

# Le problème de la restitution à l'autographe

Autor(en): **Ansermet, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik = Revue technique suisse des mensurations et améliorations foncières**

Band (Jahr): **27 (1929)**

Heft 8

PDF erstellt am: **18.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-191436>

## **Nutzungsbedingungen**

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

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

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

## **Haftungsausschluss**

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

dieser Höhenresultate bezogen werden können. Eine Uebersichtskarte dieser Arbeiten, die kürzlich in den Fachzeitschriften veröffentlicht wurde, gibt jede gewünschte Auskunft.

Die neue einheitliche Triangulation von Solothurn vermag aber ihre Zweckbestimmung jetzt und namentlich in Zukunft nur zu erfüllen, wenn von Anfang an strenge Maßnahmen zur dauernden Erhaltung der Fixpunkte im Gelände und zu einer sorgfältigen periodischen Revision und Nachführung sämtlicher Resultatwerke getroffen werden. Die erforderlichen Maßnahmen hierzu sind nach geltendem Gesetz durch die Kantone zu treffen.

Die beste Aufsicht und der wirksamste Schutz des neuen Werkes wird jedoch gewährleistet, wenn alle Kreise, Techniker, Förster, Landwirte, Waldarbeiter, Touristen, die in Feld und Wald zu tun haben, die Vermessungspunkte sorgfältig beachten und Gefährdungen und Zerstörungen von solchen dem Kantonsgeometer oder der Landestopographie sofort melden.

*Bern, im Mai 1929.*

*H. Zölly.*

---

## **Le problème de la restitution à l'autographe.**

Par *A. Ansermet*, ing.

Le but de ces quelques notes est de faciliter aux lecteurs de langue française l'étude de la restitution à l'autographe traitée de façon magistrale dans les articles de MM. Bäschlin, Professeur E.T.H., et Berchtold, ingénieur à Heerbrugg<sup>1</sup>. On sait qu'il s'agit, deux photographies d'un même terrain étant données, de restituer de façon aussi complète que possible la partie commune aux deux clichés. Le problème est donc très complexe si l'on veut procéder automatiquement ou tout au moins réduire à un minimum les calculs nécessaires à la mise au point rigoureuse des levers en vue de leur exploitation. Si l'opération a eu lieu au photothéodolite, les conditions de prise de vue seront en général rigoureusement fixées et on disposera souvent d'éléments ou mesures de contrôle. Rappelons, en outre, qu'un examen stéréoscopique rationnel exige aussi des conditions spéciales si l'on veut éviter une grande fatigue de l'organe visuel; certaines régions d'un stéréogramme peuvent révéler des discordances et déformations fâcheuses où la position d'un point est mal déterminée par sa parallaxe stéréoscopique (linéaire ou angulaire). L'observation binoculaire des images devient également pré-

---

<sup>1</sup>) Au cours de cet article nous nous référons à quelques figures du travail de M. Berchtold (No. du 12 mars 1929).

caire si les portions de clichés examinées simultanément sont à une échelle différente; de plus pour réaliser une bonne fusion des images, il faut les redresser, c'est-à-dire les rendre parallèles en chaque point. Un organe correcteur spécial permet d'assurer ce redressement dans les appareils modernes.

Supposons donc un stéréogramme propre à l'observation binoculaire; la restitution comportera deux opérations bien distinctes:

1° *L'orientation relative* des clichés, c'est-à-dire la mise en place à l'autographe des chambres photographiques comme dans l'espace mais à une échelle arbitraire. On reconstitue à cette échelle le terrain photographié qui devient un modèle pour le restituteur.

2° *L'orientation absolue* de ce modèle dans l'espace, soit son rattachement au sol; c'est une simple transformation de coordonnées.

On sait qu'un cliché est orienté par rapport au sol si l'on connaît:

- a) sa position par 3 coordonnées;
- b) l'orientation de l'axe de la chambre (2 angles);
- c) le déversement du cliché dans son propre plan, soit en tout 6 conditions initiales pour chaque cliché.

