

# Der v. Orel-Zeissische Stereoautograph und neue Vorschläge für seine weitere Ausgestaltung.

---

Von der

Technischen Hochschule zu Hannover

zur

Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs

genehmigte

**DISSERTATION.**

Vorgelegt von

**Willy Sander**

Diplom-Ingenieur.

---

Einlieferung der Arbeit: 30. Mai 1918.

Mündliche Prüfung: 24. Juli 1918.

# **Der v. Orel-Zeissische Stereoautograph und neue Vorschläge für seine weitere Ausgestaltung.**

---

Von der

Technischen Hochschule zu Hannover

zur

Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs

genehmigte

**DISSERTATION.**

Vorgelegt von

**Willy Sander**

Diplom-Ingenieur.

---

Einlieferung der Arbeit: 30. Mai 1918.

Mündliche Prüfung: 24. Juli 1918.

ISBN 978-3-662-24289-6      ISBN 978-3-662-26403-4 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-662-26403-4

**Referent:** Geheimer Regierungsrat Professor Dr. K. Oertel.

**Korreferent:** Geheimer Baurat Professor W. Schleyer.

1921.

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

## **Vorwort.**

Ein wesentlicher Teil der vorliegenden Arbeit ist während meiner beruflichen Tätigkeit in der Patentabteilung der Firma Carl Zeiss, Jena, entstanden. Ich sage der Firma für die Erlaubnis, diese Ausarbeitungen verwerten zu dürfen, meinen besten Dank.

Herrn Dr. v. Gruber, München, danke ich für die Ermächtigung, den Inhalt einer von ihm verfaßten Abhandlung, die meine Untersuchungen in wertvoller Weise ergänzt, hiermit zur Veröffentlichung zu bringen.

Jena, den 2. Mai 1918.

**Der Verfasser.**

# Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung: Abriß der Entwicklung des automatischen Auftragverfahrens . . . . .	1
Ermittlung der Beziehungen, die zwischen den Raumkoordinaten eines Objektpunktes und den Plattenkoordinaten der Bilder dieses Objektpunktes bestehen . . . . .	4
A. Die Hauptgleichungen des allgemeinen Falles . . . . .	4
B. Die Hauptgleichungen der Sonderfälle . . . . .	9
a) Der Normalfall . . . . .	9
b) Der erweiterte Normalfall . . . . .	9
c) Der Fall gleichmäßig verschwenkter Objektivachsen . . . . .	10
d) Der Fall konvergenter (divergenter) Objektivachsen . . . . .	10
Der Stereokomparator nach Prof. Dr. Pulfrich . . . . .	11
Der Stereoaograph . . . . .	12
I. Der Stereoaograph zur Auswertung von Bildplatten, die mit Objektiven von horizontaler Achsenrichtung gewonnen sind . . . . .	12
A. Handantrieb des Vertikalparallaxenschlittens <i>D</i> . . . . .	17
a) Ausführungsform <i>A</i> für den erweiterten Normalfall . . . . .	17
b) Ausführungsform <i>B</i> für den Fall gleichmäßig verschwenkter Objektivachsen. . . . .	20
c) Ausführungsform <i>C</i> für den Fall konvergenter (divergenter) Objektivachsen . . . . .	21
B. Selbsttätiger Antrieb des Vertikalparallaxenschlittens <i>D</i> . . . . .	23
Ausführungsform <i>D</i> für den Fall konvergenter (divergenter) Objektivachsen . . . . .	23
II. Der Stereoaograph zur Auswertung von Bildplatten, die mit Objektiven von nicht horizontaler und beliebiger gegenseitiger Achsenrichtung gewonnen sind . . . . .	33
A. Handantrieb des Vertikalparallaxenschlittens <i>D</i> . . . . .	33
a) Ausführungsform <i>E</i> (Lösung 1) . . . . .	34
b) Ausführungsform <i>F</i> (Lösung 2) . . . . .	39
c) Entwicklung weiterer Lösungen . . . . .	43
d) Ausführungsform <i>G</i> (Lösung 3) . . . . .	46
e) Ausführungsform <i>H</i> (Lösung 4) . . . . .	51
B. Selbsttätiger Antrieb des Vertikalparallaxenschlittens <i>D</i> . . . . .	55
a) Ausführungsform <i>J</i> (Lösung 1) . . . . .	56
b) Ausführungsform <i>K</i> (Lösung 2) . . . . .	65
C. Lösung von Dr. v. Gruber, mit Handantrieb des Vertikalparallaxenschlittens <i>D</i> . . . . .	70
a) Abbildung eines Objektes auf eine gegen die Lotrechte geneigte Bildplatte . . . . .	70
b) Abbildung eines Objektes auf zwei gegen die Lotrechte unter beliebigen Winkeln geneigte Bildplatten . . . . .	72
c) Ausführungsform <i>L</i> . . . . .	79
Schlußbemerkungen . . . . .	84
Verzeichnis der benutzten Schriften . . . . .	85

**Sonder-Abdruck,**  
aus der  
**„Zeitschrift für Instrumentenkunde“ 41. S. 1–27. 1921.**

Verlag von Julius Springer, Berlin W.  
Nachdruck verboten.

---

**Der v. Orel-Zeissische Stereoautograph und neue Vorschläge  
für seine weitere Ausgestaltung<sup>1)</sup>.**

Von  
Dr. Ing. **Willy Sander.**

(Mitteilung aus der optischen Anstalt von Carl Zeiss, Jena.)

**Einleitung.**

Die Stereophotogrammetrie hat sich aus der Photogrammetrie entwickelt, nachdem das stereoskopische Meßverfahren Eingang in die Praxis gefunden hatte, um dessen Ausbildung sich das Zeißwerk in Jena, und insbesondere dessen wissenschaftlicher Mitarbeiter Prof. Dr. Pulfrich, verdient gemacht hat. Wenn auch schon ältere Vorschläge stereoskopischer Meßapparate zu finden sind<sup>2)</sup>, so können doch der nach der Idee von De Groussilliers im Zeißwerk gebaute stereoskopische Entfernungsmesser<sup>3)</sup>, der 1899 der Öffentlichkeit übergeben worden ist, und der im Anschluß daran von C. Pulfrich erfundene Stereokomparator<sup>4)</sup>, der 1901 fertiggestellt wurde, als die ersten praktischen stereoskopischen Meßinstrumente bezeichnet werden.

Der erste Versuch zur praktischen Erprobung der Stereophotogrammetrie für die Zwecke der Topographie ist 1903 in Jena von C. Pulfrich in Gemeinschaft mit dem Generalmajor Schulze, Chef der topographischen Abteilung der Preussischen Landesaufnahme, und dem Topographen Seliger gemacht worden. Über die Ergebnisse dieses Versuches liegt ein Bericht von C. Pulfrich vor<sup>5)</sup>. 1904 hat dann der k. u. k. Oberst Freiherr v. Hübl, vom k. u. k. Militärgeographischen Institut in Wien, den Stereokomparator für die Zwecke der österreichischen Landesaufnahme nutzbar gemacht. Auf seine Veranlassung wurden in Tirol stereophotogrammetrische Aufnahmen gemacht, die dann dem Zeißwerk zur Erprobung des Stereokomparators zur Verfügung gestellt wurden. Über die ersten Ergebnisse des neuen Aufnahme-

---

<sup>1)</sup> Am 30. Mai 1918 bei der Technischen Hochschule in Hannover als Doktordissertation eingereicht.

<sup>2)</sup> v. Rohr, M., „Die binokularen Instrumente“, Berlin, 1907, S. 134 bis 136, 139, 158 bis 161, 179 bis 184.

Pulfrich, C., „Neue stereoskopische Methoden und Apparate“, Berlin, 1912, S. 7 bis 11.

<sup>3)</sup> Pulfrich, C., „Über den von der Firma Carl Zeiss in Jena hergestellten stereoskopischen Entfernungsmesser“, *Physikal. Zeitschr.* 1. S. 98. 1899.

<sup>4)</sup> Zuerst bekannt gemacht auf der Naturforscherversammlung in Hamburg am 23. September 1901.

<sup>5)</sup> Pulfrich, C., „Über einen Versuch zur praktischen Erprobung der Stereophotogrammetrie für die Zwecke der Topographie“, *diese Zeitschr.* 23. S. 317. 1903.

und Meßverfahrens liegt ein Bericht<sup>1)</sup> des Frh. v. Hübl vor. Frh. v. Hübl hat dafür gesorgt, daß in Österreich die Methode der Stereophotogrammetrie stetig zunehmende Verwendung gefunden hat, worauf es zurückzuführen ist, daß das k. und k. Militärgeographische Institut auf diesem Gebiet bahnbrechend geworden ist und daß mannigfache Verbesserungsvorschläge von ihm ausgehen.

Je mehr man nach der neuen Methode arbeitete, desto störender wurde das Mißverhältnis zwischen der Feldarbeit und der Zimmerarbeit empfunden. Man hatte zwar gute Aufnahmeapparate zur Verfügung, mittels deren man ein großes Terrain in kurzer Zeit aufnehmen konnte, aber die Kartierung erforderte, trotzdem die von C. Pulfrich angegebene Zeichenvorrichtung<sup>2)</sup> als ein gutes Hilfsmittel zur Verfügung stand, einen erheblichen Zeitaufwand, da Punkt für Punkt der Schichtenlinienpläne mühsam aufgetragen werden mußte. Als eine ganz ansehnliche Leistung galt schon die Auftragung von 25 bis 30 Punkten in der Stunde. Es ist daher nicht verwunderlich, daß der Wunsch nach neuen, bequemerem Auftragsmethoden rege wurde.

Von dem Devilleschen Vorschlag<sup>3)</sup> abgesehen, erkannte man bald, daß eine wesentliche Verbesserung nur durch eine zwangsläufige Verbindung des Stereokomparators mit einer Zeichenvorrichtung erzielt werden konnte, dergestalt, daß die Schlittenbewegungen des Stereokomparators die Bewegungen des Zeichenstiftes so beeinflussen, daß die Beziehungen aufrechterhalten werden, die zwischen den Raumkoordinaten der Objektpunkte und den Plattenkoordinaten der Objektpunktbilder bestehen. Da man bei der Aufnahme noch lediglich nach dem sogenannten Normalfall arbeitete, d. h. die Aufnahmeapparate so zur Standlinie aufstellte, daß die Bildplatten in einer der Standlinie parallelen Lotebene lagen, so war die Aufgabe eigentlich keine schwierige. Immerhin hat es geraumer Zeit bedurft, bis eine gute Lösung gefunden wurde.

Den ersten Schritt auf diesem Wege tat der Lehrer der Topographie an der Militär-Ingenieurschule in London, Leutnant V. Thompson, indem er 1907 den sogenannten „Stereoplotter“<sup>4)</sup> ersann. Von der angestrebten befriedigenden Lösung war dieser Apparat noch weit entfernt. Immerhin gelang es, die Auftragsleistung auf 100 bis 150 Punkte in der Stunde zu steigern.

Unabhängig von Thompson arbeitete der damalige k. und k. Oberleutnant, jetzige Major v. Orel vom Militärgeographischen Institut in Wien an der Lösung der Aufgabe, und es gelang ihm, einen den Anforderungen des Normalfalles vollauf entsprechenden Apparat zu erfinden, der anfänglich Autostereograph, später Stereoautograph benannt wurde.

Das erste Modell dieses Apparates<sup>5)</sup> wurde nach Angabe des Erfinders 1908 von der Firma Rost in Wien hergestellt. Es erforderte zur Bedienung außer dem

---

<sup>1)</sup> v. Hübl, A., „Die stereophotogrammetrische Terrinaufnahme“, *M. d. k. u. k. M. J.*, Wien **23**, 1904.

<sup>2)</sup> Pulfrich, C., „Über einen Versuch zur praktischen Erprobung der Stereophotogrammetrie für die Zwecke der Topographie“, *Diese Zeitschr.* **23**, S. 317. 1903.

<sup>3)</sup> Deville, E., „On the Use of Wheatstone Stereoscope in Photographing Surveying“, *Transactions of the Royal Society of Canada*, 1902/03. S. 63.

<sup>4)</sup> Thompson, V., „Stereo-Photo-Surveying“, *The Geographical Journal. London.* **31**, S. 534. 1908. — Dolezal, E., „Stereoplotter des englischen Leutnants V. Thompson“, *J. A. f. Ph.*, **3**, S. 130. 1912.

<sup>5)</sup> v. Orel, E., „Der Stereoautograph als Mittel zur automatischen Verwertung von Komparatordaten“, *M. d. k. u. k. M. J.* **30**, Wien. 1911.

Beobachter am Stereokomparator noch einen weiteren Gehilfen zum Einstellen des Zeichenstiftes, gestattete also noch kein vollkommen automatisches Planzeichnen. Die weitere Ausarbeitung des Apparates übernahm dann das Zeisswerk. Seiner Mitarbeitern im Verein mit v. Orel ist es zu danken, daß bereits 1909 ein Stereoaograph vorlag, der nur einen einzigen Bedienernden erforderte und dabei gestattete, beliebige Linien des Geländes, insbesondere Höhenschichtenlinien, automatisch aufzuzeichnen. Der Apparat erlaubte eine außerordentliche Steigerung der Auftragsarbeit. Es wurde möglich, einen fast lückenlosen Schichtenplan eines Alpengebietes von 20 qkm Ausdehnung im Maßstab 1:25 000 in 16 Stunden auszuarbeiten<sup>1)</sup>.

Die dem Stereoaographen übertragene Aufgabe wurde bald mehr erweitert. Als man erkannt hatte, daß bei der Aufnahme von ein und derselben Standlinie aus vorteilhaft nicht nur der Normalfall berücksichtigt wird, sondern auch derjenige Fall, in dem die Horizontalprojektionen der Objektivachsen gegen die mit ihnen in ein und derselben Ebene liegende Senkrechte zur Standlinie gleichmäßig nach links oder rechts verschwenkt sind, oder auch der weitere Fall, in dem die Horizontalprojektionen der Objektivachsen gegeneinander konvergent, bzw. divergent sind, verlangte man vom Stereoaographen auch die Auswertung diesen Fällen entsprechender Bildplatten. Dem Zeisswerk gelang die geforderte Weiterbildung des Apparates; 1913 wurde das erste Modell fertiggestellt<sup>2)</sup>.

An die Aufnahme war immer noch die Bedingung geknüpft, daß die Objektivachsen horizontal gerichtet waren. So lange man dabei blieb, Aufnahmen nur von festen Punkten der Erde aus zu machen, konnte man diesen Bedingungen allenfalls Rechnung tragen, wenngleich auch schon bei solchen Aufnahmen häufig Geländebeziehungen vorlagen, denen man sich nicht restlos anpassen konnte. In letzter Zeit hat es sich aber immer mehr als wünschenswert herausgestellt, Aufnahmen von Luftfahrzeugen aus zu machen. In diesem Falle empfiehlt es sich, den Objektivachsen eine Neigung gegen die Horizontalebene zu erteilen, um so den ausnutzbaren Teil der Platten zu vergrößern.

Mit der Aufgabe der Verwertung solcher Aufnahmen haben sich insbesondere der k. u. k. Hauptmann Th. Scheimpflug und nach dessen Tode der inzwischen ebenfalls verstorbene Ingenieur G. Kammerer, Wien, beschäftigt. Sie fußten dabei auf der Methode, die Bildplatten mittels eines sogenannten Perspektographen umzubilden und die erzeugten Umbildungen auf einem geeigneten Auftragapparat auszuarbeiten. In der Literatur ist über einen solchen Auftragapparat nur die Bemerkung zu finden, daß er im Bau ist<sup>3)</sup>. Eine Beschreibung liegt noch nicht vor.

<sup>1)</sup> Eine verwandte Lösung, die voraussetzt, daß beide Bilder eines Objekts auf ein und derselben Bildplatte aufgenommen sind, ist später von Dr. techn. Zaar angegeben worden. Siehe „Ein photogrammetrischer Auftragapparat“, *J. A. f. Ph.* **4.** S. 200. 1913/14. Weitere Auftragapparate nach der Art des Orel'schen sind angekündigt von Dr. Ing. L. Günther in einem Vortrag „Die Photogrammetrie im Dienste der Technik“, vgl. die Sitzungsberichte des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleißes, *Jahrgang 1913*, S. 95, Berlin, und von dem k. u. k. Oberstleutnant Truck, vgl. „Die Bedeutung und Anwendung der Stereophotogrammetrie als Vermessungsmethode in der Ingenieurpraxis“, *J. A. f. Ph.* **4.** S. 93. 1913/14.

<sup>2)</sup> Mit der weiteren Ausbildung des Stereoaographen hat sich auch Prof. K. Fuchs in Preßburg beschäftigt. Siehe „Bemerkungen zum Orel'schen Stereoaographen“ *J. A. f. Ph.* **3.** S. 184. 1912.

<sup>3)</sup> Kammerer, G., „Th. Scheimpflugs Landvermessung aus der Luft“, *J. A. f. Ph.* **3.** S. 196. 1912.

Verfasser hat sich 1913 mit dieser Aufgabe beschäftigt. In einer unveröffentlichten Abhandlung vom 29. November 1913 hat er die Beziehungen abgeleitet, die im Falle einer stereophotogrammetrischen Aufnahme mit beliebig in den Raum gerichteten Objektivachsen zwischen den Raumkoordinaten eines Objektpunktes und den Plattenkoordinaten entsprechender Objektpunktbilder bestehen, und hat im Anschluß daran einen Apparat angegeben, der auf einer weiteren Ausgestaltung des Stereoautographen beruht und zur Auswertung derartiger Aufnahmen geeignet ist, sofern die Neigung der Objektivachsen gegen die Horizontalebene etwa  $30^\circ$  nicht überschreitet (und sofern natürlich ein stereoskopischer Effekt überhaupt vorhanden ist)<sup>1)</sup>. Ein zweiter Vorschlag, der ebenfalls auf einer Weiterentwicklung des Stereoautographen beruht, stammt von dem früheren Mitarbeiter der Firma Stereographik, Wien, Dr. v. Gruber, und ist in einer unveröffentlichten Arbeit desselben vom 20. Mai 1915 enthalten<sup>2)</sup>. Weitere Lösungen hat Verfasser 1917 ausgearbeitet. Alle diese Lösungen sollen in der vorliegenden Abhandlung an Hand schematischer Zeichnungen besprochen werden, wobei, soweit es tunlich erscheint, auch auf die bereits vorliegenden Modelle des Stereoautographen eingegangen werden soll. Bei der Besprechung der v. Gruberschen Lösung ist in einzelnen Punkten eine von der v. Gruberschen abweichende Darstellung gewählt, auch sind Ergänzungen eingefügt, um den Zusammenhang mit den Lösungen des Verfassers klarzustellen.

### **Ermittlung der Beziehungen, die zwischen den Raumkoordinaten eines Objektpunktes und den Plattenkoordinaten der Bilder dieses Objektpunktes bestehen.**

#### **A. Die Hauptgleichungen des allgemeinen Falles.**

In Fig. 1 bis 5 ist schematisch der Strahlengang bei der Abbildung eines Objektpunktes  $P$  auf zwei Bildplatten  $A_l$  und  $A_r$  von beliebiger gegenseitiger Lage dargestellt. Zum Abbilden des Punktes  $P$  auf die linke Bildplatte,  $A_l$ , dient ein Objektiv  $O_l$  mit der Brennweite  $f_1$ , zum Abbilden auf die rechte Bildplatte,  $A_r$ , ein Objektiv  $O_r$  mit der Brennweite  $f_2$ .

Es seien folgende Bezeichnungen eingeführt.

- b: für die Standlinie, d. i. die Verbindungslinie der optischen Mittelpunkte der beiden Objektive  $O_l$  und  $O_r$ .
- $\alpha$ : für den Neigungswinkel der Horizontalprojektion der linken Objektivachse gegen die in der Horizontalebene liegende Senkrechte zur Standlinie (Verschwenkungswinkel).
- $\beta_1$ : für den Neigungswinkel der linken Objektivachse gegen die Horizontalebene.
- $\beta_2$ : für den Neigungswinkel der rechten Objektivachse gegen die Horizontalebene.
- $\gamma$ : für den Neigungswinkel der Horizontalprojektionen der beiden Objektivachsen gegeneinander.
- $\varepsilon$ : für den Neigungswinkel der Standlinie gegen die Horizontalebene.

<sup>1)</sup> Diese Lösung des Verfassers ist erstmalig angedeutet in dem Aufsatz v. Orels „Der Stereoautograph Modell 1911“, *J. A. f. Ph.* **4**, 1913/14. S. 161. („Auch die Aufgabe der Verarbeitung beliebig in den Raum gerichteter Hauptachsen ist prinzipiell gelöst . . . . .“ S. 163).

<sup>2)</sup> Herr Dr. v. Gruber hat den Verfasser ermächtigt, den Inhalt dieser Arbeit, die die Untersuchungen des Verfassers in wertvoller Weise ergänzt, in der vorliegenden Abhandlung zur Veröffentlichung zu bringen. Ihm sei dafür auch an dieser Stelle bestens gedankt.

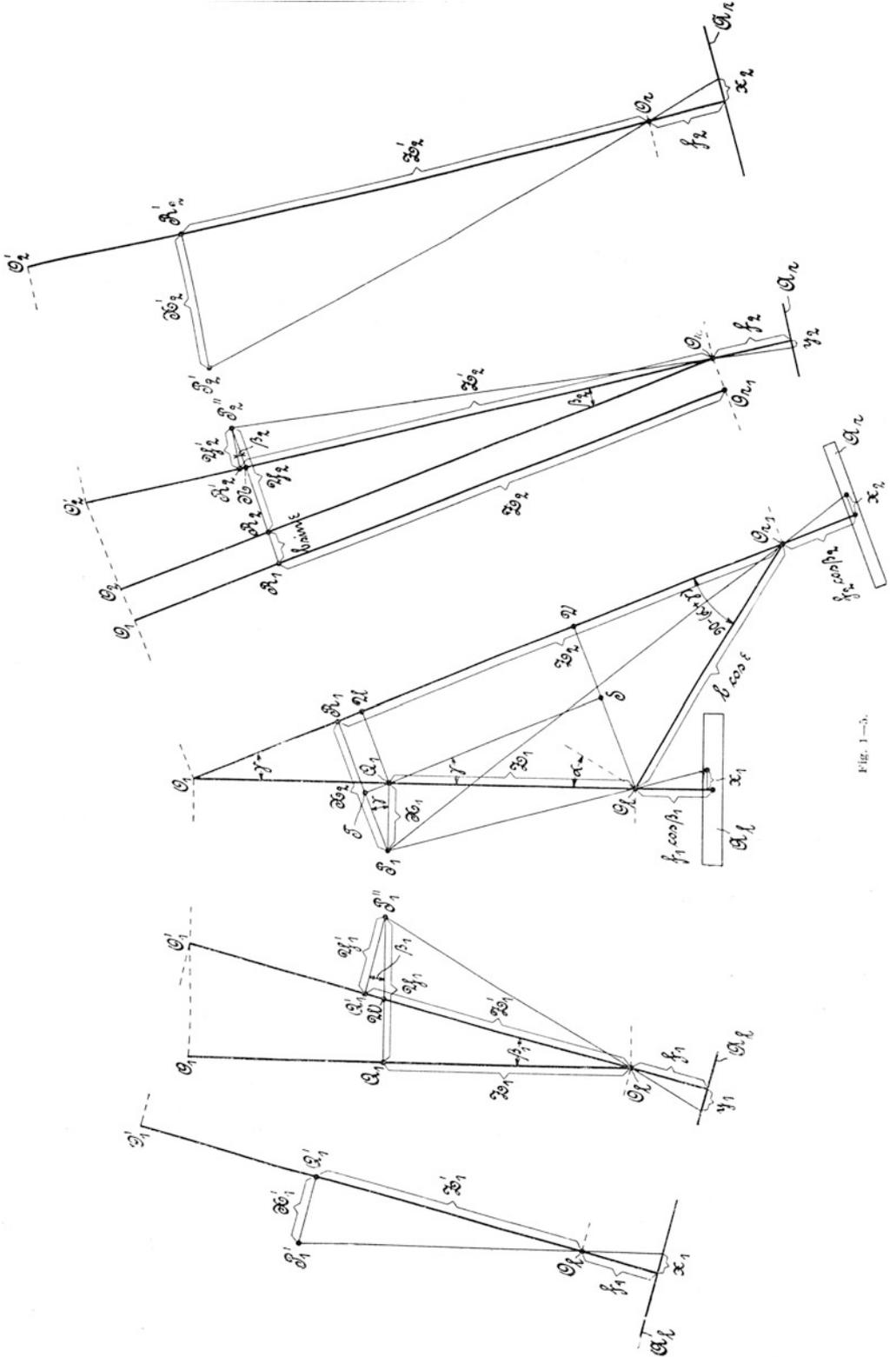


Fig. 1—3.

Dabei gelten die folgenden Vorzeichen:

- $b$  ist immer positiv.
- $\alpha$  ist positiv bei Linksverschwenkung der Horizontalprojektion der linken Objekt-  
achse gegen die in der Horizontalebene liegende Senkrechte zur Standlinie.
- $\beta_1$  ist positiv, wenn die linke Objektivachse nach oben geneigt ist.
- $\beta_2$  ist positiv, wenn die rechte Objektivachse nach oben geneigt ist.
- $\gamma$  ist positiv bei Konvergenz der Horizontalprojektionen der beiden Objekt-  
achsen.
- $\varepsilon$  ist positiv, wenn die Standlinie vom linken Objektiv,  $O_l$ , aus gerechnet nach  
oben geneigt ist.

Die Raumkoordinaten  $X_1$ ,  $Y_1$  und  $Z_1$  des Punktes  $P$  sollen auf ein System von drei zueinander senkrechten Ebenen bezogen werden, die sich im optischen Mittelpunkt des linken Objektivs,  $O_l$ , schneiden und deren eine, die  $X_1 Z_1$ -Ebene, die Horizontalebene, deren zweite, die  $Y_1 Z_1$ -Ebene, die die linke Objektivachse enthaltende lotrechte Ebene, und deren dritte, die  $X_1 Y_1$ -Ebene, die zu den beiden anderen Ebenen senkrechte Ebene ist (vgl. Fig. 6).

Dabei gelten die folgenden Vorzeichen:

- $X_1$  ist links von der  $Y_1 Z_1$ -Ebene positiv.
- $Y_1$  ist oberhalb der  $X_1 Z_1$ -Ebene positiv.
- $Z_1$  ist vor der  $X_1 Y_1$ -Ebene positiv.

Die Koordinaten jedes Objektpunktbildes auf der linken Bildplatte,  $x_1$  und  $y_1$ , und auf der rechten Bildplatte,  $x_2$  und  $y_2$ , sollen auf ein in der betreffenden Bildplatte liegendes rechtwinkliges Koordinatensystem bezogen werden, das seinen Anfang im Durchstoßpunkt der zugehörigen Objektivachse hat und dessen  $x$ -Achse wagerecht liegt, während die  $y$ -Achse senkrecht dazu gerichtet ist. Die Vorzeichen sind durch die oben getroffene Wahl der Vorzeichen der Raumkoordinaten bestimmt.

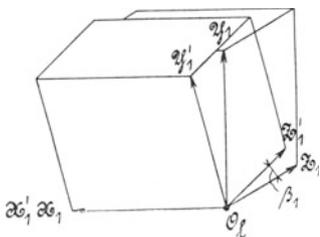


Fig. 6.

Im folgenden sollen die Beziehungen abgeleitet werden, die zwischen den Koordinaten eines Objektpunktes  $P$ , bezogen auf dieses räumliche Koordinatensystem, und den Koordinaten der Bilder dieses Objektpunktes, je bezogen auf das zugehörige ebene Koordinatensystem, bestehen. Um die durchzuführende Rechnung leichter verständlich zu machen, sollen drei weitere rechtwinklige, räumliche Koordinatensysteme eingeführt werden.

Das eine dieser Systeme, bezüglich dessen die Koordinaten des Punktes  $P$  mit  $X_1'$ ,  $Y_1'$  und  $Z_1'$  bezeichnet werden, mögen, erhält als Koordinatenanfang wie das oben erwähnte räumliche System den optischen Mittelpunkt des linken Objektivs,  $O_l$ . Die Lage seiner Ebenen wird wie folgt festgesetzt (vgl. Fig. 6): Die die linke Objektivachse enthaltende, unter dem Winkel  $\beta_1$  gegen die  $X_1 Z_1$ -Ebene (Horizontalebene) geneigte Ebene wird die  $X_1' Z_1'$ -Ebene, die die linke Objektivachse enthaltende lotrechte Ebene wird die  $Y_1' Z_1'$ -Ebene (die also mit der  $Y_1 Z_1$ -Ebene zusammenfällt), und die zu diesen beiden Ebenen senkrechte Ebene wird die  $X_1' Y_1'$ -Ebene.

Die anderen beiden räumlichen Koordinatensysteme erhalten als Koordinaten-

anfang den optischen Mittelpunkt des rechten Objektivs,  $O_r$ , und werden im übrigen analog den bisher definierten beiden räumlichen Systemen gewählt (vgl. Fig. 7).

Demgemäß ist bei dem  $X_2, Y_2, Z_2$ -System die  $X_2 Z_2$ -Ebene die Horizontalebene, die  $Y_2 Z_2$ -Ebene die die rechte Objektivachse enthaltende lotrechte Ebene und die  $X_2 Y_2$ -Ebene die zu diesen beiden Ebenen senkrechte Ebene, während bei dem  $X_2', Y_2', Z_2'$ -System die  $X_2' Z_2'$ -Ebene die gegen die  $X_2 Z_2$ -Ebene (die Horizontalebene) unter dem Winkel  $\beta_2$  geneigte Ebene, die  $Y_2' Z_2'$ -Ebene, wie die  $Y_2 Z_2$ -Ebene, die die rechte Objektivachse enthaltende lotrechte Ebene und die  $X_2' Y_2'$ -Ebene die zu diesen beiden Ebenen senkrechte Ebene ist.

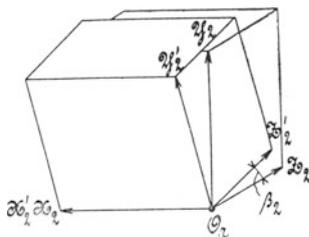


Fig. 7.

In Fig. 1 ist der Strahlengang bei der Abbildung des Punktes  $P$  auf beide Bildplatten in einer Projektion in die  $X_1 Z_1$ -Ebene dargestellt. Fig. 2 und 3 zeigen den Strahlengang bei der Abbildung des Punktes auf die linke Bildplatte,  $A_l$ , in einer Projektion in die  $Y_1 Z_1 (Y_1' Z_1')$ -Ebene, bzw. in die  $X_1' Z_1'$ -Ebene. Fig. 4 und 5 endlich veranschaulichen den Strahlengang bei der Abbildung des Punktes auf die rechte Bildplatte,  $A_r$ , in einer Projektion in die  $Y_2 Z_2 (Y_2' Z_2')$ -Ebene, bzw. in die  $X_2' Z_2'$ -Ebene. Dabei ist die gegenseitige Anordnung der Objektive so gewählt, daß die Winkel  $\alpha, \beta_1, \beta_2, \gamma$  und  $\varepsilon$  sämtlich positiv sind, und ist ferner der abzubildende Punkt  $P$  so im Raume liegend angenommen, daß seine Koordinaten  $X_1, Y_1$  und  $Z_1$  sämtlich positiv sind.

Mit den in die Figuren eingeschriebenen Bezeichnungen folgt dann aus Fig. 1 bis 3

$$\frac{x_1}{f_1} = \frac{X_1'}{Z_1'} \quad (1)$$

$$\frac{y_1}{f_1} = \frac{Y_1'}{Z_1'} \quad (2)$$

$$X_1' = X_1 \quad (3)$$

$$Y_1' = \overline{W P_1''} \cos \beta_1 = (Y_1 - Z_1 \operatorname{tg} \beta_1) \cos \beta_1$$

$$Y_1' = Y_1 \cos \beta_1 - Z_1 \sin \beta_1 \quad (4)$$

$$Z_1' = O_l W + W Q_1' = \frac{Z_1}{\cos \beta_1} + (Y_1 - Z_1 \operatorname{tg} \beta_1) \sin \beta_1$$

$$Z_1' = Y_1 \sin \beta_1 + Z_1 \cos \beta_1 \quad (5)$$

Durch Einsetzen von 3) und 5) in 1) und von 4) und 5) in 2) ergibt sich

$$\frac{x_1}{f_1} = \frac{X_1}{Y_1 \sin \beta_1 + Z_1 \cos \beta_1} \quad (6)$$

$$\frac{y_1}{f_1} = \frac{Y_1 \cos \beta_1 - Z_1 \sin \beta_1}{Y_1 \sin \beta_1 + Z_1 \cos \beta_1} \quad (7)$$

Aus Fig. 1 folgt

$$X_2 = P_1 T + T R_1 = \overline{P_1 T} + \overline{O_l V} - \overline{O_l S}$$

$$X_2 = X_1 \cos \gamma + b \cos \varepsilon \cos (\alpha + \gamma) - Z_1 \sin \gamma \quad (8)$$

$$Z_2 = \overline{R_1 U} + \overline{UV} + \overline{V O_{r1}} = \overline{T Q_1} + \overline{Q_1 S} + \overline{V O_{r1}}$$

$$Z_2 = X_1 \sin \gamma + Z_1 \cos \gamma + b \cos \varepsilon \sin (\alpha + \gamma) \quad (9)$$

Aus Fig. 4 und 5 folgt

$$\frac{x_2}{f_2} = \frac{X_2'}{Z_2'} \quad (10)$$

$$\frac{y_2}{f_2} = \frac{Y_2'}{Z_2'} \quad (11)$$

$$X_2' = X_2 \quad (12)$$

$$Y_2' = \overline{N P_2''} \cos \beta_2 = (Y_2 - Z_2 \operatorname{tg} \beta_2) \cos \beta_2$$

$$Y_2' = Y_2 \cos \beta_2 - Z_2 \sin \beta_2 \quad (13)$$

$$Z_2' = \overline{O_2 N} + \overline{N R_2'} = \frac{Z_2}{\cos \beta_2} + (Y_2 - Z_2 \operatorname{tg} \beta_2) \sin \beta_2.$$

$$Z_2' = Y_2 \sin \beta_2 + Z_2 \cos \beta_2 \quad (14)$$

Durch Einsetzen von 12) und 14) in 10) und von 13) und 14) in 11) ergibt sich

$$\frac{x_2}{f_2} = \frac{X_2'}{Y_2 \sin \beta_2 + Z_2 \cos \beta_2} \quad (15)$$

$$\frac{y_2}{f_2} = \frac{Y_2 \cos \beta_2 - Z_2 \sin \beta_2}{Y_2 \sin \beta_2 + Z_2 \cos \beta_2} \quad (16)$$

Durch Einsetzen von 8) und 9) in 15) und 16), mit

$$Y_2 = Y_1 - b \sin \varepsilon \quad (17)$$

ergibt sich

$$\frac{x_2}{f_2} = \frac{X_1 \cos \gamma - Z_1 \sin \gamma + b \cos \varepsilon \cos(\alpha + \gamma)}{X_1 \cos \beta_2 \sin \gamma + Y_1 \sin \beta_2 + Z_1 \cos \beta_2 \cos \gamma + b [\cos \beta_2 \cos \varepsilon \sin(\alpha + \gamma) - \sin \beta_2 \sin \varepsilon]} \quad (18)$$

$$\frac{y_2}{f_2} = \frac{-X_1 \sin \beta_2 \sin \gamma + Y_1 \cos \beta_2 - Z_1 \sin \beta_2 \cos \gamma - b [\sin \beta_2 \cos \varepsilon \sin(\alpha + \gamma) + \cos \beta_2 \sin \varepsilon]}{X_1 \cos \beta_2 \sin \gamma + Y_1 \sin \beta_2 + Z_1 \cos \beta_2 \cos \gamma + b [\cos \beta_2 \cos \varepsilon \sin(\alpha + \gamma) - \sin \beta_2 \sin \varepsilon]} \quad (19)$$

Im folgenden soll stets vorausgesetzt werden, daß die Gleichung besteht

$$f_1 = f_2 = f \quad (20)$$

was praktisch immer der Fall ist, da man die Abbildung auf beide Bildplatten durch denselben Aufnahmeapparat zu erzeugen pflegt. Mit 20) gehen die Gleichungen 6), 7), 18) und 19) über in

$$\frac{x_1}{f} = \frac{X_1}{Y_1 \sin \beta_1 + Z_1 \cos \beta_1} \quad \text{I)}$$

$$\frac{y_1}{f} = \frac{Y_1 \cos \beta_1 - Z_1 \sin \beta_1}{Y_1 \sin \beta_1 + Z_1 \cos \beta_1} \quad \text{II)}$$

$$\frac{x_2}{f} = \frac{X_1 \cos \gamma - Z_1 \sin \gamma + b \cos \varepsilon \cos(\alpha + \gamma)}{X_1 \cos \beta_2 \sin \gamma + Y_1 \sin \beta_2 + Z_1 \cos \beta_2 \cos \gamma + b [\cos \beta_2 \cos \varepsilon \sin(\alpha + \gamma) - \sin \beta_2 \sin \varepsilon]} \quad \text{III)}$$

$$\frac{y_2}{f} = \frac{-X_1 \sin \beta_2 \sin \gamma + Y_1 \cos \beta_2 - Z_1 \sin \beta_2 \cos \gamma - b [\sin \beta_2 \cos \varepsilon \sin(\alpha + \gamma) + \cos \beta_2 \sin \varepsilon]}{X_1 \cos \beta_2 \sin \gamma + Y_1 \sin \beta_2 + Z_1 \cos \beta_2 \cos \gamma + b [\cos \beta_2 \cos \varepsilon \sin(\alpha + \gamma) - \sin \beta_2 \sin \varepsilon]} \quad \text{IV)}$$

und aus diesen vier Gleichungen ergeben sich durch Auflösung nach  $X_1$ ,  $Y_1$  und  $Z_1$  die Gleichungen

$$X_1 = Z_1 \frac{x_1}{f \cos \beta_1 - y_1 \sin \beta_1} \quad \text{V)}$$

$$Y_1 = Z_1 \frac{f \sin \beta_1 + y_1 \cos \beta_1}{f \cos \beta_1 - y_1 \sin \beta_1} \quad \text{VI)}$$

$$Z_1 = \left. \begin{aligned} & b \left\{ -y_1 f \sin \beta_1 \cos \varepsilon \cos(\alpha + \gamma) + x_2 f \cos \beta_1 [\sin \beta_2 \sin \varepsilon - \cos \beta_2 \cos \varepsilon \sin(\alpha + \gamma)] + \right\} \\ & \left\{ y_1 x_2 \sin \beta_1 [\cos \beta_2 \cos \varepsilon \sin(\alpha + \gamma) - \sin \beta_2 \sin \varepsilon] + f^2 \cos \beta_1 \cos \varepsilon \cos(\alpha + \gamma) \right\} \\ & - x_1 f \cos \gamma - y_1 f \sin \beta_1 \sin \gamma + x_2 f (\cos \beta_1 \cos \beta_2 \cos \gamma + \sin \beta_1 \sin \beta_2) + \\ & x_1 x_2 \cos \beta_2 \sin \gamma - y_1 x_2 (\sin \beta_1 \cos \beta_2 \cos \gamma - \cos \beta_1 \sin \beta_2) + f^2 \cos \beta_1 \sin \gamma \end{aligned} \right\} \quad \text{VII)}$$

Die Gleichungen I bis VII geben die gesuchten Beziehungen für den allgemeinsten Fall an, der bei der Abbildung eines Punktes überhaupt vorliegen kann, wobei also  $\alpha$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\gamma$  und  $\varepsilon$  innerhalb der zulässigen Grenzen liegende, reelle Werte besitzen.

