ZEITSCHRIFT DES VERBANDES DEUTSCHER ARCHITEKTEN- UND INGENIEUR-VEREINE

Nr. 22. Berlin, den 1. Juni 1912. 1. Jahrgang.

INHALT:

Die Gesetzmäßigkeit der griechischen Baukunst und die daraus sich ableitende, mathematisch genaue Rekonstruktion aller Teile des äußeren und inneren Aufbaues des dorischen Peripteraltempels*).

Professor R. v. Reinhardt in Stuttgart ließ im Verlage von A. Kröner (1903)**) eine Publikation erscheinen, die neue Gesichtspunkte über die Gesetze der griechischen Tempelbaukunst brachte und mannigfach besprochen und wie sie es verdiente, auch anerkannt wurde.

Für die große Menge der Architekten von heute war sie Kaviar. Er wollte neue Wege aufmachen und dem ausgeleierten Modulsystem, das alles gab, nur keine lebendigen Gesetze, ein Ende bereiten. Der Archäologe übersah vielleicht den Wert des Gebotenen, das am Theseion in Athen ermittelt worden war.

Das schöne Werk Furtwänglers und Fichters über das Heiligtum der Aphaia auf Aegina reizte v. Reinhardt zu neuen Untersuchungen, wobei er sich wohl bewußt war, daß es auch

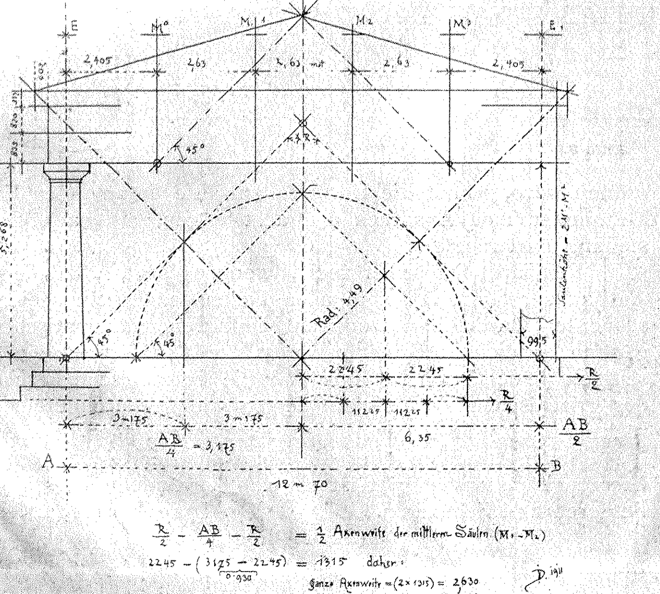


Abb. 1.

unter Zugrundelegung der Baureste an Ort und Stelle, dieser neuen und frischeren Aufnahmen nicht möglich sei, eine abschließende, in allen Teilen gesicherte Rekonstruktion des Tempels zu schaffen. Das Ergebnis der Untersuchungen hat Reinhardt in einem mit 25 Tafeln ausgestattetem Werke niedergelegt, dessen Titel der Überschrift dieses Aufsatzes entspricht.

Reinhardt weist hier zunächst auf die verschiedenen „unserem modernen Gefühl unverständliche Unregelmäßigkeiten" der ganzen baulichen Anlage hin, wie z. B. auf die ungleichen Interkolumnien bei den Säulenstellungen der Lang- und Schmalseiten, auf das Fehlen axialer Beziehungen der Frontsäulen zu denen beim Vor- und Hinterhaus der Cella u. dergl. m.

Eingehende Untersuchungen auf graphischem Wege haben Reinhardt überzeugt, daß im Gegensatz zu dieser scheinbaren Willkür ein strenges, auf einfachen mathematischen Verhältnissen beruhendes System zugrunde liege, mittels dessen Erkenntnis er über bis jetzt ungelöste Fragen beim griechischen Tempelbau, wie die Beleuchtung des Innern, die Anordnung und Ausbildung der Cella — und Umgangsdecken, genauen Aufschluß zu geben, für möglich hält. Er glaubt, daß zur Bestimmung der Verhältnisse und der Abmessungen aller Teile des Baues der Architekt des Aphaiaheiligtumes von der östlichen Eingangsseite ausgegangen ist.

