

5982138

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299685

dem Ministerial-Liblogk
übermiesen

Hinkeldey 14/6.

J. von Blumenthal
Hinkeldey
aufgebündelt
Überreicht vom Verfasser.

Leipzig 18/5/98.

SITZUNGSBERICHTE
DER
KÖNIGLICH PREUSSISCHEN
AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
ZU BERLIN.

1898.
XXIII.

Spanische
u. brokewach.

Gesammtsitzung vom 28. April.

Bericht über die Corrosion des Sandsteinmaterials
der Tempelbauten auf Philae.

Von Dr. L. BORCHARDT.

F. Nr. 21992



1696

Bericht über die Corrosion des Sandsteinmaterials der Tempelbauten auf Philae.

Von Dr. L. BORCHARDT.

Am Ende des Berichtes über den baulichen Zustand der Tempelbauten auf Philae¹ wurde bereits darauf hingewiesen, dass, wenn auch die Untersuchung der Fundamente der Tempel ein verhältnissmässig nicht zu ungünstiges Resultat ergeben hatte, dennoch dem Bestande dieser kunst- und culturgeschichtlich so bedeutenden Bauten ernste Schädigungen anderer Art drohen, wenn das Reservoirproject mit der Stauhöhe bis zu 106^m R.L. zur Ausführung kommen sollte.

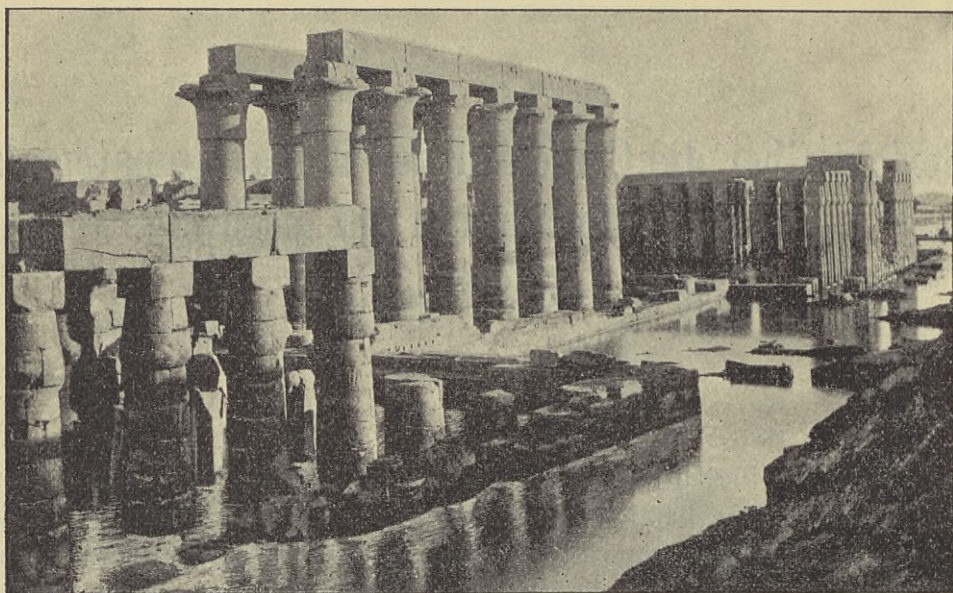
Es ist dies einerseits der Nachtheil, der aus den zu erwartenden Schlammablagerungen entstehen wird, und andererseits die Gefahr, die aus dem weiteren Umsichgreifen der Corrosion des Sandsteins in den unteren Schichten der Gebäude nothwendigerweise für die Standsicherheit der ganzen Tempel erwachsen muss.

Beide Gefahren sind nicht etwa bisher unbekannte Erscheinungen, die sich ein ängstliches Gemüth nur als wahrscheinlich ausmalen könnte, sondern beide lassen sich schon heutzutage in ihren Ursachen und Wirkungen an anderen aegyptischen Denkmälern beobachten, die gerade unter denselben Einflüssen einer jährlichen Überschwemmung und darauf folgender Austrocknung leiden, wie es die Philaetempel nach Errichtung des Reservoirs thun werden.

Die Tempel von Theben, der aegyptischen Hauptstadt des neuen Reiches, die heute nach den Dörfern Karnak und Luqsor benannt werden, sind nämlich seit einigen Jahren aus einem weiter unten noch näher zu besprechenden Grunde jährlich absichtlich den Überschwemmungen des Nils ausgesetzt worden.

Die hier beigegebenen Abbildungen 1 bis 4 sollen eine Vorstellung von der Überschwemmung in diesen beiden Tempeln geben.

¹ Sitzungsber. der Kgl. Preuss. Akad. der Wissenschaften zu Berlin 1896, S. 1199–1215. S. daselbst S. 1215, Anm. 1.

Abb. 1.

Tempel von Luqсор während der Überschwemmung. Mittleres Stück der Westseite von N. gesehen.

