Der Suezkanal-Tunnel - erste feste Verbindung zwischen Afrika und Asien

Autor(en): **Rutschmann, Werner**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **98 (1980)**

Heft 48

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-74256

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

Der Suezkanal-Tunnel – erste feste Verbindung zwischen Afrika und Asien

Von Werner Rutschmann, Kairo

Querverbindungen am Nil und am Suezkanal

Das etwa 1 Mio Quadratkilometer messende Staatsgebiet der Arabischen Republik Ägypten wird durch zwei Gewässer, die ungefähr der Nord-Süd Richtung folgen, dreigeteilt. Der Nil trennt die Lybische Wüste im Westen von der Arabischen Wüste im Osten. Der Suezkanal und der nach Süden anschliessende Golf von Suez bilden die Grenze zwischen der Arabischen Wüste und dem Sinai und zugleich zwischen dem Afrikanischen und dem Asiatischen Kontinent. Beide Gewässer bilden bedeutende Hindernisse für den Verkehr zwischen ihren Ufern.

Die Nilarme im Delta werden zwar nördlich von Kairo von mehreren Brükken überquert und im Raume der Stadt Kairo befinden sich zahlreiche Übergänge, aber längs des zwischen Kairo und Asswan etwa 950 km langen Flusslaufes gibt es neben Fähren nur vier Brücken, drei befahrbare Stauwehre und zwei Staudämme.

Am 167 km langen Suezkanal, der am 17. Nov. 1869 eröffnet worden ist, besteht gegenwärtig noch keine feste Verbindung. Dem öffentlichen Verkehr dienen einige wenige Fähren, und zweimal am Tage, zwischen den Durchfahrten der beiden Schiffskonvoys, die in der Regel täglich in beiden Richtungen im Kanal verkehren, werden nördlich Suez und im Nordabschnitt Schiffsbrücken ein- und nach kurzer Zeit wieder ausgefahren. Ab Frühjahr 1981 wird aber eine feste Verbindung verfügbar sein: Der erste Suezkanal-Tunnel bzw. der Ahmed-Hamdi-Tunnel, wie ihn die Ägypter im Gedenken an den einstigen stellvertretenden Kommandanten der ägyptischen Pionier-Truppen nennen, der im Oktoberkrieg 1973 im Bereiche des heutigen Bauwerkes gefallen ist. Dieser etwa 1,7 km lange Strassentunnel mit der theoretischen Kapazität von 2000 Fahrzeugen/h unterquert nördlich von Suez den Kanal. Er verbindet zusammen mit seinen Anschlussstrassen die westliche mit der östlichen Ufer-Hauptstrasse. Er ist durch den südlichsten Abschnitt der Strasse Suez–Ismailia an die Wüstenstrasse Kairo–Suez angeschlossen und wird die ungebrochene Zufahrt über den Giddi- oder den Mitla-Pass in die Sinai-Halbinsel oder an den Golf von Suez ermöglichen (Bild 1). Gegenwärtig sind Studien im Gang für eine zweite feste Verbindung im Raume El Kantara–Ismailia, im Nordabschnitt des Suezkanals. Sie soll der Strasse und der Eisenbahn dienen. Die Studien ziehen Tunnel und Brücken in Betracht.

Projektbeschreibung

Linienführung

Die Wahl des Standortes des Tunnels und des Grundrisses seiner Linienführung berücksichtigt die Ergebnisse durchgeführter ausgedehnter geologischer Untersuchungen unter dem Kanal und den Uferstreifen. Als für die Ausführung am sichersten wurde eine Lokation 17 km nördlich der Stadt Suez und eine allgemein von Nordwest nach Südost verlaufende Tunnelachse mit einem Kreisbogen im Ostabschnitt, dessen Tangente mit der Kanalachse einen Winkel von etwa 65° einschliesst, fest-

