Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 77/78 (1921)
Heft: 2

Artikel: Die stereoautogrammetrische Geländevermessung
Autor: Helbling, Robert
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-37206

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 28.07.2025

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

INHALT: Die stereoautogrammetrische Geländevermessung. — Das Wohnhaus „Im Guggi". — Internationaler Wettbewerb „Basel-Bodensee". — Schwerer Unfall bei Gleichstrom-Nutzbremsung auf der „Chicago, Milwaukee & St. Paul Rd." — Miscellanea: „Standesfragen". Versuche mit autogen geschweissten Probestücken. Kinematographie mit 50 000 Aufnahmen in der Sekunde. Schweizerische Bundesbahnen. Internationale Automobil-Ausstellung Basel 1921. Eidgen. Amt für geistiges Eigentum. Die Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen. — Konkurrenzen: Bebauungsplan für das „Terrain des Asters" in Petit-Saconnex. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Stellenvermittlung.
Tafeln 3 bis 6: Das Wohnhaus „Im Guggi".

Band 77. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. **Nr. 2.**

Die stereoautogrammetrische Geländevermessung.

Von Dr. *Robert Helbling* in Flums.

(Fortsetzung von Seite 9.)

Die stereo-photogrammetrischen Methoden wurden im Laufe weniger Jahre in Bezug auf Instrumente, Feld- und Zimmer-Arbeit (bei dieser wurde namentlich der ungenaue und mühsame graphische Punktauftrag durch rechnerische Punktbestimmung ersetzt), nicht unwesentlich verbessert. Aber trotzdem blieb noch immer auch die Stereophotogrammetrie ein mühsames Zusammenspiel von Ablese-, Rechen- und Auftrags-Operationen, sodass auch sie nicht als befriedigende und abgeschlossene Lösung der Einführung der Photogrammetrie in die Vermessungspraxis angesehen werden konnte.

Wir haben gesehen, dass die drei Schlittenbewegungen des Stereokomparators den in den Horizont projizierten Bewegungen in den drei Dimensionen des Raumes entsprechen. Darum muss jede Stellung der drei Schlitten *einem* Punkte des Raumes und nur diesem entsprechen. Dies war die Ueberlegung, die im Jahre 1908 *Eduard von Orel,* damals Offizier im militär-geographischen Institut in Wien, zum schöpferischen Gedanken führte, die Möglichkeit zu verwirklichen, ohne Ablesung und ohne Rechnung den einer Schlittenbewegung entsprechenden Raumpunkt als kotierten Punkt im Horizonte festzuhalten, d. h. *dem Stereokomparator einen Uebertragungsapparat anzugliedern, der jede Rechenoperation überflüssig macht und die Beobachtungsergebnisse sofort in vollkommen automatischer Weise auf ein Zeichenblatt niederlegt.* Dieser Gedanke führte in der Folge zum Bau einer Präzisionsmaschine ersten Ranges, zum Bau des *Stereoautographen*, der in stets verbesserten Modellen 1908, 1911 und 1914 von der Firma Carl Zeiss in Jena konstruiert und gebaut wurde (z. B Abb. 8). Die Photogrammetrie, die auf Verwendung des Stereoautographen beruht, wird *Stereoautogrammetrie* genannt.

Das im Autographen zur Auswertung gelangende Plattenmaterial wird nach den gleichen Grundsätzen aufgenommen wie in der Stereophotogrammetrie. Insbesonders ist es nötig, die Stationen nach geodätischen Methoden der Lage und Höhe nach zu bestimmen. Die Standlinienlänge wird mittels Distanzmess-Schraube am Phototheodoliten mit einer Genauigkeit von $^1/_{30000}$ bis $^1/_{10000}$ ihrer Länge optisch bestimmt. Ferner wird zur sichern Einbindung der zentralperspektivischen Strahlenbüschel in die geodätischen Grundlagen eine entsprechende Anzahl Kontrollpunkte trigonometrisch bestimmt, deren Bilder auf den Platten sichtbar sind. Nach Erledigung der hieraus sich ergebenden trigonometrischen Rechnungen gelangen dann die Plattenpaare in ungestörter Zimmerarbeit zur automatischen Auswertung im Autographen, d. h. ohne irgendwelche weitern Punktbestimmungen und Konstruktionen. Der dem Komparator angekuppelte Uebertragungsapparat ist ein pantographenartig wirkendes Hebelsystem, das die bei stereoskopischer Betrachtung eines Bildes stattfindenden Einstellbewegungen, also alle Seiten- und Tiefenbewegungen der Komparatorschlitten, aufnimmt und auf einen mit dem System starr verbundenen Zeichenstift überträgt. Die Hebelarme besorgen also automatisch das gleiche, was in der Stereophotogrammetrie noch rechnerisch oder graphisch geschehen war, nämlich die Umwandlung zweier Zentralperspektiven in eine Orthogonalprojektion.

Mechanische Vorrichtungen gestatten, die Einstellmarken während der Beobachtung in beliebigen Richtungen auf der scheinbaren Oberfläche des stereoskopischen Raumbildes *fortlaufend* zu verschieben, wobei der Zeichenstift, da er ja mit den Komparatorschlitten durch die pantographenartig wirkenden Hebelarme verbunden ist, gezwungen wird, die gleichen Bewegungen in der Horizontalprojektion mitzumachen, bezw. vollkommen automatisch auf das Zeichenblatt zu zeichnen. Man ist also mit dem Stereoautographen zunächst im Stande, beliebige, in der Photographie sichtbare Linien, soweit man ihnen mit der Messmarke des Stereokomparators folgen kann, wie Flussläufe, Kammlinien, Wege, Kulturgrenzen u. a. m. ohne weiteres als kontinuierliche Linien im Grundriss auf das Zeichenblatt im gewollten Masstabe aufzutragen.

