

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 109/110 (1937)  
**Heft:** 9

**Artikel:** Umbau der Mohammed Ali Moschee auf der Zitadelle von Kairo  
**Autor:** Andreae, C.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-49107>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 01.04.2025

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



INHALT: Umbau der Mohammed Aly Moschee auf der Zitadelle von Kairo. — Neue Betrachtungen über die schweizerische Energiewirtschaft. — Mitteilungen: Das Wassertheater und die Leuchtfontänen an der Welt-

ausstellung in Paris. Die Versteppung Deutschlands. Neues vom Muskelkraftflug. Die internationale Vereinigung der Gasindustrie. Einführung von Schläffflugzeugen. Schweiz. Verein von Gas- und Wasserfachmännern.

Band 110

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 9

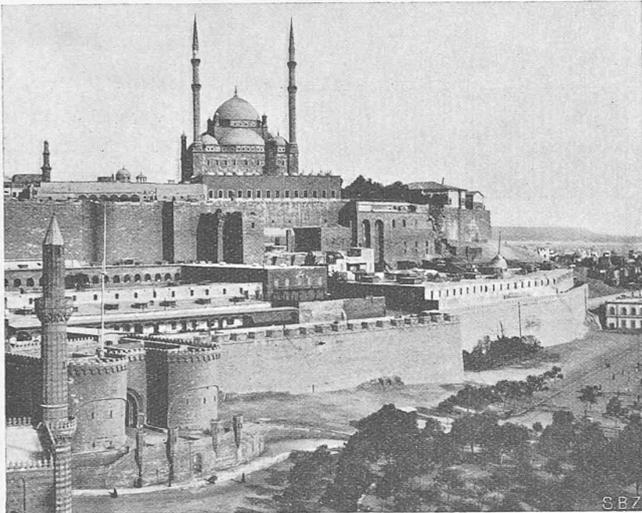


Abb. 1. Die Zitadelle von Kairo mit der Mohammed Aly Moschee, links aus Nordwesten; rechts aus Nordost, gegen die Stadt.

Abb. 2.

## Umbau der Mohammed Aly Moschee auf der Zitadelle von Kairo

Von Prof. Dr. C. ANDREAE, Giza

[Das Manuskript zu nachfolgendem Bericht hatten wir schon vor Erscheinen des Aufsatzes von Dr. Stross in «Beton und Eisen» (1936, Nr. 22) erhalten. Aus verschiedenen Gründen und ohne Schuld des Autors hat sich die Veröffentlichung bis heute verzögert. Sie ist aber heute noch hier erwünscht, umso mehr als sie vom schweiz. Mitglied der Baukommission stammt und die Ausführung durch eine schweiz. Unternehmung erfolgte, die in Aegypten schon den Lahaywa-Tunnel (Band 95, Seite 85\*, 1930) erbaut hat. Red.]

Jeder Besucher Aegyptens kennt die Moschee Mohammed Aly auf der Zitadelle in Kairo, die mit ihren Kuppeln und den zwei schlanken Minaretten die Stadt überragt und ihrer Silhouette das charakteristische Gepräge gibt. (Abb. 1 und 2.) Diese Moschee — wegen der teilweisen Verkleidung der untern Teile mit Alabaster aus Beni-Souef (Oberägypten) auch Alabastermoschee genannt — wurde vor nicht ganz 100 Jahren durch den damaligen Vize-König Mohammed Aly Pascha, dem Begründer der heutigen Königsdynastie erbaut. Sie ist sein Grabdenkmal. Baumeister soll der Grieche Yusef Boschna gewesen sein, dem als Vorbild die Moschee Nur-i-Omaniji in Konstantinopel gedient habe. Der ganze Bau war aus Quadern des nahen Mokattam, des weichen Kalksteingebirges östlich von Kairo, mit Ausnahme der Kuppeln und Halbkuppeln, sowie der Konsolen (pendentifs), die den Uebergang von den quadratischen und rechteckigen Grundrissformen zu den kreisförmigen Grundrissen der Kuppeln, bzw. den halbovalen der Halbkuppeln vermitteln; diese Bauteile waren aus Backsteinmauerwerk. Kuppeln, Halbkuppeln und übrige Abdachungen waren mit Bleitafeln abgedeckt.

Schon vor der Jahrhundertwende zeigten sich Risse, die im Jahre 1899 zu Verstärkungen führten, die jedoch die fortschreitende Rissbildung nicht aufhielten. Der Zustand der Moschee wurde immer bedenklicher, sodass sich im Jahre 1931 das Wakfministerium (Ministerium der religiösen Stiftungen) entschloss eine Kommission zu ernennen mit dem Auftrag, die Moschee zu untersuchen, über die Ursachen der Risse zu berichten und Vorschläge für die Wiederinstandsetzung zu unterbreiten. Zu Mitgliedern dieser Kommission wurden ernannt: Arch. Farag Amin Bey, Inspektor der königl. Bauten, Ing. Leliavsky, Chef des technischen Dienstes der Abteilung für Stauamauern im Bauministerium, Ismail Omar Bey und Ahmed Fahmy Ibrahim Eff., Ingenieure des Bauministeriums, sowie der Verfasser vorliegenden Berichtes. Diese Kommission amtierte unter dem Vorsitz des Chefs der techn. Dienste des Wakfministeriums, Sayed Metwalli Bey.

Die Untersuchung ergab zunächst, dass die Moschee auf Fels gegründet ist, die Risse daher nicht auf Fundamentsetzungen zurückzuführen sind. Die Risse waren so zahlreich und so regellos über die ganze Moschee verteilt, dass es zunächst schwierig war, Schlüsse zu ziehen. Es gelang jedoch bald, zwei Arten von Rissen zu unterscheiden. Die eine Gruppe, die zahlreichere, regellos über das Bauwerk verteilt, musste örtliche, physikalische Ursachen wie Erdbeben (Kairo hat seit Erstellung der Moschee deren mehrere erlebt), Erschütterung durch die Explosion eines Munitionsmagazins, die vor Jahren erfolgte, Temperatureinflüsse usw. als Ursache haben. Es wurde u. a. auch beobachtet, dass die Quadern der Fassadenmauern durch eiserne, in Blei vergossene Dübel mit einander verbunden waren. Diese, durch den Kalkmörtel ungenügend geschützt, waren gerostet und hatten die weichen Kalkquader gesprengt. Neben diesen ganz unregelmässig verteilten Rissen mit verschiedenen, örtlichen Ursachen und von mehr untergeordneter Bedeutung, die das Gesamtbild verschleierten, konnte aber allmählich doch eine Gruppe anderer Art herausgefunden werden, deren Ursache viel tiefer lag, und die für den Bestand der Moschee eine Gefahr bildeten, oder, besser gesagt, Symptome eines gefährdenden Zustandes waren. Es waren dies Risse, die als Folge einer durch statisches Ungenügen hervorgerufenen, langsam aber stetig fortschreitenden Bewegung erkannt wurden.