Die Basis des Systems ist die Axweite der östlichen Säulenstellung auf der Oberkante des dreifach gestuften Unterbaues, deren Ausdehnung, zwischen den Mittellinien der Ecksäulen gemessen, 12,70 m beträgt. Auf dieser Basis wird ein rechtwinkeliges Dreieck errichtet, dessen Spitze in der Mittelaxe der Tempelfront liegt. In dieses wird von dem in der Mittelaxe liegenden Fußpunkt als Zentrum, ein Halbkreis beschrieben, der die Schenkel des Drei-

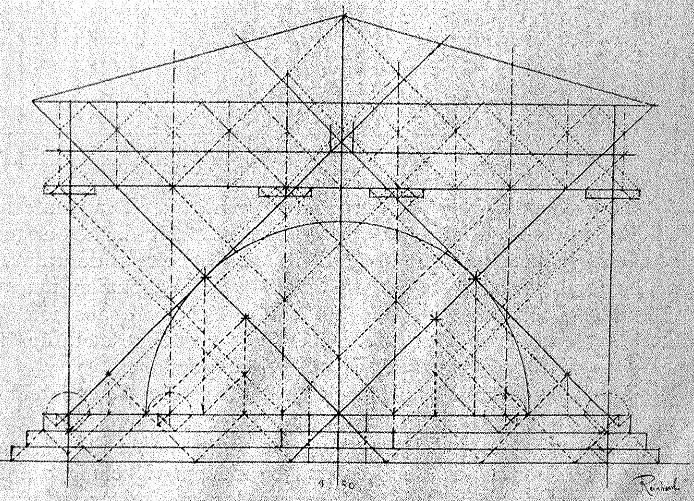


Abb. 2.

ecks tangirt und dessen Radius sich mit $\sqrt{\frac{6{,}350^2}{2}} = 4{,}49$ m berechnet. Ein zweites Dreieck wird nun in den Halbkreis gezeichnet und daraus die folgenden Maße für die Säulenstände und den Unterbau abgezogen. (Vgl. die Abb. 1 Auszug aus dem Reinhardtschen Schema, Abb. 2 Originalzeichnung des Schemas der Giebelseite von Reinhardt.)

Mit Hilfe weiterer rechnerischer und graphischer Operationen werden die Maße der unteren Säulendurchmesser gefunden mit $2 \times 0{,}497^5 = 0{,}995$ m, die in Wirklichkeit 0,99 m groß sind, so daß die ausgerechneten mit den wirklichen Maßen sich nahezu decken.

Die halbe Axweite der mittleren Säulen ist $= 2{,}245 - (3{,}175 - 2{,}245) = 1{,}315$ und danach die ganze Axweite der mittleren Säulen $= (2 \times 1{,}35) = 2{,}630$ m. Diese Axweite von 2,630 m gilt auch für die nächststehenden Säulen, so daß die Axweiten am Eck der Frontseiten $6{,}35 - 2{,}63 - 1{,}315$ d. h. 2,405 werden. Daraus ergibt sich als Differenz der mittleren Axweiten mit denen bei den Ecken $= 2{,}630 - 2{,}405 = 0{,}225$ m.

Diese herausgerechneten Maße stimmen mit der Ausführung am Bau überein.

Auch die Anordnung der Stoßfugen des Unterbaues ist rechnerisch gewonnen und mit der Ausführung übereinstimmend.

Die Höhe der Säulen ist genau gleich der doppelten Axweite der mittleren Säulen $= 2 \times 2{,}63 = 5{,}263$, nach der Wirklichkeit $= 5{,}27$.

*) Dargestellt am Heiligtum der Aphaia auf der Insel Aegina.

**) Die Gesetzmäßigkeit der Griech. Baukunst von Robert Reinhardt, Oberbaurat und Professor. I. Teil. Der Theseustempel in Athen. Stuttgart 1903. Arnold Bergsträssers Verlagsbuchhandlung. A. Kröner.

Die Säulen stehen genau lotrecht; die Aufnahme von Furtwängler gibt eine leichte Neigung, $2^1/_2$ cm nach der Cellawand. Auch die Höhen und Ausladungen des Echinos und des Abakus sind rechnerisch zu bestimmen. Der Architrav ist gleich der halben Breite des Abakus plus der Axendifferenz, also 0,610 + 0,225 = 0,835 m hoch. Durch diese Höhe bestimmt sich in der Mittelaxe unmittelbar die Breite des Triglyphen.