Durch eine andere Vorrichtung kann erreicht werden, dass die Einstellmarke sich nur noch in einer in ihrer Höhenlage ziffernmässig eingestellten Horizontalebene bewegen kann. Nun kann die Einstellmarke nicht mehr beliebigen Punkten des Stereobildes aufgesetzt werden, sondern nur noch Punkten, die auf der Schnittlinie dieser

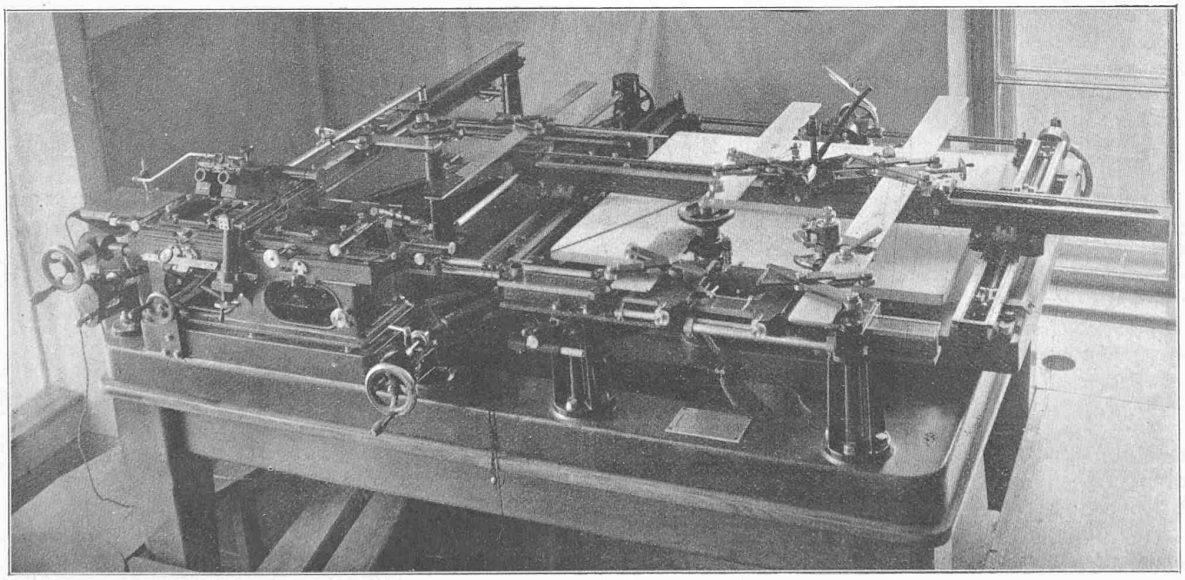

Abb. 8. Der als „Modell 1911" von Carl Zeiss, Jena, konstruierte Stereoautograph.

Ebene mit der scheinbaren Oberfläche des Stereobildes d. h. auf Punkten gleicher Höhe liegen. Mechanisch ist wieder die Einrichtung getroffen, dass die Marke auch der kontinuierlichen Folge dieser Punkte, also den Höhenkurven folgt und der Zeichenstift diese Kurven in Horizontalprojektion aufzeichnet.

Im Stereoautographen können also einzelne Punkte, beliebige Linien und die Höhenkurven automatisch aus den Platten gewonnen und aufgezeichnet werden.

Dadurch, dass beim stereoautogrammetrischen Auswerten photographischer Bilder jede Rechen- und Auftragoperation ausgeschaltet wird, entfällt auch der letzte Einwand gegen die Photogrammetrie, der Hinweis auf die allzu zeitraubende und mühselige Zimmerarbeit, denn der Vorteil abgekürzter Feldarbeit bleibt erhalten. Autogrammetrische Geländeaufnahmen bedürfen, Feld- und Zimmerarbeit zusammengerechnet, eines bedeutend kleinern Zeitaufwandes als Messtisch- und Tachymeteraufnahmen. In diesem Entwicklungstadium, also als Stereoautogrammetrie hat nun aber die Photogrammetrie nicht nur ihre eigenen bisherigen Methoden überwunden, sondern tritt im Bereiche ihrer Anwendbarkeit mit allen übrigen Arten der Gelände-Aufnahmen in erfolgreichen Wettbewerb.

