

Sitzungsberichte

der

Bayerischen Akademie der Wissenschaften

Philosophisch-philologische und historische Klasse

Jahrgang 1920, 17. Abhandlung

Neue Beiträge

zur Kenntnis der antiken Wasseruhren

von

Albert Rehm

Vorgetragen am 8. Mai 1920

München 1921

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

in Kommission des G. Franzschen Verlags (J. Roth)

I.

Die als Abb. 1 wiedergegebene Bronzescheibe war mir lange bekannt aus der Wiedergabe in CIL XIII, II 1 n. 5955; die dort beigegebene geringe, sogar den epigraphischen Tatbestand nicht vollständig darstellende Abbildung genügte wohl, um erkennen zu lassen, daß es sich um etwas Ähnliches handeln müsse wie bei der Salzburger Bronzescheibe, die ich (Österr. Jahresh. VI (1903) S. 41 ff.) als Bestandteil einer astronomischen oder Kalenderuhr (*ἀναφορικὸν ὥρολόγιον* Vit. IX 8, 8) erwiesen habe; zu einer Bearbeitung des Stückes reichte sie nicht hin. Erst als mir Herr Prof. Dr. P. Arndt sein Exemplar des in Deutschland seltenen Kataloges der Kollektion Hoffmann (W. Froehner, Catalogue des objets d'art antique de la C. H., Paris 1888, S. 161, n. 653, T. 43)¹⁾ zur Verfügung stellte, aus dem mit freundlicher Erlaubnis des Eigentümers unsere Abb. 1 entnommen ist, war eine genaue Untersuchung möglich. Da die früheren Deutungen nichtig sind, andererseits aber das neue Exemplar keineswegs nur ein Duplikat der Salzburger Uhr ist, dürfte es sich lohnen, das Ergebnis mitzuteilen.

Unsere Bronzescheibe ist im November 1886 in der Flur von Grand (Département Vosges) bei dem Dorfe le Cagnot bei Erdarbeiten zusammen mit anderen nicht uninteressanten Bronzegegenständen, mit Resten von Eisengerät und wenigen Tongefäßen in einem antiken Brunnenschacht gefunden worden (Bericht von L. Maxe-Werly, Mém. de la société nationale des antiquaires de France, Bd. 108 (= V. série, Bd. 8), Paris 1887,

¹⁾ Wohin das Fragment bei der Versteigerung gekommen ist, habe ich bisher nicht ermitteln können.

sich dieser Einfall durch einen Blick auf die Abbildung; an dieser Stelle ist ganz bestimmt kein Loch gewesen, wie wir es doch für die Achse des Zeigers fordern müßten. De la Noë hat übrigens selbst seine Hypothese aufs bündigste widerlegt, indem er nachweist, daß das Stück die von ihm gestellte Forderung durchaus nicht erfüllt. Nicht die Tag-, sondern die Nachtlänge in ihrem Wachsen und Abnehmen zeigen die Geraden, die man von dem erwähnten Schnittpunkt zu den inschriftlich bezeichneten Stellen am Rande zieht, während doch auch im Altertum der Tag die wichtigere Hälfte des Lebens war. Warum schrieb man die Data nicht einfach umgekehrt an? Sodann soll das Instrument für die Breite von Rom berechnet sein; dann war es für die Gegend, in der es gebraucht wurde, unverwendbar, und doch war man, seit es eine geographische Wissenschaft gab, wohl vertraut mit der Verschiedenheit der Tag- und Nachtlängen unter den verschiedenen Klimata und auch der Landwirt kannte diese Abweichungen, über die es ja eine populäre Literatur gab. Die Krone wird aber der ganzen Sache dadurch aufgesetzt, daß nach de la Noës eigenen Ermittlungen auch für die von ihm angenommene Breite das Verhältnis nur für den oberen Teil, der durch die Äquinoktiallinie abgeschnitten wird, leidlich stimmt, für den unteren die Linie der längsten Nacht um nicht weniger als $1\frac{1}{4}$ Stunden zu lang ist.

Lassen wir diesen Versuch beiseite und halten uns an den Gegenstand selbst! Man erkennt auf den ersten Blick, daß wir es mit derjenigen Teilung der Ekliptik zu tun haben, welche bei stereographischer Projektion des Himmelsgewölbes entsteht. Das Verhältnis der sommerlichen zur winterlichen Jahreshälfte entspricht — wenigstens ungefähr¹⁾ — demjenigen, das wir

¹⁾ Die Projektion selbst ist alles andere eher als ein Meisterwerk, weit geringer als die auch nicht völlig korrekte der Salzburger Uhr. Der Winkel, den der Radius vom Pol der Ekliptik zum Äquinoktialpunkt mit dem Kolur der Gleichen, der eingerissenen Linie, an der AEQVINOCT steht, bildet, d. h. der Bogen zwischen dem Pol der Ekliptik und dem des Äquators, sollte 24° — nach dem üblichen antiken Ansatz — be-

auf der Salzburger Bronzescheibe beobachten (vgl. dort meine Abb. 20, S. 44); und die Löcher am Rande, hier wie dort für je zwei Tage eins¹⁾, zeigen, daß es sich um die gleiche Sache handelt, also um eine astronomische Uhr²⁾. Aber nicht minder groß als die Ähnlichkeiten sind die Verschiedenheiten. Zunächst ist unser neues Objekt sehr viel kleiner. Der Radius des Ekliptik-Kreises der Salzburger Scheibe beträgt 406 mm, derjenige der Scheibe von Grand 163 mm³⁾. Für die Höhe des

tragen (vgl. E. Reusch, Die stereographische Projektion, Leipzig 1881, Fig. 5 und S. 5 f.). In Wirklichkeit beträgt er 17°; der Äquinoktialkolor ist also dem Zentrum der Scheibe viel zu nahe gerückt. Er sollte um nicht weniger als 5 Tagmarken dem Solstitialpunkt näher sein. Von hier aus ist dann die Konstruktion der Monatsgrenzen ziemlich korrekt ausgeführt. Nur die Marke VIII K AVG sitzt — um 2 Tagmarken — dem Solstitialpunkt zu fern. Beide Fehler fließen übrigens aus einer Quelle, zunächst dem Bestreben, für die Sommerhälfte des Jahres einen möglichst großen Bogen zu gewinnen, da sonst die erforderlichen Löcher kaum anzubringen waren, dann, bei der Marke VIII K AVG, insbesondere dem Bestreben, Raum zu gewinnen für die Tagmarken von Juni und Juli, weil da die Raumnot am größten war. Wenn das Drahtnetz der Stunden entsprechend, d. h. ebenso fehlerhaft, mit dem hier gegebenen Äquinoktialkolor als Radius des Äquators, konstruiert war, verschwand der Fehler für die Tage der Gleichen völlig; aber auch für die übrigen Tage scheint er ziemlich unbedeutend zu werden. Die Ausmessungen der Platte sind eben eigentlich für eine Einrichtung, bei der für je zwei Tage ein Loch gilt, schon zu klein. Ein Ausweg wäre gewesen, für je drei Tage ein Loch anzubringen.

¹⁾ Nach dem Kalenderschema, das zugrunde gelegt ist, fallen die vier Jahrpunkte je auf a. d. VIII. Kal., also 24. Juni, 24. September, 25. Dezember, 25. März. Die Jahresviertel haben also 92, 92, 90, 91 Tage. In den beiden erhaltenen Vierteln scheinen je 46 Löcher angebracht gewesen zu sein, auf der völlig verlorenen Hälfte braucht man nicht mehr als 90 oder 91 Löcher anzunehmen, also 182 oder 183 auf der ganzen Scheibe.

²⁾ Diese Deutung von horologium anaphoricum verdanke ich Boll (s. Österr. Jahresh. 1903, S. 46, A. 13). Jahre später fand ich erst, daß der treffliche Bilfinger in einem Nachtrag zu seiner Abhandlung über „die Zeitmesser der antiken Völker (Stuttgart 1886)“, den er im Programm des Eberhard-Ludwig-Gymnasiums, Stuttgart 1891, S. 79 f. versteckt hat, die nämliche Deutung und Übersetzung vorgeschlagen hat.

³⁾ Froehner gibt an „hauteur du fragment 175 mm, longueur 325 mm“

ganzen Instruments glaube ich höchstens den fünffachen Betrag dieses Radius in Anspruch nehmen zu müssen; wir kommen so das einmal auf eine Uhr von 2 m Höhe, wohl zu öffentlicher Aufstellung bestimmt, das anderemal auf eine von 80 cm, also Tischhöhe, in einem Zimmer mittlerer Größe noch kein erdrückend wirkendes Stück.

