

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Band: 59/60 (1912)
Heft: 5

Artikel: Die stereophotogrammetrische Messmethode
Autor: Walter, O.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-30027>

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: 15.10.2024

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

INHALT: Die stereophotogrammetrische Messmethode. — Das Vindonissa-Museum in Brugg. — Turnhalle in Windisch. — Auszug aus dem Gutachten über die Regulierung des Bodensees. — Schweizerische Maschinen-Industrie im Jahre 1911. — Miscellanea: Bewässerungsprojekt in Turkestan. Schweizerische Wasserrechtsgesetzgebung. Rheinschiffahrt Basel-Bodensee. Die Gasturbine von Holzwarth. Neue Turbinendampfer der Hamburg-Amerika-Linie. Die elektrischen Antriebe im neuen Osthafen

in Frankfurt a. M. Rhätische Bahn. Eidgenössische Technische Hochschule. Krematorium Aarau. — Konkurrenzen: Gemeindehaus Locle. Sekundar- und Handelsschulhaus in Chur. Schulhaus an der Hohlstrasse in Zürich. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Gesellschaft ehemaliger Studierender: Stellenvermittlung. Tafel 15 und 16: Das Vindonissa-Museum in Brugg.

Band 60.

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

Nr. 5.

Die stereophotogrammetrische Messmethode.

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

(Schluss.)

Die Genauigkeit der Punktbestimmung hängt wesentlich von der Genauigkeit ab, mit der die a , x und y gemessen werden. Eine ausreichende Genauigkeit wird nur mit Hilfe des sogenannten *Stereokomparators* erreicht. Dieser Apparat hat eine höchst sinnreiche Einrichtung, so dass die Bezeichnung der Geländepunkte, wie es früher notwendig war, entfallen kann. Die Ausmessung der Bilder mit dem Stereokomparator beruht auf dem von dem Berliner Ingenieur *Grousillier* angegebenen und von Dr. Pulfrich ausgebildeten Verfahren der sogenannten wandernden Marke.

nach 3, so kommt das Bild nach P_3 . Stehen beide Marken in 4, so erscheint das Bild in P_4 . Befinden sich nun die Marken sowohl im rechten, als auch im linken Bild in der Nähe von identischen Geländepunkten, so kann man ohne weiteres erkennen, ob die Marke oder der Geländepunkt dem Beschauer näher ist. In Abbildung 11 deckt sich die linke Marke m_1 mit dem Geländepunkt P , während die rechte Marke links oder rechts neben dem Geländepunkt steht. Man sieht nun leicht aus der Figur, in welcher Stellung das Markenbild vor oder hinter dem Geländepunkt P zu schweben scheint.

Um das Wandern der Marke, auf dem sich die ganze stereoskopische Messmethode aufbaut, recht deutlich demonstrieren zu können, hat die Firma Zeiss ein kleines

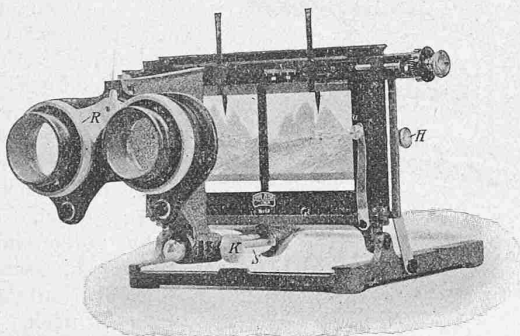


Abb. 9. Stereomikrometer von Carl Zeiss, Jena.

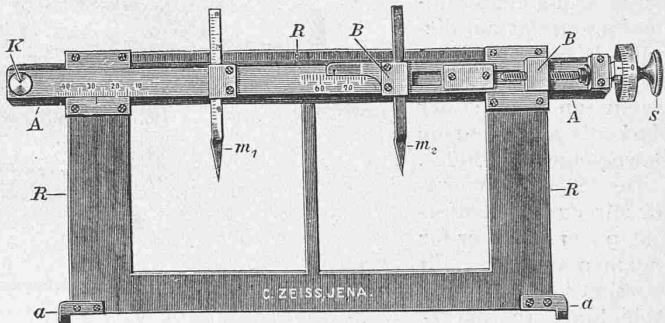


Abb. 12. Bild- und Markenträger zum Stereomikrometer.