Abb. 2.

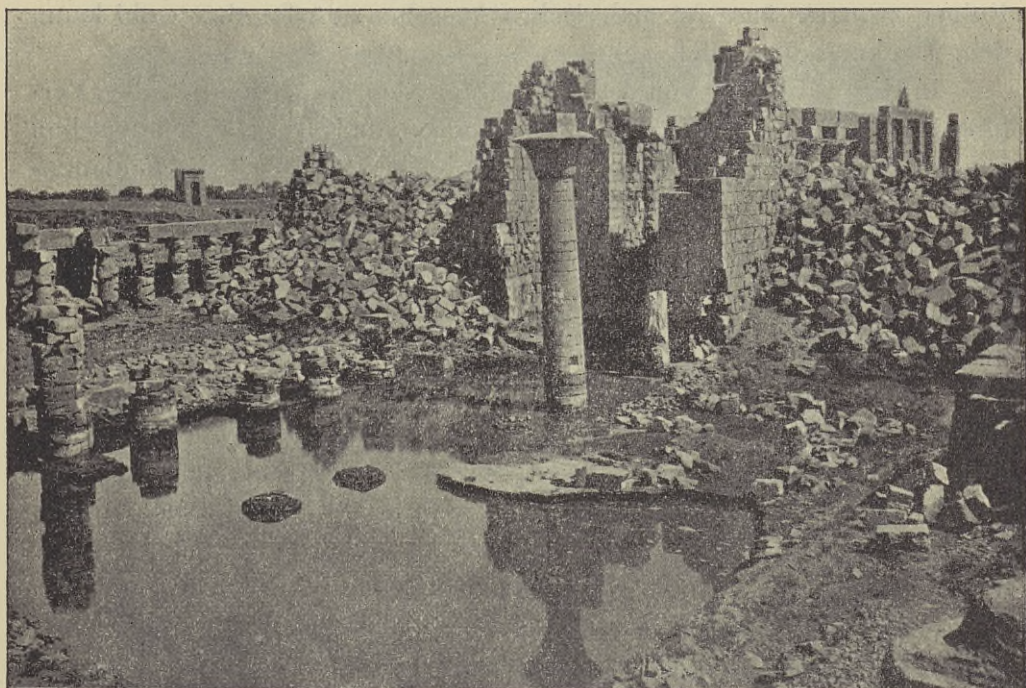
Tempel von Luqсор während der Überschwemmung. Hof Amenophis' III. von NO. gesehen.

Abb. 3.



Tempel von Karnak während der Überschwemmung. Quai und Widderallee vor dem ersten Pylon, von W. gesehen.

Abb. 4.



Tempel von Karnak während der Überschwemmung. Vorhalle des Taharka im ersten Hof. Von SO. gesehen.

Nr. 1 und 2 geben Theile des Luqsortempels wieder, Nr. 3 und 4 sind dem Karnaktempel entnommen.

Beim Tempel von Luqsor haben wir eine nach den verschiedenen Höhenlagen der Fussböden in den einzelnen Theilen der langgestreckten Anlage zwischen 1^m.25 und 3^m.35 variirende Überfluthung, wenn wir das Hochwasser von 1887, das an dieser Stelle bis auf 78^m R. L. stieg, zu Grunde legen¹. In anderen Jahren mag die Überfluthung eine geringere sein, aber in jedem Falle genügt sie, um eine ganz beträchtliche Schlammschicht im Tempel zurückzulassen. Am 20. December 1895 konnte ich in den vorderen, nördlichen Höfen und Sälen des Tempels eine Schlammablagerung feststellen, deren Dicke sich zwischen 50 und 80^{cm} bewegte.

Nach damaligen Erkundigungen schien dies das Resultat zweier Überschwemmungen zu sein. Da aber der Tempel jährlich ausgeräumt wird, so ist wohl anzunehmen, dass allein die Überschwemmung von 1895 schon ausgereicht hatte, den Tempel derart zu verschlammen.

Beim Karnaktempel, der erst seit 1896 systematisch den Überfluthungen des Nils ausgesetzt wird und den Berichterstatter während dieser ersten Überschwemmung besuchte, liess sich die Höhe der Schlammablagerung damals noch nicht constatiren, wohl aber konnte bemerkt werden, dass das in einzelnen Räumen des Tempels stagnirende Wasser einer Algenvegetation die Lebensbedingungen geschaffen hatte. Diese verlieh mit ihrer bunten Mannigfaltigkeit den überschwemmten Ruinen zwar ein äusserst malerisches Aussehen, dürfte aber wohl kaum dem Denkmal förderlich sein.

