbaustand 1994**  
 (Qu.:SCHLEIFE 1992, JANE'S WORLD RAILWAYS 1990, VALENTA 1991, Aussendungen der Metro-Verwaltungen, Bauprojekte Angaben in T&T, Meldungen der U-Bahn-Verwaltungen an die ITA)

Reihung	Stadt	Netzlänge unter Tag in km/1 Mio.EW	Reihung	Stadt	Netzlänge unter Tag in km/ 1Mio EW
1	Stockholm	42	26	Kyoto	19
2	Berlin	38	27	Essen/Mülh.	19
3	Madrid	33	28	Lille	18
4	München	32	29	Washington	18
5	Nürnberg	32	30	Rouen	18
6	Barcelona	31	31	Marseille	18
7	Prag	31	32	London	17
8	Bochum	30	33	St. Petersburg	16
9	Bukarest	29	34	Oslo	16
10	Mailand	28	35	Fukuoka	16
11	Paris	26	36	Brüssel	15
12	Tokio/Yokoh.	26	37	Pjôngiang	15
13	Moskau	26	38	Charkow	15
14	Frankfurt	26	39	Kiew	15
15	Hannover	26	40	Köln	14
16	Stuttgart	25	41	Dortmund	14
17	Lyon	25	42	Osaka	13
18	Toulouse	25	43	San Francisco	12
19	Sapporo	23	44	Kobe	12
20	Hamburg	22	45	Budapest	12
21	Montreal	21	46	Taschkent	11
22	Toronto	20	47	Seoul	11
23	Sendai	20	48	Glasgow	11
24	Wien	20	49	Singapur	11
25	New York	19	50	Rotterdam	11

Einige weltbekannte Metro-Städte scheinen in diesem "Club der 50" gar nicht auf, zum Teil, weil der Tunnelanteil relativ gering ist (- besonders häufig bei amerikanischen Metro-Städten, wie Boston, Philadelphia, Chikago, Atlanta) zum Teil, weil die gewaltigen Ausmaße von Agglomerationen durchaus respektable Tunnelkilometer in den CBD bei der EW-Evaluierung gänzlich abwerten (Mexiko-City, Seoul, Hongkong, Peking, Buenos Aires, Santiago de Chile, Nagoya). Bei Sao Paulo und Rio de Janeiro ist beides der Fall. Neben dem Prestige und dem Lärmvermeidungsargument ist ein weiterer Überlagerungs-Faktor des Entscheidens, das Netz gänzlich unter Tag zu verlegen, in einem klimatisch-betriebstechnischen

Szenario begründet. Bei einigen U-Bahn-Verwaltungen werden diesbezügliche Argumente auch hervorgekehrt. So wird bei KUHLMANN 1981 der hohe Tunnelanteil der ehemals sowjet. U-Bahnen mit den strengen Wintern in Verbindung gebracht, weil Freilandstrecken betriebstechnisch bei Schnee und strenger Kälte schwierig zu unterhalten sind. Ähnliche Begründungen gelten auch für die Japan. U-Bahnen, die mit großen Schneefracht-Raten fertig werden müssen, sowie für die beiden großen kanad. Metro-Städte Toronto und Montreal, wobei letztere U-Bahn auch wegen der Gummibereifung auf Tunnelstrecken angewiesen ist (gilt auch für die modernen franz. U-Bahn-Linien: - große Hitzeentwicklung der Schiene im Sommer vertragen die Gummiräder nicht). Auch die kühlende Wirkung der U-Bahn-Tunnels ist ein nicht zu unterschätzendes Argument für Metro-Netze, die einer ganzjährigen oder hohen sommerlichen Aufheizung ausgesetzt sind. Die beiden großen span. Metro-Städte Madrid und Barcelona haben kompromißlos ihre Netze bereits zu einer Zeit unter Tag verlegt, als ein klimatisiertes rollendes Material technisch noch nicht entwickelt war. Buenos Aires und Santiago de Chile hielten sich am spanischen Vorbild und haben damit neben Montreal und Toronto eine für Amerika sonst untypische Metro ohne Freilandstrecken. Bei mordernen Metros tropischer Städte ist klimatisiertes rollendes Material üblich (Hongkong, Mexiko-City, Caracas), oder es werden zusätzlich sogar die Untertags-Stationen klimatisiert, wie in Singapur, wodurch eine Gleis-Schiebetür-Trennwand zwischen Tunnelröhre und der Stationskubatur erforderlich ist. Abschließend muß noch gesagt werden, daß vom Datenmaterial her ein weltweiter Vergleich nur über die "Netzlängen unter Tag" möglich war, und nicht über die Tunnelkilometer. Die U-Bahn-Verwaltungen melden wegen der oft schnell wechselnden Baumethoden an die ITA (International Tunnelling Association) die jeweiligen Tunnellängen (dazu die Profilform, Profilfläche, geologische Kurzcharakteristik, Auffahrmethode, Rohbaukosten, Bauzeit), wodurch in einigen Broschüren es bei hohen Doppelpfeifenanteilen vorkommt, daß die Tunnellänge länger ist als die Netzlänge. Wien z.B. meldete 1989 an die ITA eine Summe der Tunnellängen von 51 km, während die bestehende und in Bau befindliche Netzlänge 45,6 km beträgt. In allen hier verwendeten Tabellen ist immer die Netzlänge unter Tag ausgewiesen.

Bevor wir das Kapitel des Metro-Tunnelbaues im weltweiten Vergleich abschließen, kann der Verfasser nicht umhin festzustellen, daß in den derzeit bestehenden Statistiken es problematisch ist, Schnellbahnen auszugrenzen. Es gibt Städte, wo der "Schnellbahn"-Anteil durch Verbindung der ursprünglich getrennten Kopfbahnhof-Linien (z.T. aus besitzrechtlich eigenständigen Bahngesellschaften hervorgegangen) durchaus beachtliche Tunnelbauten vorzuweisen haben, Strecken, die auch mit Untergrundstationen ausgestattet sind. So kommt die Pariser RER heute auf 51 Tunnelkilometer, die Londoner "Rapid Transit" der British Rail auf 18 Tunnelkilometer. Die deutschen Schnellbahnen haben in vergleichsweise viel kleineren Städten beachtliche U-Bahn-Anteile, die enorm viel Geld gekostet haben

und die in keiner Metro-Statistik aufscheinen (Hamburg/Harburg 8 km, Frankfurt 8 km, Stuttgart 7 km, München 5 km, Köln-Neuss 4 km). Auch Wiens 445km - Schnellbahn-Netz hat 6 km unter Tag. Die zukünftige übergeordnete Schnellbahnverbindung nach St. Pölten wird einen Tunnelbau von mindestens 35 km erfordern (SONNBERGER 1992, 26). In Paris ist die RER mit 51 Tunnelkilometer als Untergrundbahn-Faktor bereits so groß, daß sie bei SCHLEIFE (1992, 274) - im Unterschied zu ALLEN (1990, 992) - zu recht als Expres-Metro aufgenommen wurde. KUHLMANN hat diesen Umstand schon 1981 Rechnung getragen.