Legt man über ein Stereoskopbild zwei genau gleiche Marken in gleiche Höhe (Abbildung 9) und betrachtet man das Bild mit den Marken unter dem Stereoskop, so sieht man das Bild der beiden Marken im Raume entweder vor oder hinter dem Landschaftsbild schweben. Durch Verschieben der Marken kann man ihr Raumbild im Raume vor- und zurückwandern lassen. Betrachtet man in Abbildung 10 bei beiden Marken in der Stellung 1, so wird das Raumbild der Marken in der Unendlichkeit erscheinen. Rückt die Marke im rechten Bild nach der Stelle 2, während die linke Marke stehen bleibt, so erscheint das Bild in P_2 . Rückt die rechte Marke noch weiter

Instrumentchen, das Stereomikrometer anfertigen lassen. Das Stereomikrometer, das in Abbildungen 12 und 9 dargestellt ist, besitzt in Verbindung mit einem Stereoskop alle Einrichtungen, um an ihm die Grundzüge der stereoskopischen Messmethode und die Wirkungsweise des Stereokomparators studieren zu können.

Die wandernde Marke wird durch zwei Metallstreifen gebildet, deren Spitzen nach rückwärts gebogen sind und sich unmittelbar vor dem Stereoskopbild befinden. Der Streifen m_1 sitzt auf einem Hauptschlitten A , der in horizontaler Richtung verschiebbar ist. Auf dem Schlitten A sitzt ein weiterer Schlitten B mit der Marke m_2 , der mit Hilfe der Mikrometerschraube S ebenfalls in horizontaler Richtung verschiebbar ist. Beide Marken können auch der Höhe nach verschoben werden, sodass man imstande ist, die Marken auf jeden Punkt des Bildes einzustellen. Die Verschiebungen der Marken können, wie aus der Figur ersichtlich, an Masstäben gemessen werden. Die Mikrometerschraube S ist zudem noch so eingerichtet, dass man an ihr direkt die Bilddifferenz $x_1 - x_2 = a$ ablesen kann.

Bevor man zur Ausmessung eines beliebigen Punktes schreitet, muss man die Ablesung bei der Nullstellung der Marken kennen. Unter der Nullstellung wird hierbei die Stellung der Marken auf den Hauptpunkten verstanden. Alle weiteren Ablesungen werden dann auf die Nullstellung bezogen.

Die Ausmessung eines beliebigen Punktes geschieht nun folgendermassen: Man schaut zunächst nur in das linke Okular und stellt daselbst die Marke m_1 dicht über den zu messenden Punkt P_1 (Abbildung 11). Dann schaut man in das rechte Okular und bringt die Marke m_2 soweit als möglich in die Nähe des zu P_1 identischen Punktes P_2 . Jetzt, nachdem alles für die stereoskopische Betrachtung vorgerichtet ist, schaut man mit beiden Augen in das Stereoskop und man wird das Raumbild der Marke über

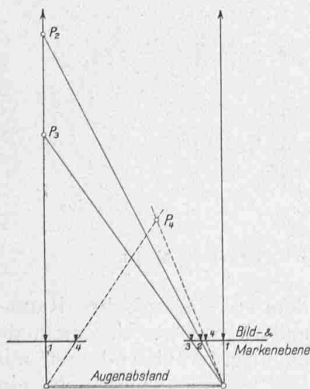


Abbildung 10.

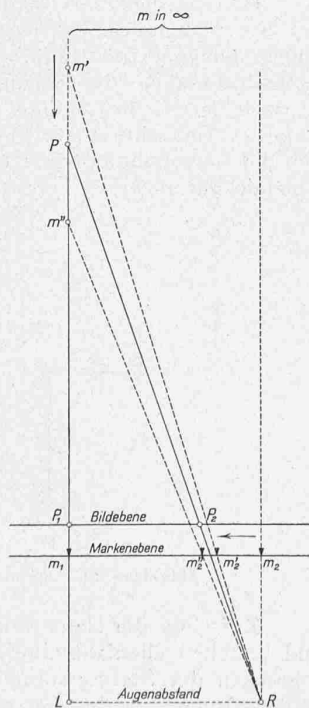


Abbildung 11.