In dem Reservoir von Assuan würden sich nun ganz dieselben Verhältnisse herausbilden, die wir in Luqsor und Karnak heute schon beobachten können. Man könnte sogar befürchten, dass die Schlammablagerung in Philae noch stärker sein würde als in diesen beiden Tempeln, da in dem Bassin die Strömung fehlen würde, die in Luqsor und Karnak doch immer noch etwas von dem sich ablagern wollenden Nilschlamm wieder mit fortführt. Es kommt jedoch zu Gunsten Philaes der Umstand zur Geltung, dass das Wasser dort erst gestaut werden soll, sobald die höchste Fluth des Niles bereits vorüber ist und der Strom nicht mehr so grosse Schlammmassen mitführt wie zur Hochfluth. Es würde also in Bezug auf die Stärke der Schlammablagerung ein Ausgleich stattfinden, und der Anblick Philaes nach der künstlichen Überschwemmung dürfte im Wesentlichen derselbe sein wie der Luqsors und Karnaks nach dem jährlichen normalen Zurückweichen des Niles.

Man müsste dann also jedes Jahr ebenso wie dort den Schlamm nach dem Auftrocknen mechanisch entfernen. Dadurch würden natürlich

¹ Nach Grand-Bey, Rapport sur les temples égyptiens, Kairo 1888, Tafel 9.

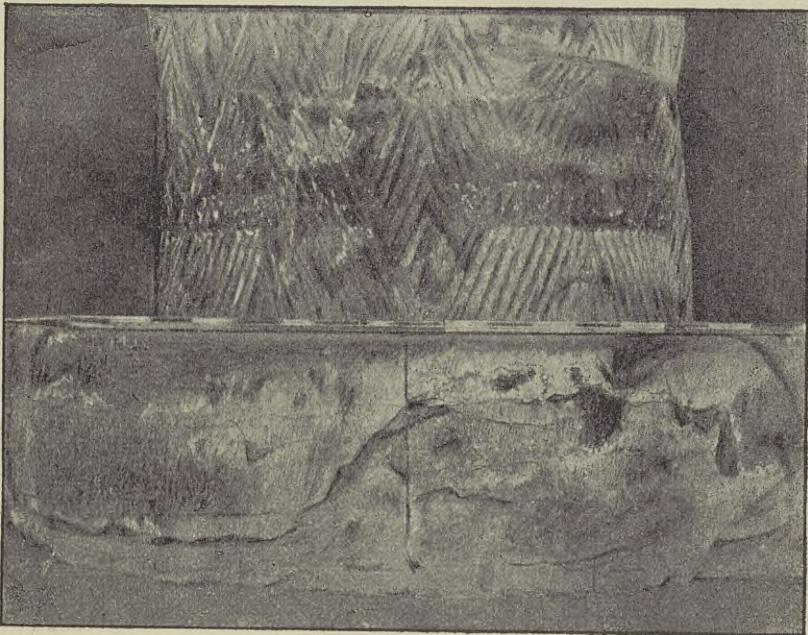
die Inschriften und Sculpturen an den unteren Theilen der Wände leiden, doch würde man ja darüber wohl hinwegsehen können, angesichts der Vorthelle, die die Errichtung des Reservoirs dem Lande bringen würde.

Ernst ist dagegen die Gefahr, die den Tempeln durch die immer mehr um sich greifende Corrosion der unteren Schichten des Sandsteinmaterials drohen würde, wenn das Reservoir wirklich mit der geplanten Stauhöhe bis zu 106^m R. L. zur Ausführung kommen sollte.

Wie diese Corrosion vor sich geht, zeigen andere Tempel des Landes.

Da ist zuerst die Vorhalle des Tempels von Esneh lehrreich, die allein vom ganzen Tempel frei liegt, während der Rest vollständig in alten Hausruinen verborgen ist, auf denen wieder moderne, heute noch bewohnte Häuser stehen. Hier steigt jedes Jahr das Grundwasser bis zu einer Höhe von rund 1^m0 über dem Fussboden, und das Resultat ist, dass überall da sich Corrosionserscheinungen zeigen, wo das Wasser entweder direct, von aussen spielend, oder in Folge der hygroskopischen Eigenschaften des Sandsteines im Innern der Wände aufsteigend hingelangt. An der Oberfläche des Steines bildet sich an solchen Stellen zuerst ein Salzausschlag, dann zeigt sich eine leichte Zerstörung der bearbeiteten Sculpturen, die immer tiefer und tiefer eingreift, bis sie endlich das Steinmaterial der angegriffenen Stellen in Pulver von Sandkörnern auflöst. Die beiden hier beigegebenen Abbildungen Nr. 5 und

Abb. 5.