Mit der vermehrten Genauigkeit in der Auswertung des Plattenmateriales ging auch Hand in Hand der Ausbau der Feldarbeit, zunächst durch wesentliche instrumentelle Verbesserungen (Abb. 9 u. 10): grössere Stabilität der Aufstellung, bessere Zieleinrichtungen, optische Mittel zur schärfern Bestimmung der Standlinien, bessere Konstanz der Bildweite, geometrisch treu zeichnende Objektive, schärfere Bestimmungsmöglichkeit der Brennweite, besonderes Plattenmaterial u. s. w. Methodisch gelangte man zu einer viel schärfern und gesicherten geodätischen Orientierung der Strahlenbüschel der photographischen Bilder u. s. w. Das sind alles Fortschritte, deren Bedeutung von der alten Photogrammetrie zu wenig beachtet worden sind und deren Vernachlässigung häufig zu Misserfolgen geführt hatte. Wenn auch heute noch neue Fortschritte zu erwarten sind, so ist doch schon jetzt die moderne Photogrammetrie zu einer *Präzisionsmethode* geworden. Sie eignet sich daher nicht nur für die kleineren Masstäbe einer Landesaufnahme, sondern im Besondern auch für grössere und grösste Masstäbe, wie sie technischen Anforderungen bei Eisenbahn-Vorarbeiten, Bau von Wasserkraftanlagen, Talsperren u. a. m. entsprechen.

Bevor wir aber des Nähern diese Tatsache begründen können, ist es nötig, Bau und Wirkungsweise des Autographen wenigstens in den Grundlagen kennen zu lernen.

II. Das Prinzip des Stereoautographen.

Zur Erklärung des einfachen mechanischen Prinzipes des Stereoautographen ist die Kenntnis der stereophotogrammetrischen Grundformeln nötig.

Wir gehen aus von der Entfernungsformel der Messtisch-Photogrammetrie

$$Z' = \frac{\sin(\varphi'' - \alpha'')}{\sin(\varphi'' - \varphi' + \alpha' - \alpha'')} \cdot B \cdot \cos\alpha' \qquad (1)$$

Abgesehen von der für die Rechnung unbequemen und ungünstigen Form ist diese Gleichung stereophotogrammetrisch deshalb nicht zu gebrauchen, weil sie das am schärfsten bestimmbare Punktelement, die stereoskopische Parallaxe, gar nicht enthält. Entwickelt man aber diese Gleichung nach den trigonometrischen Funktionen und setzt man für

$\varphi'' - \varphi' = \delta$ (= Konvergenzwinkel, siehe Abb. 3, S. 7)

und für $\varphi'' = \delta + \varphi'$

und führt man ferner die Werte ein:

$$\operatorname{tg}\alpha' = \frac{x'}{f} \text{ und } \operatorname{tg}\alpha'' = \frac{x''}{f}$$

dann erhält man schliesslich die Formel

$$Z' = \frac{(B\sin\varphi' + B\cos\varphi'\operatorname{tg}\delta)\cdot f - (B\cos\varphi' - B\sin\varphi'\operatorname{tg}\delta)\,x''}{a + f\cdot\operatorname{tg}\delta + \frac{x'x''}{f}\cdot\operatorname{tg}\delta} \qquad (2)$$

Diese Formel drückt nun die Beziehungen der Raumkoordinate Z' zur Parallaxe und zu den Bildpunktkoordinaten direkt aus, sie ist gültig für Plattenpaare mit konvergenten Axen. Da aber im allgemeinen nicht mit beliebig gerichteten Axen aufgenommen wird, hat diese Formel keine grössere praktische Bedeutung.

Für parallel-gedrehte Plattenpaare wird $\varphi' = \varphi''$; die Formel (1) nimmt daher die Form an

$$Z' = \frac{\sin(\varphi - \alpha'')}{\sin(\alpha' - \alpha'')} \cdot B\cos\alpha'$$

Entwickelt man nun wieder in analoger Weise wie oben, dann erhält man als brauchbare Entfernungsformel für parallel-gedrehte Plattenpaare:

$$Z' = \frac{B\sin\varphi\cdot f - B\cdot\cos\varphi\cdot(x' - a)}{a} \qquad (3)$$

Bei *normalen Plattenpaaren* ist $\varphi' = \varphi'' = 90^0$. In diesem Falle wird die Formel (1) noch einfacher, man erhält $Z' = \frac{\cos\alpha''}{\sin(\alpha' - \alpha'')}\cdot B\cos\alpha'$ und entwickelt hieraus:

$$\left.\begin{array}{l} E = \frac{B}{a}\cdot f \\ \text{woraus sich die übrigen Raumkoordinaten wie früher ergeben} \\ Y' = \frac{E}{f}\,y' \text{ und } X' = \frac{E}{f}\,x' \end{array}\right\} \quad (4)$$

Der Einfachheit halber beziehen wir uns im folgenden ausschliesslich auf diese letzten Formeln, da sie in klarerer Weise gestatten, Einblick in das Wesen der automatischen Plattenauswertung zu geben, als die allgemeinern aber komplizierteren Formeln, die allerdings in der Wirklichkeit ebenso grosse Bedeutung haben und dementsprechend berücksichtigt werden.