Es würde zu weit führen, die sukzessiven Beobachtungen, auf die die Kommission ihre Schlüsse schliesslich gründete, zu beschreiben. Die endlichen Feststellungen waren folgende: Unter der Last der mit ihrer Trommel etwa 1750 t schweren Zentralkuppel mussten die eisernen Zugstangen von 16×20 cm Querschnitt in Kämpferhöhe (Kote 24,30 in Abb. 3, 4) der vier Gewölbe, die ihre Trommel tragen, durch den horizontalen Gewölbeschub infolge ungenügender Verankerung im Mauerwerk ausgerissen worden sein, eine Annahme, die sich beim späteren Abbruch als durchaus richtig erwies. Der Horizontalschub der Gewölbe wurde infolgedessen auf die vier hohen Pfeiler übertragen, die ihn ihrerseits auf die acht kleineren Bögen unter den Eckkuppeln übertrugen; diese kleineren Bögen von 8 m Spannweite sind ohne Zugbänder. Das hatte zur Folge, dass diese Bögen, die alle im Scheitel offene Risse zeigten, vermehrten Schub auf die nicht dafür geschaffenen Umfassungsmauern der Moschee ausübten. Es wurde festgestellt, daß diese schon etwa 10 cm nach aussen überhingen und zwar in der Nähe der kleinen Gewölbe mehr als gegen die Mitte hin und dort auch zerklüftet waren (Abb. 5 und 6). In den vier Ecken der Moschee zeigten sich von oben bis unten klaffende, vertikale

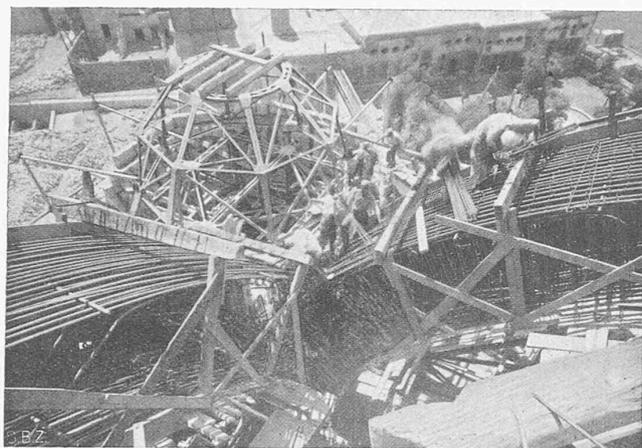


Abb. 12. Kämpfer der grossen Gewölbe und Gerüst für kleine Kuppel

Trennungsrisse, die deutlich das Auseinandergehen der vier Mauern bewiesen.

Der Schub wirkte auch auf die beiden Minarette. Sorgfältige Beobachtungen und Messungen zeigten, dass beide in der Richtung der Diagonalen der Moschee, also in der Richtung der Resultierenden der Schübe nach aussen neigten. Im Juni 1932 ergaben die Beobachtungen<sup>1)</sup> auf 41 m Höhe über Moscheeboden eine Abweichung von der Vertikalen von 16,9 cm beim einen, von 19,2 cm beim andern Minarett. Genau ein Jahr später, zur genau selben Tageszeit, betrug diese Abweichungen 18,8 bzw. 20,1 cm.

Die Konsolen (pendentifs, obere Ecken in Abb. 17), die die Trommelstücke zwischen den durch die Gewölbe gebildeten Stützpunkten tragen sollten, waren ebenfalls stark gerissen. Nach Abschlagen des Verputzes wurde hier ein ganz bedenklicher Zustand festgestellt. Die Konsolen bestanden aus lockerem Backsteinfüllmauerwerk mit z. T. gefaulten Holzeinlagen und waren nicht in der Lage, als Tragwerk zu wirken. Einzig die Gallerie über ihnen, die aus guten Quadern bestand und mit einem Eisengürtel verstärkt war, muss, als horizontales Gewölbe wirkend, den Einsturz hintangehalten haben; der Eisengürtel war aber bereits stark gerostet. — Die statischen Risse wurden mit Siegeln versehen, die fast alle nach wenigen Monaten gerissen waren. Die Bewegung dauerte also fort, was sich auch aus der zunehmenden Neigung der Minarette ergab.

Es wurde ferner eine zu hohe Querschnittsbelastung der vier Hauptpfeiler unter den Gewölben der Hauptkuppel festgestellt. Sie hatten schon vor ihrer Verstärkung im Jahre 1899 Risse gezeigt, die dazu geführt hatten, sie mit einer Ummanntelung aus Quadermauerwerk zu versehen, die jedoch kaum in der Lage war, die Querschnittsbelastung wesentlich zu vermindern, da sie die Zusammenpressung des ursprünglichen Kernes nicht mit durchgemacht hatte, und auch nicht als wirksame Umschnürung betrachtet werden konnte; dazu war das Material wenig geeignet (Abb. 7).

Das Gesamtergebnis war also zusammengefasst folgendes: Infolge Ausreissens der Verankerung der Zugstangen der vier grossen Gewölbe senkte sich der zentrale Ueberbau (grosse Kuppel). Der dadurch hervorgerufene Schub wirkte auf die vier Pfeiler, die vier Aussenmauern und die beiden Minarette. Die so geschobenen Teile wichen nach aussen aus. Ausserdem erwiesen sich die vier Pfeiler als für ihre Belastung zu schwach. — Unter diesen Umständen war Abhilfe dringend geboten, sollte nicht das ganze monumentale Bauwerk in seinem Bestand gefährdet werden.

Die Kommission mußte zunächst grundsätzlich über die Art und den Umfang der vorzuschlagenden Wiederherstellungsarbeiten schlüssig werden. Um blosse Reparatur, wie sie etwa bei altersschwach gewordenen Baudenkmalern aus dem Mittelalter oder Altertum üblich ist, wobei getrachtet wird, durch Umreifungen, Klammern und örtliche Verstärkungen, etwa auch durch chemische Behandlung die Lebensdauer des greisen Werkes noch um einige Zeit zu verlängern, konnte es sich hier nicht handeln. Die Mohammed Aly Moschee, noch keine 100 Jahre alt, ist ein Bauwerk der Neuzeit, ein Wahrzeichen der heutigen Herrscherdynastie, das als Baudenkmal (besonders nach ägyptischem Zeitmass!) erst im Jugendalter

<sup>1)</sup> Durchgeführt von J. Shaaban Eff. und C. A. Rahman Eff. Dozenten an der Techn. Hochschule Giza.

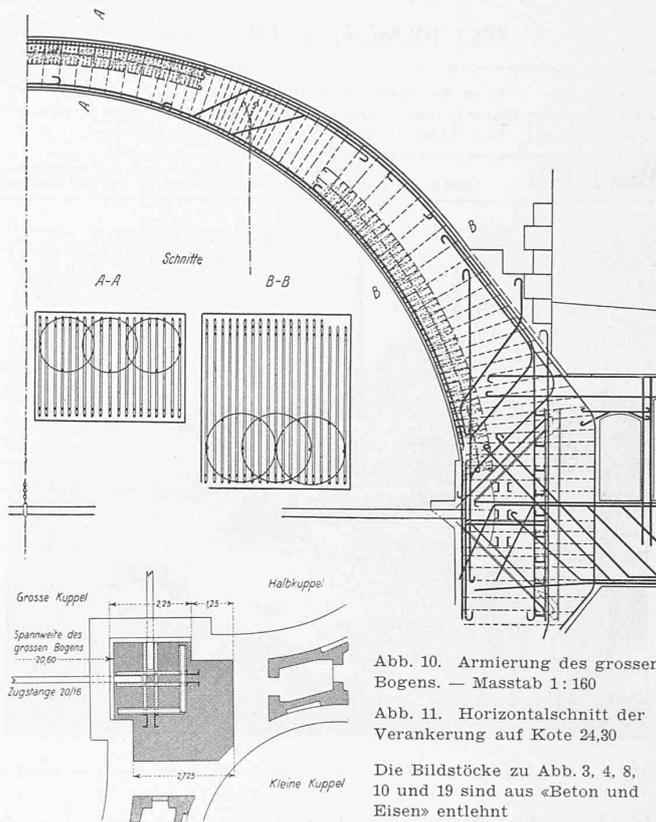


Abb. 10. Armierung des grossen Bogens. — Masstab 1:160

Abb. 11. Horizontalschnitt der Verankerung auf Kote 24,30

Die Bildstücke zu Abb. 3, 4, 8, 10 und 19 sind aus «Beton und Eisen» entlehnt

steht. Die Aufgabe bestand darin, sie so instand zu stellen, dass ihr Bestehen auf so lange hinaus gesichert erscheinen musste, als einem so jungen, aber immerhin bedeutenden Bauwerke nach menschlichem Ermessen bei richtiger Bauausführung zugemutet werden kann. Dabei musste die Wiederinstandsetzung so erfolgen, dass sie in keiner Weise das Aussehen der Moschee veränderte oder überhaupt, nach ihrer Durchführung, sichtbar blieb. Um dem Bauwerk die gewünschte Lebensdauer zu sichern, musste der Abbruch und die Neuerstellung der schwachen und durch die Bewegung mitgenommenen Teile ins Auge gefasst werden und vor allem die Beseitigung der Ursachen der Bewegung.