Désignons par  $P$  un point à restituer,  $p$  et  $p'$  ses images,  $O$  et  $O'$  les centres des objectifs,  $B$  la longueur de la base  $OO'$  dans l'espace,  $b$  cette même base à l'autographe,  $b_x, b_y, b_z$  ses composantes suivant les axes de coordonnées,  $k$  et  $k'$  les déversements respectifs des deux clichés dans leur propre plan; en levés terrestres ces déversements sont en général nuls. L'orientation des axes des chambres est définie en élévation par les angles  $\omega$  et  $\omega'$  ( $\omega - \omega' = \Delta\omega$ ). Les angles  $\omega, \omega'$  sont nuls lorsque les axes sont horizontaux.

Enfin la direction des axes est mesurée par les azimuts  $\varphi$  et  $\varphi'$  ( $\Delta\varphi = \varphi - \varphi' = \gamma =$  convergence); dans le cas normal où les axes sont perpendiculaires à la base on a  $\varphi = \varphi' = 0$ .

Quelles sont les conditions à réaliser pour l'orientation des chambres à l'autographe? Tel est le problème à résoudre. Les images  $p$  et  $p'$  d'un même point  $P$  permettent de reconstituer ce point par l'intersection des rayons  $pO$  et  $p'O'$  (les points nodaux sont supposés confondus); dans les levés au photothéodolite les éléments mesurés à cet instrument permettent de rétablir les circonstances de prise de vue et les visées  $pO$  et  $p'O'$  doivent se recouper. En lever aérien il faut procéder par corrections successives pour réaliser ce recoupement, et reconstituer le terrain photographié ou plutôt son modèle à l'échelle de l'autographe. Le principe à la base de la plupart des appareils de restitution consiste à matérialiser les visées  $PO$  et  $PO'$ .

Les 12 éléments d'orientation des 2 clichés se décomposent comme suit:

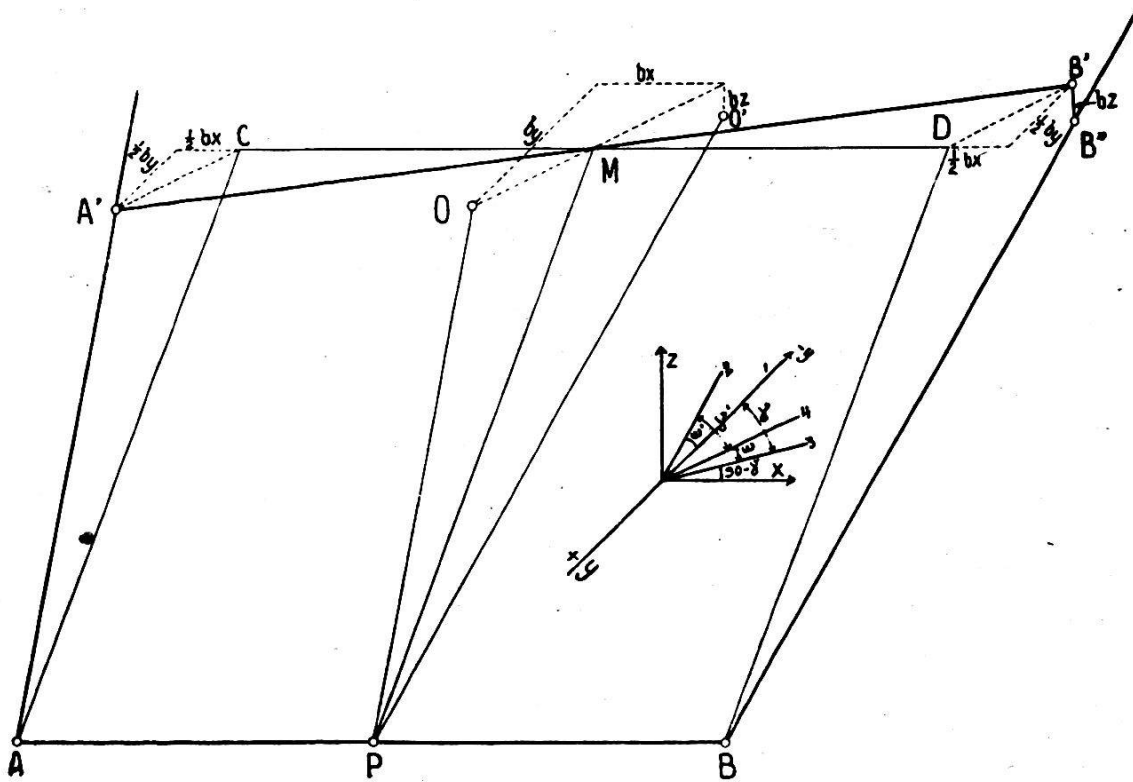
- orientation absolue: 1° translation des axes (3 éléments)
- 2° rotation des axes (3 „ )
- 3° échelle (1 élément)
- soit 7 en totalité.