Viel tiefer greifen die anderen Unterschiede. Die Salzburger Scheibe zeigt, astrothetisch leidlich genau freilich nur für den Zodiakus, dem Beschauer ein Bild des Sternhimmels, genau der Beschreibung Vitruvs (IX 8, 8) entsprechend: *tympanum, in quo descriptus et depictus est mundus signiferque circulus*; die kalendarischen Angaben, schüchtern auf die nur dem Bedienungspersonal zugängliche Rückseite verbannt, beschränken sich auf die unter die Namen der Tierkreiszeichen gesetzten Monatsnamen; aber nicht einmal die Monatsgrenzen sind kenntlich gemacht. Die Scheibe von Grand hat in ihrer äußeren Erscheinung jede Beziehung zu den astronomischen Grundlagen abgestreift. Die kalendarischen Angaben sind, sehr vervollständigt, auf die Schauseite versetzt, weder Bild noch Wort geben eine Beziehung auf den Sternhimmel¹⁾. Nur wer von vornherein weiß, daß die Konstruktion auf solchen Voraussetzungen beruht, empfindet hier noch den Zusammenhang; der Benützer brauchte ihn nicht einmal zu ahnen. Ja, ich bin in meiner Rekonstruktion (Abb. 2, S. 11) vielleicht noch zu konservativ gewesen, indem ich in dem Drahtnetz die Monatskreise hinzufügte. Für den Benützer sind sie hier unwesentlich (während sie bei der Salzburger Uhr die Auffindung der bulla, der im Verhältnis zum Ganzen verschwindend kleinen und in steter Bewegung begriffenen Tagesmarke, erleichtern). Der notwendige Bestand ist also hier der denkbar einfachste: eine Scheibe, welche von der bulla im Laufe eines Jahres umwandelt wird, und Stunden-

— Angabe der Dicke fehlt leider. Die Angabe zeigt, daß der Stich bei Froehner genau im Maßstabe des Originals ausgeführt ist. Der ursprüngliche Radius ist darnach auf den Millimeter genau zu ermitteln.

¹⁾ Ich setze dabei voraus, daß auch die Rückseite, von der keine Beschreibung ein Wort sagt, nichts dergleichen enthielt.

linien, welche das Ablesen der Tageszeit ermöglichen. Es ist das Ergebnis einer merkwürdigen aber doch konsequenten Entwicklung: ein auf astronomischer Grundlage ersonnenes Zeitmeßinstrument wird, indem es sich seinem Hauptzweck immer vollkommener anpaßt, immer unabhängiger von seinen ursprünglichen Voraussetzungen. Das ist eine Entwicklung in echt technischem Geiste.

Die Uhr ist damit in vielfacher Hinsicht für den Gebrauch bequemer geworden. Augenfällig ist, daß man die bulla wesentlich leichter findet, da ja Monatsdata in hinreichender Zahl beigeschrieben sind. Noch weit bequemer wurde aber die Sache dadurch, daß sich die Kalenderscheibe nicht drehte, wie bei der Salzburger und der vitruvischen Uhr, der bewegte Teil vielmehr das Stundennetz war. Damit sind wir bei dem wesentlichsten Unterschied gegenüber allem bisher Bekannten angelangt, freilich einem Unterschied, der erst bewiesen werden muß. Von der Salzburger Scheibe war mit höchster Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß sie, wie meine Abb. 20 a. a. O. zeigt, über die Ekliptik hinausgriff, den ganzen Sternhimmel vom Nordpol bis zum Wendekreis des Steinbocks darstellte. Nur so ist ja eine derartige Scheibe um den Pol des Äquators drehbar, wie wir es fordern müssen, wenn sie sich hinter dem Drahtnetz der Stunden (Abb. 21 a. a. O.) gleichmäßig herumbewegen soll. Auch aus Vitruvs Beschreibung ist trotz der Fragwürdigkeit der Überlieferung herauszulesen, daß der Ekliptikkreis exzentrisch eingezeichnet war¹⁾. Bei einer Scheibe, die die Ekliptik zur Begrenzung hat, schließen die Schwerpunktsverhältnisse eine gleichmäßige Bewegung aus, von der Häßlichkeit des Anblicks zu schweigen. Daß aber die Ekliptik die Begrenzung der Scheibe von Grand ist, ist augenfällig. Der äußere Rand, gerade weit genug von den Löchern der Sonnenbahn entfernt, um diese bequem anbringen zu lassen, ist größtenteils gut erhalten. Er ist leicht aufgebogen, wie ich vermuten möchte, um den Einblick in den Mechanismus zu verwehren, und dann

¹⁾ Vgl. jetzt auch die Paraphrase von Diels, Ant. Technik², S. 215.

wieder rückwärts umgeschlagen, wie auch wir es bei Blechscheiben gerne machen, um sie vor Verbiegung zu schützen; offenbar ist die Scheibe aus ganz dünnem Bronzeblech (die Salzburger Scheibe dagegen ist immerhin 3 mm dick). Da gibt es also keine Fortsetzung nach außen. Es gibt aber auch, wie schon oben S. 4 f. bemerkt, kein Loch im Pol des Äquators, dem Schnittpunkt des Äquinoktial- und Solstitialkolurs, wo die Achse sitzen müßte. Im Zentrum des Kreises, dem Pol der Ekliptik, könnte ein Loch gewesen sein; die Stelle ist ausgebrochen. Das kommt aber für die Umdrehung nicht in Betracht. Es bleibt also wirklich nur übrig, anzunehmen, daß die Scheibe unbeweglich war.

Nur nebenbei möchte ich dafür noch die Anordnung der Schrift ins Feld führen. Sie geht links und rechts von oben nach unten¹⁾; auf dem zufällig erhaltenen rechten Teil nimmt

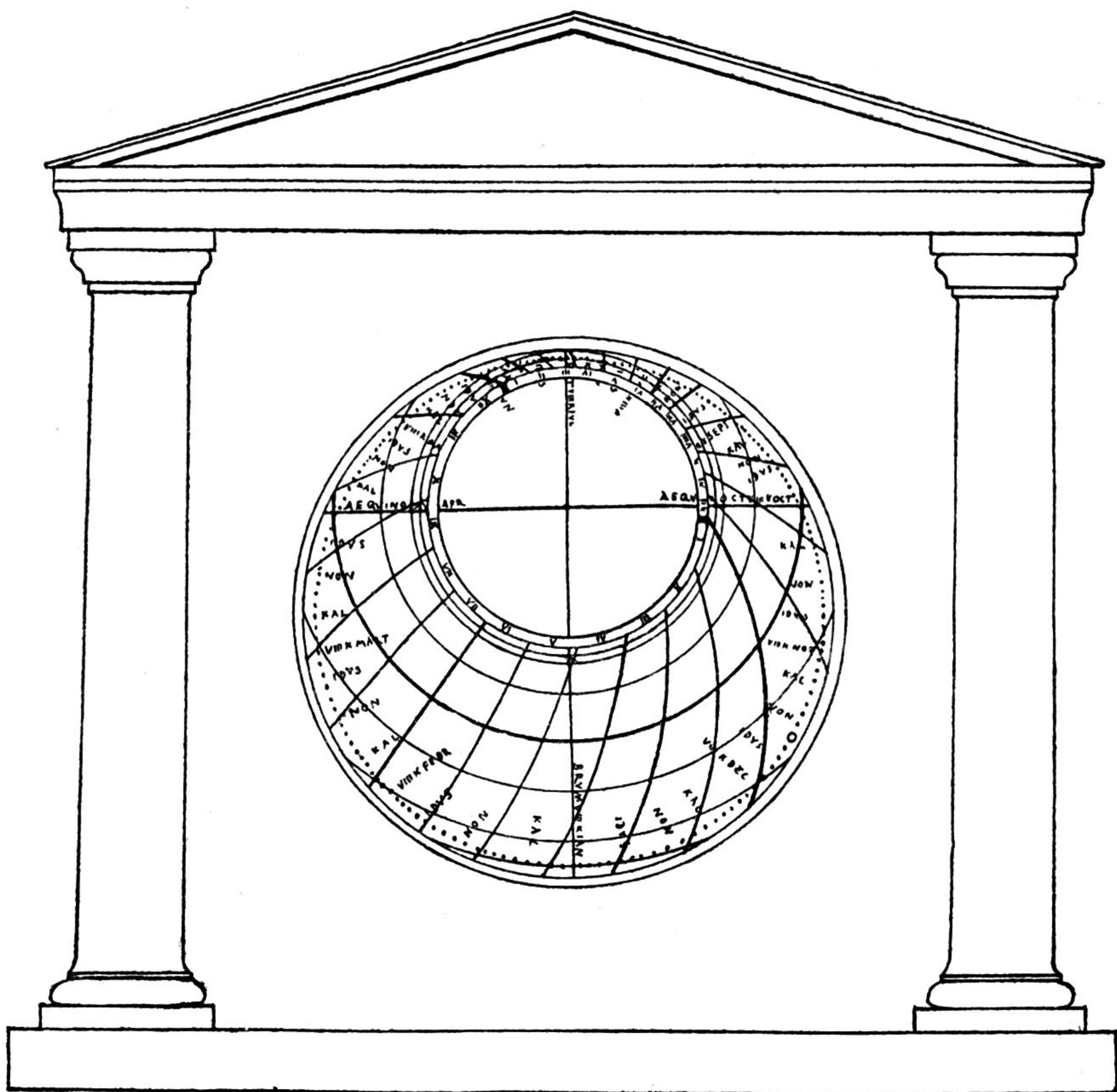
¹⁾ Am Solstitialkolur ist (mit Schriftrichtung von oben nach unten) erhalten IVL, was in der Wiedergabe im CIL übersehen ist. Der Raum gestattet höchstens zu ergänzen [SOLST VIII K] IVL. Entsprechend, und gleichfalls von oben nach unten laufend, stand am andern Ende des Kolurs wohl BRVMA (oder BRVM) VIII K IAN. Eben das Bestreben, die Inschriften an den Koluren gleich laufen zu lassen, hat vermutlich dazu geführt, daß die Schriftrichtung der linken Seite oben noch etwas auf die rechte Seite übergreift; unten mögen umgekehrt ein paar Daten in der Schriftrichtung der rechten auf die linke Seite übergreifen. Vielleicht hätte ich auf Abb. 2 auch noch das Wort IDVS im Januar so stellen sollen. Schlüsse auf das Verhältnis der Jahrpunkte zu den Zodiakalzeichen, wie sie Mommsen im Corpus zieht, möchte ich nicht wagen. Das Kalendersystem ist das julianische in der einfachsten Form, wie wir es bei Plin. N. H. XVIII 212 ss. (bequem bei Wachsmuth, Cal. Graeca, S. 322 ff. im Anhang seines Lydus De Ost.) finden, wo auch alle Jahrpunkte auf a. d. VIII. K. gesetzt sind (zur Sache vgl. Mommsen, Röm. Chronol.², S. 64 A. 87, Ginzler, Handb. d. math. u. techn. Chronol. II S. 282). Ob der Kalendermacher diese Daten gleich dem 1. Grad des Zeichens oder etwa gleich dem 8. setzte, verrät uns die Scheibe nicht. Und wenn man mit Mommsen aus dem Übergreifen der Schriftrichtung von der linken Seite auf die rechte Schlüsse ziehen wollte, so käme man doch nicht auf die von ihm herausgelesene Gleichsetzung von Juli 20 mit Löwe 1, sondern, wenn Juni 24 = Krebs 8 verstanden werden soll, so wird Juli 18 = Löwe 1 (das Zeichen des Krebses 31 tägig angesetzt).