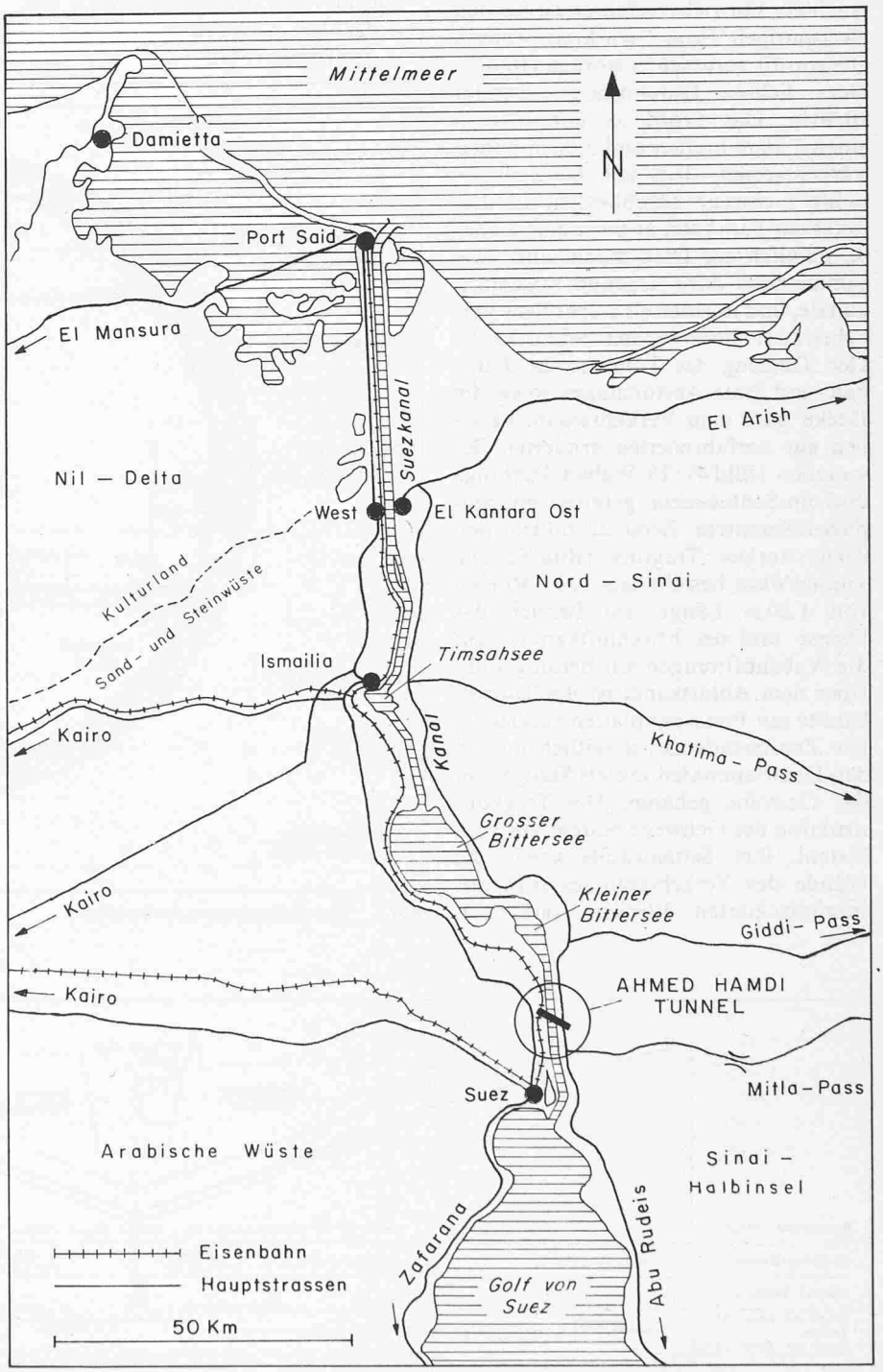


Bild 1. Suezkanal mit Lage des Ahmed Hamdi-Tunnels

gelegt. Der Grundriss der westlichen Anschlussstrasse weist zwei, der der östlichen einen Kreisbogen auf.