Es ist rechnerisch der Beweis erbracht, daß die in den Aufnahmen angegebenen Höhenmaße der Säulen mit 5,275 und des Architraves mit 0,84 m eine Korrektur auf 5,26 und 0,835 m zu erleiden haben. Die Stellung der Triglyphen ist durch die gleichmäßige Verteilung derselben bestimmt usw. Der nach oben verjüngte, ganz leicht geschwellte Säulenschaft hat die Form einer Parabel. Die Höhe des Triglyphenfrieses wird nach dem Schema auf 0,085 + 0,510 + 0,225 = 0,820 m ermittelt, was wieder genau mit der Aufnahme des Tatbestandes an Ort und Stelle übereinstimmt.

indem die dritte Figur vom linken Giebelanfang näher zu der folgenden, der fallenden Kriegerfigur gerückt ist, entsprechend diesen Verhältnislinien. Anstatt in fliegender Hast den Helm des fallenden Kriegers aufzunehmen, wie seither angenommen worden ist, dürfte nun durch dieses Näherrücken mit voller Sicherheit anzunehmen sein, daß der Krieger herbeieilt, um den tödlich Getroffenen zu stützen, während sein Helm auf den Boden, direkt über die Axe des zweiten Metopenfeldes von der Mitte aus zu liegen kommt und hier die Lücke zwischen den Kämpfenden ausfüllt. (Vgl. Abb. 3.) Die genannte Figur dürfte durch den neuen Fund (Abb. 117 S. 231 bei Furtwängler) zu korrigieren sein, wonach das rechte Bein mehr schwebend anzu-

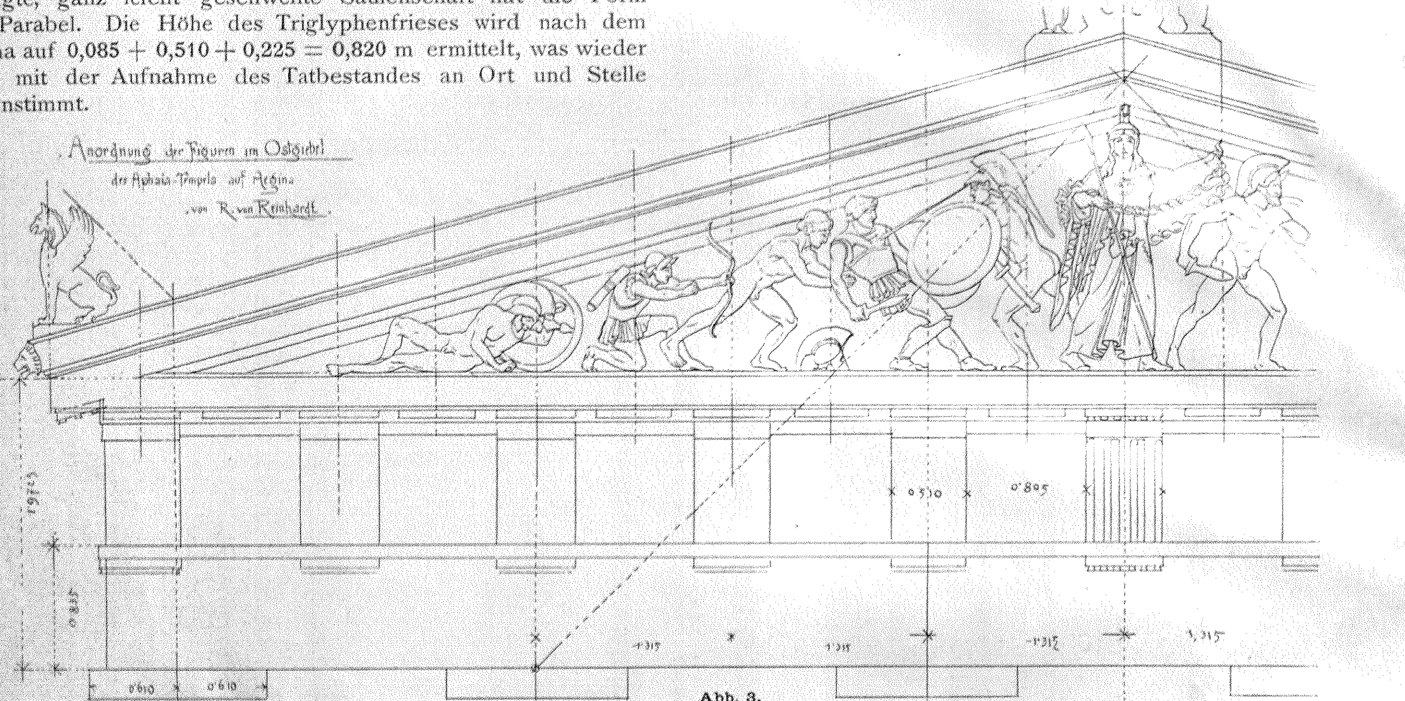


Abb. 3.