Anfänglich bestand der Wunsch, es möchte wenigstens das Aeusserere der Moschee nicht angetastet werden. Es wurde daher zunächst ein Projekt studiert, das nur den Abbruch und die Neuerstellung des inneren Tragwerkes vorsah, d. h. der vier Hauptpfeiler, der Widerlager der vier grossen Bögen mit den Zugstangen und ihren Verankerungen, der acht kleinen Bögen und aller Konsolen (pendentifs). Zur Ausführung dieses Gedankens musste zunächst die Möglichkeit untersucht werden, ein Stahlgerüst zu konstruieren, das imstande wäre, die Last des ganzen Ueberbaues, aller Kuppeln und Halbkuppeln mit ihren Trommeln, zusammen eine Last von etwa 4000 t, so auf-



Abb. 5. Befund der Mauer nach Abheben der Bleiabdeckung



Abb. 6.

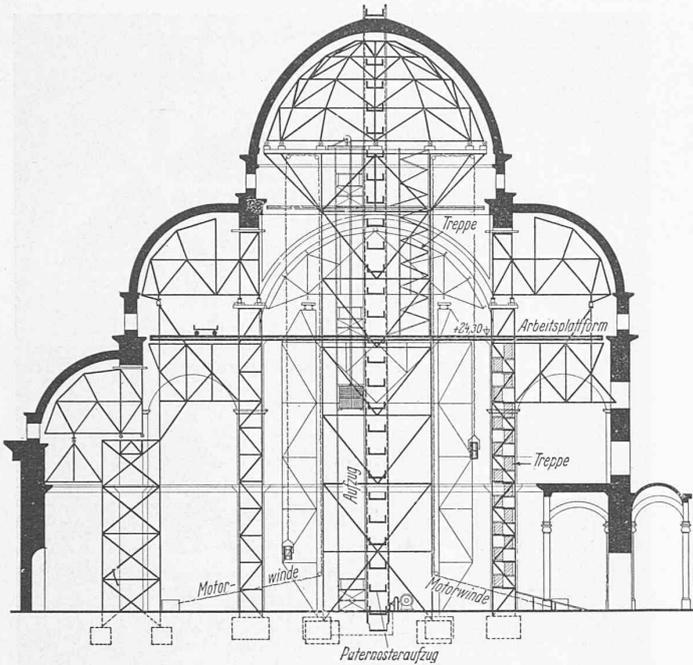


Abb. 3. Längsschnitt mit Eisengerüst und Baumaschinen. — 1 : 600

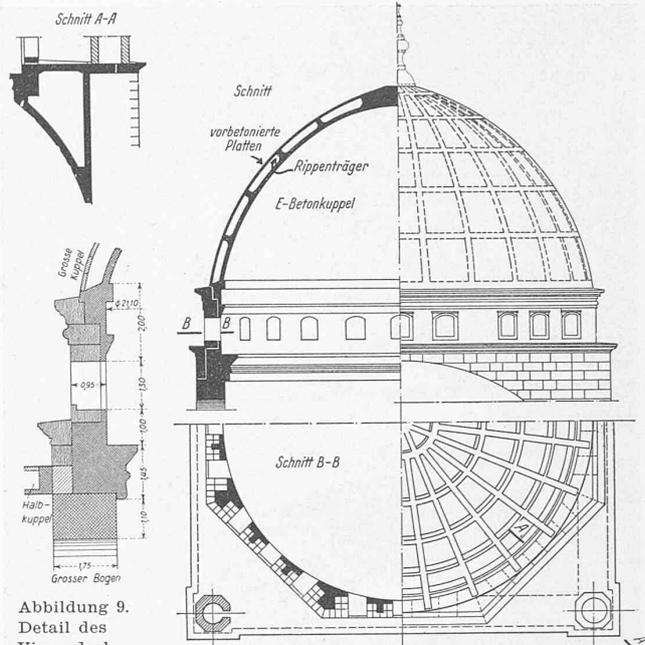


Abbildung 9. Detail des Vierendeel-Trägers. 1 : 180.

Abb. 8. Grosse Kuppel in Eisenbeton. 1 : 400

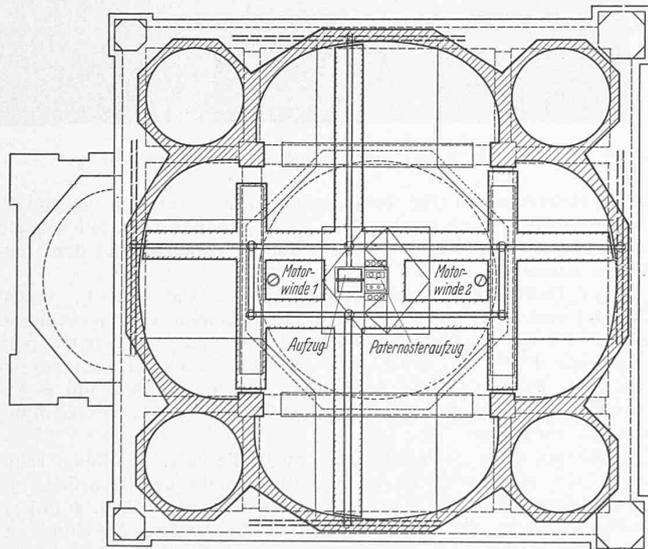


Abb. 4. Horizontalschnitt mit Arbeitsplattform auf Kote + 24,30 mit Draufsicht auf die Halbkuppel der Quibla (links). — 1 : 600

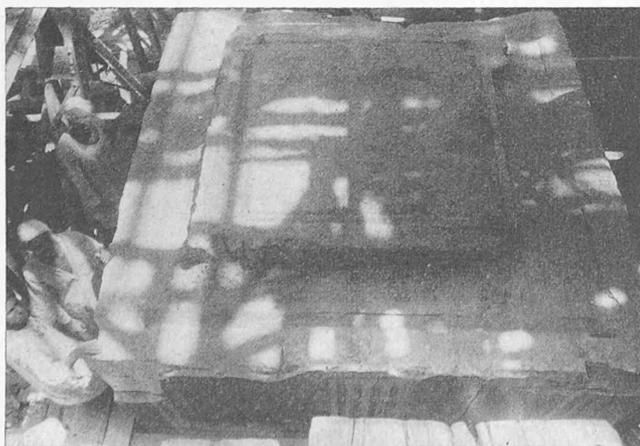


Abb. 7. Pfeilerkern mit späterer Ummantlung, beim Abbruch

zunehmen, dass weder bei der Belastung noch bei der Entlastung oder bei Temperaturänderungen schädliche Formänderungen vorkommen konnten. Dies verlangte natürlich das Studium komplizierter Kompensationsapparate. Die Erstellungskosten eines solchen Gerüsts erwiesen sich indessen bei ihrer Schätzung auf Grund eines eingehend studierten Projektes als zu hoch, höher als die Kosten der gesamten, später wirklich durchgeführten Rekonstruktion, sodass der Gedanke aufgegeben werden musste. Seine Ausführung wäre zudem mit grossen Gefahren verbunden gewesen, da die Kuppeln aus Backsteinmauerwerk bestanden, dessen Beschaffenheit nicht in allen Teilen untersucht werden konnte.