## 6. Metro-Netzlängen im weltweiten Vergleich

Hier müssen wir uns vorerst ein wenig mit der Vielfalt der Bezeichnungen beschäftigen. Der Systembegriff "Metro" wird nicht einheitlich angewendet und in den Mitteilungen der U-Bahn-Verwaltungen sehr willkürlich verwendet. Das weltweit verstandene Kürzel "Metro" war ursprünglich ein Firmenname beim Bau der Londoner U-Bahn und wurde (- obwohl pikanterweise gerade die Londoner U-Bahn sich als "Underground" benennt -) weltweit zum Terminus technicus (SCHLEIFE 1992, 11). Der Tunnelbegriff dominiert stets die Systembezeichnungen dieser Stadtbahnen. In Nordamerika und Japan ist der Begriff "Subway" üblich, ursprünglich den in den USA häufig gebauten Hochbahnen ("Elevated") gegenübergestellt. Heute wird neben der Bezeichnung Elevated auch die Bezeichnung Metro verwendet, die aber auch auf tunnelreiche neue Metro-Netze der USA Anwendung findet (z.B. Washingtoner Metro). Auch die skandinavischen Bezeichnungen "Tunnelbana" und die deutschen Bezeichnungen "U-Bahn/Untergrundbahn" haben sich auch dann systemimmanent nicht ganz konform durchgesetzt, wenn Freilandstrecken die Netzlänge unter Tag überwogen. Im romanischen und slawischen Sprachraum dominiert der Begriff "Metro". In der spanisch sprechenden Welt ist auch die Bezeichnung "Subte" üblich, Netzlinien, die auch tatsächlich zur Gänze unter Tag liegen.

Für die Verkehrsfachleute ist der Begriff "Metro" an bau-, betriebs- und fahrzeugtechnische Kriterien geknüpft, wodurch vom geographischen Standpunkt noch mehr Unordnung in diesen weltweit verstandenen Begriff kommt, weil eine Abgrenzung zu den übergeordneten Netzen (Schnellbahnen, Expres-Metros) oder untergeordneten Netzen (Unterpflasterstraßenbahnen, Pre-Metros) immer schwieriger wird. Fast alle Unterpflaster-Straßenbahnen, die kontinuierlich zur Metro weiterentwickelt werden können, werden heute Pre-Metro-Systeme genannt. Im JANE,S WORLD RAILWAYS-Katalog wird dafür die Bezeichnung "Light rail rapid transit" im Unterschied zur "Rapid transit underground" verwendet, von manchen deutschen Kommunalverwaltungen auch der Begriff "Stadtbahn".

Für den Geographen ist die Grobkonfiguration der Loslösung von der Normalverkehrsebene (Hochbahn, U-Bahn) eines Verkehrs wichtiger, als die eisenbahntechnische Feinkonfiguration (Wagentypen, seitliche Stromschienen) oder verwaltungsrechtliche Gegebenheiten (S-Bahnen werden in der Regel von den jeweiligen nationalen Eisenbahnverwaltungen betrieben). So ist es z.B. unverständlich, wenn SCHLEIFE Valencia im Status "M" (Full-Metro) einstuft, obwohl der weitaus größte Teil des Netzes weder aufgeständert noch unter Tag verlegt ist. Auf die Problematik der Schnellbahnen mit Netz- und Stationsbereichen unter Tag wurde im vorigen Kapitel bereits hingewiesen.

Bevor der Individualverkehr seine große Bedeutung erlangte, haben Metro-Netze immer auch als Städtebildner fungiert; im abgeminderten Ausmaß gilt dies auch heute noch. Den Trassen der Metro entlang siedelten sich neue Wohngebiete und Industrien an, wobei Industrien z.T. auch ins billigere Bauland der Stadtperipherie auswichen und den Beschäftigten oft längere Fahrrad- oder Fußwege zumuteten. Dörfer und Kleinstädte des Umlandes gelangten in den Sog der Großstädte und wurden integriert - heute eine Funktion, die eher dem weitreichenderen Schnellbahn-Netz zukommt. Die "Villes Nouvelles"-Entwicklung im Großraum Paris ist ein exemplarisches Beispiel dafür, wie sehr die Gestaltungskraft der Verkehrslinien die Bauentwicklung trotz strikter Dezentralisierungspolitik beeinflusst (- die Villes Nouvelles sollten eine Vorortbildung mit reiner Wohnfunktion vermeiden, die Bodenspekulation sollte eingeschränkt werden: FALKENBERG 1987, 687 und MARQUARDT 1993, 18). Berlin und Hamburg sind ganz maßgeblich von der U-Bahn und S-Bahn geprägt worden, dessen eigentliche Herausbildung als Millionenstädte sich an diesen Verkehrslinien vollzogen hat. Charlottenburg (1902: 200000 EW), Lichtenberg, Köpenick, Schöneberg waren bedeutende Stadtgemeinden mit kulturellem Eigenleben, die sich seit 1920 aufgrund der Funktionsanhäufung in der Kernstadt immer mehr zu Arbeits- und Wohnfunktionsbereichen entwickelten. Die gesamte nachkriegszeitliche Stadtentwicklung von Moskau und St. Petersburg ist nahezu ausschließlich auf die vorgezeichneten Erweiterungsmöglichkeiten der Metro-Strecken abgestimmt worden, was zu einer sternförmigen Stadtentwicklung mit dazwischenliegenden Grünflächen geführt hat. Die 8-bahnigen Highways und die riesigen Parkplatz-Areale in den USA inkl. Mega-Einkaufszentren sind so vermieden worden. Ein Nichtführerschein-Besitzer kann in Moskau sich ganz gut versorgen, im amerikanischen "Stadtland" (HOLZNER 1990, 468) wird es zum Alptraum. Nur in San Francisco sind die BART-Trassen zum bevorzugten Siedlungsraum geworden, eine für die USA untypische Entwicklung, deren Städte sonst vom "Stadtland-Charakter" der Individualverkehr-Politik geprägt sind, mit den Folgen des überproportionalen Landverbrauches und der "Abandoned-Land"-Bildung in den Downtowns. Die autogerechte Stadt gibt es auch in den USA nicht und der nun zaghafte einsetzende neue Metro-Bau kommt viel zu spät.