Les 5 éléments d'orientation relative seront choisis sur les huit:  $\varphi, \gamma, k, k', \omega, \Delta\omega, b_y : b_x$  et  $b_z : b_x$  ce qui laisse beaucoup de latitude au restituteur. Si l'on a opéré au photo-théodolite ces éléments sont en général tous déterminés; s'il s'agit de levés par avion, on peut ou les calculer, ce qui est très long, ou observer binoculairement cinq points  $P_1 P_2 P_3 P_4 P_5$  choisis judicieusement et reconstituer le triangle  $P00'$  pour chacun de ces cinq points.

Au point de vue mathématique l'échelle est un élément d'orientation relative ou absolue.

*Conception géométrique de l'autographe.*

Nous sommes en mesure maintenant d'étudier la conception géométrique de l'autographe; le lecteur est supposé en possession du prospectus de la maison Wild relatif à cet appareil. La Fig. 1 montre



Figur 1.

schématiquement les visées  $OP$  et  $O'P$  et les composantes de la base  $OO'$ , soit  $b_x, b_y, b_z$ . Faisons subir une translation  $AP = PB = MC = MD = \frac{s}{2}$ : les points  $O$  et  $O'$  viennent en  $A'$  et  $B''$ ; or c'est cette nouvelle figure qu'on matérialise. La base est répartie symétriquement à gauche et à droite sauf la composante  $b_z$  qui est mesurée en  $B'B''$ . Les leviers ou guides  $A'A$  et  $B''B$  sont toujours parallèles aux visées de l'espace se recoupant au point  $P$ . En réalité ce point reste fixe et  $M$  se déplace. Les articulations  $A$  et  $B$  coïncident avec l'intersection des axes des chambres.

Si  $b_z = 0$  il y a rigoureusement symétrie par rapport à  $M$ ;  $A'B'$

a reçu le nom de pont de la base ou organe de couplage (Kupplungsglied, Fig. 2 article de M. Berchtold).

$$\text{Posons: } A'MC = B'MD = \beta$$

$$A'C = B'D = \frac{1}{2} b \text{ (pour } b_z = 0)$$

$$MCA' = MDB' = 180^\circ - \varphi. \quad \text{tg } \varphi = b_y : b_x$$

au lieu des composantes  $b_y$   $b_x$  on introduit une base auxiliaire  $b'$  :

$$MA' - MC = MB' - MD = \frac{1}{2} b'.$$

De même l'obliquité auxiliaire  $\beta$  est substitué à  $\varphi$ ;  $b_x$ ,  $b_y$  et  $\varphi$  sont contenus implicitement dans  $b'$  et  $\beta$

$$b \cdot \sin \varphi = (s + b') \sin \beta$$

$$s + b \cos \varphi = (s + b') \cos \beta \quad (s = 200 \text{ mm})$$

Des tabelles ou nomogrammes fournissent instantanément ces valeurs auxiliaires

$\beta$  se mesure à une vis tangente (Verschwenkungstrommel);

$T = K \cdot \text{tg } \beta$  où  $K$  est une constante.