Daraufhin wurde eine Lösung gewählt, projektiert und ausgeführt, die praktisch darauf herauskam, nur die Aussenmauern und die beiden Minarette stehen zu lassen, alles übrige aber abzubauen und neu zu erstellen. Gestützt auf einen Beschluss, den vor einigen Jahren der Kongress für die Erhaltung der arabischen Kunstdenkmäler fasste, durch den für die Rekonstruktion historischer Kunstdenkmäler neuzeitliche Baustoffe als zulässig erklärt wurden, entschied sich die Kommission für durchgehende Verwendung von Eisenbeton, auch für die Rippenkonstruktion der Kuppeln (Abb. 8 u. 9).

Für die statischen Berechnungen der alten Moschee, sowie für die Projektierungsarbeiten war im Wakministerium ein eigenes Bureau eingerichtet worden, in das eine Anzahl geeigneter Ingenieure, insbesondere Statiker, auch vom Bauministerium und der Staatsbahn abgeordnet wurden<sup>2)</sup>. Zu dessen unmittelbarer Leitung bestimmte die Kommission ihre beiden Mitglieder Arch. Farag Amin Bey und Ing. S. Leliavsky. Im Plenum der Kommission wurden jeweilen alle Einzelheiten grundsätzlich vorbesprochen und festgelegt, dann deren Ausarbeitung von den beiden Delegierten sukzessive zur Diskussion und schliesslichen Genehmigung vorgelegt.

Die Kommission hiess sukzessive für das Rekonstruktionsprojekt folgende Grundsätze gut:

a) Die vier grossen Gewölbe, die die Trommel der Hauptkuppel tragen, sind ohne Gelenke auszuführen, um dem Bau grössere Steifigkeit zu verleihen; die dadurch bedingten höhern Spannungen sind durch vermehrte Eiseneinlagen zu kompensieren (Abb. 10). Für die äussere Bemessung dieser Gewölbe sind, wie übrigens für sämtliche anderen Bauteile, genau die Ausmasse und Formen der alten Konstruktionen einzuhalten; diese Massnahme war aus architektonisch-historischen Gründen ausdrücklich gefordert worden. Ganz besondere Aufmerksamkeit musste der Verankerung der stählernen, neuen Zugstangen von 16x20 cm Querschnitt gewidmet werden; die Uebertragung der Kräfte dieser Zugstangen auf die Eisenbetonkonstruktion wurde durch genietete Fachwerkanordnungen gesichert (Die

<sup>2)</sup> Dr. Ing. S. A. Wahed (E. T. H.), Hafez Amin Eff., Y. Ghatta Eff., M. Rosi, A. F. Hilmi Eff., M. A. Soleiman, G. Tschebotareff, M. Yacoub Eff. und V. Asfadouer Eff.

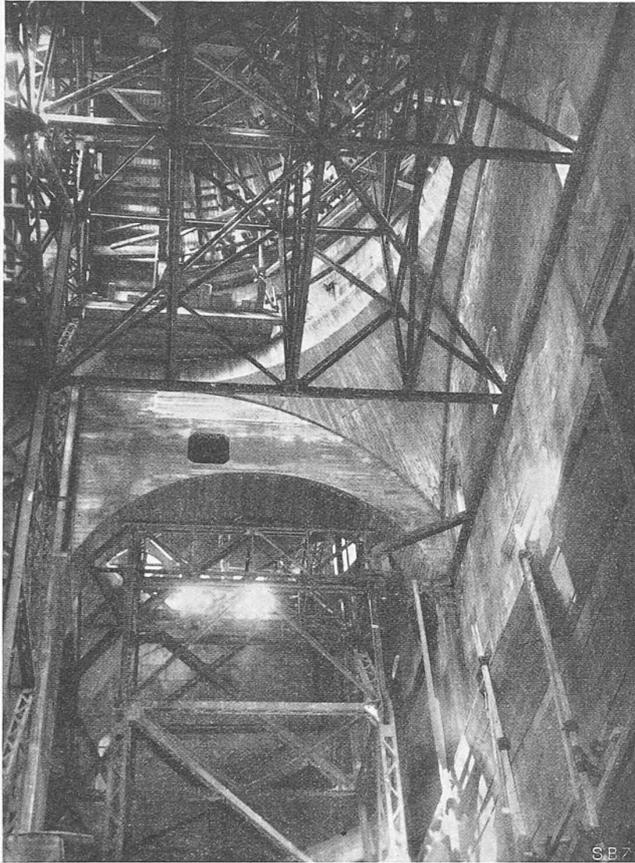


Abb. 13. Hohles Scheingewölbe und Pendentif einer Halbkuppel

Zugstangen sind an vier Punkten durch Ketten am Gewölbe aufgehängt, deren Längen durch Schrauben genau einstellbar sind. Die Verlängerung dieser Ketten nach unten dient zum Aufhängen von Lampen. Diese Anordnung — mit Ausnahme der Regulierbarkeit — bestand schon im alten Bau.)

b) Die vier Pfeiler, die die vier grossen Gewölbe unter der Zentralkuppel tragen, sind ebenfalls in Eisenbeton herzustellen und sollen wieder ihre ursprüngliche Stärke, die sie vor der Verstärkung im Jahre 1899 hatten, erhalten. Für ihre Berechnung wurde eine gleichmässige Verteilung der Last über den ganzen Querschnitt angenommen.

c) Die Krone der Aussenmauern ist mit einem die ganze Moschee umfassenden Eisenbetonkranz (in Abb. 4 gestrichelt) zu versehen, aussen mit Quadern verkleidet, um das Aussehen nicht zu verändern.

d) Die acht kleinen Gewölbe unter den kleinen Kuppeln durften aus historisch-architektonischen Gründen keine Zugbänder erhalten. Da sie in Zukunft keinen Horizontalschub mehr auf die Aussenmauern übertragen sollten, wurden sie als Balken vorgesehen, am einen Ende im Pfeiler eingespannt, am andern auf der Aussenmauer aufgelagert. Zur Nachahmung der alten Gewölbeform wurden an diese Balken Hohlkörper gehängt, die durch zwei vertikale Platten, unten durch eine bogenförmige, im Querschnitt horizontale Platte abgegrenzt, gebildet sind. Um jeglichen Schub auf die Mauern auszuschalten, sind diese fingierten Gewölbe (Abb. 13) durch Isolierschichten sowohl vom Pfeiler wie auch von der Mauer zu trennen.

e) Die Konsolen (pendentifs) werden, um klarere statische Verhältnisse zu schaffen, ebenfalls nicht mehr als Tragwerke ausgebildet, sondern auch als Hohlkörper an der untern Gurtung der Trommeln aufgehängt (Schnitt AA in Abb. 8). Nur die Konsolen der kleinen Kuppeln in der an den Hauptpfeiler anstossenden Ecke sind voll als Träger vorgesehen.

f) Die unter e) angegebene Anordnung bedingt, dass die Trommeln so ausgebildet werden, dass sie imstande sind, allein die Kuppeln bezw. Halbkuppeln zwischen den Stützpunkten auf den Gewölben oder Mauern (bei den Halbkuppeln) zu tragen. Die Anordnung der Fenster führte dazu, die Trommeln als Vierendeelträger mit gebogenem Grundriss auszuführen (Abb. 8 u. 9). Der Untergurt der Trommeln der Hauptkuppel hat auch den Schub der Halbkuppeln aufzunehmen. Er erhielt daher