Das Längenprofil des Tunnels und seiner Zufahrten (Bild 2) trägt der Ausbauplanung für den Kanal Rechnung. Es ist die etappenweise Verbreiterung des Böschungsabstandes auf Wasserspiegelhöhe von 170 auf 350 m und die Vertiefung von 15,5 auf 27,0 m vorgesehen. Dabei würde der Minimalabstand zwischen der zukünftigen Kanalsohle und dem Bauwerk noch 10 m betragen. Dementsprechend ergab sich ein V-förmiges Längenprofil. Die Rampen weisen Neigungen von etwa 2,55 und etwa 3,8 Prozent auf.

Tunnelquerschnitt

Im Hinblick auf das als notwendig erachtete Vortriebsverfahren ist für den zweispurigen Tunnel ein kreisförmiges Querprofil vorgesehen worden (Bild 3). Der lichte Durchmesser beträgt 10,40 m. Das Profil ist unterteilt in einen 7,50 m breiten und 5,05 m hohen Verkehrsraum, dem sich beidseits erhöhte Gehwege anschliessen, in drei unter der Fahrbahn angeordnete Kanäle, nämlich ein Dienstkanal und zwei symmetrisch dazu liegende Frischluftkanäle, und in einen sich über dem Verkehrsraum befindenden Abluftkanal. Der Tragring des Tunnels, die Fahrbahn mit ihren Abstützungen sowie die Decke über dem Verkehrsraum bestehen aus vorfabrizierten armierten Betonteilen (Bild 4). 15 Waben-Tübbinge und ein Schlussstein, gefertigt mit Sulphat-resistentem Zement, bilden den 0,6 m starken Tragring (Bild 5). Die Tunnelröhre besteht aus 1367 Ringen von 1,20 m Länge. Im Bereich des Dienst- und der Frischluftkanäle sind die Wabenöffnungen mit Beton gefüllt. Über dem Abluftkanal ist die Tunnelkalotte mit Pressspanplatten verkleidet. Die Zwischendecke ist seitlich und in den Drittelspunkten mittels Stangen an das Gewölbe gehängt. Die Tragkonstruktion der Gehwege besteht aus Profilstahl; ihre Seitenwände sowie die Wände des Verkehrsraumes sind mit speziallackierten Blechen verkleidet.

Hauptobjekte des Bauwerkes

Es sind dies:

Die westliche Anschlussstrasse mit		
- ebenerdiger Zufahrtsstrasse	1277 m	
- Voreinschnitt	980 m	
		2257 m
Der Tunnel mit		
- Westportal und Lüftungsbauwerk	30 m	
- Tunnelröhre, bergmännisch gebaut	1640 m	
- Ostportal und Lüftungsbauwerk	35 m	
		1705 m
Die östliche Anschlussstrasse mit		
- Voreinschnitt	999 m	
- Ebenerdige Zufahrtsstrasse	951 m	
		1950 m
Gesamte Baulänge		5912 m
Aushub- bzw. Ausbruchkubatur, fest		
- der Voreinschnitte		rd. 2400000 m²
- der Tunnelröhre		rd. 180000 m²

