Ein Kraftwerk-Projekt am Yangtse-Kiang

Autor(en): **Wegenstein, M.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **127/128 (1946)**

Heft 20

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-83940

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

Ein Kraftwerk-Projekt am Yangtse-Kiang

Der etwa 5000 km lange Yangtse-Kiang (Bild 1), der «Vater der Ströme», hat im Laufe der Jahrtausende etwa 1200 km stromaufwärts seiner Mündung in das Chinesische Meer die östlichsten Ausläufer des tibetanischen Hochlandes durchbrochen und bildet direkt oberhalb der Stadt Ichang die weltberühmten Yangtse-Schluchten, die eine Gesamtlänge von etwa 15 km haben. Die unterste, die sog. Windbox-Gorge, bietet in hydraulischer und geologischer Beziehung ideale Verhältnisse zum Bau einer Staumauer (Bild 3 und 4). Bis Ende des 19. Jahrhunderts war der Strom nur bis Ichang mit Flussdampfern schiffbar, während der Verkehr weiter landeinwärts mit einheimischen Dschunken bewältigt wurde, die auf beidseitig in den Felsen angelegten Treidelpfaden von Hunderten von Kulis durch die Wirbel und Stromschnellen der Schluchten stromaufwärts geschleppt wurden und sich zur weiteren Reise bis Tschunking der Ruderkraft und bei günstigem Winde grosser Bambussegel bedienten (Bild 2). Im Jahre 1900 wurden die Yangtse-Schluchten erstmals von zwei britischen Kanonenbooten befahren; aber erst seit 1908 besteht eine mehr oder weniger fahrplanmässige Schiffahrt von Ichang bis Tschunking.

Die mittlere Wasserführung des Yangtse-Kiang oberhalb Ichang beträgt 8000 bis 10 000 m³/s (Rhein bei Basel 1000 m³/s). Schon anlässlich einer Studienreise im Herbst 1922 habe ich die Energiemenge, die sich mit einem Flusskraftwerk an jener Stelle erzeugen liesse, auf mehrere Milliarden kWh pro Jahr geschätzt. Vor einigen Jahren hat nun im Auftrag der Chinesischen Regierung das staatliche «Bureau of Reclamation» in Denver, Colorado, mit amerikanischer Grosszügigkeit und Intensität die Studien zum Bau eines Yangtse-Kiang-Kraftwerkes aufgenommen und das Ergebnis seiner bisherigen Arbeiten in Form eines generellen Projektes seinem Auftraggeber und der Oeffentlichkeit unterbreitet.

Aus einer Projektstudie, erschienen in «The Engineer» vom 4. Oktober 1946, sowie aus näheren technischen Angaben, die ich dem Projektverfasser J. L. Savage, Consulting Engineer in Denver, Colorado, verdanke, gehen die wichtigsten Ausmasse der Schwergewichts-Staumauer wie folgt hervor: Höhe 230 m, Kronenlänge 750 m, Betonkubatur 11,5 Mio m³. Für die Bewältigung des zu 70 000 m³/s angenommenen höchsten Hochwassers des Yangtse-Kiang sind neun auf der Mauerkrone montierte Segment-Schützen von je 40 m Breite und 11 m Höhe, sowie 104 in verschiedener Höhe in die Staumauer eingelassene und mit Abschluss- und Regulierschiebern ausgerüstete Rohrdurchlässe von 2,50 m ⌀ vorgesehen. Der Inhalt des durch die Staumauer geschaffenen Speicherraumes beträgt 60 000 Mio m³ (zum