Der Giebelanfang ist durch den Schnitt der Diagonale aus dem Fußpunkt der Mittelaxe der Frontseite mit der Oberkante des Geisson bestimmt und die Höhe des Scheitels der aufsteigenden Giebelplatten durch den Schnitt der Diagonalen aus der Mitte des Abakus der zweiten Säule von der Ecke aus mit der Mittelaxe festgelegt. Der Giebelgrund ist zurückgesetzt, um für die Figuren mehr Platz nach der Tiefe zu gewinnen.

Interessant äußert sich Reinhardt über die Neuaufstellung Furtwänglers der Giebelgruppen, indem er feststellt, daß auch hier die bestimmte Absicht vorliegt, die Komposition der Figurengruppe den Hauptlinien der ganzen Fassadenentwickelung auf das intimste anzuschmiegen, die Skulptur mit der Architektur zu einem einheitlichen Ganzen zu verbinden. Daraus ergibt sich aber eine bedeutsame Korrektur gegenüber der Darstellung Furtwänglers, ordnen wäre, womit die Eile des zu Hilfe kommenden Kriegers bestimmter zum Ausdruck gebracht würde, als nach der Darstellung Furtwänglers.

Reinhardt hat sicher recht, wenn er sagt, „daß der ganze Aufbau der Giebelseiten in allen Teilen das Ergebnis einer konsequenten Durchführung des auf einfachen mathematischen Vorgängen beruhenden Systems der dadurch sich regelnden gegenseitigen Beziehungen ist, und daß die harmonische Erscheinung des griechischen Tempels auf der so strenge durchgeführten Berücksichtigung der gegenseitigen Beziehungen aller Teile beruht."

Seine Ansichten über die Korrektur der Giebelgruppe sind überzeugend, was er gibt ist ein wohlbegründeter Vorschlag zum Besseren und Schöneren.

Dr. Josef Durm, Dr. Ing.

(Schluß folgt.)

Die Gesetzmäßigkeit der griechischen Baukunst und die daraus sich ableitende, mathematisch genaue Rekonstruktion aller Teile des äußeren und inneren Aufbaues des dorischen Peripteraltempels.

(Schluß.)

Nach der gleichen Methode werden im folgenden der Pronaos, seine Säulen- und Antenkapitelle, das Gebälke, die Kapitelle der Langseiten, die Holzdecke der Ringhalle behandelt mit den gleichen überraschenden und zutreffenden Ergebnissen.

Reinhardt nimmt auch Stellung zur Frage der Beleuchtung und Abdeckung der Tempelcella. Er macht auf die Kleinheit derselben, im vorstehenden Falle = 6,40 m lichte Weite, aufmerksam und will daher von der Abstützung der Deckenbalken durch die eingestellten Säulen nichts wissen aber auch nichts von einem Deckenlicht über dem Mittelschiff. Er berührt die oft genannten Mißstände eines solchen und weist auch die alleinige Beleuchtung des Innern durch die mächtig große Eingangstür zurück und teilt somit auch die Auffassung von Dörpfeld, Durm, Fichter — er hätte auch G. Perrot und andere noch nennen können — nicht. Die Worte Perrots, daß der Lichteinfall „seulement par la porte" geschehe, ist für ihn beseitigt. Dafür tritt er aber dem Vorschlage Chipiezs näher, der eine glänzende Beleuchtung für das Götterbild und die aufgestellten Weihgeschenke verlangt, und adoptiert denselben in wenig veränderter Form, obgleich für ihn die Beweise an jenem oder an anderen Bauten, bei denen die Cellamauern noch stehen, gänzlich fehlen.

Zugegeben, daß ein 6,40 m weit gesprengtes Deckengebälke aus Holz oder ein ebensoweit gesprengter Dachstuhl keiner weiteren Unterstützung durch eine doppelte Reihe von

Steinsäulen bedürfen, so ruft der Vorschlag doch noch Bedenken anderer Art hervor. Für mich ist diese innere Säulenstellung, nicht ganz ein Meter von einer geschlossenen Wand abstehend und dieser entlang geführt, eher die Umsetzung eines ursprüng-

