

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 59/60 (1912)
Heft: 4

Artikel: Die stereophotogrammetrische Messmethode
Autor: Walter, O.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-30022>

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: 15.03.2025

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

INHALT: Die stereophotogrammetrische Messmethode. — Das Krematorium Aarau. — Genfer Verbindungsbahn. — Wettbewerb für ein Schulhaus mit Turnhalle im Letten, Zürich IV. — Schweiz. Maschinen-Industrie im Jahre 1911. — Ausbau des zweiten Simplontunnels. — Miscellanea: Ueber Zoelly-Dampfmaschinen, Eisenreduktion im elektrischen Ofen, Verwendung von Dieselmotoren zum Antrieb von grösseren Segelschiffen, Eidg. Technische Hochschule. Eine Wasserstoff-Fernleitung, Zahnräder aus

gepresstem Leinenstoff oder Baumwollstoff. Die Sterophag-Pumpe, Dampfmaschinen von 40 000 PS. Olbrichs künstlerischer Nachlass. Schweizer Bundesbahnen. Gartenbau-Ausstellung in Zürich 1912. — Konkurrenzen: Gemeindehaus Locle. — Nekrologie: Dr. J. Heierli. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Gesellschaft ehemaliger Studierender: Anmeldungen zur Generalversammlung. Stellenvermittlung.

Tafeln 11 bis 14: Das Krematorium Aarau.

Band 60.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und unter genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 4.

Die stereophotogrammetrische Messmethode.

von Dipl.-Ing. O. Walter, Mannheim.

Liegt die Aufgabe vor, ein grösseres Geländestück für Ingenieurzwecke aufzunehmen, sei es als Entwurfs-Unterlage für eine Bahn oder Strasse, eine Talsperre usw., so kommen heute dafür drei Aufnahmeverfahren in Betracht:

1. Die Aufnahme mittels Polygonmessung und Querprofilen,
2. die tachymetrische Aufnahme, und in neuerer Zeit
3. die photogrammetrische, und hier wieder am meisten die stereophotogrammetrische Geländeaufnahme.

Die erste Art der Geländeaufnahme findet nur so lange vorteilhaft Verwendung, als das aufzunehmende Gelände gut zugänglich ist und nicht zu grosse Höhenunterschiede aufweist. Ist das Gelände sehr unregelmässig und bestehen grosse Höhenunterschiede, so würde die Aufnahme mittels Querprofilen viel Zeit erfordern. Hier kommt dann vorteilhafter die Tachymetrie zur Anwendung. Noch vorteilhafter aber wird, sobald das Gelände wenig bebaldet ist, die Stereophotogrammetrie angewendet.

Der Zweck dieser Zeilen ist der, die Grundzüge insbesondere der Stereophotogrammetrie kurz zu erläutern, ohne jedoch auf die Einzelheiten, die ein längeres Sonderstudium verlangen, näher einzugehen. Trotz einer grossen Anzahl von Veröffentlichungen¹⁾ dürfte wohl manchen Lesern der „Bauzeitung“ die neue Messmethode unbekannt sein, was seinen Grund darin hat, dass die Veröffentlichungen zum grossen Teil in geodätischen und mathematischen Fachzeitschriften des In- und Auslandes erfolgten, die nur von wenigen Ingenieuren gelesen werden.

Mit Hilfe der Photographie sind wir imstande, Gegenstände und auch Geländestücke in wenigen Augenblicken perspektivisch darzustellen. Die Gesetze, nach denen ein Photogramm entsteht, sind genau bekannt, und es liegt daher der Gedanke sehr nahe, das Photogramm eines Gegenstandes zu dessen Rekonstruktion zu verwenden.

In der Tat wird die Photogrammetrie oder Bildmesskunst in der Architektur zur Aufnahme von Kunstdenkmälern schon lange angewendet. Erwähnt sei die von Geh. Rat Dr.-Ing. Meydenbauer im Jahre 1885 in Berlin ins Leben gerufene „Preussische Messbildanstalt“, die die Aufgabe hat, von denkwürdigen Kunstdenkmälern Photogramme herzustellen, die zur Anfertigung von Plänen der Bauwerke dienen. Auf diese Weise sind viele Bauwerke, z. B. der Münsterbau in Freiburg i. Br., die Dome zu Meissen, Bamberg, Erfurt, das Ruinenfeld bei Baalbeck, die Hagia Sophia in Konstantinopel und andere Baudenkmäler, rund 1100 an der Zahl, in bisher unerreichter Genauigkeit aufgenommen worden.