sich das sehr natürlich aus, auf dem linken (rekonstruiert Abb. 2) wirkt die Anordnung nicht so, da die bulla die Daten von unten nach oben durchläuft und sie also auch in dieser Abfolge gelesen sein wollen. Die Anordnung hat indes — darüber ist kein Wort zu verlieren — bei einer unbewegten Scheibe ihren guten Sinn; so liest man eben leichter. Sollte sich die Scheibe drehen, so wäre das Ergebnis, daß die Inschriften ebenso lange sämtlich auf dem Kopf wie aufrecht stünden!

War aber das Tympanon unbeweglich, so muß sich das Drahtnetz der virgulae gedreht haben¹⁾. Auf dieser Voraussetzung baut sich also meine Rekonstruktion auf. Daß das Netz sich auf einer Achse im Zentrum gedreht haben sollte, die durch die Scheibe ging, ist nach dem S. 9 Gesagten ausgeschlossen. Nicht ganz ausgeschlossen ist, daß es in seiner Mitte eine selbständige Stütze hatte, die etwa in zwei Streben nach dem untern Rande des Ausschnittes in der Vorderwand lief. Die Löcher stehen da so weit, daß zur Not Raum genug für die Streben zwischen zwei Löchern blieb. Aber der Versuch zeichnerischer Rekonstruktion ist so häßlich ausgefallen, daß ich davon absehe. Nötig hat man dergleichen auch nicht.

Der Kalendermacher hätte eben das Solstitium auf Juni 26 setzen müssen, wenn er die Zeichengrenzen so verstehen wollte wie Mommsen. Die Zeichnung der Vorderseite der Salzburger Uhr und die Inschriften der Rückseite, die einfach Zeichen und Monat übereinander stellen und offenbar stets hinter dem Jahrpunkt, sprechen viel eher dafür, daß die Jahrpunkte auch auf der Uhr von Grand auf den 1. Grad der Zeichen gesetzt sind, wovon es ja auch in römischer Überlieferung Spuren gibt (vgl. Mommsen, Röm. Chronol. S. 303). Aber, wie gesagt, daß uns diese Tympana Lichter über das römische Kalendersystem aufstecken, glaube ich überhaupt nicht. — Endlich: wenn man die müßige Frage aufwerfen wollte, warum das Solstitium und nicht die Bruma, die doch dem Jahresanfang zunächst liegt, oben angebracht ist, so ist eine mögliche Antwort, daß diese Anordnung ästhetisch besser wirkt, als wenn der Äquinoxtialkolor im untern Teil der Scheibe liegt.

¹⁾ Daß ein solches Drahtnetz ein sehr geringes Gewicht hat, ist vom Standpunkt des Uhrmachers aus sicherlich auch ein Vorteil. Das Salzburger Fragment, höchstens ein Sechstel des ganzen Tympanum, ist 4½ kg schwer (a. a. O., S. 33)!



Das Netz konnte sich auch drehen, wenn es in einem ringsum liegenden Falz oder, wie ich in der Abb. 3 es zeichne, in einigen einen solchen ersetzenden Falzstücken lief. So sind z. B. die Ringe des ptolemäischen Astrolabs und Meridianinstrumentes drehbar (Procl. Hypotyp. 3, 18 p. 48, 11 Man.), so auch die Scheiben islamischer Kunstuhren (Wiedemann-Hauser, Die Uhren im Bereiche des Islam, Abh. d. Kais. Leopold. Akad. 100, Halle 1915, Abb. 41, S. 89, Abb. 43, S. 91: dort die „Vor-
sprünge“ V_{1.2.3.4}), die ja ganz von antiker Technik abhängen.

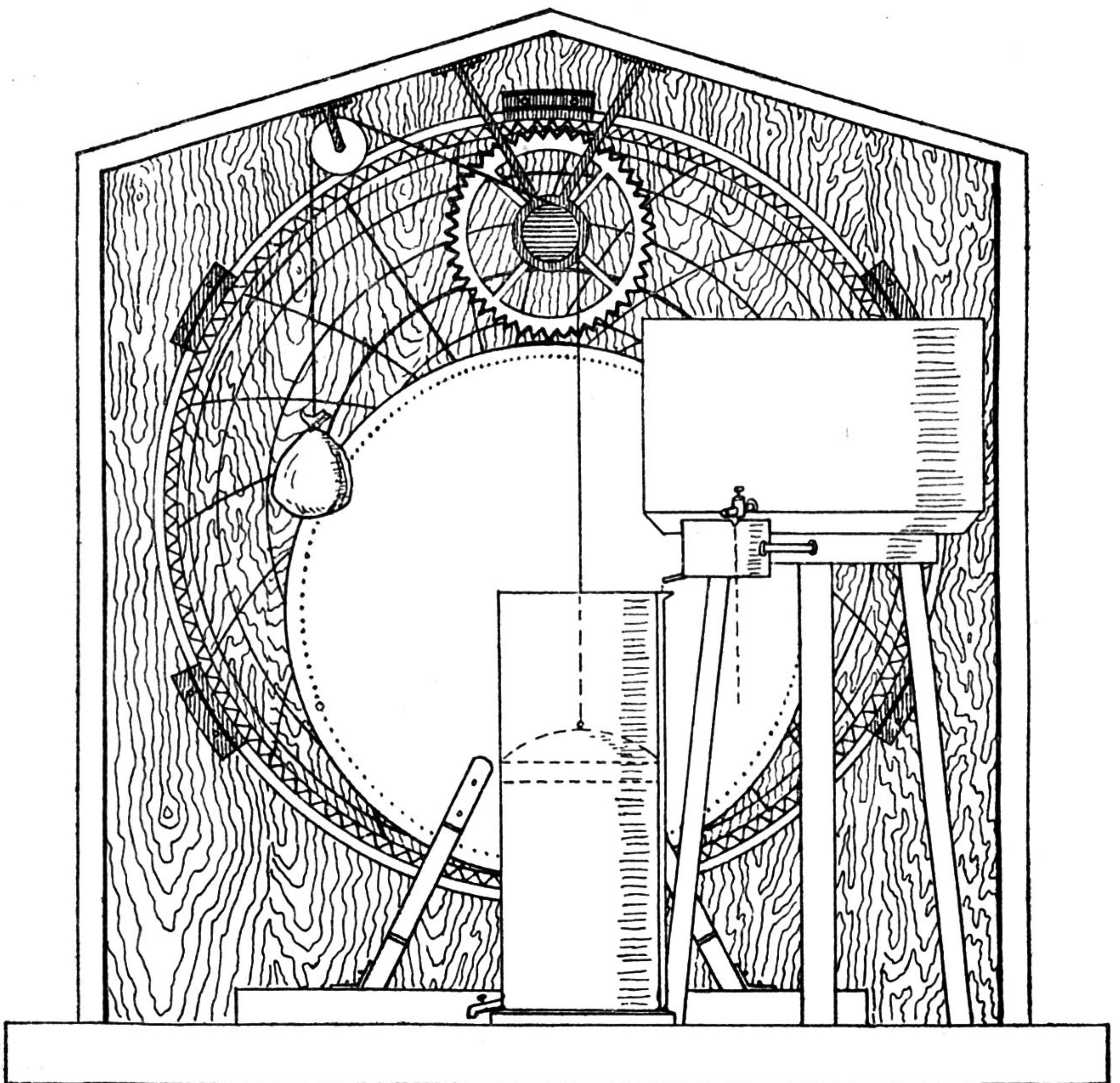


Abb. 3.