Die Gleichungen I bis VI sollen deshalb als die Hauptgleichungen für den Fall beliebig gerichteter Objektivachsen bezeichnet werden. Aus ihnen lassen sich mühelos die entsprechenden Hauptgleichungen der folgenden Sonderfälle ableiten.

### B. Die Hauptgleichungen der Sonderfälle.

#### a) Der Normalfall.

$$\alpha = 0, \beta_1 = 0, \beta_2 = 0, \gamma = 0, \varepsilon = 0$$

Die Objektivachsen liegen mit der Standlinie in ein und derselben Horizontalebene und sind senkrecht zur Standlinie gerichtet.

$$\frac{x_1}{f} = \frac{X_1}{Z_1} \quad \text{I a)}$$

$$\frac{y_1}{f} = \frac{Y_1}{Z_1} \quad \text{II a)}$$

$$\frac{x_2}{f} = \frac{X_1 + b}{Z_1} \quad \text{III a)}$$

$$\frac{y_2}{f} = \frac{Y_1}{Z_1} \quad \text{IV a)}$$

$$X_1 = Z_1 \frac{x_1}{f} \quad \text{V a)}$$

$$Y_1 = Z_1 \frac{y_1}{f} \quad \text{VI a)}$$

$$Z_1 = \frac{b f}{x_2 - x_1} \quad \text{VII a)}$$

Die Differenz  $x_2 - x_1$  wird als die stereoskopische Horizontalparallaxe bezeichnet. Die analog als die stereoskopische Vertikalparallaxe bezeichnete Differenz  $y_2 - y_1$  hat in diesem Fall den Wert Null.

Praktischen Wert hat dieser allerspeziellste Fall nicht, da sich die Bedingung  $\varepsilon = 0$  im allgemeinen nicht einhalten läßt.

#### b) Der erweiterte Normalfall.

$$\alpha = 0, \beta_1 = 0, \beta_2 = 0, \gamma = 0, \varepsilon \leq 0.$$

Die Standlinie ist gegen die Horizontalebene um den Winkel  $\varepsilon$  geneigt. Die Objektivachsen sind wagerecht und senkrecht zur Horizontalprojektion der Standlinie gerichtet.

$$\frac{x_1}{f} = \frac{X_1}{Z_1} \quad \text{I b)}$$

$$\frac{y_1}{f} = \frac{Y_1}{Z_1} \quad \text{II b)}$$

$$\frac{x_2}{f} = \frac{X_1 + b \cos \varepsilon}{Z_1} \quad \text{III b)}$$

$$\frac{y_2}{f} = \frac{Y_1 - b \sin \varepsilon}{Z_1} \quad \text{IV b)}$$

$$X_1 = Z_1 \frac{x_1}{f} \quad \text{V b)}$$

$$Y_1 = Z_1 \frac{y_1}{f} \quad \text{VI b)}$$

$$Z_1 = \frac{b f \cos \varepsilon}{x_2 - x_1} \quad \text{VII b)}$$

Die Vertikalparallaxe  $y_2 - y_1$  hat in diesem Fall — wie immer, wenn eine Abweichung von dem Normalfall vorliegt — einen von Null abweichenden Wert.

**c) Der Fall gleichmäßig verschwenkter Objektivachsen.**

$$\alpha \leq 0, \beta_1 = 0, \beta_2 = 0, \gamma = 0, \varepsilon \leq 0.$$

Die Standlinie ist gegen die Horizontalebene um den Winkel  $\varepsilon$  geneigt. Die Objektivachsen sind wagerecht und einander parallel, und jede von ihnen ist gegen die mit ihr in ein und derselben Horizontalebene liegende Senkrechte zur Standlinie um den Winkel  $\alpha$  verschwenkt.

$$\frac{x_1}{f} = \frac{X_1}{Z_1} \quad \text{I c)}$$

$$\frac{y_1}{f} = \frac{Y_1}{Z_1} \quad \text{II c)}$$

$$\frac{x_2}{f} = \frac{X_1 + b \cos \alpha \cos \varepsilon}{Z_1 + b \sin \alpha \cos \varepsilon} \quad \text{III c)}$$

$$\frac{y_2}{f} = \frac{Y_1 - b \sin \varepsilon}{Z_1 + b \sin \alpha \cos \varepsilon} \quad \text{IV c)}$$

$$X_1 = Z_1 \frac{x_1}{f} \quad \text{V c)}$$

$$Y_1 = Z_1 \frac{y_1}{f} \quad \text{VI c)}$$

$$Z_1 = \frac{b(f \cos \alpha - x_2 \sin \alpha) \cos \varepsilon}{x_2 - x_1} \quad \text{VII c)}$$

**d) Der Fall konvergenter (divergenter) Objektivachsen.**

$$\alpha \leq 0, \beta_1 = 0, \beta_2 = 0, \gamma \leq 0, \varepsilon \leq 0.$$

Die Standlinie ist gegen die Horizontalebene um den Winkel  $\varepsilon$  geneigt. Die Objektivachsen sind wagerecht, aber nicht parallel zueinander; ihre Horizontalprojektionen schließen den Winkel  $\gamma$  miteinander ein. Die linke Objektivachse ist gegen die mit ihr in ein und derselben Horizontalebene liegende Senkrechte zur Standlinie um den Winkel  $\alpha$  verschwenkt.

$$\frac{x_1}{f} = \frac{X_1}{Z_1} \quad \text{I d)}$$

$$\frac{y_1}{f} = \frac{Y_1}{Z_1} \quad \text{II d)}$$

$$\frac{x_2}{f} = \frac{X_1 \cos \gamma - Z_1 \sin \gamma + b \cos \varepsilon \cos(\alpha + \gamma)}{X_1 \sin \gamma + Z_1 \cos \gamma + b \cos \varepsilon \sin(\alpha + \gamma)} \quad \text{III d)}$$

$$\frac{y_2}{f} = \frac{Y_1 - b \sin \varepsilon}{X_1 \sin \gamma + Z_1 \cos \gamma + b \cos \varepsilon \sin(\alpha + \gamma)} \quad \text{IV d)}$$

$$X_1 = Z_1 \frac{x_1}{f} \quad \text{Vd)}$$

$$Y_1 = Z_1 \frac{y_1}{f} \quad \text{VIId)}$$

$$Z_1 = \frac{b f [f \cos(\alpha + \gamma) - x_2 \sin(\alpha + \gamma)] \cos \varepsilon}{(f^2 + x_1 x_2) \sin \gamma + f(x_2 - x_1) \cos \gamma} \quad \text{VIIId)}$$

### Der Stereokomparator nach Prof. Dr. Pulfrich.

Der Stereokomparator dient zum Ausmessen der Bildplatten. Er liefert die Plattenkoordinaten der Objektpunktbilder, aus denen sich nach den Hauptgleichungen die Raumkoordinaten der Objektpunkte bestimmen lassen. Der Stereokomparator ist in der Fachliteratur oft und ausführlich beschrieben worden (vgl. z. B. „Neue stereoskopische Methoden und Apparate“ von Dr. C. Pulfrich, Berlin, 1912), es soll deshalb hier nur eine kurze Beschreibung gegeben werden, soweit eine solche zum Verständnis des Folgenden nötig scheint.

In Fig. 8 sind *a* und *b* zwei Bildplatten, die mit der Schichtseite nach unten, entsprechend der natürlichen Lage der Objektbilder (also gegenüber der Lage bei der Aufnahme um 180° in ihrer Ebene verdreht) und im übrigen so angeordnet sind, daß die vom linken Ende der Standlinie aus

aufgenommene Platte links, die andere rechts liegt, und daß sowohl die beiden *x*-Achsen als auch die beiden *y*-Achsen einander parallel sind. Die Richtung der *x*-Achsen werde als die Breitenrichtung, die der *y*-Achsen als die Höhenrichtung der Bildplatten bezeichnet. Zur Beobachtung der Bildplatten dient ein binokulares Mikroskop *M*, das zwei Meßmarken enthält, die ein stereoskopisches Markenbild ergeben. Der Meßvorgang besteht darin, die beiden Bildplatten gegenüber dem Mikroskop in ihrer Breiten- und Höhenrichtung derart zu verschieben, daß das stereoskopische Markenbild mit den stereoskopischen Bildern der Objektpunkte der Reihe nach zur Deckung gebracht wird. Die Verschiebung der Bildplatten gegenüber dem Mikroskop erfolgt durch vier Schlitten *A*, *B*, *C* und *D*.

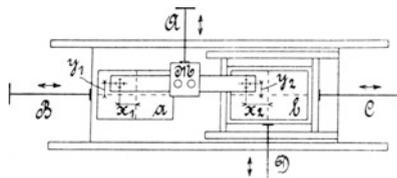


Fig. 8.

Die Verschiebung der Bildplatten gegenüber dem Mikroskop erfolgt durch vier Schlitten *A*, *B*, *C* und *D*. Der Schlitten *A* (der Höhengschlitten des Stereokomparators) verschiebt das Mikroskop gegenüber den Bildplatten in deren Höhenrichtung, er verursacht also eine Änderung der gegenseitigen Höhenlage des stereoskopischen Markenbildes und des stereoskopischen Objektbildes. Dieselbe Wirkung tritt ein, wenn der Schlitten *A* statt des Mikroskops die beiden Bildplatten trägt.

Der Schlitten *B* (der Breitenschlitten des Stereokomparators) verschiebt die beiden Bildplatten gegenüber dem Mikroskop in ihrer Breitenrichtung, er ändert somit die gegenseitige Breitenlage des stereoskopischen Markenbildes und des stereoskopischen Objektbildes. Auch dann, wenn der Schlitten *B* statt der Bildplatten das Mikroskop trägt, tritt diese Wirkung ein.

Der Schlitten *C* (der Horizontalparallaxenschlitten des Stereokomparators) verschiebt die rechte Bildplatte gegenüber dem Schlitten *B* in ihrer Breitenrichtung. Er beeinflusst also den gegenseitigen Abstand der beiden Bildplatten in ihrer Breitenrichtung, wodurch die gegenseitige Tiefenlage des stereoskopischen Markenbildes und des stereoskopischen Objektbildes geändert wird.

Der Schlitten *D* (der Vertikalparallaxenschlitten des Stereokomparators) verschiebt die linke Bildplatte gegenüber dem Schlitten *B* in ihrer Breitenrichtung. Er beeinflusst also den gegenseitigen Abstand der beiden Bildplatten in ihrer Breitenrichtung, wodurch die gegenseitige Tiefenlage des stereoskopischen Markenbildes und des stereoskopischen Objektbildes geändert wird.

Der Schlitten *D* (der Vertikalparallaxenschlitten des Stereokomparators) endlich verschiebt die rechte Bildplatte gegenüber dem Schlitten *A* in ihrer Höhenrichtung. Er wirkt somit auf den gegenseitigen Abstand der beiden Bildplatten in ihrer Höhenrichtung. Eine solche Verschiebung ist nur erforderlich, um den stereoskopischen Effekt herbeizuführen, bzw. aufrechtzuerhalten.

Außerdem sind Skalen angeordnet zu denken, mittels deren die Verschiebungen der Schlitten *A*, *B* und *C* gemessen werden können. Eine Messung der Verschiebung des Schlittens *D* ist nicht erforderlich, da, wie aus den Gleichungen V bis VII ersichtlich ist, die Plattenkoordinate  $y_2$  zur Bestimmung der Raumkoordinaten eines Punktes nicht bekannt zu sein braucht.

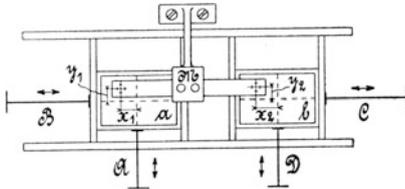


Fig. 9.

Fig. 9 zeigt eine andere Ausführungsform des Stereokomparators, die für den Stereoaographen ebenfalls von Bedeutung ist. Bei dieser Form steht das Mikroskop *M* fest. Die Schlitten *A* und *B* regeln nur die Bewegungen der linken Bildplatte *a* gegenüber dem Mikroskop, während die Schlitten *B* und *C* nur die Bewegungen der rechten Bildplatte *b* regeln.

## Der Stereoaograph.

Der Stereoaograph ist die Verbindung des Pulfrich'schen Stereokomparators mit einer Zeichenvorrichtung dergestalt, daß beim Beobachten des aus zwei auf den Stereokomparator aufgelegten Bildplatten zu entnehmenden stereoskopischen Bildes einer Landschaft und des stereoskopischen Markenbildes des Stereokomparators durch nur diejenigen Handhabungen, die erforderlich sind, um einen Punkt der Landschaft mit der stereoskopischen Marke zum Zusammenfallen zu bringen, dem Zeichenstift diejenige Lage zu der Zeichenfläche erteilt wird, die der Horizontalprojektion des Punktes entspricht.

Dabei löst der Stereoaograph die Aufgabe, beliebige Linien der Landschaft, insbesondere Höhenschichtenlinien aufzuzeichnen. Über weitere Aufgaben, die der Stereoaograph bei geeigneter Ausbildung lösen kann, siehe die Patentschrift zum D. R. P. 262499 vom 20. Dezember 1910.

### I. Der Stereoaograph zur Auswertung von Bildplatten, die mit Objektiven von horizontaler Achsenrichtung gewonnen sind.

Bei der stereophotogrammetrischen Aufnahme können unter der Voraussetzung horizontaler Objektivachsen die folgenden drei Fälle vorliegen:

1. Der erweiterte Normalfall (dabei angenommen, daß der Normalfall selbst, weil praktisch fast unerfüllbar, ausscheidet).
2. Der Fall gleichmäßig verschwenkter Objektivachsen.
3. Der Fall konvergenter (divergenter) Objektivachsen.

Diesen drei Fällen entsprechen die folgenden drei Ausführungsformen des Stereoaographen:<sup>1)</sup>

- a) Stereoaograph zur Auswertung von Bildplatten, bei deren Aufnahme der erweiterte Normalfall vorgelegen hat (Ausführungsform *A* des Stereoaographen).

<sup>1)</sup> Diesen drei Fällen entsprechende Ausführungsformen lagen bei Inangriffnahme der vorliegenden Arbeit bereits vor.

- b) Stereoautograph zur Auswertung von Bildplatten, bei deren Aufnahme die Objektivachsen gleichmäßig verschwenkt waren. (Ausführungsform B des Stereoautographen).
- c) Stereoautograph zur Auswertung von Bildplatten, bei deren Aufnahme die Objektivachsen konvergent (divergent) waren (Ausführungsform C des Stereoautographen).

Von der Ausführungsform A soll hier nur diejenige Konstruktion besprochen werden, die schließlich als die vorteilhafteste erkannt worden ist. Bezüglich der vorhergegangenen Entwicklung sei auf die Abhandlung von v. Orel „Der Stereoautograph als Mittel zur automatischen Verwertung von Komparatoraten“ in den „Mitteilungen des k. u. k. Militärgeographischen Institutes“, 30, verwiesen. An die erwähnte Konstruktion schließen sich dann die Ausführungsformen B und C eng an.

Sämtlichen drei Ausführungsformen ist die folgende, als zweckmäßig befundene Anordnung gemeinsam (Fig. 10 bis 12, Tafel I bis III). Der Stereokomparator mit den Schlitten  $A, B, C$  und  $D$  und dem Mikroskop  $M$  ist mit einem Kreuzschlittensystem gekuppelt, das den Zeichenstift  $z_1$  gegenüber einer auf der Grundplatte  $G$  fest angeordneten Zeichenfläche  $z_2$  bewegt. Dieses Kreuzschlittensystem enthält als untersten Schlitten den in der Tiefenrichtung ( $Z$ -Richtung) verschiebbaren Tiefenschlitten ( $Z$ -Schlitten)  $C_1$ , auf dem nebeneinander der den Zeichenstift  $z_1$  tragende Breitenschlitten ( $X$ -Schlitten)  $B_1$  und der Höhenschlitten ( $Y$ -Schlitten)  $A_1$  so angeordnet sind, daß die Verschiebungsrichtung beider Schlitten in der Breitenrichtung ( $X$ -Richtung) liegt. Dabei hat das Kreuzschlittensystem  $A_1, B_1, C_1$  eine solche Lage zum Stereokomparator, daß seine Breitenrichtung ( $X$ -Richtung) mit der Breitenrichtung ( $x$ -Richtung) der Bildplatten und seine Tiefenrichtung ( $Z$ -Richtung) mit der Höhenrichtung ( $y$ -Richtung) der Bildplatten zusammenfällt. Zum Antrieb des Stereoautographen dient ein Treibsystem, das das Kreuzschlittensystem  $A_1, B_1, C_1$  antreibt. Der Höhenschlitten  $A_1$  wird durch eine Gewindespindel  $a_1$  verschoben, die ihre Bewegung durch ein Kegelrad  $a_2$  und ein längs einer genuteten Welle  $a_3$  verschiebliches, durch einen Mitnehmer  $a_4$  mit dem Tiefenschlitten  $C_1$  gekuppeltes Kegelrad  $a_5$  von dieser Welle  $a_3$  aus empfängt. Die Bewegung der Welle  $a_3$  erfolgt durch ein Kegelräderpaar  $a_6$  und durch weitere unterhalb der Grundplatte  $G$  angeordnete (in der Zeichnung weggelassene) Antriebsglieder von einer dem linken Fuß des Beobachters zugänglichen Fußscheibe  $a_7$  aus. Der Breitenschlitten  $B_1$  wird durch eine Gewindespindel  $b_1$  verschoben, die ihre Bewegung durch ein Kegelrad  $b_2$  und ein längs einer genuteten Welle  $b_3$  verschiebliches, durch einen Mitnehmer  $b_4$  mit dem Tiefenschlitten  $C_1$  gekuppeltes Kegelrad  $b_5$  von dieser Welle  $b_3$  aus empfängt. Die Bewegung der Welle  $b_3$  erfolgt durch ein der rechten Hand des Beobachters zugängliches Handrad  $b_6$ , dessen Bewegungen durch einen Kettentrieb  $b_7$  auf diese Welle übertragen werden. Der Tiefenschlitten  $C_1$  wird durch zwei Gewindespindeln  $c_1$  und  $c_2$  verschoben, von denen die linke Spindel  $c_1$  ihre Bewegung durch ein zur linken Seite des Beobachters angeordnetes Handrad  $c_3$  erhält, das durch einen Kettentrieb  $c_4$  mit dieser Spindel gekuppelt ist, während die rechte Spindel  $c_2$  von der linken Spindel aus durch zwei Kegelräderpaare  $c_5$  und  $c_6$ , sowie eine Welle  $c_7$  angetrieben wird.

Die zwangsläufige Verbindung des Kreuzschlittensystems  $A_1, B_1, C_1$  mit dem Stereokomparator  $A, B, C, D$  ist durch ein Hebelsystem hergestellt, das bei den drei Ausführungsformen  $A, B$  und  $C$  des Stereoautographen verschieden ist und das bei jeder Ausführungsform gesondert besprochen werden soll. In jedem Falle sind die

Tafel I.

Ausführungsform A.

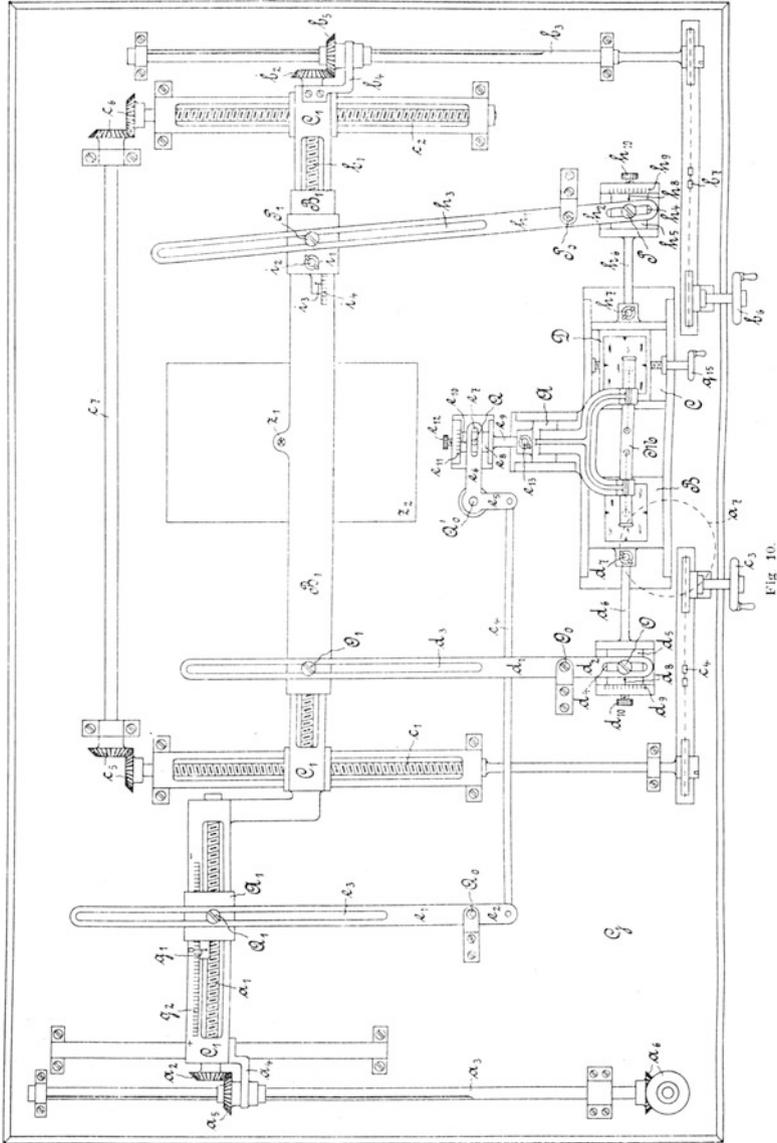


Fig. 10.

Tafel II.

Ausführungsform B.

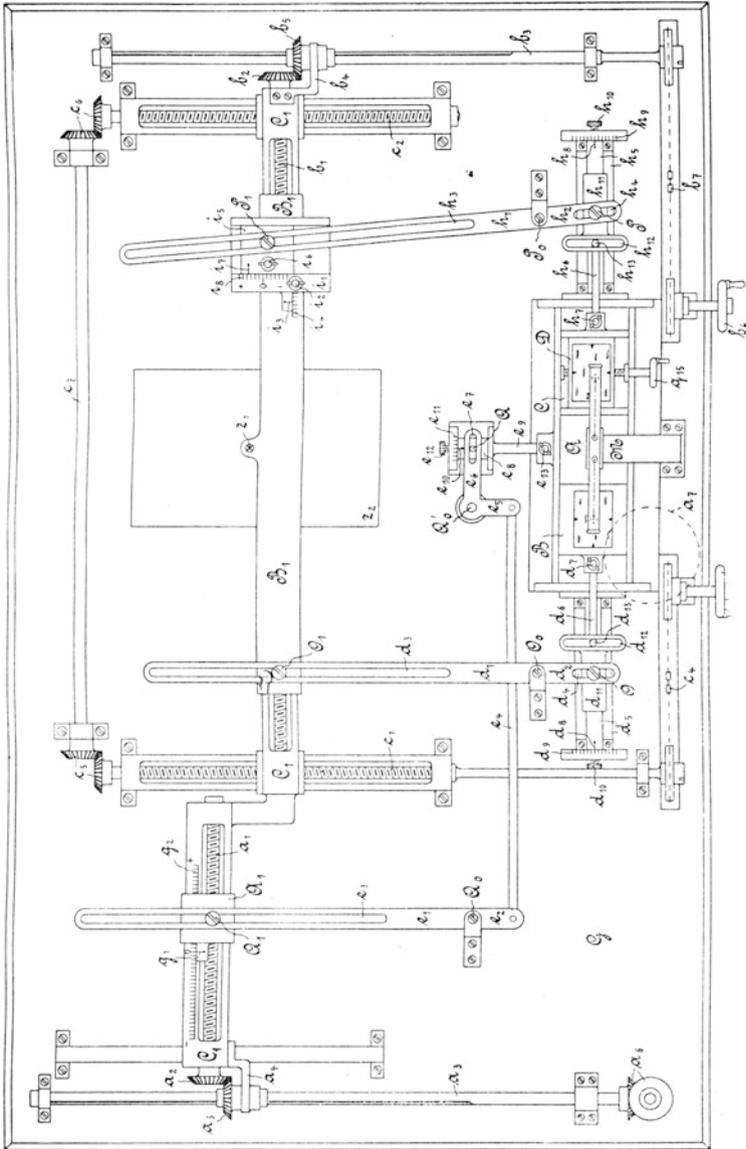


Fig. 11.

Tafel III.

Ausführungsform C.

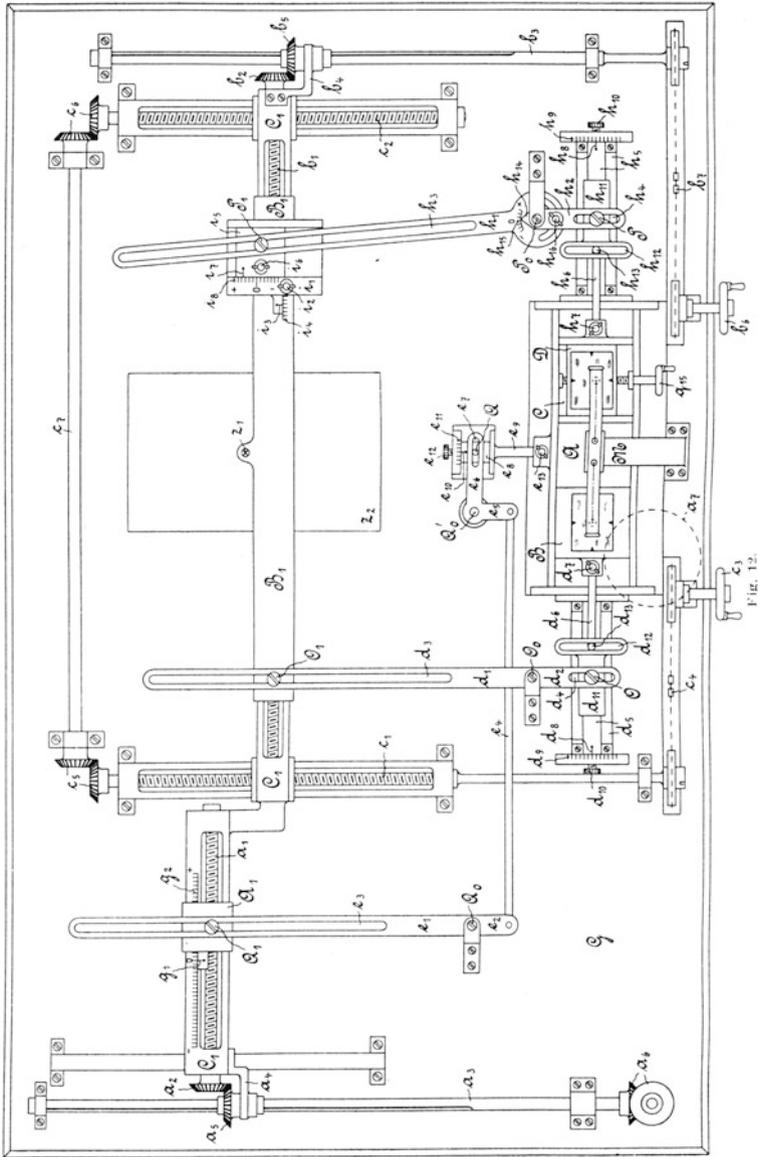


Fig. 12.

zwischen den Raumkoordinaten eines Objektpunktes und den Plattenkoordinaten der entsprechenden Objektbilder bestehenden, oben abgeleiteten Beziehungen aufrechtzuerhalten. Es hat sich herausgestellt, daß es im allgemeinen genügt, wenn durch den Stereoaographen die drei zwischen den Raumkoordinaten  $X_1, Y_1$  und  $Z_1$  und den Plattenkoordinaten  $x_1, y_1$  und  $x_2$  bestehenden Beziehungen selbsttätig aufrecht-erhalten werden, und wenn dabei die gleiche gegenseitige Verstellung, die die linke Bildplatte in ihrer Höhenrichtung gegenüber dem Mikroskop erfährt, zwangsläufig auch für die rechte Bildplatte vorgesehen wird. Dann muß der rechten Bildplatte in ihrer Höhenrichtung noch eine Verstellung von Hand um  $y_2 - y_1$  erteilt werden, eine Verstellung, die lediglich zur Erhaltung des stereoskopischen Effektes dient und nur dann vorgenommen werden muß, wenn  $y_2 - y_1 > 0,1$  mm.

#### A. Handantrieb des Vertikalparallaxenschlittens D.

a) Ausführungsform A für den erweiterten Normalfall.

(D. R. P. 262 499 vom 20. Dezember 1910.)

Bei dieser Ausführungsform des Stereoaographen sind die durch die folgenden Gleichungen ausgedrückten Beziehungen selbsttätig aufrechtzuerhalten:

$$\frac{x_1}{f} = \frac{X_1}{Z_1} \quad \text{Ib)}$$

$$\frac{y_1}{f} = \frac{Y_1}{Z_1} \quad \text{IIb)}$$

$$\frac{x_2}{f} = \frac{X_1}{Z_1} + b \cos \varepsilon \quad \text{IIIb)}$$

Das das Kreuzschlittensystem  $A_1, B_1, C_1$  mit dem Stereokomparator verbindende Hebelsystem ist zu dem Zweck wie aus Fig. 10 (Tafel I) ersichtlich ausgebildet. In dieser Figur liegt für den Stereokomparator der Sonderfall vor, daß der Schlitten  $A$  das Mikroskop  $M$  trägt und daß die Schlitten  $B$  und  $C$  nebeneinander auf einer gemeinsamen Führung gleiten.

Damit die Gleichung Ib beim Kopieren selbsttätig erfüllt wird, sind die Schlitten  $B_1$  und  $B$  durch einen Doppelhebel  $d_1, d_2$  miteinander verbunden, der um eine Achse  $O_0$  auf der Grundplatte  $G$  drehbar angeordnet ist. Die beiden Arme  $d_1$  und  $d_2$  des Doppelhebels sind von verschiedener Länge und schließen einen Winkel von  $180^\circ$  miteinander ein. Der lange Arm  $d_1$  greift mit einem Schlitz  $d_3$  an einem Mitnehmer  $O_1$  des Schlittens  $B_1$  an. Die von der Einstellung des Schlittens  $C_1$  abhängige, in die Tiefenrichtung fallende Komponente des Abstandes dieses Mitnehmers  $O_1$  von der Drehachse  $O_0$  ist gleich der im Kopiermaßstab gemessenen Koordinate  $Z_1$  des jeweils durch den Zeichenstift  $z_1$  auf dem Zeichenbrett  $z_2$  angegebenen Objektpunktes. Der kurze Arm  $d_2$  greift mit einem Schlitz  $d_4$  an einem Mitnehmer  $O$  eines Schlittens  $d_5$  an, der auf einem Schieber  $d_6$  in der Tiefenrichtung einstellbar angeordnet ist. Dieser Schieber  $d_6$  bildet einen Teil des Schlittens  $B$  und ist für Justierzwecke gegenüber diesem Schlitten in der Breitenrichtung einstellbar angeordnet, wobei eine Klemmschraube  $d_7$  vorgesehen ist, durch die der Schieber auf dem Schlitten  $B$  festgestellt werden kann. Ein Zeiger  $d_8$  des Schlittens  $d_5$  zeigt an einer Skala  $d_9$  des Schiebers  $d_6$  die jeweils eingestellte Komponente des Abstandes des Mitnehmers  $O$  von der Drehachse  $O_0$  in der Tiefenrichtung an, die gleich der Brennweite  $f$  der Aufnahmeobjektive sein muß. Eine Klemmschraube  $d_{10}$  dient zum Feststellen des Schlittens  $d_5$  auf dem Schieber  $d_6$ . Wenn im Stereokomparator ein

Bildpunkt mit der Abszisse  $x_1 = 0$  eingestellt ist, muß sich der Doppelhebel  $d_1, d_2$  in seiner Nullstellung befinden, in der er parallel der Tiefenrichtung ist. In diesem Falle gibt der Zeichenstift  $z_1$  auf dem Zeichenbrett  $z_3$  einen Objektpunkt mit der Koordinate  $X_1 = 0$  an.

Damit die Gleichung IIb beim Kopieren selbsttätig aufrechterhalten wird, ist zwischen den Schlitten  $A_1$  und  $A$  die folgende Verbindung vorgesehen. Auf der Grundplatte  $G$  ist um eine Achse  $Q_0$  ein Doppelhebel mit zwei verschiedenen langen Armen  $e_1$  und  $e_2$  drehbar gelagert, die einen Winkel von  $180^\circ$  miteinander einschließen. Der lange Arm  $e_1$  greift mit einem Schlitz  $e_3$  an einem Mitnehmer  $Q_1$  des Schlittens  $A_1$  an, der von der Drehachse  $Q_0$  einen Abstand hat, dessen Komponente in der Tiefenrichtung gleich der entsprechenden Komponente ( $Z_1$ ) des Abstandes des Mitnehmers  $Q_1$  von der Drehachse  $Q_0$  des Doppelhebels  $d_1, d_2$  ist, während der kurze Arm  $e_2$  mittels einer Stange  $e_4$  an dem einen Arm  $e_5$  eines Winkelhebels angreift, der auf der Grundplatte  $G$  um eine Achse  $Q'_0$  drehbar gelagert ist, die mit der Drehachse  $Q_0$  des Doppelhebels  $e_1, e_2$  in einer die Breitenrichtung enthaltenden Ebene liegt. Der Arm  $e_5$  des Winkelhebels ist von der gleichen Länge wie der Arm  $e_2$  des Doppelhebels, und ist diesem Arm parallel. Er schließt mit dem anderen Arm  $e_6$  des Winkelhebels einen Winkel von  $90^\circ$  ein. Dieser Arm  $e_6$  greift mit einem Schlitz  $e_7$  an einem Mitnehmer  $Q$  eines Schlittens  $e_8$  an, der auf einem Schieber  $e_9$  in der Breitenrichtung einstellbar angeordnet ist. Dieser Schieber  $e_9$  bildet einen Teil des Schlittens  $A$  und ist für Justierzwecke gegenüber diesem Schlitten in dessen Verschiebungsrichtung einstellbar. Ein Zeiger  $e_{10}$  des Schlittens  $e_8$  zeigt an einer Skala  $e_{11}$  des Schiebers  $e_9$  die jeweils eingestellte Komponente des Abstandes des Mitnehmers  $Q$  von der Drehachse  $Q'_0$  in der Breitenrichtung an, die gleich der Brennweite  $f$  der Aufnahmeobjektive sein muß. Eine Klemmschraube  $e_{12}$  dient zum Feststellen des Schlittens  $e_8$  auf dem Schieber  $e_9$ , und eine zweite Klemmschraube  $e_{13}$  zum Feststellen des Schiebers  $e_9$  auf dem Schlitten  $A$ . Ein Zeiger  $g_1$  des Schlittens  $A_1$  zeigt an einer Skala  $g_2$  des Schlittens  $C_1$  den im Kopiermaßstab gemessenen Längenwert der Koordinate  $Y_1$  des jeweils durch den Zeichenstift  $z_1$  auf dem Zeichenbrett  $z_3$  angegebenen Objektpunktes an. Wenn im Stereokomparator ein Bildpunkt mit der Koordinate  $y_1 = 0$  eingestellt ist, muß sich der Doppelhebel  $e_1, e_2$  in seiner Nullstellung befinden, in der er parallel der Tiefenrichtung ist. Dann ist der Arm  $e_6$  des Winkelhebels  $e_5$  parallel der Breitenrichtung, der Zeiger  $g_1$  zeigt an der Skala  $g_2$  auf Null, und der Zeichenstift  $z_1$  gibt auf dem Zeichenbrett  $z_3$  einen Objektpunkt mit der Koordinate  $y_1 = 0$  an.

Damit endlich die Gleichung IIIb beim Kopieren selbsttätig aufrechterhalten wird, sind die Schlitten  $B_1$  und  $C$  durch einen Doppelhebel  $h_1, h_2$  miteinander verbunden, der auf der Grundplatte  $G$  um eine Achse  $P_0$  drehbar gelagert ist, die mit der Drehachse  $O_0$  des Doppelhebels  $d_1, d_2$  in einer die Breitenrichtung enthaltenden Ebene liegt. Die beiden Arme  $h_1$  und  $h_2$  des Doppelhebels sind von verschiedener Länge und schließen einen Winkel von  $180^\circ$  miteinander ein. In einen Schlitz  $h_3$  des langen Armes  $h_1$  greift ein Mitnehmer  $P_1$  ein, der von der Drehachse  $P_0$  einen Abstand hat, dessen Komponente in der Tiefenrichtung gleich der entsprechenden Komponente ( $Z_1$ ) des Abstandes des Mitnehmers  $Q_1$  von der Drehachse  $O_0$  des Doppelhebels  $d_1, d_2$ , also auch gleich der entsprechenden Komponente des Abstandes des Mitnehmers  $Q_1$  von der Drehachse  $Q_0$  des Doppelhebels  $e_1, e_2$  ist. Der Mitnehmer  $P_1$  gehört einem Schlitten  $i_1$  an, der auf dem Schlitten  $B_1$  in der Breitenrichtung

einstellbar angeordnet ist und durch eine Klemmschraube  $i_2$  auf diesem Schlitten festgestellt werden kann. Ein Zeiger  $i_3$  des Schlittens  $i_1$  zeigt an einer Skala  $i_4$  des Schlittens  $B_1$  denjenigen Wert an, um den der Schlitten  $i_1$  aus seiner Nullstellung verschoben ist. Diese Verschiebung muß, entsprechend der Gleichung IIIb, den im Kopiermaßstab gemessenen Wert  $b \cos \varepsilon$  annehmen. Dabei ist die Nullstellung dadurch bestimmt, daß, wenn gleichzeitig  $X_1 = 0$  (wenn also der Doppelhebel  $d_1, d_2$  parallel der Tiefenrichtung ist) und  $b \cos \varepsilon = 0$  ist, der Doppelhebel  $h_1, h_2$  parallel zur Tiefenrichtung sein muß. Der Richtungssinn der Verschiebung ergibt sich daraus, daß für  $b \cos \varepsilon > 0$  der Abstand des Mitnehmers  $P_1$  von dem Mitnehmer  $O_1$  kleiner sein muß als für  $b \cos \varepsilon = 0$ . Der kurze Arm  $h_2$  des Doppelhebels  $h_1, h_2$  greift mit einem Schlitz  $h_4$  an einem Mitnehmer  $P$  eines Schlittens  $h_5$  an, der auf einem Schieber  $h_6$  in der Tiefenrichtung einstellbar angeordnet ist. Dieser Schieber  $h_6$  bildet einen Teil des Schlittens  $C$  und ist für Justierzwecke gegenüber diesem Schlitten in der Breitenrichtung einstellbar angeordnet, wobei eine Klemmschraube  $h_7$  zur Feststellung des Schiebers  $h_6$  auf dem Schlitten  $C$  vorgesehen ist. Ein Zeiger  $h_8$  des Schlittens  $h_5$  zeigt an einer Skala  $h_9$  des Schiebers  $h_6$  die jeweils eingestellte Komponente des Abstandes des Mitnehmers  $P$  von der Drehachse  $P_0$  in der Tiefenrichtung an, die gleich der Brennweite  $f$  der Aufnahmeobjektive sein muß. Zum Feststellen des Schlittens  $h_5$  auf dem Schieber  $h_6$  dient eine Klemmschraube  $h_{10}$ . Wenn im Stereokomparator ein Bildpunkt mit der Abszisse  $x_2 = 0$  eingestellt ist, muß sich der Doppelhebel  $h_1, h_2$  in seiner Nullstellung befinden, in der er parallel zur Tiefenrichtung ist.