Hinsichtlich der Leistungsfähigkeit und der Sparsamkeit in der Flächeninanspruchnahme ist die Metro wie kein anderes Verkehrsmittel in der Lage, diese Verkehrsströme zu bewältigen. SCHLEIFE spricht von einer oberen Grenze der Verkehrsmittel-Leistungsfähigkeit (Fahrgäste/Richtung/Stunde) beim Bus von 8000, Straßenbahn 12000, Stadtbahn 30000, Metro 40000 und Expreß-Metro 50000 beförderten Fahrgästen. Eine zusätzliche Optimierung ist dann möglich, wenn Gemeinschaftsstationen einen schnelleren Fahrgastwechsel erlauben, bei kleineren Großstädten auch Schnellbahn/Metro zu Straßenbahn oder Bus. Vorbildliche Bus-Gemeinschaftsstationen sind in Lille und Rouen in Betrieb. Die leistungsfähigkeit nach Personenkilometer-Kosten (siehe S.117/Beispiel München) spricht für sich.

Die 2-System-Allzweck-Stadtbahn Karlsruhe wurde bereits an anderer Stelle hervorgehoben. Immer mehr europäische Schnellbahn-Verkehrsträger erlauben abseits der Rush-hours auch die Mitnahme von Rädern (Wiener und Züricher S-Bahn, mehrere deutsche S-Bahnen), womit der Reisende besonders mobil wird. In der amerikanischen Großstadt ist hingegen der Fußgänger oder Radfahrer - sollte er sich über größere Strecken zu dieser Fortbewegungsart entscheiden - ein wahrlich bedauerliches Geschöpf.

Eine konzertierte Vorgangsweise des Metro-Baues gemeinsam mit der Stadtentwicklung war in den rasch wachsenden Großstädten der weniger entwickelten Länder nicht möglich. Hier hinken die finanziellen Möglichkeiten der Verbesserung der verkehrlichen Infrastruktur weit nach. Die Luftverpestung der Verbrennungsmotoren, auch der öffentlichen Buslinien, erreicht dort ein unerträgliches Ausmaß, sodaß der Spruch des mexikanischen Präsidenten Diaz Ordaz berühmt wurde, der bemerkte: "Metrosysteme sind nützlich bei einer Stadtbevölkerung von 1 Mio EW, notwendig bei 2 Mio EW und unvermeidlich bei einer solchen über 3 Mio EW. In Mexiko-City (ein Metro-Netz von 137 km, davon 84 unter Tag) stehen heute 18 Mio EW dieser Kennzahl gegenüber. Es ist kein Zufall, daß gerade die Großstädte mit den berüchtigtsten Smog-Szenarien (Los Angeles, Manila, Bangkok, Sao Paulo, Istanbul, etc.) sich nun zum Metro-Bau aufraffen. Singapur, dessen Stadtplanern ursprünglich die amerikanische Stadt vorschwebte, macht heute den Individualverkehr zum restriktivsten System der Welt und finanziert aus der Besteuerung und Parkraumbewirtschaftung seine Metro-Pläne. Meist in den 60iger Jahren als veraltet abgerissen, entdeckt man nun wieder die emissionsfreie Straßenbahn. In Paris, wo schon um die Jahrhundertwende der Tram-Verkehr eingestellt wurde, wird zur Vernetzung der Vororte untereinander (vorerst nördliche Gemeinden mit 21 Stationen lt. REV. GENERALE DES CHEMINS DE FER 1992, S.80) wieder die Tram eingeführt. Wien, das sich das Straßenbahnnetz bewahrt hat - heute das zweitgrößte Straßenbahnnetz der Welt - wird mit modernsten Niederflur-

**Tab. 4: Die U-Bahnen der Welt mit gegenwärtig mehr als 20 Netzkilometern unter Tag und der Vergleich der Netzlängen unter Tag aus den Jahren 1950-1970-1984-1994. (Die Klammer-Zahlen bedeuten die Gesamtnetz-Kilometerlängen, die Reihung erfolgt nach den Netzlängen unter Tag - Stand 1994).**

(Qu.: SCHLEIFE 1992, JANE'S WORLD RAILWAYS 1990, VALENTA 1991, Aussendungen der Metro-Verwaltungen, Bauprojekt-Angaben in T&T, Meldungen der U-Bahn-Verwaltungen an die ITA).

<b>Reihung</b>		<b>1950</b>	<b>1970</b>	<b>1984</b>	<b>1994</b>
1)	Paris RATP+RER	149(164)	155(170)	181(288)	237(330)
2)	New York Nycta +Path+Sirtoa	220 (389)	232(411)	232(411)	232(433)
3)	Moskau	42 (45)	130(140)	180(218)	214(252)
4)	Tokyo	14(14)	- (132)	- (197)	201(243)
5)	London LRT	-	158(381)	167(388)	167(392)
6)	St. Petersburg	-	52(53)	70(73)	122(124)
7)	Berlin	70(80)	97(113)	105(121)	121(138)
8)	Madrid (CMM + FCS)	25(25)	66(55)	91(101)	115(121)
9)	Osaka	9(10)	61(64)	88(91)	89(99)
10)	Mexiko City	-	13(13)	50(85)	84(137)
11)	Barcelona (TMB+FGC+ RENFE)	12(12)	33(33)	67(67)	88(92)
12)	Seoul	-	-	35(49)	80(117)
13)	Stockholm	8(8)	23(63)	56(104)	63(110)
14)	Nagoya	-	19(19)	57(58)	59(60)
15)	München	-	-	39(42)	58(63)
16)	Bukarest	-	-	27(27)	57(58)
17)	Toronto	-	27(33)	37(43)-	55(57)
18)	Montreal	-	26(26)	33(33)	55(55)
19)	Washington	-	-	38(73)	53(120)
20)	Rhein-Ruhr	-	-	-	52(119)
21)	Peking	-	-	40(40)	52(52)
22)	Mailand	-	19(21)	25(45)	50(72)
23)	Prag	-	-	26(27)	44(45)
24)	Buenos Aires	8(8)	32(32)	35(35)	39(39)
25)	Hamburg	(65)	24(85)	33(92)	38(96)
26)	San Francisco	-	-	37(115)	37(117)
27)	Philadelphia	29(47)	29(47)	29(62)	33(78)
28)	Sapporo	-	-	30(33)	37(47)
29)	Wien (WVB)	6(27)*	9(27)*	16 (32)	31(60)