Die Bewegung muß dem Drahtnetz über das Tympanum weg vermittelt worden sein. Man kommt so auf einen Zahnradantrieb, wie ich ihn Abb. 3 zeichne. Es lassen sich noch andere Formen des Zahnradantriebs denken: welche die zweckmäßigste wäre, müßte ein praktischer Versuch zeigen. Das Triebrad kann jedenfalls groß genug gemacht werden, um mit vier Umdrehungen eine Umdrehung des Drahtnetzes zu bewirken.

Senkrecht unter dem Triebrad befindet sich das Tympanum, so nahe als angängig an das Drahtnetz herangeschoben, damit

leidlich genaue Ablesung möglich ist, auch damit der Einblick ins Innere des Apparates verwehrt ist. Von vorn (Abb. 2) sieht man also zwar das Tympanum ganz, vom Drahtnetz aber nur den jeweils mit ihm sich deckenden Teil. Unvermeidlich scheint mir die Annahme, daß am Drahtnetz behufs leichter Ablesung die Stundenziffern angegeben waren; Zeugnisse für dieses Verfahren aus antiker Zeit fehlen allerdings. Das Tympanum denke ich mir auf einer Unterlage so angebracht, daß es zurückgeschoben, vielleicht auch (seitlich) ganz herausgezogen werden konnte; das mußte zur Versetzung der bulla jeden zweiten Tag geschehen. Da nahe unter dem untersten Punkte des Tympanum ein Falzstück sitzen muß, kam ich, um den Träger nicht weit ausbauchen zu müssen, auf zwei schräge Stützen, die an der Scheibe angenietet oder angelötet waren. Erst als die Zeichnung ausgeführt war, stellte sich heraus, daß so der schräge Bruch des unteren Teils der Scheibe seine sehr natürliche Erklärung findet¹⁾.

Das Triebrad sitzt am Ende einer horizontalen Welle, welche in ihrem vordern Teile an der Decke aufgehängt ist²⁾; das andere Ende mag man sich in die Rückwand eingelassen denken, wenn diese nicht etwa der Vorderseite völlig gleich gestaltet war, so daß die Uhr sozusagen ein „Zifferblatt“ auf beiden Seiten trug. Ob die weiteren, für den Antrieb in Betracht kommenden Teile der Maschinerie in ihren Größenverhältnissen annähernd richtig getroffen sind, der Durchmesser der Welle, um welche die durch den Sandsack bewegte Schnur läuft (in Abb. 3 horizontal schraffiert), die Höhe des Wassergefäßes, in welchem der Schwimmer sich befindet, — das müßte

¹⁾ Es wird nach dem Gesagten kaum noch nötig sein, den Schnitt durch das untere Ende von Tympanum, Drahtnetz und Vorderwand zu erklären (Abb. 4, S. 14): *a* die Vorderwand, *b* das Falzstück, *c* der Ring des Drahtnetzes, daran *d*, ein Zahn, ausgeschnitten, *e* das Drahtnetz (mit Monatskreisen, die als Punkte erscheinen), *f* das Tympanum mit dem Loch *g*; *h* (nicht geschnitten, sondern hinter der Schnittebene liegend) die linke schräge Stütze des Tympanum.

²⁾ Die Träger sind in Abb. 3 wie alle am Gehäuse befestigten Teile senkrecht schraffiert.

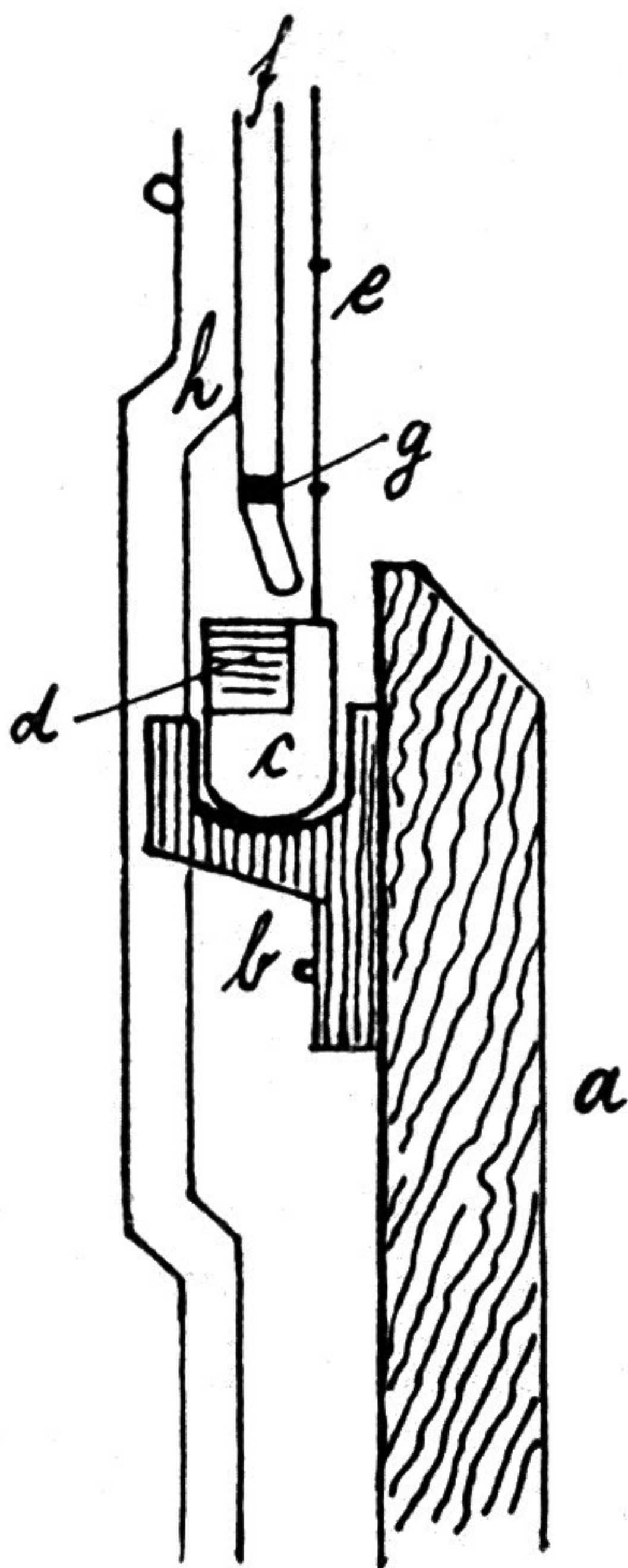


Abb. 4 (s. S. 13, A. 1).

alles noch ausprobt werden. Nach freilich dilettantischen Versuchen mit einzelnen Stücken¹⁾ habe ich keinen Anlaß, zu bezweifeln, daß sich alles in einem Gehäuse von etwa 75 cm Höhe, 65 cm Breite, 35 cm Tiefe unterbringen läßt; bei wenig größerer Tiefe könnte die Uhr sogar, wie oben angedeutet, zweiseitig gewesen sein. Diese Maße kommen der Wasseruhr im Theater von Priene nahe, die Wolters auf dem Sockel mit den wunderlichen Einarbeitungen an der westlichen Parodos vermutet (Wiegand-Schrader, Priene, S. 240, Abb. 235); die Oberfläche dieses Postamentes mißt 78×43 cm (s. darüber Weiteres unten S. 25 ff.).

II.