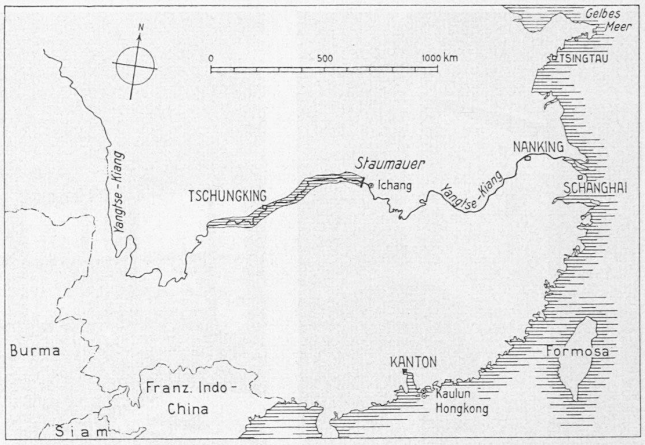


Bild 1. Lage und Ausdehnung des Yangtse-Staubeckens im Herzen von China

Vergleich: Urseren-Stausee bei Vollausbau 1250 Mio m³). Der Stausee hat eine Länge von etwa 700 km und reicht weit über Tschunking hinauf. Die installierte Leistung erreicht 11 Mio kW (alle Wasserkraftwerke der Schweiz zusammen im Jahre 1946 2,9 Mio kW). Die Fläche des für künstliche Bewässerung vorgesehenen, unterhalb der Staustelle gelegenen Landes misst schätzungsweise 50 000 km². Die approximativen Baukosten betragen eine Milliarde $.

Ausser zur Kraftnutzung und Bewässerung soll diese Staumauer dem Hochwasserschutz für die unten liegenden Provinzen und der Erleichterung der Flusschiffahrt auf dem Yangtse-Kiang von Nanking bis Tschunking dienen. Die Chinesische Regierung hofft, durch die Produktion der ungeheuren Energiemenge die allgemeinen Lebensbedingungen der im Umkreis von 800 km lebenden, mehrere Hundert Millionen zählenden Bevölkerung zu verbessern und die Entwicklung der landeseigenen Stahl-, Aluminium- und Zinnindustrie zu fördern. Unter der Leitung des Bureau of Reclamation arbeiten gegenwärtig amerikanische und chinesische Ingenieure an der Beschaffung der endgültigen topographischen, geologischen, hydrographischen und hydraulischen Projektunterlagen. Die Ausarbeitung des eigentlichen Bauprojektes soll durch amerikanische Ingenieur-Firmen so gefördert werden, dass mit den ersten Bauten im Jahre 1948 begonnen werden kann.

M. Wegenstein

Untergrundbahnen

Der stets zunehmende Verkehr in den Strassen von Zürich und die immer schwieriger werdende Lösung des Verkehrsproblems einiger Plätze und Strassenzüge in der prosperierenden Stadt haben schon wiederholt die Frage der Erstellung von Untergrundbahnen laut werden lassen. Von zuständigen Stellen der städtischen Verwaltung sind gegenwärtig Untersuchungen im Gange, die zunächst abklären sollen, ob Zürich heute schon für dieses Grosstadtverkehrsmittel reif ist. Sofern diese Frage bejaht werden kann, müssen im weitern generelle Projekte über die für Zürich zweckmässigsten Linienführungen eines solchen Bahnnetzes und schliesslich ein Bauprogramm für die Ausführung der auf Grund der Bedürfnisse in erster Linie erwünschten Strecken im Rahmen des Gesamtplanes aufgestellt werden. Wenn auch bis zur Eröffnung der ersten Untergrundbahn im Stadtbann von Zürich noch einige Zeit verstreichen dürfte, so ist es zweifellos am Platz, vorausschauend die Möglichkeiten einer solchen Entwicklung ins Auge zu fassen und Vorstudien aufzunehmen. Unter diesem Gesichtswinkel betrachtet, soll einmal allgemein über die unterirdischen Bahnanlagen anderer Grosstädte kurz orientiert werden, wobei einige grundlegende Gedanken über die Gestaltung und den Bau dieser Verkehrsmittel darzulegen sind[1]). Da unser Land gerade auf dem Gebiete des Bahn- und Tunnelbaues Hervorragendes aufzuweisen hat, mögen ein paar Hinweise auf die Besonderheiten der Untergrundbahnen, über die in unserer Fachpresse kaum etwas zu finden ist, von Interesse sein.

Beiläufig sei übrigens daran erinnert, dass es in der Schweiz schon seit einiger Zeit Untergrundbahnen gibt. Es stehen solche, sozusagen in Miniaturausführung, für die Beförderung der Post im Bahnhof Luzern seit 1927[2]), seit 1938 zwischen dem Sihlpostgebäude und der Postfiliale des Hauptbahnhofes Zürich[3]) und seit 1945 auch im Bahnhof Olten[4]) in Betrieb.