Um den Schlitten  $D$  des Stereokomparators von Hand entsprechend  $y_2 \dots y_1$  einstellen zu können, ist ein Handrad  $q_{15}$  angeordnet.

In Fig. 10 (Tafel I) sind im Stereokomparator die Marken des Mikroskops  $M$  auf die Bilder eines Objektivpunktes eingestellt, deren Koordinaten die Werte haben

$$x_1 = 0, y_1 = 0, x_2 = \frac{b f \cos \varepsilon}{Z_1}, y_2 = -\frac{b f \sin \varepsilon}{Z_1}.$$

Der Zeichenstift  $z_1$  gibt demzufolge auf dem Zeichenbrett  $z_2$  den diesen Bildern entsprechenden Objektpunkt an mit den Koordinaten

$$X_1 = 0, Y_1 = 0, Z_1 > 0,$$

d. h. dieser Objektpunkt liegt in der linken Objektivachse im Abstand  $Z_1$  vom optischen Mittelpunkt des linken Objektivs.

Beim Gebrauch des Apparates müssen sämtliche Klemmschrauben angezogen sein. Zum Aufzeichnen beliebiger Linien des aus den Bildplatten zu entnehmenden Objektes sind die Fußscheibe  $a_7$ , sowie die Handräder  $b_6$  und  $c_3$  gleichzeitig zu betätigen, während am Handrad  $q_{15}$  nur von Zeit zu Zeit nachzustellen ist. Zum Aufzeichnen von Höhenschichtenlinien ist die Fußscheibe  $a_7$  so lange zu bewegen, bis an der Skala  $g_2$  durch den Zeiger  $g_1$  die der jeweils gewünschten Höhenschichtenlinie entsprechende Höhe  $Y_1$  (im Kopiermaßstab gemessen) angezeigt wird. Alsdann sind zum Aufzeichnen nur die Handräder  $b_6$  und  $c_3$  zu benützen, wobei wiederum die zur Erhaltung des stereoskopischen Effektes erforderliche, gelegentliche Nachstellung des Handrades  $q_{15}$  vorzunehmen ist.

b) Ausführungsform *B* für den Fall gleichmäßig verschwenkter  
Objektivachsen.

(D. R. P. 281369 vom 25. Dezember 1913).

Bei dieser Ausführungsform des Stereoaographen sind die durch die folgenden Gleichungen ausgedrückten Beziehungen selbsttätig aufrechtzuerhalten.

$$\frac{x_1}{f} = \frac{X_1}{Z_1} \tag{Ic}$$

$$\frac{y_1}{f} = \frac{Y_1}{Z_1} \tag{IIc}$$

$$\frac{x_2}{f} = \frac{X_1 + b \cos \alpha \cos \varepsilon}{Z_1 + b \sin \alpha \cos \varepsilon} \tag{IIIc}$$

Da die Gleichungen Ic und IIc mit den Gleichungen Ib und IIb übereinstimmen, macht sich gegenüber der Ausführungsform *A* des Stereoaographen nur eine Änderung der Verbindung der Schlitten *B*<sub>1</sub> und *C* nötig. Diese Änderung soll an Hand der Fig. 11 (Tafel II) beschrieben werden, in der für den Stereokomparator der Sonderfall vorliegt, daß der Schlitten *A* die beiden Bildplatten trägt, daß also das Mikroskop *M* auf der Grundplatte *G* fest angeordnet ist, und daß die Schlitten *B* und *C* nebeneinander auf einer gemeinsamen Führung gleiten.

Die Gleichung IIIc unterscheidet sich von der Gleichung IIIb dadurch, daß das für ein bestimmtes Bildplattenpaar unveränderliche Zusatzglied des Zählers der rechten Seite statt des Wertes *b* cos ε den Wert *b* cos α cos ε hat, und daß auch der Nenner der rechten Seite ein für ein bestimmtes Bildplattenpaar unveränderliches Zusatzglied enthält. Demgemäß muß die Verschiebung des Schlittens *i*<sub>1</sub> aus seiner Nullstellung den im Kopiermaßstab gemessenen Wert *b* cos α cos ε erhalten, und es muß ferner der Mitnehmer *P*<sub>1</sub> gegenüber dem Schlitten *B*<sub>1</sub> auch noch in der Tiefenrichtung einstellbar sein. Zu diesem Zweck ist er auf einem Schlitten *i*<sub>5</sub> angebracht, der auf dem Schlitten *i*<sub>1</sub> in der Tiefenrichtung einstellbar angeordnet ist und gegenüber diesem Schlitten mittels einer Klemmschraube *i*<sub>6</sub> festgestellt werden kann. Ein Zeiger *i*<sub>7</sub> des Schlittens *i*<sub>5</sub> zeigt an einer Skala *i*<sub>8</sub> des Schlittens *i*<sub>1</sub> denjenigen Wert an, um den der Schlitten *i*<sub>5</sub> aus seiner Nullstellung verschoben ist. Diese Verschiebung muß, entsprechend der Gleichung IIIc, den im Kopiermaßstab gemessenen Wert *b* sin α cos ε haben. Die Nullstellung ist dadurch bestimmt, daß für *b* sin α cos ε = 0 der Abstand des Mitnehmers *P*<sub>1</sub> von der Drehachse *P*<sub>0</sub> dieselbe Komponente (*Z*<sub>1</sub>) in der Tiefenrichtung haben muß, wie der Abstand des Mitnehmers *O*<sub>1</sub> von der Drehachse *O*<sub>0</sub>. Der Richtungssinn der Verschiebung ist dadurch bestimmt, daß für positive Werte von *b* sin α cos ε der Abstand des Mitnehmers *P*<sub>1</sub> von der Drehachse *P*<sub>0</sub> größer sein muß, als für *b* sin α cos ε = 0. Wenn im Stereokomparator ein Bildpunkt mit der Koordinate *x*<sub>2</sub> = 0 eingestellt ist, muß sich der Doppelhebel *h*<sub>1</sub>, *h*<sub>2</sub> in seiner Nullstellung befinden, in der er parallel der Tiefenrichtung ist.

Außerdem machen sich gegenüber Fig. 10 (Tafel I) mit Rücksicht darauf, daß der Schlitten *A* des Stereokomparators abweichend von der in dieser Figur beschriebenen Anordnung die beiden Bildplatten trägt, noch die folgenden Änderungen nötig. Da die Verschiebung des Schlittens *A* ihr Vorzeichen geändert hat, muß die Skala *g*<sub>2</sub> des Schlittens *C*<sub>1</sub> entgegengesetzt gerichtet sein. Da die Schlitten *B* und *C* an der Bewegung des Schlittens *A* teilnehmen, müssen sie folgendermaßen mit den kurzen Armen, *d*<sub>2</sub> und *h*<sub>2</sub>, der Doppelhebel *d*<sub>1</sub>, *d*<sub>2</sub> und *h*<sub>1</sub>, *h*<sub>2</sub> verbunden werden. Der Schlitten *d*<sub>2</sub>,

wird auf der Grundplatte  $G$  verschieblich angeordnet, und die zu seinem Zeiger  $d_8$  gehörende Skala  $d_9$  wird auf der Grundplatte aufgetragen. Die Klemmschraube  $d_{10}$  dient zum Feststellen des Schlittens  $d_5$  auf der Grundplatte. Der Mitnehmer  $O$  sitzt auf einem Schlitten  $d_{11}$ , der auf dem Schlitten  $d_5$  in der Breitenrichtung verschieblich angeordnet ist und eine quer gerichtete Kulisse  $d_{12}$  trägt, in die der Schieber  $d_6$  des Schlittens  $B$  mit einem Zapfen  $d_{13}$  eingreift. Entsprechend wird auch der Schlitten  $h_5$  auf der Grundplatte  $G$  verschieblich angeordnet, und die Skala  $h_9$  auf der Grundplatte aufgetragen. Die Klemmschraube  $h_{10}$  dient zum Feststellen des Schlittens  $h_5$  auf der Grundplatte. Der Mitnehmer  $P$  sitzt auf einem Schlitten  $h_{11}$ , der auf dem Schlitten  $h_5$  in der Breitenrichtung verschieblich angeordnet ist und eine quer gerichtete Kulisse  $h_{12}$  trägt, in die ein Zapfen  $h_{13}$  des Schiebers  $h_6$  eingreift.

In der Figur sind im Stereokomparator die Marken des Mikroskops  $M$  auf die Bilder eines Objektpunktes eingestellt, deren Koordinaten die Werte haben

$$x_1 = 0, y_1 = 0, x_2 = \frac{b \cdot f \cdot \cos \alpha \cos \varepsilon}{Z_1 + b \sin \alpha \cos \varepsilon}, y_2 = -\frac{b \cdot f \cdot \sin \varepsilon}{Z_1 + b \sin \alpha \cos \varepsilon}.$$

Der Zeichenstift  $z_1$  gibt demzufolge auf dem Zeichenbrett  $z_2$  den diesen Bildern entsprechenden Objektpunkt an mit den Koordinaten

$$X_1 = 0, Y_1 = 0, Z_1 > 0,$$

d. h. dieser Objektpunkt liegt in der linken Objektivachse im Abstand  $Z_1$  vom optischen Mittelpunkt des linken Objektivs.

Beim Gebrauch des Apparates müssen sämtliche Klemmschrauben angezogen sein. Die Handhabung stimmt mit der bei der Ausführungsform  $A$  angegebenen überein.

c) Ausführungsform  $C$  für den Fall konvergenter (divergenter) Objektivachsen.

(D. R. P. 281369 vom 25. Dezember 1913).

Bei dieser Ausführungsform des Stereoaographen sind die durch die folgenden Gleichungen ausgedrückten Beziehungen selbsttätig aufrechtzuerhalten.

$$\frac{x_1}{f} = \frac{X_1}{Z_1} \quad \text{I d)}$$

$$\frac{y_1}{f} = \frac{Y_1}{Z_1} \quad \text{II d)}$$

$$\frac{x_2}{f} = \frac{X_1 \cos \gamma - Z_1 \sin \gamma + b \cos \varepsilon \cos (\alpha + \gamma)}{X_1 \sin \gamma + Z_1 \cos \gamma + b \cos \varepsilon \sin (\alpha + \gamma)}. \quad \text{III d)}$$

Vergleicht man diese Gleichungen mit den der Ausführungsform  $B$  des Stereoaographen zugrunde liegenden, so ergibt sich auch hier wieder nur eine Abweichung der Gleichung III d) von der Gleichung III c). Es ist also gegenüber der Ausführungsform  $B$  (Fig. 11, Tafel II) nur eine Änderung der Verbindung der Schlitten  $B_1$  und  $C$  erforderlich, wenn, wie vorausgesetzt sein soll, ein Stereokomparator von gleicher Ausbildung wie in Fig. 11 Verwendung findet. Die Änderung wird aus Fig. 12 (Tafel III) ersichtlich. Sie besteht darin, daß die Arme  $h_1$  und  $h_2$  des Doppelhebels  $h_1, h_2$  in ihrer Drehebene gegeneinander einstellbar gemacht werden. Damit die Gleichung III d) erfüllt wird, sind die Schlitten  $h_3, i_1$  und  $i_2$ , wie bei der Ausführungsform  $B$  einzustellen,

so daß also der Zeiger  $h_8$  an der Skala  $h_9$  den Wert  $f$ , der Zeiger  $i_3$  an der Skala  $i_4$  den Wert  $b \cos \alpha \cos \varepsilon$ , und der Zeiger  $i_7$  an der Skala  $i_8$  den Wert  $b \sin \alpha \cos \varepsilon$  anzeigt, die beiden letzten Werte dabei im Kopiermaßstab gemessen. Ferner sind die Arme  $h_1$  und  $h_2$  so gegeneinander einzustellen, daß sie, vom langen Arm  $h_1$  aus im Uhrzeigersinn gerechnet, den Winkel  $180 + \gamma$  miteinander einschließen. Dabei wird der Winkel  $\gamma$  durch einen Zeiger  $h_{14}$  des Armes  $h_2$  an einer im Uhrzeigersinn zunehmenden Gradteilung  $h_{15}$  des Armes  $h_1$  angezeigt. Eine Klemmschraube  $h_{16}$  dient dazu, die beiden Arme gegeneinander festzustellen. Wenn im Stereokomparator ein Bildpunkt mit der Abszisse  $x_2 = 0$  eingestellt ist, muß sich der Doppelhebel  $h_1, h_2$  in seiner Nullstellung befinden, in der sein Arm  $h_2$  parallel zur Tiefenrichtung, und sein Arm  $h_1$  um den Winkel  $\gamma$  gegen die Tiefenrichtung geneigt ist.

Der Beweis dafür, daß bei der beschriebenen Einstellung der Schlitten  $h_3, i_1$  und  $i_5$ , die Gleichung III d richtig erfüllt wird, folgt aus Fig. 13. Darin ist der Doppelhebel  $h_1, h_2$  in vier Stellungen gezeichnet, deren jeder eine Einstellung des Apparates für einen Objektpunkt mit den von Null abweichenden Koordinaten  $Y_1$  und  $Z_1$  zugrunde liegt. Die durch strichpunktierte Linien angedeutete Stellung entspricht der Einstellung eines Objektpunktes mit der Koordinate  $X_1 = -b \cos \alpha \cos \varepsilon$ . Die durch schwach gestrichelte Linien angedeutete Stellung entspricht der Einstellung eines Objektpunktes mit der Koordinate  $X_1 = 0$ . Die durch stark gestrichelte Linien angedeutete Stellung ist die Nullstellung des Doppelhebels, die der Einstellung eines Objektpunktes entspricht, zu dem die Plattenkoordinate  $x_2 = 0$  gehört. Die durch ausgezogene Linien angedeutete Stellung entspricht der Einstellung eines Objektpunktes mit der von Null abweichenden Koordinate  $X_1$  und der zugehörigen Plattenkoordinate  $x_2$ . Mit den eingeschriebenen Bezeichnungen folgt dann aus der Figur, wenn man noch von  $P_1'$  und  $P_1''''$  Senkrechte auf  $P_0 P_1''''$  fällt, und wenn man ferner durch  $P_1'$  zu  $P_0 P_1''''$  eine Parallele zieht:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varrho' &= \frac{x_2}{f} = \frac{\overline{P_1''''} b}{P_0 b} \\ &= \frac{\overline{P_1''''} c - b c}{P_0 a + a b} = \frac{\overline{P_1''''} c - \overline{P_1'} a}{P_0 a + \overline{P_1'} c} \\ &= \frac{(X_1 + b \cos \alpha \cos \varepsilon) \cos \gamma - (Z_1 + b \sin \alpha \cos \varepsilon) \sin \gamma}{(Z_1 + b \sin \alpha \cos \varepsilon) \cos \gamma + (X_1 + b \cos \alpha \cos \varepsilon) \sin \gamma} \\ &= \frac{X_1 \cos \gamma - Z_1 \sin \gamma + b \cos \varepsilon \cos (\alpha + \gamma)}{X_1 \sin \gamma + Z_1 \cos \gamma + b \cos \varepsilon \sin (\alpha + \gamma)}, \end{aligned}$$

was zu beweisen war.

In Fig. 12 (Tafel III) sind im Stereokomparator die Marken des Mikroskops  $M$  auf die Bilder eines Objektpunktes eingestellt, deren Koordinaten die Werte haben

$$x_1 = 0, y_1 = 0, x_2 = 0, y_2 = -f \frac{\sin \gamma \operatorname{tg} \varepsilon}{\cos \alpha}.$$

Der Zeichenstift  $z_1$  gibt demzufolge auf dem Zeichenbrett  $z_2$  den diesen Bildern entsprechenden Objektpunkt an mit den Koordinaten

$$X_1 = 0, Y_1 = 0, Z_1 = \frac{b \cos \varepsilon \cos (\alpha + \gamma)}{\sin \gamma}.$$

d. h. dieser Objektpunkt ist der Schnittpunkt der linken Objektivachse mit der die rechte Objektivachse enthaltenden Lotebene.



$$\frac{y_1}{f} = \frac{Y_1}{Z_1} \quad \text{II d)}$$

$$\frac{x_2}{f} = \frac{X_1 \cos \gamma - Z_1 \sin \gamma + b \cos \varepsilon \cos (\alpha + \gamma)}{X_1 \sin \gamma + Z_1 \cos \gamma + b \cos \varepsilon \sin (\alpha + \gamma)} \quad \text{III d)}$$

$$\frac{y_2}{f} = \frac{Y_1 - b \sin \varepsilon}{X_1 \sin \gamma + Z_1 \cos \gamma + b \cos \varepsilon \sin (\alpha + \gamma)} \quad \text{IV d)}$$

Um die Gleichung IV d) zur mechanischen Umsetzung geeignet zu machen, werden ihre Nenner durch  $\cos \gamma$  dividiert<sup>1)</sup>. Dann entsteht die Gleichung

$$\frac{y_2}{f \cos \gamma} = \frac{Y_1 - b \sin \varepsilon}{X_1 \operatorname{tg} \gamma + Z_1 + \frac{b \cos \varepsilon \sin (\alpha + \gamma)}{\cos \gamma}} \quad \text{IV e)}$$

Die Ausführungsform wird aus Fig. 14 (Tafel IV) ersichtlich, in der für den Stereokomparator der in Fig. 9 dargestellte Sonderfall vorliegt. Gegenüber Fig. 12 (Tafel III) macht sich nur diejenige Änderung erforderlich, die zum Zwecke der selbsttätigen Aufrechterhaltung der Gleichung IV e) getroffen werden muß. Diese Änderung besteht darin, daß der Schlitten  $A_1$  mit dem Schlitten  $D$  durch einen Doppelhebel  $j_1, j_2$  verbunden ist, der auf der Grundplatte  $G$  um eine Achse  $R_0$  drehbar gelagert ist, die mit der Drehachse  $Q_0$  des Doppelhebels  $e_1, e_2$  in einer die Breitenrichtung enthaltenden Ebene liegt. Die beiden Arme  $j_1$  und  $j_2$  des Doppelhebels sind von verschiedener Länge und schließen einen Winkel von  $180^\circ$  miteinander ein. In einen Schlitz  $j_3$  des langen Armes  $j_1$  greift ein Mitnehmer  $R_1$  ein, der auf dem oberen Schlitten eines auf dem Schlitten  $A_1$  angeordneten Kreuzschlittensystems angebracht ist, dessen unterer Schlitten  $k_1$  auf dem Schlitten  $A_1$  in der Breitenrichtung einstellbar angeordnet ist und gegenüber diesem Schlitten durch eine Klemmschraube  $k_2$  festgestellt werden kann. Ein Zeiger  $k_3$  des Schlittens  $k_1$  zeigt an einer Skala  $k_4$  des Schlittens  $A_1$  denjenigen Wert an, um den der Schlitten  $k_1$  aus seiner Nullstellung verschoben ist. Diese Verschiebung muß, entsprechend der Gleichung IV e), den im Kopiermaßstab gemessenen Wert  $b \sin \varepsilon$  haben. Die Nullstellung ist dadurch bestimmt, daß für  $b \sin \varepsilon = 0$  der Doppelhebel  $j_1, j_2$  parallel dem Doppelhebel  $e_1, e_2$  sein muß. Der Richtungssinn der Verschiebung ergibt sich daraus, daß bei positivem  $b \sin \varepsilon$  der Abstand des Mitnehmers  $R_1$  von dem Mitnehmer  $Q_1$  kleiner sein muß als für  $b \sin \varepsilon = 0$ . Der obere Schlitten  $k_5$  des Kreuzschlittensystems ist auf dem unteren Schlitten  $k_1$  in der Tiefenrichtung einstellbar angeordnet und kann durch eine Klemmschraube  $k_6$  auf dem Schlitten  $k_1$  festgestellt werden. Ein Zeiger  $k_7$  des Schlittens  $k_5$  zeigt an einer Skala  $k_8$  des Schlittens  $k_1$  denjenigen Wert an, um den der Schlitten  $k_5$  aus seiner Nullstellung verschoben ist. Diese Verschiebung muß, entsprechend der Gleichung IV e), den im Kopiermaßstab gemessenen Wert  $X_1 \operatorname{tg} \gamma + \frac{b \cos \varepsilon \sin (\alpha + \gamma)}{\cos \gamma}$  haben. Die Nullstellung

<sup>1)</sup> Es ist auch noch ein zweiter Weg gangbar, die Gleichung IV d) zur mechanischen Umsetzung geeignet zu machen. Zu dem Zwecke setze man in IV d) für  $X_1$  den aus III d) folgenden Wert

$$X_1 = \frac{x_2 [Z_1 \cos \gamma + b \cos \varepsilon \sin (\alpha + \gamma)] + f [Z_1 \sin \gamma - b \cos \varepsilon \cos (\alpha + \gamma)]}{f \cos \gamma - x_2 \sin \gamma}$$

ein. Dann entsteht die Gleichung

$$\frac{y_2}{f \cos \gamma - x_2 \sin \gamma} = \frac{Y_1 - b \sin \varepsilon}{Z_1 + b \sin \alpha \cos \varepsilon} \quad \text{IV f)}$$

ist dadurch bestimmt, daß, wenn gleichzeitig  $X_1 = 0$  und  $\frac{b \cos \varepsilon \sin(\alpha + \gamma)}{\cos \gamma} = 0$  ist, der Mitnehmer  $R_1$  mit dem Mitnehmer  $Q_1$  des Armes  $e_1$  des Doppelhebels  $e_1, e_2$  in einer die Breitenrichtung enthaltenden Ebene liegen muß. Der Richtungssinn der Verschiebung ergibt sich daraus, daß, wenn gleichzeitig  $X_1 = 0$  ist und  $\frac{b \cos \varepsilon \sin(\alpha + \gamma)}{\cos \gamma}$  einen positiven Wert hat, der Abstand des Mitnehmers  $R_1$  von der Drehachse  $R_0$  größer sein muß als für  $\frac{b \cos \varepsilon \sin(\alpha + \gamma)}{\cos \gamma} = 0$ .

Damit während des Kopierens der Mitnehmer  $R_1$  beim Verschieben des Schlittens  $B_1$  in der Breitenrichtung um  $X_1$  die Verschiebung  $X_1 \operatorname{tg} \gamma$  in der Tiefenrichtung selbsttätig erfährt, und zwar so, daß der Abstand des Mitnehmers  $R_1$  von der Drehachse  $R_0$  bei positivem  $X_1 \operatorname{tg} \gamma$  größer ist als für  $X_1 \operatorname{tg} \gamma = 0$ , ist die folgende Kuppelung des Mitnehmers  $R_1$  mit dem Schlitten  $B_1$  vorgesehen. Auf dem Schlitten  $C_1$  ist ein Schlitten  $l$  längs zweier Führungen  $l_1$  in der Tiefenrichtung verschieblich angeordnet, der einerseits einen der Breitenrichtung parallelen Schlitz  $l_2$  aufweist, in den der Mitnehmer  $R_1$  eingreift, und auf dem andererseits ein Schlitten  $l_3$  in der Tiefenrichtung einstellbar angeordnet ist, der durch eine Klemmschraube  $l_4$  mit dem Schlitten  $l$  fest verbunden werden kann. Dieser Schlitten  $l_3$  greift mit einem Zapfen  $l_5$  in einen Schlitz  $l_6$  eines Hebels  $l_7$  ein, der um einen Zapfen  $l_8$  des Schlittens  $B_1$  drehbar so gelagert ist, daß die Neigung seines Schlitzes  $l_6$  gegen die Breitenrichtung verändert werden kann. Die jeweils eingestellte Neigung, die gleich dem Winkel  $\gamma$  zu wählen ist, wird durch einen Zeiger  $l_9$  des Hebels  $l_7$  an einer entgegen dem Uhrzeigersinn zunehmenden Gradteilung  $l_{10}$  des Schlittens  $B_1$  angezeigt. Durch eine Klemmschraube  $l_{11}$  kann der Hebel  $l_7$  auf dem Schlitten  $B_1$  festgestellt werden. Damit die Gleichung IVe erfüllt wird, ist die beschriebene Kupplung folgendermaßen einzustellen. Der Hebel  $l_7$  muß in diejenige Lage gebracht werden, in der sein Zeiger  $l_9$  an der Gradteilung  $l_{10}$  den Winkel  $\gamma$  anzeigt. Der Schlitten  $k_1$  muß diejenige Stellung einnehmen, in der sein Zeiger  $k_3$  an der Skala  $k_4$  den im Kopiermaßstab gemessenen Wert  $b \sin \varepsilon$  anzeigt. Der Schlitten  $B_1$  ist in seine Nullstellung zu bringen, in der der Doppelhebel  $d_1, d_2$  parallel der Tiefenrichtung ist. Der Schlitten  $k_5$  ist bei gelöster Klemmschraube  $l_4$  so einzustellen, daß sein Zeiger  $k_7$  an der Skala  $k_8$  den im Kopiermaßstab gemessenen Wert  $\frac{b \cos \varepsilon \sin(\alpha + \gamma)}{\cos \gamma}$  anzeigt. Die zwangsläufige Verbindung des Schlittens  $B_1$  mit dem Mitnehmer  $R_1$  ist durch Anziehen der Klemmschraube  $l_4$  herzustellen. Die Klemmschraube  $k_6$  muß während des Kopierens gelöst bleiben.

Der kurze Arm  $j_2$  des Doppelhebels  $j_1, j_2$  greift mittels einer Stange  $j_4$  an dem einen Arm  $j_5$  eines Winkelhebels an, der auf der Grundplatte  $G$  um eine Achse  $R_0'$  drehbar gelagert ist, die mit der Drehachse  $R_0$  des Doppelhebels  $j_1, j_2$  in einer die Breitenrichtung enthaltenden Ebene liegt. Der Arm  $j_5$  des Winkelhebels ist von der gleichen Länge wie der Arm  $j_2$  des Doppelhebels, und ist diesem Arm parallel. Er schließt mit dem anderen Arm  $j_6$  des Winkelhebels den Winkel  $90^\circ$  ein. Dieser Arm  $j_6$  greift mit einem Schlitz  $j_7$  an einem Mitnehmer  $R$  eines Schlittens  $j_8$  an, der auf einem Schieber  $j_9$  in der Breitenrichtung einstellbar angeordnet ist. Dieser Schieber  $j_9$  bildet einen Teil des Schlittens  $D$  und ist für Justierzwecke gegenüber diesem Schlitten in dessen Verschiebungsrichtung einstellbar. Ein Zeiger  $j_{10}$  des Schlittens  $j_8$  zeigt an einer Skala  $j_{11}$  des Schiebers  $j_9$  die jeweils eingestellte Komponente des Abstandes des Mit-

Tafel IV

Ausführungsform D.

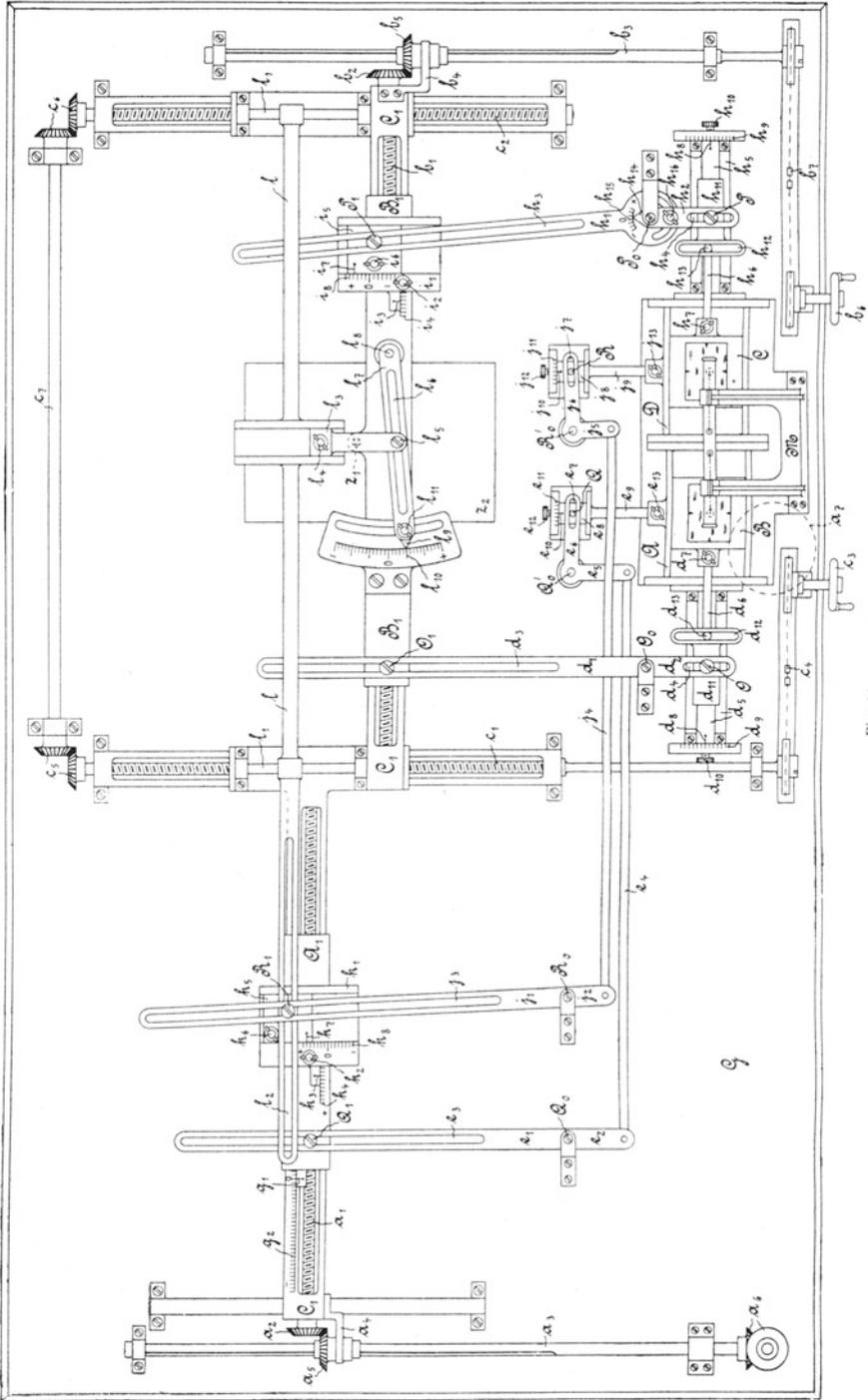


Fig. 14.

nehmers  $R$  von der Drehachse  $R_0'$  in der Breitenrichtung an, die den Wert  $\frac{f}{\cos \gamma}$  haben muß. Eine Klemmschraube  $j_{12}$  dient zum Feststellen des Schlittens  $j_8$  auf dem Schieber  $j_9$ , und eine zweite Klemmschraube  $j_{13}$  zum Feststellen des Schiebers  $j_9$  auf dem Schlitten  $D$ . Wenn im Stereokomparator ein Bildpunkt mit der Ordinate  $y_2 = 0$  eingestellt ist, muß sich der Doppelhebel  $j_1, j_2$  in seiner Nullstellung befinden, in der er parallel der Tiefenrichtung ist. Dann ist der Arm  $j_6$  des Winkelhebels  $j_5, j_6$  parallel der Breitenrichtung, der Zeiger  $g_1$  zeigt an der Skala  $g_2$  den im Kopiermaßstab gemessenen Wert  $b \sin \varepsilon$  an, und der Zeichenstift  $z_1$  gibt auf dem Zeichenbrett  $z_2$  einen Objektpunkt mit der Koordinate  $Y_1 = b \sin \varepsilon$  an.

Eingestellt ist der Apparat wie in Fig. 12 (Tafel III) für den Schnittpunkt der linken Objektivachse mit der die rechte Objektivachse enthaltenden Lotebene. Beim Gebrauch des Apparates müssen außer der Klemmschraube  $k_6$  sämtliche Klemmschrauben angezogen sein. Die Handhabung gestaltet sich dadurch, daß der Handantrieb des Schlittens  $D$  wegfällt, einfacher als bei der Ausführungsform  $A$  angegeben ist<sup>1)</sup>

Im Falle der Ausführungsform  $B$  wäre zum Zwecke der selbsttätigen Einstellung des Schlittens  $D$  die Gleichung

$$\frac{y_2}{f} = \frac{Y_1 - b \sin \varepsilon}{Z_1 + b \sin \alpha \cos \varepsilon} \quad \text{IV c)}$$

selbsttätig aufrechtzuerhalten. Dabei müßte der Mitnehmer  $R_1$  wie in Fig. 14 durch das Kreuzschlittensystem  $k_1, k_3$  des Schlittens  $A_1$  einstellbar sein. Die beschriebene Kupplung des Mitnehmers  $R_1$  mit dem Schlitten  $B_1$  wäre nicht erforderlich, da  $y_2$  von  $X_1$  unabhängig ist.

Im Falle der Ausführungsform  $A$  wäre zum Zwecke der selbsttätigen Einstellung des Schlittens  $D$  die Gleichung

$$\frac{y_2}{f} = \frac{Y_1 - b \sin \varepsilon}{Z_1} \quad \text{IV b)}$$

selbsttätig aufrechtzuerhalten. Da bei dieser Gleichung nur im Zähler der rechten Seite ein unveränderliches Zusatzglied auftritt, so wäre außer der Kupplung des Mitnehmers  $R_1$  mit dem Schlitten  $B_1$  auch noch der in der Tiefenrichtung einstellbare Schlitten  $k_3$  der Fig. 14 entbehrlich. Der Mitnehmer brauchte nur durch den in der Breitenrichtung verschieblichen Schlitten  $k_1$  einstellbar sein.

In diesen beiden Fällen entspricht die Kupplung des Schlittens  $A_1$  mit dem Schlitten  $D$  also genau der Kupplung des Schlittens  $B_1$  mit dem Schlitten  $C$ , wie aus dem gleichen Aufbau der Gleichungen IV b und III b, bzw. IV c und III c, von vornherein hätte geschlossen werden können.

<sup>1)</sup> Eine der Gleichung IV f entsprechende Ausführungsform würde sich von der soeben behandelten dadurch unterscheiden, daß die beschriebene Kupplung des Mitnehmers  $R_1$  mit dem Schlitten  $B_1$  entfällt und daß an ihre Stelle eine Kupplung des Mitnehmers  $R$  mit dem Schlitten  $C$  tritt, dergestalt, daß der Mitnehmer beim Verschieben von  $C$  um  $x_2$  eine Verschiebung um  $x_2 \sin \gamma$  in der entgegengesetzten Richtung erfährt.  
(Fortsetzung folgt.)

## Sonder-Abdruck

aus der

„Zeitschrift für Instrumentenkunde“ 41. S. 33–60. 1921.

Verlag von Julius Springer, Berlin W.  
Nachdruck verboten.

### Der v. Orel-Zeissische Stereoautograph und neue Vorschläge für seine weitere Ausgestaltung.

Von

Dr. Ing. Willy Sander.

(Mitteilung aus der optischen Anstalt von Carl Zeiss, Jena.)

(Fortsetzung von Seite 27.)

#### II. Der Stereoautograph zur Auswertung von Bildplatten, die mit Objektiven von nicht horizontaler und beliebiger gegenseitiger Achsenrichtung gewonnen sind.

##### A. Handantrieb des Vertikalparallaxenschlittens D.

Bei einem Stereoautographen, der zur Auswertung von Bildplatten geeignet sein soll, die mit Objektiven von nicht horizontaler und beliebiger gegenseitiger Achsenrichtung gewonnen sind (beliebig dabei mit der Einschränkung verstanden, daß ein stereoskopischer Effekt überhaupt zustande kommt), muß das Kreuzschlittensystem  $A_1, B_1, C_1$  zwangläufig so mit dem Stereokomparator  $A, B, C, D$  verbunden sein, daß beim Kopieren die folgenden Gleichungen aufrechterhalten werden.

$$\frac{x_1}{f} = \frac{X_1}{Y_1 \sin \beta_1 + Z_1 \cos \beta_1} \quad \text{I)}$$

$$\frac{y_1}{f} = \frac{Y_1 \cos \beta_1 - Z_1 \sin \beta_1}{Y_1 \sin \beta_1 + Z_1 \cos \beta_1} \quad \text{II)}$$

$$\frac{x_2}{f} = \frac{X_1 \cos \gamma - Z_1 \sin \gamma + b \cos \varepsilon \cos(\alpha + \gamma)}{X_1 \cos \beta_2 \sin \gamma + Y_1 \sin \beta_2 + Z_1 \cos \beta_2 \cos \gamma + b [\cos \beta_2 \cos \varepsilon \sin(\alpha + \gamma) - \sin \beta_2 \sin \varepsilon]} \quad \text{III)}$$

$$\frac{y_2}{f} = \frac{-X_1 \sin \beta_2 \sin \gamma + Y_1 \cos \beta_2 - Z_1 \sin \beta_2 \cos \gamma - b [\sin \beta_2 \cos \varepsilon \sin(\alpha + \gamma) + \cos \beta_2 \sin \varepsilon]}{X_1 \cos \beta_2 \sin \gamma + Y_1 \sin \beta_2 + Z_1 \cos \beta_2 \cos \gamma + b [\cos \beta_2 \cos \varepsilon \sin(\alpha + \gamma) - \sin \beta_2 \sin \varepsilon]} \quad \text{IV)}$$

Wie im Falle horizontaler Objektivachsen genügt es auch hierbei, wenn nur die Beziehungen, die durch die ersten drei dieser Gleichungen ausgedrückt sind, selbsttätig aufrechterhalten werden und wenn dabei die gleiche gegenseitige Verstellung, die die linke Bildplatte in ihrer Höhenrichtung gegenüber dem Mikroskop  $M$  erfährt, zwangläufig auch für die rechte Bildplatte vorgesehen wird. Es muß dann wiederum der rechten Bildplatte in ihrer Höhenrichtung eine Verstellung von Hand um  $y_2 - y_1$  erteilt werden, die nur gelegentlich vorgenommen zu werden braucht, um den stereoskopischen Effekt aufrechtzuerhalten.

Die Bedingung der Aufrechterhaltung der Gleichungen I bis III wird durch

mehrere Lösungen erfüllt, deren jeder eine zweckmäßige Umformung dieser Gleichungen zugrunde liegt. Die Lösungen sollen in derjenigen Reihenfolge besprochen werden, in der sie vom Verfasser gefunden worden sind.

a) Ausführungsform  $E$  (Lösung 1).

(D. R. P. 301 289 vom 26. Mai 1914.)