dem Geländepunkt P etwas vor- oder zurückliegend sehen. Es ist nun leicht, während der Betrachtung des Bildes mit beiden Augen durch eine kleine Drehung der Mikrometerschraube die Marke genau über den Geländepunkt zu stellen. Die Ablesungen an den Masstäben ergeben die Bildkoordinaten x_1, y_1 und die Bilddifferenz a , womit nach den früher entwickelten Formeln die Koordinaten des Geländepunktes berechnet werden können. Mit dieser Vorrichtung kann man nun jeden Punkt des dargestellten Geländes ausmessen. Die Genauigkeit, die dabei erreicht wird, ist natürlich nicht gross, doch zur Demonstration und Vorübung des ganzen Verfahrens ausreichend.

Bei dem eigentlichen Stereokomparator (Abbildung 13) sind die Marken fest angeordnet und dafür die Bilder zum Bewegen eingerichtet. Es wird dadurch dasselbe erreicht, wie bei feststehenden Bildern und beweglichen Marken. Die Ausmessung eines Bildpunktes erfolgt auf dieselbe Weise wie beim Stereomikrometer, nur treten an Stelle der Markenbewegungen die Bewegungen der Bilder.

Der Stereokomparator für das Plattenformat 9×12 , wie er für Ingenieurarbeiten in Betracht kommt, ist in Abbildung 13 dargestellt. Er besteht aus einem schweren tischartigen Untergestell, auf dem ein Schlitten A durch die Kurbel H horizontal verschiebbar angebracht ist. Auf der rechten Seite des Schlittens A ist ein weiterer Schlitten angeordnet, der mit Hilfe der Schraube Z ebenfalls horizontal, aber genau parallel der Bewegung des Schlittens A , verschoben werden kann. Auf den beiden Schlitten liegen in rechteckigen Oeffnungen die Platten P_1 und P_2 . Bemerkenswert ist hier noch, dass mit Rücksicht auf die unvermeidlichen Verziehnungen zur Ausmessung nicht Papierkopien oder Diapositive, sondern die bei der Aufnahme erhaltenen Negative direkt benutzt werden. Die dadurch bedingte Umkehrung der Lichtverhältnisse wirkt nicht störend. Der Beobachter hat sich in wenigen Minuten daran gewöhnt.

In der Mitte des Untergestelles ist ein Aufsatz angebracht, auf dem ein Schlitten B durch die Kurbel V bewegt werden kann. Die Bewegung dieses Schlittens, auf dem das Stereomikroskop sitzt, ist senkrecht zu der Bewegung des Schlittens A . Den jeweiligen Stand der drei Schlitten kann man an den Masstäben x, y und an der Mikrometerschraube Z ablesen. An den x - und y -Masstäben können $1/10 \text{ mm}$ direkt und $1/100 \text{ mm}$ schätzungsweise abgelesen werden. An der Mikrometerschraube Z kann man $1/100 \text{ mm}$ ablesen und $1/1000 \text{ mm}$ schätzen.

Das Stereomikroskop, der wesentlichste Teil des Komparators, ist in Abbildung 14 schematisch dargestellt. Es besitzt eine sechsfache Vergrößerung und besteht aus den Okularen O_1, O_2 , den Objektiven Q_1, Q_2 , den Porro'schen Umkehrprismen U_1, U_2 und den Prismen S_1, S_2, s_1, s_2 . Die Okulare können auf den Augenabstand des Beobachters eingestellt werden. In ihren Bildebenen befinden sich die auf mikrophotographischem Wege hergestellten Marken, deren Bild beim Betrachten mit beiden Augen im Raume zu schweben scheint. Das Stereomikroskop kann beim Transport des Komparators von dem Schlitten herabgenommen werden. Zur Befestigung dient die Schraube J .

Die Platten P_1 und P_2 werden durch die je nach dem einfallenden Lichte verstellbaren Spiegel S_1, S_2 (in

Abbildung 13) beleuchtet und können mit den Schrauben D_1 bzw. D_2 justiert werden, sodass die Hauptvertikalen der Bilder der Schlittenführung des Stereomikroskops parallel sind. Um Bilder, deren Standpunkte bei der Aufnahme nicht in gleicher Höhe lagen, auswerten zu können, ist die Platte P_2 in der y -Richtung durch die Schraube C verschiebbar.