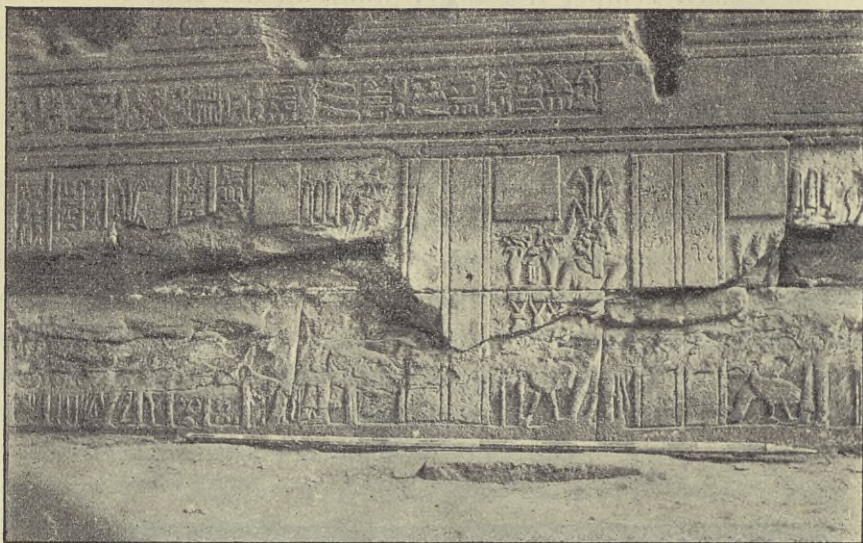


Vorhalle des Tempels von Esneh. Säulenfuss mit Salzausschlag.

6 zeigen corrodirtre Stellen der Vorhalle von Esneh in verschiedenen Stadien der Zerstörung. Nr. 5 zeigt nur den Salzausschlag mit geringer Corrosion, wobei sehr gut zu sehen ist, wie auch über der scharf markirten Wasserlinie Salzausschwitzungen auftreten, die von der innerhalb der Mauern sich emporziehenden Feuchtigkeit herrühren. Nr. 6 giebt bereits tief eingefressene Corrosionen einer sculptirten Wand wieder.

Bei den beiden Tempeln zu Luqsor und Karnak liegt die Sache insofern etwas anders als in Esneh, als es hier nicht mehr aufsteigendes Grundwasser ist, das die Mauern durchfeuchtet, sondern fließendes

Abb. 6.



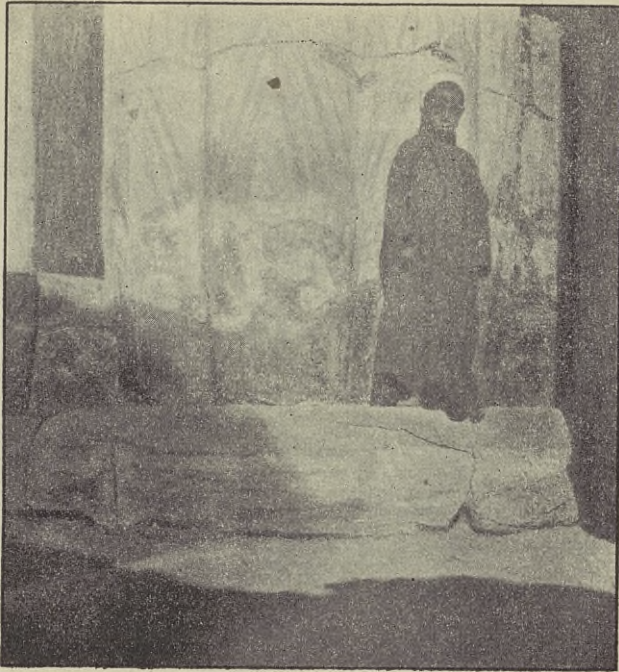
Vorhalle des Tempels von Esneh. Corrodirtre Wandsöckel.

Nilwasser. Denn hierbei nimmt jede Überschwemmung einen Theil des zerstörenden Salzgehaltes mit; doch ist das zurückbleibende Salz noch immer stark genug, die gefürchteten Zerstörungen hervorzubringen. Zur Zeit ist man eifrig daran, in Karnak die corrodirtre Stellen nothdürftig auszubessern, was man in Luqsor bereits gethan hat; es ist aber an beiden Orten noch genug von den Zerstörungen, die Salz und Überschwemmung gemeinsam angerichtet haben, zu sehen.

Die Abbildungen Nr. 7 bis 10 zeigen solche Stellen aus diesen beiden Tempeln. Die aus dem Luqsortempel, Nr. 7, lässt zwar nur Salzausschlag, d. h. beginnende Corrosion, sehen, dafür sind aber die Bilder aus dem Karnaktempel, Nr. 8 bis 10, um so charakteristischere Beispiele der gänzlichen Zerstörung des Steinmaterials in den durchfeuchteten unteren Schichten der Sandsteinmauern.

Die Betrachtung der angegriffenen Stellen zeigt nun, dass die Corrosionserscheinungen am Sandsteinmaterial der Tempel immer nur da auf-

Abb. 7.



Vorhalle Amenophis' III. zu Luqsor. Säulenfuss mit Salzausschlag.