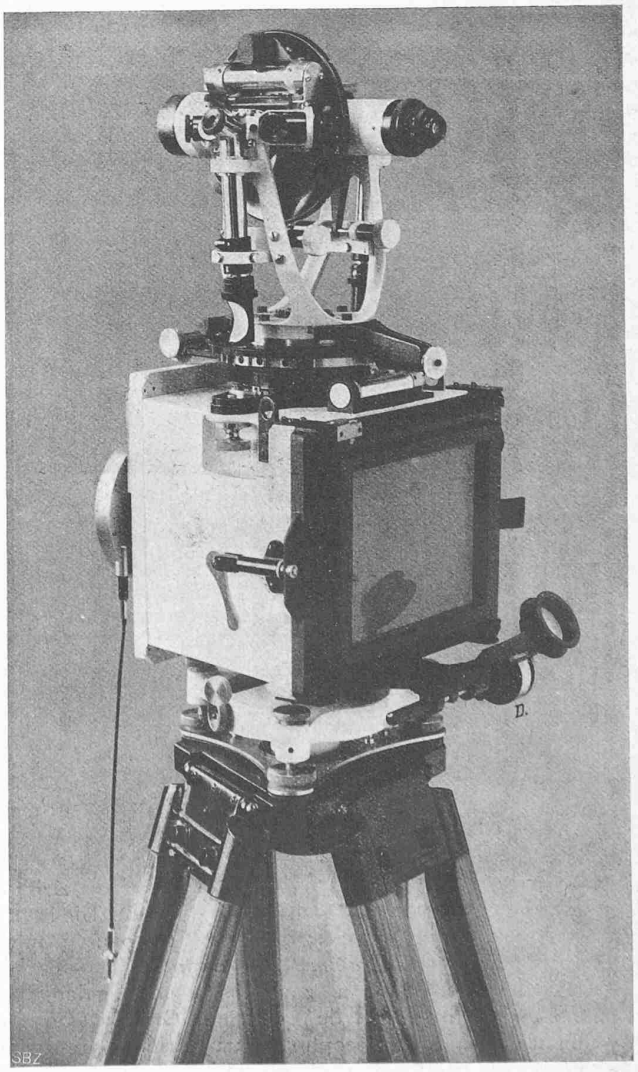

Abb. 10. Photo-Theodolit von Carl Zeiss (*D* = Distanzmess-Schraube).

Die eben aus der Abstandsformel der Messtischphotogrammetrie abgeleiteten stereophotogrammetrischen Grundformeln lassen sich für Plattenpaare mit senkrechten optischen Axen in einfachster Weise nach Abb. 11 natürlich auch direkt ableiten. Statt die Raumkoordinaten nach den obigen Formeln rechnerisch oder mit rechnerischen Hilfsmitteln zu bestimmen, könnte die Lage eines Punktes und dessen Höhe auch ohne jede Rechnung konstruktiv-mechanisch ermittelt werden, nach einer Anordnung wie sie Abb. 12 schematisch zeigt.

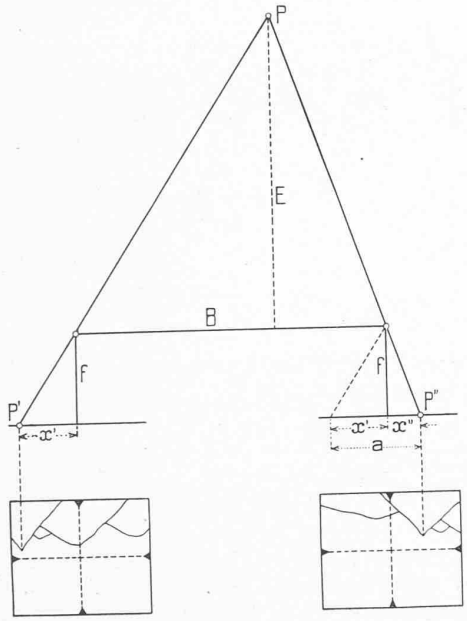

Abb. 11.

Auf einer Geraden GG liegen die festen Drehaxen I, II und III der drei Lineale, die Richtungslineal, Höhenlineal und Parallaxenlineal genannt werden mögen. Das Höhenlineal ist rechtwinklig geknickt und dreht sich im Scheitel des rechten Winkels um die Axe II.

Im Abstand f = Brennweite des Objektives des Photo-Theodoliten sei eine weitere Gerade $G'G'$, auf der zwei Skalen liegen, die Abszissenskala x' und die Parallaxenskala a. Eine dritte Skala, die Ordinatenskala y' liegt senkrecht auf der Geraden GG im Abstand f vom Drehpunkt II. Sind diese Skalen entsprechend den Komparatormasstäben geteilt und justiert und stellt man an ihnen die drei Lineale auf die Beträge der im Komparator abgelesenen Punktelemente ein, dann ist sofort klar, dass das *Richtungslineal* die Lage des in den Horizont projizierten Strahles vom Standpunkt I nach dem Objekte, das *Höhenlineal* die Umlegung in den Horizont dieses gleichen in die Hauptvertikalenebene projizierten Strahles wiedergibt, während das *Parallaxenlineal* die Lage des Objektstrahles im Horizonte des Standpunktes II verkörpert.

Längs der Geraden GG liegt die mit dem Drehpunkt III festverbundene Standlinienskala B, die mit der Führung J auf den masstäblichen Betrag der Standlinie eingestellt werden kann; die Führung J trägt eine Axe JJ', die zur Axe GG senkrecht steht. Wird nun die Standlinie B im gewünschten Kartierungsmasstabe mit der Führung J eingestellt und die Lage der Axe JJ' festgeklemmt, dann trifft das Parallaxenlineal die Axe JJ' im Punkte M. Aus der Aehnlichkeit der bezüglichen Dreiecke folgt:

$$MJ : B = f : a \text{ und } MJ = \frac{B}{a} \cdot f$$

Nun ist aber der Ausdruck rechts nach den Formeln (4) der analytische Ausdruck für die Distanz E vom Standpunkt I zum Objektpunkt eines Normalplattenpaares, und da die Standlinie B masstäblich eingestellt wurde, muss auch die Distanz E des Punktes (x', y', a) masstäblich sein.