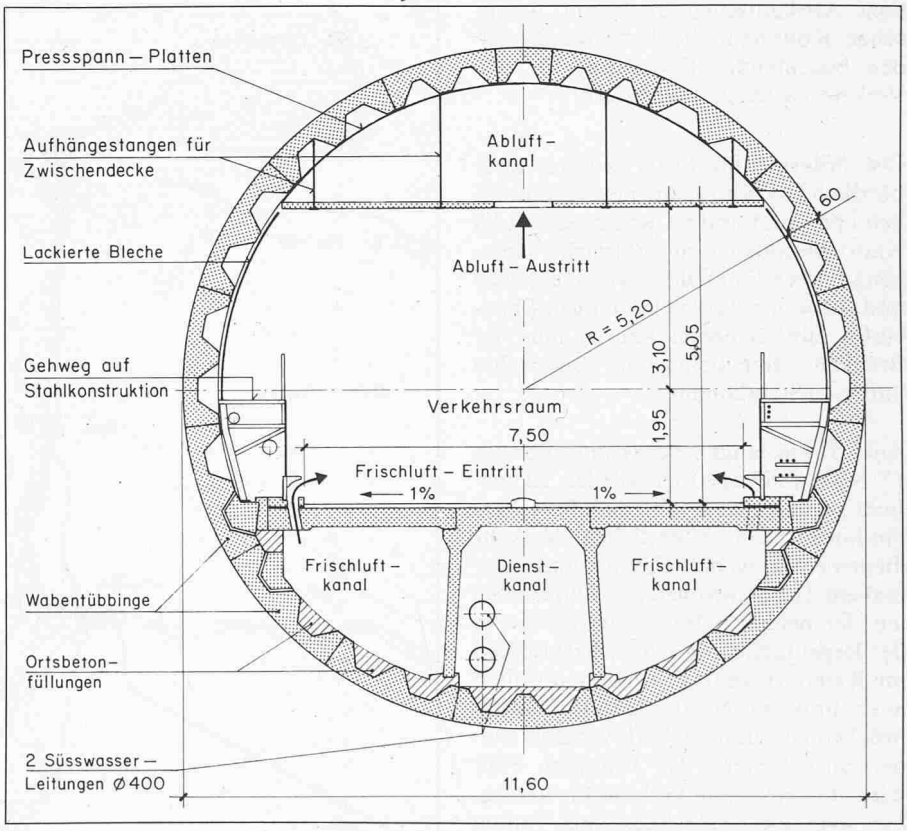


Bild 3. Tunnelquerschnitt in der Geraden

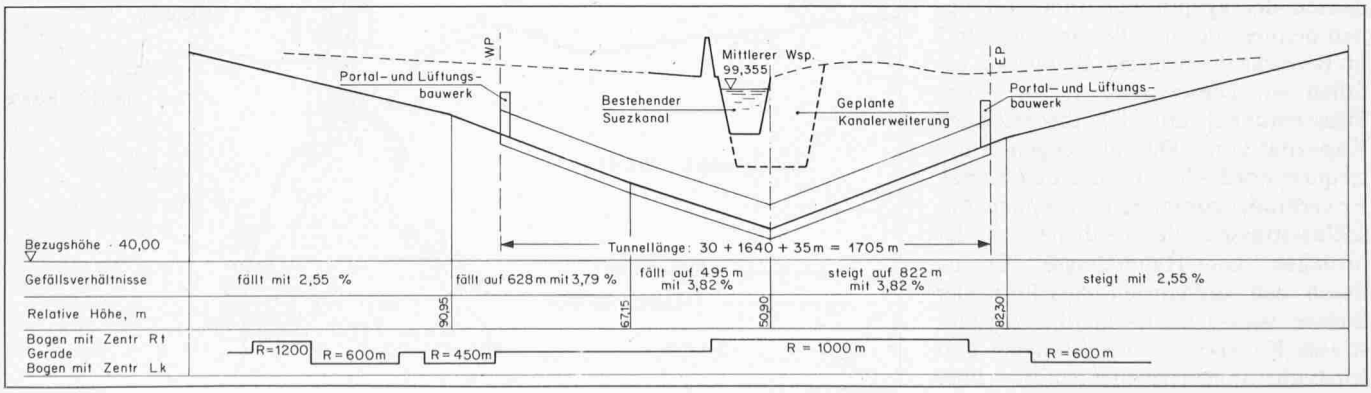


Bild 2. Längenprofil des Tunnels und seiner unmittelbar angrenzenden Zufahrten

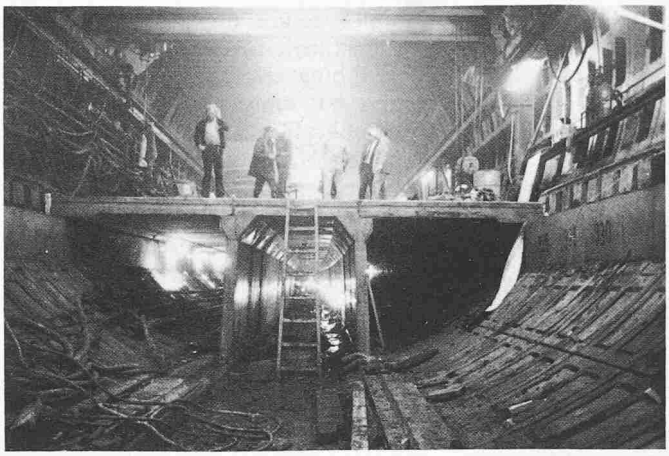


Bild 4. *Verwendung von vorfabrizierten Betonteilen beim Tunnelbau*

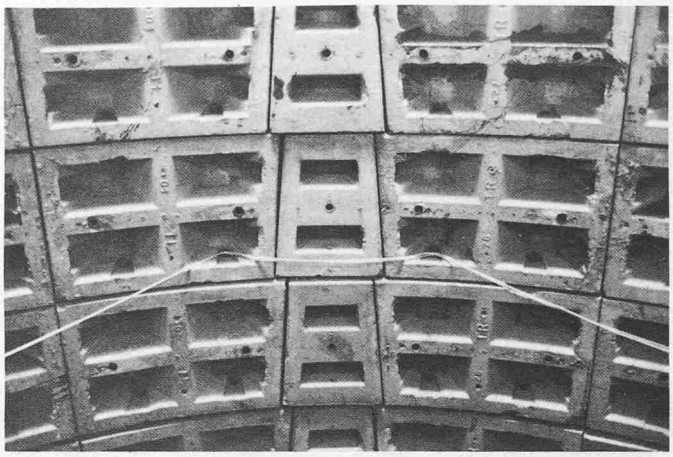


Bild 5. *Kalotte des Tragringes der Tunnelröhre*

Die Bleche sind direkt auf die Tübbinge aufgebolzt. Die Wasserdichtigkeit des Tragringes ist erreicht durch eine Bitumenbeschichtung der Tübbing-Seitenflächen, die Verbolzung der Ringelemente und durch Zementinjektionen in die Feinschotterfüllung zwischen Tragring und Gebirge sowie in das Gebirge.

Betriebseinrichtungen

Die 1640 m lange, sich zwischen den Portal- und Lüftungsbauwerken erstreckende Tunnelröhre wird künstlich belüftet. Das Lüftungssystem besteht aus zwei gleich langen, querbelüfteten Abschnitten. Unmittelbar über jedem Portal befinden sich zwei Frischluft-Ansaugöffnungen und seitlich davon Abluftkamine. Die Lüftungszentralen sind in den seitlich ausgedehnten Portalbauwerken angeordnet (Bild 6). In jeder Zentrale sind acht Ventilatoren und die zugehörigen elektrischen Anlagen untergebracht. Die total installierte elektrische Leistung der