Die im Raume schwebende Marke kann nun, analog wie beim Stereomikrometer, mit jedem Punkte des Geländes in scheinbar gleiche Entfernung und Höhe gebracht werden. Es sind hierzu nur einige Drehungen an den Kurbeln H und V und an der Mikrometerschraube Z notwendig. Die Marke tritt an die Stelle des Lattenträgers bei tachymetrischen Aufnahmen und das stereoskopische Bild an die Stelle der Natur selbst. Zwischen einem Lattenträger und der Marke bestehen indessen einige wesentliche Unterschiede, die alle sehr zu Gunsten der Stereophotogrammetrie sprechen.

Während der Lattenträger sich mühsam von einem Geländepunkt zum andern bewegt, lässt sich die Marke durch einige leicht vorzunehmende Drehungen, schneller als es der Lattenträger vermag, nach jedem

beliebigen Punkte, unabhängig von Gräben, Flüssen und sonstigen Hindernissen, bewegen. Bei der Aufnahme von steilen Felshängen usw. muss man bei der tachymetrischen Geländeaufnahme auf manchen, für die Darstellung des Geländes wichtigen Punkt verzichten, da der Lattenträger dabei Gefahr laufen würde. Die Marke im Stereomikroskop dagegen ist schwindelfrei. Für sie ist es einerlei, ob es sich um die Aufnahme von sehr steilem oder horizontalem Gelände handelt.

Hieraus geht hervor, dass jede Art von Gelände bei der Stereophotogrammetrie mit der gleichen Genauigkeit aufgenommen werden kann, während bei der tachymetrischen Geländeaufnahme die Genauigkeit bzw. die Vollständigkeit je nach der Gebirgsbildung verschieden ist. Der Lattenträger verursacht ausserdem Flurschaden, wogegen man bei der stereophotogrammetrischen Geländeaufnahme das Gelände gar nicht zu betreten braucht.

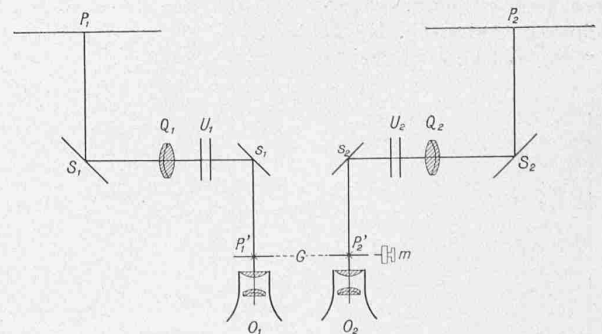


Abbildung 14. Schema des Stereomikroskops.

Zwischen der Natur und dem stereoskopischen Raumbild bestehen ebenfalls einige bemerkenswerte Unterschiede zugunsten der Stereophotogrammetrie. Während man mit beiden Augen in das Stereoskop schaut, sieht man ein verkleinertes, in allen seinen Einzelheiten deutliches und

der Natur vollkommen ähnliches Gelände, das uns aber erheblich näher gerückt ist. Man glaubt, ein Modell des eigentlichen Geländes vor Augen zu haben.

Bei einer Basis z. B. von $B = 20 \text{ m}$ und einem normalen Augenabstand des Beobachters von $b = 0,064 \text{ m}$ sehen wir in dem Stereoskop ein getreues Geländemodell, das uns um das $\frac{B}{b} = \frac{20}{0,064} = \infty 310$ fache näher gerückt, und um denselben Betrag verkleinert ist. Die Vergrößerung des Stereomikroskops, wodurch das Geländemodell dem Beschauer noch weiter genähert wird, ist dabei nicht berücksichtigt. Fertigt man nun von dem Gelände einen Plan im Masstab von z. B. $1 : 1000$ an, so ist dies gleichbedeutend mit der Herstellung eines Planes in etwa $\frac{1}{3}$ der natürlichen Grösse des scheinbaren Geländemodells. Es liegt auf der Hand, dass eine Verkleinerung auf etwa $\frac{1}{3}$ der natürlichen Grösse genauer und natürlicher vorgenommen werden kann, als eine Verkleinerung auf $\frac{1}{1000}$.