Abb. 8.



Chonstempel zu Karnak, von SO. gesehen. Corrosionen in den unteren Schichten.

Abb. 9.

Tempel von Karnak, Thutmosisbau. Corrodierter Säulenfuß.

Abb. 10.

Tempel von Karnak. Corrodierter Wandsockel im SO.-Theil.

treten, wo Wasser und Ruinenerde, d. h. Erde mit Abgängen aus alten menschlichen Wohnstätten untermischt, gemeinsam in directe Berührung

mit dem Haustein kommen. Dass Wasser allein die Corrosion nicht hervorbringt, zeigen am besten die zahlreichen noch gut erhaltenen, alten Ufermauern aus Haustein, die stets nur an den Stellen Corrosionserscheinungen aufweisen, wo gleichzeitig auch Abwässer aus Ruinenerde an sie herangekommen sind; an den nur vom Nilwasser bespülten Stellen haben sie sich immer gut conservirt. Und ebenso wenig wirkt die trockene Ruinenerde zerstörend; das sieht man in den höheren Theilen ganz von Ruinenerde eingehüllt gewesener Gebäude, die sich unter dieser schützenden Decke ganz intact gehalten haben. Die zerstörenden Wirkungen äussern sich also nur, wo Ruinenerde und Wasser gemeinsam mit dem Sandsteinmaterial in Verbindung kommen.

Um Näheres zu ermitteln, wurden im Frühjahr 1896 in Philae Proben von den in Frage kommenden Stoffen zur chemischen Untersuchung entnommen, und zwar: 1. *a.* intacter Sandstein, *b.* corrodirtter Sandstein, 2. Nilwasser und Nilschlamm und 3. Ruinenerde.

1 und 3 stammten von Stellen in und neben der Ostcolonnade¹ des Vorplatzes, 2 von der Westseite der Insel.

Hr. Dr. RATHGEN, Chemiker bei den Königlichen Museen zu Berlin, untersuchte diese Proben und erhielt das Resultat, dass ausser dem corrodirtten Sandsteinpulver nur die Ruinenerde reichlich Chlor- und Schwefelsäureverbindungen aufweist.

Die Notiz, die mir Hr. Dr. RATHGEN über seine Untersuchung dieser Erde gab, lautet wörtlich:

In 10^g der lufttrockenen Ruinenerde liessen sich durch Auswaschen mit kaltem, destillirtem Wasser im Filtrat nachweisen: 0.0566 Cl [Chlor] entsprechend 0.0934 NaCl [Kochsalz] = 0.93 Procent; 0.0175 SO₃ [Schwefelsäureanhydrid] entsprechend 0.0263 MgSO₄ [Bittersalz] = 0.26 Procent oder 0.0311 Na₂SO₄ [Glaubersalz] = 0.31 Procent. Es sind in der Erde also ungefähr 1¹/₄ Procent wasserlösliche anorganische Salze vorhanden, die bei Mitwirkung von Feuchtigkeit z. B. auf Kalksteine oder kalkhaltige Sandsteine corrodirend wirken müssen. (S. Polytechnisches Centralblatt 1891-92, S. 193.)

Nach einigen neueren, noch nicht veröffentlichten Bestimmungen ist schon ein Gehalt von 1/7 Procent Salze für den Bestand von Kalksteinen, Ostraka u. s. w. gefährlich.

Berlin, den 1. Juli 1897.

gez.: RATHGEN.

¹ Hier waren Corrosionen bereits nachzuweisen. S. Bericht über den baulichen Zustand u. s. w. S. 1214 und die diesem Bericht beigegebenen, nicht veröffentlichten Photographien.

Nach den Resultaten dieser Untersuchung ist es also sicher, was auch vorher schon angenommen wurde, dass der enorme Salzgehalt der Ruinenerde — über 8 mal so viel als zur Zerstörung hinreichend wäre — den schädlichen Einfluss auf die Bausteine der alten Denkmäler ausübt.

Man hat sich den Vorgang etwa so zu denken:

Das Wasser der Überschwemmung oder das Grundwasser bringt die löslichen Salze aus der die Denkmäler umgebenden Ruinenerde in das Steinmaterial der Bauten, und von hier krystallisirt das Salz dann nach dem Abflauen des Wassers wieder heraus, indem es das Bindemittel des Sandsteins zerstört und ihn in grobkörniges Sandpulver verwandelt. Ob dieser zerstörende Vorgang auf chemischem oder mechanischem Wege bewirkt wird, wissen wir zur Zeit noch nicht. So viel steht aber fest, das auskrystallisirende Salz zerstört den Stein.