Lüftung wurde mit etwa 4000 kW und die maximale Frischluftmenge mit 650 m^3/s angegeben. Die Frischluft gelangt durch die Kanäle unter der Fahrbahn und durch Ausblasöffnungen in den Bordsteinen in den Verkehrsraum. Die Abluft wird durch Öffnungen in der Decke über dem Verkehrsraum und durch den obenliegenden Kanal abgesaugt.

Der Tunnel wird künstlich beleuchtet. Anstelle der üblichen Leuchtenkonzentration nach den Portalen erfolgt die Lichtadaption mittels vorgelagerten Galerien.

Im Tunnel werden Fernsehkameras für die Verkehrsüberwachung, in Abständen von 150 m Notruf-Telefonapparate und eine Löschwasseranlage installiert. Die elektrischen Kabel sind in den Gehwegen verlegt. Die Überwachung des Verkehrs und des Betriebes erfolgt von einer beim Westportal liegenden Zentrale aus.

Im Dienstkanal sind zwei Rohrleitungen für den Transport von Süsswasser aus dem Nil in das Sinaigebiet verlegt.

Bauausführung

Vorbereitungsarbeiten

Mit den ersten Studien ist bereits innerhalb eines Jahres nach Beendigung des Oktoberkrieges von 1973 begonnen worden. Sie wurden von der ägyptischen Armee durchgeführt. Später wurden die Arbeiten unter Leitung des Ministry of Reconstruction and Development als Bauherr weitergeführt und auch ausländische Beraterfirmen beigezogen.