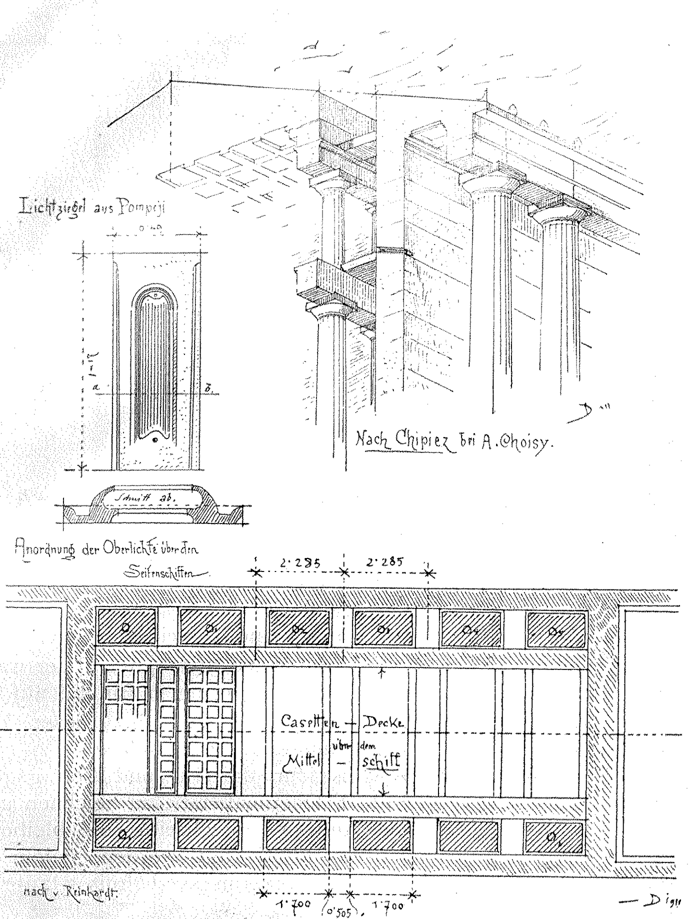


Abb. 4 u. 5.

lich größeren, durch bedeutendere Spannweiten bedingten konstruktiven Motives ins Dekorative; seine Beibehaltung, wenn auch im falschen Maßstab, wollte man dann auch bei kleineren Bauten nicht missen. Wird doch auch der Peripteros zum Pseudoperipteros. In Olympia (Heraion) und in Phigaleia u. a. O. haben wir auch bei diesen kleineren Tempelbauten eine Art von dreischiffigen Anlagen oder besser gesagt einschiffige mit einem Nischen- oder Kapellenkranz, die ich als Nischentempel bezeichnet habe. Verbinden wir bei dem Aphaiatempel die nahe vor der Wand stehenden Säulen mit einer Mauerzunge oder Scherwand, so haben wir praktisch die gleiche Einrichtung zum Unterbringen von Weihgeschenken hier wie dort, und ein trockenes Haus, wenn wir auf Deckenöffnungen verzichten und bei den kleinen Abmessungen des Tempels für die Beleuchtung des Innern das südliche, durch die große Tür einfallende Sonnenlicht sorgen lassen.

Der Chipiez-Reinhardtsche Vorschlag schafft in der Höhe des Schiffbodens mit Steinplatten abgedeckte Zellen und darüber nach dem Himmel offene, entsprechende kleinere Gelasse oder besser gesagt einen Umgang mit Zenithlicht, das durch $(2 \times 6) = 12$ Öffnungen im Dache einfällt. Jede derselben mißt $(0{,}93 \times 1{,}70) = 1{,}58$ qm und geben eine gesamte Lichtfläche von rund 19 qm. Die Eingangstüre bietet eine solche von $2{,}5 \times 4{,}3 = 10{,}75$ qm. Die Bodenfläche des inneren umsäulten Raumes hat einen Flächengehalt von 83 qm. Das Verhältnis der Bodenfläche zu den Lichtflächen wäre also kein ungünstiges. Oberlichte und Türlicht zusammenwirkend, würden also eine Lichtfülle im Innern geben, die beinahe profan gewirkt haben dürfte.

Die Deckplatten des Umganges sind von Reinhardt oberhalb ein wenig vertieft angenommen, zur Aufnahme von Tagwasser, das durch die Öffnungen im Dach einfällt und nach ihm dort verdunsten soll. Chipiez sichert sich den Abfluß der Tagewasser durch einige Schlitze in den Cellamauern oberhalb der Deckplatten, aus denen die Niederschläge an der äußeren Mauerfläche auf den Boden der Ringhalle herablaufen sollten. Wer im Süden die lange anhaltenden Regengüsse oder die mächtigen Gewitterregen mit ihren Wassermengen kennen gelernt hat, wird den Fall wohl ernster nehmen.

Dann, wie verhält es sich mit dem Eindringen von Nisttieren (Tauben, Schwalben u. dgl.)? Würden diese wohl große Rücksicht bei ihren Verrichtungen auf Götterbilder und Weihgeschenke nehmen? Ich will dabei von dem, was Lukian über anderes Getier in den hohlen Götterbildern sagt, ganz absehen, das sich seinen Weg ins Innere suchte und fand.