Auch im Ingenieurwesen findet die Photogrammetrie seit einigen Jahrzehnten bei Geländeaufnahmen für Trassierungen und Wildbachverbauungen vereinzelt Verwendung, doch konnte sie sich nicht allgemein Eingang verschaffen. Erst in neuerer Zeit beginnt sie sich weiter auszubreiten. Die notwendigen Instrumente sind heute schon so vollkommen, dass viele staatliche Behörden und seit einiger Zeit auch Privatunternehmen die photogrammetrische Geländeaufnahme anwenden. Als Einleitung sei an die Grundzüge der Photogrammetrie hier kurz erinnert.

¹⁾ Zum besondern, eingehendern Studium seien die Schriften von Dr. Palfrich, v. Hübl, Truck, Seeliger und der Aufsatz von Schilling empfohlen. Ein ausführliches Literaturverzeichnis hat die Firma Karl Zeiss, Optische Werke in Jena, herausgegeben. Es umfasst die stereoskopischen Arbeiten der Jahre 1900 bis 1911, im ganzen 276 mehr oder weniger umfangreiche Arbeiten.

Bei einem Photogramm nennt man den senkrechten Abstand vom Objektivmittelpunkt der Kamera bis zur Bildebene die Bildweite, die, sobald es sich um die Aufnahme von weit entfernten Gegenständen handelt, konstant und gleich der Brennweite des Objektivs ist. Die Linie selbst heisst die optische Axe; sie schneidet die Bildebene in dem sogenannten Bildhauptpunkt. Die Vertikale und Horizontale durch den Bildhauptpunkt nennt man Bildvertikale bzw. Bildhorizontale oder den Horizont. Denkt man sich die beiden Linien durch den Hauptpunkt gezogen, so hat man auf dem Bild ein rechtwinkliges Koordinatensystem (x, y) mit dem Nullpunkt in dem Bildhauptpunkt O (Abbildung 1).

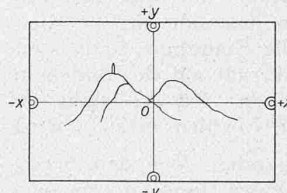


Abb. 1.

Waren nun bei der Aufnahme des Bildes die optische Axe und der Bildhorizont horizontal und beide aufeinander senkrecht, so kann man ohne weiteres sagen: Geländepunkte mit positivem y liegen höher, Geländepunkte mit negativem y tiefer als der Aufnahmestandpunkt. Unter der Höhe des Aufnahmestandpunktes sei hier und auch in der Folge die Höhe des optischen Mittelpunktes verstanden. Weiter kann man sagen, dass Geländepunkte mit positivem x rechts und solche mit negativem x links vom Standpunkte liegen, wenn man die Richtung der optischen Axe zur Zeit der Aufnahme als Nullrichtung betrachtet.

Hat man einen Gegenstand von zwei Standpunkten aus, deren gegenseitige Entfernung und Höhe gemessen wurde, photographiert, und denkt man sich das Auge in Höhe des Objektivmittelpunktes über dem Standpunkt O_1 (Abbildung 2) in der Aufnahmerichtung und senkrecht zur Aufnahmerichtung im Abstand der Brennweite (f) das Bild, so liegen die Bildpunkte und Gegenstandspunkte auf Strahlen, die im Auge ihren Ausgangspunkt haben. Dasselbe ist auch der Fall bei der Aufnahme vom zweiten Standpunkt O_2 aus. Zur Konstruktion der einzelnen Punkte hat man also zwei Raumgerade mit den Koordinaten x_0, y_0, z_0 (Standpunkt) und x_p, y_p, z_p (Bildpunkt), deren Schnittpunkt berechnet werden kann. Weit schneller als durch Rechnung kommt man durch Zeichnung zum Ziel.