Im Rahmen der geologischen Abklärungen wurden 1976 zahlreiche Sondierbohrungen in einem ausgedehnten Gebiet abgeteuft. Nach einer Vorentscheidung über die Tunnellokation wurde 1977/78 im vorgesehenen Trasse, am Westufer des Kanals, ein 42 m tiefer Schacht mit einem Innendurchmesser von 6,1 m niedergebracht und vom Schachtfuss aus mittels eines *Digger-Schildes* englischer Konstruktion ein 330 m langer Sondierstollen von 3,6 m lichtem Durchmesser unter dem Kanal vorgetrieben. Schacht und Stollen wurden mit Tübbingen ausgebaut. Diese Grosssondierung bewies die Richtigkeit der Vorentscheidung.

Der Bauherr übertrug in der Folge die Bauausführung, einschliesslich die Detailprojektierung, einer ägyptisch-englischen Arbeitsgemeinschaft, die eine amerikanische Ingenieurfirma mit der Ausarbeitung der Pläne beauftragte. Der Bauherr behielt sich die Plangenehmigung und die Oberbauleitung vor.

Tunnelbau

Der Tunnel wurde vom Westufer des Kanals aus vorgetrieben und ausgebaut. Nur die Erdarbeiten für die östliche Anschlussstrasse und der Bau des Ostportales und Lüftungsbauwerkes wurden vom Ostufer aus durchgeführt.

Der bergmännische Vortrieb erfolgte mittels eines kreisförmigen 9,3 m langen Schildes mit 11,85 m Aussendurchmesser. Die von einer westdeutschen Firma gelieferte Ausrüstung des Schil-