Der Bau von Untergrundbahnen setzte in Europa mit der wirtschaftlichen Gestaltung der elektrischen Traktion gegen Ende des letzten Jahrhunderts ein (Budapest 1895, Berlin 1897) und wurde, abgesehen von besondern örtlichen Verhältnissen, für eine Stadt im allgemeinen erst dann aktuell, als die Einwohnerzahl der geschlossenen Siedlung 500 000 überstieg. Als Uebergang von der Strassen- zur Untergrundbahn ist oft die Tunnelstrassenbahn (zum Beispiel in Stockholm, Nürnberg, Boston, Chicago, Philadelphia und San Francisco) eingeführt worden, indem Teilstrecken des oberirdisch fahrenden Verkehrsmittels unter die Strassenoberfläche gelegt wurden. Fahrgeschwindigkeit und Leistungsfähigkeit dieser Tunnelbahnen bleiben jedoch im wesentlichen an die der Strassenbahn gebunden. Eine bedeutende Steigerung der Reisegeschwindigkeit und des Fassungsvermögens der Züge tritt erst bei der ganz auf eigenem Bahnkörper fahrenden und signalgesteuerten Untergrundbahn ein, die, abgesehen von besonderen Verhältnissen, in Städten mit mehr als einer Million Einwohner wirtschaftlich ist. Kommt das Trasse dieser Bahnen aus irgendwelchen Gründen in grössere Bodentiefe und damit unabhängig von Strassen, Leitungen und Flussläufen zu liegen, so spricht man im besonderen von einer Tiefbahn (London, Oslo, Moskau).

Untergrundbahnen haben die Schnellverbindung zwischen den Wohn- und den Arbeitsvierteln herzustellen. Sie führen deshalb im Stadtinnern durch die belebtesten Strassenzüge. Vom verkehrstechnischen Standpunkt aus betrachtet sollte die Bahn hoch, also mit geringstem Höhenunterschied unter der Strasse, als sogenannte Unterpflasterbahn angelegt werden. Tiefbahnen

[1]) Vgl. M. Enzweiler in der «Siemens-Zeitschrift» 1944, Band 24, Seite 25.

[2]) SBZ 1928, Band 92, Seite 131

[3]) SBZ 1939, Band 113, Seite 136

[4]) SBZ 1945, Band 126, Seite 278 und «Hunziker Mitteilungen» vom Oktober 1945.

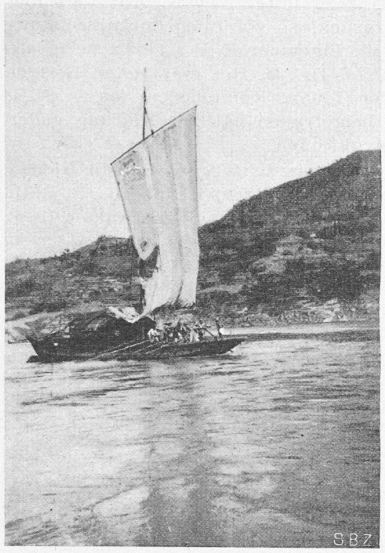
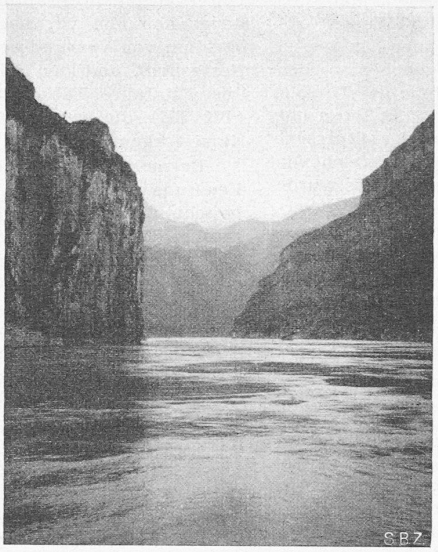