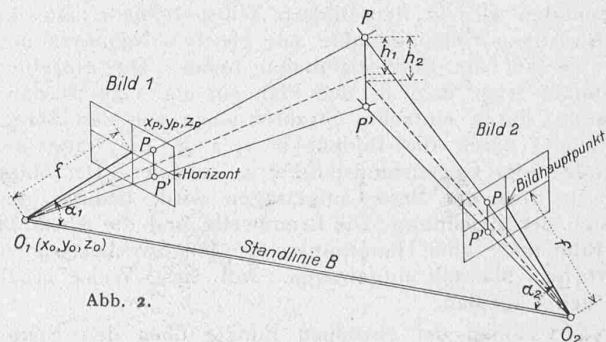


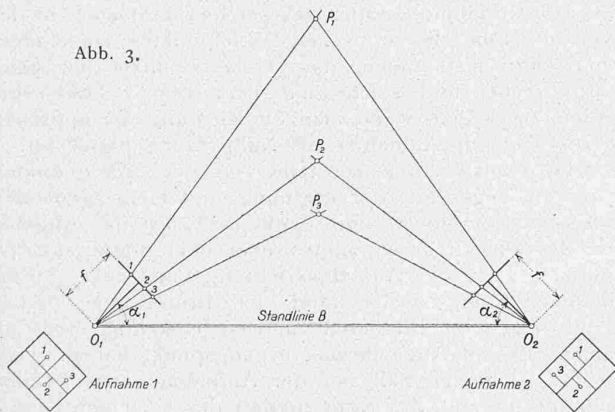
Abb. 2.

Die Brennweite, den Hauptpunkt und die Bildhorizontale nennt man zusammen die innere Orientierung der Aufnahme. Im Gegensatz dazu nennt man den Abstand der beiden Standpunkte deren Höhen und die Richtungen der optischen Axen die äussere Orientierung. Die zur Aufnahme notwendigen Apparate, die Phototheodolite, bestehen im wesentlichen aus einer photographischen Kamera, mit der ein Theodolit zur Messung von Richtungs- und Höhenwinkeln verbunden ist.

Die sogenannte innere Orientierung wird einmal für den Apparat bestimmt, sodass bei den photogrammetrischen Aufnahmen nur die Entfernung und Höhe der beiden Standpunkte, die sogenannte Basis, und die Richtungen der optischen Axen im Augenblick der Aufnahme gegen die Basis zu messen sind.

Die Phototheodolite sind nun so eingerichtet, dass die Bildhorizontale und der Hauptpunkt bei jeder Aufnahme leicht zu konstruieren sind. Zu diesem Zweck sind über der Plattenebene der Kamera am Bildrande feste Lochmarken angebracht, die sich bei der Aufnahme mitphotographieren. Die Verbindungslinie der Lochmarken ergeben die Bildhorizontale und die Bildvertikale und damit auch den Hauptpunkt (Abbildung 1). Das dritte Stück der innern Orientierung, die Brennweite, wird durch Versuchsaufnahme bestimmt. Die Fernrohraxe ist parallel der optischen Axe der Kamera gerichtet, sodass man imstande ist, die Richtung der optischen Axe gegen die Standlinie zu messen. Die optische Axe steht genau senkrecht auf der Bildebene und der Vertikalaxe des Theodoliten; letztere steht bei der Aufnahme vertikal, was durch Libellen erreicht wird.

Das Verfahren ist kurz folgendes: Von den Standpunkten aus, die entweder Punkte eines Dreiecknetzes oder eines Polygonzuges sind und deren Höhen bestimmt sind, werden so viele photographische Aufnahmen gemacht, dass jeder darzustellende Geländepunkt auf mindestens zwei Aufnahmen eindeutig und mit genügender Schärfe abgebildet wird. Ausserdem werden noch die Winkel der optischen Axen gegenüber den benachbarten Standpunkten gemessen.



Zur Konstruktion des Lageplanes trägt man die Standpunkte im Masstab der Zeichnung auf und orientiert die optischen Axen (Abbildung 3). Senkrecht zu diesen trägt man dann im Abstand der Brennweite f die Bildhorizontalen ab. In den Bildern selbst versieht man die gleichwertigen Geländepunkte mit gleichen Nummern und lotet sie auf die Bildhorizontalen herab. Die einzelnen Lotpunkte trägt man in den Plan ein und man ist dann imstande, durch einfaches Strahlenziehen von den Standpunkten O durch die Bildpunkte 1, 2, 3, die Lage der Gelände- oder Gegenstandspunkte zu zeichnen. Der Masstab, in dem die Basis aufgetragen wird, bedingt den Masstab der Zeichnung. Die Brennweite und die Abstände der Bildpunkte vom Hauptpunkte werden zweckmässig in natürlichem Masstab aufgetragen. Auf diese Weise erhält man den Lageplan.

