

# Die stereophotogrammetrische Messmethode

Autor(en): **Walter, O.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **59/60 (1912)**

Heft 4

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-30022>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

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 Leinwandstoff 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 Veröffentlichungen<sup>1)</sup> 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.

<sup>1)</sup> 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).

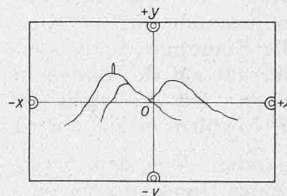


Abb. 1.

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.

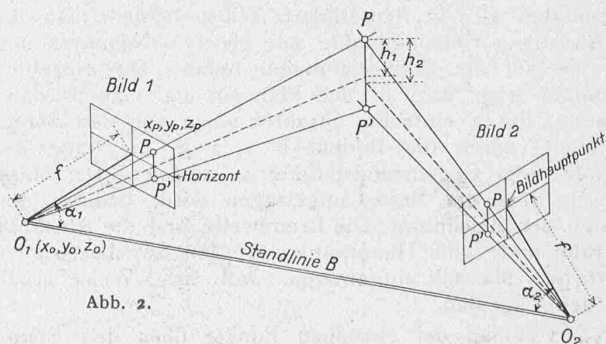


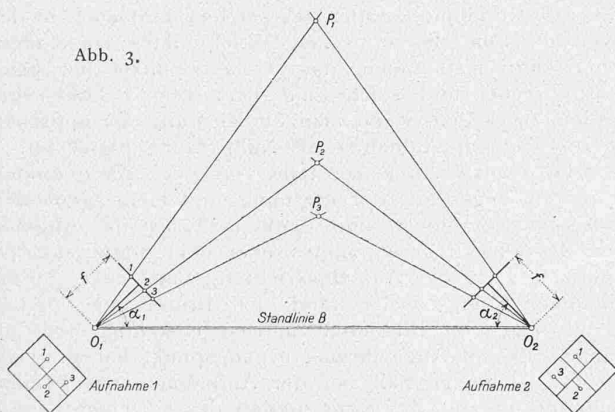
Abb. 2.

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.

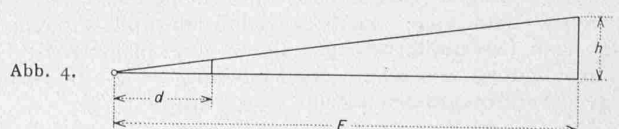
Bei grösseren Geländeaufnahmen, wobei mehrere Standlinien erforderlich sind, wird es stets der Fall sein, dass einzelne Punkte auf drei Bildern enthalten sind, also drei Strahlen für die Konstruktion der Punkte zur Verfügung stehen. Hierdurch hat man eine sehr wertvolle Kontrolle dafür, dass die Bilder 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.<sup>1)</sup>

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-

<sup>1)</sup> Schweiz. Bauzeitung, Bd. XXVII, S. 160 ff. mit Abbildungen.

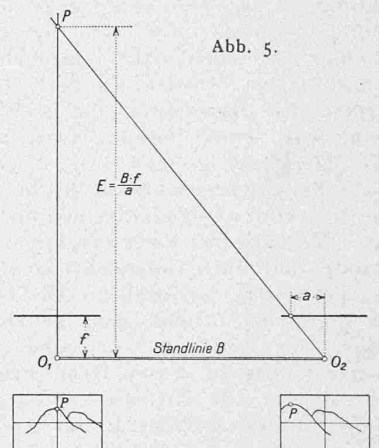
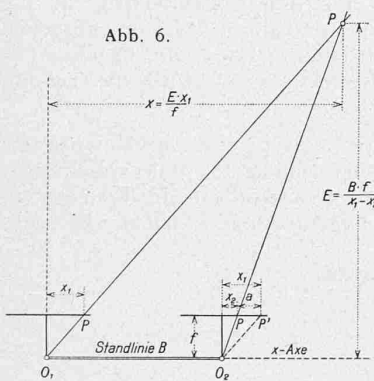


Abb. 5.



loren. Das menschliche Auge ist auch nicht imstande, das auf einer einfachen Photographie dargestellte Gelände so zu sehen, wie es in der Natur ist. Kleine Geländewellen entgehen dem Auge stets. Dies war wohl auch der hauptsächlichste Grund, warum die Photogrammetrie nicht allgemein Anwendung gefunden hat. Die eben angegebenen Nachteile werden nun vollständig vermieden durch die Stereo-Photogrammetrie, als deren Begründer Herr Dr. Pulfrich, wissenschaftlicher Mitarbeiter der Karl Zeiss-Werke, anzusehen ist.