Um diese Zerstörung bei Steinen, die schon Salz enthalten, zu verhindern, giebt es ein bewährtes Mittel, das aber nur bei kleineren Gegenständen angewendet werden kann. Man legt dieselben so lange in fließendes Wasser, bis alles Salz in Lösung herausgezogen ist und nichts mehr zurückbleibt, was nach dem Wiedertrocknen herauskrystallisiren könnte. Diese Procedur dauert sehr lange — sie hat z. B. für die grössten auf diese Weise behandelten Bausteine eines Grabes im Berliner Museum oft mehr als ein Jahr in Anspruch genommen — sie gewährt aber sicheren Erfolg. Ganz verkehrt ist es aber, diese Methode in einer abgeänderten Form auf noch stehende Denkmäler anwenden zu wollen, wie das leider in letzter Zeit in Aegypten geschehen ist.

Die Tempel von Karnak und Luqsor hat man nämlich absichtlich den jährlichen Überschwemmungen des Nils ausgesetzt, um sie durch den Strom des fließenden Wassers auszulaugen. In Luqsor führt man das Wasser am Südennde neben dem Tempel ein und an der Nordwestecke wieder heraus; in Karnak liegt der Zufluss vor dem ersten, westlichen Pylon, und der Abfluss erfolgt vom heiligen See aus.

Durch diese Anordnung wird erstens gar kein eigentlicher Strom in allen Theilen der Gebäude erzeugt, da sich wirklicher Strom nur auf dem kürzesten Wege zwischen Ein- und Ausmündung findet; die nicht in diesem Zuge liegenden Gebäudetheile stehen einfach unter stagnirendem Wasser, ganz wie zu den Zeiten, in denen nur das aufsteigende Grundwasser die Tempel unter Wasser setzte, nur etwas höher.

Zweitens wird gerade das erzeugt, was man vermeiden wollte; das Salz wird nämlich nur so lange in Lösung vom Wasser mitgenommen, als die Überschwemmung dauert. Sobald das Wasser wieder sinkt und die Mauern austrocknen, beginnt wieder das Auskrystallisiren des übriggebliebenen Salzes, das bei seiner grossen Menge immer noch mehr wie

hinreichend ist, die gefürchteten Zerstörungen des Materials hervorzurufen.

Die jährliche Überschwemmung mit ihrem Wechsel von Nass und Trocken erzeugt also stets eine neue Bewegung des Salzes und dadurch eine Zerstörung des Gesteins. Es mag jetzt der Anblick der Bauten von Karnak und Luqsor besser sein als früher, wo man gar nichts gegen die Salzgefahr that, die Gefahr für den Bestand der Gebäude ist aber auch jetzt keineswegs geschwunden und nur der Termin des Zusammensturzes ist um einige Jahre hinausgerückt.

Der ständige Wechsel zwischen Feuchtigkeit und Trockenheit zerstört unter den in Karnak und Luqsor vorwaltenden Umständen den Sandstein ebenso, wie er Holz in kurzer Zeit verrotten würde.

Für die Erhaltung der aegyptischen Tempel wäre es vielmehr das Beste, sie, da man sie doch nicht auslaugen kann, möglichst vollständig trocken zu legen.