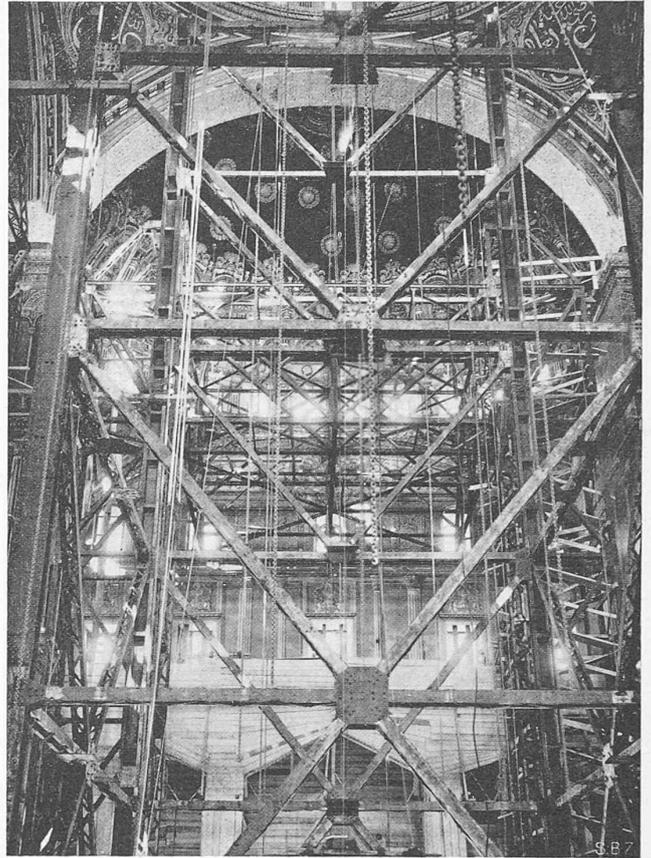


Abb. 17. Einrüstung der Moschee, Bauzustand Oktober 1934

zwei Bewehrungen für horizontale und vertikale Biegebeanspruchung (Abb. 10). Die Eisenbetonkonstruktion musste eine äussere Quaderverkleidung erhalten, entsprechend dem früheren Aussehen.

g) Das Tragwerk der Kuppeln und Halbkuppeln bilden Rippen mit angehängter Platte. Die Rippen tragen vorbetonierte, fertige Formplatten, deren Bestimmung ist, den Kuppeln ihre alte Form zu geben und die Bleiabdeckung zu tragen (Abb. 8, 14, 15); diese Anordnung wurde gewählt, um Schalungen, die im Innern der Kuppeln hätten gelassen werden müssen, zu vermeiden.

Es sei noch erwähnt, dass auch die sog. «Quibla» (eine Art Chor mit Betnische an der Südostseite der Moschee, genauer gesagt, auf der Seite gegen Mekka) (Abb. 3 u. 4 links), statische Risse aufwies und deshalb ihr Umbau ebenfalls beschlossen wurde. Da sie ein gesondertes Bauwerk bildet, das andern Formänderungen unterworfen ist, wurde hier vom sonst befolgten Grundsatz abgewichen, zwischen Mauerwerk und Beton keine Dehnungsfugen zu lassen. Es musste berücksichtigt

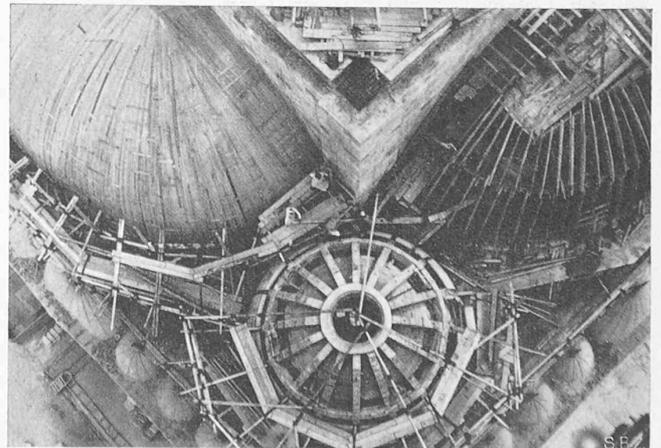


Abb. 14. Tiefblick vom Minaret auf eine betonierte kleine Kuppel

Der Umbau der Mohammed Aly Moschee auf der Zitadelle von Kairo

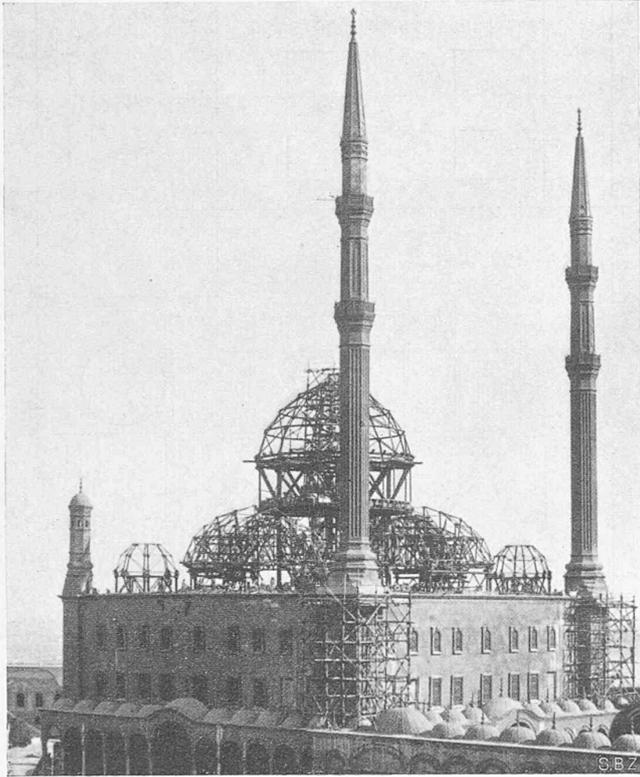


Abb. 18. Nach Beendigung der Abbrucharbeiten, Juli 1935

werden, dass die Architektur für die Halbkuppel der Quibla kein Zugband duldet. Das Tragwerk wurde vom Mauerwerk durch isolierte Fugen getrennt und als Rahmen projektiert (Abb. 16). Um einen Schub der Halbkuppel senkrecht zur Mauer der Moschee zu vermeiden, wurde diese Halbkuppel als Bogen berechnet und so konstruiert, dass sie auch als solcher wirkt. — Endlich wurde auch die Plattform der «Dikka» (Empore gegenüber der Quibla) aus Eisenbeton neu erstellt.

Die Gesamtkosten des Umbaues (ohne Innenverputz und Innendekoration) wurden auf 55 000 E £ veranschlagt.<sup>3)</sup>

Das nach diesen Grundsätzen durchgearbeitete Projekt wurde mit einem eingehenden Bericht vom Juni 1933, der die drei der Kommission vorgelegten Fragen einlässlich beantwortete, dem Ministerium unterbreitet.<sup>4)</sup> Die Zeit, die die Kommissi-

<sup>3)</sup> Zur Zeit der Niederschrift dieses Aufsatzes (Oktober 1936): 1 E £ = 21,3 Sch. Fr.

<sup>4)</sup> Ein Exemplar dieses Berichtes — «Rapport de la Commission pour examiner l'état de la Mosquée de Mohammed Aly Pacha à la citadelle du Caire» — nebst Planbeilagen befindet sich in der Bibliothek der E. T. H. — Siehe auch: Serge Leliavsky «Reconstruction of the Mosque of Mohammed Aly Pasha», Cairo 1935 (befindet sich auch in der Bibliothek der E. T. H.).