Reihung		1950	1970	1984	1994
30)	Kiew	-	7(16)	27(33)	31(40)
31)	Hongkong	-	-	22(26)	31(39)
32)	Kyoto	-	-	- (7)	28(29)
33)	Budapest	4(4)	4(4)	- (26)	27(32)
34)	Lyon	-	-	- (14)	25(25)
35)	Boston	18(37)	26(93)	- (112)	24(126)
36)	Charkow	-	-	- (26)	23(32)
37)	Pjöngjang	-	-	23(23)	23(23)
38)	Sao Paulo	-	-	- (25)	23(48)
39)	Kobe	-	7(8)	- (13)	23(30)
40)	Yokohama	-	-	- (12)	22(22)
41)	Santiago D. Chile	-	-	- (25)	22(27)
42)	Rom	-	6(11)	15(25)	20(31)
43)	Brüssel	-	6(6)	- (38)	20(36)
44)	Taschkent	-	-	- (17)	20(24)
45)	Lille	-	-	- (13)	20(22)
46)	Singapur	-	-	-	20(42)
47)	Lissabon	-	(12)	(16)	20(20)

Trams die Fläche zwischen Metro und S-Bahn ausfüllen. Neue Straßenbahnen oder leichte Stadtbahnen der Normalverkehrsebene haben seit der 80iger Jahren eingeführt oder sind in Bau: Birmingham, Bogota, Buffalo, Edinburgh, Grenoble, Guadalajara, Lausanne, Milwaukee, Minneapolis, Monterrey, Neuchâtel, Nottingham, Portland/Oregon, Sacramento/Calif., San Diego/Calif., San Jose/Calif, Utrecht.

Kein Zweifel, die Schiene ist auf allen Fronten der städtischen Verkehrs-Infrastruktur im Vormarsch, wobei man sagen muß, daß am Sektor U-Bahn-Bau in der Nachkriegszeit weltweit Hochkonjunktur herrschte. In den **Personenkilometerkosten** sind nur Schnellbahnen kostengünstiger. STEIPE 1993 spricht am Beispiel München von 21 Pf. bei der U-Bahn, 12 Pf./S-Bahn, 43 Pf./Bus und 52 Pf./Straßenbahn. Trotzdem müßten derzeit für eine Kostendeckung die Tarife verdoppelt werden, um sie mit diesen Personenkilometerkosten in Deckung zu bringen, wobei die teureren Kosten für die Fläche notwendig sind (Zubringerfunktion von Tram und Bussen), um diese hervorragenden Personenkilometerkosten der U-Bahn - und S-Bahn - Dorsalen zustandezubringen. Besonders seit den 90iger Jahren sind noch nie so viele Städte in den "Club der Metro-Besitzer" aufgenommen worden. Außerhalb der 47 größten U-Bahn-Netze der Welt, gereiht nach der Netzlänge unter Tag (Tab. 4) **sind noch weitere 90 Metro-Städte im Jahre 1994 existent**, die ein U-Bahn-Netz unter 20 Tunnelkilometer

unterhalten oder in Bau haben (bzw. in der Tab. 4 nicht aufscheinen); in alphabetischer Reihenfolge sind dies:

Algier, Alma Ata, Amsterdam, Ankara, Antwerpen, Athen, Atlanta, Baku, Baltimore, Bangkok, Belo Horizonte, Bilbao, Bochum, Bogota, Bonn, Bordeaux, Bratislava, Calgary, Caracas, Charleroi, Chikago (wegen dominierender Elevated nicht in Tab. 4), Cleveland, Dallas, Denver, Detroit, Dnjepropetrowsk, Donezk, Dortmund, Düsseldorf, Edmonton, Essen-Mülheim, Frankfurt, Genua, Göteborg, Haifa, Hannover, Helsinki, Istanbul, Jacksonville, Jekaterinenburg (Swerdlow), Jerewan, Kairo, Kalkutta, Kanton (Kwangtshou), Karlsruhe, Kasan, Köln, Kuala Lumpur, Kujbyschew, Lüttich (Liège), Lima, Los Angeles, Madras, Medellin, Melbourne, Miami, Minsk, Neapel, Newcastle, Nischni-Nowgorod (Gorkij), Nowosibirsk, Nürnberg, Odessa, Omsk, Oslo, Pittsburgh, Porto Alegre, Pusan, Recife, Rheims, Riga, Rio de Janeiro, Rotterdam, Rouen, Rostow na Donu, Sao Paulo, Sevilla, Schanghai, Sofia, Stuttgart, Taipeh, Taschkent, Tientsin, Tiflis, Teheran, Toulouse, Tscheljabinsk, Ufa, Valencia, Vancouver, Warschau.