Parallel zur Axe GG kann ein Lineal LL, die „Brücke" genannt, bewegt werden. Die Brücke trägt eine feste Führung h_0, in der eine weitere Skala, die Höhenskala, festgeklemmt werden kann. Klemmt man diese Höhenskala in der Führung h_0 auf die Höhenzahl des linken Standpunktes und bewegt man nun die Brücke bis zum Schnittpunkt des

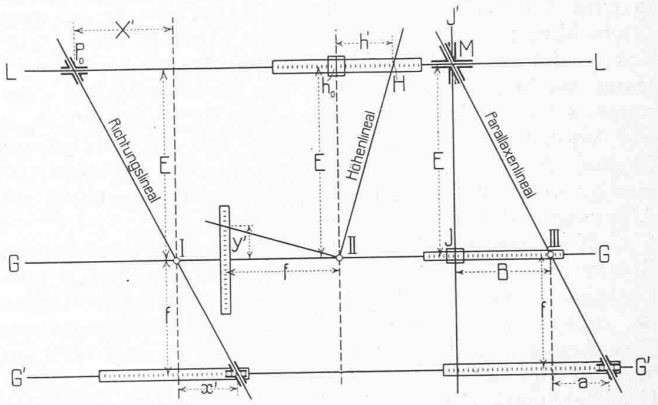

Abb. 12.

Parallaxenlineals mit der Axe JJ', dann folgt aus der Aehnlichkeit der bezüglichen Dreiecke die Proportion:

$$h_0\text{II} : h' = f : y'$$

d. h.

$$MJ : h' = f : y'$$

$$h' = \frac{MJ}{f} \cdot y' = \frac{E}{f} \cdot y'$$

Dies ist der analytische Ausdruck der Höhe eines Punktes, es kann also nach Einstellung der Brücke die Höhe unmittelbar abgelesen werden.

Ferner gilt noch die Proportion:

$$X' : MJ = x' : f$$

$$X' = \frac{MJ}{f} \cdot x' = \frac{E}{f} \cdot x'$$

Dies ist der analytische Ausdruck für den Abstand X' von der optischen Axe. Auch X' könnte an einem Masstab abgelesen werden. P_0 gibt aber unmittelbar die Lage des Punktes P wieder, da P_0 sowohl auf dem Richtungslineal wie auch im Abstand E von der Geraden GG liegen muss, also nur im Schnittpunkt der Brücke mit dem Richtungslineal liegen kann, d. h. im Punkte P_0. Legen wir unter das Linealsystem ein Zeichenblatt, das

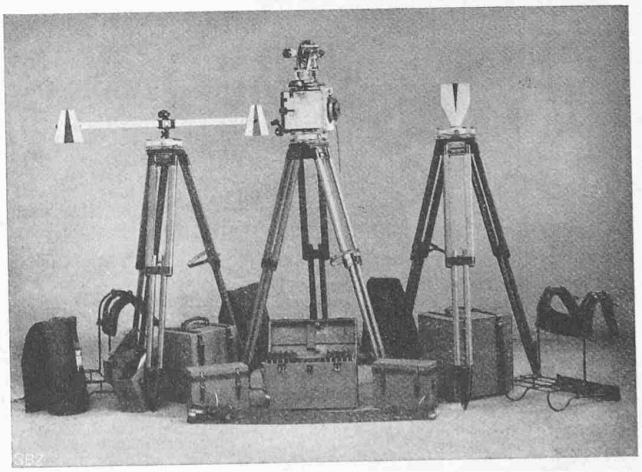

Abb. 9. Stereophotogr. Feldinstrumentarium für Basismessung und Aufnahme.

so orientiert ist, dass unter dem Punkte I der „Standpunkt links" liegt und die auf dem Blatte gezeichnete optische Axe der „Platte links" mit der Nullstellung des Richtungslineales (senkrechte Stellung zu GG) übereinstimmt, dann kann durch einen in P_0 angebrachten Stift der zu bestimmende Punkt auf das Zeichenblatt übertragen und die bei H abgelesene Höhe hinzugeschrieben werden.

Es können also nach der besprochenen Anordnung die drei Raumkoordinaten rein mechanisch und ohne Rechnung bestimmt werden. Aber diese Punktermittelung wäre noch reichlich mühsam, denn sie würde erfordern: 1. Das Ablesen der drei Punktelemente am Komparator; 2. das Einstellen der drei Punktelemente am Auftragapparat.

Diese Ablesungen und Einstellungen lassen sich jedoch in einfacher Weise durch direkte Kuppelung der Komparatorschlitten mit den entsprechenden Linealen des Auftrag-Schema im Abstand f (Abbildung 13) überflüssig machen. Dann machen beim Einstellen der Messmarke des Komparators diese Lineale genau die gleichen Bewegungen wie vorher bei den Einstellungen an den bezüglichen Skalen. Nur die Brücke muss noch von Hand nachgestellt werden und mit Ausnahme der Höhenablesung fallen alle Ablesungen dahin.