Bild 2. Oberhalb Ichang



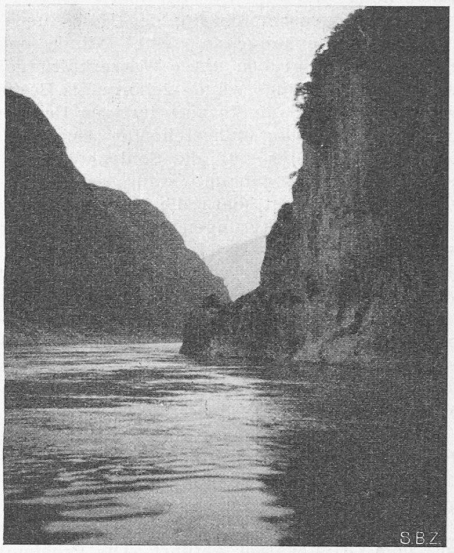


Bild 3 und 4. Yangtse-Schlucht bei Ichang

Photos des Verfassers

sind oft aus geologischen Gründen erstellt worden. Vielfach hat es sich dann aber erwiesen, dass trotz der dadurch erreichten Verminderung der Baukosten die Anlage von Unterpflasterbahnen im Hinblick auf den Betrieb wirtschaftlicher gewesen wäre. Ueber die Bedeutung, die die Tunnel der Untergrundbahnen als Luftschutzräume für die Bevölkerung der im vergangenen Krieg schwer heimgesuchten Grosstädte Europas erlangt haben, ist hinreichend berichtet worden. Es zeigte sich, dass diese als improvisierte Zufluchtsstätte benützten Anlagen nur bei einer Mindesttiefe von 10 bis 15 m unter dem Strassenniveau wirklich bombensicher waren. Anderseits sind sie zum Teil infolge ihrer ungünstigen Lage gegenüber den Kanal-, Gas- und Wasserversorgungsnetzen der Städte zu furchtbaren Massengräbern der Schutz suchenden Menschen geworden.

Für die Profilgestaltung und die Bestimmung der Grösse der Tunnelquerschnitte sind die Tiefenlage der Bahn, die geologische Beschaffenheit des Bodens, die Art des Bahnbetriebes und die Wagengrösse massgebend. Während Kreis- oder gewölbte Tunnelprofile bei tiefliegenden Bahnen und in standfestem Gebirge (zum Beispiel Paris, Buenos Aires und Moskau) am zweckmässigsten sind, werden bei hochliegendem Trasse meistens Rechteckquerschnitte mit freier Stützweite oder mit Zwischenpfeilern angeordnet. Erfolgt die Stromzufuhr über eine dritte Schiene, so schwanken die lichten Profilhöhen über Schienenoberkante bei Tunneln mit Rechteckprofil meistens zwischen 3,5 und 4,0 m. Wird die elektrische Energie aber über eine Oberleitung zugeführt, dann sind sie um mindestens 60 cm zu vergrössern, haben aber in München beispielsweise sogar 5,13 m erreicht. Die mit der Steigerung der an die Bahnen gestellten Ansprüche zunehmenden Profilbreiten sind von den Abmessungen der Antriebsmotoren und dem Fassungsvermögen der Wagen abhängig. Für Doppelspuren haben die lichten Weiten deshalb von 6,0 auf über 8,5 m zugenommen; die Profilbreite der Untergrundbahn in München misst sogar 9,0 m. Die von den Bahnen beanspruchten totalen Tunnelquerschnitte nehmen mit der Tragkonstruktion zusammen ganz erhebliche Flächen ein, die zum Beispiel bei der Berliner S-Bahn etwa 70 und bei der Münchner Untergrundbahn sogar rd. 105 m² ausmachen, also wesentlich grösseren Ausbruch erfordern als ein zweispuriger Tunnel der SBB. Die Metro in Paris hat meistens gewölbte Tunnelprofile mit 4,5 m grösster Höhe über S. O. und 7,1 m grösster Lichtweite, was einen Ausbruchquerschnitt von rund 46 m² bedingt. Dagegen besteht zwischen der Place de la République und der Rue du Montmartre im Zuge der grossen Boulevards auf etwa 1200 m Länge ein zweigeschossiges Profil, das eine Ausbruchfläche von rund 120 m² erfordert[5]).