Es ist auch ohne weiteres klar, dass ein solches Geländemodell bei weitem übersichtlicher ist, als die Natur selbst. Wer mit Geländeaufnahmen vertraut ist, wird gerade diese letzte Eigenschaft zu schätzen wissen. Er nur weiss, wie schwer es ist, in zerrissenem, wechselndem Gelände eine naturgetreue Planaufnahme anzufertigen, und welche Erfahrung es erfordert, dabei die Uebersicht über das Gelände zu behalten.

Das Arbeiten mit dem Stereokomparator ist einfach, und, sofern man stereoskopisch gut sehen kann und mit Geländeaufnahmen vollauf vertraut ist, leicht zu erlernen. Das Ausmessen der Bilder erfolgt in derselben Weise, wie die tachymetrische Aufnahme im Feld. Das Geländemodell ersetzt die Natur, und die wandernde Marke den Lattenträger. Man kann mit dem Stereokomparator nicht nur einzelne Punkte ausmessen, sondern auch Profile in jeder beliebigen Richtung legen. Er gestattet, Längen- und Querprofile eines im Plane bereits festgelegten Tracé aus dem Bild zu messen, ohne vorher einen Schichtenplan zu zeichnen. Man kann ein Tracé, dessen Richtung und Gefälle gegeben ist, punktweise im Bild aufsuchen und sich vergewissern, ob es im Auftrag oder Abtrag verläuft. Ja man kann sogar die Auftrags- und Abtragshöhen direkt messen. Dies ist ein ganz gewaltiger Fortschritt. Man kann an Hand der Bilder schnell Vergleichs-Tracés studieren und das wirtschaftlichste Tracé auswählen.

Bei der bisherigen Methode der Geländeaufnahme ist nach Festlegung des Tracé im Plan im allgemeinen noch eine Begehung der Strecke notwendig, um die Möglichkeit der Linie zu studieren und um Verlegungen vorzunehmen. Dies ist bei der stereoskopischen Messmethode nicht notwendig, da das Bild die örtliche Begehung vollständig ersetzt. Günstige Baustellen für Brücken und sonstige Bauwerke können ebenfalls im Bild leicht aufgesucht werden.

Zu diesen Vorteilen treten noch andere hinzu. Erwähnt sei vor allem die enorme Ersparnis an Zeit und Personal. Die teure Feldarbeit wird auf ein Minimum beschränkt, weil die eigentliche Kleinaufnahme zu Hause im Zimmer, unabhängig von Wind und Wetter, gemacht wird. Die Aufsuchung der Standpunkte und ihr Einbinden in das Dreiecknetz, sowie die Aufnahmen selbst, erfordern ungefähr dieselbe Zeit, wie das Legen und Messen der Polygon- und Tachymeterzüge. Die Ausmessung der Punkte einschliesslich der graphischen Auswertung erfolgt in ungefähr derselben Zeit, wie das Ausrechnen und Auftragen der Tachymeterpunkte. Gespart wird also die für die Kleinpunkte im Felde aufgewendete Zeit. Nach Untersuchungen von Herrn S. Truck, der in der Stereophotogrammetrie für Ingenieurzwecke m. W. die meiste Erfahrung hat, stellt sich in, für die Tachymetrie ungünstigem Gelände das Verhältnis des Zeitaufwands für Feldarbeiten der beiden Aufnahmeverfahren zu etwa $1 : 40$ und in für die Tachymetrie günstigem Gelände noch auf mindestens $1 : 25$.

Um die Ueberlegenheit der Stereophotogrammetrie noch deutlicher zu kennzeichnen, erwähnen wir ein Beispiel

aus der Praxis des Herrn S. Truck. Es handelt sich dabei um eine Aufnahme bei Mals in Tirol zur Fortsetzung der Bahnlinie Mals-Nauders. Das Gelände war äusserst zerrissen und für die Lattenträger mühsam. Es hat sich hier ergeben, dass für die tachymetrische Aufnahme einer $1,1 \text{ km}$ langen Bahnstrecke mit 6 Messgehilfen, 1 Techniker und 2 Ingenieuren 26 Arbeitstage bei 10 bis 12 stündiger Arbeitszeit notwendig waren. Mittels der Stereophotogrammetrie ergab sich dieselbe Leistung in etwa zwei bis drei Tagen, wobei an Personal 1 Ingenieur und 4 Hilfsarbeiter notwendig waren. Truck sagt am Schlusse seiner Ausführungen:

„Es kann daher ein in diesem neuen Messverfahren geübter Ingenieur mit 4 Messgehilfen das gleiche Arbeitsquantum in 4 Arbeitstagen bewältigen, wie eine Ingenieursektion, bestehend aus 2 Ingenieuren, 1 Techniker und 6 Messgehilfen in 156 Arbeitstagen, also einer ganzen Sommersaison. In Zahlen umgesetzt, ergibt sich für dieses ungünstige Gelände bei einer 7 km langen Bahnstrecke eine Ersparnis von etwa 300 Ingenieurtagen, 150 Techniker- und 900 Hilfsarbeitertagen.“

Bei der Tachymetrie ist es unbedingt notwendig, dass die Ausarbeitung der Pläne von dem Ingenieur, der die Feldarbeit gemacht hat, erfolgt. Die stereophotogrammetrischen Aufnahmen dagegen kann jedermann, der mit diesen Arbeiten vertraut ist, ausmessen, da das Ausmessen der Bilder lediglich Tachymetrie am Geländemodell ist. Der die Aufnahmen machende Ingenieur sendet die Aufnahmen, soweit sie erfolgt sind, nach Hause, sodass bereits vor Beendigung der Expedition die Pläne in Angriff genommen werden können. Messungsfehler, die man bei der Tachymetrie erst zu Hause bei der Plankonstruktion merkt, sind sehr schwer und mit Zeit- und Geldverlust zu berichtigen. Bei der Stereophotogrammetrie kann man jederzeit zweifelhafte Punkte ohne Mühe und in wenigen Augenblicken nachmessen. Da die Feldarbeit in weit kürzerer Zeit erledigt wird, ist es von nun an auch möglich, Aufnahmen in ungesunden Gegenden, wo sich bei längerem Aufenthalt Krankheiten einzustellen pflegen, mit weniger Gefahr für das Personal zu machen. Die stereophotogrammetrischen Aufnahmen sind endlich wertvolle Dokumente bei Streitigkeiten über den früheren Zustand des Geländes. Setzungen von Bauwerken, Erdbeben und sonstige Veränderungen lassen sich im Stereokomparator leicht nachweisen.

Nun ist noch einiges über die Genauigkeit zu sagen. Vergleichsaufnahmen haben ergeben, dass die stereophotogrammetrischen Aufnahmen zum mindesten guten tachymetrischen Aufnahmen an Genauigkeit gleichkommen. Wir selbst haben Resultate erzielt, die mit der direkten Längen- und Höhenmessung beinahe vollständig übereinstimmen. Die Genauigkeit des Verfahrens hängt in erster Linie davon ab, mit welcher Genauigkeit die Bilddifferenz im Komparator bestimmt werden kann. Dies ist vor allem von der Sehschärfe des Beobachters und von seiner Geübtheit im stereoskopischen Sehen abhängig. Ausserdem aber auch von der Schärfe der Bilder, der Form des Objektes, der Beleuchtung, der Feinheit des Plattenkornes und der Mikroskop-Vergrößerung.

In dieser Richtung angestellte Versuche haben ergeben, dass die Bilddifferenz im ungünstigsten Falle auf $0,01 \text{ mm}$ genau gemessen werden kann. Da für Bauingenieurzwecke nur mässige Entfernungen vorkommen, so kann die Genauigkeit höher angenommen werden. Als Leistung eines geübten Photogrammeters kann man $0,005 \text{ mm}$ betrachten.

Alsdann ist die Genauigkeit noch abhängig von der Genauigkeit und Grösse der Basis und der Schärfe, mit der die Bedingung erfüllt wird, dass der Winkel zwischen der optischen Axe und der Basis 90° beträgt. Die Basis selbst kann mit Hilfe der Tangentenschraube des Phototheodoliten sehr genau gemessen werden. Nach Untersuchungen ist die Genauigkeit der Basismessung mittels der Tangentenschraube für Basen von über 100 m Länge grösser als $\frac{1}{1000}$. Da für Ingenieurzwecke selten Basen von über 30 m Länge vorkommen, meist nur Längen von 10 bis 20 m , und für diese kurzen Längen die Genauigkeit

grösser als $\frac{1}{1000}$ ist, so kann die Basis, falls die Messung mit Sorgfalt geschehen ist, als fehlerfrei angenommen werden. Für topographische Zwecke, wo Basen von über 100 m vorkommen, wird zuerst eine Hilfsbasis von 20 bis 30 m mittels der Tangentenschraube gemessen und diese durch Triangulation vergrössert.