Bild 6. *Westportal mit Lüftungsbauwerk*



Bild 7. Tübbinglager, im Hintergrund Fabrik für Betonfertigteile

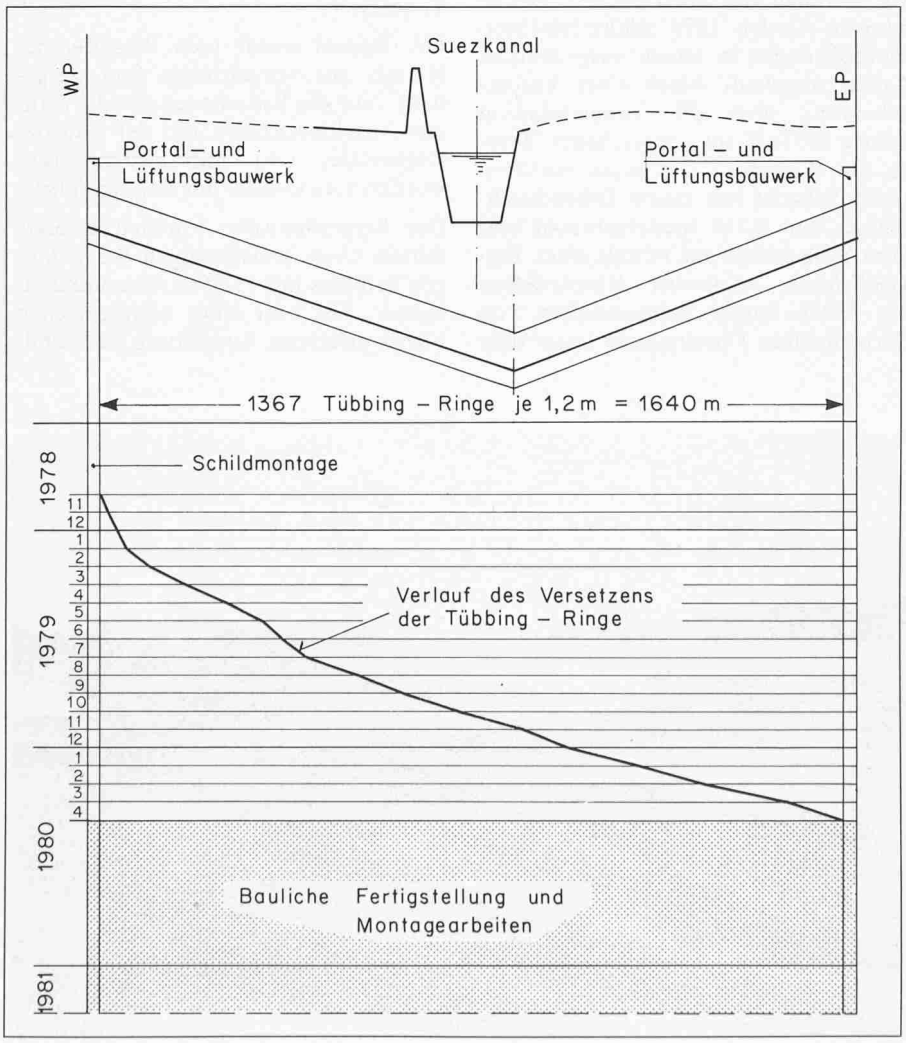


Bild 8. Zeitlicher Ablauf des Tunnelbaues

des umfasste u.a. drei Ripperarme mit einer maximalen Reisskraft von je 50 t, eine Tübbingversetzeinrichtung und 32 Pressen mit einer totalen maximalen Vorschubkraft von 10000 t. Der Schild zog einen Nachläufer, der auf einem auf Konsolen des Tübbingringes gelagerten Gleis fuhr. Er enthielt die hydraulischen und elektrischen Installationen, die für den Betrieb des Schildes erforderlich waren, sowie Werkstätten. Über seine Portalrahmen führte ein Förderband für den Transport des Ausbruchmaterials und eine Transportanlage für die Tübbinge. Das Gewicht des Schildes und des Nachläufers betrug etwa 1200 t. Der Abtransport des Ausbruchmaterials vom Nachläufer auf die Deponie und die Zufuhr der Tübbinge sowie aller Versorgungsgüter erfolgte mit Lastwagen.

Mit dem Tunnel wurde harter, weit überwiegend *praktisch trockener Lehm und Schlick* durchörtert. Das Ausbruchmaterial zerfiel bei Luft- und Wärmezutritt innerhalb kurzer Zeit in kleine Stücke. Die «Gesteins»-Schichten waren von wechselnder Mächtigkeit, lagerten im Westabschnitt des Tunnels praktisch horizontal und fielen im Ostabschnitt flach gegen die Ortsbrust ein. Mit den Ripperarmen wurde das Profil vor der Schildschneide etappenweise vollständig ausgebrochen. Die verfügbare Ripperkraft erwies sich als gerade ausreichend. Im Schildschwanz wurde gleichzeitig ein Tübbingring aufgebaut. Unmittelbar hinter dem zuletzt montierten Ring wurde der Hohlraum zwischen Tübbingring und Gebirge mit Feinschotter verfüllt und nachfolgend die Füllung und das angrenzende Gebirge mittels Injektionen verfestigt und gedichtet.

Das Gebirge wies praktisch keine offenen Klüfte auf und Wasser drang nur lokal längs Schichtgrenzflächen und nur mit geringem Zufluss in den Tunnel ein. Einige Schwierigkeiten bereitete der Vortrieb im Bereich des Tübbingverkleideten Sondierstollens, der in der Kalotte des Tunnels aufgefahren worden war.

Die Betonbauteile wurden in einer grossen Fabrik vor dem Westportal vorfabriziert (Bild 7).

Arbeitskräfte

Während der Zeit grösster baulicher Aktivität umfasste die Belegschaft etwa 1200 Mann. Neben den ägyptischen Arbeitskräften waren 70 bis 80 Europäer, vorwiegend unter Tage eingesetzt. Die Bauausführung forderte das Leben von vier Mitarbeitern.

Zeitlicher Ablauf der Arbeiten

Im Tunnel wurde jährlich an 300 Tagen dreischichtig gearbeitet. An Freitagen, dem islamischen Feiertag, kamen nur

grössere Unterhaltungs- und Reparaturarbeiten zur Ausführung.

Nachdem ein Teil des westlichen Voreinschnittes ausgehoben und die ersten Baustelleneinrichtungen verfügbar waren, wurde im Sommer 1978 mit der Montage des Schildes begonnen. Der bergmännische Tunnelvortrieb setzte im November 1978 ein. Der zeitliche Verlauf des Vortriebes ist aus Bild 8 ersichtlich. Nach dem Durchschlag ist der letzte Tübbingring am 30. April 1980 versetzt worden.