Nun liegt der Gedanke nahe, auch die Bewegung der Brücke zu automatisieren, was durch Kuppelung des Parallaxenlineals mit der Brücke scheinbar leicht möglich ist, wobei die Brücke von der Parallaxenschraube des Komparators aus bewegt würde. Diese Lösung scheitert aber an der technischen Unmöglichkeit, das ungünstige Uebersetzungsverhältnis der kleinen Parallaxendifferenzen zu den viel grössern Beträgen der Entfernungen genau genug zur Auswirkung gelangen zu lassen. Diese Konstruktionschwierigkeit kann indessen durch Verlegung des mechanischen Angriffspunktes behoben werden (Abb. 13), d. h. man bewegt die Brücke mit dem sogenannten Tiefenrad direkt (mit Spindel und Kegelrad), durch die Brücke das mit ihr gekuppelte Parallaxenlineal und durch dieses endlich den Nebenschlitten. Man sucht nicht mehr die zu einer bestimmten Parallaxe gehörige Entfernung, sondern die aus jeder Entfernung sich ergebende Parallaxe, also die Verschiebung des Nebenschlittens, die nötig ist, um aus dem Plattenpaare im Gesichtsfelde des Stereoskopes ein Stereobild zu erhalten.

Es gestaltet sich nun die Kuppelung der Lineale unter sich und mit den Komparatorschlitten wie folgt (Abb. 13): Das Richtlineal ist durch die Führung F_1 mit dem Hauptschlitten, das Höhenlineal durch die Führung F_2 mit dem Höhenschlitten und das Parallaxenlineal durch die Führung F_3 mit dem Nebenschlitten gekuppelt, während die Brücke mit der Führung F_4 an das Parallaxenlineal gekuppelt ist, wobei die Führung F_4 längs der Axe JJ' gleitet. Das Richtungslineal wird vom Seitenrad, das Höhenlineal vom Höhenrad und die Brücke und das mit ihr gekuppelte Parallaxenlineal vom Tiefenrad bewegt. Der wieder im Punkte P_0 angebrachte Zeichenstift wird vom Seitenrad aus bewegt und gleitet dadurch längs der Brücke, während die Bewegung der Brücke vom Tiefenrad aus den Zeichenstift längs des Richtungslineals in die durch die Lage der Brücke bestimmte Entfernung vom Punkte I führt, wogegen das Höhenlineal, vom Höhenrad aus eingestellt, im Schnittpunkt dieses Lineals mit der Brücke die Höhe H ergibt. Die drei Einstellungen am Komparator bestimmen also die Lage des Punktes automatisch ohne Ablesungen am Komparator und ohne die Einstellungen im Schema der Abb. 12. Abgelesen wird nur die Höhenzahl.

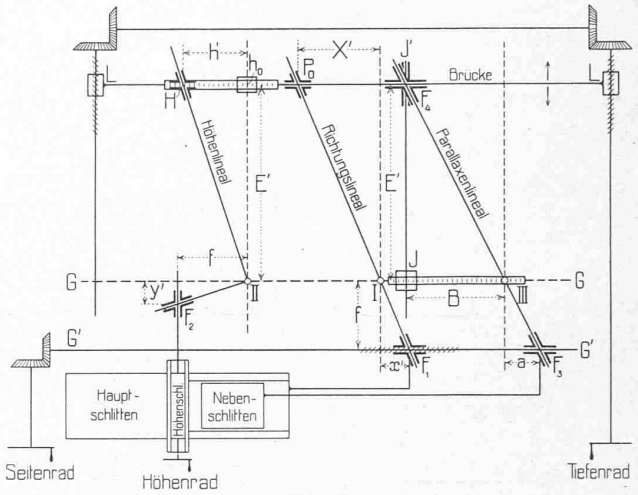

Abb. 13.

Wenn man nun den Höhenschlitten vom Höhenrad loskuppelt und gleichzeitig den längern Arm des Höhenlineals an bestimmter Stelle H der Höhenskala an der Brücke so festklemmt, dass der Punkt H noch längs des Höhenlineals gleiten kann, dann ist auch der Optikschlitten von der Brücke bezw. vom Tiefenrad aus beweglich. Ist die Teilung der Höhenskala im Masstabe der Kartierung gehalten und stellt man die Brücke auf die Entfernung eines Punktes ein, dann wird der Zeiger der Ordinaten-Skala automatisch auf das zugehörige y' eingestellt und damit die Messmarke auf den zu bestimmenden Punkt des Stereobildes, weil stets die Proportion besteht:

$$E : h' = f : y'$$

Da durch die Klemmung bei H der Wert h' nunmehr konstant ist, kann für einen bestimmten Wert E nur noch auf ein dieser Proportion entsprechendes y' eingestellt werden. Zur Bestimmung eines Punktes sind daher nur noch zwei Einstellungen nötig, nämlich die Einstellung des Hauptschlittens durch das Seitenrad, und des Nebenschlittens durch das Tiefenrad über die Brücke, während der Höhenschlitten von der Brücke aus automatisch bewegt wird. Die Bewegung des Höhenschlitten wird somit eine zwangläufige. Es kann nur noch auf Punkte der Höhe H eingestellt werden. Auf eine stetige Folge dieser Punkte kann eingestellt werden, indem gleichzeitig Tiefenrad und Seitenrad bewegt wird. Erfolgt die Bewegung der beiden Räder in kontinuierlicher Weise indem die Einstellmarke stets entlang der scheinbaren Oberfläche des Stereobildes geführt wird, dann zeichnet der Zeichenstift ebenfalls die kontinuierliche Folge der eingestellten Punkte, also die *Horizontalkurve* der Höhe H auf.