Beglaubigt sind am Parthenon und durch die römischen Dachdeckungen die mit Öffnungen versehenen Ziegel mit aufgebordeten Rändern und Schutzkappen. Durch sie sollten Luft und Licht wohl in den Dachraum, nicht aber in das Göttergemach fallen. Die römischen Techniker, kaum aber die griechischen, schlossen diese vielfach wieder mit Glasplatten (vgl. Abb. 5 und 6 und J. Durm Baukunst der Etrusker u. Römer II. Auflage). Auf dieser Grundlage könnte man sich den Vorschlag wohl gefallen lassen; ohne dieses transparente Schutzmittel aber kaum.

Es wird anfechtbar bleiben, mag dieses im Einzelnen moderntechnisch noch so wohl durchdacht sein; auch in den sich ergebenden Dachraum über der Ringhalle wird bei Reparaturen schwer zu gelangen sein.

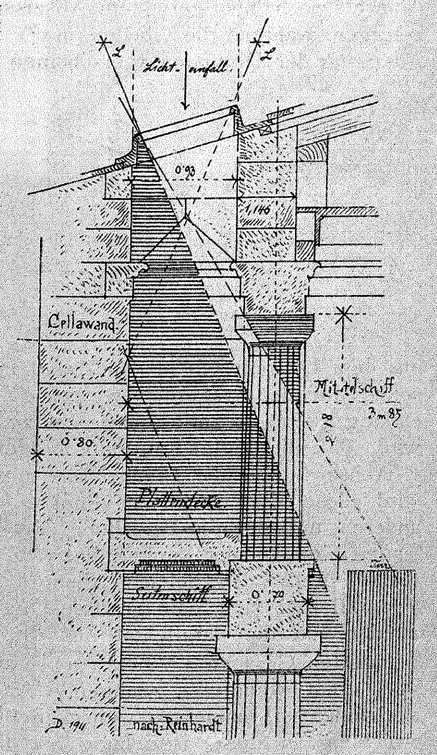
Der verbesserte Gedanke des Chipiez hat etwas bestechendes, ich bedaure aber, auch ihm nicht vollinhaltlich zustimmen zu können. Auch der Vorgang bei der Nordhalle des Erechtheion, wo eine einzige Kassette der Decke offen gelassen war, aber aus anderen Gründen, kann mich nicht dazu bestimmen.

Die gekuppelten, rythmisch angeordneten Querbalken der Decke im Mittelschiff der Cella sind ebenso geistvoll als geschickt durch den von Reinhardt gebotenen Schlüssel ermittelt.

In einem mir zur Verfügung gestellt gewesenen Längenschnitt des ganzen Tempels, eine Längsansicht, ein perspektivisch dargestellter Innenraum mit dem Götterbild sind klar gedachte, anziehende Ergebnisse der Untersuchungen.

R. v. Reinhardt teilte mir am Schlusse seiner schwierigen mit Fleiß und Scharfsinn durchgeführten Arbeit mit, daß an diesem Heiligtum der Aphaia der Schleier des Geheimnisses der Harmonie des ganzen Baues gelüftet sei, und daß die griechische Baukunst in dieser neuen Durchleuchtung erst in allen Teilen verständlich würde. Er bewunderte die Sorgfalt der griechischen Baumeister, wie sie sich die Harmonie aller Teile und des Ganzen zu sichern strebten und zweifellos darauf bedacht waren, durch ähnliche Vorgänge, aber in selbständiger, individueller, eigenartiger Weise auszubilden und sich den Erfolg zu sichern.

Durch die mathematische Methode, den ganzen Aufbau eines Tempels festzustellen, wenn nur die Mittel der Ecksäulen einer Schmalfront der Ringhalle bekannt sind, ist jedenfalls ein Schritt vorwärts in der Erkenntnis. Sie hat die Probe auf das Aphaiaheiligtum angewendet, soweit es die Baureste zulassen, glänzend bestanden.



Die Möglichkeit ihrer Anwendung auf den bildnerischen Schmuck ist geradezu überraschend. Die Bildwerke im Giebel werden zu architektonischen Gebilden, so streng geordnet und überlegt aufgestellt wie die Säulen des Tempels. Prägt sich ein Architekt oder Kunsthistoriker, wenn auch nur der Hauptsache nach, eine Fassade und einen oder zwei Schnitte nach den mathematischen Gesetzen des Aphaiatempels aufgezeichnet, nicht viel besser ein und wird er dadurch nicht rascher erfahren, worauf es ankommt, als wenn er mit Modulen arbeitet, wobei er das große Ganze aus dem Auge verliert? Die Auffindung des auf mathematischer Grundlage sich entwickelnden Organismuses des Baues, die auf gleicher Basis sich ergebende Aufstellung des Figurenschmuckes werden ein Verdienst Reinhardts bleiben, das wir anerkennen müssen. Die von ihm wiederholt aufgerollte Frage der Beleuchtung der Cella ist anregend, wenn sie auch zurzeit technisch und historisch nicht wird beantwortet werden können. Hier stellt sich immer noch Hypothese gegen Hypothese.