Die Ausführungsform  $E$  des Stereoaographen beruht auf den folgendermaßen umgewandelten Gleichungen I bis III.

$$\frac{x_1}{f \cos \beta_1} = \frac{X_1}{Y_1 \operatorname{tg} \beta_1 + Z_1} \quad \text{I f)}$$

$$\frac{y_1}{f} = \frac{Y_1 \cos \beta_1 - Z_1 \sin \beta_1}{Y_1 \sin \beta_1 + Z_1 \cos \beta_1} \quad (\text{identisch mit II}) \quad \text{II f)}$$

$$\frac{x_2}{f \cos \beta_2} = \frac{X_1 \cos \gamma - Z_1 \sin \gamma + b \cos \varepsilon \cos (\alpha + \gamma)}{X_1 \sin \gamma + Y_1 \operatorname{tg} \beta_2 + Z_1 \cos \gamma + b [\cos \varepsilon \sin (\alpha + \gamma) - \operatorname{tg} \beta_2 \sin \varepsilon]} \quad \text{III f)}$$

Während an die bisher beschriebenen Ausführungsformen die Anforderung gestellt war, daß sie zum Aufzeichnen beliebiger Linien der Oberfläche des aufgenommenen Objektes verwendbar sein sollten, soll von der Ausführungsform  $E$  nur verlangt werden, daß sie das Aufzeichnen von Höhenschichtenlinien gestattet. Da für ein und dieselbe Höhenschichtenlinie die Koordinate  $Y_1$  unveränderlich ist, so können diejenigen Glieder der Gleichungen I f bis III f, die  $Y_1$  enthalten, für ein und dieselbe Höhenschichtenlinie als unveränderlich angenommen werden. Für jede andere Höhenschichtenlinie haben diese Glieder jedoch andere Werte, so daß vor dem Aufzeichnen jeder neuen Höhenschichtenlinie eine Neueinstellung derjenigen Einzelteile des Stereoaographen nötig ist, die gemäß diesen Gliedern einzustellen sind.

Die Konstruktion der Ausführungsform  $E$  wird aus Fig. 15 (Tafel V) ersichtlich. Sie schließt sich an die in Fig. 12 (Tafel III) dargestellte Konstruktion der Ausführungsform  $C$  an, die auf den Gleichungen I d bis III d beruht. Doch ist der Stereokomparator wie in Fig. 10 (Tafel I) so ausgebildet, daß der Schlitten  $A$  das Mikroskop  $M$  trägt und daß die beiden Schlitten  $B$  und  $C$  nebeneinander auf einer gemeinsamen Führung gleiten. Infolgedessen sind die als Träger der Mitnehmer  $O$  und  $P$  dienenden Schlitten  $d_5$  und  $h_5$ , wie in Fig. 10 unmittelbar auf den Schiebern  $d_6$  und  $h_6$  einstellbar angeordnet und ist die Skala  $g_2$  wie in Fig. 10 gerichtet.

Damit die Gleichung I f beim Kopieren selbsttätig erfüllt wird, muß die in die Tiefenrichtung fallende Komponente des Abstandes des Mitnehmers  $O_1$  von der Drehachse  $O_0$ , die in Fig. 12 (Tafel III), entsprechend der Gleichung I d, den Wert  $Z_1$  hat, jetzt, entsprechend der Gleichung I f, den Wert  $Y_1 \operatorname{tg} \beta_1 + Z_1$  annehmen, wobei  $Y_1 \operatorname{tg} \beta_1$  sich nach der an der Skala  $g_2$  angezeigten Koordinate  $Y_1$  richtet. Demzufolge wird der Mitnehmer  $O_1$  nicht mehr unmittelbar auf dem Schlitten  $B_1$ , sondern auf einem Schlitten  $m_1$  angebracht, der auf dem Schlitten  $B_1$  in der Tiefenrichtung einstellbar angeordnet ist und auf diesem Schlitten durch eine Klemmschraube  $m_2$  festgestellt werden kann. Ein Zeiger  $m_3$  des Schlittens  $m_1$  zeigt an einer Skala  $m_4$  des Schlittens  $B_1$  denjenigen Wert an, um den der Schlitten  $m_1$  aus seiner Nullstellung verschoben ist. Diese Verschiebung muß, entsprechend der Gleichung I f, den im Kopier-

Tafel V.

Ausführungsform E.

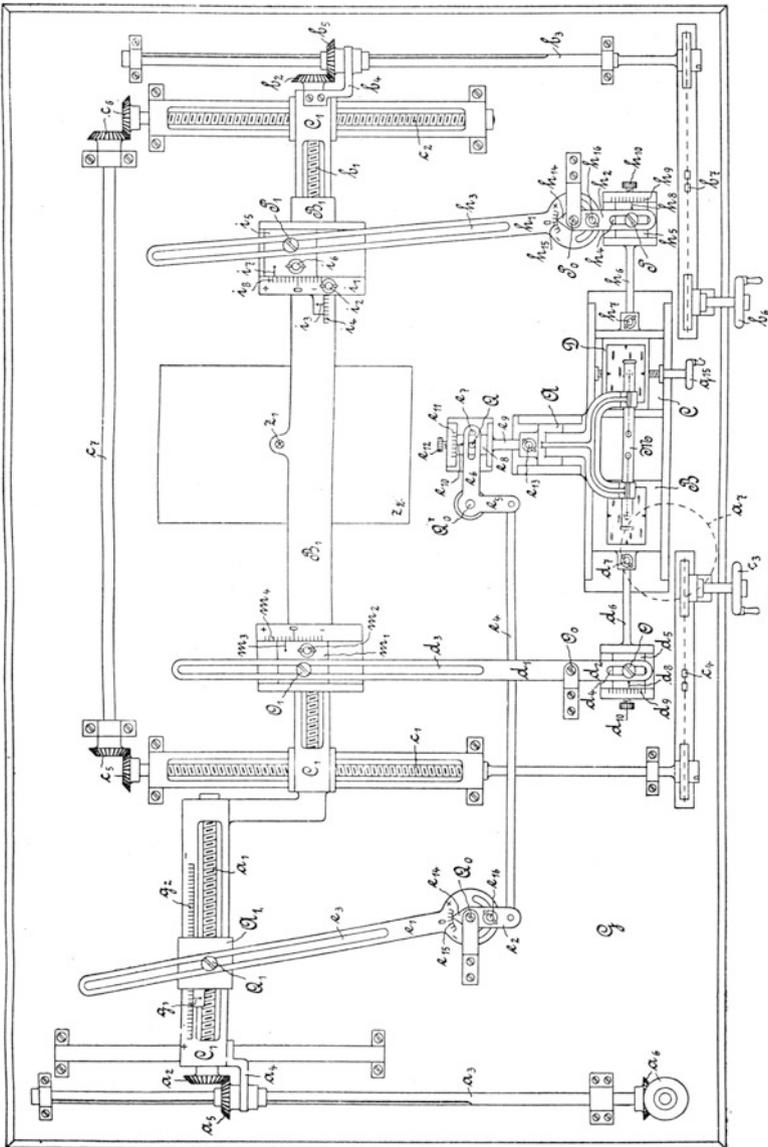


Fig. 15.

maßstab gemessenen Wert  $Y_1 \operatorname{tg} \beta_1$  annehmen. Die Nullstellung ist dadurch bestimmt, daß für  $Y_1 \operatorname{tg} \beta_1 = 0$  die in die Tiefenrichtung fallende Komponente des Abstandes des Mitnehmers  $O_1$  von der Drehachse  $O_0$  gleich der entsprechenden Komponente ( $Z_1$ ) des Abstandes des Mitnehmers  $Q_1$  von der Drehachse  $Q_0$  sein muß. Der Richtungssinn der Verschiebung ergibt sich daraus, daß bei positivem  $Y_1 \operatorname{tg} \beta_1$  der Abstand des Mitnehmers  $O_1$  von der Drehachse  $O_0$  größer sein muß als für  $Y_1 \operatorname{tg} \beta_1 = 0$ . Die in die Tiefenrichtung fallende Komponente des Abstandes des Mitnehmers  $O$  von der Drehachse  $O_0$ , die in Fig. 12 (Tafel III), entsprechend der Gleichung Id, den Wert  $f$  hat, muß jetzt, entsprechend der Gleichung If, den Wert  $\frac{f}{\cos \beta_1}$  annehmen.

Diesen Wert muß der Zeiger  $d_8$  des Schlittens  $d_3$  an der Skala  $d_9$  des Schiebers  $d_6$  anzeigen. Wenn im Stereokomparator ein Bildpunkt mit der Abszisse  $x_1 = 0$  eingestellt ist, muß sich der Doppelhebel  $d_1 d_2$  in seiner Nullstellung befinden, in der er parallel der Tiefenrichtung ist. In diesem Falle gibt der Zeichenstift  $z_1$  auf dem Zeichenbrett  $z_2$  einen Objektpunkt mit der Koordinate  $X_1 = 0$  an.

Damit die Gleichung IIf beim Kopieren selbsttätig aufrechterhalten wird, werden die Arme  $e_1$  und  $e_2$  des die Schlitten  $A_1$  und  $A$  verbindenden Doppelhebels  $e_1, e_2$  der Figur 12 (Tafel III) in ihrer Drehebene gegeneinander einstellbar gemacht und so

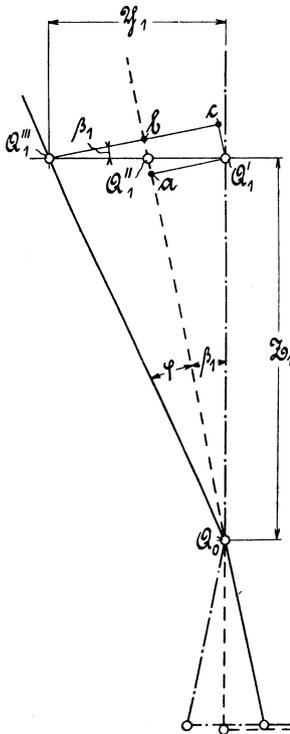


Fig. 16.

eingestellt, daß sie, vom langen Arm  $e_1$  aus im Uhrzeigersinn gerechnet, den Winkel  $180 + \beta_1$  miteinander einschließen. Dabei wird der Winkel  $\beta_1$  durch einen Zeiger  $e_{14}$  des Armes  $e_2$  an einer im Uhrzeigersinn zunehmenden Gradteilung  $e_{15}$  des Armes  $e_1$  angezeigt. Eine Klemmschraube  $e_{16}$  dient dazu, die beiden Arme gegeneinander festzustellen. Die in die Breitenrichtung fallende Komponente des Abstandes des Mitnehmers  $Q$  von der Drehachse  $Q'_0$  muß wie in Fig. 12 den Wert  $f$  haben. Wenn im Stereokomparator ein Bildpunkt mit der Ordinate  $y_1 = 0$  eingestellt ist, so muß sich der Doppelhebel  $e_1 e_2$  in seiner Nullstellung befinden, in der sein Arm  $e_2$  parallel der Tiefenrichtung, und sein Arm  $e_1$  um den Winkel  $\beta_1$  gegen die Tiefenrichtung geneigt ist. Dann ist der Arm  $e_6$  des Winkelhebels  $e_5 e_6$  parallel der

Breitenrichtung, der Zeiger  $g_1$  zeigt an der Skala  $g_2$  den im Kopiermaßstab gemessenen Wert  $Z_1 \operatorname{tg} \beta_1$  an, und der Zeichenstift  $z_1$  gibt auf dem Zeichenbrett  $z_3$  einen Objektpunkt mit der Koordinate  $Y_1 = Z_1 \operatorname{tg} \beta_1$  an.

Die beschriebene Verbindung der Schlitten  $A_1$  und  $A$  ist nicht an die Bedingung geknüpft, daß vor

dem Aufzeichnen jeder neuen Höhenlinie eine Neueinstellung vorzunehmen ist. Sind die Arme gemäß dem Winkel  $\beta_1$  eingestellt, so kann der Schlitten  $A_1$  beliebig verschoben werden, die Gleichung IIf wird immer richtig erfüllt. Der Beweis dafür

folgt aus Fig. 16. Darin ist das Hebelsystem  $e_1, e_3, e_4, e_5, e_6$  in drei Stellungen gezeichnet, deren jeder eine Einstellung des Apparates für einen Objektpunkt mit den von Null abweichenden Koordinaten  $X_1$  und  $Z_1$  zugrunde liegt. Die durch strichpunktierte Linien angedeutete Stellung entspricht der Einstellung eines Objektpunktes mit der Koordinate  $Y_1 = 0$ . Die durch gestrichelte Linien angedeutete Stellung ist die Nullstellung des Systems, die der Einstellung eines Objektpunktes mit der Koordinate  $Y_1 = Z_1 \operatorname{tg} \beta_1$  entspricht, zu der die Plattenkoordinate  $y_1 = 0$  gehört. Die durch ausgezogene Linien angedeutete Stellung entspricht der Einstellung eines Objektpunktes mit der von Null abweichenden Koordinate  $Y_1$  und der zugehörigen Plattenkoordinate  $y_1$ . Mit den eingeschriebenen Bezeichnungen folgt dann aus der Figur, wenn man noch von  $Q_1'$  und  $Q_1'''$  Senkrechte auf  $Q_0 Q_1''$  fällt, und wenn man ferner durch  $Q_1'$  zu  $Q_0 Q_1''$  eine Parallele zieht:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi &= \frac{y_1}{f} = \frac{\overline{Q_1''' b}}{\overline{Q_0 b}} \\ &= \frac{\overline{Q_1''' c} - \overline{b c}}{a b + \overline{Q_0 a}} = \frac{\overline{Q_1''' c} - \overline{Q_1' a}}{\overline{Q_1' c} + \overline{Q_0 a}} \\ &= \frac{Y_1 \cos \beta_1 - Z_1 \sin \beta_1}{Y_1 \sin \beta_1 + Z_1 \cos \beta_1}, \end{aligned}$$

was zu beweisen war.

Die Gleichung III f läßt sich durch die gleiche Verbindung der Schlitten  $B_1$  und  $C$  selbsttätig aufrechterhalten wie in Fig. 12 (Tafel III). Nur müssen die Schlitten  $h_5, i_1$  und  $i_3$  anders eingestellt werden. Da die in die Tiefenrichtung fallende Komponente des Abstandes des Mitnehmers  $P$  von der Drehachse  $P_0$ , die in Fig. 12 entsprechend der Gleichung III d, den Wert  $f$  hat, jetzt, entsprechend der Gleichung III f, den Wert  $\frac{f}{\cos \beta_2}$  annehmen muß, ist der Schlitten  $h_6$  so einzustellen, daß sein Zeiger  $h_8$  an der Skala  $h_9$  des Schiebers  $h_6$  diesen Wert  $\frac{f}{\cos \beta_2}$  anzeigt. Ferner muß diejenige Komponente des Abstandes des Mitnehmers  $P_1$  von der Drehachse  $P_0$ , die in die Nullstellungsrichtung des Armes  $h_1$  fällt (welche Richtung, wie bei der Beschreibung von Fig. 12 erörtert ist, um den Winkel  $\gamma$  gegen die Tiefenrichtung geneigt ist) und die in Fig. 12, entsprechend der Gleichung III d, den Wert

$$X_1 \sin \gamma + Z_1 \cos \gamma + b \cos \varepsilon \sin (\alpha + \gamma)$$

hat, jetzt, entsprechend der Gleichung III f, den Wert

$$X_1 \sin \gamma + Y_1 \operatorname{tg} \beta_2 + Z_1 \cos \gamma + b [\cos \varepsilon \sin (\alpha + \gamma) - \operatorname{tg} \beta_2 \sin \varepsilon]$$

annehmen. Es ist somit eine zusätzliche Abstandsänderung um  $Y_1 \operatorname{tg} \beta_2 - b \operatorname{tg} \beta_2 \sin \varepsilon$  erforderlich, wobei  $Y_1 \operatorname{tg} \beta_2$  sich nach der an der Skala  $g_2$  angezeigten Koordinate  $Y_1$  richtet. Demzufolge muß der Schlitten  $i_1$  eine zusätzliche Verschiebung um

$$(Y_1 \operatorname{tg} \beta_2 - b \operatorname{tg} \beta_2 \sin \varepsilon) \sin \gamma,$$

und der Schlitten  $i_3$  eine zusätzliche Verschiebung um

$$(Y_1 \operatorname{tg} \beta_2 - b \operatorname{tg} \beta_2 \sin \varepsilon) \cos \gamma$$

erfahren, so daß die Gesamtverschiebung des Schlittens  $i_1$  aus seiner Nullstellung

$$\begin{aligned} &b \cos \alpha \cos \varepsilon + (Y_1 \operatorname{tg} \beta_2 - b \operatorname{tg} \beta_2 \sin \varepsilon) \sin \gamma \\ &= Y_1 \operatorname{tg} \beta_2 \sin \gamma + b (\cos \alpha \cos \varepsilon - \operatorname{tg} \beta_2 \sin \gamma \sin \varepsilon) \end{aligned}$$

und die Gesamtverschiebung des Schlittens  $i_5$  aus seiner Nullstellung

$$b \sin \alpha \cos \varepsilon + (Y_1 \operatorname{tg} \beta_2 - b \operatorname{tg} \beta_2 \sin \varepsilon) \cos \gamma \\ = Y_1 \operatorname{tg} \beta_2 \cos \gamma + b (\sin \alpha \cos \varepsilon - \operatorname{tg} \beta_2 \cos \gamma \sin \varepsilon)$$

beträgt, beide Verschiebungen dabei im Kopiermaßstab gemessen. Die Nullstellung des Doppelhebels  $h_1, h_2$  ist die gleiche wie in Fig. 12 (Tafel III).

Der Beweis dafür, daß bei der beschriebenen Einstellung der Schlitten  $h_5,$

$i_1$  und  $i_5$  die Gleichung III f richtig erfüllt wird, folgt aus Fig. 17. Darin ist der Doppelhebel  $h_1, h_2$  in vier Stellungen gezeichnet, deren jeder eine Einstellung des Apparates für einen Objektpunkt mit den von Null abweichenden Koordinaten  $Y_1$  und  $Z_1$  zugrunde liegt. Die durch strichpunktierte Linien angedeutete Stellung entspricht der Einstellung eines Objektpunktes mit der Koordinate  $X_1 = -[Y_1 \operatorname{tg} \beta_2 \sin \gamma + b (\cos \alpha \cos \varepsilon - \operatorname{tg} \beta_2 \sin \gamma \sin \varepsilon)].$

Die durch schwach gestrichelte Linien angedeutete Stellung entspricht der Einstellung eines Objektpunktes mit der Koordinate  $X_1 = 0$ . Die durch stark gestrichelte Linien angedeutete Stellung ist die Nullstellung des Doppelhebels, die der Einstellung eines Objektpunktes entspricht, zu dem die Plattenkoordinate  $x_2 = 0$  gehört. Die durch ausgezogene Linien angedeutete Stellung entspricht der Einstellung eines Objektpunktes mit der von Null abweichenden Koordinate  $X_1$  und der zugehörigen Plattenkoordinate  $x_2$ . Mit den eingeschriebenen Bezeichnungen folgt dann aus der Figur, wenn man noch von  $P_1'$  und  $P_1'''$  Senkrechte auf  $P_0 P_1'''$  fällt, und wenn man ferner durch  $P_1'$  zu  $P_0 P_1'''$  eine Par-

allele zieht:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{x_2}{f} = \frac{P_1''' b}{P_0 b} = \frac{P_1''' c - b c}{P_0 a + a b} = \frac{P_1''' c - P_1' a}{P_0 a + P_1' c}$$

$$\frac{[X_1 + Y_1 \operatorname{tg} \beta_2 \sin \gamma + b (\cos \alpha \cos \varepsilon - \operatorname{tg} \beta_2 \sin \gamma \sin \varepsilon)] \cos \gamma - [Z_1 + Y_1 \operatorname{tg} \beta_2 \cos \gamma + b (\sin \alpha \cos \varepsilon - \operatorname{tg} \beta_2 \cos \gamma \sin \varepsilon)] \sin \gamma}{[Z_1 + Y_1 \operatorname{tg} \beta_2 \cos \gamma + b (\sin \alpha \cos \varepsilon - \operatorname{tg} \beta_2 \cos \gamma \sin \varepsilon)] \cos \gamma + [X_1 + Y_1 \operatorname{tg} \beta_2 \sin \gamma + b (\cos \alpha \cos \varepsilon - \operatorname{tg} \beta_2 \sin \gamma \sin \varepsilon)] \sin \gamma} \\ = \frac{X_1 \cos \gamma - Z_1 \sin \gamma + b \cos \varepsilon \cos (\alpha + \gamma)}{X_1 \sin \gamma + Y_1 \operatorname{tg} \beta_2 + Z_1 \cos \gamma + b [\cos \varepsilon \sin (\alpha + \gamma) - \operatorname{tg} \beta_2 \sin \varepsilon]}$$

was zu beweisen war.

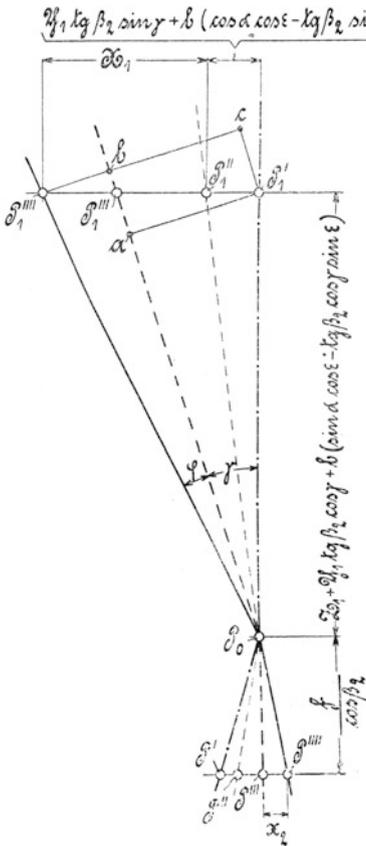


Fig. 17.

In Fig. 15 (Tafel V) sind im Stereokomparator die Marken des Mikroskops  $M$  auf die Bilder eines Objektpunktés eingestellt, deren Koordinaten die Werte haben

$$x_1 = 0, \quad y_1 = 0, \quad x_2 = 0,$$

$$y_2 = f \frac{\sin \beta_1 \cos \beta_2 \cos \varepsilon \cos (\alpha + \gamma) - \cos \beta_1 (\cos \alpha \sin \beta_2 \cos \varepsilon + \cos \beta_2 \sin \gamma \sin \varepsilon)}{\sin \beta_1 \sin \beta_2 \cos \varepsilon \cos (\alpha + \gamma) + \cos \beta_1 (\cos \alpha \cos \beta_2 \cos \varepsilon - \sin \beta_2 \sin \gamma \sin \varepsilon)}.$$

Der Zeichenstift  $z_1$  gibt demzufolge auf dem Zeichenbrett  $z_2$  den diesen Bildern entsprechenden Objektpunkt an mit den Koordinaten

$$X_1 = 0$$

$$Y_1 = Z_1 \operatorname{tg} \beta_1 = \frac{b \operatorname{tg} \beta_1 \cos \varepsilon \cos (\alpha + \gamma)}{\sin \gamma}$$

$$Z_1 = \frac{b \cos \varepsilon \cos (\alpha + \gamma)}{\sin \gamma},$$

d. h. dieser Objektpunkt ist der Schnittpunkt der linken Objektivachse mit der die rechte Objektivachse enthaltenden Lotebene.

Denkt man sich in Fig. 15 sämtliche Klemmschrauben angezogen, so kann durch Betätigen der Handräder  $b_6$ ,  $c_3$  und  $q_{15}$  die der Koordinate  $Y_1 = Z_1 \operatorname{tg} \beta_1$  entsprechende Höhenschichtenlinie aufgezeichnet werden. Um eine andere, z. B. die einer Koordinate  $Y_1'$  entsprechende Höhenschichtenlinie aufzeichnen zu können, ist durch Drehen der Fußscheibe  $a_7$  der Schlitten  $A_1$  so einzustellen, daß sein Zeiger  $g_1$  an der Skala  $g_2$  den im Kopiermaßstab gemessenen Wert  $Y_1'$  anzeigt, und sind weiter, nach Lösen der Klemmschrauben  $m_2$ ,  $i_2$  und  $i_6$ , die Schlitten  $m_1$ ,  $i_1$  und  $i_3$  gemäß dieser Koordinate  $Y_1'$  einzustellen, worauf nach Anziehen der Klemmschrauben der Apparat gebrauchsfertig zum Aufzeichnen dieser anderen Höhenlinie ist.

b) Ausführungsform  $F$  (Lösung 2).

(D. R. P. 313261 vom 9. Juli 1918).

Wie vorausgesetzt, ist die Verwendung der Ausführungsform  $E$  auf das Aufzeichnen von Höhenschichtenlinien beschränkt. Diese Beschränkung hat zwar eine verhältnismäßig einfache Konstruktion der Ausführungsform ermöglicht, wird aber infolge der mit der Konstruktion verbundenen, zur Herabsetzung der Arbeitsleistung führende Forderung, daß vor dem Aufzeichnen jeder neuen Höhenschichtenlinie eine Neueinstellung der Schlitten  $m_1$ ,  $i_1$  und  $i_3$  vorzunehmen ist, als lästig empfunden. Bei der Ausführungsform  $F$  ist daher eine weniger einfache Konstruktion dafür in den Kauf genommen, daß diese Beschränkung wegfällt. Aus den Erläuterungen zu der Ausführungsform  $E$  folgt, daß, um von jener Beschränkung frei zu kommen, die Einstellung des Mitnehmers  $O_1$  in der Tiefenrichtung um  $Y_1 \operatorname{tg} \beta_1$  und die Einstellung des Mitnehmers  $P_1$  in der Nullstellungsrichtung des Armes  $h_1$  (d. h. in der um den Winkel  $\gamma$  gegen die Tiefenrichtung geeigneten Richtung) um  $Y_1 \operatorname{tg} \beta_2$  beim Einstellen des Schlittens  $A_1$  selbsttätig erfolgen muß. Es ist also eine Kupplung des Schlittens  $A_1$  mit den Mitnehmern  $O_1$  und  $P_1$  vorzusehen.

Die Konstruktion der Ausführungsform  $F$  wird aus Fig. 18 (Tafel VI) ersichtlich. Sie unterscheidet sich von der in Fig. 15 (Tafel V) dargestellten Ausführungsform  $E$  wesentlich nur durch das Hinzutreten dieser Kupplung. Dabei sind die Mitnehmer  $O_1$  und  $P_1$  aus konstruktiven Gründen nicht unmittelbar mit dem Schlitten  $A_1$  gekuppelt, sondern mit einem Schlitten  $A_1'$ , der hinter dem Schlitten  $B_1$  auf dem Schlitten  $C_1$  in der Breitenrichtung geradegeführt ist und beim Antrieb

Tafel VI.

Ausführungsform F.

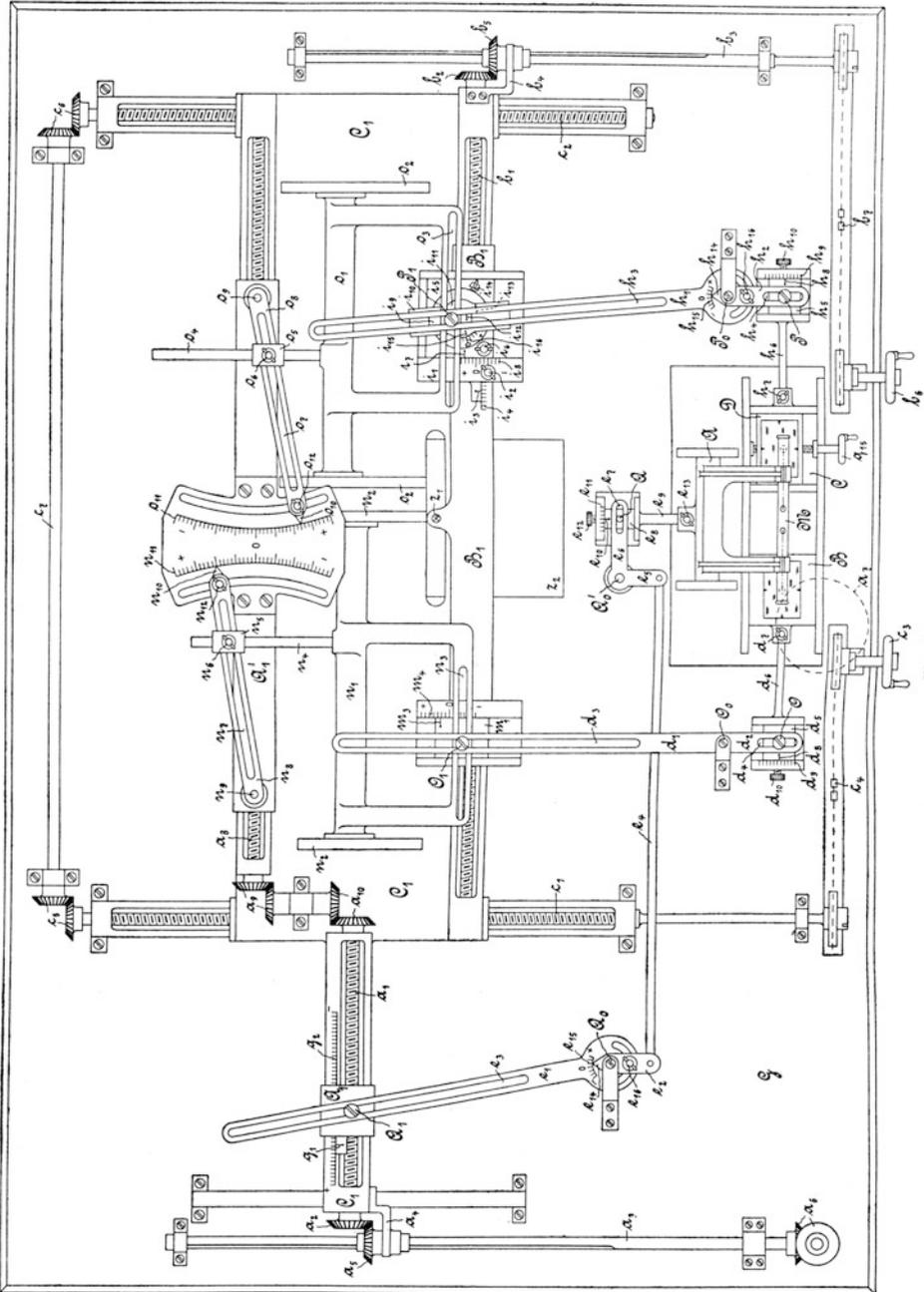


Fig. 1.

des Schlittens  $A_1$  durch eine Gewindespindel  $a_8$  und zwei Kegelräderpaare  $a_9$  und  $a_{10}$  von der Gewindespindel  $a_1$  aus eine Verschiebung erfährt, deren Größe und Richtungssinn mit der des Schlittens  $A_1$  übereinstimmt.

Damit der Mitnehmer  $O_1$  beim Verschieben des Schlittens  $A_1'$  in der Breitenrichtung um  $Y_1$  die Verschiebung  $Y_1 \operatorname{tg} \beta_1$  in der Tiefenrichtung erfährt, und zwar so, daß, wie erforderlich, der Abstand des Mitnehmers  $O_1$  von der Drehachse  $O_0$  bei positivem  $Y_1 \operatorname{tg} \beta_1$  größer ist als für  $Y_1 \operatorname{tg} \beta_1 = 0$ , ist er in ähnlicher Weise mit dem Schlitten  $A_1'$  gekuppelt wie in Fig. 14 (Tafel IV) der Mitnehmer  $R_1$  mit dem Schlitten  $B_1$ . Auf dem Schlitten  $C_1$  ist ein Schlitten  $n_1$  längs zweier Führungen  $n_2$  in der Tiefenrichtung verschieblich angeordnet, der einerseits einen der Breitenrichtung parallelen Schlitz  $n_3$  aufweist, in den der Mitnehmer  $O_1$  eingreift, und der andererseits einen der Tiefenrichtung parallelen Vierkantzapfen  $n_4$  enthält, längs dessen eine Büchse  $n_5$  einstellbar ist, die durch eine Klemmschraube  $n_6$  auf dem Zapfen  $n_4$  festgestellt werden kann. Diese Büchse  $n_5$  greift mit einem Zapfen, der in der Zeichnung lotrecht unter der Klemmschraube  $n_6$  zu denken ist, in einen Schlitz  $n_7$  eines Hebels  $n_8$  ein, der um einen Zapfen  $n_9$  des Schlittens  $A_1'$  drehbar so gelagert ist, daß die Neigung seines Schlitzes  $n_7$  gegen die Breitenrichtung verändert werden kann. Die jeweils eingestellte Neigung, die gleich dem Winkel  $\beta_1$  zu wählen ist, wird durch einen Zeiger  $n_{10}$  des Hebels  $n_8$  an einer entgegen dem Uhrzeigersinn zunehmenden Gradteilung  $n_{11}$  des Schlittens  $A_1'$  angezeigt. Durch eine Klemmschraube  $n_{12}$  kann der Hebel  $n_8$  auf dem Schlitten  $A_1'$  festgestellt werden. Die Klemmschraube  $m_2$  des Schlittens  $m_1$  der Figur 15 (Tafel V) ist, da entbehrlich, weggelassen. Die beschriebene Kupplung ist folgendermaßen einzustellen. Der Hebel  $n_8$  ist in diejenige Stellung zu bringen, in der sein Zeiger  $n_{10}$  an der Gradteilung  $n_{11}$  den Winkel  $\beta_1$  anzeigt. Der Schlitten  $A_1'$  ist in seine Nullstellung überzuführen, in der der Zeiger  $g_1$  des Schlittens  $A_1$  an der Skala  $g_2$  des Schlittens  $A_1$  den Wert Null anzeigt. Der Schlitten  $m_1$  ist bei gelöster Klemmschraube  $n_6$  so einzustellen, daß sein Zeiger  $m_3$  an der Skala  $m_4$  des Schlittens  $B_1$  den Wert Null anzeigt. Die zwangsläufige Verbindung des Schlittens  $A_1'$  mit dem Mitnehmer  $O_1$  ist durch Anziehung der Klemmschraube  $n_6$  herzustellen.

Damit der Mitnehmer  $P_1$  beim Verschieben des Schlittens  $A_1'$  in der Breitenrichtung um  $Y_1$  die Verschiebung  $Y_1 \operatorname{tg} \beta_2$  in der um den Winkel  $\gamma$  gegen die Tiefenrichtung geneigten Richtung erfährt, und zwar so, daß, wie erforderlich, der Abstand des Mitnehmers  $P_1$  von der Drehachse  $P_0$  bei positivem  $Y_1 \operatorname{tg} \beta_2$  größer ist als für  $Y_1 \operatorname{tg} \beta_2 = 0$ , ist er nicht mehr unmittelbar auf dem Schlitten  $i_5$  anzuordnen, sondern auf einem Schlitten  $i_9$ , der längs einer Geradföhrung  $i_{10}$  eines Drehschlittens  $i_{11}$  verschieblich angeordnet ist. In der Nullstellung des Schlittens  $i_9$  liegt der Mitnehmer  $P_1$  in der Achse dieses Drehschlittens. In dieser Stellung des Schlittens  $i_9$  zeigt sein Zeiger  $i_{12}$  auf einen Gegenzeiger  $i_{13}$  der Geradföhrung  $i_{10}$ . Der Drehschlitten  $i_{11}$  ist auf dem Schlitten  $i_3$  drehbar gelagert und kann durch eine Klemmschraube  $i_{14}$  auf diesem Schlitten festgestellt werden. Ein Zeiger  $i_{15}$  des Drehschlittens zeigt an einer entgegen dem Uhrzeigersinn zunehmenden Gradteilung  $i_{16}$  des Schlittens  $i_5$  denjenigen Winkel an, um den der Drehschlitten aus seiner Nullstellung verdreht ist. Diese Verdrehung muß, damit die Verschiebung des Mitnehmers  $P_1$ , wie verlangt, in der um den Winkel  $\gamma$  gegen die Tiefenrichtung geneigten Richtung vor sich geht, den Wert  $\gamma$  annehmen. Die Nullstellung ist dadurch bestimmt, daß für  $\gamma = 0$  die Geradföhrung  $i_{10}$  parallel der Tiefenrichtung sein muß.

Die Kupplung des Mitnehmers  $P_1$  mit dem Schlitten  $A_1'$  ist dann ganz ähnlich der des Mitnehmers  $O_1$  mit dem Schlitten  $A_1'$ . Auf dem Schlitten  $C_1$  ist ein Schlitten  $o_1$  längs zweier Führungen  $o_2$  in der Tiefenrichtung verschieblich angeordnet, der einerseits einen der Breitenrichtung parallelen Schlitz  $o_3$  aufweist, in den der Mitnehmer  $P_1$  eingreift, und der andererseits einen der Tiefenrichtung parallelen Vierkantzapfen  $o_4$  enthält, längs dessen eine Büchse  $o_5$  einstellbar ist, die durch eine Klemmschraube  $o_6$  auf dem Zapfen  $o_4$  festgestellt werden kann. Diese Büchse  $o_5$  greift mit einem Zapfen, der in der Zeichnung lotrecht unter der Klemmschraube  $o_6$  zu denken ist, in einen Schlitz  $o_7$  eines Hebels  $o_8$  ein, der um einen Zapfen  $o_9$  des Schlittens  $A_1'$  drehbar so gelagert ist, daß die Neigung seines Schlitzes  $o_7$  gegen die Breitenrichtung verändert werden kann. Die jeweils eingestellte Neigung wird durch einen Zeiger  $o_{10}$  des Hebels  $o_8$  an einer entgegen dem Uhrzeigersinn zunehmenden Gradteilung  $o_{11}$  des Schlittens  $A_1'$  angezeigt. Durch eine Klemmschraube  $o_{12}$  kann der Hebel auf dem Schlitten  $A_1'$  festgestellt werden. Die einzustellende Neigung ergibt sich durch folgende Überlegung. Beim Verschieben des Schlittens  $A_1'$  um  $Y_1$  soll der Mitnehmer  $P_1$  in der um den Winkel  $\gamma$  gegen die Tiefenrichtung geneigten Richtung die Verschiebung  $Y_1 \operatorname{tg} \beta_2$  erfahren. Die Verschiebung des Mitnehmers in der Tiefenrichtung muß also den Wert  $Y_1 \operatorname{tg} \beta_2 \cos \gamma$  annehmen. Bezeichnet man den Neigungswinkel des Schlitzes  $o_7$  gegen die Breitenrichtung mit  $\delta$ , so muß folglich die Gleichung bestehen

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{Y_1 \operatorname{tg} \beta_2 \cos \gamma}{Y_1} = \operatorname{tg} \beta_2 \cos \gamma.$$

Die beschriebene Kupplung ist folgendermaßen einzustellen. Der Hebel  $o_8$  ist in diejenige Stellung zu bringen, in der sein Zeiger  $o_{10}$  an der Gradteilung  $o_{11}$  den nach jener Gleichung zu berechnenden Winkel  $\delta$  anzeigt. Der Schlitten  $A_1'$  ist in seine Nullstellung überzuführen, in der der Zeiger  $g_1$  des Schlittens  $A_1$  an der Skala  $g_2$  des Schlittens  $C_1$  den Wert Null anzeigt. Der Schlitten  $i_1$  ist so einzustellen, daß sein Zeiger  $i_3$  an der Skala  $i_4$  den im Kopiermaßstab gemessenen Wert  $b (\cos \alpha \cos \varepsilon - \operatorname{tg} \beta_2 \sin \gamma \sin \varepsilon)$  anzeigt, und der Schlitten  $i_5$  so, daß sein Zeiger  $i_7$  an der Skala  $i_8$  den im Kopiermaßstab gemessenen Wert  $b (\sin \alpha \cos \varepsilon - \operatorname{tg} \beta_2 \cos \gamma \sin \varepsilon)$  anzeigt (vgl. die Erläuterungen zur Ausführungsform E). Der Drehschlitten  $i_{11}$  ist in diejenige Lage zu bringen, in der sein Zeiger  $i_{15}$  an der Gradteilung  $i_{16}$  den Winkel  $\gamma$  anzeigt. Der Schlitten  $i_9$  ist bei gelöster Klemmschraube  $o_6$  so einzustellen, daß sein Zeiger  $i_{12}$  auf den Gegenzeiger  $i_{13}$  der Geradföhrung  $i_{10}$  hinweist. Durch Anziehen der Klemmschraube  $o_6$  ist alsdann die zwangsläufige Verbindung des Schlittens  $A_1'$  mit dem Mitnehmer  $P_1$  herzustellen.