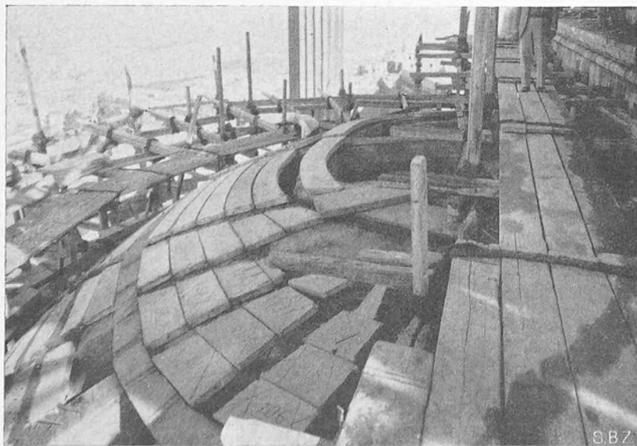


Abb. 15. Auflegen der Deckplatten auf einer Halbkuppel

sion zur Erfüllung ihrer Aufgabe brauchte, mag auf den ersten Blick etwas lang erscheinen, doch muss berücksichtigt werden, dass die Untersuchungen und Beobachtungen bei den Ausmassen des Bauwerkes Zeit erforderten. Genaue Baupläne lagen nicht mehr vor. Das ganze Bauwerk musste in allen Einzelheiten vorerst neu aufgenommen werden. Das Material musste untersucht und seine spez. Gewichte bestimmt werden, um die Gewichte aller Teile und die statischen Beanspruchungen errechnen zu können usw. — Im Herbst 1933 wurden die Umbauarbeiten zur Ausführung ausgeschrieben und der Kommission noch als letzte Aufgabe die Ueberprüfung der Unternehmerangaben übertragen mit dem Auftrag, dem Ministerium Vorschläge für die Vergabe zu unterbreiten. Von den elf Eingaben erschienen drei der Kommission in jeder Hinsicht beachtenswert, und unter diesen wählte das Ministerium die Eingabe der Firma Rothpletz & Lienhard in Aarau und Alexandrien. Damit war die Aufgabe der Kommission beendet und sie löste sich auf. — Für den Umbau selbst wurde dem Direktor der technischen Dienste im Wakfministerium (anfänglich Sayed Metwally Bey, später Ismail Omar Bey) eine kleinere Expertenkommission zur Seite gestellt, bestehend aus drei Mitgliedern der früheren Kommission: Arch. Farag Amin Bey, Ing. Serge Leliavsky und der Verfasser.

**Bauausführung.** Das erste, was die Unternehmung vorzuziehen hatte, war die innere Einrüstung der Moschee. In der Ausschreibung war die Vorlage eines generellen Projektes für diese Einrüstung gefordert worden. Die Kommission hatte grosses Gewicht darauf gelegt, dass dieses Gerüst, das sowohl für den Abbruch wie für den Wiederaufbau zu dienen hatte, derart sei, dass keine plötzlichen Veränderungen, selbst nicht kleine, der Schübe auf die überschlanken Minarette eintreten konnten. Es musste nämlich mit der Möglichkeit gerechnet werden, dass ein Teil der beobachteten Abweichung von der Vertikalen elastischer Art sei und bei plötzlicher Entlastung eine ebensolche Rückbewegung eintreten könnte, die schlimme Folgen hätte haben können. Das generelle Einrüstungsprojekt, das die gewählte Unternehmung ihrer Eingabe beigelegt hatte, war das beste und hatte auch zu ihrer Wahl beigetragen (Abb. 3, 13, 17 u. 18). Das Gerüst, das ein Stahlgewicht von etwa 650 t hatte, wurde von einer in Aegypten niedergelassenen Eisenbaufirma (Goganian) nach den ihr von der Unternehmung übergebenen Plänen gebaut. Das Projekt dieses Gerüsts wurde von Dr. Ing. H. Schwyzer (G. E. P.), Professor an der Technischen Hochschule von Giza entworfen, der auch, zusammen mit Dr. Ing. I. Demirdash (G. E. P.), ehem. Assistenten von Prof. Dr. L. Karner (+) an der E. T. H., die sämtliche Berechnungen und Werkstättepläne ausarbeitete.<sup>5)</sup> Es würde zu weit führen, in diesem Zusammenhang auf die Einzelheiten dieses Gerüsts einzutreten. Der Zentralturm erhielt einen Personenaufzug (von Schlieren) und ein Paternosterwerk (Oehler, Aarau) für Mörtel und Beton, die maschinell auf dem Installationsplatz auf der Südseite, ausserhalb der Moschee, gemischt wurden, während die Bewehrungsseisen auf der Nordseite gebogen und dann im Hofe auf der Westseite gelagert wurden (Abb. 19). Die Montage des Gerüsts war am 1. März 1935 beendet, nachdem die Abbrucharbeiten bereits am 12. Februar begonnen hatten.

<sup>5)</sup> Vergl. auch Mitteilungen der Internat. Vereinigung für Brücken- und Hochbau, Mai 1936 und Dr. Ing. I. el Demirdash: «Das Stahlgerüst für den Umbau der Mohammed Aly Moschee auf der Citadelle von Kairo». (Zürich, Gebr. Leemann, 1936).

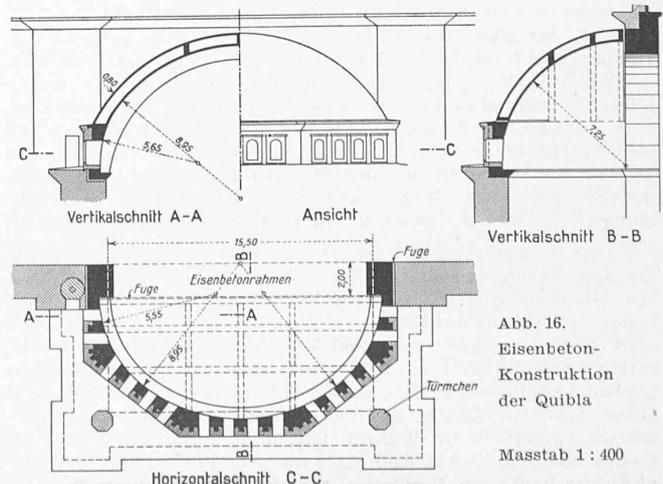


Abb. 16. Eisenbeton-Konstruktion der Quibla

Masstab 1 : 400

Vom Umbau der Mohammed Aly Moschee in Kairo, durch Rothpletz & Lienhard, Aarau-Alexandrien

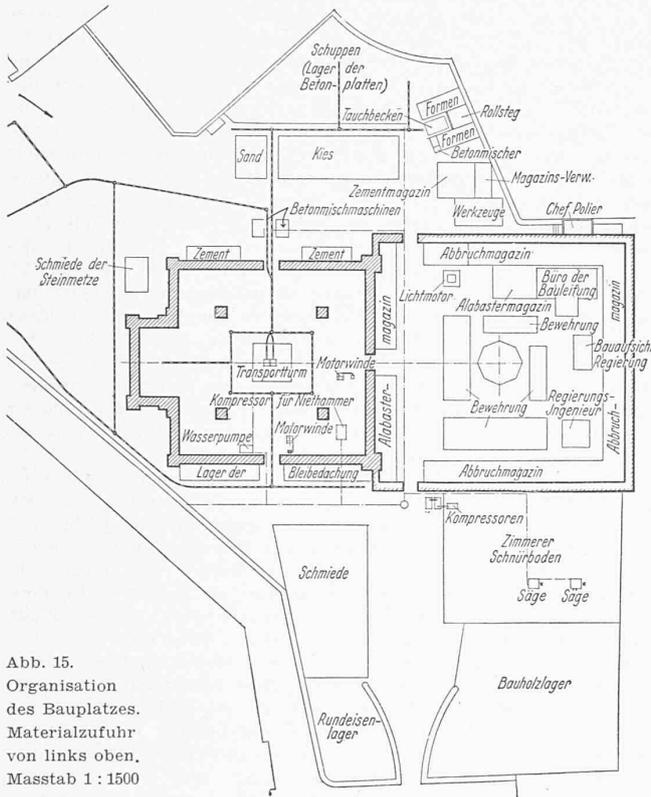


Abb. 15. Organisation des Bauplatzes. Materialzufuhr von links oben. Masstab 1 : 1500

Im Pflichtenheft war der Unternehmung auch die Verantwortung für die Minarette überbunden, und sie hatte in ihrer Eingabe auch die Mittel anzugeben, die sie zu deren Schutz anzuwenden gedachte. Einige konkurrierende Firmen hatten Ausseengerüste aus Stahl vorgeschlagen; solche erschienen jedoch der Kommission mit Rücksicht auf die starken Temperaturschwankungen und die dadurch hervorgerufenen Formänderungen eher bedenklich. Im Gegensatz dazu hatten Rothpletz & Lienhard vorgeschlagen, die beiden Ecken der Moschee, an denen die Minarette stehen, während der Arbeiten innen zu versteifen, um eine ruckweise Rückbewegung der Minarette gegen die Vertikale hin bei Aufheben des Schubes beim Abbruch zu verhindern. Diese provisorische Versteifung (Abb. 20) wurde durch Eisenbetonwickel, die in den Fenstern durch Holzkeile verkeilt waren, erreicht. Während des Abbruchs und Wiederaufbaues wurde nur eine fast unmessbare, rückläufige Bewegung der Minarette beobachtet.