Das Triebwerk selbst, das ich in Abb. 3 ergänze, empfängt natürlich aus dem Funde von Grand kein neues Licht. Wenn ich darauf eingehe, so geschieht es, weil ich hoffe, bezüglich dieses Teils des Instrumentes etwas Besseres an die Stelle der

¹⁾ Ich habe mit einem kleinen zylindrischen Blechgefäß von knapp $\frac{1}{7}$ l Inhalt experimentiert (Durchm. 25 mm, Höhe bis zum Ausfluß nicht ganz 75 mm); es hatte die Funktion des kleinsten (mittleren) Gefäßes in Abb. 3, das ich weiterhin „Geber“ nenne. Bei einem Loch im Boden von Stecknadelweite tropften bei stets gleich bleibender Füllung (worüber unten) 9 l in 12 Stunden ab; der Rezipient, wie ich ihn gezeichnet habe, faßt etwa $9\frac{1}{2}$ l, er würde sich also zweimal im Tag füllen. Als ich dem Loch nur eben die Größe einer Stecknadelspitze, noch nicht 0,1 mm, gab, tropfte 1 l in 5 Stunden ab, so daß bei solcher Beschaffenheit des Gebers ein Rezipient, der 5 l faßt, für den Tag von 24 Stunden reichlich genügen würde. — Schwimmer und Sandsack zusammen brauchen nicht mehr als 150 g zu wiegen, um eine Welle von $\frac{1}{2}$ kg Gewicht völlig gleichmäßig zu bewegen.

kümmertlichen Behandlung in den „Jahresheften“ und im Artikel „Horologium“ bei P.-Wiss. setzen zu können, und zwar dank des Wiedemann-Hauser'schen Werkes über die Uhren im Gebiete des Islam (s. o. S. 11; dazu Bd. 103 (1918) von denselben „Uhr des Archimedes und zwei andere Vorrichtungen“; ich zitiere „Wiedemann 100“ und „Wiedemann 103“). Daß hier größtenteils antike Tradition vorliegt, konnte keinem Sachkundigen entgehen. Die Herausgeber machen selbst darauf aufmerksam; das entscheidende Verdienst um die Ausnützung dieser Quelle hat sich aber H. Diels erworben, zuerst in der Abhandlung „Über die von Prokop beschriebene Kunstuhr von Gaza“ (Abh. Akad. Berlin 1917, Phil.-hist. Kl., Nr. 7), dann neuestens durch gelegentliche Beiziehung von Wiedemann-Hauser in dem Kapitel über die Uhren, das er der 2. Auflage seiner „Antiken Technik“ (1920) neu eingefügt hat. Was ich im folgenden darüber vorbringe, stand mir im wesentlichen inhaltlich fest, ehe die „Antike Technik²“ in meine Hände kam. Da ich nicht in allen Einzelheiten mit Diels einig gehe, so hoffe ich, daß man die Mitteilung meiner Überlegungen nicht völlig unberechtigt findet.

Ein augenfälliger und schwerwiegender Unterschied besteht zwischen den allermeisten¹), namentlich allen großen islamischen Triebwerken und sämtlichen antiken, wie wir sie aus Vitruv kennen lernen. Bei Vitruv IX 8, 5 ist der grundlegende Satz: ... *influens aqua sublevat scaphium inversum, quod ab artificibus phellos sive tympanum dicitur*. Also der Schwimmer steigt und hebt so entweder eine Stange mit Zeiger oder dreht ein Zahnrad oder — dies der Fall, der uns angeht, — entlastet eine um eine Welle geschlungene Kette oder Schnur, so daß ein am andern Ende der Schnur hängendes Gewicht die Welle dreht. Bei den großen islamischen Uhrwerken dagegen sinkt der Schwimmer und bewirkt durch seine Schwere die Drehung (Wiedemann 100, Abb. 38, 56, 60, 70, 77, 131, 132; Wiedemann 103, Abb. S. 167); das Gewicht auf der

¹) Eine Ausnahme die Alternative Wiedemann 100, S. 24, 1 (mit Abb. 3, S. 25).

anderen Seite der Schnur hat allein den Zweck, die Schnur gespannt zu halten. Das Gefäß mit dem Schwimmer muß also bei den islamischen Uhren gefüllt sein, wenn die Uhr in Gang gesetzt wird, und die technische Aufgabe ist, die Entleerung gleichmäßig zu gestalten. Es ist selbstverständlich, daß nach dieser Methode unsere Uhr eben so gut betrieben werden kann wie nach der vitruvischen; wir haben aber keine Gewähr dafür, daß die Methode antik ist: bei aller Abhängigkeit der islamischen Konstrukteure von antiken Quellen wäre es ein Fehler, ihre Selbständigkeit zu unterschätzen¹⁾.

Um nun zu ermitteln, was wir gleichwohl aus den so beneidenswert genauen Beschreibungen des Gazarî (schreibend 1206 n. Chr.) und Ridwân (1203 n. Chr.) in die antiken Uhrwerke herüber nehmen dürfen, empfiehlt es sich, Klarheit darüber zu schaffen, welche Eigentümlichkeiten der islamischen Triebwerke sich aus der Umkehrung der Bewegungsrichtung des Schwimmers ergeben. Erst was übrig bleibt, wenn wir von ihnen absehen, hat Anspruch darauf, für die Wiederherstellung der antiken Werke verwendet zu werden.

Die islamischen Triebwerke der beschriebenen Art haben als notwendige Bestandteile drei Wasserbehältnisse²⁾: erstens den schlanken Zylinder, in dem sich der Schwimmer befindet, zweitens ein kleineres Gefäß, das Rub', in welches aus dem großen Zylinder Wasser ganz gleichmäßig abfließen soll und welches seinerseits stets die gleiche Wasserhöhe haben muß, damit das Wasser, das aus ihm durch eine stets offene Röhrenverbindung in das dritte Behältnis und von da ins Freie tritt, unter konstantem Drucke steht. Daß dieses dritte Behältnis, der Dastûr, überhaupt als ein selbständiger Teil ausgestaltet

¹⁾ So macht, was Gazarî bei Wiedemann 100, S. 70 ff. über seine Verbesserung der Ausflußregulierung erzählt, durchaus den Eindruck der Glaubwürdigkeit. Und es handelt sich um einen recht bedeutenden Fortschritt.

²⁾ Ridwân schaltet noch ein viertes Gefäß ein (davon unten S. 18, A. 1). Da er es (Wiedemann 100, S. 181) für eine Erfindung seines Vaters erklärt, kann es als Singularität hier bei Seite gelassen werden.

ist, erklärt sich rein aus Zweckmäßigkeitsgründen; es enthält die Vorrichtung, vermöge welcher der Wasserausfluß, dessen Tempo ja für das Sinken des Schwimmers maßgebend ist, nach den Jahreszeiten der wechselnden Stundenlänge angepaßt werden kann. Wir kannten das Prinzip aus Vitruv IX 8, 10 ss., aber daß der Mechanismus an einem besonderen Gefäß angebracht sei, war aus Vitruv nicht zu erschließen. Der Dastûr geht uns hier nicht weiter an; denn es ist längst erkannt, daß ihn Vitruv mit den astronomischen Uhren zu Unrecht verbindet: sie machen ja die wechselnde Stundenlänge am Zeigerwerk kenntlich, brauchen also gerade einen das ganze Jahr hindurch konstanten Wasserabfluß, bzw., da die Bewegung des Schwimmers umgekehrt ist, Wasserzufluß. Die — überall, bei Vitruv wie bei den Arabern — mit besonderer Sorgfalt behandelte, in Edelstein oder Gold angebrachte Ausflußöffnung ist bei unserer Uhr unmittelbar an dem Teile des Apparates angebracht zu denken, der dem Rub', dem zweiten Gefäß, entspricht. Es ist der Behälter, den ich oben S. 14, A. 1 „Geber“ genannt habe und weiter so bezeichnen will. Hat man einen Geber auch bei der antiken Uhr anzunehmen und, wenn ja, hat man ihn sich ebenso ausgestattet zu denken wie bei Gazari und Ridwân? Für seine Funktion ist, wie erwähnt, wesentlich, daß er stets die gleiche Wasserhöhe und damit den gleichen Wasserdruck bewahrt. Dies erreicht man dadurch, daß aus dem Gefäß mit dem Schwimmer eine Röhre bis dicht über das Rub' geführt ist, aus der Wasser zuläuft, die aber automatisch verschlossen wird, wenn die Normalhöhe im Rub' erreicht ist. Gazari zeichnet (Wiedemann 100, Abb. 38) einen Hahn an der Röhre¹⁾; dieser hat aber keine Funktion, so lange die Uhr in Gang ist, vielmehr verschließt er nur das Gefäß mit dem Schwimmer, bis die Uhr in Gang gesetzt ist. Der selbsttätige Verschuß geschieht vermittelt eines zweiten, im Rub' angebrachten Schwimmers ('Awwâm), der auf seiner Oberfläche einen konischen Auf-

¹⁾ Ridwân wendet eine andere, etwas primitiv anmutende Art des Verschlusses an (Wiedemann 100, Abb. 98, S. 191).

satz trägt, welcher genau in die das Wasser zuführende Röhre eingeschliffen ist, so daß ihn der Schwimmer, je höher er steigt, desto fester in die Röhre hineinpreßt, bis sie schließlich völlig versperrt ist (zahlreiche Abbildungen dieses Schwimmers bei Wiedemann 100, z. B. Abb. 22, 98; 103, Abb. 1, 1 a [1 b], s. auch die Abb. bei Diels, Technik² S. 206).