Die Tab. 4 zeigt bei einer Reihung der Netzlänge unter Tag (in Klammer die Gesamtnetzlängen der Metros der Welt), daß durch die Aufnahme der RER-Express-Metro Paris das so lange dominierende New York überholt hat und erstmalig aus tunnelgeographischer Sicht die Weltrangliste anführt. 1996 wird mit der voraussichtlichen Eröffnung der "Éole-Linie" (zwischen Gare Nord-Est-St. Lazare-Pont Cardinet, REV. GENERALE DES CHEMINS DE FER 11/1992, S.32) Paris seinen 1. Rang ausbauen. Um die Jahrhundertwende wird dann die "Météor-Linie", die in Pariser Zeitungen schon heute mit Superlativen an Leistungsfähigkeit bedacht ist (Linie 13 - Conversion bis St. Lazare - Châtelet les Halles/Gare de Lyon als Paralleltunnel zur RER - Bercy- ZAC de Tolbiac - Maison Blanche - Cité Universitaire, s. SCHEUER 1992, 9), Paris der Konkurrenz davonziehen. Aber auch Moskau ist New York bereits dicht auf den Fersen und wird mit den Linienverlängerungen und der geplanten Express-Ring-Metro bald an zweiter Stelle der Welt liegen. Gemeinsam mit Tokyo werden diese Metropolen durch die hohe U-Bahnbau-Konjunktur noch in diesem Jahrhundert New York in der Netzlänge unter Tag an die 4. Stelle der Welt verlagern.

Wie groß die nachkriegszeitliche U-Bahnbau-Konjunktur weltweit war, ist vor allem in der Tabelle 4 beim Zeitvergleich des Ausbaustandes 1950-1970-1984-1994 zu ersehen. Von den 50 tunnelreichsten heutigen Metro-Städten der Welt waren im Jahre 1970 nur 28 Städte in Besitz dieser modernen Verkehrs-Infrastruktur und 1950 bleiben gar nur 15 über. In absoluten Zahlen sind die **10 größten nachkriegszeitlichen Aufholleistungen nach den Netzlängen unter Tag** in Tokyo (187 km), Moskau (172 km), St. Petersburg (122 km), Paris (88 km), Mexiko-City (84 km), Seoul (80 km), Osaka (80 km), Barcelona (76 km), Nagoya (59 km) und München (58 km) zu verzeichnen gewesen, wobei München und Seoul überhaupt

**Tab. 5: Die größten Full-Metro-Netze der Welt, gereiht nach den 30 größten Netzbauleistungen im Verhältnis zur Einwohnerzahl bzw. Einwohner-Einzugsgebieten**

(Qu.: SCHLEIFE 1992, JANE'S WORLD RAILWAYS 1990, VALENTA 1991, Aussendungen der Metro-Verwaltungen, Bauprojekt-Angaben in T&T, Meldungen der U-Bahn-Verwaltungen an die ITA)

<b>Metro- Bezeichnung</b>	<b>Netzlänge pro 1 Mio EW</b>	<b>Gesamtnetz in km</b>	<b>Zuordnung in Mio EW</b>
Stockholm	73	110	1,5
Oslo	71	50	0,7
Hamburg	56,5	96	1,7
Nürnberg	50	25	0,5
Newcastle	46,6	56	1,2
Boston	45	126	2,8
Berlin	42	134	3,2
Washington	40	120	3
Mailand	40	72	1,8
London	39,2	392	10
San Francisco	39	117	3
Wien	37,5	60	1,6
Paris	36,6	330	9
München	35	63	1,8
Madrid	34,6	121	3,5
New York	34	433	12
Barcelona	33	92	2,8
Prag	32	45	1,4
Essen-Mülheim	32	32	1
Atlanta	30,5	52	1,7
Sapporo	29,4	47	1,6
Bukarest	29	58	2
Brüssel	27,7	36	1,3
Toulouse	27	10	0,36
Moskau	25	214	8,7
Lissabon	25	20	0,8
Chicago	23,6	158	6,7
Miami	22	34	1,5
Cleveland	21	31	1,5
Montreal	20	55	2,7

erst seit Mitte der 70er Jahre an ihren Netzen bauen. Im Verhältnis zur Einwohnerzahl sind auch die Nachkriegsleistungen von Stockholm, Mailand, Bukarest, Prag und Wien überverhältnismäßig groß. Wien kam dabei die Miteinbindung der alten USTRAB des Innengürtels und der alten Stadtbahnlinie des äußeren Gürtels zugute.

Abschließend wollen wir auch den Gesamtnetzlängen (die absoluten Zahlen sind in Tab 4. in den eingeklammerten Zahlen ausgewiesen) die Einwohner gegenüberstellen (Tab. 5). Wegen der überproportional großen ebenerdigen Straßenbahn/Stadtbahnlinien der Pre-Metro-Systeme wurden hier im Unterschied zu Tabelle 3 (Netzlängen unter Tag pro 1 Mio EW) diese Pre-Metro-Netze ausgegliedert. Aus dieser Tab. 3 geht hervor, daß bezüglich der EW-Gesamtnetzbauquoten auch bei Full-Metro-Systemen die europäischen Städte führend sind.

## 7. Literatur

- ADAM, R., 1978: Die U-Bahnen in südamerikanischen Städten. In: Schweizerische Zeitschrift für Verkehrswirtschaft 33, S. 33-34.
- ALLEN, G.F., (Ed.) 1989: Rapid transit and underground railways. In: JANE's World Railways 1989/90, S. 939-1015.
- BLENNEMANN, F., 1989: Effekte des Stadtschnellbahnbaus. In: Tunnel 2/89, S. 70-80.
- BLUM, O., 1936: Verkehrsgeographie. Springer Verlag, Berlin, 146 S.
- BOTTI, E., 1976: Milan metro: experience in tunnel construction. In: Tunnelling' 76, Ed. M.J.Jones - Int. Syposium London, 1.-5.3.1976, IMM Publications, S. 153-163.
- BRITISH TUNNELLING SOCIETY MEETING, 1980: Application of the NATM to the construction of the Frankfurt Metro. In: Tunnels & Tunnelling 9/1980, S. 44-47.
- CULVERWELL, D.R., 1988: World list of immersed tubes. In: Tunnels & Tunnelling 3/1988, S. 53-58.
- DEBUSCHEWITZ, P., DORN, H., 1991: S-Bahn-Systeme der Deutschen Bundesbahn. In: ETR 40, S. 703-708.
- DEMEK, J., 1968: Beschleunigung der geomorphologischen Prozesse durch die Wirkung des Menschen. In: Geolog. Rundschau 58, S. 111-121.
- EICHER, H., 1991: Welche Hohlräume schafft der Mensch? Ein Beitrag zur Systematik technogener Formen in der anthropogenetischen Geomorphologie. In: Arb. Inst. Geogr. Univ. Graz 30 (Paschinger-Festschrift), S. 89-106.
- EICHER, H., 1994: Tunnelgeographie Europa. Eine Bilanz des nachkriegszeitlichen Eisenbahn-Tunnelbaues anlässlich der Kanaltunnel-Eröffnung. In: Mitt. d. Österr. Geogr. Ges. 136, (Druckzusage).