Wie bereits erwähnt, wird durch geeignete Konstruktion des Fernrohres die Fernrohraxe, die der optischen Axe parallel ist, über der Vertikalaxe auf Sekunden genau um 90° gebrochen. Sofern nun die Einstellung des zweiten Standpunktes sorgfältig erfolgt, wird die Bedingung, dass der Winkel 90° beträgt, mit genügender Schärfe erfüllt.

Damit beim Umstellen des Phototheodoliten von der linken nach der rechten Station die Basis nicht verändert wird, werden auf beiden Stationen Stative mit Dreifüssen aufgestellt. In die zylindrische Dreifussbohrung der linken Station kommt der Phototheodolit zu stehen, während auf der rechten Station in die Dreifussbohrung eine Zielspitze aufgesteckt wird. Vor der Aufnahme wird diese Spitze anvisiert. Nachdem die Aufnahme auf der linken Station gemacht ist, werden Phototheodolit und Zielspitze miteinander vertauscht und dieselbe Handlung vorgenommen. Da die Genauigkeit abhängig ist von der Länge der Basis, hat man es in der Hand, durch Vergrösserung der Basis die Genauigkeit zu steigern.

Durch Differenziation der Gleichung

$$E = \frac{Bf}{a} \text{ erhält man } \frac{dE}{da} = \frac{Bf}{a^2},$$

$$\text{oder da } a = \frac{Bf}{E} \text{ ist } \frac{dE}{E} = \frac{da}{a}$$

$\frac{dE}{E}$ bedeutet hierin die Genauigkeit der Entfernungsmessung, und da die mit dem Stereokomparator erreichbare Messgenauigkeit der Bilddifferenz, die nach dem vorausgehenden im ungünstigen Falle 0,01 mm beträgt.

Verlangt man von dem Verfahren eine Genauigkeit von $\frac{1}{500}$, die bei der Tachymetrie lange nicht erreicht wird, so berechnet sich a zu

$$a = \frac{E}{\frac{dE}{E}} \quad da = 500 \cdot 0,01 = 5 \text{ mm}$$

Will man nun Punkte in 500 m Entfernung von der Standlinie noch mit der Genauigkeit von $\frac{1}{500}$ darstellen, so muss die Basis bei einer Brennweite von 130 mm, die für Apparate 9×12 meist Verwendung findet, eine Länge haben von

$$B = \frac{Ea}{f} = \frac{500 \cdot 5}{130} = 19,2 \text{ m}$$

Bei einer Basis von 38 m Länge würde man eine Genauigkeit von etwa $\frac{1}{1000}$ erreichen. Man sieht hieraus, dass man den Grad der Genauigkeit vollständig in der Hand hat.

In welchem Gelände kann nun die Stereophotogrammetrie angewendet werden? Sie kann überall da angewendet werden, wo die Tachymetrie infolge Unzugänglichkeit nicht angewendet werden kann. Sie ist also zur Aufnahme von steilen Hängen, Felspartien usw. sehr geeignet. Alsdann findet sie vorteilhaft Verwendung in gebirgigen Gegenden, die wenig bewaldet sind. Sie ist auch in der Ebene anwendbar, sobald sich höher gelegene Standpunkte finden. Zu empfehlen ist sie hier jedoch deshalb nicht, da man mit wenigen tachymetrischen Punkten dasselbe erreichen kann. Sie ist aber keinesfalls überall anwendbar, wie man meinen

könnte und wie von Draufgängern mitunter behauptet wird. Ohne Tachymetrie ist sie selbst nicht lebensfähig, da es auch in für die Stereophotogrammetrie günstigem Gelände kleine Stellen gibt, die von dem Standpunkt nicht erreicht werden können und die man tachymetrieren muss. Man könnte solche kleine Stellen auch durch eine neue stereophotogrammetrische Aufnahme aufnehmen, doch wird man mit der Tachymetrie oft schneller zum Ziel kommen. Bei umfangreichen Geländeaufnahmen wird es indessen immer möglich sein, den weitaus grössten Teil stereophotogrammetrisch aufzunehmen.