Die Frage ist nun, ob wir dieses System des selbsttätigen Verschlusses schon den antiken Uhren zuschreiben dürfen, wie Diels tut. Da scheint mir doch sehr beachtenswert, daß noch Gazari eine andere, gewiß ursprünglichere Methode kennt, durch die man den Geber stets gefüllt hält, und zwar eine Methode, die nur dann anwendbar war, wenn man die Kraftübertragung nicht mit dem Gefäße verband, aus dem das Wasser in den Geber floß, sondern mit demjenigen, in das es sich ergoß. Das ist aber eben das antike System! Bei Gazari (Wiedemann 100, S. 142 f., Fig. 75) ist es eine Uhr ohne Dastûr, ohne Anpassung an die wechselnde Stundenlänge. In den Geber fließt hier „stets so viel Wasser, als aus ihm durch das Mündungsstück austritt; ist es etwas mehr, so tritt der Überschuß aus der Öffnung in der Wand aus“ (also aus einer Öffnung nahe dem oberen Rand des Gebers). Diese Anordnung setzt voraus, daß entweder fließendes Wasser zur Verfügung steht oder oberhalb des Gebers noch ein Behälter (nennen wir ihn das Wasserkastell) vorhanden ist. Da der Anschluß an fließendes Wasser nur als Ausnahme gelten kann, wird man für die große Mehrzahl der Fälle auch bei diesem Typus drei Gefäße anzunehmen haben: „Wasserkastell“, Geber und Rezipienten. Diesmal sind natürlich die Vorrichtungen, welche das Werk selbst in Bewegung setzen, mit dem Rezipienten verbunden¹).

¹) Nicht völlig klar ist mir, was eigentlich den Anstoß zu dem Systemwechsel gab. Denken ließe sich, daß dabei das Bestreben maßgebend war, Wasser zu sparen. Sowohl in Priene wie im Turm der Winde zu Athen ließ man das Wasser offenbar weglaufen (s. u. S. 25 ff.); auch Riḍwân sammelt das abfließende Wasser nicht, um es wieder zu verwenden. Dagegen sorgt dafür Gazari (Wiedemann 100, S. 75), und auch die „Uhr des Archimedes“ (Wiedemann 103, S. 166) ist dafür ein-

Das wesentliche Ergebnis dieses Überblickes ist für mich, daß zwischen dem Wasserkastell und dem Rezipienten, bzw. Dastûr, stets ein „Geber“ eingeschaltet ist, der einen konstanten Wasserspiegel bewahrt. Ihn nehme ich auch für die antiken Triebwerke in Anspruch, obwohl er bei Vitruv nicht ausdrücklich erwähnt ist. Das Erfordernis gleichmäßigen Wasserdrucks ergibt sich durch die Erfahrung so unmittelbar, daß ihm die Alten von Anfang an Rechnung getragen haben müssen. Choisy in seiner Vitruvaustragung zeichnet denn auch stets einen Geber mit Überlauf. Und Diels hat m. E. vollkommen recht, wenn er (Ant. Technik² S. 206 Anm.) von „Andeutungen des Vitruv“ über Regulierung des Wasserzulaufs spricht¹⁾. In Betracht kommt der Anfang des Kapitels über die Wasseruhren (IX 8, 4—7). Ctesibius „primum constituit cavum ex auro perfectum aut ex gemma terebrata; . . . aequaliter per id cavum influens aqua sublevat scaphium inversum, quod ab artificibus phellos sive tympanum dicitur.“ Das Loch befindet sich am Geber, das Wasser tropft ein in den Rezipienten. In Abb. 3 habe ich das so gezeichnet, daß ich das Wasser nicht unmittelbar in das Gefäß mit dem Schwimmer fallen lasse: da klappert es, spritzt an die Wände, so daß es kein gleichmäßiges Steigen bewirkt, erschüttert wohl auch den Schwimmer, und zudem tritt ein Verlust durch Verdunstung ein. Ich lasse es daher in eine enge Röhre fallen, die an ihrem untern Ende

gerichtet. Auf die Wasserarmut des Orients weist auch Diels, Technik² S. 205 hin. Bei dem antiken System läuft viel Wasser ungenützt weg: das islamische ist also ganz zweifellos sparsamer. Dagegen scheint es mir stärkeren Fehlern ausgesetzt zu sein. Es kam eben doch vor, daß das Rub' überlief; dann floß aber aus dem Hauptbehälter diese Wassermenge über das regulierte Maß hinaus ab und der Schwimmer sank schneller, als er sollte, die Uhr „ging vor“. Diesen Fehler hat man in Kauf genommen, und wenn man ihn zu bekämpfen suchte (Ridwân bei Wiedemann 100, S. 181, 190 f.), so darf man zweifeln, ob die Abhilfe völlig gelang.

¹⁾ Bis zu diesem Punkte bin ich also vollkommen einer Meinung mit Diels, a. a. O. Wenn er aber die Wasserhaltung im Geber an den antiken Uhren genau wie an den islamischen reguliert denkt, kann ich mich nicht überzeugt bekennen. Das Nähere s. o. im Text.

mit dem Rezipienten in Verbindung steht¹⁾. Es ist ausgeprobt, übrigens auch selbstverständlich, daß so das Wasser im Rezipienten und mit ihm der Schwimmer ganz lautlos, unerschüttert und unmerklich in die Höhe steigt. In § 6 fährt Vitruv, nachdem er von den Bewegungen, die der Schwimmer hervorruft, und zuletzt davon gesprochen hat, daß ein emporsteigender Zeiger auf einer Säule „horas significat in diem totum“, so fort: „quarum brevitates aut crescentias cuneorum adiectus aut exemptus in singulis diebus et mensibus perficere cogit. praeclusiones aquarum ad temperandum ita sunt constitutae. metae fiunt duae, una solida, una cava, ex torno ita perfectae, ut alia in aliam inire convenireque possit et eādem regulā laxatio earum aut coartatio efficiat aut vehementem aut lenem in ea vasa aquae influentem (-is?) cursum . . . sin autem cuneorum adiectionibus et detractationibus correptiones dierum aut crescentiae [ex cuneis]²⁾ non probabuntur fieri, quod cunei saepissime vitia faciunt, sic erit explicandum.“ Weiter wird dann erörtert, daß die Kürzung und Längung der Tage zweckmäßiger durch schräge, in ihren Maßverhältnissen nach der Sonnenuhr bestimmte Aufzeichnung von Stundenlinien auf einer drehbaren Säule (Zylinder) dargestellt werden kann. Diese Sache ist ebenso klar und eindeutig (es genügt, auf Abb. 71 bei Diels, Ant. Technik² zu verweisen) wie das Vorangehende umstritten. Die Ausleger des Vitruv von Perrault bis Choisy, ja auch noch W. Schmidt in den Anmerkungen zu seinem Heron (I S. XXX f.) denken bei den cunei und den metae an ein und dieselbe Sache (anders M. C. P. Schmidt, Kulturhist. Beiträge II S. 106, der aber nichts Positives zum Verständnis beibringt). Und doch scheint mir schon der Wortlaut bei Vitruv diese Interpretation auszuschließen; die cunei erscheinen an beiden Stellen als eine Mehrzahl, bei den metae handelt es sich nur um ein Stück, das zur Not als Keil bezeichnet werden könnte, die solida meta;

¹⁾ Vgl. die „Uhr des Archimedes“ Wiedemann 103, S. 167, Vorrichtung s (die allerdings dem Eingießen, nicht Einträufeln dient).

²⁾ Hier sucht den Fehler Krohn. Rose tilgt oben cuneorum hinter autem und läßt dafür hier ex cuneis stehen.

denn das Mutterstück, in das die *solida meta* fester oder lockerer hineingepreßt ist, kann doch unmöglich *cuneus* genannt werden. In der Tat lassen sich die beiden Dinge vollkommen auseinander halten.