Am 4. Juli 1935 waren die Abbrucharbeiten beendet (Abb. 18), nachdem bereits am 20. Juni mit Betonieren der Hauptpfeiler begonnen worden war. Die kleinen Kuppeln waren am 24. Dezember 1935 fertig betoniert, die zentrale Hauptkuppel am 6. Februar, die Halbkuppeln am 15. Februar 1936. Der ganze Ueberbau erhielt wieder, wie früher, seine Bleiabdeckung, wobei z.T. das alte Material benützt werden konnte; nur für die Hauptkuppel mussten durchwegs neue Tafeln (3 mm) beschafft werden. Für die Quaderverkleidung der Trommeln usw. wurde teilweise neues Material aus nahen Steinbrüchen, teilweise altes, vom Abbruch herrührendes, aber neu bearbeitet, verwendet. Die stehengebliebenen Aussenmauern, deren Quader vielfach gebrochen waren, wurden in ihrer ganzen Ausdehnung mit Zementmörtel ausgepresst. Ende März 1936 waren die der Unternehmung Rothpletz & Lienhard übertragenen Arbeiten vollendet.

Die Umbauarbeiten waren von der Unternehmerfirma für die Summe von 53 095 E£ übernommen worden; darin figurieren: Stahlgerüst mit 16 110 E£, Abbrucharbeiten 4216, Eisenbeton 21 260, Zugstangen und Verankerung 1060, Mauerwerk 3589, andere Arbeiten mit 6860 E£. Verputz und Innendekoration waren im Vertrag nicht inbegriffen und auch die für den Umbau bestellten Experten hatten sich nicht damit zu befassen. Diese Arbeiten bildeten den Gegenstand einer besondern Ausschreibung seitens des Wakfministeriums, die aber zweimal erfolglos blieb, da die Angebote stets die nach Vorschlag dem Ministerium hiefür zur Verfügung stehenden Mittel überstiegen. Es

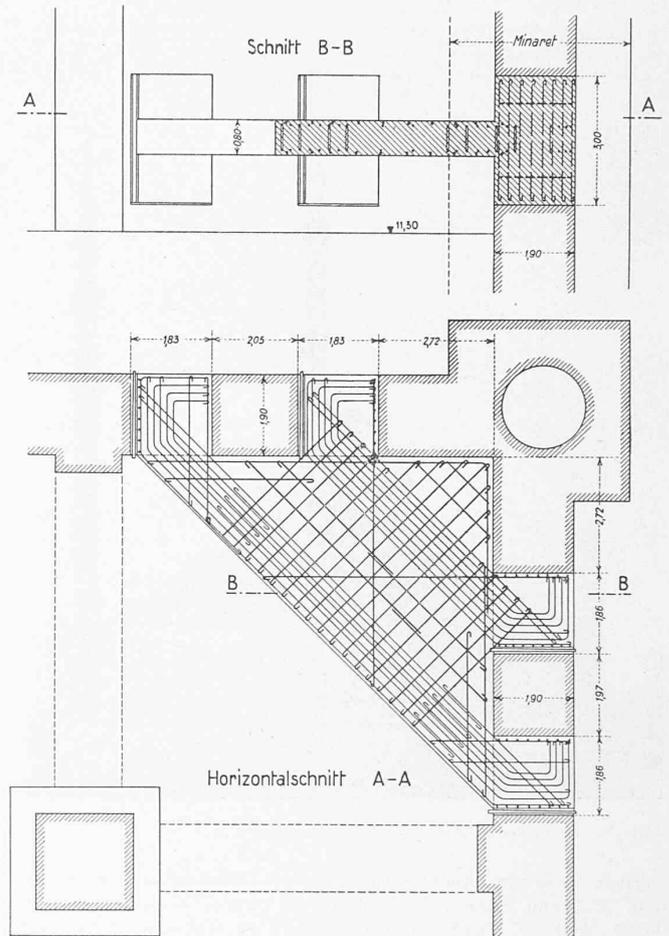


Abb. 20. Provisor. Eckaussteifung zur Sicherung der Minarette. — 1 : 160

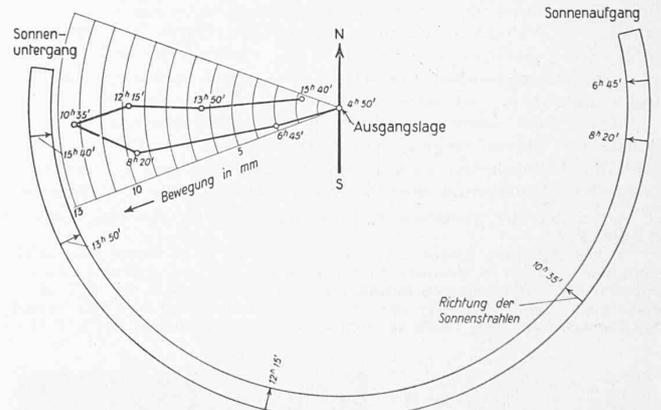


Abb. 22. Gemessene Horizontalabewegung eines Minaret in Höhe seiner obren Plattform (63,70 m über Boden), infolge Sonnenbestrahlung. Die Gesamthöhe über Boden ist 82,0 m, davon 57,3 m freistehend mit max. Schaftstärke im Achtekant von 3,0 m

handelt sich um eine nochmalige Ausgabe von etwa 40 000 E £<sup>6)</sup>. Leider soll die Innenaustattung wieder so ausgeführt werden, wie sie vor dem Umbau war. Die Mohammed Aly-Moschee ist eindrucksvoll durch ihre Ausmasse und Proportionen, die Innendekoration war aber bei weitem nicht auf derselben künstlerischen Stufe. Wahrscheinlich mit Rücksicht auf die Kosten wurde dieser Teil der Arbeit seinerzeit weder was Material, noch was Zeichnung und Malerei anbelangt, so ausgeführt, wie es die Bedeutung des Bauwerkes verlangt hätte. Diese Moschee stand diesbezüglich weit hinter vielen kleineren und älteren Moscheen der Altstadt zurück; aus Sparsamkeitsrücksichten scheint es auch weiterhin so bleiben zu sollen.

<sup>6)</sup> Seither ist diese Arbeit an einen einheimischen Unternehmer vergeben worden.



Abb. 21. Die erneuerte Mohammed Aly Moschee, aus Osten gesehen; links im Hintergrund die Pyramiden von Giza

Während der ganzen Arbeit liess die Bauunternehmung regelmässig die Neigung der beiden Minarette mit Huggenberger-Klinometern beobachten; sie hatte damit Ing. Tschebotareff<sup>7)</sup> von der Technischen Hochschule Giza betraut. Interessant war dabei die Beobachtung, dass bei starkem Wind die Minarette leicht schwankten. Es wurden z. B. Schwingungsperioden von 25—30 pro min beobachtet, bei Windstärke 10 m/sec, die auch an den Dehnungsmessern an den in Abb. 5 und 6 gezeigten Rissen beobachtet werden konnten. Ausserdem änderte deren Neigung je nach der Tageszeit, bzw. dem Stand der Sonne; Abb. 22 zeigt eine solche Beobachtung.