Die Stereophotogrammetrie beruht auf der Fähigkeit des menschlichen Auges, stereoskopisch sehen zu können. Nimmt man die Bilder einer Standlinie nacheinander mit derselben Kamera auf, und zwar so, dass die Platten in einer zur Standlinie parallelen Ebene liegen, so ist man imstande, die beiden Bilder unter einem Stereoskop zu betrachten. Wir sehen dann das Gelände im Stereoskop räumlich wie in der Natur selbst. Das stereoskopische Bild gestattet dann, leicht und sicher die zusammengehörigen Punkte auf beiden Bildern zu finden, selbst wenn die Punkte auf einer eintönigen Wiesen- oder Ackerfläche liegen. Markiert man auf dem einen Bild den Punkt durch einen Kreis, so kann man bei der stereoskopischen Betrachtung mit einer Nadel den zugehörigen Punkt auf dem andern Bild leicht finden. Hat man auf diese Weise eine für die Darstellung des Geländes ausreichende Anzahl Punkte bezeichnet, so kann man die Auswertung der Aufnahme auf dieselbe Weise, wie bei der Messtischphotogrammetrie vornehmen. Genauer und auch wenig mühsam wird hier die Zeichnung durch Rechnung ersetzt.



Betrachtet man bei nach den Grundsätzen der Stereophotogrammetrie aufgenommenen Bildern einen Bildpunkt, dessen Projektion im linken Bild mit dem Bildhauptpunkt zusammenfällt, und dessen Projektion im rechten Bilde im Abstände *a* vom Hauptpunkt erscheint, so berechnet sich die Entfernung des Punktes von der Standlinie aus

der einfachen Proportion (Abbildung 5, S. 46):

$$\frac{E}{B} = \frac{f}{a} \text{ zu } E = \frac{Bf}{a}$$

Liegen die Bildpunkte gegenüber den Hauptpunkten beliebig, so besteht eine ähnliche Beziehung (Abbildung 6).

Zieht man in *O*<sub>2</sub> eine Parallele zu *O*<sub>1</sub> *P* bis zum Schnitt mit der Bildebene *z*, so erhält man zwei ähnliche Dreiecke, *O*<sub>1</sub> *P* *O*<sub>2</sub> und *O*<sub>2</sub> *P* *P'* mit den Höhen *E* und *f*. Es verhält sich jetzt (laut Abbildung 6):

$$E : f = B : (x_1 - x_2)$$

und daraus ergibt sich

$$E = \frac{Bf}{x_1 - x_2} = \frac{Bf}{a_2}$$

*a* = *x*<sub>1</sub> - *x*<sub>2</sub> heisst die Bilddifferenz oder die Parallaxe des Punktes.

Legt man nun ein senkrechtes Axenkreuz mit dem Nullpunkt in *O*<sub>1</sub> und der *x*-Axe in Richtung der Basis, so erhält man das zweite Bestimmungsstück für den Punkt aus der Proportion:

$$\frac{X}{x_1} = \frac{E}{f} \text{ zu } X = \frac{Ex_1}{f}$$

Die Höhe *Y* über dem Bildhorizont des linken Bildes ergibt sich aus:

$$\frac{Y}{E} = \frac{y}{f} \text{ zu } Y = \frac{Ey}{f}$$

Und schliesslich die Meereshöhe zu

$$H_p = H_1 + Y + i_1$$

Die Berechnung der Koordinaten *E*, *H* und *Y* erfolgt auf graphischem Weg. Pulfrich hat dafür ein recht sinnreiches Verfahren angegeben, wodurch zugleich die Aufzeichnung der Punkte in dem gewünschten Masstab erreicht wird.<sup>1)</sup>

Die Forderung, dass die Platten bei der Aufnahme in einer Ebene liegen, dass also die optischen Axen der Aufnahmen mit der Standlinie einen Winkel von genau 90° bilden, muss peinlich erfüllt werden. Erreicht wird dies durch geeignete Konstruktion des Phototheodoliten. Ein solcher mit einer Brennweite von 127 mm und einem Plattenformat 9×12, wie er für Ingenieurarbeiten verwendet und von der Firma Zeiss in Jena hergestellt wird, ist in Abbildung 7 dargestellt.