Eingestellt ist der Apparat wie in Fig. 15 (Tafel V) für den Schnittpunkt der linken Objektivachse mit der die rechte Objektivachse enthaltenden Lotebene, so daß die Stellung der Doppelhebel  $d_1, d_2; e_1, e_2$  und  $h_1, h_2$  mit der in Fig. 15 gezeichneten übereinstimmt.

Beim Gebrauch des Apparates müssen sämtliche Klemmschrauben angezogen sein. Die Handhabung ist die gleiche, wie bei der Ausführungsform A angegeben ist.

Es soll noch bemerkt werden, daß die geforderte Kupplung der Mitnehmer  $O_1$  und  $P_1$  mit dem Schlitten  $A_1'$  noch durch eine ganze Reihe anderer Konstruktionen verwirklicht werden kann. In erster Linie ist dabei gedacht an eine Verbindung des Schlittens  $A_1'$  mit den Mitnehmern  $O_1$  und  $P_1$  durch Doppelhebel in Verbindung mit

Winkelhebeln. Weiter könnte man auch die Verschiebungsrichtung des Schlittens  $A_1'$  in die Tiefenrichtung legen und dadurch eine Vereinfachung der Hebelverbindung erzielen. Zweckmäßig wäre es auch, den seitlichen Schlitten  $A_1$  überhaupt wegfällen zu lassen und den Doppelhebel  $e_1, e_2$  unmittelbar durch den mittleren Schlitten  $A_1'$  anzutreiben. Genauere Untersuchungen darüber liegen außerhalb des Rahmens dieser Arbeit.

c) Entwicklung weiterer Lösungen.

Man denke sich, ein Objekt werde sowohl auf eine im Brennweitenabstand  $f$  von einem Objektiv  $o$  angeordnete, gegen die Lotrechte um den Winkel  $\beta$  geneigte Bildplatte  $E_1$ , als auch auf eine im Brennweitenabstand  $f$  von diesem Objektiv  $o$  befindliche lotrechte Bildplatte  $E_2$  aufgenommen (siehe Fig. 19). Dabei schließen die optischen Achsen ebenfalls den Winkel  $\beta$  miteinander ein.

Es sei  $o_1$  der Durchstoßpunkt der zu der geneigten Bildplatte  $E_1$  gehörenden optischen Achse mit dieser geneigten Bildplatte, und es sei  $o'$  der Durchstoßpunkt der zu der lotrechten Bildplatte  $E_2$  gehörenden optischen Achse mit dieser lotrechten Bildplatte. Ein Objektpunkt werde auf der geneigten Bildplatte in  $p_1$ , auf der lotrechten Bildplatte in  $p'$  abgebildet. Der Bildpunkt  $p_1$  hat dann in bezug auf den Durchstoßpunkt  $o_1$  als Koordinatenanfang die Koordinaten  $\overline{p_1 m_1} = x$  und  $\overline{p_1 n_1} = y$ , während die Koordinaten des Bildpunktes  $p'$  in bezug auf den Durchstoßpunkt  $o'$  als Koordinatenanfang  $\overline{p' m'} = x'$  und  $\overline{p' n'} = y'$  sind. Die Punkte  $m_1$  und  $m'$  liegen auf einer Geraden durch  $o$ , die gegen die optische Achse  $oo_1$  um den Winkel  $\varphi$  geneigt ist, und aus der Ähnlichkeit der Dreiecke  $op_1 m_1$  und  $op' m'$  folgt

$$\overline{p' m'} = \overline{p_1 m_1} \frac{\overline{om'}}{\overline{om_1}},$$

oder mit den geltenden Bezeichnungen

$$x' = x \frac{f}{\cos(\beta + \varphi)} = \frac{x}{\cos \beta - \sin \beta \operatorname{tg} \varphi} \cdot \frac{f}{\cos \varphi}$$

Daraus folgt mit

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{y}{f}$$

$$x' = \frac{x}{\cos \beta - \frac{y}{f} \cdot \sin \beta}$$

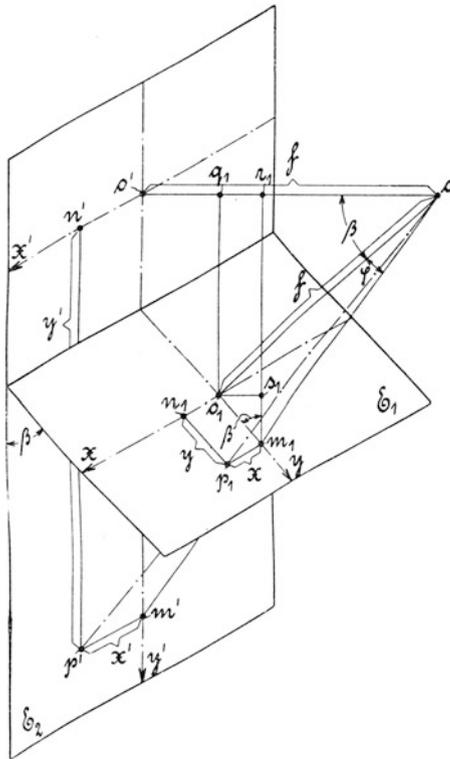


Fig. 19

Fällt man von  $o_1$  und  $m_1$  Lote auf  $oo'$ , die  $oo'$  in  $q_1$  und  $r_1$  schneiden, und fällt man weiter von  $o_1$  ein Lot auf  $m_1r_1$ , das  $m_1r_1$  in  $s_1$  schneidet, so folgt aus der Figur

$$\frac{o'm'}{oo'} = \frac{r_1s_1 + s_1m_1}{oq_1 - q_1r_1},$$

oder mit den geltenden Bezeichnungen und mit  $r_1s_1 = q_1o_1$  sowie  $q_1r_1 = o_1s_1$

$$y' = f \cdot \frac{f \sin \beta + y \cos \beta}{f \cos \beta - y \sin \beta}. \tag{22}$$

Bei gleichzeitiger Abbildung eines Objektpunktes auf zwei geneigte Bildplatten, also im Falle der stereophotogrammetrischen Aufnahme, ergeben sich dann analog die folgenden Beziehungen zwischen den Koordinaten  $x_1, y_1, x_2$  und  $y_2$  dieser Bildplatten und den entsprechenden Koordinaten  $x_1', y_1', x_2'$  und  $y_2'$  auf den zugehörigen lotrechten Bildplatten

$$x_1' = \frac{x_1}{\cos \beta_1 - \frac{y_1}{f} \sin \beta_1} \tag{23}$$

$$y_1' = f \cdot \frac{f \sin \beta_1 + y_1 \cos \beta_1}{f \cos \beta_1 - y_1 \sin \beta_1} \tag{24}$$

$$x_2' = \frac{x_2}{\cos \beta_2 - \frac{y_2}{f} \sin \beta_2} \tag{25}$$

$$y_2' = f \cdot \frac{f \sin \beta_2 + y_2 \cos \beta_2}{f \cos \beta_2 - y_2 \sin \beta_2}. \tag{26}$$

Für diese lotrechten Bildplatten bestehen, wenn angenommen wird, daß die gegenseitige Lage der Bildplatten beliebig ist, entsprechend den oben abgeleiteten Gleichungen Id bis IVd, die folgenden Beziehungen zwischen den Plattenkoordinaten  $x_1', y_1', x_2'$  und  $y_2'$  und den Raumkoordinaten  $X_1, Y_1$  und  $Z_1$

$$\frac{x_1'}{f} = \frac{X_1}{Z_1} \tag{27}$$

$$\frac{y_1'}{f} = \frac{Y_1}{Z_1} \tag{28}$$

$$\frac{x_2'}{f} = \frac{X_1 \cos \gamma - Z_1 \sin \gamma + b \cos \epsilon \cos(\alpha + \gamma)}{X_1 \sin \gamma + Z_1 \cos \gamma + b \cos \epsilon \sin(\alpha + \gamma)} \tag{29}$$

$$\frac{y_2'}{f} = \frac{Y_1 - b \sin \epsilon}{X_1 \sin \gamma + Z_1 \cos \gamma + b \cos \epsilon \sin(\alpha + \gamma)}. \tag{30}$$

Setzt man in diesen Gleichungen die aus den Gleichungen 23 bis 26 folgenden Werte für  $x_1', y_1', x_2'$  und  $y_2'$  ein, so entstehen die folgenden Gleichungen

$$\frac{\frac{x_1}{\cos \beta_1 - \frac{y_1}{f} \sin \beta_1}}{f} = \frac{X_1}{Z_1} \tag{31}$$

$$f \cdot \frac{f \sin \beta_1 + y_1 \cos \beta_1}{f \cos \beta_1 - y_1 \sin \beta_1} = \frac{Y_1}{Z_1} \tag{32}$$

$$\frac{x_2}{\cos \beta_2 - \frac{y_2}{f} \sin \beta_2} = \frac{X_1 \cos \gamma - Z_1 \sin \gamma + b \cos \varepsilon \cos (\alpha + \gamma)}{X_1 \sin \gamma + Z_1 \cos \gamma + b \cos \varepsilon \sin (\alpha + \gamma)} \quad 33)$$

$$f \frac{f \sin \beta_2 + y_2 \cos \beta_2}{f \cos \beta_2 - y_2 \sin \beta_2} = \frac{Y_1 - b \sin \varepsilon}{X_1 \sin \gamma + Z_1 \cos \gamma + b \cos \varepsilon \sin (\alpha + \gamma)}. \quad 34)$$

Ein Vorschlag, den Stereoautographen so auszubilden, daß die durch diese vier Gleichungen ausgedrückten Beziehungen aufrecht erhalten werden, ist in einer Eingabe des Topographen Nowatzki, Berlin, an die Firma Zeiss im Juni 1917 angedeutet worden. Der auf diesen Gleichungen beruhende Lösungsgedanke besteht darin, die Koordinaten  $x_1, y_1, x_2$  und  $y_2$  für die geneigten Bildplatten nicht, wie bei den Lösungen 1 und 2 (Ausführungsformen *E* und *F* des Stereoautographen), unmittelbar zur Ermittlung der Raumkoordinaten zu benutzen, sondern sie erst auf mechanischem Wege in die Koordinaten für die entsprechenden lotrechten Bildplatten umzuwandeln, und alsdann diese so umgewandelten Koordinaten zur Ermittlung der Raumkoordinaten zu benutzen, wobei dann dieselben Mechanismen verwendbar sind wie im Falle lotrechter Bildplatten. Die Durchführung des Vorschlages würde eine Häufung von Mechanismen erfordern, daher wäre ein präzises Arbeiten in Frage gestellt.

Im Anschluß an den Nowatzkischen Vorschlag gelang es dem Verfasser, weitere Lösungen, die auch konstruktiv nicht allzu verwickelt sind, durch die folgende Überlegung zu finden. Dividiert man die Gleichungen 23 bis 26 durch  $f$ , so entstehen die Gleichungen

$$\frac{x_1'}{f} = \frac{x_1}{f \cos \beta_1 - y_1 \sin \beta_1} \quad 23a)$$

$$\frac{y_1'}{f} = \frac{f \sin \beta_1 + y_1 \cos \beta_1}{f \cos \beta_1 - y_1 \sin \beta_1} \quad 24a)$$

$$\frac{x_2'}{f} = \frac{x_2}{f \cos \beta_2 - y_2 \sin \beta_2} \quad 25a)$$

$$\frac{y_2'}{f} = \frac{f \sin \beta_2 + y_2 \cos \beta_2}{f \cos \beta_2 - y_2 \sin \beta_2} \quad 26a)$$

Mit den Gleichungen 27 bis 30 ergeben sich daraus die folgenden Gleichungen

$$\frac{x_1}{f \cos \beta_1 - y_1 \sin \beta_1} = \frac{X_1}{Z_1} \quad 27a)$$

$$\frac{f \sin \beta_1 + y_1 \cos \beta_1}{f \cos \beta_1 - y_1 \sin \beta_1} = \frac{Y_1}{Z_1} \quad 28a)$$

$$\frac{x_2}{f \cos \beta_2 - y_2 \sin \beta_2} = \frac{X_1 \cos \gamma - Z_1 \sin \gamma + b \cos \varepsilon \cos (\alpha + \gamma)}{X_1 \sin \gamma + Z_1 \cos \gamma + b \cos \varepsilon \sin (\alpha + \gamma)} \quad 33a)$$

$$\frac{f \sin \beta_2 + y_2 \cos \beta_2}{f \cos \beta_2 - y_2 \sin \beta_2} = \frac{Y_1 - b \sin \varepsilon}{X_1 \sin \gamma + Z_1 \cos \gamma + b \cos \varepsilon \sin (\alpha + \gamma)}. \quad 34a)$$

Diese Gleichungen dienen als Grundlage für eine neue Konstruktion des Stereoautographen.

Zunächst soll, wie bei den Ausführungsformen *A* bis *C*, sowie *E* und *F* des Stereoautographen angenommen werden, daß es genügt, die auf der Erhaltung des stereoskopischen Effektes beruhende Nachstellung der rechten Bildplatte in ihrer

Höhenrichtung durch den Vertikalparallaxenschlitten  $D$  des Stereokomparators gelegentlich von Hand vorzunehmen, daß also auf die selbsttätige Aufrechterhaltung der durch die Gleichung 34a ausgedrückten Beziehung verzichtet wird. Es ist dann, wie bei jenen Ausführungsformen, nur erforderlich, die Schlitten  $A$ ,  $B$  und  $C$  des Stereokomparators mit dem Kreuzschlittensystem  $A_1$ ,  $B_1$ ,  $C_1$  zu kuppeln. Dabei soll wiederum für die rechte Bildplatte in ihrer Höhenrichtung eine selbsttätige gegenseitige Verschiebung der Bildplatte und des Mikroskops um den gleichen Betrag  $y_1$  wie für die linke Bildplatte vorgesehen sein, so daß die Verschiebung von Hand nur noch den Betrag  $y_2 - y_1$  anzunehmen braucht. Da, um die durch die Gleichung 33a ausgedrückte Beziehung aufrechtzuerhalten, die erforderliche Einstellung des kurzen Hebelarms des die Schlitten  $B_1$  und  $C$  verbindenden Doppelhebels abhängig von  $y_2$  ist, muß diese Einstellung sowohl von jener selbsttätigen gegenseitigen Verschiebung um den Betrag  $y_1$ , als auch von jener Verschiebung von Hand um den Betrag  $y_2 - y_1$  abgeleitet werden. Dabei können zwei Fälle unterschieden werden, je nachdem jene selbsttätige gegenseitige Verschiebung um den Betrag  $y_1$  durch eine Verschiebung der beiden Bildplatten oder durch eine Verschiebung des Mikroskops zustande kommt. Der erste Fall führt zu der nachfolgend beschriebenen Lösung 3, der Fig. 20 (Tafel VII) der Zeichnung entspricht. Der zweite Fall ist durch die Lösung 4 dargestellt, zu der Fig. 24 (Tafel VIII) gehört.

#### d) Ausführungsform $G$ (Lösung 3).

(D. R. P. 313261 vom 9. Juli 1918.)

Die Ausführungsform  $G$  des Stereoaographen knüpft an die Ausführungsform  $C$  an, die zur Auswertung von Bildplatten dient, bei deren Aufnahme die Objektivachsen horizontal und dabei konvergent (divergent) waren (vgl. Fig. 12, Tafel III). Bei beiden Ausführungsformen liegt für den Stereokomparator der Sonderfall vor, daß der Schlitten  $A$  die beiden Bildplatten trägt und daß die Schlitten  $B$  und  $C$  nebeneinander auf einer gemeinsamen Führung des Schlittens  $A$  gleiten. Die gegenüber der Ausführungsform  $C$  vorzunehmenden Änderungen ergeben sich aus dem Vergleich der Gleichungen 27a bis 33a mit den Gleichungen Id bis IIIId. Sie sind aus Fig. 20 (Tafel VIII) ersichtlich.

Damit die Gleichung 27a beim Kopieren selbsttätig aufrechterhalten wird, muß die in die Tiefenrichtung fallende Komponente des Abstandes des Mitnehmers  $O$  von der Drehachse  $O_0$ , die in Fig. 12, entsprechend der Gleichung Id, den unveränderlichen Wert  $f$  hat, jetzt, entsprechend der Gleichung 27a, den mit  $y_1$  veränderlichen Wert  $f \cos \beta_1 - y_1 \sin \beta_1$  annehmen. Demzufolge darf der Schlitten  $d_5$  während des Kopierens nicht mehr durch die Klemmschraube  $d_{10}$  auf der Grundplatte  $G$  festgestellt sein, sondern muß mit dem Schlitten  $A$  so gekuppelt werden, daß er, wenn dieser Schlitten aus derjenigen Lage, in der das Mikroskop  $M$  auf einen Bildpunkt mit der Ordinate  $y_1 = 0$  eingestellt ist, um den Betrag  $y_1$  verschoben wird, eine Verschiebung um  $y_1 \sin \beta_1$  erfährt, die bei positivem Wert von  $y_1 \sin \beta_1$  so gerichtet ist, daß sie eine Verkleinerung des Abstandes des Mitnehmers  $O$  von der Drehachse  $O_0$  bewirkt. Die Verschiebung des Schlittens  $d_5$  muß also, infolge der gewählten Ausbildung des Stereokomparators und infolge der vorgeschriebenen Lage der Bildplatten auf dem Stereokomparator, bei positivem Winkel  $\beta_1$  der Verschiebung des Schlittens  $A$  entgegengesetzt gerichtet sein. Die Kuppelung kann in einfacher Weise durch einen Doppelhebel bewirkt werden, dessen Drehachse in bezug auf die Grundplatte  $G$  fest angeordnet ist und dessen einer, an dem Schlitten  $d_5$  angreifender Arm eine von dem

Tafel VII.

Ausführungsform G.

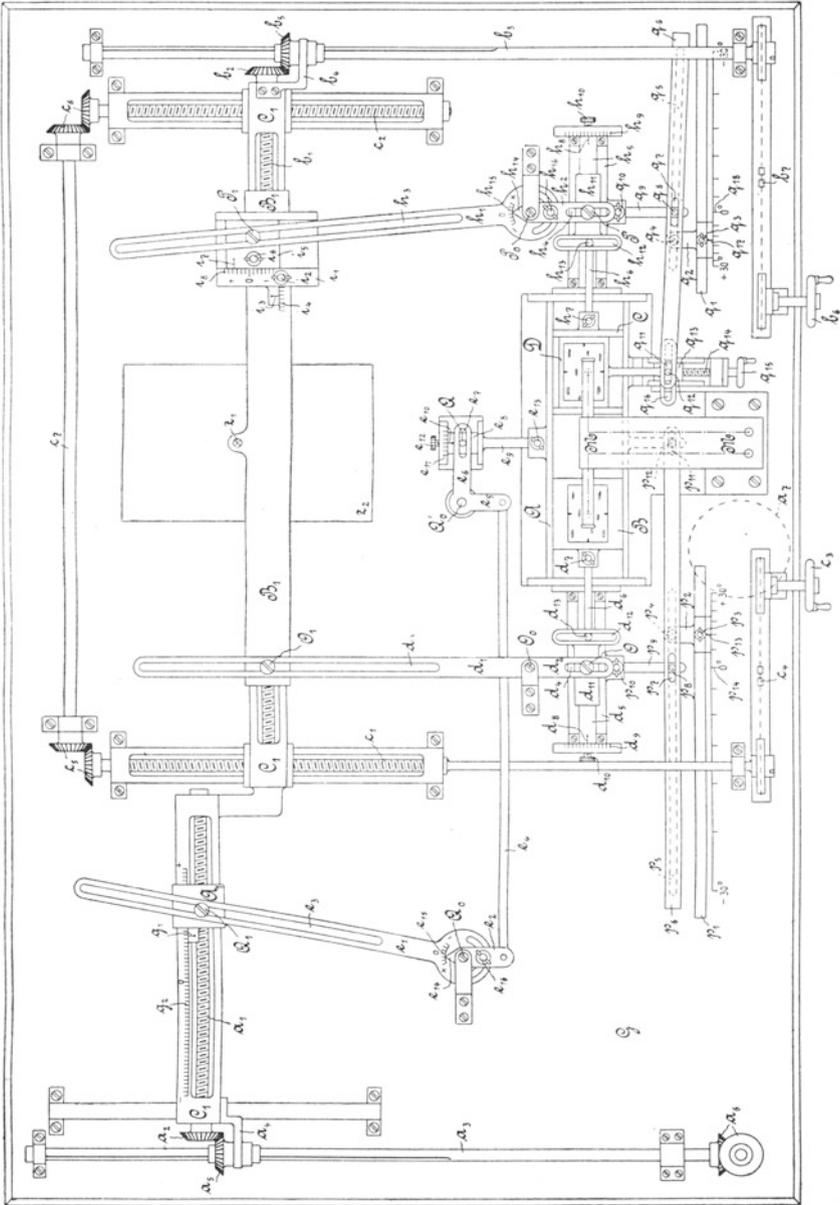


FIG. 20.



die Kupplung richtig eingestellt. Die Klemmschraube  $d_{10}$  muß während des Kopierens gelöst bleiben. Ist im Stereokomparator ein Bildpunkt mit der Abszisse  $x_1 = 0$  eingestellt, so muß sich der Doppelhebel  $d_1, d_2$  in seiner Nullstellung befinden, in der er parallel der Tiefenrichtung ist. In diesem Falle gibt der Zeichenstift  $z_1$  auf dem Zeichenbrett  $z_3$  einen Objektpunkt mit der Koordinate  $X_1 = 0$  an.

Damit die Gleichung 28a beim Kopieren selbsttätig aufrechterhalten wird, werden die Arme  $e_1$  und  $e_2$  des die Schlitten  $A_1$  und  $A$  verbindenden Doppelhebels  $e_1, e_2$  der Fig. 12 (Tafel III), wie bereits bei der Ausführungsform  $E$  des Stereoaographen in Fig. 15 (Tafel V) angegeben ist, in ihrer Drehebene gegeneinander einstellbar gemacht.

Da jedoch der Schlitten  $A$  bei der Ausführungsform  $G$ , abweichend von der Ausführungsform  $E$ , die beiden Bildplatten trägt, so muß die Skala  $g_2$  des Schlittens  $C_1$  entgegengesetzt (also wie bei der Ausführungsform  $C$  in Fig. 12, Tafel III) gerichtet sein und müssen die beiden Arme  $e_1$  und  $e_2$  so eingestellt werden, daß sie, vom langen Arm  $e_1$  aus im Uhrzeigersinn gerechnet, den Winkel  $180 - \beta_1$  miteinander einschließen. Die Gradteilung  $e_{15}$  des Armes  $e_1$  nimmt also entgegen dem Uhrzeigersinn zu. Die in die Breitenrichtung fallende Komponente des Abstandes des Mitnehmers  $Q$  von der Drehachse  $Q_0'$  muß wie in Fig. 15 (Tafel V) den Wert  $f$  haben. Die Nullstellung des Hebelsystems  $e_1, e_2; e_4; e_5, e_6$  entspricht der in Fig. 15. Der Zeiger  $g_1$  des Schlittens  $A_1$  zeigt an der Skala  $g_2$  wiederum den im Kopiermaßstab gemessenen Wert  $Z_1 \operatorname{tg} \beta_1$  an, wobei allerdings, infolge der entgegengesetzten Richtung der Skala  $g_2$ , die Neigung des Armes  $e_1$  in bezug auf die Tiefenrichtung der Fig. 15 gegenüber symmetrisch nach der entgegengesetzten Seite angeordnet ist.

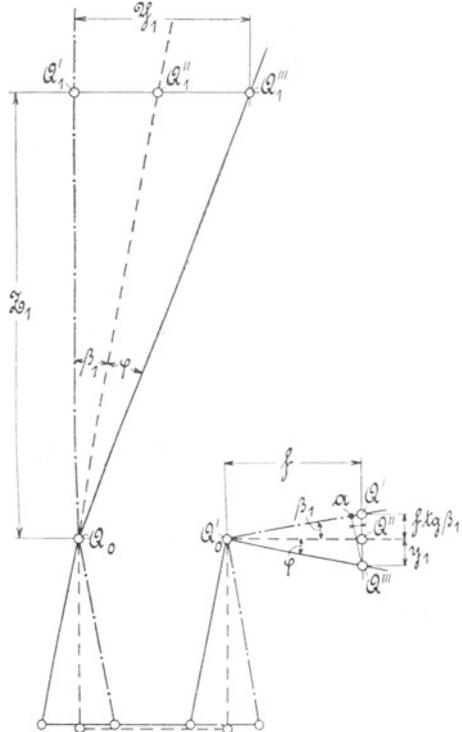


Fig. 22.

Der Beweis dafür, daß bei der beschriebenen gegenseitigen Einstellung der Arme  $e_1$  und  $e_2$  die Gleichung 28a richtig erfüllt wird, folgt aus Fig. 22. Darin ist das Hebelsystem  $e_1, e_2; e_4; e_5, e_6$  in drei Stellungen gezeichnet, deren jeder eine Einstellung des Apparates für einen Objektpunkt mit den von Null abweichenden Koordinaten  $X_1$  und  $Z_1$  zugrunde liegt. Die durch strichpunktierte Linien angedeutete Stellung entspricht der Einstellung eines Objektpunktes mit der Koordinate  $Y_1 = 0$ , zu der die Plattenkoordinate  $y_1 = f \operatorname{tg} \beta_1$  gehört. Die durch gestrichelte Linien angedeutete Stellung ist die Nullstellung des Hebelsystems, die der Einstellung eines Objektpunktes entspricht, zu dem die Plattenkoordinate  $y_1 = 0$  gehört. Die durch ausgezogene Linien angedeutete Stellung entspricht der Einstellung eines Objektpunktes mit der von Null abweichenden Koordinate  $Y_1$  und der zugehörigen Plattenkoordi-

nate  $y_1$ . Mit den eingeschriebenen Bezeichnungen folgt dann aus der Figur, wenn man noch von  $Q'''$  eine Senkrechte auf  $Q_0' Q'$  fällt:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg}(\beta_1 + \varphi) &= \frac{Y_1}{Z_1} = \frac{\overline{Q'''a}}{\overline{Q_0'a}} = \frac{\overline{Q'''a}}{\overline{Q_0'Q'} - \overline{Q'a}} = \frac{(f \operatorname{tg} \beta_1 + y_1) \cos \beta_1}{\cos \beta_1 - (f \operatorname{tg} \beta_1 + y_1) \sin \beta_1} \\ &= \frac{f \sin \beta_1 + y_1 \cos \beta_1}{f \cos \beta_1 - y_1 \sin \beta_1}, \end{aligned}$$

was zu beweisen war. (Der Nachweis könnte auch dadurch erbracht werden, daß die Identität der Gleichung 28a mit der Gleichung II f oder auch mit der Gleichung II festgestellt wird, was durch eine einfache Auflösung ohne weiteres möglich ist.)

Damit die Gleichung 33a beim Kopieren selbsttätig aufrechterhalten wird, muß die in die Tiefenrichtung fallende Komponente des Abstandes des Mitnehmers  $P$  von der Drehachse  $P_0$ , die in Fig. 12, entsprechend der Gleichung III d, den unveränderlichen Wert  $f$  hat, jetzt, entsprechend der Gleichung 33a, den mit  $y_2$  veränderlichen Wert  $f \cos \beta_2 - y_2 \sin \beta_2$  annehmen. Demgemäß darf der Schlitten  $h_5$  während des Kopierens nicht mehr durch die Klemmschraube  $h_{10}$  auf der Grundplatte  $G$  festgestellt sein, sondern muß mit den Schlitten  $A$  und  $D$  so gekuppelt werden, daß er, wenn der Schlitten  $A$  aus derjenigen Lage, in der das Mikroskop  $M$  auf einen Bildpunkt mit der Ordinate  $y_1 = 0$  eingestellt ist, um den Betrag  $y_1$ , und wenn dabei der Schlitten  $D$  um den Betrag  $y_2 - y_1$  verschoben wird, eine Verschiebung um  $y_2 \sin \beta_2$  erfährt. Diese Verschiebung des Schlittens  $h_5$  ist bei positivem Wert von  $y_2 \sin \beta_2$  so gerichtet, daß sie eine Verkleinerung des Abstandes des Mitnehmers  $P$  von der Drehachse  $P_0$  bewirkt; sie setzt sich aus zwei Teilverschiebungen zusammen, deren eine der Verschiebung des Schlittens  $A$  und deren andere der Verschiebung des Schlittens  $D$  entspricht. Infolge der gewählten Ausbildung des Stereokomparators und infolge der vorgeschriebenen Lage der Bildplatten auf dem Stereokomparator muß bei positivem Winkel  $\beta_2$  jede dieser Teilverschiebungen der sie verursachenden Schlittenverschiebung entgegengesetzt gerichtet sein. Die Kupplung soll in ähnlicher Weise, wie für die linke Bildplatte angegeben ist, angenommen werden. In einer der Breitenrichtung parallelen Führungsnut  $q_1$  der Grundplatte  $G$  ist ein Schlitten  $q_2$  einstellbar angeordnet, der durch eine Klemmschraube  $q_3$  auf der Grundplatte  $G$  festgestellt werden kann. Der Schlitten  $q_2$  trägt einen Drehbolzen  $q_4$ , der durch einen Schlitz  $q_5$  des unteren Flansches eines zwei übereinander liegende Flanschen enthaltenden Hebels  $q_6$  hindurchgreift, wobei auf diesem unteren Flansch ein in der Schlitzrichtung einstellbarer Schlitten angeordnet zu denken ist, der mit einer Bohrung ausgestattet ist, durch die der Drehbolzen  $q_4$  ebenfalls, und zwar mit Passung, hindurchgreift, und der auf dem unteren Flansch feststellbar ist. In dem oberen Flansch des Hebels  $q_6$  sind zwei Schlitze angeordnet. In den einen Schlitz  $q_7$  greift ein Mitnehmer  $q_8$  eines Schiebers  $q_9$  ein, der einen Teil des Schlittens  $h_5$  bildet. Dieser Schieber ist für Justierzwecke gegenüber dem Schlitten  $h_5$  in der Tiefenrichtung einstellbar angeordnet und kann durch eine Klemmschraube  $q_{10}$  auf dem Schlitten  $h_5$  festgestellt werden. In den anderen Schlitz  $q_{11}$  greift ein Mitnehmer  $q_{12}$  eines Schlittens  $q_{13}$  ein, der auf dem Schlitten  $A$  in dessen Verschiebungsrichtung einstellbar angeordnet ist und durch eine Gewindestange  $q_{14}$  von einem Handrad  $q_{15}$  aus angetrieben werden kann. Der Schlitten  $q_{13}$  ist so mit dem Schlitten  $D$  gekuppelt, daß er nur an den Verschiebungen dieses Schlittens in der Tiefenrichtung teilnimmt (bei Verschiebungen des Schlittens  $C$  also seine Lage gegenüber dem Schlitten  $A$  beibehält). Zu dem Zweck greift der Mitnehmer  $q_{12}$



Tafel VIII.

Ausführungsform H.

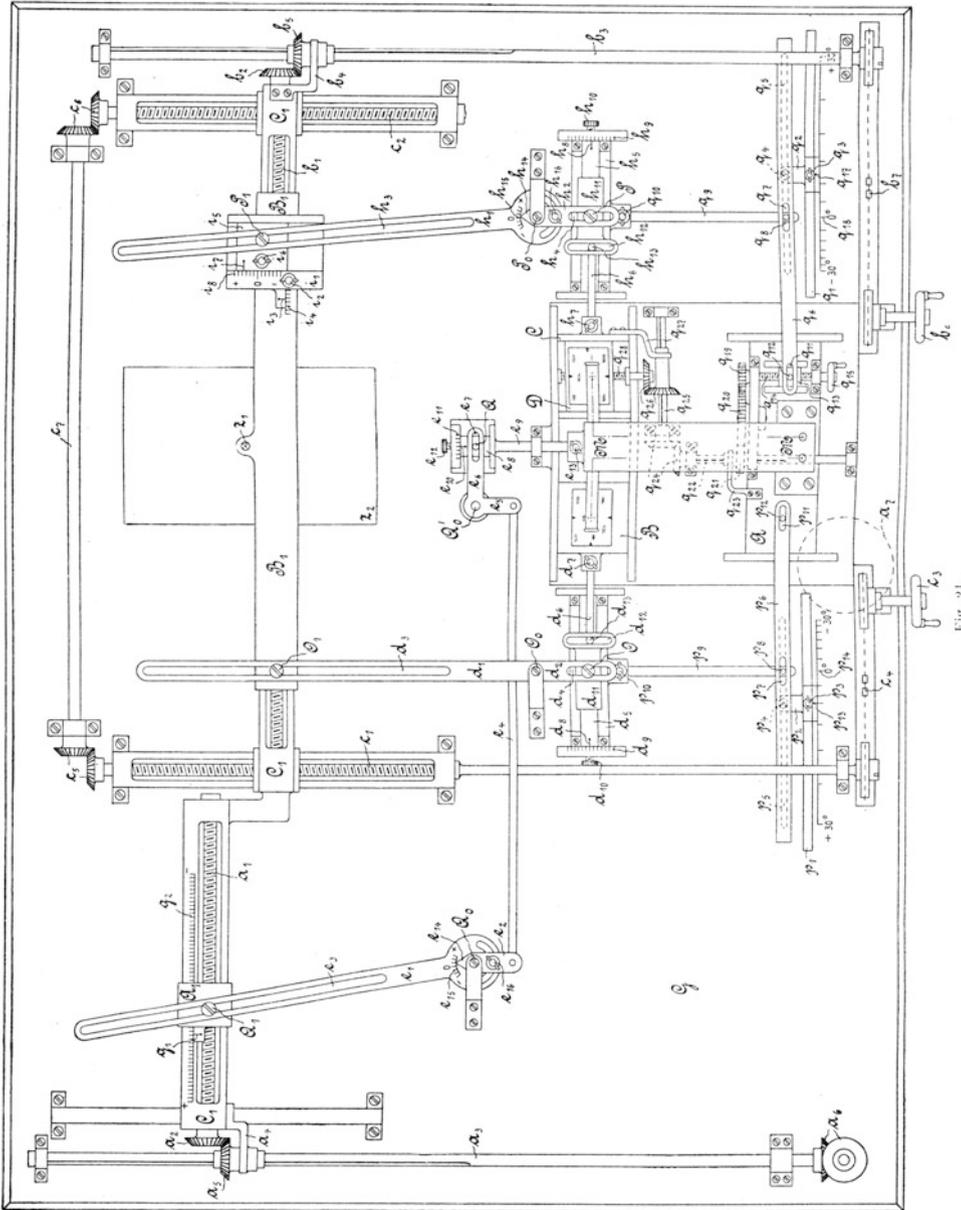


Fig. 24.

die sich dadurch nötig machen, daß der Schlitten *A* des Stereokomparators statt der beiden Bildplatten das Mikroskop *M* trägt, daß also das Einstellen eines Bildpunktes die entgegengesetzte Verschiebung des Schlittens *A* erfordert wie das Einstellen desselben Bildpunktes im Falle der Fig. 20.

Zur selbsttätigen Aufrechterhaltung der Gleichung 27a muß der Schlitten *d*<sub>5</sub> bei einer Verschiebung des Schlittens *A* aus seiner Nullstellung um den Betrag *y*<sub>1</sub> wiederum eine Verschiebung um *y*<sub>1</sub> sin β<sub>1</sub> erfahren, die bei positivem Wert von *y*<sub>1</sub> sin β<sub>1</sub> so gerichtet ist, daß der Abstand des Mitnehmers *O* von der Drehachse *O*<sub>0</sub> verkleinert wird. Diese Verschiebung muß aber jetzt, infolge der geänderten Ausbildung des Stereokomparators, bei positivem Winkel β<sub>1</sub> der Verschiebung des Schlittens *A* gleich gerichtet sein. Die verlangte Verschiebung des Schlittens *d*<sub>5</sub> kann durch die gleiche Kupplung der Schlitten *d*<sub>5</sub> und *A* erzielt werden, wie in Fig. 20 angegeben ist. Nur muß die Größe der in die Breitenrichtung fallenden Komponente des Abstandes des Drehbolzens *p*<sub>4</sub> von dem Mitnehmer *p*<sub>8</sub> anders gewählt werden. Bezeichnet man diese Komponente wiederum mit *E*<sub>1</sub>, und die entsprechende Komponente des gegenseitigen Abstandes der beiden Mitnehmer *p*<sub>8</sub> und *p*<sub>12</sub> wiederum mit *F*<sub>1</sub>, so muß jetzt die Gleichung bestehen (vgl. Fig. 25):

$$\frac{E_1}{y_1 \sin \beta_1} = \frac{F_1 + E_1}{y_1},$$

woraus für *E*<sub>1</sub> folgt

$$E_1 = F_1 \frac{\sin \beta_1}{1 - \sin \beta_1}. \quad (37)$$

Diese Gleichung dient als Grundlage zur Berechnung der nach Winkeln bezifferten Teilung der Skala *p*<sub>14</sub>. Liegt der Drehbolzen *p*<sub>4</sub> lotrecht unter dem Mitnehmer *p*<sub>8</sub>, ist also *E*<sub>1</sub> = 0, so befindet sich der Schlitten *p*<sub>2</sub> in seiner Nullstellung, in der sein Zeiger *p*<sub>13</sub> an der Skala *p*<sub>14</sub> den Winkel Null anzeigen muß. Nimmt der Drehbolzen eine Stellung ein, in der sein Abstand von dem Mitnehmer *p*<sub>12</sub> größer ist als der gegenseitige Abstand der beiden Mitnehmer, so muß ein positiver Winkel β<sub>1</sub> angezeigt werden. Die Einstellung der Kupplung hat wie in Fig. 20 (Tafel VII) zu erfolgen. Die Nullstellung des Doppelhebels *d*<sub>1</sub>, *d*<sub>2</sub> entspricht der in Fig. 20.

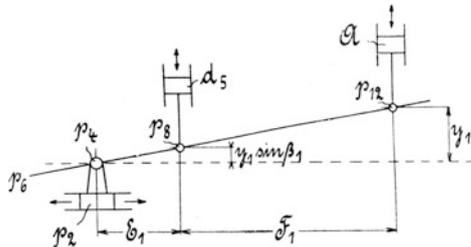


Fig. 25.