Uns gehen, sehe ich recht, bei unserer Aufgabe, das Triebwerk der astronomischen Uhr zu rekonstruieren, allein die *aquarum praecusiones* an. Daß Vitruv sie nicht gerade im Zusammenhang mit der astronomischen Uhr nennt, tut nichts zur Sache; denn gerade diese Teile müssen bei den Zeigeruhren von gleicher Art gewesen sein. Es bleibt immer die Frage: wie verhält sich der Verschluß mittels der *metae* zu dem *cavum ex auro perfectum* aut *ex gemma terebrata*? Es ist widersinnig, außer dieser feinen Abtropföffnung am Ausfluß des Gebers noch einen andern Verschluß anbringen zu wollen. Meines Wissens ist denn auch noch niemand auf den Gedanken gekommen, das *cavum* und die *metae* so zu kombinieren. Also muß es an dem Apparat noch eine andere Stelle gegeben haben, an welcher ein Wasserabfluß zu regulieren war. Das ist nach dem bisher Entwickelten auch der Fall: es handelt sich um die Stelle, wo das Wasser aus dem Wasserkastell in den Geber übertritt. Mithin ist die Stelle über die *praecusiones aquarum* ein Zeugnis dafür, daß auch die Beschreibung Vitruvs drei Wassergefäße voraussetzt. So faßt die Stelle ohne Zweifel auch Diels. Am *temperare* beim Austritt aus dem Wasserkastell liegt ja nun freilich nicht allzuviel, wenigstens insofern, als ein Überschuß eben über den Rand des Gebers oder aus einer am Geber nahe dem Rande angebrachten Öffnung, sei es Schnauze, Rinne oder Röhrchen, seitlich abfließt, natürlich so, daß nichts davon in den Rezipienten kommt; aber da im Wasserkastell, wenn seine Form nicht nach physikalischen Prinzipien auf konstanten Wasserdruck eingerichtet ist¹⁾, der Wasserdruck je nach dem Maße der Entleerung beträchtlich schwankt, so konnte dem Hersteller der Wasseruhr im Interesse der Wasserersparnis an einer Regelung des Ausflusses sehr

¹⁾ Vgl. darüber M. C. P. Schmidt, a. a. O., S. 41.

wohl liegen. Wenn man zu diesem Zweck etwas erfinden soll, so dürfte man kaum auf etwas anderes verfallen können als auf einen fein regulierbaren Hahn. Eben das werden die zwei *metae* Vitruvs gewesen sein. Das Altertum kennt eben sonst Hahnen (*epitonia* bei Vitruv und Heron, bei Heron auch *κλειδες* und *κλειδία*)¹⁾ offenbar nur vom Typus der gewöhnlichen Faßhahnen, bei denen das „Kücken“ durchbohrt ist und Verschluß und Öffnung durch eine Viertelsdrehung bewirkt wird (Feldhaus, *Technik der Vorzeit*, Berlin-Leipzig 1914, S. 499). Ein solcher Hahn gestattet keine feine Regulierung; wir brauchen also etwas Ähnliches wie unsere Ventilhahnen, den bei Wasserleitungen üblichen Typus. Das Wesentliche ist dabei, daß der Verschluß durch eine Schraube ganz allmählich gelockert wird. Diese Schraube stelle ich mir also unter der *regula* bei Vitruv vor. Auch an eine gezähnte Stange, die durch ein Zahnrad gehoben und gesenkt wird, ließe sich denken²⁾. Ob man sich diesen Verschluß senkrecht zur Abflußröhre oder horizontal in sie hineingesteckt vorstellt, ist Nebensache. Ganz gewiß aber scheint mir nach Vitruvs Worten, daß es sich nicht um selbsttätige Regulierung handelt; der Diener, welcher die Uhr beaufsichtigt, muß die Regulierung bewerkstelligen. Personal zur Bedienung der Uhr ist uns ja antik bezeugt (vgl. Diels, a. a. O. S. 208, A. 1). Bemerkt sei noch, daß aus der Wendung „in

¹⁾ *Ἐπιτόνιον* ist eigentlich das Kücken, der Zapfen im Hahn (wie auch sonst ein drehbarer Einsatzzapfen (Heron I, p. 250, 16; 254, 2)), *κλείς* der Name für den ganzen Hahn (beides unterschieden Heron I, p. 384, 21); Heron empfindet die Übertragung des Namens *ἐπιτόνιον* auf den Hahn als mißbräuchlich; p. 146, 18: *κλειδίον τὸ καλούμενον παρὰ τοῖς πολλοῖς ἐπιτόνιον*.

²⁾ *Regula*, das bei Vitruv sonst Lineal oder Leitschiene oder Kolbenstange bedeutet, führt auf eine Zahnstange, wenn man die Stelle in dem nämlichen Kapitel als Parallele nimmt, die ich, weil auf den Schwimmer bezüglich, übergangen habe (IX 8, 5). Ein verschiebbarer Zapfen heißt *regula* in der Beschreibung der Wasserorgel X 8, 3. 4. 6. Um einen Zapfen ähnlicher Art handelt sich's auch hier, und da es wenig verschlägt, ob ein solcher mit einem Gewinde versehen ist oder nicht, so möchte ich die Schraube doch nicht ausschließen.

ea vasa“ nichts zu schließen ist; Vitruv wählt sie, weil er vorher (§ 5) von verschiedenartigen Leistungen des Schwimmers geredet hat, also von einer Mehrheit von Rezipienten. Ob er selbst sich über die Unterscheidung von Wasserkastell und Geber klar war, ist höchst zweifelhaft. Wie an anderen Stellen über die Uhren hat man vielmehr den Eindruck, daß er aus schriftlichen Quellen mit geringem Verständnis kompiliert.

Ich nehme also „praeclusiones aquarum“ bei jeder Wasseruhr an wie bei jeder drei Wassergefäße. Anders steht es mit den cunei. Für die astronomischen Uhren kommen sie nicht in Betracht. Sie gehören nur einem bestimmten System an; sind sie doch ersetzbar durch den Zylinder mit schrägen Stundenlinien. Also sollten sie auch das Nämliche leisten wie dieser, d. h. sie gehören zu dem Typus, bei welchem der Schwimmer im Emporsteigen einen Zeiger aufrücken läßt, und dienen dazu, die Veränderung der Stundenlänge darzustellen. Die damit gemeinte Einrichtung ist eigentlich nur deshalb schwierig zu rekonstruieren, weil sich verschiedene Lösungen mit dem Wortlaut bei Vitruv vereinbaren lassen. Da Vitruv die Keile beide Male in Verbindung mit dem Zylinder (bzw. dem Pfeiler, parastatica) nennt, auf dem die Stunden aufgezeichnet sind, liegt es am nächsten, an eine Regelung zu denken, die eben mit dieser Stundentafel getroffen wird. Wenn z. B. die „Stunden“, und zwar die kürzesten, als gesonderte Plättchen, natürlich in einen Rahmen gefaßt, übereinander geschichtet waren, so läßt sich eine einfach zu handhabende Vorrichtung denken, durch welche zwischen je zwei solcher Scheibchen von der Seite je ein Keil eingeschoben wurde, der sie gleichmäßig hob und so allmählich die ganze Reihe zu der Höhe ausdehnte, welche der Dauer des längsten Tages entsprach (Abb. 5, S. 24)¹⁾. Es läßt sich

¹⁾ Die Abbildung gibt ein Modell wieder, das ich mir angefertigt habe. Behufs leichter Ablesung sind die Flächen der Stunden verschieden gefärbt. Der Apparat ist auf die Zeit nahe der Tag- und Nachtgleiche gestellt. Braucht man längere Tage, so schiebt man die Reihe der Keile (von rechts her) weiter hinein, werden sie kürzer, so schiebt man sie zurück, wobei man natürlich dafür sorgen muß, daß die Schich-