Möge die tiefgründige Arbeit v. Reinhardts den wissenschaftlichen Kreisen nicht länger vorenthalten bleiben und der Wechsel im Verlage eine Stockung in der Herausgabe nicht herbeiführen.

„Auf strenges Ordnen, rascher Fleiß
Erfolgt der allerschönste Preis.“ (Faust II. 5.)

Karlsruhe, im Februar 1912. Dr. Josef Durm, Dr.-Ing.

Beiträge zur Vereinfachung der Kosten- und Massenermittlung für Erdförderung.

Von Dr.-Ing. Thieme, Cöln-Sülz.

Bekanntlich ist die zeichnerische Behandlung der Erdförderung zum ersten Male von Prof. Goering im Zusammenhang dargestellt worden. Weitgehende Übersichtlichkeit und der Umstand, daß bei einiger Aufmerksamkeit Fehler nahezu mit Sicherheit vermieden werden, sind die wesentlichsten Vorteile dieses Verfahrens, das sich ziemlich allgemein eingeführt hat.

Immerhin lassen sich einige Punkte desselben noch weiter ausbauen; so kann die Ermittlung der Profilinhalte mit oder ohne Querneigung einheitlicher gestaltet werden, die Zwischenrechnungen bei Anwendung der Transportarten IV (Rollbahn) lassen sich vermeiden, endlich kann auch die Ermittlung der Gesamtkosten mit Vorteil zeichnerisch erfolgen.

Dies zu zeigen, soll die Aufgabe der folgenden Darlegungen sein.

I.

Wenn die Querneigung des Geländes $\leqq 0{,}10$ ist, so verwendet man zur graphischen Ermittlung der Flächeninhalte von Querprofilen bekanntlich mit Vorteil der beiden Beziehungen

1. $F = B\,y + m\,y^2$ (s. Abb. 1) u.
2. $F_1 = B_1\,y + 2\,G + m\,y^2$ (s. Abb. 2).

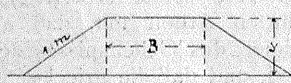


Abb. 1.

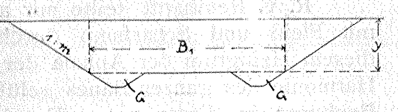


Abb. 2.

In diesen Gleichungen sind

B und B_1 die event. bis zur Einschnittsböschung verlängerten Planumsbreiten,

G der Inhalt eines Einschnittsgrabens,

m das Verhältnis von Grundlinie zur Höhe der Böschung,

y aber die Auftragshöhe bezw. Einschnittstiefe.

Die Glieder (By) der Gl. 1 und $(B_1\,y + 2\,G)$ in Gl. 2 werden dann als nach links gerichtete Abszissen zu den Ordinaten y abgetragen, während die Glieder $(m\,y^2)$ als nach rechts gerichtete Abszissen der Ordinaten y erscheinen (s. Abb. 3).

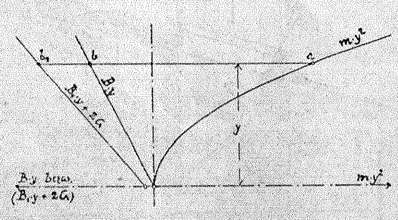


Abb. 3.

Die einer gewissen Höhe y entsprechende Abszissensumme $\overline{a\,b}$ bezw. $\overline{a\,b_1}$ stellt dann in geeignetem Maßstab abgelesen den Inhalt des zur Höhe y gehörigen Querschnitts F bezw. F_1 vor. Man erhält die Strecke $\overline{a\,b}$ bezw. $\overline{a\,b_1}$, indem man die Höhe y aus dem Längenprofil in den Zirkel nimmt, mit der einen Zirkelspitze auf der wagerechten Achse des Querschnittsdiagramms entlang gleitet, bis die andere Spitze, die möglichst so gehalten wird, daß die Verbindungslinie beider Spitzen eine Parallele zur y-Achse bildet, die Parabel für $(m\,y^2)$ in a schneidet. Alsdann wird diese Zirkelspitze im Punkte a festgehalten und mit der anderen auf der die Beziehung (B y) bezw. $(B_1\,y + 2\,G)$ darstellenden Geraden der Punkt b bezw. b_1 gesucht, der von der wagerechten Achse den gleichen Abstand hat, wie der Punkt a.