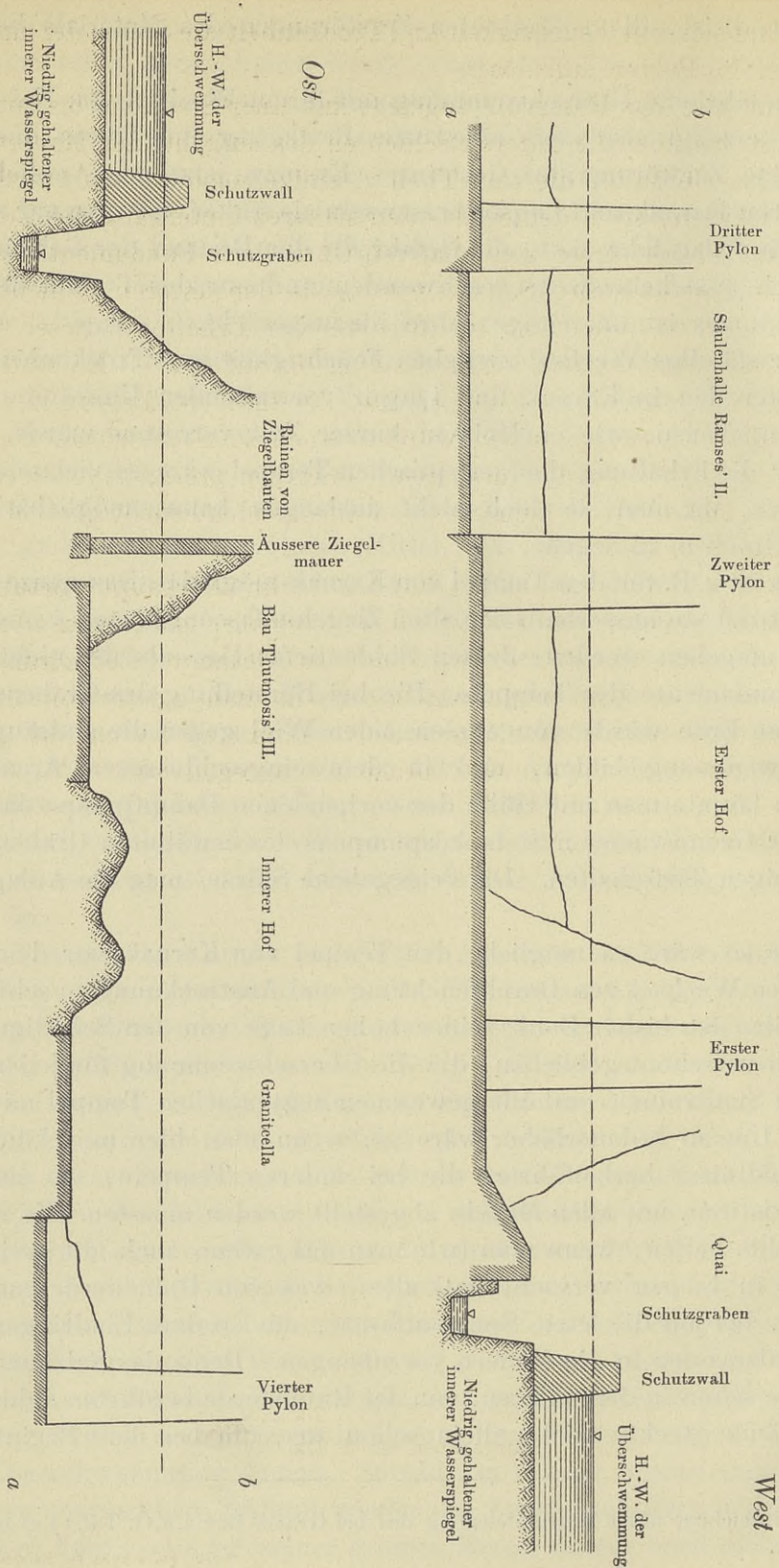
Das ist z. B. für den Tempel von Karnak möglich. Das ganze Tempelgebiet müsste ausserhalb der alten Ziegelumfassungsmauer von einem Graben umgeben werden, dessen Sohle tiefer läge als die nicht sehr tiefen Fundamente des Tempels. Die bei Herstellung des Grabens ausgeworfene Erde würde von aussen einen Wall gegen die andrängende Überschwemmung bilden, und in dem eingeschlossenen Areal des Tempels könnte man mit Hülfe der vorhandenen Dampfmaschine das aufsteigende Grundwasser mittels Auspumpens des erwähnten Grabens auf der nöthigen Tiefe halten. Die beigegegebene Skizze¹ mag die Anlage erläutern.

Nur so wäre es möglich, den Tempel von Karnak vor dem verderblichen Wechsel von Durchfeuchtung und Austrocknung zu schützen.

Philae ist bisher Dank seiner hohen Lage von den Schädigungen glücklich verschont geblieben, die die Überschwemmung für jeden einmal von Stadtruinen umhüllt gewesenen aegyptischen Tempel mit sich bringt. Um so bedauerlicher wäre es, wenn man hier nun künstlich die Verhältnisse herbeiführte, die bei anderen Tempeln, wo sie von Natur existiren, mit allen Mitteln abgestellt werden müssten. Es würde auch nichts helfen, wenn man (wie man das, wenn auch mit geringem Erfolge, in Luqsor versucht hat) alles, was von Ruinenerde auf der Insel ist, bis auf die letzte Spur entfernte, um so dem Eindringen von neuen Salzmassen in die Mauern vorzubeugen. Denn das Salzquantum, das heute schon in den unteren, von der Ruinenerde berührten Schichten der Gebäude steckt, reicht allein schon aus, um bei dem Beginn des

¹ Gezeichnet unter Zugrundelegung des bei Grand-Bey a. a. O. Taf. 12 gegebenen Schnittes.

Schematischer Schnitt durch den Tempel von Karnak
mit Angabe der vorgeschlagenen Schutzgräben.



steten Wechsels von Feuchtigkeit und Trockenheit die Steine der unteren Schichten in Pulver aufzulösen.

Wird also das Reservoir angelegt mit einer Stauhöhe bis zu 106^m R.L., d. h. bis über die unteren Schichten des aufgehenden Mauerwerks sämtlicher Gebäude, die zum Theil 3, einige sogar 5^m tief überfluthet werden würden, so bedeutet das den sicheren Untergang der Tempelbauten auf Philae, trotz der relativen Güte ihrer Fundamente, einzig durch die Corrosion des Sandsteinmaterials der unteren Schichten.