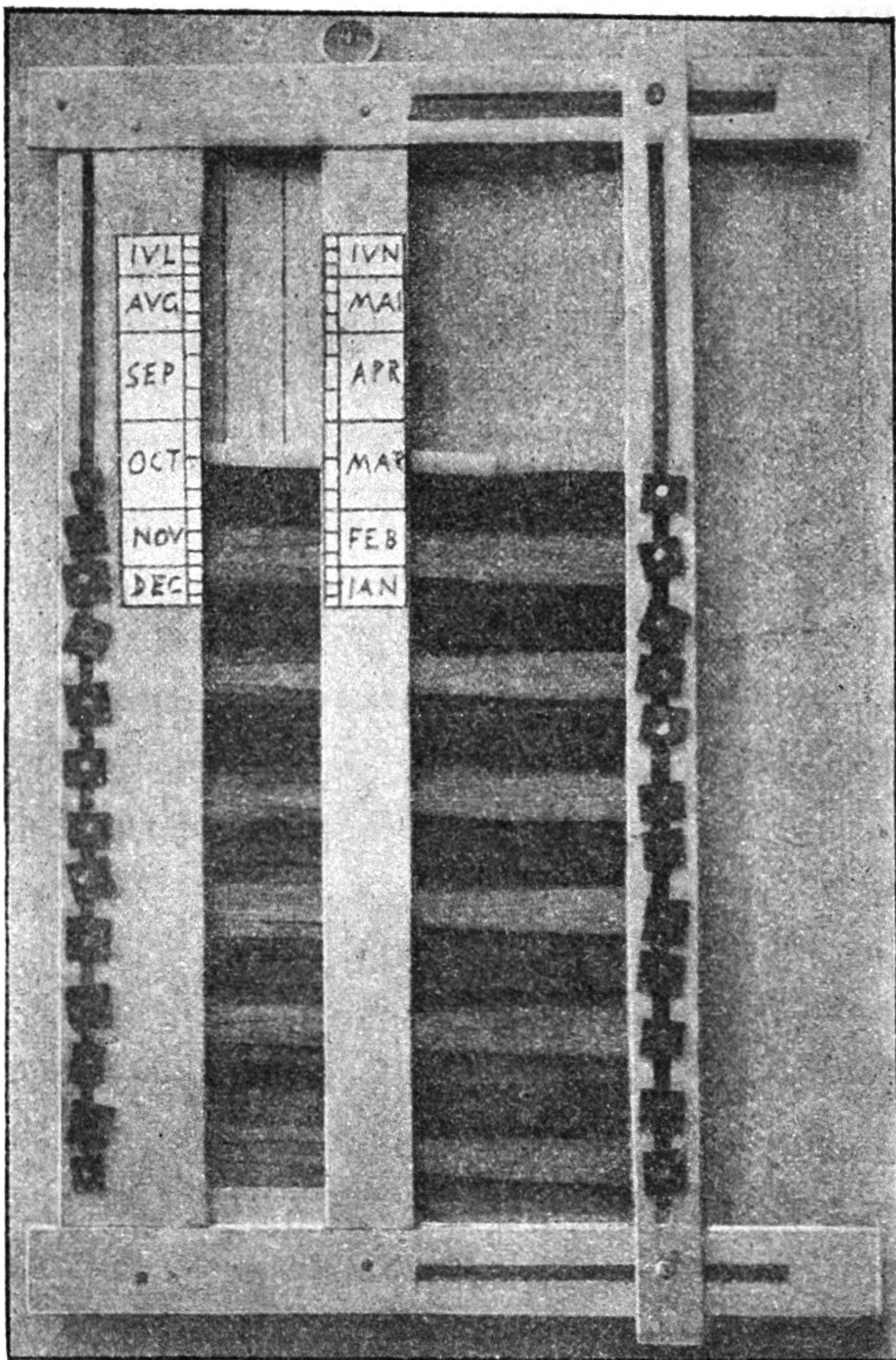


Abb. 5.

aber auch eine Vorrichtung denken, wobei die Keile mit der Wasserregulierung im Zusammenhang stehen. Wir haben angenommen, daß der Wasserüberschuß im Geber durch eine Schnauze, eine Rinne oder ein Röhrchen abgeführt wurde (s. o. S. 21). Nundenke man sich im Geber einen senkrechten Schlitz, in dem sich die Rinne auf und ab schieben läßt, und diese Verschiebung

tung in dem Streifen, der zwischen den Monatsangaben läuft, dicht geschlossen bleibt. Nur dieser Schlitz brauchte an dem Apparat sichtbar zu sein; auf ihn deutete der aufsteigende Zeiger (vgl. die Abb. 71, S. 206 bei Diels, Ant. Technik²). Dieser Skala mußte eine andere für die Nachtstunden entsprechen, die mit ihr ausgetauscht werden konnte. Doch ließen sich alle 24 Stunden auf einer Skala vereinigen, wenn man das System für die Nacht über dem für den Tag aufbaute mit von links her einzuschiebenden Keilen. Das hat sogar ästhetisch den Vorteil, daß die Skala stets ganz ausgefüllt bleibt. — Wenn die Keile nur 183 mm horizontal verschiebbar sind, kann man die Regulierung durch Vorrücken um 1 mm jeden Tag vornehmen. Theoretisch ist also das System dem Stundenzyylinder unbedingt gleichwertig. Daß der Mechanismus bei den vielen Reibungsflächen leicht ausgeleiert wurde und dann ungenau arbeitete, werden wir aber Vitruv gerne glauben.

durch untergelegte Holzkeile bewerkstelligt (sie sind ganz praktisch, weil sie rasch quellen und so einen guten Verschluss bilden), so ist klar, daß die Wassersäule und damit der Wasserdruck im Geber der wechselnden Stundenlänge „adiectionibus et detractationibus (exemptu) cuneorum“ einigermaßen angepaßt werden konnte. Doch ist dabei eine genaue Regulierung so viel schwieriger, daß ich der in Abb. 5 gegebenen Lösung entschieden den Vorzug gebe.

Eine Einrichtung wie die zuletzt beschriebene könnte übrigens bei allen Uhren zu dem Zweck angebracht gewesen sein, die Unterschiede im Tempo des Ablaufs auszugleichen, die durch den Wechsel der Wassertemperatur verursacht werden mußten; aber wir haben kein antikes Zeugnis für die Berücksichtigung dieser Unterschiede.

So viel zu Vitruv. Für das Vorhandensein eines ständigen Wasserüberlaufs läßt sich endlich auch noch ein antikes Denkmal ins Feld führen. Es ist das Postament der Wasseruhr von Priene (s. o. S. 14); die Weihinschrift I. Pr. n. 177 setzt v. Gerkan in dem sogleich anzuführenden Werke S. 81 noch in die erste Hälfte des II. Jahrhunderts. Jetzt, da diese Untersuchung zum Druck kommt, brauche ich mich nicht mehr auf meine ziemlich weit zurückliegende Autopsie und die Skizze im Prienewerk zu stützen: v. Gerkans Buch „Das Theater von Priene“ (München 1921) gibt S. 27 f. eine genaue Beschreibung des Befundes, die noch durch freundliche briefliche Mitteilungen an mich unterstützt wird, und T. XV eine sehr genaue Aufnahme; v. Gerkan hat insbesondere entdeckt, daß die Uhr an die Wasserleitung angeschlossen war. Damit ist ganz selbstverständlich gegeben, daß das durch die (T. XV links unten mit 0,14 bezeichnete) Durchbohrung des Sockels aufsteigende Wasser nicht unmittelbar in den Rezipienten einströmen konnte; das ist durch den Wechsel des Wasserdrucks ausgeschlossen. Vielmehr mußte an der bezeichneten Stelle ein Rohr aufsteigen, an dessen Ende ein Hahn zur Regulierung — also eine Vitruv-sche meta — angebracht war, und das ein „Geber“-Gefäß ständig gefüllt oder vielmehr überlaufend erhielt. Dieses wer-

den wir uns über der mit 0,115 bezeichneten Einarbeitung zu denken haben. Aus der Anschlußstelle des Steigrohrs an den Stein (in dessen Höhlung kein Rohr saß) tropfte natürlich ständig Wasser ab, und noch mehr floß aus dem Geber über. Dem Wasserablauf aus dem Steigrohr dient der Kanal zwischen den Einarbeitungen 0,14 und 0,115; das Überwasser aus Steigrohr und Geber wurde aus letzterer Einarbeitung durch den Kanal, der von dort zum unteren Rande des Profiles führt, abgeleitet. Der Rezipient stand auf der länglichen Einarbeitung von 0,025 m nahe der Mitte des Postamentes. Auch er mußte natürlich entleert werden können, etwa durch einen Hahn. Diesem nur temporären Wasserabfluß dient die flache Rinne, die sich durch die Einarbeitung zieht. Schauseite der Uhr wird die der Skene zugewandte Südseite gewesen sein; darum hat man beide Wasserabläufe auf die Gegenseite verlegt. Damit scheinen mir die von v. Gerkan als gleichzeitig betrachteten Einarbeitungen¹⁾ einheitlich erklärt, wenigstens im groben; denn warum die Einarbeitung für den Rezipienten so langgestreckt und warum die 0,115 m tiefe Einarbeitung noch mit einem Fortsatz von 0,055 m Tiefe versehen ist, vermag ich freilich nicht aufzuklären. Das muß mit der Gestaltung des Untergestells für den Apparat (an einen metallenen Aufsatz denkt v. Gerkan) zusammenhängen.

Mannigfacher Wasserablauf ist auch im Turm der Winde zu Athen vorgesehen. Dort finden sich sogar vier Ablaufrinnen, jede, ähnlich übrigens wie in Priene, von einer rundlichen Einarbeitung ausgehend, in der sich das herab rinnende Wasser sammelte (s. Baumeisters Denkm. III S. 2114, Abb. 2368). Aber aus diesem Befund möchte ich keine Schlüsse ziehen;

¹⁾ Die Einarbeitungen an der Südwestecke bringe ich so wenig mit der Uhr in Verbindung, wie es v. Gerkan tut. Die ganze Apparatur der Uhr liegt auf einer Seite der Mittelachse, wie ichs auch für all diese Uhren annehme. [Korrekturnote. Meine Abb. 3 ist übrigens in der Reproduktion versehentlich im Spiegelbild gegeben. Die richtige Drehung des Drahtnetzes erhält man, wenn der Sandsack rechts hängt. Dem entspricht auch die Anordnung in Priene.]

denn während für Priene eine Uhr des Typus von Salzburg oder Grand, ein *ἀναφορικὸν ὥρολόγιον*, den Dimensionen nach mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit anzunehmen ist, denkt man sich in dem stattlichen athenischen Bau lieber eine der prunkvollen Uhren, wie wir sie aus Prokop, Eusebios (Berliner Ausgabe III 2, Syrische Theophanie ed. H. Großmann, S. 68, 7 ff.), den islamischen Schilderungen kennen, — oder auch beides verbunden, was sich in dem gegebenen Raume recht wohl bewerkstelligen ließ.