Die Höhen der einzelnen Punkte über den Standpunkten ergeben sich aus der einfachen Proportion:

$$\frac{y}{h} = \frac{d}{E} \text{ zu } h = \frac{E \cdot y}{d} \text{ (nebenstehende Abbildung 4)}$$

E , y und d sind bekannt und können aus dem Bild bzw. dem Plan entnommen werden.

Die Meereshöhen ergeben sich zu:

$$H_p = H_1 + h_1 + i_1 \quad \text{und} \\ H_p = H_2 + h_2 + i_2$$

Hierin bedeuten H_1 und H_2 die Meereshöhen der Standpunkte, h_1 , h_2 die berechneten Höhenunterschiede und i_1 , i_2 die Höhen der Objekte über den Standpunkten. Die Höhe der Punkte wird also zweimal erhalten, wodurch sich sowohl für die Höhe, als auch für die Lage der Punkte eine Kontrolle ergibt, letzteres insofern, als man annehmen kann, dass bei Uebereinstimmung der Höhen auch die Lage richtig konstruiert ist.

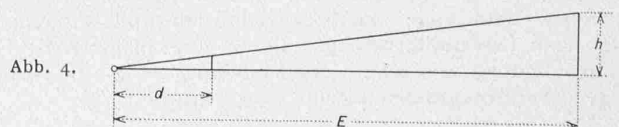
Bei grösseren Geländeaufnahmen, wobei mehrere Standlinien erforderlich sind, wird es stets der Fall sein, dass einzelne Punkte auf drei Bildern enthalten sind, also drei Strahlen für die Konstruktion der Punkte zur Verfügung stehen. Hierdurch hat man eine sehr wertvolle Kontrolle dafür, dass die Bilder richtig orientiert sind. Auch ist es ratsam, für jede Standlinie einige Punkte durch Winkelmessung topographisch festzulegen, um einen Anhalt über die Genauigkeit und Brauchbarkeit der Aufnahmen zu erhalten.

Man ist auch imstande, mit einer gewöhnlichen photographischen Kamera unter Zuhilfenahme eines Theodoliten photogrammetrische Aufnahmen zu machen. Es sind dabei für jedes Bild noch mindestens drei Geländepunkte durch Höhen- und Lagewinkel festzulegen. Mit Hilfe dieser Winkel kann man dann durch einfache Rechnung die Orientierung bestimmen. (Jordan, Handbuch der Vermessungskunde, Band II). Derartige Aufnahmen können natürlich keinen allzu grossen Anspruch auf Genauigkeit machen und sind nur angebracht bei flüchtigen Geländeaufnahmen als Unterlage für generelle Projekte. Versuche, die der Verfasser selbst anstellte, haben gute Resultate ergeben.

Das hier kurz beschriebene Verfahren der photogrammetrischen Geländeaufnahme ist schon seit Jahrzehnten in Anwendung. Beim Bau der Jungfraubahn z. B. hat sich Koppe der Photogrammetrie bedient und auch sehr gute Resultate erhalten.¹⁾

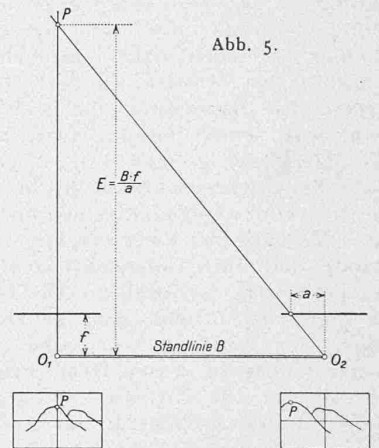
Die Photogrammetrie, wegen der Konstruktion der Punkte durch Strahlenziehen auch Messtisch - Photogrammetrie genannt, findet mit Vorteil dann Anwendung, wenn es sich um die Aufnahme eines Geländes mit scharf ausgeprägter Situation handelt und wenn man von dem Gelände nur einen Lageplan mit einzelnen Höhenangaben fertigen will. Sie leidet aber an dem grossen Nachteil, dass bei Gelände mit wenig ausgeprägter Situation, und besonders dann, wenn es sich darum handelt, ein solches Gelände mit Hilfe von Höhenkurven darzustellen, versagt. Der Grund hierfür ist folgender:

Für die Konstruktion der Punkte ist es notwendig, dass man die zusammengehörigen Punkte auf den beiden Bildern eindeutig feststellen kann. Bei nicht ausgeprägter Situation ist dies schwierig und auch mühevoll. Bei der Konstruktion des Geländes muss man sich an Bäume, Sträucher, Flurgrenzen, Felszacken u. dgl. halten, die man



auf beiden Bildern leicht auffinden kann. Da diese Punkte aber selten für die Darstellung des Geländes charakteristisch sind, so geht dabei meist die eigentliche Geländeform ver-

¹⁾ Schweiz. Bauzeitung, Bd. XXVII, S. 160 ff. mit Abbildungen.



nung ist kleiner als $1/100\text{ mm}$. Die Verschiebung des Objektivs kann an der Teilung t abgelesen werden; seine Feststellung erfolgt durch Anziehen der Klemme Kl . Der Bildwinkel des Objektivs beträgt etwa 45° und wird durch die Visierspitzen i angegeben. Die Länge der Kamera ist unveränderlich und auf die Brennweite abgestimmt, da ja nur Gegenstände, die weit entfernt sind, zur Aufnahme kommen.

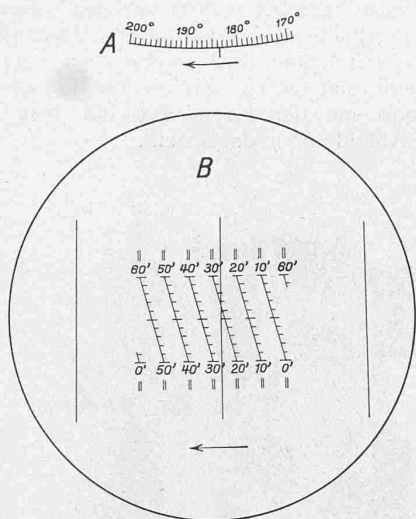


Abbildung 8.

Die Platten werden bei der Aufnahme an einen geschliffenen Anlegerahmen mit Hilfe der Hebel r sanft angedrückt. Die Anlegetfläche des Rahmens ist parallel der Führung des Objektivs, und da beide parallel der Vertikalachse sind, steht bei vertikalstehender Achse auch die Platte genau vertikal. Die Vertikalstellung erfolgt mit Hilfe der Röhrenlibelle L , die in geschützter Lage angebracht ist.

Am oberen und untern Rande des Anlegerahmens sind die Lochmarken angebracht, die sich auf jedem Bilde mitphotographieren, und deren Verbindungslinie der Vertikalachse parallel ist und die Hauptvertikale des Bildes bildet. Zur Festlegung des Horizontes ist ebenfalls über dem Anlegerahmen seitlich eine Marke angebracht, die die Bewegung des Objektivs mitmacht, und deren Lot auf die Bildvertikale den Horizont ergibt.

Um die einzelnen Aufnahmen auseinanderhalten zu können, werden sie mit fortlaufenden Nummern versehen, die sich wie die Lochmarken mitphotographieren. Die Einstellung der Nummern erfolgt von aussen mittels der Nummerschraube Nm .

Da die obere Lochmarke bei der Aufnahme meist in den dunklen Vordergrund fällt, so muss sie, um das Bild für die Messung brauchbar zu machen, durch das Spiegelchen S , das je nach dem Stand des Objektivs verstellt werden kann (Segment t), beleuchtet werden.

Das Fernrohr, das in erster Linie zum Einstellen des Winkels von 90° zwischen Kamera-Axe und Basis dient, ist dementsprechend angeordnet. Die Fernrohraxe, bestehend aus Objektiv und Fadenkreuz, ist parallel der Kameraaxe und schneidet die Alhidadenaxe senkrecht. Genau über der Alhidadenaxe ist ein Pentagonalprisma P angeordnet, wodurch die Fernrohraxe auf wenige Sekunden genau um 90° abgelenkt wird. Die Bedingung, dass der Winkel

zwischen Basis und optischer Axe 90° beträgt, wird dadurch gut erfüllt. Die Fokussierung erfolgt im Innern des Fernrohrs durch Verschiebung des Objektivs mittels Trieb-schraube F .