Damit die Gleichung 28a beim Kopieren selbsttätig aufrechterhalten wird, ist die gleiche Verbindung zwischen den Schlitten *A*<sub>1</sub> und *A* verwendbar, wie in Fig. 20 angegeben ist. Infolge der abweichenden Ausbildung des Stereokomparators müssen jedoch die Arme *e*<sub>1</sub> und *e*<sub>2</sub> so eingestellt werden, daß sie, vom langen Arm *e*<sub>1</sub> aus im Uhrzeigersinn gerechnet, den Winkel 180 + β<sub>1</sub> miteinander einschließen. Es muß ferner die Skala *g*<sub>2</sub> des Schlittens *C*<sub>1</sub> entgegengesetzt gerichtet sein, und die Gradteilung *e*<sub>15</sub> des Armes *e*<sub>1</sub> muß im Uhrzeigersinn zunehmen. Die Anordnung ist also die gleiche wie bei der Ausführungsform *E* in Fig. 15 (Tafel V), bei der für den Stereokomparator der gleiche Sonderfall vorliegt, daß der Schlitten *A* das Mikroskop trägt. Die Nullstellung des Hebelsystems *e*<sub>1</sub>, *e*<sub>2</sub>, *e*<sub>4</sub>, *e*<sub>5</sub>, *e*<sub>6</sub> entspricht der in Fig. 15.

Zur selbsttätigen Aufrechterhaltung der Gleichung 33a muß der Schlitten *h*<sub>2</sub>,

wenn der Schlitten  $A$  aus seiner Nullstellung um den Betrag  $y_1$ , und wenn dabei der Schlitten  $D$  um den Betrag  $y_2 - y_1$  verschoben wird, wiederum eine Verschiebung um  $y_2 \sin \beta_2$  erfährt, die bei positivem Wert von  $y_2 \sin \beta_2$  so gerichtet ist, daß der Abstand des Mitnehmers  $P$  von der Drehachse  $P_0$  verkleinert wird. Es darf aber jetzt infolge der geänderten Ausbildung des Stereokomparators bei positivem Winkel  $\beta_2$  nur die der Verschiebung des Schlittens  $D$  entsprechende Teilverschiebung des Schlittens  $h_5$  der Verschiebung des Schlittens  $D$  entgegengesetzt gerichtet sein. Dagegen muß die der Verschiebung des Schlittens  $A$  entsprechende Teilverschiebung des Schlittens  $h_5$  die gleiche Richtung haben wie die Verschiebung des Schlittens  $A$ . Damit der Schlitten  $h_5$  die verlangte Verschiebung erfährt, muß er wiederum mit den Schlitten  $A$  und  $D$  gekuppelt werden. Um die Kupplung einfach zu gestalten, so daß die Übertragung der Verschiebungen der Schlitten  $A$  und  $D$  auf den Schlitten  $h_5$  wie in Fig. 20 (Tafel VII) durch ein gemeinsames Hebelsystem möglich ist, muß entweder die Verschiebung des Schlittens  $A$  oder die des Schlittens  $D$  in umgekehrtem Sinne übertragen werden. Im ersteren Falle könnte sowohl das in Fig. 20 angegebene Hebelsystem als auch die dort angegebene, zur Einstellung des Drehbolzens  $q_4$  dienende, nach Winkeln bezifferte Skala  $q_{18}$  unverändert beibehalten werden. Im zweiten Falle könnte zwar das Hebelsystem der Fig. 20 verwendet werden, doch müßte die Teilung der Skala  $q_{18}$  geändert werden. Diesem zweiten Falle soll hier aus konstruktiven Gründen der Vorzug gegeben werden.

Die neue Teilung der Skala  $q_{18}$  ergibt sich durch folgende Überlegung. Bezeichnet man die in die Breitenrichtung fallende Komponente des Abstandes des Drehbolzens  $q_4$  von dem Mitnehmer  $q_8$  wiederum mit  $E_2$ , und die entsprechende Komponente des gegenseitigen Abstandes der beiden Mitnehmer  $q_8$  und  $q_{12}$  wiederum mit  $F_2$ , so muß jetzt die Gleichung bestehen (vgl. Fig. 26)

$$\frac{E_2}{y_2 \sin \beta_2} = \frac{F_2 + E_2}{y_2},$$

woraus für  $E_2$  folgt

$$E_2 = F_2 \frac{\sin \beta_2}{1 - \sin \beta_2}. \quad (38)$$

Diese Gleichung dient als Grundlage zur Berechnung der nach Winkeln bezifferten

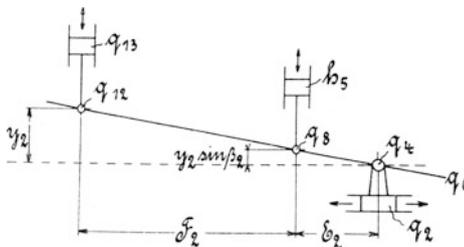


Fig. 26.

Teilung der Skala  $q_{18}$ . Liegt der Drehbolzen  $q_4$  lotrecht unter dem Mitnehmer  $q_8$ , ist also  $E_2 = 0$ , so befindet sich der Schlitten  $q_2$  in seiner Nullstellung, in der sein Zeiger  $q_{17}$  an der Skala  $q_{18}$  den Winkel Null anzeigen muß. Nimmt der Drehbolzen eine Stellung ein, in der sein Abstand von dem Mitnehmer  $q_{12}$  größer ist als der gegenseitige Abstand der beiden Mitnehmer, so muß

ein positiver Winkel  $\beta_2$  angezeigt werden.

Damit der Schlitten  $q_{13}$ , der den in den Schlitz  $q_{11}$  des Hebels  $q_6$  eingreifenden Mitnehmer  $q_{12}$  trägt, beim Verschieben des Schlittens  $D$  in der Tiefenrichtung um  $y_2 - y_1$ , wie erforderlich, eine der Verschiebung dieses Schlittens gleich große aber entgegengesetzt gerichtete Verschiebung gegenüber dem Schlitten  $A$  erfährt (ohne daß durch Verschiebungen des Schlittens  $C$  hervorgerufene Verschiebungen des Schlittens  $D$

in der Breitenrichtung auf die Einstellung des Schlittens  $q_{13}$  Einfluß haben), ist die ihn antreibende, auf dem Schlitten  $A$  gelagerte Gewindespindel  $q_{14}$  mit Linksgewinde versehen und trägt an ihrem einen Ende ein Zahnrad  $q_{19}$ . Dieses steht mit einem an dem Schlitten  $A$  gelagerten Zahnrad  $q_{20}$  im Eingriff, das in ein drittes Zahnrad,  $q_{21}$ , von der gleichen Teilung und Zähnezahl wie das Rad  $q_{19}$  eingreift. Dieses dritte Zahnrad ist längs einer auf der Grundplatte  $G$  drehbar gelagerten, der Verschiebungsrichtung des Schlittens  $A$  parallelen, genuteten Welle  $q_{22}$  verschiebbar angeordnet und wird durch einen Mitnehmer  $q_{23}$  des Schlittens  $A$  von diesem Schlitten mitgenommen. Durch ein Kegelräderpaar  $q_{24}$  wird die Drehung der genuteten Welle  $q_{22}$  auf eine zweite genutete Welle,  $q_{25}$ , übertragen, die auf der Grundplatte  $G$  parallel der Breitenrichtung gelagert ist. Ein zweites Kegelräderpaar,  $q_{26}$ , dessen eines Rad längs dieser genuteten Welle  $q_{25}$  verschiebbar angeordnet ist und durch einen Mitnehmer  $q_{27}$  des Schlittens  $C$  von diesem Schlitten mitgenommen wird, überträgt die Drehung dieser genuteten Welle  $q_{25}$  auf eine den Schlitten  $D$  antreibende Gewindespindel  $q_{28}$  mit Rechtsgewinde, die auf dem Schlitten  $C$  parallel der Tiefenrichtung gelagert ist, derart, daß diese Spindel stets die nach Größe und Richtungssinn gleiche Drehung erfährt wie die genutete Welle  $q_{22}$ . Die Einstellung der Kupplung hat wie in Fig. 20 zu erfolgen. Auch entspricht die Nullstellung des Doppelhebels  $h_1, h_2$  der in Fig. 20.

Eingestellt ist der Apparat wie in Fig. 15, 18 und 20 (Tafel V bis VII) für den Schnittpunkt der linken Objektivachse mit der die rechte Objektivachse enthaltenden Lotebene. Beim Gebrauch müssen außer den Klemmschrauben  $d_{10}$  und  $h_{10}$  sämtliche Klemmschrauben angezogen sein. Die Handhabung stimmt mit der bei der Ausführungsform  $A$  angegebenen überein.

### B. Selbsttätiger Antrieb des Vertikalparallaxenschlittens D.

Wie die Ausführungsformen  $A$  bis  $C$  des Stereoaographen zur Auswertung von Bildplatten, die mit Objektiven von horizontaler Achsenrichtung gewonnen sind, können auch die Ausführungsformen  $E$  bis  $H$  zur Auswertung von Bildplatten, die mit Objektiven von nicht horizontaler und beliebiger gegenseitiger Achsenrichtung gewonnen sind, weiter so ausgebildet werden, daß der Vertikalparallaxenschlitten  $D$  selbsttätig eingestellt wird, so daß dann also sämtliche zwischen den Plattenkoordinaten und den Raumkoordinaten bestehenden Beziehungen selbsttätig aufrechterhalten werden. Die einfachste konstruktive Lösung dafür ergibt sich, wenn für den Stereokomparator der Sonderfall der Fig. 9 vorliegt, wenn also das Mikroskop  $M$  fest angeordnet ist, und wenn dabei dem Schlitten  $A$  nur die Einstellung der linken Bildplatte übertragen ist. Dann ist der Schlitten  $D$  nicht, wie bei denjenigen Ausführungsformen, bei denen er von Hand eingestellt werden muß, um  $y_2 - y_1$ , sondern um  $y_2$  zu verschieben, und es ist also nur nötig, ihn derart mit dem Schlitten  $A_1$  zu koppeln, daß die zwischen  $y_2$  und den Raumkoordinaten bestehende, durch die Gleichung IV, bzw. durch die Gleichung 34a ausgedrückte Beziehung selbsttätig aufrechterhalten wird.

Am besten zur entsprechenden Weiterbildung geeignet ist die durch Fig. 20 (Tafel VII) dargestellte Ausführungsform  $G$ , die auf den Gleichungen 27a bis 33a beruht. Bevor jedoch auf die neue Konstruktion eingegangen werden soll, möge die zur mechanischen Umsetzung wenig geeignete Gleichung 34a noch passend umgeformt werden. Es ergeben sich zwei zweckmäßige neue Gleichungsformen. Die eine

entsteht durch eine Division des Zählers und Nenners der rechten Seite der Gleichung 34a durch  $\cos \gamma$ :

$$\frac{f \sin \beta_2 + y_2 \cos \beta_2}{f \cos \beta_2 - y_2 \sin \beta_2} = \frac{X_1}{\cos \gamma} \frac{b \sin \varepsilon}{\cos \gamma} \tag{34b}$$

$$X_1 \operatorname{tg} \gamma + Z_1 + \frac{b \cos \varepsilon \sin (\alpha + \gamma)}{\cos \gamma}$$

Die andere entsteht, indem in die Gleichung 34a für  $X_1$  der aus der Gleichung 33a folgende Wert

$$X_1 = \frac{(f \cos \beta_2 - y_2 \sin \beta_2)[b \cos \varepsilon \cos (\alpha + \gamma) - Z_1 \sin \gamma] - x_2 [Z_1 \cos \gamma + b \cos \varepsilon \sin (\alpha + \gamma)]}{x_2 \sin \gamma - (f \cos \beta_2 - y_2 \sin \beta_2) \cos \gamma}$$

eingesetzt wird.

$$\frac{f \sin \beta_2 + y_2 \cos \beta_2}{f \cos \beta_2 - y_2 \sin \beta_2 - x_2 \operatorname{tg} \gamma} = \frac{Y_1 \cos \gamma - b \cos \gamma \sin \varepsilon}{Z_1 + b \sin \alpha \cos \varepsilon} \tag{34c}$$

Jede dieser beiden Gleichungen ermöglicht eine verhältnismäßig einfache Lösung. Beide Lösungen stellen den Stereoautographen in derjenigen Form dar, in der er bei denkbar einfachster Bedienung und bei Herabsetzung der persönlichen Fehler des Beobachters auf ein Mindestmaß am leistungsfähigsten ist<sup>1)</sup>. Im folgenden sollen beide Lösungen beschrieben werden.

a) Ausführungsform J (Lösung 1).

(D. R. P. 313261 vom 9. Juli 1918).

Die Ausführungsform J des Stereoautographen (vgl. Fig. 27, Tafel IX) knüpft an die durch Fig. 20 (Tafel VII) dargestellte Ausführungsform G an. Sie unterscheidet sich von dieser in der Hauptsache dadurch, daß der Schlitten D selbsttätig eingestellt wird. Abweichend ist ferner, daß der Schlitten A nur die Einstellung der linken Bildplatte regelt, und daß der Schlitten D den untersten Schlitten des Kreuzschlittensystems C, D bildet. Infolge dieser geänderten Ausbildung des Stereokomparators macht sich nur eine Änderung der Verbindung des Hebels  $q_6$  mit dem Schlitten D nötig. Da dieser Schlitten jetzt eine Einstellung um  $y_2$  (statt wie vorher um  $y_2 - y_1$ ) erfährt, und da er ferner in der Breitenrichtung unverschieblich angeordnet ist, wird eine Verbindung wesentlich einfacher. Der in den Schlitz  $q_{11}$  des Hebels  $q_6$  eingreifende Mitnehmer  $q_{12}$  sitzt nämlich unmittelbar auf dem Schlitten D.

Die Gleichung 34b kann durch eine ähnliche Kupplung des Schlittens  $A_1$  mit dem Schlitten D selbsttätig aufrechterhalten werden wie im Falle der Ausführungsform D des Stereoautographen (vgl. Fig. 14, Tafel IV), bei der ebenfalls ein selbsttätiger Antrieb des Schlittens D vorgesehen ist. Entsprechend der Abweichung der Gleichung 34b von der der Ausführungsform D zugrunde liegenden Gleichung IVe muß jedoch die Kupplung die folgenden Änderungen erfahren. Die Arme  $j_1$  und  $j_2$  werden in ihrer Drehebene gegeneinander einstellbar gemacht. Ein Zeiger  $j_{14}$  des Armes  $j_2$  zeigt an einer entgegen dem Uhrzeigersinne zunehmenden Gradteilung  $j_{15}$  des Armes  $j_1$  das Supplement des Neigungswinkels der beiden Arme an. Eine Klemmschraube  $j_{16}$  dient dazu, die Arme gegeneinander festzustellen. Das Kreuzschlittensystem  $k_1, k_3$ , dessen oberster Schlitten  $k_5$  den Mitnehmer  $R_1$  trägt, ist nicht mehr unmittelbar auf dem Schlitten  $A_1$  angeordnet, sondern auf einem Schlitten  $A_1'$ , der eine solche Lage gegenüber dem Schlitten  $A_1$  hat, daß der Mitnehmer  $R_1$ , wenn die Schlitten

<sup>1)</sup> Beide Lösungen sind vom Verfasser 1917 im Anschluß an die vorstehend beschriebenen Lösungen 3 und 4 angegeben worden.

Tafel IX.

Ausführungsform J.

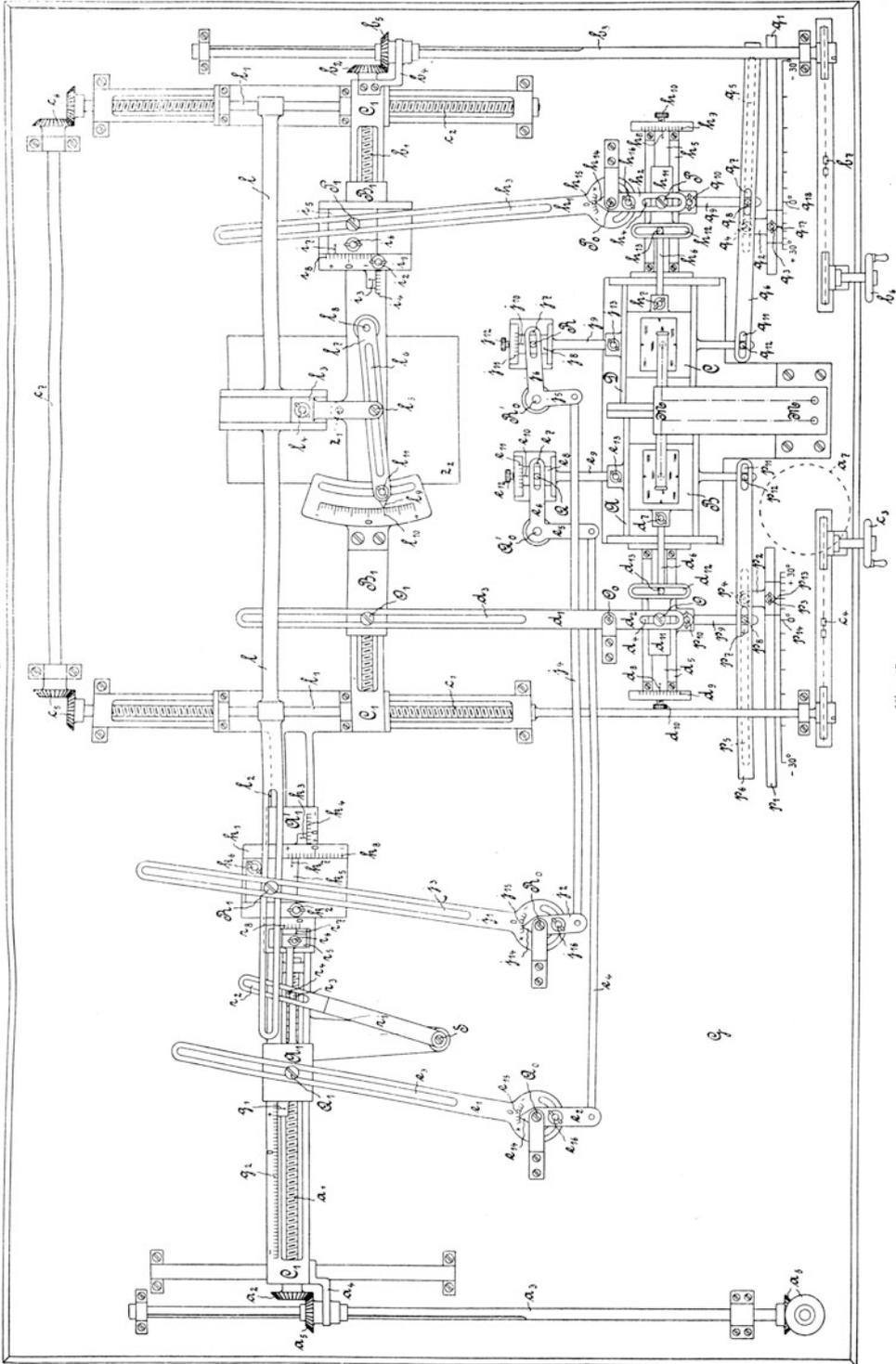


Fig. 27.

$k_1$ ,  $k_5$  und  $A_1$  sich in ihren Nullstellungen befinden, mit der Drehachse  $R_0$  des Doppelhebels  $j_1$ ,  $j_2$  in einer die Tiefenrichtung enthaltenden Ebene und mit dem Mitnehmer  $Q_1$  des Hebelarmes  $e_1$  in einer die Breitenrichtung enthaltenden Ebene liegt. Dabei ist der Schlitten  $A_1'$  derart mit dem Schlitten  $A_1$  gekuppelt, daß er bei einer Verschiebung desselben um  $Y_1$  eine Verschiebung in derselben Richtung um  $\frac{Y_1}{\cos \gamma}$  erfährt. Zu dem Zweck ist an einem Lagerbock des Schlittens  $C_1$ , um eine

Achse  $S$  drehbar, ein gabelförmiger Hebel  $r_1$  gelagert, dessen beide übereinander liegende Gabelenden je mit einem Schlitz  $r_2$  ausgestattet sind. In den Schlitz des oberen Gabelendes greift ein Mitnehmer  $r_3$  des Schlittens  $A_1$  ein, in den des unteren Gabelendes ein Mitnehmer  $r_4$  eines Schlittens  $r_5$ , der auf dem Schlitten  $A_1'$  in der Tiefenrichtung einstellbar angeordnet ist und durch eine Klemmschraube  $r_6$  auf diesem Schlitten festgestellt werden kann. Dabei hat die Drehachse  $S$  des Hebels  $r_1$  eine

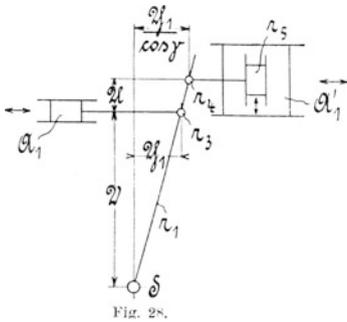


Fig. 28.

solche Lage zum Schlitten  $C_1$ , daß der Hebel parallel der Tiefenrichtung ist, wenn der Schlitten  $A_1$  sich in seiner Nullstellung befindet, wenn also der Zeiger  $g_1$  an der Skala  $g_2$  den Wert  $Y_1 = 0$  anzeigt. Die jeweils eingestellte, in die Tiefenrichtung fallende Komponente des gegenseitigen Abstandes der beiden Mitnehmer  $r_3$  und  $r_4$  wird durch einen Zeiger  $r_7$  des Schlittens  $r_5$  an einer Skala  $r_8$  des Schlittens  $A_1'$  angezeigt. Wird diese Komponente mit  $U$ , und die entsprechende Komponente des Abstandes des Mitnehmers  $r_3$  von der Drehachse  $S$  mit  $V$  bezeichnet, so muß, wenn

der Schlitten  $A_1'$  die oben angegebene Verschiebung erfahren soll, die Gleichung bestehen (vgl. Fig. 28)

$$\frac{U + V}{\frac{Y_1}{\cos \gamma}} = \frac{V}{Y_1}$$

Daraus folgt für  $U$

$$U = V \frac{1 - \cos \gamma}{\cos \gamma} \tag{39}$$

Ist, wie angenommen,  $V$  unveränderlich, so ist  $U$  nur veränderlich mit dem Winkel  $\gamma$ . Es ist daher, um wiederholte Ausrechnungen zu vermeiden, die Skala  $r_8$  nach Winkeln beziffert. Die Berechnung der Teilung der Skala ist nach Gleichung 39 ohne weiteres möglich. Liegen die Mitnehmer  $r_3$  und  $r_4$  lotrecht übereinander, so befindet sich der Schlitten  $r_5$  in seiner Nullstellung, in der sein Zeiger  $r_7$  an der Skala  $r_8$  den Winkel Null anzeigen muß. Verschiebungen des Schlittens  $r_5$  aus seiner Nullstellung müssen stets so gerichtet sein, daß sie auf eine Vergrößerung des Abstandes des Mitnehmers  $r_4$  von der Drehachse  $S$  hinwirken.

Damit die Gleichung 34b erfüllt wird, ist die Kupplung folgendermaßen einzustellen. Der Schlitten  $j_8$  ist in diejenige Lage zu bringen, in der sein Zeiger  $j_{10}$  an der Skala  $j_{11}$  die Brennweite  $f$  anzeigt. Die Arme  $j_1$  und  $j_2$  müssen den Winkel  $180 - \beta_2$  miteinander einschließen, so, daß dann der Zeiger  $j_{14}$  an der Gradteilung  $j_{15}$  den Winkel  $\beta_2$  anzeigt. Der Schlitten  $k_1$  muß diejenige Stellung einnehmen, in der sein Zeiger  $k_3$  an der Skala  $k_4$  des Schlittens  $A_1'$  den im Kopiermaßstab gemessenen Wert

$\frac{b \sin \varepsilon}{\cos \gamma}$  anzeigt. Der Schlitten  $B_1$  ist in seine Nullstellung zu bringen, in der der Doppelhebel  $d_1, d_2$  parallel der Tiefenrichtung ist. Der Schlitten  $r_5$  muß in diejenige Lage gebracht werden, in der sein Zeiger  $r_7$  an der Skala  $r_8$  den Winkel  $\gamma$  anzeigt.

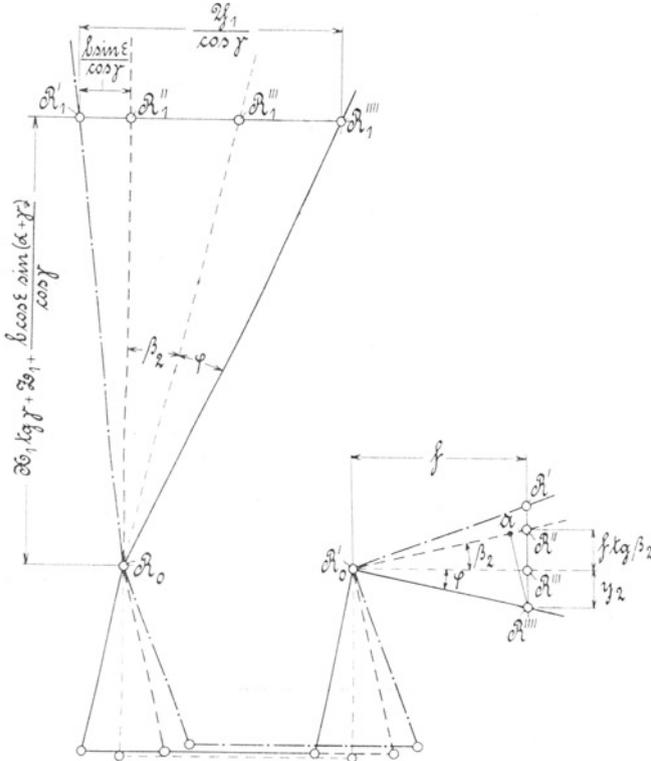


Fig. 29.

Der Hebel  $l_7$  ist so einzustellen, daß sein Zeiger  $l_9$  an der Gradteilung  $l_{10}$  den Winkel  $\gamma$  anzeigt. Der Schlitten  $k_5$  ist bei gelöster Klemmschraube  $l_4$  in diejenige Stellung zu bringen, in der sein Zeiger  $k_7$  an der Skala  $k_8$  den im Kopiermaßstab gemessenen Wert  $\frac{b \cos \varepsilon \sin(\alpha + \gamma)}{\cos \gamma}$  anzeigt. Die zwangsläufige Verbindung des Schlittens  $B_1$  mit dem Mitnehmer  $R_1$  ist durch Anziehen der Klemmschraube  $l_4$  herzustellen. Die Klemmschraube  $k_6$  muß während des Kopierens gelöst bleiben. Wenn im Stereokomparator ein Bildpunkt mit der Ordinate  $y_2 = 0$  eingestellt ist, muß sich der Doppelhebel  $j_1, j_2$  in seiner Nullstellung befinden, in der sein Arm  $j_2$  parallel der Tiefenrichtung ist, während sein Arm  $j_1$  um den Winkel  $\beta_2$  gegen die Tiefenrichtung geneigt ist.

Der Beweis dafür, daß bei der beschriebenen Einstellung der Kupplung die Gleichung 34 b richtig erfüllt wird, folgt aus Fig. 29. Darin ist das Hebelsystem  $j_1, j_2; j_4, j_5, j_6$  in vier Stellungen gezeichnet, deren jeder eine Einstellung des Apparates für einen Objektpunkt mit den von Null abweichenden Koordinaten  $X_1$  und  $Z_1$  zugrunde liegt. Die durch strichpunktierte Linien angedeutete Stellung entspricht der Einstellung eines

Objektpunktes mit der Koordinate  $Y_1 = 0$ . Die durch stark gestrichelte Linien angedeutete Stellung entspricht der Einstellung eines Objektpunktes mit der Koordinate  $Y_1 = b \sin \epsilon$  und mit der zugehörigen Plattenkoordinate  $y_2 = -f \operatorname{tg} \beta_2$ . Die durch schwach gestrichelte Linien angedeutete Stellung ist die Nullstellung des Hebelsystems, die der Einstellung eines Objektpunktes entspricht, zu dem die Plattenkoordinate  $y_2 = 0$  gehört. Die durch ausgezogene Linien angedeutete Stellung entspricht der Einstellung eines Objektpunktes mit der von Null abweichenden Koordinate  $Y_1$  und der zugehörigen Plattenkoordinate  $y_2$ . Mit den eingeschriebenen Bezeichnungen folgt dann aus der Figur, wenn man noch von  $R'''$  eine Senkrechte auf  $R'_0 R''$  fällt:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg}(\beta_2 + \gamma) &= \frac{\frac{Y_1}{\cos \gamma} - \frac{b \sin \epsilon}{\cos \gamma}}{X_1 \operatorname{tg} \gamma + Z_1 + \frac{b \cos \epsilon \sin(\alpha + \gamma)}{\cos \gamma}} = \frac{\overline{R''' a}}{\overline{R'_0 R''} - \overline{R'' a}} \quad , \\ &= \frac{\overline{R''' a}}{\overline{R'_0 R''} - \overline{R'' a}} = \frac{(f \operatorname{tg} \beta_2 + y_2) \cos \beta_2}{\frac{f}{\cos \beta_2} - (f \operatorname{tg} \beta_2 + y_2) \sin \beta_2} \\ &= \frac{f \sin \beta_2 + y_2 \cos \beta_2}{f \cos \beta_2 - y_2 \sin \beta_2} \end{aligned}$$

was zu beweisen war.

In Fig. 27 (Tafel IX) ist der Apparat wie in Fig. 15, 18, 20 und 24 (Tafel V bis VIII) für den Schnittpunkt der linken Objektivachse mit der die rechte Objektivachse enthaltenden Lotebene eingestellt. Beim Gebrauch müssen außer den Klemmschrauben  $d_{10}$ ,  $h_{10}$  und  $k_6$  sämtliche Klemmschrauben angezogen sein. Die Handhabung stimmt mit der bei der Ausführungsform *D* angegebenen überein. (Schluß folgt.)

## Sonder-Abdruck

aus der

„Zeitschrift für Instrumentenkunde“ 47. S. 65–86. 1921.

Verlag von Julius Springer, Berlin W.

Nachdruck verboten.

### Der v. Orel-Zeissische Stereoaograph und neue Vorschläge für seine weitere Ausgestaltung.

Von

Dr. Ing. **Willy Sander.**

(Mitteilung aus der optischen Anstalt von Carl Zeiss, Jena.)

(Schluß von Seite 60.)

#### b) Ausführungsform *K* (Lösung 2).

(D. R. P. 313261 vom 9. Juli 1918.)

Die Ausführungsform *K* des Stereoaographen (vgl. Fig. 30, Tafel X) unterscheidet sich von der durch Fig. 27 (Tafel IX) dargestellten Ausführungsform *J* nur in bezug auf die Kupplung des Schlittens  $A_1$  mit dem Schlitten *D*. Damit statt der Gleichung 34b die Gleichung 34c selbsttätig aufrechterhalten wird, muß die Kupplung der Fig. 27 die folgenden Änderungen erfahren. Der Schlitten  $A_1'$  ist derart mit dem Schlitten  $A_1$  zu kuppeln, daß er bei einer Verschiebung desselben um  $Y_1$  eine Verschiebung um  $Y_1 \cos \gamma$  erfährt. Dabei muß seine Lage gegenüber dem Schlitten  $A_1$  für den Fall, daß die Schlitten  $k_1$ ,  $k_5$  und  $A_1$  sich in ihren Nullstellungen befinden, die gleiche sein, wie für Fig. 27 (Tafel IX) angegeben ist. Zu dem Zweck ist nur eine andere Einstellung des Schlittens  $r_5$  erforderlich. Wird wiederum die in die Tiefenrichtung fallende Komponente des gegenseitigen Abstandes der beiden Mitnehmer  $r_3$  und  $r_4$  mit  $U$ , und die entsprechende Komponente des Abstandes des Mitnehmers  $r_3$  von der Drehachse *S* mit  $V$  bezeichnet, so muß, wenn der Schlitten  $A_1'$  die oben angegebene Verschiebung erfahren soll, die Gleichung bestehen (vgl. Fig. 31)

$$\frac{V-U}{Y_1 \cos \gamma} = \frac{V}{Y_1}.$$

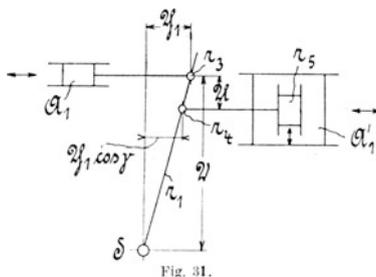
Daraus folgt für  $U$

$$U = V(1 - \cos \gamma). \quad (40)$$

Da  $V$  wiederum unveränderlich angenommen ist, so ist  $U$  nur veränderlich mit dem Winkel  $\gamma$ , deshalb kann die Skala  $r_8$  wiederum nach Winkeln beziffert werden. Die Berechnung ihrer Teilung ist nach Gleichung 40 ohne weiteres möglich. Liegen die Mitnehmer  $r_3$  und  $r_4$  lotrecht übereinander, so befindet sich der Schlitten  $r_5$  in seiner Nullstellung, in der sein Zeiger  $r_7$  an der Skala  $r_8$  den Winkel Null anzeigen muß. Verschiebungen des Schlittens  $r_5$  aus seiner Nullstellung müssen stets so gerichtet sein, daß sie auf eine Verkleinerung des Abstandes des Mitnehmers  $r_4$  von der Drehachse *S* hinwirken.



Da in der Gleichung 34 c im Nenner der rechten Seite ein von  $X_1$  abhängiges Glied nicht vorhanden ist, so fällt die Kuppelung des Mitnehmers  $R_1$  mit dem Schlitten  $B_1$  weg. Dafür ist aber im Nenner der linken Seite der Gleichung das von  $x_2$  abhängige Glied  $x_2 \operatorname{tg} \gamma$  vorhanden, so daß eine Kuppelung des Mitnehmers  $R$  mit dem Schlitten  $C$  vorgesehen werden muß. Diese Kuppelung muß so beschaffen sein, daß beim Einstellen des Schlittens  $C$  in der Breitenrichtung um  $x_2$  der Mitnehmer  $R$  in einer gegen die Breitenrichtung um den Winkel  $\beta_2$  geneigten Richtung (d. i. diejenige Richtung, die der Arm  $j_6$  des Winkelhebels  $j_5, j_6$  einnimmt, wenn der Arm  $j_1$  des Doppelhebels  $j_1, j_2$  parallel der Tiefenrichtung ist) eine Einstellung um  $x_2 \operatorname{tg} \gamma$  erfährt, und zwar so, daß sein Abstand von der Drehachse  $R_0'$  bei positivem Wert von  $x_2 \operatorname{tg} \gamma$  kleiner ist als für  $x_2 \operatorname{tg} \gamma = 0$ . Zu dem Zweck ist dieser Mitnehmer nicht mehr unmittelbar auf dem Schlitten  $j_8$  anzuordnen, sondern auf einem Schlitten  $j_{17}$ , der längs einer Geradföhrung  $j_{18}$  eines Drehschlittens  $j_{19}$  verschieblich angeordnet ist. In der Nullstellung des Schlittens  $j_{17}$  liegt der Mitnehmer  $R$  in der Achse dieses Drehschlittens. In dieser Stellung des Schlittens  $j_{17}$  zeigt sein Zeiger  $j_{20}$  auf einen Gegenzeiger  $j_{21}$  der Geradföhrung  $j_{18}$ . Der Drehschlitten  $j_{19}$  ist auf dem Schlitten  $j_8$  drehbar gelagert und kann durch eine Klemmschraube  $j_{23}$  auf diesem Schlitten festgestellt werden. Ein Zeiger  $j_{23}$  des Drehschlittens  $j_{19}$  zeigt dabei an einer entgegen dem Uhrzeigersinn zunehmenden Gradteilung  $j_{24}$  des Schlittens  $j_8$  denjenigen Winkel an, um den der Drehschlitten aus seiner Nullstellung verdreht ist. Diese Verdrehung muß, damit die Verschiebung des Mitnehmers  $R$ , wie verlangt, in der um den Winkel  $\beta_2$  gegen die Breitenrichtung geneigten Richtung vor sich geht, den Wert  $\beta_2$  annehmen. Die Nullstellung ist dadurch bestimmt, daß für  $\beta_2 = 0$  die Geradföhrung  $j_{18}$  parallel der Breitenrichtung sein muß. Auf dem Schieber  $j_9$  ist ein Schlitten  $s_1$  in der Breitenrichtung verschieblich angeordnet, der einen der Tiefenrichtung parallelen Schlitz  $s_2$  enthält, in den der Mitnehmer  $R$  eingreift. Dieser Schlitten  $s_1$  ist folgendermaßen mit dem Schlitten  $C$  gekuppelt. In einer der Tiefenrichtung parallelen Führungsnut  $s_3$  des Schiebers  $j_9$  ist ein Schlitten  $s_4$  einstellbar angeordnet, der durch eine Klemmschraube  $s_5$  auf dem Schieber  $j_9$  festgestellt werden kann. Der Schlitten  $s_4$  trägt einen Drehbolzen  $s_6$ , der durch einen Schlitz  $s_7$  des unteren Flansches eines zwei übereinander liegende Flanschen enthaltenden Hebels  $s_8$  hindurchgreift, wobei auf diesem unteren Flansch ein in der Schlitzrichtung einstellbarer Schlitten angeordnet zu denken ist, der mit einer Bohrung ausgestattet ist, durch die der Drehbolzen  $s_6$  ebenfalls, und zwar mit Passung, hindurchgreift, und der auf dem unteren Flansch feststellbar ist. In dem oberen Flansch sind zwei Schlitz angeordnet. In den einen Schlitz  $s_9$  greift ein Mitnehmer  $s_{10}$  eines Schiebers  $s_{11}$  ein, der einen Teil des Schlittens  $s_1$  bildet. Dieser Schieber ist für Justierzwecke gegenüber dem Schlitten  $s_1$  in der Breitenrichtung einstellbar angeordnet und kann durch eine Klemmschraube  $s_{12}$  auf dem Schlitten  $s_1$  festgestellt werden. In den anderen Schlitz  $s_{13}$  greift ein Mitnehmer  $s_{14}$  des zu dem Schlitten  $C$  gehörenden Schiebers  $h_6$  ein. Durch einen Zeiger  $s_{15}$  des Schlittens  $s_4$  wird an einer Skala  $s_{16}$  des Schiebers  $j_9$ , die jeweils eingestellte, in die Tiefenrichtung fallende Komponente





Plattenkoordinate  $x_2 = 0$ . Die durch stark gestrichelte Linien angedeutete Stellung entspricht der Einstellung eines Objektpunktes mit der Koordinate  $Y_1 = b \sin \epsilon$  und mit den zugehörigen Plattenkoordinaten  $x_2 = 0$  und  $y_2 = -f \operatorname{tg} \beta_2$ . Die durch schwach gestrichelte Linien angedeutete Stellung ist die Nullstellung des Hebelsystems, zu dem die Plattenkoordinaten  $x_2 = 0$  und  $y_2 = 0$  gehören. Die durch schwach ausgezogene Linien angedeutete Stellung entspricht der Einstellung eines Objektpunktes mit der von Null abweichenden

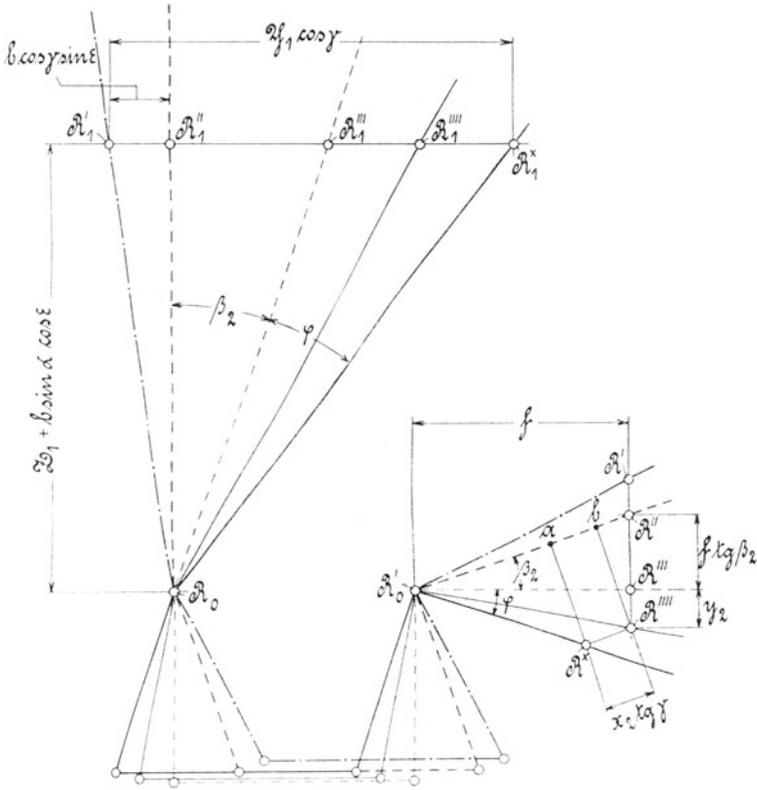


Fig. 33.