Das Höchste, was man im Interesse der Erhaltung dieser Denkmäler zulassen könnte, wäre eine Stauung bis auf 102^m R.L., und auch das nur unter der Voraussetzung, dass die Insel völlig von der salzhaltigen Ruinenerde gesäubert würde. Auch so noch würde man die Bauten der Nordhälfte der Insel dem Verderben preisgeben, die wichtigsten Denkmäler aber wären vor der aufsteigenden Feuchtigkeit einigermaassen gesichert.

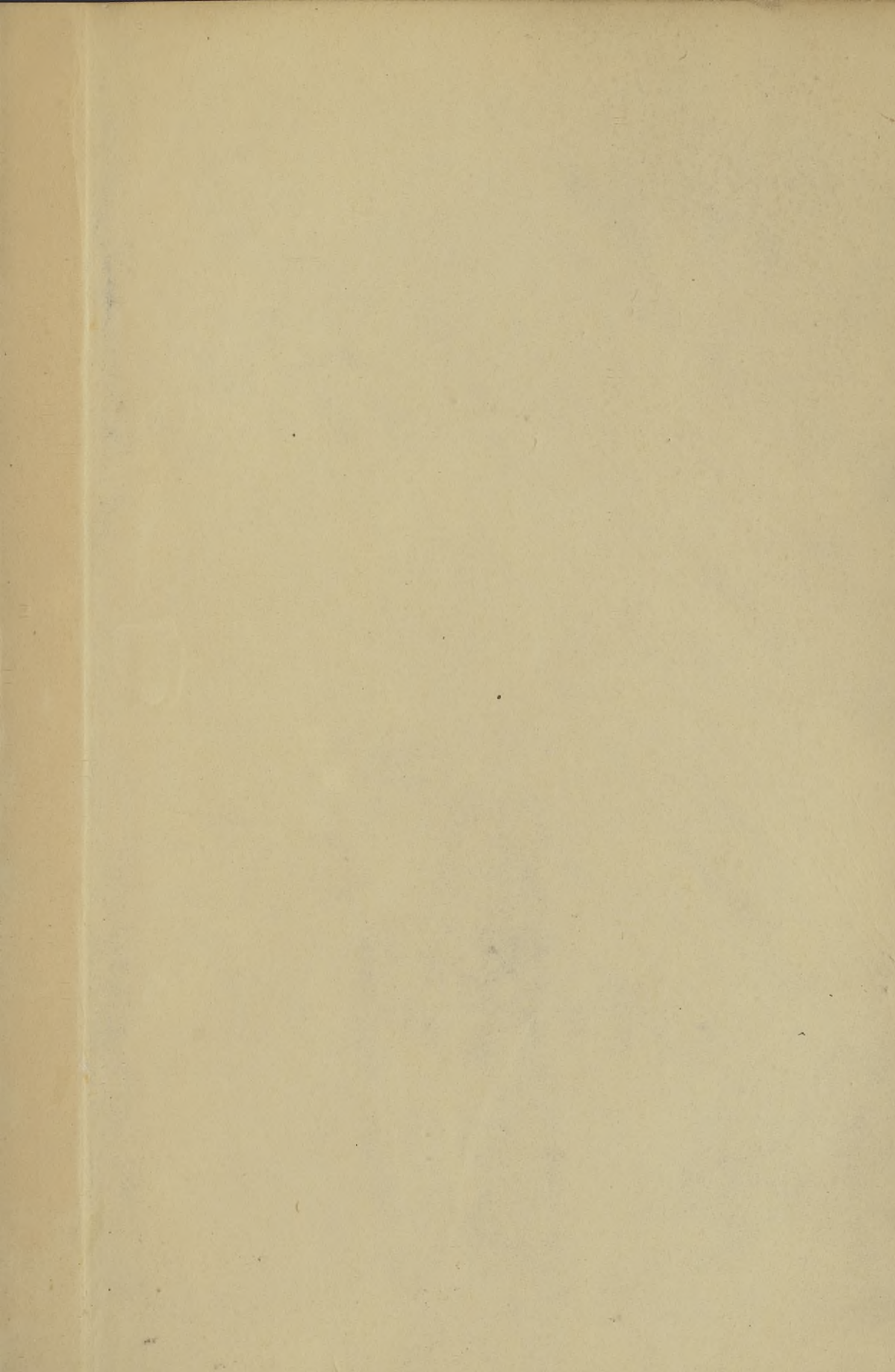
Falls es unter solchen Umständen nicht überhaupt vorzuziehen wäre, einen anderen Platz für dieses Reservoir, etwa kurz oberhalb Philaes, zu wählen, dürfte sich die oben verlangte Reducirung der Stauhöhe um 4^m wohl ausführen lassen, da man ja jetzt von der Anlage eines einzigen grossen Reservoirs abgekommen ist und an seiner Stelle mehrere von kleineren Dimensionen anlegen will.

Kairo, den 1. März 1898.



Ausgegeben am 5. Mai.





WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

318 79

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299685