Unter der Oberaufsicht der drei genannten Experten führte Ing. Abdel Fattah Hilmi vom Wakfministerium die örtliche Bauleitung. Die örtliche Leitung der Arbeiten der Bauunternehmung führte Ing. P. Gubler (G. E. P.), unter Assistenz von Ing. Mohammed Hilal. Oberingenieur und Vertreter der Unternehmung war Ing. K. Kargl in Alexandrien, dem der frühere Inhaber der Firma, Dr. Ing. W. Stross beratend zur Seite stand.

## Neue Betrachtungen über die schweizerische Energiewirtschaft

(Schluss von Seite 87)

Von Prof. Dr. BRUNO BAUER, E. T. H., Zürich

[In dem nun folgenden Teil seines Grazer Referats versucht Prof. Bauer die Aufstellung eines schweizerischen Energiewirtschaftsprogramms in Form von «Richtlinien»; in einem Anhang werden einige Sonderprobleme der Elektrizitäts- und Gaswirtschaft behandelt. Wie der Autor nachfolgend selbst richtig bemerkt, sind Wirtschaftsprogramme ganz allgemein in ihrer Handhabung von beschränktem Wert: «Sie besitzen zwar den Vorteil der leichten Uebersicht, meist verstecken sie aber unter glatten Worten die bedeutenden Schwierigkeiten der Verwirklichung im Einzelfall». Sie bedürfen der Interpretation durch richterlichen Spruch und wo dieser fehlt muss die Auslegung dem Kräftespiel der interessierten Parteien überlassen bleiben. Dabei fällt in Betracht, dass — im Gegensatz zur kommunalen Gasindustrie — in der überwiegend privatwirtschaftlich organisierten Elektrizitätsindustrie Finanzleute, Politiker und andere Kreise interessiert sind, die in der Lage sind, ihre Macht auch unter Hintansetzung der allgemeinen Interessen auszuüben. So kann, zum Schaden der Gesamtwirtschaft, Recht ins Unrecht verdreht werden. Nur diese psychologischen Bedenken machtpolitischer Art, nicht sach-

<sup>7)</sup> Auf Anfang 1937 als Dozent für Bodenmechanik an die Princeton University, U. S. A., berufen.

liche Erwägungen, erschweren die Diskussion eines Energiewirtschaftsprogramms. — Dessenungeachtet begrüssen wir den Versuch Bauers, den bisherigen freien Wettbewerb der Energieträger in der Landesversorgung durch Richtlinien in eine, die schweizerischen *Gesamtinteressen* im Auge behaltende Ordnung überzuführen. Man mag sich zu den einzelnen Postulaten zustimmend oder ablehnend verhalten, in jedem Fall stellen diese Richtlinien eine wertvolle Diskussionsbasis zu der so dringlichen Abklärung über die Bedeutung und das Kräftespiel der einzelnen Wirtschaftsinteressen in der Landesversorgung mit Energie dar. Es wird in erster Linie Sache der Studienkommission für schweizerische Energiewirtschaft sein, zu den Vorschlägen Bauers Stellung zu nehmen. Red.]

### III. Gesichtspunkte zu einem schweizerischen Energie-wirtschaftsprogramm.

Ich vermöchte der aus Graz an mich ergangenen Einladung um Berichterstattung über diesen Gegenstand nicht gerecht zu werden, wenn ich nun nicht versuchen wollte, die im ersten Teil dieser Studie skizzierten allgemeinen Gesichtspunkte der zukünftigen Energieversorgung auf Grund der geschilderten Verhältnisse des schweizerischen Versorgungsgebietes zu einem nationalen Programm zu verarbeiten. Es liegt zwar zur Zeit kein dringendes Bedürfnis für eine umfassende Regelung der schweizerischen Energiewirtschaft vor. Wohl aber harren einige Teilprobleme, unter anderem die Ordnung der kommunalen Elektrizitäts- und Gasversorgung, der baldigen Abklärung. Es kann daher nützlich sein, den Rahmen, in den sich die Lösung dieser Einzelaufgaben später einzufügen hätte, heute schon diskussionsweise zu umschreiben. Natürlich kann hier nur die Rede von einer generellen Programmskizze sein, die noch losgelöst ist von den Fragen der Organisationsform und des Geltungsbereichs. Die nachfolgenden Gedanken sind nicht der offiziöse Ausdruck der schweizerischen Fachwelt, sie geben lediglich meine persönliche Einstellung zu den Fragen wieder.

1. Das erste Gebot der Elektrizitätswirtschaftsordnung ist die Sicherstellung der Landesversorgung mit Energie. Sie fordert daher grundsätzlich die vorzugsweise Verwendung der eigenen Wasserkräfte und des Inlandbrennholzes in der Bedarfsdeckung. Die technischen und wirtschaftlichen Grenzen im Ausbau und in der Verwendung dieser Energiequellen reichen aber nicht bis zum vollständigen Import-Energieersatz, die Sicherstellung der Landesversorgung benötigt daher den Einbezug des ausländischen Brennstoffs in Form einer geregelten Verbundwirtschaft der einheimischen Rohenergiearten mit der Importenergie. Für die Durchführung dieses Prinzips sind folgende Grundsätze geltend.

2. Solange es die technischen und wirtschaftlichen Produktionsverhältnisse auf der Lieferseite gestatten, ist den Wasserkräften und dem Brennholz-Inlandbestand erzeugbaren Energiemengen das Liefervorrecht unter nachgenannten Vorbehalten vor den Energien anderer Herkunft in der Landesversorgung einzuräumen.

3. Bei Verfolgung des Grundsatzes unter Punkt 2 darf die technische und wirtschaftliche Leistungsfähigkeit der Brennstoffveredlungs-Industrie, solange sie überhaupt wettbewerbsfähig ist, als wichtiges Instrument der Verbundwirtschaft nicht gefährdet werden. Aus diesem Grunde ist ihr auch unter nachgenannten Vorbehalten das Liefervorrecht ihrer Erzeugnisse vor den im Wettbewerb stehenden Importgütern einzuräumen.

4. Die Durchführung der vorgenannten Grundsätze soll die Sicherstellung aller, der Landesversorgung dienlichen Importbrennstoffmengen nicht beeinträchtigen, die ausserhalb der Inlanderzeugung und jener der Veredelungsindustrie je noch erforderlich sind.

5. Die so geordnete Verteilung des Gesamtenergiebedarfs auf die einzelnen Energieliefergruppen soll in keinem Fall zu Umsatzänderungen führen, die die Ertragsfähigkeit der einzelnen Betriebe bis zur Gefährdung ihrer wirtschaftlichen Selbständigkeit senken. Dies gilt besonders für die kapitalintensiven Elektrizitäts- und Gasbetriebe, deren Schuldentilgungsdienst mit Rücksicht auf die Kapitalwirtschaft des Landes und im Interesse gesteigerter Wettbewerbsfähigkeit ihrer Produkte nicht beeinträchtigt werden darf.

6. Solange es die wirtschaftspolitische Lage des Landes zulässt, sollen die unter Punkt 2 und 3 geforderten Liefervorrechte der Inlandbetriebe an die Bedingung wettbewerbsfähiger Energiepreise geknüpft sein. Dies gilt sowohl für den Wettbewerb der Betriebe unter sich als für jenen mit der Importenergie. Bei der Durchführung des Preisvergleichs ist auch der Umstand in Erwägung zu ziehen, dass die Inlandenergie im Vergleich zum Importbrennstoff die grössere Liefersicher-