- EISENBAHN-JAHRBUCH, Diverse Kurzartikel und Eröffnungsmeldungen. Transpress VEBVerlag für Verkehrswesen, Berlin.
- FALKENBERG, G., 1987: Die 5 Villes Nouvelles im Raum Paris. In: Geogr. Rdsch. 39, 12/1987, S. 682-687.
- GALLBRUNNER, H., 1992: The Underground Metro-System in Vienna - Contract Section U6/11 Spittelau. In: Mayreder 8/92, S. 16-20.
- GALONEN, J.M., 1983: Die U-Bahnen in der UdSSR. In: Eisenbahn-Jahrbuch 1983, S. 73-85.
- GOLDSACK, P. (Ed.), 1981: Rapid Transit, Underground and Surface Railways. In: JANE's World Railways and Rapid Transit Systems 1980/81, 22.Ed., S. 417-454.
- HAACK, A., 1985: Analyse des Tunnelbaus in der Bundesrepublik Deutschland. In: Tunnel 4/85, S. 200-204.
- HAACK, A., 1991: Tunnelbauprognose 2000. In: Tunnel 2/91, S. 50-53.
- HAINITZ, H., 1987: Überlegungen über ein Hochleistungsnetz für Österreich. Die Neue Bahn. In: ETR 36, S. 299-304.
- HARDING, G., 1981: Tokyo Metro - An expanding success story. In: Tunnel & Tunnelling 7/1981, S. 44-46.
- HAVERS, H.C.P., 1967: Die Untergrundbahnen der Welt. Moderne Verlags GesmbH München, 184 S.
- HENTZE, E., 1988: Tunnel. In: Jahrbuch des Eisenbahnwesens 39, S. 114-122.
- HOBMEIER, N., 1990: Die S-Bahn Zürich. Orell Füssli Verlag Zürich und Wiesbaden, 111 S.
- HOCHMUTH, W., KRISCHKE, A., WEBER, J., 1985: Die Bauverfahren beim Münchner U-Bahn-Bau. Überblick über eine 20-jährige Entwicklung. In: Tunnel 4/85, S. 206-218.
- HÖDL, J., 1991: Die Finanzierung der U3. In: Die U-Bahn-Linie U3. Eine Dokumentation über den Bau und Betrieb der U3 der MA 38. Compress Verlag Wien, S. 53-60.
- HOLZNER, L., 1990: Stadtland USA. In: Geogr.Rdsch. 42, 9/1990, S. 468-475.
- HORN, A., 1988: Wiener Stadtbahn - 90 Jahre Stadtbahn / 10 Jahre U-Bahn, Bohmann Verlag, Wien, 498 S.
- ITA (Int. Tunnelling Association) - WORKING GROUP, 1989: Tunnelling Project Summary. Unveröff. Aussendung an die nationalen Sekretariate (Catalogue of Tunnels), Großformat-Album, 49 S.
- JAHRBUCH DES EISENBAHNWESENS, Diverse Kurzartikel und Eröffnungsmeldungen ohne Autorennennung. HESTRA-Verlag Darmstadt.