Koordinate  $Y_1$  und mit den zugehörigen Plattenkoordinaten  $x_2 = 0$  und  $y_2$ . Die durch stark ausgezogene Linien angedeutete Stellung entspricht der Einstellung eines Objektpunktes mit den von Null abweichenden Koordinaten  $X_1$  und  $Y_1$  und mit den zugehörigen Plattenkoordinaten  $x_2$  und  $y_2$ . Mit den eingeschriebenen Bezeichnungen folgt aus der Figur, wenn man noch von  $R^x$  und  $R'''$  Senkrechte auf  $R_0'R''$  fällt, und wenn man  $R^x$  mit  $R'''$  verbindet, wobei, wie erforderlich,  $R^x R'''$  parallel  $R_0'R''$  und gleich  $x_2 \operatorname{tg} \gamma$  ist:

$$\begin{aligned}
 \operatorname{tg}(\beta_2 + \varphi) &= \frac{Y_1 \cos \gamma - \bar{b} \cos \gamma \sin \varepsilon}{Z_1 + b \sin \alpha \cos \varepsilon} = \frac{\overline{R \times a}}{\overline{R_0' a}} \\
 &= \frac{\overline{R''' b}}{\overline{R_0' R'' - R'' b - a b}} = \frac{\overline{R'''' b}}{\overline{R_0' R'' - R'' b - R \times R''''}} \\
 &= \frac{(f \operatorname{tg} \beta_2 + y_2) \cos \beta_2}{\frac{f}{\cos \beta_2} - (f \operatorname{tg} \beta_2 + y_2) \sin \beta_2 - x_2 \operatorname{tg} \gamma} \\
 &= \frac{f \sin \beta_2 + y_2 \cos \beta_2}{f \cos \beta_2 - y_2 \sin \beta_2 - x_2 \operatorname{tg} \gamma}
 \end{aligned}$$

was zu beweisen war.

In Fig. 30 (Tafel X) ist der Apparat wie in Fig. 15, 18, 20, 24 und 27 (Tafel V bis IX) für den Schnittpunkt der linken Objektivachse mit der die rechte Objektivachse enthaltenden Lotebene eingestellt. Beim Gebrauch müssen außer den Klemmschrauben  $d_{10}$  und  $h_{10}$  sämtliche Klemmschrauben angezogen sein. Die Handhabung stimmt mit der bei der Ausführungsform *D* angegebenen überein.

**C. Lösung von Dr. v. Gruber mit Handantrieb des Vertikalparallaxenschlittens D<sup>1)</sup>.**

(D. R. P. 301 269 vom 24. Juni 1916.)

a) Abbildung eines Objektes auf eine gegen die Lotrechte geneigte Bildplatte.

Bei der Abbildung eines Objektes auf eine gegen die Lotrechte um den Winkel  $\beta$  geneigte Bildplatte *B* (siehe Fig. 34) schließt die Objektivachse *OM* mit der durch den optischen Mittelpunkt *O* des Objektivs bestimmten Horizontalebene  $E_0$ , den Neigungs- oder Kippungswinkel  $\beta$  ein. Es sei die für die Ableitung des Folgenden unwesentliche Annahme gemacht, daß die Bildplatte *B* vor dem Objektiv angeordnet ist. Die Brennweite des Objektivs sei mit *f* bezeichnet. Die Horizontalebene  $E_0$  schneidet die Bildebene im wahren Horizont  $NN'$ . Im Abstand *Y* von  $E_0$  ist eine weitere Horizontalebene *E* gelegt. *O'* ist die Projektion von *O* auf *E*, wobei  $\overline{OO'} = Y$ . *NS* ist die Hauptvertikale der Bildebene. Durch *O* werde eine Parallele zur Hauptvertikalen *NS* gelegt, die die Horizontalebene *E* in *O''* schneidet. Dann ist  $\overline{OO''} = Y'$ , wobei die Gleichung besteht

$$Y' = \frac{Y}{\cos \beta} \tag{42}$$

Läßt man eine Ebene um *O O''* als Achse sich drehen, so schneidet sie auf der Bildebene ein System zur Hauptvertikalen *NS* paralleler Geraden aus, in der Horizontalebene *E* dagegen ein Strahlenbüschel, dessen Strahlen diesen parallelen Geraden zugeordnet sind. Entsprechende Strahlen und Parallelen treffen sich in der Schnittlinie der beiden Ebenen *B* und *E*. Der Ursprung *O''* des Strahlenbüschels hat von der Horizontalprojektion *O'* des Punktes *O* den Abstand

$$\Delta e = Y \operatorname{tg} \beta. \tag{43}$$

<sup>1)</sup> Erstmals angegeben von Dr. von Gruber, München, in einer unveröffentlichten Arbeit vom 20. Mai 1915.

Der Abstand  $O''S$  ist gleich dem Abstand  $ON$  und werde mit  $f'$  bezeichnet. Dann ist

$$f' = \frac{f}{\cos \beta}. \quad (44)$$

Ändert sich  $Y$ , so ändert sich  $\Delta e$ , das Strahlenbüschel bleibt aber unverändert, da der Abstand  $O''S$  unverändert bleibt. Durch den Punkt  $O$  werde eine Parallele  $ON''$  zum wahren Horizont  $NN'$  gelegt. Läßt man eine Ebene um  $ON''$  als Achse sich drehen, so schneidet sie sowohl auf der Bildebene als auch auf der Horizontal-

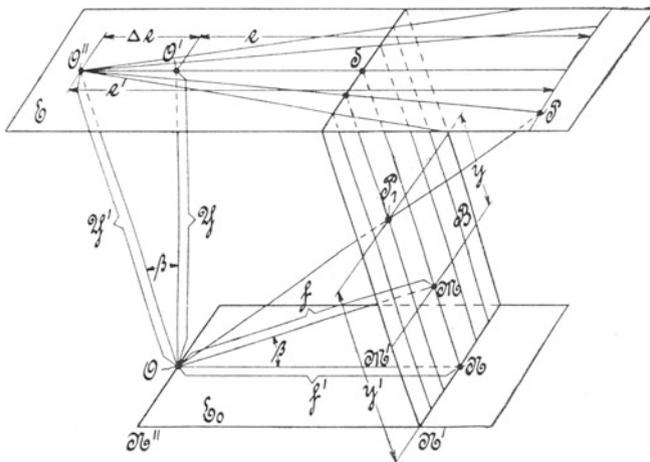


Fig. 34.

ebene  $E$  eine Schar zur Linie  $ON''$  paralleler Geraden aus. Eine solche Gerade in der Bildebene hat vom Bildhorizont  $NN'$  den Abstand  $y'$  und von der durch den Durchstoßpunkt  $M$  der Objektivachse mit der Bildebene zum Bildhorizont gezogenen Parallelen  $MM'$  den Abstand  $y$ , wobei die Gleichung besteht

$$y = y' - f \operatorname{tg} \beta. \quad (45)$$

Die zugehörige Gerade in der Horizontalebene  $E$  hat von dem Punkt  $O'$  den Abstand  $e$  und von dem Punkt  $O''$  den Abstand  $e'$ . Dabei ist  $e' = e + \Delta e$ , und es besteht die einfache Beziehung

$$y' = \frac{f'}{e'} \cdot Y'.$$

woraus mit 42) und 44) folgt

$$y' = \frac{f \cdot Y}{e' \cos^2 \beta}. \quad (46)$$

Daraus folgt mit 45)

$$y = \frac{fY}{e' \cos^2 \beta} - f \operatorname{tg} \beta,$$

$$y = \frac{f}{\cos^2 \beta} \cdot \frac{Y - e' \sin \beta \cos \beta}{e'}. \quad (47)$$

Es sei

$$\frac{f}{\cos^2 \beta} = f''.$$

dann ist

$$y = f'' \frac{Y - e' \sin \beta \cos \beta}{e'}. \tag{48}$$

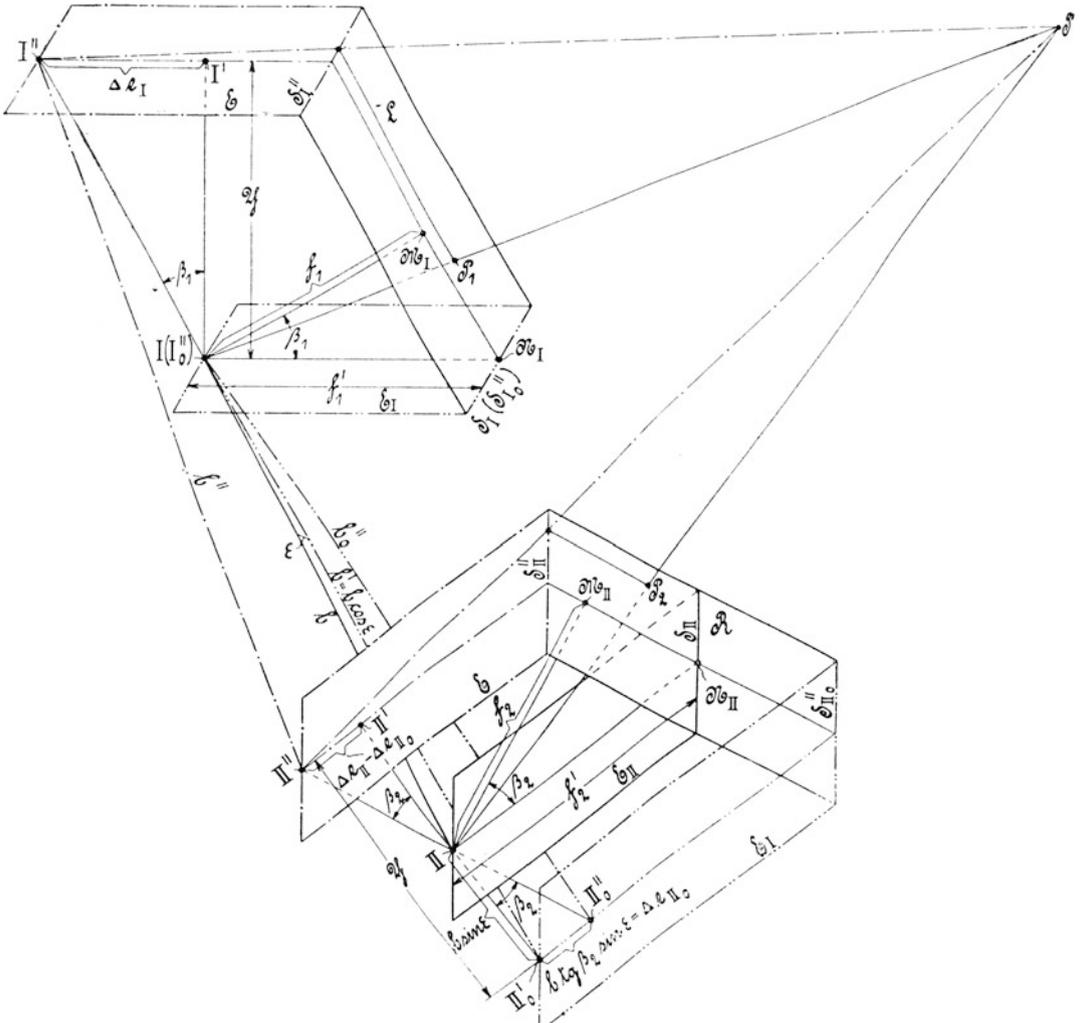


Fig. 35.

b) Abbildung eines Objectes auf zwei gegen die Lotrechte unter beliebigen Winkeln geneigte Bildplatten.

In Fig. 35 ist perspektivisch der Strahlengang bei der Abbildung eines Objectpunktes *P* auf zwei Bildplatten *L* und *R* von beliebiger gegenseitiger Lage dargestellt, mit der für die Ableitung des Folgenden unwesentlichen Annahme

daß die Bildplatten vor den Objektiven angeordnet sind. Das linke Objektiv, von der Brennweite  $f_1$ , ist mit I, das rechte Objektiv, von der Brennweite  $f_2$ , ist mit II bezeichnet.  $P_1$  ist das Bild des Punktes  $P$  auf der Bildplatte  $L$ ,  $P_2$  ist das entsprechende Bild auf der Bildplatte  $R$ .  $E_I$  ist eine Horizontalebene durch I,  $E_{II}$  eine Horizontalebene durch II und  $E$  eine Horizontalebene durch  $P$ . Die Ebene  $E_I$  schneidet die Bildplatte  $L$  in der Spurlinie  $S_I$  ( $S_{I_0}''$ ) und die Bildplatte  $R$  in der Spurlinie  $S_{II_0}''$ . Die Ebene  $E_{II}$  schneidet die Bildplatte  $R$  in der Spurlinie  $S_{II}$ , die Ebene  $E$  schneidet die Bildplatte  $L$  in der Spurlinie  $S_I''$  und die Bildplatte  $R$  in der Spurlinie  $S_{II}''$ . Die Durchstoßpunkte der Objektivachsen mit den Bildplatten  $L$  und  $R$  sind  $M_I$  und  $M_{II}$ , wobei  $\overline{IM_I} = f_1$  und  $\overline{IIM_{II}} = f_2$ . Man ziehe auf der Bildplatte  $L$  durch  $M_I$  die Vertikale zur Spurlinie  $S_I$ , die diese in  $N_I$  schneidet, und auf der Bildplatte  $R$  durch  $M_{II}$  die Vertikale zur Spurlinie  $S_{II}$ , die diese in  $N_{II}$  schneidet, wobei  $\overline{IN_I} = f_1'$  und  $\overline{IIN_{II}} = f_2'$ . Ferner fälle man von  $I$  das Lot auf die Ebene  $E$ , das diese in  $I'$  schneidet, und von  $II$  Lote auf die Ebenen  $E$  und  $E_I$ , mit den Schnittpunkten  $II'$  und  $II_0'$ . Endlich ziehe man durch  $I$  eine Parallele zu  $M_I N_I$ , die die Ebene  $E$  in  $I''$  schneidet, und durch  $II$  eine Parallele zu  $M_{II} N_{II}$ , die die Ebene  $E$  in  $II''$ , und die Ebene  $E_I$  in  $II_0''$  schneidet. Dann gelten die eingeschriebenen Bezeichnungen  $\overline{II} = b$ ,  $\sphericalangle II_0' II = \varepsilon$ ,  $\overline{II_0'} = b' = b \cos \varepsilon$ ,  $\overline{II II_0'} = b \sin \varepsilon$ ,  $\sphericalangle N_I IM_I = \sphericalangle I' I I'' = \beta_1$ ,  $\sphericalangle N_{II} II M_{II} = \sphericalangle II' II II'' = \sphericalangle II_0' II II_0'' = \beta_2$ ,  $\overline{I I'} = \overline{II_0' II} = Y$ ,  $\overline{I I''} = A e_I = Y \operatorname{tg} \beta_1$ ,  $\overline{II_0' II_0''} = A e_{II_0} = b \operatorname{tg} \beta_2 \sin \varepsilon$ ,  $\overline{II' II''} = A e_{II} - A e_{II_0} = Y \operatorname{tg} \beta_2 - b \operatorname{tg} \beta_2 \sin \varepsilon$ ,  $\overline{II_0''} = b_0''$  und  $\overline{I' II''} = b''$ .

Ein Punkt ist in seiner Horizontalebene bestimmt, wenn Strahlen nach ihm von zwei in derselben Ebene liegenden bekannten Punkten aus gezogen werden. Im allgemeinen pflegen diese Strahlen von den Horizontalprojektionen der Aufnahmestandorte aus gezogen zu werden ( $I'$  und  $II'$  in Fig. 35). Die Beziehungen zwischen den Raumkoordinaten eines Punktes und den Plattenkoordinaten seiner Bilder können jedoch im Falle gekippter Achsen nur dann auf einfache Weise mechanisch aufrechterhalten werden, wenn man die Horizontalprojektionen  $I'$  und  $II'$  durch die schrägen Projektionen  $I''$  und  $II''$  ersetzt. Dabei tritt an die Stelle der Horizontalprojektion  $b'$  der Standlinie  $b$  die Ersatzstandlinie  $b''$ . Diese Ersatzstandlinie ist für alle Punkte ein und derselben Horizontalebene dieselbe. Sie ändert jedoch beim Übergang von einer Horizontalebene zur anderen im allgemeinen ihre Länge und Richtung, und außerdem ihre Lage gegenüber  $b'$ .

Fig. 36 zeigt eine Projektion verschiedener Ersatzstandlinien in eine Horizontalebene durch das linke Objektiv I. Dabei ist eine Aufnahme vorausgesetzt, bei der die Winkel  $\alpha$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\gamma$  und  $\varepsilon$  sämtlich positiv sind, also eine Aufnahme, bei der die Objektivachsen links verschwenkt, nach oben gekippt und konvergent sind, und bei der die Höhe  $H_{II}$  des rechten Objektivs, II, größer ist als die Höhe  $H_I$  des linken Objektivs I. Die Projektion des rechten Objektivs II ist  $II_0'$ , wobei  $\overline{II_0'} = b' = b \cos \varepsilon$ . Die Ersatzstandlinie für die Horizontalebene durch das linke Objektiv I ist  $\overline{II_0''} = b_0''$ , während  $\overline{I_1'' II_1''} = b_1''$ ,  $\overline{I_2'' II_2''} = b_2''$  und  $\overline{I_3'' II_3''} = b_3''$  die Ersatzstandlinien für Horizontalebenen sind, die über der Horizontalebene durch das linke Objektiv im Abstände  $Y_1$ ,  $Y_2$  und  $Y_3$  gelegt sind. Die linken Endpunkte,  $I_1''$ ,  $I_2''$  und  $I_3''$  der Ersatzstandlinien  $b_1''$ ,  $b_2''$  und  $b_3''$  liegen auf der Horizontalprojektion der linken Objektivachse und haben von I die Abstände  $A e_{I_1} = Y_1 \operatorname{tg} \beta_1$ ,

$\Delta e_{I_2} = Y_2 \operatorname{tg} \beta_1$  und  $\Delta e_{I_3} = Y_3 \operatorname{tg} \beta_1$ . Die rechten Endpunkte der Ersatzstandlinien liegen auf der Horizontalprojektion der rechten Objektivachse, und es hat der Endpunkt  $II_0''$  der Ersatzstandlinie  $b_0''$  von  $II_0'$  den Abstand  $\Delta e_{II_0} = b \operatorname{tg} \beta_2 \sin \varepsilon$ , während die Endpunkte  $II_1''$ ,  $II_2''$  und  $II_3''$  der Ersatzstandlinien  $b_1''$ ,  $b_2''$  und  $b_3''$  vom Endpunkt  $II_0''$  der Ersatzstandlinie  $b_0''$  die Abstände  $\Delta e_{II_1} = Y_1 \operatorname{tg} \beta_2$ ,  $\Delta e_{II_2} = Y_2 \operatorname{tg} \beta_2$  und  $\Delta e_{II_3} = Y_3 \operatorname{tg} \beta_2$  haben. Die Verschwenkungswinkel der Ersatzstandlinien  $b_0''$

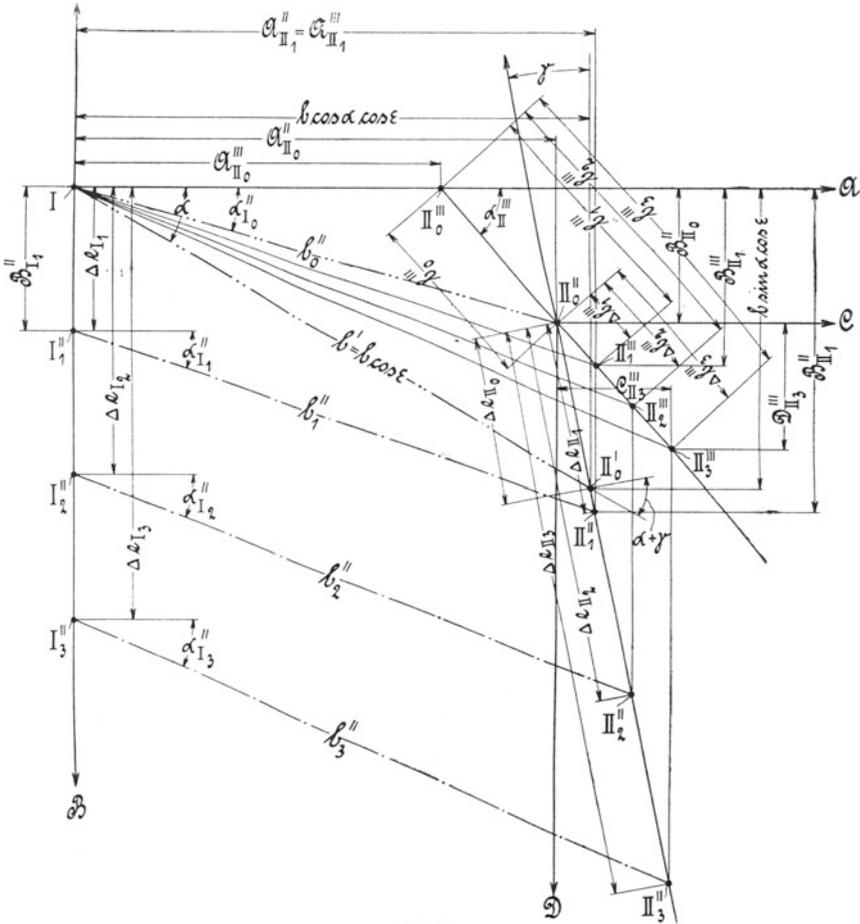


Fig. 36.

$b_1''$ ,  $b_2''$  und  $b_3''$  gegen die Lotrechte zur Horizontalprojektion der linken Objektivachse sind mit  $\alpha_{I_0}''$ ,  $\alpha_{I_1}''$ ,  $\alpha_{I_2}''$  und  $\alpha_{I_3}''$  bezeichnet. Durch  $I$  ist ein horizontales Koordinatensystem gelegt, dessen  $B$ -Achse mit der Horizontalprojektion der linken Objektivachse zusammenfällt, während seine  $A$ -Achse senkrecht dazu gerichtet ist. Ein entsprechendes Koordinatensystem mit den Achsen  $C$  und  $D$  hat seinen Anfang in  $II_0''$ .

Die Größe und die Richtung der Ersatzstandlinie  $b_0''$  für die Horizontalebene durch das linke Objektiv,  $I$ , ergeben sich aus der Figur. In dem Dreieck  $III_0' II_0''$  ist

$$\overline{II_0''} = \sqrt{(\overline{III_0'})^2 + (\overline{II_0' II_0''})^2 - 2(\overline{III_0'}) \cdot (\overline{II_0' II_0''}) \cos \overline{III_0' II_0''}}$$

oder, mit den geltenden Bezeichnungen

$$b_0'' = b \sqrt{\cos^2 \varepsilon + \operatorname{tg}^2 \beta_2 \sin^2 \varepsilon - 2 \operatorname{tg} \beta_2 \sin \varepsilon \cos \varepsilon \sin(\alpha + \gamma)}. \quad (49)$$

Weiter ist

$$\operatorname{tg} \alpha_{I_0}'' = \frac{b \sin \alpha \cos \varepsilon - b \operatorname{tg} \beta_2 \cos \gamma \sin \varepsilon}{b \cos \alpha \cos \varepsilon - b \operatorname{tg} \beta_2 \sin \gamma \sin \varepsilon} = \frac{\sin \alpha \cos \varepsilon - \operatorname{tg} \beta_2 \cos \gamma \sin \varepsilon}{\cos \alpha \cos \varepsilon - \operatorname{tg} \beta_2 \sin \gamma \sin \varepsilon}. \quad (50)$$

Die Koordinaten der beiden Endpunkte  $I$  und  $II_0''$  der Ersatzstandlinie  $b_0''$  in bezug auf das durch  $I$  gelegene Koordinatensystem  $A, B$  sind

$$\left. \begin{aligned} A_I &= 0 \\ B_I &= 0 \\ A_{II_0}'' &= b(\cos \alpha \cos \varepsilon - \operatorname{tg} \beta_2 \sin \gamma \sin \varepsilon) \\ B_{II_0}'' &= b(\sin \alpha \cos \varepsilon - \operatorname{tg} \beta_2 \cos \gamma \sin \varepsilon) \end{aligned} \right\} \quad (51)$$

Die Ersatzstandlinie ( $b''$ ) für jede andere, in einem beliebigen Abstand  $Y$  oberhalb oder unterhalb der Horizontalebene durch das linke Objektiv,  $I$ , liegende Horizontalebene ist nach Größe, Richtung und Lage gegenüber  $b'$  durch die Gleichungen bestimmt

$$\left. \begin{aligned} A_I'' &= 0 \\ B_I'' &= \Delta e_I = Y \operatorname{tg} \beta_1 \\ A_{II}'' &= A_{II_0}'' + \Delta e_{II} \sin \gamma = b(\cos \alpha \cos \varepsilon - \operatorname{tg} \beta_2 \sin \gamma \sin \varepsilon) + Y \operatorname{tg} \beta_2 \sin \gamma \\ B_{II}'' &= B_{II_0}'' + \Delta e_{II} \cos \gamma = b(\sin \alpha \cos \varepsilon - \operatorname{tg} \beta_2 \cos \gamma \sin \varepsilon) + Y \operatorname{tg} \beta_2 \cos \gamma \\ b'' &= \sqrt{(A_{II}'')^2 + (B_{II}'' - B_I'')^2} \\ \operatorname{tg} \alpha_{II}'' &= \frac{B_{II}'' - B_I''}{A_{II}''} \end{aligned} \right\} \quad (52)$$

Zieht man durch  $I$  Parallelen zu den Ersatzstandlinien  $b_1''$ ,  $b_2''$  und  $b_3''$ , denen man, von  $I$  aus gerechnet, je die Größe der entsprechenden Ersatzstandlinie gibt, so erhält man die Punkte  $II_1'''$ ,  $II_2'''$  und  $II_3'''$ . Diese Punkte haben — allgemein ausgedrückt — in bezug auf das durch  $I$  gelegte Koordinatensystem  $A, B$  die Koordinaten

$$\left. \begin{aligned} A_{II}''' &= A_{II_0}'' + Y \operatorname{tg} \beta_2 \sin \gamma \\ B_{II}''' &= B_{II_0}'' + Y(\operatorname{tg} \beta_2 \cos \gamma - \operatorname{tg} \beta_1) \end{aligned} \right\} \quad (53)$$

oder in bezug auf das durch  $II_0''$  gelegte Koordinatensystem  $C, D$  die Koordinaten

$$\left. \begin{aligned} C_{II}''' &= Y \operatorname{tg} \beta_2 \sin \gamma \\ D_{II}''' &= Y(\operatorname{tg} \beta_2 \cos \gamma - \operatorname{tg} \beta_1) \end{aligned} \right\} \quad (54)$$

d. h. sie liegen auf einer Geraden durch  $II_0''$ . Diese Gerade schneidet die  $A$ -Achse in  $II_0'''$  und schließt mit dieser Achse (ebenso auch mit der  $C$ -Achse) den Winkel  $\alpha_{II}'''$  ein. Der Abstand des Schnittpunktes  $II_0'''$  von  $II_0''$  ist mit  $b_0'''$  bezeichnet. Die Abstände der Punkte  $II_1'''$ ,  $II_2'''$  und  $II_3'''$  von  $II_0''$  sind mit  $\Delta b_1'''$ ,  $\Delta b_2'''$  und  $\Delta b_3'''$ , die entsprechenden Abstände dieser Punkte von  $II_0'''$  mit  $b_1'''$ ,  $b_2'''$  und  $b_3'''$  bezeichnet. Der Winkel  $\alpha_{II}'''$  ist durch die Gleichung bestimmt

$$\operatorname{tg} \alpha_{II}''' = \frac{\operatorname{tg} \beta_2 \cos \gamma - \operatorname{tg} \beta_1}{\operatorname{tg} \beta_2 \sin \gamma}. \quad (55)$$

Der Schnittpunkt  $II_0'''$  hat in bezug auf das durch  $I$  gelegte Koordinatensystem  $A, B$  die Koordinaten

$$\left. \begin{aligned} A_{II_0}''' &= A_{II_0}'' - B_{II_0}'' \cotg \alpha_{II}''' \\ &= \frac{b [\cos \varepsilon (\tg \beta_2 \cos (\alpha + \gamma) - \cos \alpha \tg \beta_1) + \tg \beta_1 \tg \beta_2 \sin \gamma \sin \varepsilon]}{\tg \beta_2 \cos \gamma - \tg \beta_1} \\ B_{II_0}''' &= 0 \end{aligned} \right\} \quad 56)$$

Für den Abstand  $b_0'''$  und die Abstände  $\Delta b'''$  und  $b'''$  gelten die Gleichungen

$$\left. \begin{aligned} b_0''' &= \frac{B_{II_0}''}{\sin \alpha_{II}'''} = \frac{b (\sin \alpha \cos \varepsilon - \tg \beta_2 \cos \gamma \sin \varepsilon)}{\sin \alpha_{II}'''} \\ \Delta b''' &= \sqrt{(C_{II}''')^2 + (D_{II}''')^2} = YV \tg^2 \beta_1 + \tg^2 \beta_2 - 2 \tg \beta_1 \tg \beta_2 \cos \gamma \\ b''' &= b_0''' + \Delta b''' \end{aligned} \right\} \quad 57)$$

Auf Grund der durchgeführten Betrachtung ergibt sich ein Stereoautograph zum Auswerten von Bildplatten, die mit Objektiven von beliebiger Achsenlage gewonnen sind.

Dieser Stereoautograph muß gegenüber der durch Fig. 12 (Tafel III) dargestellten Ausführungsform  $C$  zur Auswertung von Bildplatten, bei deren Aufnahme die Objektivachsen horizontal und konvergent waren, die folgenden Änderungen aufweisen.

1. Das Kreuzschlittensystem  $A_1, B_1, C_1$  muß jeweils eine solche Stellung einnehmen, daß die in die Tiefenrichtung fallende Komponente des Abstandes des Mitnehmers  $O_1$  von der Drehachse  $O_0$  den Wert  $e'$  hat, wobei  $e'$  durch die Gleichung bestimmt ist (vgl. Fig. 34)

$$e' = e + \Delta e.$$

Darin ist  $e$  die Raumkoordinate  $Z_1$ , ferner ist nach Gleichung 43  $\Delta e = Y_1 \tg \beta_1$ . Es ist also

$$e' = Y_1 \tg \beta_1 + Z_1$$

2. Die in die Tiefenrichtung fallende Komponente des Abstandes des Mitnehmers  $O$  von der Drehachse  $O_0$  muß den Wert  $\frac{f}{\cos \beta_1}$  annehmen. Beim Kopieren wird dann mittels des Doppelhebels  $d_1, d_2$  die Gleichung

$$\frac{x_1}{\frac{f}{\cos \beta_1}} = \frac{X_1}{e'} = \frac{X_1}{Y_1 \tg \beta_1 + Z_1} \quad 58)$$

selbsttätig aufrechterhalten.

3. Die Verbindung des Schlittens  $A_1$  mit dem Schlitten  $A$  ist so zu wählen, daß die Gleichung

$$\frac{y_1}{\cos \beta_1} = \frac{Y_1 - e' \sin \beta_1 \cos \beta_1}{e'} = \frac{Y_1 \cos^2 \beta_1 - Z_1 \sin \beta_1 \cos \beta_1}{Y_1 \tg \beta_1 + Z_1} \quad 59)$$

(vgl. Gleichung 48) selbsttätig aufrechterhalten wird.

Zu dem Zwecke kann das Hebelsystem  $e_1, e_2; e_4; e_5, e_6$  beibehalten werden, nur muß die in die Tiefenrichtung fallende Komponente des Abstandes des Mitnehmers  $Q_1$  von der Drehachse  $Q_0$  den Wert  $e' = Y_1 \tg \beta_1 + Z_1$ , und die in die Breitenrichtung fallende Komponente des Abstandes des Mitnehmers  $Q$  von der Drehachse  $Q_0'$  den

Wert  $\frac{f}{\cos^2 \beta_1}$  annehmen. Dabei muß die Kupplung des Hebelsystems mit dem Stereo-

komparator derart getroffen werden, daß, wenn das Hebelsystem sich in seiner Nullstellung befindet, in der der Doppelhebel  $e_1, e_2$  parallel der Tiefenrichtung und der Arm  $e_6$  des Winkelhebels  $e_5, e_6$  parallel der Breitenrichtung ist, das Mikroskop auf einen Bildpunkt mit der Ordinate  $y_1 = -f \operatorname{tg} \beta_1$  eingestellt ist. Für große Winkel  $\beta_1$  wird jene Komponente  $\frac{f}{\cos^2 \beta_1}$ , also auch die Exzentrizität des Angriffes verhältnismäßig groß.

Dieser Nachteil kann durch eine Verbindung des Schlittens  $A_1$  mit dem Schlitten  $A$  vermieden werden, die so beschaffen ist, daß die durch Umformung der Gleichung 59 sich ergebende Gleichung

$$y_1 = \frac{\frac{Y_1}{\cos \beta_1} - e' \sin \beta_1}{f \cos \beta_1} = \frac{Y_1 \cos \beta_1 - Z_1 \sin \beta_1}{Y_1 \sin \beta_1 + Z_1 \cos \beta_1} \quad 59a)$$

selbsttätig aufrechterhalten wird. Diese Gleichung stimmt mit der Gleichung II f überein, die der Verbindung des Schlittens  $A_1$  mit dem Schlitten  $A$  bei der durch Fig. 15 (Tafel V) dargestellten Ausführungsform  $E$  zugrunde liegt. Die Verbindung kann also genau wie bei dieser Ausführungsform getroffen werden. Nur ist zu berücksichtigen, daß das Kreuzschlittensystem  $A_1, B_1, C_1$  jetzt jeweils noch um den Betrag  $\Delta e = Y_1 \operatorname{tg} \beta_1$  in der Tiefenrichtung verschoben ist. Um denselben Betrag muß also der Mitnehmer  $Q_1$  in der Tiefenrichtung zurückverschoben werden, welche Verschiebung ihm zweckmäßig beim Verschieben des Schlittens  $A_1$  um  $Y_1$  selbsttätig erteilt wird.

4. Die in die Tiefenrichtung fallende Komponente des Abstandes des Mitnehmers  $P$  von der Drehachse  $P_0$  muß den Wert  $\frac{f}{\cos \beta_2}$  annehmen.