Beim Bau der Amurbahn, der Bagdadbahn, bei Bahnbauten in Bosnien und in deutschen Kolonien hat die Stereophotogrammetrie ihre Brauchbarkeit für Ingenieurzwecke bestens bewiesen, sodass man ruhig behaupten kann, dass durch die Anwendung der Stereophotogrammetrie in Verbindung mit der Tachymetrie bei Geländeaufnahmen eine enorme Ersparnis an Personal und Zeit erzielt wird.

Das Vindonissa-Museum in Brugg.

Erbaut durch Arch. Alb. Froelich, Brugg und Charlottenburg.
(Mit Tafel 15 u. 16)

Zur würdigen Aufbewahrung und systematisch geordneten Ausstellung der Ausgrabungsfunde aus dem benachbarten Windisch, der altrömischen Stadt Vindonissa, hat die Gesellschaft *Pro Vindonissa* das hier dargestellte Museumsgebäude in den Jahren 1911/12 erbauen lassen. Die robuste Architektur seiner Sakralbauten, wie des Aarauer Krematoriums und der früher beschriebenen Abdankungshalle in Brugg¹⁾, die Materialbehandlung, die dem Jurakalk gut entspricht, hat Architekt Alb. Froelich auch

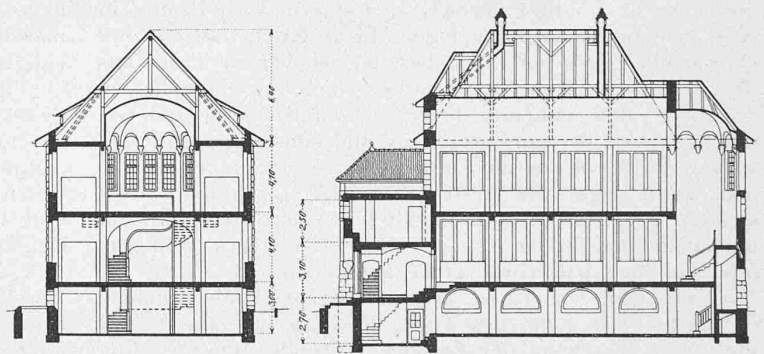


Abb. 4. Querschnitt. — Masstab 1 : 400. — Abb. 5. Längsschnitt.

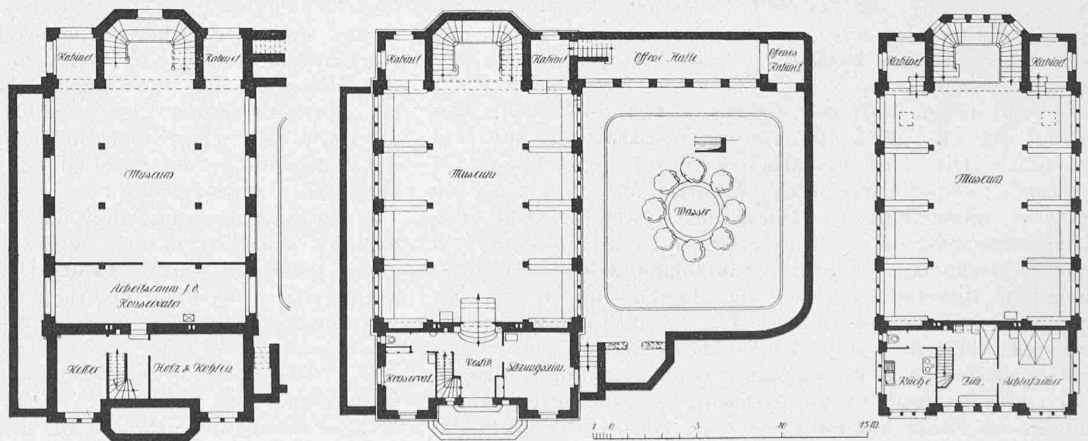


Abb. 1 bis 3. Grundrisse des Vindonissa-Museums in Brugg. — Masstab 1 : 400.

für diesen Bau gewählt, der dicht am Eingang ins alte Städtchen Brugg liegt. Der Zugang erfolgt von Osten durch einen, dem eigentlichen Museum vorgelagerten niedrigeren Torbau, der ebenerdig die Räume für den Konservator, im

¹⁾ Band LVI, Seite 186, Tafel 39 und 40.