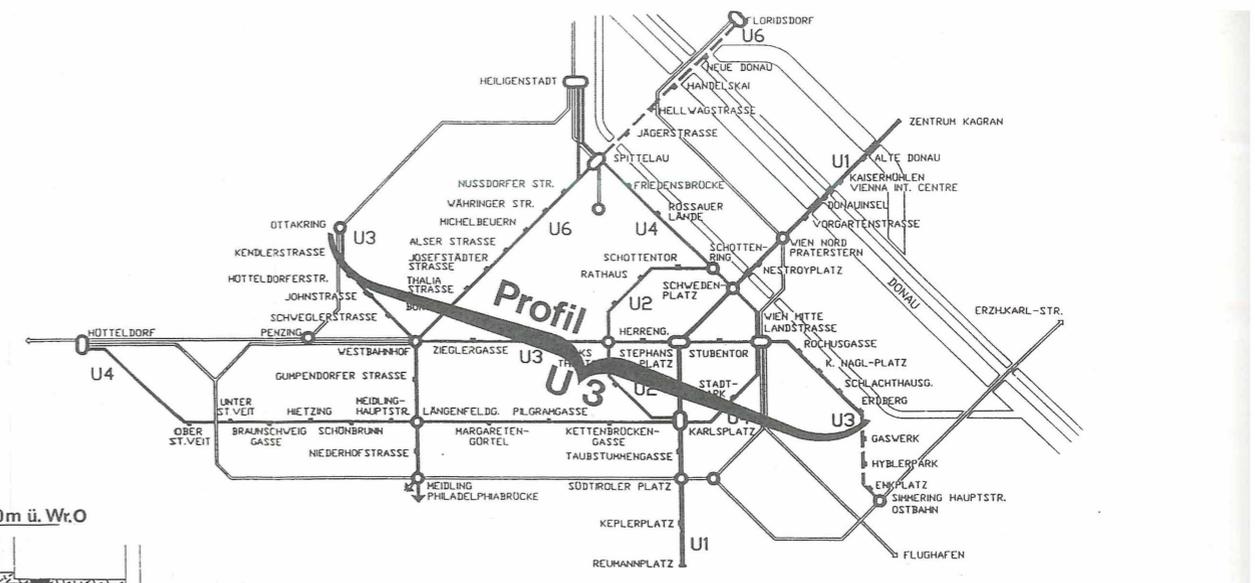
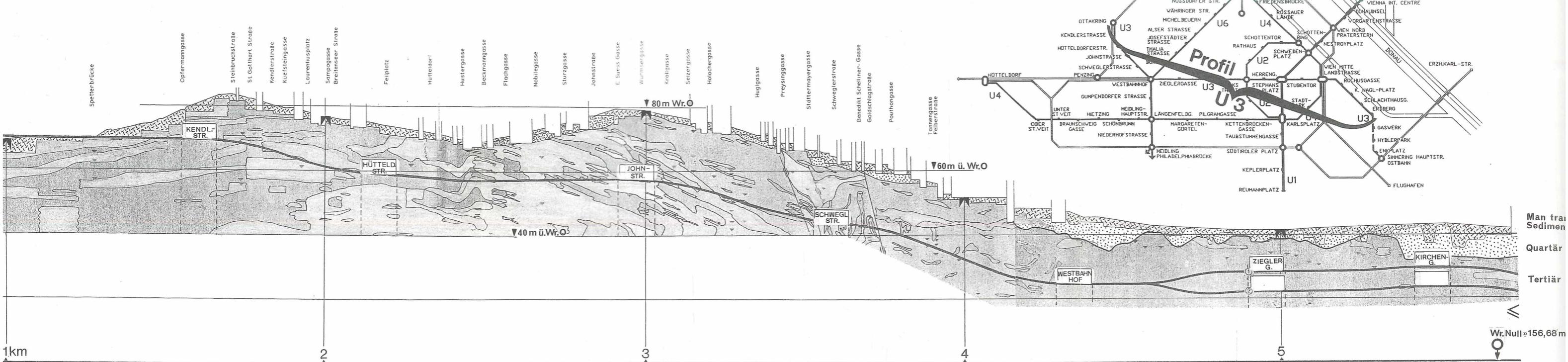
- JANE'S WORLD RAILWAYS Ltd., Yearbooks (seit 1951, u.a. Angaben über Kunstbau-Projekte der diversen Eisenbahngesellschaften und "Light Rail"-Betreiber), Copyright bei Jane's Information Group, Coulsdon, Surrey, U.K.
- JAPAN TUNNELLING ASSOCIATION SECRETARIAT 1978: Tunnelling in Japan. In: *Tunnels & Tunnelling* 6/78, S. 19-22.
- KUHLMANN, B., 1981: Stadtschnellbahnen der Sowjetunion. Verlag Josef Otto Slezak Wien, 152 S.
- LE FERROVIE VERSO IL 2000, 1991: Spezialausgabe der Zeitschrift COSTRUZIONI - Tecnica ed Organizzazione dei Cantieri, Milano (XL, n. 428), S. 815-892.
- LIEBSCH, H., 1992: Weiterentwicklung der Neuen Österreichischen Tunnelbaumethode im Wiener U-Bahn-Bau, Österreichische Ingenieur- und Architekten Zeitschrift (ÖIAZ), 137. Jg., H 5/1992, S. 219-225.
- LOUIS, H., 1968: Vom Menschen geschaffene oder beeinflusste Formen und Formungsvorgänge. In: *Allgemeine Geomorphologie, Lehrbuch der Allgemeinen Geographie I*, 3. Auflage, Walter de Gruyter, Berlin, S. 373-385.
- MARQUARDT, T.A., 1993: Marne-la-Vallée und Euro-Disney. Verbaut eine Ville Nouvelle ihre Zukunft? In: *Praxis Geographie* 23 (4/1993), S. 16-23.
- MARTAK, L., SOCHATZY, G., PLACHY, H., 1985: Geologie der U3, Geologie und Geotechnik der U6. In: Die 1. und 2. Ausbauphase der Wiener U-Bahn 1969-1993. Eine Dok. der MA38 über das in Betrieb und in Bau befindliche Wiener U-Bahn-Netz. Compress Verlag Wien, S. 107-114.
- MARTAK, L., SOCHATZY, G., PLACHY, H., 1991: U3-Geologie und Grundbau. In: Die U-Bahn-Linie U3. Eine Dok. über den Bau und Betrieb der U3 der MA38. Compress Verlag Wien, S. 73-80.
- MAYREDER CONSULT, 1992: Metro-Washington-Boston-Outfall-Metro Los Angeles. Baubericht in: *Mayreder* 2/92, S. 60.
- NAGL, H., 1991: Landschaftsökologische Beurteilung von 14 Varianten der geplanten Hochleistungsstrecke Wien-St.Pölten. ARG. Wien, Manus., HL-AG Wien, 26 S.
- NÖT/NATM, 1987: Separatum zur Jahrestagung der ITA, parallel mit der STUVA-Tagung in Köln. In: *Tunnel* 8/87, S. 87-129.
- OSTERMANN, N., 1992: Wagnis Bürgerbeteiligung. Bürgerinformation und runder Tisch am Beispiel Lainzer-Tunnel. In: *Verkehr & Umwelt* 6, 5/92, S. 20-22.
- PELZ, J., 1985: Baumethoden der 2. Ausbauphase der Wiener U-Bahn. In: Die 1. und 2. Ausbauphase der Wiener U-Bahn 1969-1993. Eine Dok. der MA38 über das in Betrieb und in Bau befindliche Wiener U-Bahn-Netz, Compress Verlag Wien, S. 87-90.