Wenn in irgend einem Moment dieser gleichzeitigen Betätigung von Seiten- und Tiefenrad die Entfernung bezw. die Parallaxe nicht richtig eingestellt wird, dann entspricht dieser „falschen" Parallaxe auch ein „falsches" y'; die Marke im Stereoskop sitzt dann nicht mehr der Oberfläche des Stereobildes auf, sondern schwebt in der Luft oder ist im Terrain eingesunken. Gegen beides reagiert das geübte menschliche Auge sofort infolge der überaus scharfen Erfassung von Parallaxendifferenzen. Das scharfe Zu-

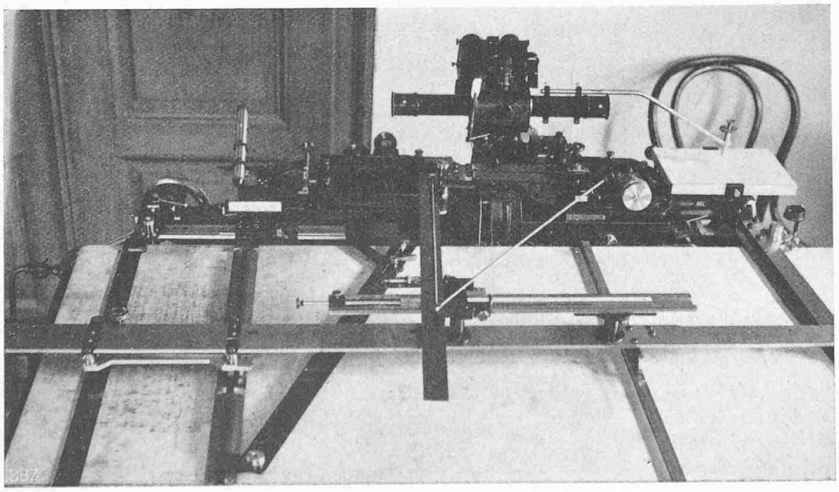

Abb. 14. Der stereoautogrammetrische Auftragcapparat nach Modell 1909.

sammenarbeiten der Beobachtung mit manuellen Bewegungen erfordert natürlich Uebung, indessen ist diese in einigen Monaten erworben. Voraussetzung ist hierzu, neben einer gewissen Geschicklichkeit, die Fähigkeit, gut stereoskopisch zu sehen. Sind diese Grundbedingungen erfüllt, dann ist der Arbeiter am Autographen eigentlich als ein Stück des Automaten anzusehen, denn er hat nichts anderes zu tun, als den im Instrumente bereits vollständig vorhandenen Beziehungen gerecht zu werden.

Wenn im Autographen der Verlauf eines Weges, eines Flusses, einer Kammlinie u. drgl. gezeichnet werden soll, dann muss gleichzeitig mit dem Seitenrad und mit dem Tiefenrad auch wieder das Höhenrad betätigt werden. Dessen Bewegung wird von einer drehbaren Fusscheibe aus bewirkt.

Die zur Zeichnung der Höhenschichten auf die Kopie der Platte links nötige Uebertragung der y' Bewegung wird in einfachster Weise durch einen an der Optik befestigten Arm besorgt, der mit einem Stift die Höhenkurve aufzeichnet, während die auf einem mit dem Hauptschlitten festverbundenen Brettchen aufgespannte Kopie alle Bewegungen in der x' Richtung mitmacht (Abb. 6 und 7 auf Seite 8 in Nr. 1).

Wenn also ein Punkt auf das Zeichenbrett entworfen werden soll, ist eine dreifache Einstellung nötig, nämlich die Einstellung mit Seitenrad, Tiefenrad und Höhenrad. Ein gleiches ist der Fall beim Entwurf beliebiger Linien des Stereobildes. Hierbei muss nun aber einer kontinuierlichen Folge von Punkten gefolgt werden, die wandernde Marke muss während ihrer ganzen Bewegung dem Stereobilde aufsitzen, deshalb muss dieses „Wandern" durch gleichzeitige entsprechende Bewegung der drei Schlitten bewirkt werden: gleichzeitig bewegen die linke Hand das Seitenrad, die rechte Hand das Tiefenrad und ein Fuss die Scheibe des Höhenschlittens. Beim Zeichnen der Höhenkurven dagegen wird das Höhenlineal auf die Höhenzahl der gewollten Kurve festgekuppelt, die Bewegung des Höhenschlittens mit der Fusscheibe fällt weg, da sie automatisch von der Brücke aus geschieht. Das Augenpaar des Beobachters muss unausgesetzt bestrebt sein, die wandernde Marke weder in das Stereobild eintauchen, noch in den Raum vor dem Bilde austreten zu lassen. Die hierzu nötige Uebung und Sicherheit ist dann erreicht, wenn die Hände so von den Augen beherrscht werden, dass die Bewegungen der Hände gar nicht mehr ins Bewusstsein treten, also selbsttätig erfolgen.