Hierbei sind nun gewisse Ungenauigkeiten nicht zu vermeiden, da die Parallelität der durch die beiden Zirkelspitzen markierten Geraden $\overline{a\,b}$ bezw. $\overline{a\,b^1}$ mit der wagerechten Achse auch dann, wenn eine genügende Anzahl wagerechter Hilfslinien vorhanden ist, immer zu wünschen übrig lassen wird. Jede Abweichung in dieser Beziehung hat aber eine Verlängerung oder Verkürzung der Strecke $\overline{a\,b}$ bezw. $\overline{a\,b_1}$ zur Folge, so daß der Flächeninhalt des untersuchten Querprofils zu groß oder zu klein ausfallen wird.

Dieser Übelstand wird vermieden, wenn man die Summen der zwei bezw. drei Glieder der Beziehungen (1) u. (2) nur nach einer Seite der y-Achse als Abszissen anträgt. Man hat dann mit der auf die Höhe y (Abb. 4.) eingestellten Zirkelöffnung nur den Punkt a bezw. a_1 der F- bezw. F_1-Kurve aufzusuchen und von diesen aus den kürzesten Abstand $\overline{a\,b}$ bezw. $\overline{a_1\,b}$ von der y-Achse zu ermitteln. Da hierbei eine Abweichung hinsichtlich der Parallelität zwischen den Geraden $\overline{a\,b}$ und $\overline{a_1\,b}$ und der wagerechten F- bezw. F_1-Achse nur von geringem Einfluß auf die Längen der Strecken $\overline{a\,b}$ bezw. $\overline{a_1\,b}$ ist, so führt dieser Weg naturgemäß zu genaueren Ergebnissen als der andere.

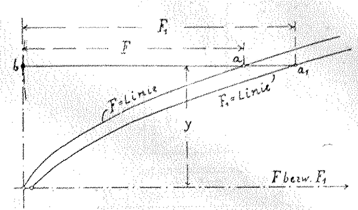


Abb. 4.

Wenn nun auf diese Weise für die Auf- und Abtragsquerschnitte vollständig getrennte Flächenmaßstäbe zu zeichnen sind, so kann bei demjenigen des Auftrags gleichzeitig die bleibende Auflockerung des Erdbodens berücksichtigt werden, indem die Abszissen entsprechend dem Auflockerungsverhältnis z auf das $\frac{1}{1+z}$ fache verkürzt werden.

Eine weitere Bedeutung gewinnt die vorbeschriebene einastige Darstellung des Flächenmaßstabes für Auf- und Abtrag dadurch, daß nunmehr mittels einer unterhalb der Abszissenachse zu verzeichnenden Schar von Strahlen oder von weiteren links von der y-Achse anzubringenden Kurven die Inhalte der durch etwaige Querneigung bedingten Zuschläge mit berücksichtigt werden können.

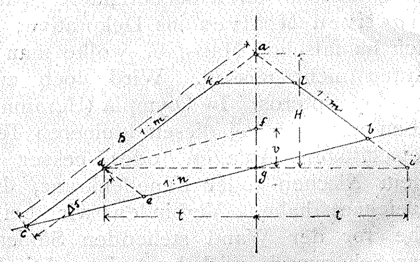


Abb. 5.

Der Inhalt des Dreiecks $\varDelta\,\overline{c\,d\,e}$ (s. Abb. 5) ergibt sich bekanntlich zu

$$\varDelta F = F'' \cdot \frac{\varDelta s^2}{s^2},$$

wenn F'' den Inhalt des Dreiecks $\varDelta\,\overline{a\,b\,c}$ vorstellt und $\overline{d\,e} \parallel \overline{a\,b}$ ist, die Seiten $\overline{c\,d}$ und $\overline{c\,a}$ sowie $\overline{c\,e}$ und $\overline{c\,b}$ zusammenfallen.

Da ferner mit $\overline{d\,f} \parallel \overline{c\,b}$,

$$\frac{\varDelta s}{s} = \frac{v}{H}$$

wird, so ergibt sich auch

$$\varDelta F = F'' \frac{v^2}{H^2}.$$

Mit

$$t = H \,.\, m$$

und $$v = \frac{t}{n}$$

wird erhalten

$$v = H \,.\, \frac{m}{n},$$

und ferner

$$\varDelta F = F'' \frac{H^2\,m^2}{H^2\,n^2} = F'' \frac{m^2}{n^2}.$$