Schwierige Probleme sind oft bei der Gestaltung der Bahnhöfe zu lösen, besonders, wenn diese bei sehr beschränkten Platzverhältnissen in den ältern Stadtteilen liegen, oder wenn mehrere Linien in einer Station zusammenlaufen. Bei Kreuzungen sind schon Bahnhofanlagen über drei Geschosse entstanden (zum Beispiel am Alexanderplatz in Berlin). Ob grundsätzlich Seiten- oder Mittelbahnsteige angeordnet werden, ist nicht allgemein entscheidbar. Seitenbahnsteige sind meistens billiger, die Mittelperrons haben aber den Vorzug der besseren Uebersichtlichkeit für den Betrieb und für die Benützer. Wichtig ist die leichte Zugänglichkeit zu den Bahnhöfen. Die notwendigen Strassenkreuzungen für die Fussgänger sind unterirdisch in Zwischengeschossen durch einfache, kurze und weiträumige Verbindungen herzustellen.

Im Hinblick auf die Bauausführung sind die Untergrundbahnen zu den vielgestaltigsten und schwierigsten Tiefbauten zu rechnen. Es können deshalb an dieser Stelle die auftretenden Probleme nur andeutungsweise Erwähnung finden. Wie bei jedem bedeutenderen Tiefbau ist auch hier eine möglichst aufschlussreiche geologische Voruntersuchung sehr zu empfehlen und zwar einerlei, ob die Bahn bergmännisch oder im Tagbau erstellt wird. Die Tunnelbauweise steht bei gebundenem Baugrund in erster Erwägung und ist dann meistens auch wirtschaftlich, denn der für die Ausführung erforderliche Platzbedarf ist auf das Mindestmass beschränkt, es entsteht kein überflüssiger Aushub und die vorhandenen Leitungen können ohne besondere Erschwernisse unterfahren werden. Auf diese Weise sind Untergrundbahnen in London, Paris, Madrid, Rom und Buenos Aires gebaut worden. Bei losen Bodenarten oder sonst ungünstigen geologischen Verhältnissen ist die Ausführung in offener Baugrube mit grossen Vorteilen verbunden, weil dann etappenweise und bei besten Lichtverhältnissen gearbeitet werden kann. Da die Querschnitte der zu erstellenden Tunnel beträchtliche Baugrubenausmasse erfordern, kommt der Ausspriessung hinsichtlich Ausführung und Kosten grösste Bedeutung zu, gilt es doch, nicht nur die Baugrube vor der Einsturzgefahr zu sichern, sondern, mit Rücksicht auf die benachbarten Gebäude und Leitungen, auch Terrainbewegungen, vor allem Setzungen möglichst zu verhüten. Das Rammen von Spundwänden in Gebäudenähe hat wegen den damit verbundenen Erschütterungen, mitunter gefolgt von Setzungen, schon zu schweren Schäden geführt. In kritischen Fällen können mit der Erstellung sogenannter elastischer Wände bessere Ergebnisse erreicht werden. Für solche sind in gewissen Abständen verhältnismässig leicht rammbare Schienen einzubringen, hinter die dann mit fortschreitendem Aushub Holz- oder Eisenbetonbohlen horizontal eingezogen werden. In sehr leichten Böden mit Grundwasser kommen Druckluft- und Bodenverfestigungsverfahren, bei letztgenannten Gefriermethoden oder chemische Versteinerungen[6]) zur Anwendung. Das Gefrierverfahren hat sich bei Ausführungen im Tagbau allerdings schon als sehr teures und zeitraubendes Hilfsmittel erwiesen.

Beim Bau einer Untergrundbahnstrecke in Oslo[7]) bereitete eine bis in 20 m Tiefe reichende wasserhaltige Lehmschicht mit teilweise fliessender Konsistenz wegen den in der Nähe stehenden Häusern besondere Schwierigkeiten. Sie konnten mit einer damals neuartigen Bauweise überwunden werden. Es sind zunächst vertikalstehende und durch spundwandähnliche Führungsschienen miteinander verbundene Stahlzylinder von 1,3 m Durchmesser in Reihen nebeneinander eingerammt worden. Nach der

5) «Génie Civil» vom 8. August 1931.

6) «Siemens Zeitschrift» 1940, Band 20, Seite 19 und SBZ 1937, Band 109, Seite 89.

7) «Norges Statsbaner» Nr. 6 vom Dezember 1928 und Sonderdruck des «Teknisk ukeblad» 1928, No. 42/44.