Die Fertigstellung der Anschlussstrassen, der Innenausbau des Tunnels und die Montage der Betriebseinrichtungen sind im Gange. Die Inbetriebnahme des Tunnels für den öffentlichen Verkehr ist für das Frühjahr 1981 vorgesehen. Mit einem Staatsakt ist das Bauwerk am 25. Oktober 1980 für ausgewählte Transporte nach dem Sinai freigegeben worden.

Der Rückstand auf das ursprüngliche Bauprogramm wird etwa ein halbes Jahr betragen. Die Verzögerung soll vor allem auf die Schwierigkeiten, die sich beim Betrieb des Schildes, insbesondere der Tübbingversetzeinrichtung, ergeben haben, zurückzuführen sein.

Kosten

Sie werden 105 Mio LE, entsprechend etwa 250 Mio Franken, betragen. Die Finanzierung erfolgte aus Mitteln des ordentlichen Staatsbudgets. Die erste Kostenschätzung stellte 35 Mio LE in Aussicht.

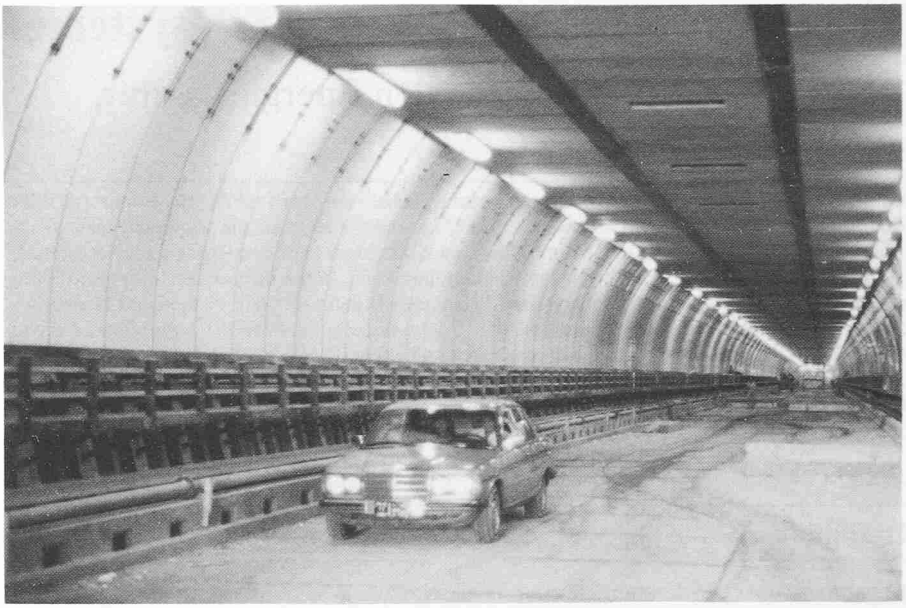


Bild 9. Tunnelröhre vor der Fertigstellung. Fahrbahndecke und Verkleidung der Gehwegkonstruktion fehlen noch

Würdigung

Der etwa 1,7 km lange Ahmed Hamdi-Tunnel unter dem Suezkanal, nördlich Suez, ist die erste feste Vebindung zwischen Afrika und Asien (Bild 9). Er ist von einer ägyptisch-englischen Arbeitsgemeinschaft als Zweckbau erstellt worden. Die Bauzeit- und Kostenüberschreitung liegen im schweizerischen Rahmen, aber dies wird keinen Anlass dazu geben, bei seiner Eröffnung im Frühjahr 1981 die Wilhelm-Tell-Ouvertüre zu spielen. Vielmehr liesse sich das nationale Bauwerk mit dem Triumphmarsch aus Aida feiern. Nach der Friedensregelung im Nahen Osten wird der Tunnel aber internationale Bedeutung erlangen.

Adresse des Verfassers: *W. Rutschmann*, dipl. Ing. ETH, c/o Waldistrasse 34, 8134 Adliswil