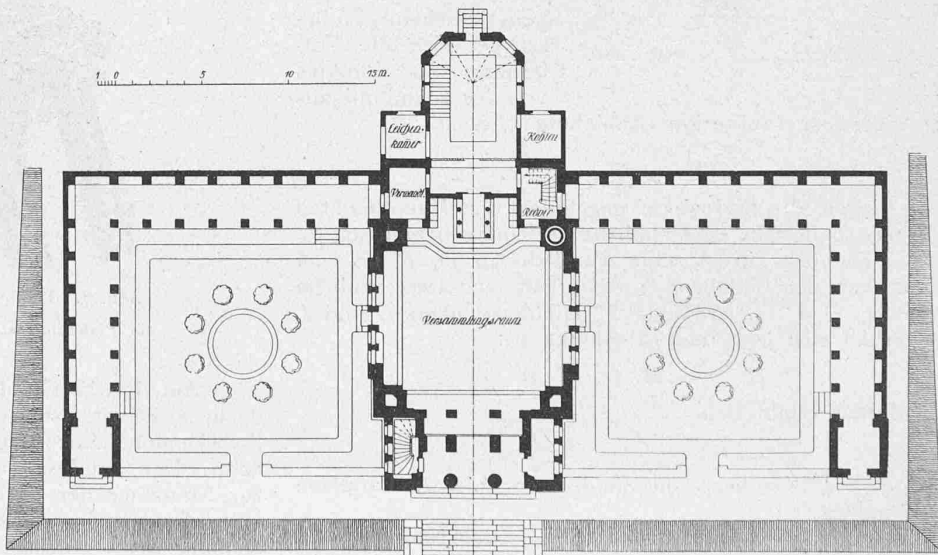
Mit dem Fernrohr fest verbunden ist der Vertikal-kreis V . Die Grobbewegung erfolgt durch Drehung des Ringes T_1 und die Feinbewegung nach Festklemmung des Hebels h durch die Schraube T_2 . Die Ablesung am Höhen-kreis erfolgt mittels Nonien und Lupen; die direkte Ablesung beträgt eine Minute. Eine Röhrenbussole N , die auf dem Fernrohrgehäuse angebracht ist, gestattet die Aufnahmen nach dem magnetischen Norden zu orientieren und Azimutmessungen auszuführen.

Die für die horizontale Feinbewegung der Alhidade notwendige Schraube M ist als Messschraube ausgebildet, bei der das Verhältnis der Ganghöhe zum Abstand der Schraube von der Vertikalaxe $1/200$ beträgt. Die Schraube kann zur indirekten Messung der Basis verwendet werden. Zu diesem Zweck wird auf dem zweiten Standpunkt eine 1 m lange Metall-Latte horizontal und senkrecht zur Basis auf einem Stativ aufgesteckt, das eine Ende der Latte mit dem Fernrohr angezielt, und die Ablesung an der Mikrometerschraube gemacht. Alsdann wird die Messschraube solange gedreht, bis das andere Ende der Latte sich mit dem Fadenkreuz deckt, und wiederum die Ablesung an der Messschraube gemacht. Aus der Anzahl der Umdrehungen, die notwendig waren, kann direkt die Länge der Basis bestimmt werden.

Der Horizontalkreis hat eine äussere Grobteilung zum Ablesen der Grade und eine innere Feinteilung für die Mikroskope. Die Mikroskope sind durch Prismen gebrochen und die Ablesung erfolgt bequem durch die Okulare Ok . Durch die verstellbaren Reflektoren Re wird die Teilung beleuchtet.

Die Schätzmikroskope weisen eine erwähnenswerte Neuerung auf, die u. W. hier zum ersten Male angewendet wird. Die Unterteilung im Mikroskop ist ein Transversal-masstab, wie er für Längenteilungen üblich ist (Ab-

Das Krematorium in Aarau.



Grundriss des Krematoriums mit Urnenhallen. — Masstab 1 : 400.

bildung 8). Der Schnittpunkt der Gradteilung mit dem Transversal-masstab (B) ergibt die Ablesung. Man erhält dabei die ganzen Minuten direkt und die Zehntelminuten (6 Sekunden) durch Schätzung, während die Grade an der äusseren Grobteilung (A) mit blossen Auge abgelesen werden können. Die Ablesung erfolgt bei dieser Anordnung, wie aus der Figur ersichtlich ist, schnell und ohne Mühe. (Schluss folgt.)