Die Entstehung dieses Instrumentes ist keineswegs in einem Gusse erfolgt; erst viele Ueberlegungen und mannigfache Versuchskonstruktionen führten von den einfachen, eben erläuterten Grundbegriffen bis zum komplizierten Bau der jetzt vorhandenen Maschine. Der Erfinder des Apparates, *Eduard v. Orel*, hat im Winter 1908, vom Wunsche getrieben, der mühseligen Rechen- und Auftragarbeit zu entrinnen, die grundlegenden Gedanken gefasst, die in einem Modell 1908 verkörpert sind. Nach diesem wurde schon im folgenden Jahre von der Firma Zeiss ein Modell 1909 (Abb. 14) geschaffen. Diese Instrumente zeigen noch einfachen Bau und können in ihrem ganzen Habitus noch am besten mit dem Pantographen verglichen werden. Wenn nun auch schon die ersten Versuche befriedigende Resultate zeigten und die Gewissheit gaben, dass auf dem betretenen Wege erfolgreich weiter zu arbeiten sei, so entsprachen die ersten Modelle doch noch nicht den gestellten Forderungen. Es zeigte sich, dass bei der ursprünglichen einfachen Bauart wesentliche Konstruktionseinflüsse, wie Einfluss des toten Ganges, elastische Deformation, Führungs- und Zentrierungsfehler unterschätzt worden waren.

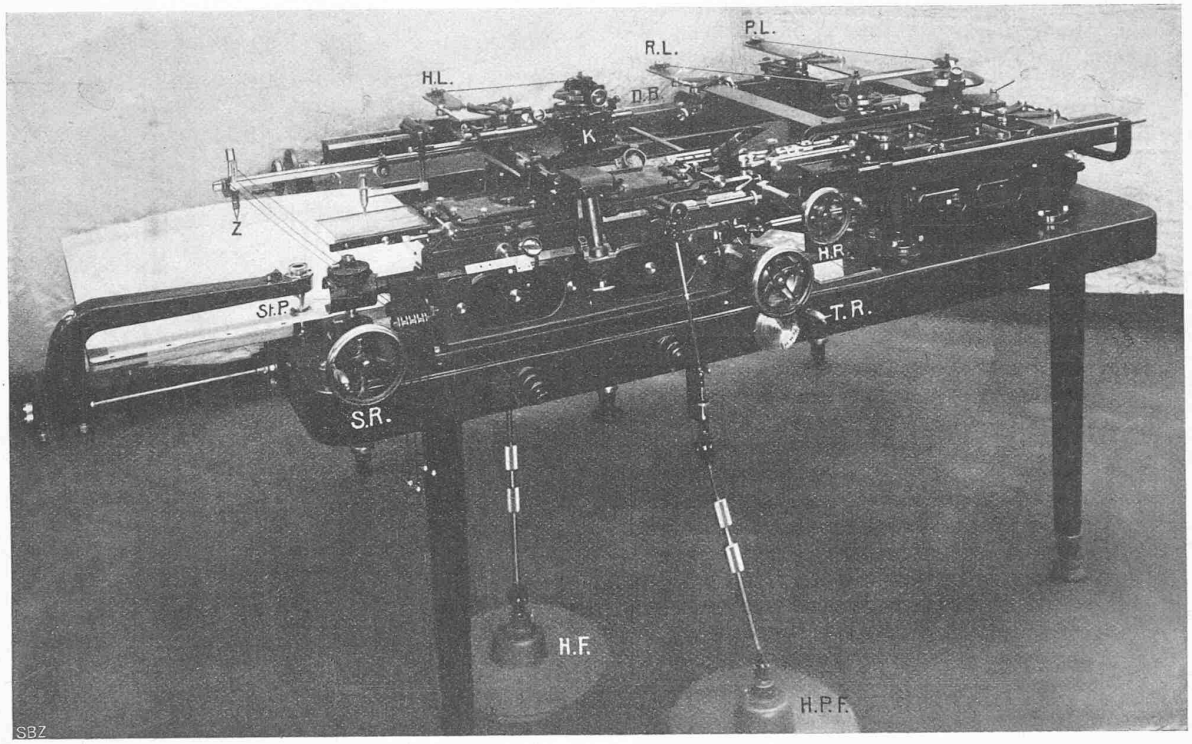

Abb. 15. Stereoautograph, konstruiert von Carl Zeiss, Jena. — Modell 1914.
LEGENDE: Z = Zeichenstift; $St\,P$ = Stationspunkt; $S\,R$ = Seitenrad; TR = Tiefenrad; HR = Höhenrad; HF = Höhen-Fusscheibe; HPF = Höhen-Parallax-Fusscheibe; KK = Komparator; DB = Distanz-Brücke; HL = Höhenlineal; RL = Richtungslineal; PL Parallaxlineal.

Auf Grund der gemachten Erfahrungen wurde schon 1911 ein neues Modell gebaut (Abb. 8), das noch weiter zu einem Modell 1914 ausgebaut wurde (Abb. 15). Es kann sich hier nicht darum handeln, die konstruktiven Einzelheiten dieser verschiedenen, stets weiter verfeinerten und verbesserten Bauarten zu besprechen. Es sei nur noch bemerkt, dass sowohl die beiden Platten, wie auch alle Ablesestellen am Stereoautographen durch kleine Glühlämpchen beleuchtet werden, sodass man beim Arbeiten am Apparat von der wechselnden Tageshelligkeit vollständig unabhängig ist.

Grundsätzlich unterscheiden sich die beiden neuern Apparate von den ursprünglichen dadurch, dass sie auch für die Auswertung parallel-gedrehter und konvergenter Plattenpaare eingerichtet sind. (Forts. folgt.)