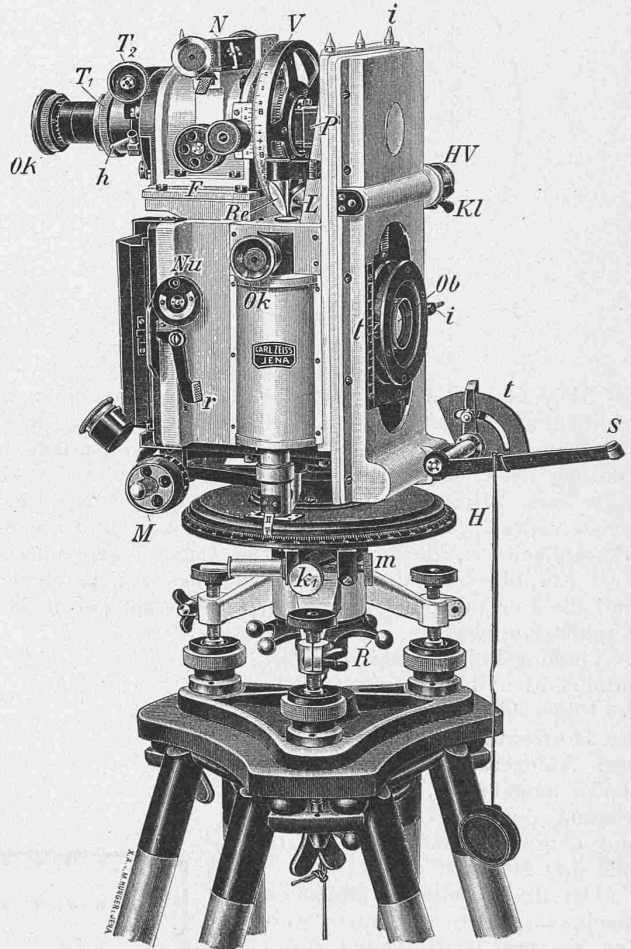


Abb. 7. Phototheodolit von Carl Zeiss, Jena; für Plattenformat 9 × 12; Brennweite 127 mm.

Auf dem Stativ, das sehr stabil konstruiert und dabei doch leicht ist, ist ein Dreifuss aufgeschraubt, der zum Zwecke der Zentrierung auf dem Stativ verschoben werden kann. Der Dreifuss hat oben eine zylindrische Bohrung zur Aufnahme der Vertikalachse des Theodoliten, die mit Hilfe der Schraube *R* befestigt werden kann. Zur Vertikalstellung der Dreifussbüchse und damit auch der Vertikalachse dient eine Dosenlibelle. Der Horizontalkreis *H* ist für Repetitionsmessung eingerichtet. Seine Festklemmung geschieht durch die Schraube *k*<sub>1</sub> und seine Feinbewegung durch die Mikrometerschraube *m*. Die photographische Kamera, deren optische Konstanten bestimmt sind, bildet die eigentliche Alhidade. Sie besteht aus einem mit der Vertikalachse fest verbundenen Gusstück. Das Objektiv *Ob* ist der Höhe nach durch den Trieb *HV* verschiebbar und besteht in der Regel aus einem Tessar; dessen Verzeich-

<sup>1)</sup> « Archiv für Photogrammetrie », Verlag Fromme, Wien.

nung ist kleiner als  $1/100$  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  $45^\circ$  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.

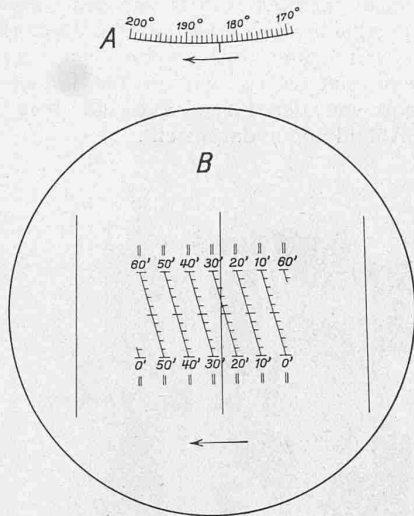


Abbildung 8.

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  $90^\circ$  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  $90^\circ$  abgelenkt wird. Die Bedingung, dass der Winkel

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

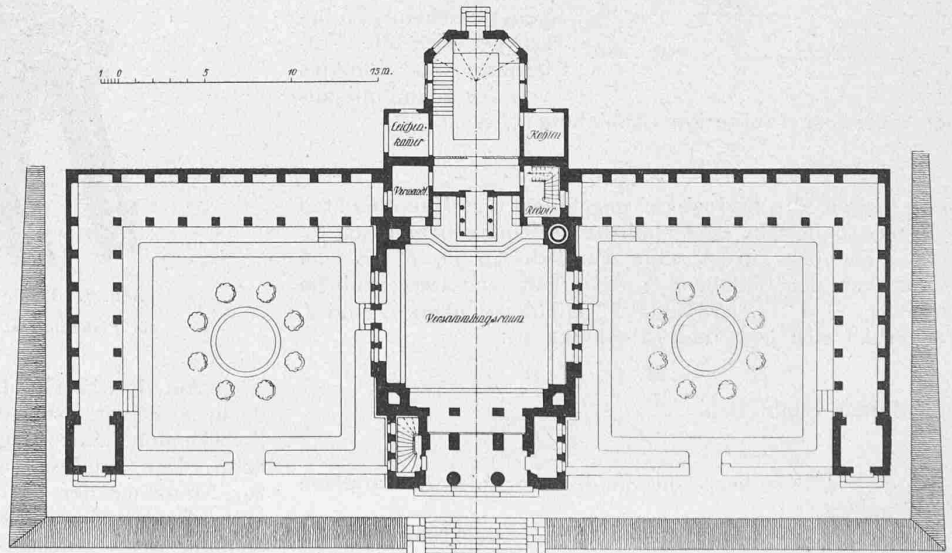
Mit dem Fernrohr fest verbunden ist der Vertikal-kreis  $V$ . Die Grobbewegung erfolgt durch Drehung des Ringes  $T_1$  und die Feinbewegung nach Festklemmung des Hebels  $h$  durch die Schraube  $T_2$ . Die Ablesung am Höhen-kreis erfolgt mittels Nonien und Lupen; die direkte Ablesung beträgt eine Minute. 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.)