5. Der Mitnehmer  $P_1$  ist vor dem Aufzeichnen jeder einzelnen Höhengschichtenlinie so gegenüber dem Schlitten  $B_1$  einzustellen, daß sein Abstand von seiner Nullstellung gleich der zu der betreffenden Höhengschichtenlinie gehörenden Ersatzstandlinie  $b''$  ist, wobei diese Ersatzstandlinie mit der Breitenrichtung den Winkel  $\alpha_I''$  einschließen muß. Dabei ist jene Nullstellung durch die Schnittlinie zweier lotrechten Ebenen bestimmt, deren eine parallel der Verbindungslinie  $O_0 O_1$  und deren andere parallel der Verbindungslinie  $O_0 P_0$  ist. Die Einstellung kann auf dreierlei Weise erfolgen.

a) Der Mitnehmer  $P_1$  sitzt auf einem Längsschlitten, der auf einem auf dem Schlitten  $B_1$  angeordneten Drehschlitten verschieblich ist. In diesem Falle gelangt der Mitnehmer dadurch in seine richtige Lage, daß erstens der Drehschlitten so eingestellt wird, daß die Verschiebungsrichtung des Längsschlittens mit der Breitenrichtung den Winkel  $\alpha_I''$  einschließt, und daß zweitens der Längsschlitten um den im Kopiermaßstab gemessenen Wert  $b''$  aus seiner Nullstellung verschoben wird. Beide Einstellungen sind vor dem Aufzeichnen jeder einzelnen Höhengschichtenlinie vorzunehmen. Beim Kopieren wird dann, wenn die Arme  $h_1$  und  $h_2$  wie bei der Ausführungsform  $C$  um den Winkel  $\gamma$  gegeneinander geneigt eingestellt werden, die Gleichung erfüllt

$$\frac{x_2}{f \cos \beta_2} = \frac{(X_1 + b'' \cos \alpha_I'') \cos \gamma - (e' + b'' \sin \alpha_I'') \sin \gamma}{(X_1 + b'' \cos \alpha_I'') \sin \gamma + (e' + b'' \sin \alpha_I'') \cos \gamma} \quad 60)$$

Die beschriebene Einstellung des Mitnehmers  $P_1$  ist unzweckmäßig, da sowohl der Winkel  $\alpha_I''$  als auch die Länge  $b''$  nur durch langwierige Rechnung zu ermitteln ist, wobei diese Rechnung für jede einzelne Höhengschichtenlinie vorzunehmen ist.

b) Das unter *a* erwähnte Schlittensystem ruht auf einem auf dem Schlitten  $B_1$  angeordneten, gegenüber diesem Schlitten in der Breitenrichtung verschiebblichen Schlitten ( $i_1$  in Fig. 12, Tafel III). In diesem Falle gelangt der Mitnehmer  $P_1$  dadurch in seine richtige Lage, daß erstens der in der Breitenrichtung verschiebbliche Schlitten ( $i_1$ ) um den im Kopiermaßstab gemessenen Wert  $A_{II_0}'''$  aus seiner Nullstellung verschoben wird, daß zweitens der Drehschlitten so eingestellt wird, daß die Verschiebungsrichtung des den Mitnehmer tragenden Längsschlittens mit der Breitenrichtung den Winkel  $\alpha_{II}'''$  einschließt, und daß drittens dieser Längsschlitten um den im Kopiermaßstab gemessenen Wert  $b'''$  aus seiner Nullstellung verschoben wird. Die ersten beiden Einstellungen sind für ein und dasselbe Bildplattenpaar nur einmal vorzunehmen, die dritte Einstellung dagegen hat vor dem Aufzeichnen jeder einzelnen Höhenschichtenlinie zu erfolgen. Beim Kopieren wird dann, wenn die Arme  $h_1$  und  $h_2$  um den Winkel  $\gamma$  gegeneinander geneigt eingestellt werden, die Gleichung erfüllt

$$\frac{x_2}{f \cos \beta_2} = \frac{(X_1 + b''' \cos \alpha_{II}''' + A_{II_0}''') \cos \gamma - (e' + b''' \sin \alpha_{II}''') \sin \gamma}{(X_1 + b''' \cos \alpha_{II}''' + A_{II_0}''') \sin \gamma + (e' + b''' \sin \alpha_{II}''') \cos \gamma} \quad 60a)$$

So einfach diese Einstellung des Mitnehmers  $P_1$  erscheint, brauchbar ist sie nicht, und zwar aus folgendem Grunde. Aus der Gleichung 56 folgt, daß  $A_{II_0}'''$  wächst, wenn  $\text{tg } \beta_2 \cos \gamma - \text{tg } \beta_1$  abnimmt. Wird  $\text{tg } \beta_2 \cos \gamma = \text{tg } \beta_1$ , was bei ungefähr gleichen Winkeln  $\beta_1$  und  $\beta_2$  und bei kleinem Winkel  $\gamma$  häufig ganz oder nahezu eintreten kann, so wird  $A_{II_0}'''$  sogar  $\infty$ . Konstruktiv ist daher die Einstellung nicht zu verwirklichen.

c) Das unter *a* erwähnte Schlittensystem ruht auf dem Kreuzschlittensystem  $i_1, i_2$ , der Fig. 12 (Tafel III). In diesem Falle gelangt der Mitnehmer  $P_1$  dadurch in seine richtige Lage, daß erstens der Schlitten  $i_1$  um den im Kopiermaßstab gemessenen Wert  $A_{II_0}''$ , und daß zweitens der Schlitten  $i_2$  um den im Kopiermaßstab gemessenen Wert  $B_{II_0}''$  aus der Nullstellung verschoben wird, daß drittens der Drehschlitten so eingestellt wird, daß die Verschiebungsrichtung des den Mitnehmer tragenden Längsschlittens mit der Breitenrichtung den Winkel  $\alpha_{II}'''$  einschließt, und daß viertens dieser Längsschlitten um den im Kopiermaßstab gemessenen Wert  $\Delta b'''$  aus seiner Nullstellung verschoben wird. Die ersten drei Einstellungen sind für ein und dasselbe Bildplattenpaar nur einmal vorzunehmen. Die vierte Einstellung dagegen hat vor dem Aufzeichnen jeder einzelnen Höhenschichtenlinie zu erfolgen. Nach der Gleichung 57 hat  $\Delta b'''$  den Wert  $Y_1 \sqrt{\text{tg}^2 \beta_1 + \text{tg}^2 \beta_2 - 2 \text{tg } \beta_1 \text{tg } \beta_2 \cos \gamma}$ . Der Wurzelwert ist für ein und dasselbe Bildplattenpaar unveränderlich, so daß  $\Delta b'''$  nur mit  $Y_1$  veränderlich und daher in jedem einzelnen Falle leicht zu berechnen ist. Beim Kopieren wird dann, wenn die Arme  $h_1$  und  $h_2$  um den Winkel  $\gamma$  gegeneinander geneigt eingestellt werden, die Gleichung erfüllt

$$\frac{x_2}{f \cos \beta_2} = \frac{(X_1 + \Delta b''' \cos \alpha_{II}''' + A_{II_0}'') \cos \gamma - (e' + \Delta b''' \sin \alpha_{II}''' + B_{II_0}'') \sin \gamma}{(X_1 + \Delta b''' \cos \alpha_{II}''' + A_{II_0}'') \sin \gamma + (e' + \Delta b''' \sin \alpha_{II}''' + B_{II_0}'') \cos \gamma} \quad 60b)$$

Daraus folgt mit den Gleichungen 51 und 57, und ferner mit den sich aus der Gleichung 55 ergebenden Gleichungen

$$\sin \alpha_{II}''' = \frac{\operatorname{tg} \beta_2 \cos \gamma - \operatorname{tg} \beta_1}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \beta_1 + \operatorname{tg}^2 \beta_2 - 2 \operatorname{tg} \beta_1 \operatorname{tg} \beta_2 \cos \gamma}}$$

$$\cos \alpha_{II}''' = \frac{\operatorname{tg} \beta_2 \sin \gamma}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \beta_1 + \operatorname{tg}^2 \beta_2 - 2 \operatorname{tg} \beta_1 \operatorname{tg} \beta_2 \cos \gamma}}$$

und mit der Gleichung

$$e' = Y_1 \operatorname{tg} \beta_1 + Z_1$$

$$\frac{x_2}{f \cos \beta_2} = \frac{X_1 \cos \gamma - Z_1 \sin \gamma + b \cos \varepsilon \cos(\alpha + \gamma)}{X_1 \sin \gamma + Y_1 \operatorname{tg} \beta_2 + Z_1 \cos \gamma + b(\cos \varepsilon \sin(\alpha + \gamma) - \operatorname{tg} \beta_2 \sin \varepsilon)} \cdot 60c$$

Eine entsprechend den unter 1 bis 5 beschriebenen Änderungen gewählte Ausführungsform des Stereoaographen ist, wie die Ausführungsform *E* (siehe Fig. 15, Tafel V) nur zum Aufzeichnen von Höhenschichtenlinien verwendbar. Dabei gibt der Zeichenstift  $z_1$  auf dem Zeichenbrett  $z_2$  jede Höhenschichtenlinie richtig in sich und in bezug auf die schräge Projektion  $I''$  (siehe Fig. 35) des linken Objektivs auf die der betreffenden Höhenschichtenlinie entsprechende Horizontalebene wieder, also jeden Punkt in der Entfernung  $e' = Y_1 \operatorname{tg} \beta_1 + Z_1$ . Die Entfernung jedes Punktes in bezug auf die Horizontalprojektion  $I'$  des linken Objektivs ist aber nur  $e = e' - \Delta e = e' - Y_1 \operatorname{tg} \beta_1 = Z_1$ . Um also die Höhenschichtenlinien in ihrer richtigen Lage zueinander zu erhalten, muß

6. beim Übergang von einer Höhenschichtenlinie zur anderen der Zeichenstift gegenüber dem Zeichenbrett in der Tiefenrichtung eine Verschiebung um  $e' - e = Y_1 \operatorname{tg} \beta_1$  erfahren. Es empfiehlt sich, diese Verschiebung dem Zeichenstift zu erteilen, und zwar zweckmäßig selbsttätig bei der Einstellung des Schlittens  $A_1$  entsprechend  $Y_1$ .

Die Gleichungen 58, 59 bzw. 59a und 60c lassen sich durch eine einfache Umrechnung auf die entsprechenden Hauptgleichungen I bis III für den Fall beliebig gerichteter Achsen zurückführen, ein Beweis dafür, daß die v. Grubersche Untersuchung richtig ist.

### c) Ausführungsform *L*.

Die durch Fig. 37 (Tafel XI) veranschaulichte Ausführungsform *L* des Stereoaographen ist unter Berücksichtigung der Änderungsvorschläge gegenüber der Ausführungsform *C* entworfen. Dabei liegt für den Stereokomparator der Sonderfall zugrunde, daß der Schlitten *A* das Mikroskop *M* trägt. Ihrem Aufbau nach hat die Ausführungsform *L* Ähnlichkeit mit der durch Fig. 15 (Tafel V) dargestellten Ausführungsform *E*. Daher sollen nur die gegenüber dieser Ausführungsform erforderlichen Änderungen beschrieben werden.

Der Schlitten  $m_1$  der Fig. 15 fällt weg, der Mitnehmer  $O_1$  sitzt unmittelbar auf dem Schlitten  $B_1$ . Der Mitnehmer  $P_1$  ist nicht mehr unmittelbar auf dem Schlitten  $i_9$  angeordnet, sondern, wie bei der Ausführungsform *F* (Fig. 18, Tafel VI), auf einem Schlitten  $i_9$ , der längs einer Geradföhrung  $i_{10}$  eines Drehschlittens  $i_{11}$  verschieblich angeordnet ist. In der Nullstellung des Schlittens  $i_9$  liegt der Mitnehmer  $P_1$  in der Achse dieses Drehschlittens. Verschiebungen des Schlittens  $i_9$  aus seiner Nullstellung werden durch seinen Zeiger  $i_{12}$  an einer Skala  $i_{17}$ , der einen Führungsleiste angezeigt. Durch eine Klemmschraube  $i_{18}$  kann der Schlitten  $i_9$  auf dem Drehschlitten  $i_{11}$  festgestellt werden. Der Drehschlitten ist auf dem Schlitten  $i_9$  drehbar gelagert und kann durch eine Klemmschraube  $i_{14}$  auf diesem Schlitten festgestellt werden. Ein Zeiger  $i_{15}$  des Drehschlittens zeigt an einer im Uhrzeigersinn zunehmenden Grad-

Tafel XI.

Ausführungsform L.

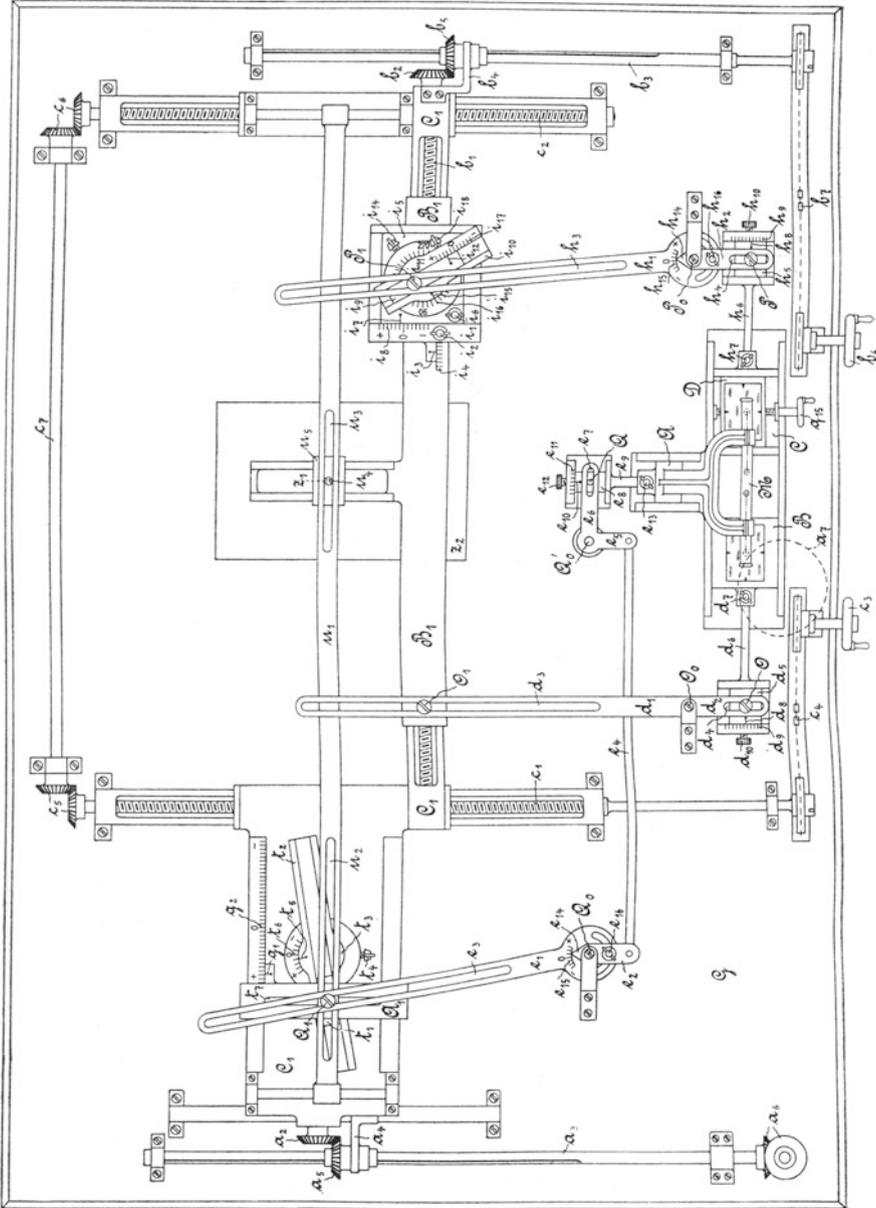


Fig. 37.

teilung  $i_{16}$  des Schlittens  $i_5$ , jeweils denjenigen Winkel an, um den der Drehschlitten aus seiner Nullstellung verdreht ist, die er dann einnimmt, wenn die Verschiebungsrichtung des Schlittens  $i_9$ , parallel der Breitenrichtung ist. Dabei ist der Richtungssinn der Skala  $i_{17}$  so gewählt, daß, wenn der Drehschlitten  $i_{11}$  sich in seiner Nullstellung befindet, und wenn der Schlitten  $i_9$  aus seiner Nullstellung nach dem Mitnehmer  $O_1$  zu verschoben wird, an der Skala  $i_{17}$  durch den Zeiger  $i_{12}$  ein positiver Wert angezeigt wird.

Der Mitnehmer  $Q_1$  sitzt nicht mehr auf dem Schlitten  $A_1$ , sondern auf einem Schlitten  $t_1$ , der längs einer Geradföhrung  $t_2$  eines Drehschlittens  $t_3$  verschieblich ist. Dieser Drehschlitten ist auf dem Schlitten  $C_1$  drehbar so gelagert, daß seine Drehachse mit Drehachse  $Q_0$  in einer die Tiefenrichtung enthaltenden Lotebene liegt, und daß dabei der Abstand seiner Drehachse von der Drehachse  $Q_0$  gleich der in die Tiefenrichtung fallende Komponente des Abstandes des Mitnehmers  $O_1$  von der Drehachse  $O_0$  ist. Durch eine Klemmschraube  $t_4$  kann der Drehschlitten auf dem Schlitten  $C_1$  festgestellt werden. Ein Zeiger  $t_5$  des Drehschlittens zeigt an einer entgegen dem Uhrzeigersinn zunehmenden Gradteilung  $t_6$  des Schlittens  $C_1$  jeweils denjenigen Winkel an, um den der Drehschlitten aus seiner Nullstellung verdreht ist, die er dann einnimmt, wenn die Verschiebungsrichtung des Schlittens  $t_1$  in die Breitenrichtung fällt. Damit der Mitnehmer  $Q_1$  beim Verschieben des Schlittens  $A_1$  in der Breitenrichtung, wie erforderlich, eine Verschiebung in der Tiefenrichtung erfährt, die gleich dem Produkt aus der Verschiebung des Schlittens  $A_1$  und aus der Tangente des Neigungswinkels der Geradföhrung  $t_2$  gegen die Breitenrichtung ist, ist er in einem der Tiefenrichtung parallelen Schlitz  $t_7$  des Schlittens  $A_1$  geradegeföhrt. Dieser Schlitz hat eine solche Lage, daß, wenn der Mitnehmer  $Q_1$  mit der Achse des Drehschlittens  $t_3$  zusammenfällt, an der Skala  $g_2$  des Schlittens  $C_1$  durch den Zeiger  $g_1$  des Schlittens  $A_1$  der Wert Null angezeigt wird.

Damit, wie erforderlich, der Zeichenstift  $z_1$  beim Verschieben des Schlittens  $A_1$  in der Breitenrichtung die gleiche Verschiebung in der Tiefenrichtung erfährt wie der Mitnehmer  $Q_1$ , ist die folgende Kupplung des Zeichenstiftes mit dem Mitnehmer vorgesehen. Auf dem Schlitten  $C_1$  ist ein in der Tiefenrichtung verschieblicher Schlitten  $u_1$  angeordnet, der zwei der Breitenrichtung parallele Schlitze  $u_2$  und  $u_3$  enthält. In den einen Schlitz,  $u_2$ , greift der Mitnehmer  $Q_1$  ein, in den anderen Schlitz,  $u_3$ , ein Zapfen  $u_4$  eines auf dem Schlitten  $B_1$  in der Tiefenrichtung verschieblich angeordneten Schlittens  $u_5$ , an dem der Zeichenstift befestigt ist. In der Zeichnung ist der Zeichenstift nicht sichtbar. Er ist lotrecht unter dem Zapfen  $u_4$  befindlich zu denken.

Damit die Gleichungen 58, 59a und 60b (bzw. 60c) beim Kopieren selbsttätig aufrechterhalten werden, ist die folgende Einstellung der Schlitten  $d_5$ ,  $e_8$ ,  $h_8$ ,  $i_1$  und  $i_5$ , der Drehschlitten  $i_{11}$  und  $t_3$  und der Doppelhebel  $e_1$ ,  $e_2$  und  $h_1$ ,  $h_2$  erforderlich. An der Skala  $d_9$  muß der Wert  $\frac{f}{\cos \beta_1}$ , an der Skala  $e_{11}$  der Wert  $f$ , an der Skala  $h_9$  der Wert  $\frac{f}{\cos \beta_2}$ , an der Skala  $i_4$  der Wert  $A_{II_0}$  und an der Skala  $i_8$  der Wert  $B_{II_0}$  angezeigt werden, die beiden letzten Werte im Kopiermaßstab gemessen. An der Gradteilung  $i_{16}$  muß der Winkel  $\alpha_{II}$ , an den Gradteilungen  $t_6$  und  $e_{15}$  der Winkel  $\beta_1$  und an der Gradteilung  $h_{15}$  der Winkel  $\gamma$  angezeigt werden. Der Schlitten  $i_9$  ist so einzustellen, daß an der Skala  $i_{17}$  der im Kopiermaßstab gemessene Wert  $\Delta b$  angezeigt wird.

wobei der Berechnung von  $\Delta b'''$  jeweils der an der Skala  $g_2$  angezeigte Wert  $Y_1$  zugrunde zu legen ist.

In Fig. 37 (Tafel XI) sind wie in Fig. 15 (Tafel V) im Stereokomparator die Marken des Mikroskops  $M$  auf die Bilder des Schnittpunktes der linken Objektivachse mit der die rechte Objektivachse enthaltenden Lotebene eingestellt. Bei dieser Einstellung müssen sich die Doppelhebel  $d_1, d_2$  und  $h_1, h_2$  sowie das Hebelsystem  $e_1, e_2; e_4; e_5, e_6$  in ihrer Nullstellung befinden, die mit der Nullstellung der Hebel in Fig. 15 übereinstimmt. Dabei zeigt der Zeiger  $g_1$  des Schlittens  $A_1$  an der Skala  $g_2$  den Wert

$$Z_1 \operatorname{tg} \beta_1 = \frac{b \operatorname{tg} \beta_1 \cos \varepsilon \cos (\alpha + \gamma)}{\sin \gamma} \text{ an.}$$

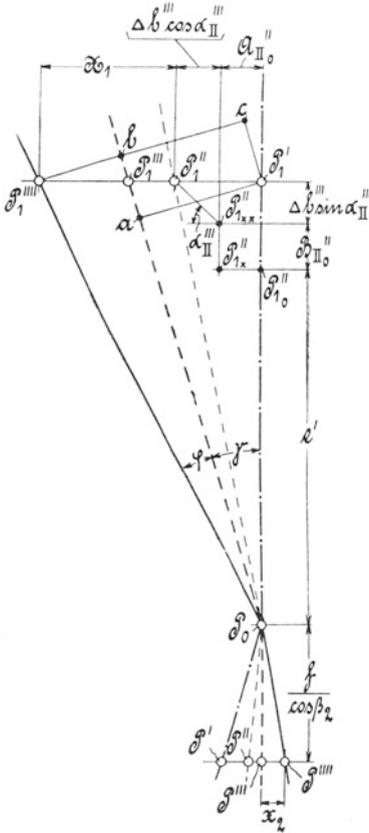


Fig. 38.

Der Beweis dafür, daß bei der beschriebenen Einstellung die Gleichung 58 erfüllt wird, läßt sich aus der Figur ohne weiteres herleiten, wenn man für die in die Tiefenrichtung fallende Komponente des Abstandes  $O_0 O_1$  den ihr zukommenden Wert  $e' = Y_1 \operatorname{tg} \beta_1 + Z_1$ , und wenn man für die entsprechende Komponente des Abstandes  $O_0 O$  den Wert  $\frac{f}{\cos \beta_1}$  einsetzt.

Der Beweis dafür, daß bei der beschriebenen Einstellung der Schlitten und Hebel die Gleichung 59a richtig erfüllt wird, kann genau wie bei der Beschreibung der Ausführungsform  $E$  geliefert werden (vgl. Fig. 16), da ja der Angriff des Hebelarmes  $e_1$  an dem Kreuzschlittensystem  $A_1, B_1, C_1$ , der allein eine Änderung erfahren hat, so getroffen ist, daß der Mitnehmer  $Q_1$  jeweils eine solche Einstellung erfährt, daß die in die Breitenrichtung fallende Komponente seines Abstandes von der Drehachse  $Q_0$  den Wert  $Y_1$ , und die in die Tiefenrichtung fallende Komponente dieses Abstandes den Wert  $e' - Y_1 \operatorname{tg} \beta_1 = Z_1$  annimmt, genau wie bei der Ausführungsform  $E$ .

Der Beweis dafür, daß bei der beschriebenen Einstellung der Schlitten und Hebel die Gleichung 60 b richtig erfüllt wird, folgt aus Fig. 38. Darin ist der Doppelhebel  $h_1, h_2$  in vier Stellungen gezeichnet, deren jeder eine Einstellung des Apparates für einen Objektpunkt mit

den von Null abweichenden Koordinaten  $Y_1$  und  $Z_1$  zugrunde liegt. Die durch strichpunktierte Linien angedeutete Stellung entspricht der Einstellung eines Objektpunktes mit der Koordinate  $X_1 = -(\Delta b''' \cos \alpha_{II}''' + A_{II}''')$ . Die durch schwach gestrichelte Linien angedeutete Stellung entspricht der Einstellung eines Objektpunktes mit der Koordinate  $X_1 = 0$ . Bei dieser Stellung ist angedeutet, wie der Mitnehmer  $P_1$  aus seiner Nullstellung  $P_{10}''$  durch Verschieben des Schlittens  $i_1$  aus seiner Nullstellung

um  $A_{II_0}''$  nach  $P_{1x}''$ , wie er ferner durch Verschieben des Schlittens  $i_3$  aus seiner Nullstellung um  $B_{II_0}''$  von  $P_{1x}''$  nach  $P_{1xx}''$ , und wie er endlich durch Drehen des Drehschlittens  $i_{11}$  aus seiner Nullstellung um  $\alpha_{II}'''$  und durch Verschieben des Schlittens  $i_3$  aus seiner Nullstellung um  $\Delta b'''$  von  $P_{1xx}''$  in seine richtige Lage  $P_1''$  gelangt. Die durch stark gestrichelte Linien angedeutete Stellung ist die Nullstellung des Doppelhebels, die der Einstellung eines Objektpunktes entspricht, zu dem die Plattenkoordinate  $x_2 = 0$  gehört. Die durch ausgezogene Linien angedeutete Stellung entspricht der Einstellung eines Objektpunktes mit der von Null abweichenden Koordinate  $X_1$  und der zugehörigen Plattenkoordinate  $x_2$ . Mit den eingeschriebenen Bezeichnungen folgt dann aus der Figur, wenn man noch von  $P_1'$  und  $P_1'''$  Lote auf  $P_0 P_1'''$  fällt, und wenn man ferner durch  $P_1'$  zu  $P_0 P_1'''$  eine Parallele zieht:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi &= \frac{x_2}{f} = \frac{\overline{P_1''' b}}{\overline{P_0 b}} \\ &= \frac{\overline{P_1''' c} - \overline{b c}}{\overline{P_0 a} + \overline{a b}} = \frac{\overline{P_1''' c} - \overline{P_1' a}}{\overline{P_0 a} + \overline{P_1' c}} \\ &= \frac{(X_1 + \Delta b''' \cos \alpha_{II}''' + A_{II_0}'') \cos \gamma - (e' + B_{II_0}'' + \Delta b''' \sin \alpha_{II}''') \sin \gamma}{(e' + B_{II_0}'' + \Delta b''' \sin \alpha_{II}''') \cos \gamma + (X_1 + \Delta b''' \cos \alpha_{II}''' + A_{II_0}'') \sin \gamma} \end{aligned}$$

was zu beweisen war.

Denkt man sich in Fig. 37 (Tafel XI) sämtliche Klemmschrauben angezogen, so kann durch Betätigen der Handräder  $b_6$ ,  $c_3$  und  $q_{15}$  die der Koordinate  $Y_1 = Z_1 \operatorname{tg} \beta_1$  entsprechende Höhenschichtenlinie aufgezeichnet werden. Um eine andere, z. B. die einer Koordinate  $Y_1'$  entsprechende Höhenschichtenlinie aufzeichnen zu können, ist durch Drehen der Fußscheibe  $a_7$  der Schlitten  $A_1$  so einzustellen, daß sein Zeiger  $g_1$  an der Skala  $g_2$  den im Kopiermaßstab gemessenen Wert  $Y_1'$  anzeigt, und ist weiter, nach Lösen der Klemmschraube  $i_{18}$ , der Schlitten  $i_3$  so einzustellen, daß an der Skala  $i_{17}$  der gemäß dieser Koordinate  $Y_1'$  zu berechnende Wert  $\Delta b'''$  angezeigt wird, worauf nach Anziehen der Klemmschraube der Apparat gebrauchsfertig zum Aufzeichnen dieser anderen Höhenschichtenlinie ist.

Vergleicht man die Ausführung  $L$  nach v. Gruber mit der vom Verfasser angegebenen Ausführungsform  $E$ , die ihr in bezug auf Leistungsfähigkeit gleichsteht — beide Ausführungsformen sind nur zum Aufzeichnen von Höhenschichtenlinien verwendbar — so scheint der Aufbau der Ausführungsform  $E$  einfacher zu sein. Dafür ist bei der Ausführungsform  $L$  die Bedienung einfacher, wenn der Apparat für eine andere Höhenschichtenlinie eingestellt werden soll. Es ist nämlich nur eine Einstellung zu ändern, während bei der Ausführungsform  $E$  die Änderung von drei Einstellungen erforderlich ist. Diese drei Einstellungen lassen sich übrigens auf zwei herabsetzen, wenn der Mitnehmer  $P_1$  auf einem ebensolchen viergliedrigen Schlittensystem angeordnet wird, wie bei der Ausführungsform  $L$ , wie ja auch bei der Ausführungsform  $F$  angenommen ist. Während jedoch die Ausführungsform  $E$ , wie die Ausführungsform  $F$  zeigt, weiter so entwickelt werden konnte, daß die zum Zweck des Überganges von einer Höhenschichtenlinie zur anderen vorzunehmenden Einstellungen selbsttätig bewirkt werden, ist eine solche Weiterentwicklung der Ausführungsform  $L$  nach v. Gruber durch Hinzufügen einer ähnlich einfachen Kupplung des Mitnehmers  $P_1$  mit dem Schlitten  $A_1$  nicht möglich. Der Winkel  $\alpha_{II}'''$ , dem gemäß der Drehschlitten  $i_{11}$  einzustellen ist, kann sich nämlich, wie aus der Gleichung 55

ersichtlich ist, für zugelassene Werte von  $\beta_1$  und  $\beta_2$  zwischen  $+ 30^\circ$  und  $- 30^\circ$  und von  $\gamma$  zwischen  $+ 20^\circ$  und  $- 20^\circ$ , zwischen den Grenzen  $+ 90^\circ$  und  $- 90^\circ$  bewegen. so daß der Fall eintreten müßte, in dem infolge von Selbsthemmung die Schlitten festsitzen.

### Schlußbemerkungen.

Soweit es sich überblicken läßt, ist durch die vorliegende Arbeit die gestellte Aufgabe, die Grundlagen für die Konstruktion eines Stereoaographen zur Verfügung zu stellen, der zum Auswerten von Aufnahmen mit beliebiger Lage der Objektivenachsen geeignet ist, restlos gelöst. Welche der vorgeschlagenen Ausführungsformen sich für die Konstruktion am besten eignen wird, bleibt einstweilen eine offene Frage, deren Beantwortung eingehenden Untersuchungen vorbehalten bleiben muß. Größtes Gewicht wird dabei der Tatsache beigelegt werden müssen, daß das Hinzutreten jedes neuen Konstruktionselementes zu dem in der Praxis bewährten Modell des Stereoaographen neue Fehlerquellen aufbringt. Eine Konstruktion, die das Minimum an neuen Schlittenführungen und Hebeln erfordert, wird also im allgemeinen die meiste Aussicht haben. Weiter wird der bewährten Übertragung von Präzisionsbewegungen durch Hebel derjenigen durch Radgetriebe der Vorzug zu geben sein, da diese Hebelübertragung ein Minimum von totem Gang gewährleistet. Eingehende Untersuchungen darüber, welche Zeichengenauigkeit sich erreichen läßt, werden sich erst anstellen lassen, wenn die fertige Konstruktionszeichnung vorliegt. Die der Arbeit beigegebenen schematischen Zeichnungen, bei denen zur Veranschaulichung die Größenverhältnisse einzelner Konstruktionsglieder ganz wesentlich übertrieben sind, bieten keinen genügenden Anhalt dafür. Es ist aber zu erwarten, daß die erreichbare Zeichengenauigkeit noch weit innerhalb der Fehlergrenzen bleiben wird, die durch Dehnungen des Zeichenpapiers bedingt sind und die etwa  $\pm 1$  mm betragen. Bisher pflegte das Zeißwerk keinen Stereoaographen hinausgehen zu lassen, bei dem nicht mindestens bei einem Verhältnis von  $\frac{b \cos \varepsilon}{Z_1} = \frac{1}{70}$  (d. i. das Verhältnis der Verschiebung des Mitnehmers  $P_1$  aus seiner Nullstellung zu der in die Tiefenrichtung fallenden Komponente des Abstandes dieses Mitnehmers von der Drehachse  $P_0$ ) eine Zeichengenauigkeit von  $\pm 0,4$  mm gewährleistet war. Tatsächlich wird beim Auswerten dieses Verhältnis etwa zwischen  $\frac{1}{10}$  und  $\frac{1}{20}$  angenommen. Rechnet man — ungünstig mit  $\frac{2}{35}$ , so ist also der dem Quadrate der Entfernung proportionale Fehler der Zeichengenauigkeit nur  $0,4 \left( \frac{1}{70} : \frac{2}{35} \right)^2 = 0,025$  mm. Die oben ausgesprochene Erwartung dürfte also berechtigt sein. Prüfungen des Stereoaographen auf seine Genauigkeit sind auch auf folgendem Wege vorgenommen worden. Man hat ein Netz genau bestimmter trigonometrischer Punkte aufgenommen, diese Punkte auf einem Zeichenblatt durch Nadelstiche genau markiert und alsdann mittels des Stereoaographen kontrolliert. Es hat sich dabei stets absolute Übereinstimmung ergeben.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Über die Leistungsfähigkeit des Stereoaographen, von der bereits in der Einleitung die Rede war, und über die Leistungsfähigkeit des stereophotogrammetrischen Verfahrens überhaupt siehe: v. Orel, „Über die Anwendung des stereoaographischen Verfahrens für Mappingzwecke“, M. d. k. u. k. M. I. **37**, und auch Korzer. „Die Stereoaogrammetrie im Dienste der Landesaufnahme“, M. d. k. u. k. M. I. **33**.

Sicher ist anzunehmen, daß das Justieren der neuen Ausführungsformen infolge der vermehrten Zeigereinstellungen erheblich mehr Zeitaufwand erfordern wird, als bisher. Genaueres läßt sich darüber noch nicht sagen.<sup>1)</sup> Wesentlich wird sein, daß bei der Aufnahme die Neigungswinkel  $\beta_1$  und  $\beta_2$  der Objektivachsen gegen die Horizontalebene genau bestimmt werden. Für die Aufnahme von Luftfahrzeugen aus sind exakte Methoden der Bestimmung der Aufnahmestandorte und der Winkel  $\alpha$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\gamma$ ,  $\varepsilon$  überhaupt erst noch anzugeben. Unter der Voraussetzung, daß sämtliche Aufnahmedaten genau festliegen, ist nach beendigter Justierung die Schnelligkeit der Punktauftragung oder der Auftragung beliebiger Linien der Objektoberfläche bei allen vorgeschlagenen Ausführungsformen als gleich zu erachten. Bei den Ausführungsformen *E* und *L* bleibt natürlich der Nachteil bestehen, daß sie nur zum Auftragen von Höhenschichtenlinien verwendbar sind und daß für jede neue Höhenschichtenlinie eine Neueinstellung von Schlitten erforderlich ist. Diese beiden Ausführungsformen dürften also für die Konstruktion kaum in Frage kommen.

### Verzeichnis der benutzten Schriften.

#### Abkürzungen:

I. A. f. Ph. = Internationales Archiv für Photogrammetrie. M. d. k. u. k. M. I. = Mitteilungen des k. u. k. Militärgeographischen Institutes.

1. Brückner, E., „Oberleutnant Ed. Ritter von Orels Stereoautograph als Mittel zur automatischen Herstellung von Schichtenplänen und Karten“, Mitteilungen der k. und k. Geographischen Gesellschaft in Wien. 1911. Heft 4.
2. Deville, E., „On the Use of Wheatstone Stereoscope in Photographing Surveying“. Transactions of the Royal Society of Canada. 1902/03. S. 63.
3. Dolezal, E., „Der Stereoautograph des k. u. k. Hauptmannes Eduard Ritter von Orel“. I. A. f. Ph. **3**. 1912. S. 38.
4. Dolezal, E., „Instrumentelle Neuerungen. VI. Stereoplotter des englischen Leutnants V. Thompson“. I. A. f. Ph. **3**. 1912. S. 130.
5. Fuchs, K., „Bemerkungen zum Orel'schen Stereoautographen“. I. A. f. Ph. **3**. 1912. S. 184.
6. Günther, L., „Die Photogrammetrie im Dienste der Technik“, Sitzungsberichte des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleißes. Berlin. Jahrgang 1913. S. 95.
7. v. Hübl, A., „Die stereophotogrammetrische Terrainaufnahme“. M. d. k. u. k. M. I. Wien. **23**. 1904.
8. v. Hübl, A., „Beiträge zur Stereophotogrammetrie“. M. d. k. u. k. M. I. Wien. **24**. 1905.
9. Kammerer, G., „Th. Scheimpflugs Landvermessung aus der Luft“. I. A. f. Ph. **3**. 1912. S. 196.
10. Korzer, K., „Die Stereo-Autogrammetrie im Dienste der Landesaufnahme“. M. d. k. u. k. M. I. Wien. **33**. 1914. Ref. I. A. f. Ph. **5**. 1915. S. 71.
11. Lüscher, H., „Der Stereoautograph, Modell 1914, seine Berichtigung und Anwendung“. Zeitschrift für Instrumentenkunde. **39**. 1919. S. 2.
12. v. Mühlkampff, A., „Oberleutnant v. Orels Stereoautograph“. Mitteilungen über Gegenstände des Artillerie- und Geniewesens. Wien. 1911. Heft 5.
13. v. Orel, E., „Autostereograph“. I. A. f. Ph. **1**. 1908. S. 135.
14. v. Orel, E., „Der Stereoautograph als Mittel zur automatischen Verwertung von Komparatordaten“. M. d. k. u. k. M. I. Wien. **30**. 1911.
15. v. Orel, E., „Über die Anwendung des stereoautographischen Verfahrens für Mapierungszwecke“. M. d. k. u. k. M. I. Wien. **31**. 1912.

<sup>1)</sup> Über die Justierung der zur Zeit im Gebrauch stehenden (der Ausführungsform *C* entsprechenden) Modelle des Stereoautographen siehe: Lüscher, „Der Stereoautograph, Modell 1914, seine Berichtigung und Anwendung“, von der Technischen Hochschule zu Darmstadt genehmigte Doktordissertation (*diese Zeitschr.* **39**. S. 2. 1919).

16. v. Orel, E., „Der Stereoautograph Modell 1911“. I. A. f. Ph. **4**. 1913/14. S. 161.
17. Pulfrich, C., „Über den von der Firma Carl Zeiß in Jena hergestellten stereoskopischen Entfernungsmesser“, Vortrag auf der Naturforscherversammlung in München, am 19. Sept. 1899. Physikalische Zeitschrift. **1**. 1899. S. 98.
18. Pulfrich, C., „Über einen für astronomische, photogrammetrische, metronomische und andere Zwecke bestimmten stereoskopischen Komparator“, Vortrag auf der Naturforscherversammlung in Hamburg, am 23. Sept. 1901; ref. Naturwissenschaftliche Rundschau. **16**. 1901. S. 589.
19. Pulfrich, C., „Über einen Versuch zur praktischen Erprobung der Stereo-Photogrammetrie für die Zwecke der Topographie“. Zeitschrift für Instrumentenkunde. **23**. S. 317. 1903.
20. Pulfrich, C., „Stereoskopisches Sehen und Messen“, Jena, 1911 (mit ausführlichem Schriftenverzeichnis der von 1900—1911 erschienenen Arbeiten über Stereoskopie und Stereophotogrammetrie).
21. Pulfrich, C., „Neue stereoskopische Methoden und Apparate“. Berlin. 1912.
22. v. Rohr, M., „Die binokularen Instrumente“, Berlin, 1907 (mit ausführlichem Schriftenverzeichnis der einschlägigen Arbeiten des 19. Jahrhunderts.)
23. Scheimpflug, Th., „Die Flugtechnik im Dienste des Vermessungswesens“, Buch des Fluges von H. Hoernes. Wien. 1911. **1**. S. 604.
24. Thompson, V., „Stereo-Photo-Surveying“. The Geographical Journal. London. **31**. 1908. S. 534.
25. Truck, S., „Die Bedeutung und Anwendung der Stereophotogrammetrie als Vermessungsmethode in der Ingenieurpraxis“. I. A. f. Ph. **4**. 1913/14. S. 93.
26. Zaar, K., „Ein photogrammetrischer Auftragapparat“. I. A. f. Ph. **4**. 1913/14. S. 200.
27. Zeiss, C., „Vorrichtung zum Kopieren der aus einem Photostereogramm zu entnehmenden Oberfläche eines räumlichen Gebildes . . . .“ D. R. P. 262 499, vom 20. Dezember 1910; D. R. P. 281 369, vom 25. Dezember 1913; D. R. P. 301 269, vom 24. Juni 1916; D. R. P. 301 289, vom 26. Mai 1914; D. R. P. 312 973, vom 7. Juli 1914; D. R. P. 313 261, vom 9. Juli 1919.

## **Lebenslauf.**

Der Verfasser der vorliegenden Arbeit wurde am 9. September 1886 in Leipzig-Plagwitz geboren. Ostern 1903 erlangte er das Reifezeugnis der 1. städtischen Realschule in Leipzig, worauf er ein Jahr als Volontär bei der Maschinenbau-Aktiengesellschaft vorm. Ph. Swiderski in Leipzig-Plagwitz praktisch arbeitete. Alsdann besuchte er die Kgl. Gewerbe-Akademie in Chemnitz, die er Michaelis 1907 mit dem Reifezeugnis als Maschinen-Ingenieur verließ. Darauf studierte er an der Kgl. Technischen Hochschule zu Stuttgart, die er Michaelis 1908 mit der Kgl. Technischen Hochschule zu Hannover vertauschte, an der er im Oktober 1909 die Diplom-Vorprüfung und im Februar 1912 die Diplom-Hauptprüfung ablegte. Vom 1. März 1912 ab ist er bei der Firma Carl Zeiss in Jena als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Patentabteilung angestellt. Diese Tätigkeit wurde während des Weltkrieges auf die Dauer vom 26. März 1915 bis 28. August 1916 durch seine Einberufung zum Heeresdienst unterbrochen.