- QUELLMELZ, F., 1987: Die Neue Österreichische Tunnelbauweise. Bauverlag GmbH, Wiesbaden-Berlin, 328 S.
- REVUE GENERALE DES CHEMINS DE FER 1991, 1992 (Annee 110, 111 - diverse Projektbeschreibungen), Gauthier-Villars-Verlag, Paris.
- SAMPSON, H. (Ed.), 1971: Rapid Transit Underground and Surface Railways. In: JANE's World Railways 1970/71, S. 631-679.
- SCHEIBNER, D.v., RENNOW, W., ENGELMANN, E., GÜNTHEM., M., 1982: Bau der U-Bahn-Linie 7/H110 in Berlin-Spandau. In: Reihe Forschung und Praxis/U-Verkehr und Unterirdisches Bauen 27, (STUVA-Köln), Alba Verlag Düsseldorf, S. 197-226
- SCHEUCKEN, H., KAUFMANN, P., 1971: Öffentlicher Nahverkehr in der Sowjetunion. In: Wirtschaftliche u. Technische Schriftenreihe 11/1971, Fachverlag Dr. H. Arnold, Dortmund, S. 15-26.
- SCHEUER, K., 1992: Paris versucht seinen Verkehr in den Griff zu bekommen. In: Verkehr & Umwelt, 6 Jg., 5/1992, Wien, S. 8-9.
- SCHLEIFE, H.-W. et.al., 1992: Metros der Welt. Geschichte-Technik-Betrieb. 2. bearb. u.erg.Auflage, Transpress Verlagsges.m.b.H. Berlin, 386 S.
- SCHLÖSS, E., 1987: Die Wiener Stadtbahn, Wiental- und Donaukanallinie, Beiträge zur Stadtforschung, Stadtentwicklung und Stadtgestaltung, "Blaue Reihe", Bd. 19, Wien, 180 S.
- SEDLMEIER, C., 1991: Verkehrsverbundsysteme in Großstadträumen. Ein Vergleich zwischen München, Wien, Zürich. Dipl.Arb. WU-Wien, 133 S.
- SONNBERGER, P., 1992: Neue Westbahn Wien-St.Pölten. 20 Minuten von City zu City. In: Verkehr & Umwelt, 6 Jg., 2/1992, Wien, S. 26-27.
- STEIPE, P., 1993: Alternative aus dem Untergrund. In: Verkehr & Umwelt 7 Jg., 2/1993, Wien, S. 6-8.
- STUVA-Sonderausgaben und Tagungsunterlagen (Studienges. für Unterirdische Verkehrsanlagen, Köln), seit 1964, z.T. Mitbenennung DSF (Deutscher Städtetag) und VÖV (Verband Öffentl. Verkehrsbetriebe).
- TESDORPF, J., 1987: Landschaftsverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland. Hoffnung auf die Trendwende. In: Geogr. Rdsch. 39, S. 336-342.
- THAL, M., 1991: Der öffentliche Verkehr in Wien. Eine kartographische Dokumentation (mittels ARC/INFO). Dipl.Arb. Univ.Wien, 59 S.
- THEINER, J., 1975: Stockholm erweitert sein U-Bahn-Netz. In: Europa-Verkehr 1975, S. 72-75.
- TINHOF, D., 1991: Das Geschäftsleben der inneren Mariahilfer Straße im Zeichen des U-Bahn-Baues. Dipl.Arb.Univ.Wien, 372 S.
- THON, J.G., 1970: Tunnels and subways on the San Francisco Bay Area rapid transit system. In: Tunnels & Tunnelling 1/1970, S. 13-16.
- TROSKE, L., 1892: Die Londoner Untergrundbahnen. Springer-Verlag Berlin, 101 S. (Nachdruck VDI-Verlag, Düsseldorf 1986)

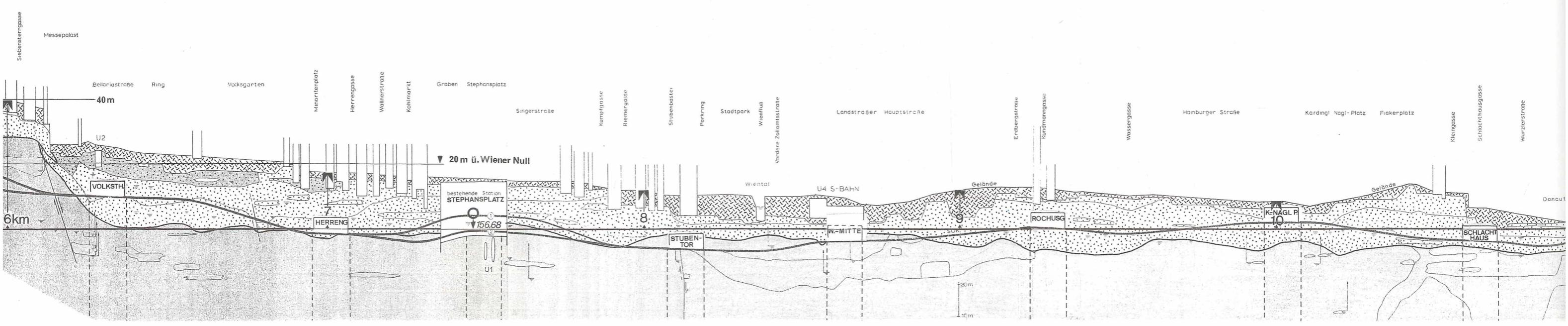
- TROSKE; L.; 1905: Die Pariser Stadtbahn. Springer-Verlag Berlin, 174 S. (Nachdruck VDI-Verlag, Düsseldorf 1986)
- TUNNEL UND UMWELT, 1990: STUVA-Tagung in Frankfurt a.M. 1990. In: Schweizer Ingenieur und Architekt 38, S. 1069-1071.
- TUNNEL- Internat. Fachzeitschrift für unterirdisches Bauen, Offizielles Organ der STUVA- Köln, Bertelsmann Vlg. Gütersloh.
- TUNNELS & TUNNELLING, diverse Baufortschrittmeldungen. Organ der British Tunnelling Society und des Inst. of Civil Engineers, Great George Street/London. Verlag Morgan-Grampian (Professional Press), Calderwood Street/London.
- VALENTA, G., 1991: U-Bahnen der Welt. In: Die U-Bahn-Linie U3. Eine Dok. über den Bau und Betrieb der U3 der MA38, Compress Verlag, Wien, S. 236-237.
- VERKEHR & UMWELT - Internationales Magazin für Verkehrspolitik. Hrsg. Erwin-Schwaiger-Verlag Wien.
- WÜNSCHMANN, P., 1985: Vorschau auf die 3. und 4. Ausbauphase der Wiener U-Bahn. In: Die 1. und 2. Ausbauphase der Wiener U-Bahn 1969-1993. Eine Dok. der MA 38 über das in Betrieb und in Bau befindliche U-Bahn-Netz, Compress Verlag, Wien, S. 201-208.

**Anschrift des Verfassers:** Ass.Prof.Univ.Doiz.Dr. Harald EICHER, Abteilung für Geomorphologie, Institut für Geographie der Karl-Franzens-Universität Graz, Heinrichstraße 36, A-8010 Graz.

**(zu H. EICHER) : LÄNGSPROFIL DER TUNNELLTRASSE DER WIENER U3 (10-fach überhöht)**



Qu.: MA 38 - U-Bahnbau, o.J., verein



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Arbeiten aus dem Institut für Geographie der Karl-Franzens-Universität Graz](#)

Jahr/Year: 1992

Band/Volume: [31\\_1992](#)

Autor(en)/Author(s): Eicher Harald

Artikel/Article: [Bilanz des nachkriegszeitlichen weltweiten Tunnelbaues am Untergrundbahn-Sektor 97-124](#)