#### *Description sommaire de l'autographe.*

Nous avons vu au paragraphe précédant de quelle manière l'autographe était conçu géométriquement; notons avant de poursuivre que d'autres solutions géométriques du problème sont possibles; en particulier au lieu d'ajouter la composante  $b_x$  on peut la déduire de  $s$ :

$$\text{projection } A'B' = s \pm b_x.$$

La fig. 2 montre qu'un point  $P$  quelconque forme son image en  $p$  sur le cliché et ce point  $p$  est défini par les angles  $\alpha$  (azimutal) et  $\beta$  (de site ou élévation). Le levier  $L$  enregistre automatiquement  $\alpha$  et  $\beta$ , c'est-à-dire joue le rôle de l'axe du théodolite à images Porro-Koppe.

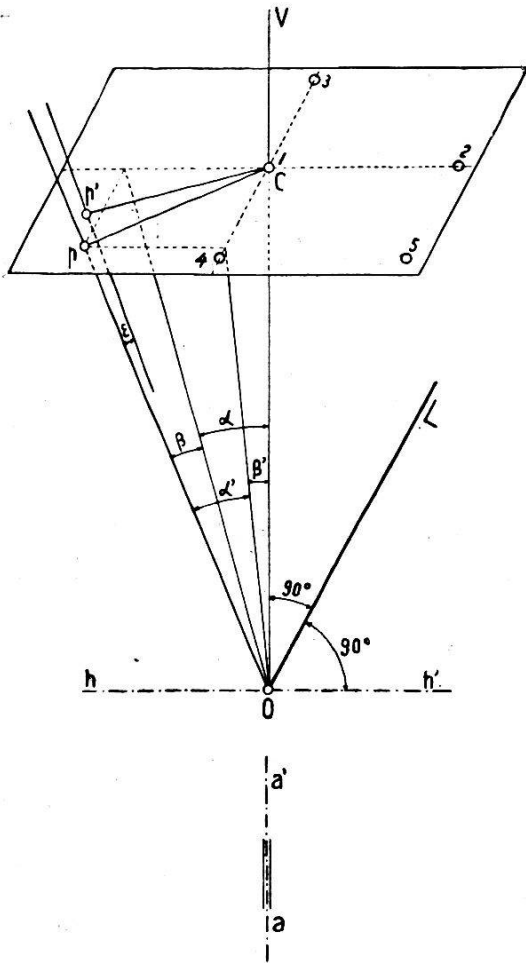
Comment réaliser l'enregistrement automatique de  $\alpha$  et  $\beta$ ? On peut distinguer 3 cas:

- 1° C'est la chambre photographique qui se déplace quand  $\alpha$  et  $\beta$  varient (autographe);
- 2° la chambre reste fixe, les angles étant engendrés à l'extérieur de la chambre;
- 3° système mixte.

Il faut de plus envisager les déplacements linéaires  $x y z$ :

- a) les chambres ne participent pas aux déplacements linéaires;
- b) les chambres participent à tout ou partie de ces déplacements.

A l'autographe les chambres ne participent qu'à des déplacements angulaires et le pont de la base aux déplacements linéaires. Mais ici se présente une première difficulté en ce sens que les chambres n'engendrent pas directement les angles  $\alpha$ ,  $\beta$  mais bien  $\alpha'$   $\beta'$ . En effet soient (fig. 2)  $L$  le levier ou guide qui matérialise la visée de l'espace; ce levier est lié rigidement à la chambre et lui imprime un mouvement de rotation respectivement autour des axes  $0v$ , et  $hh'$ . Le levier est articulé à la cardan en  $A'$  (resp.  $B''$ ) et peut glisser dans



Figur 2.

cette articulation. Dans la position dite « zéro » (tous les tambours à zéro) l'axe de pivotement  $aa'$  de la chambre est vertical et dans le prolongement de  $0v$ . Le berceau mobile (kipbarer Teil) porte l'optique et les chambres; il peut pivoter autour d'un axe horizontal qui coïncide avec  $hh'$  ( $ABB''A'$  est un rectangle). L'axe de pivotement  $aa'$  (vertical pour  $\omega = 0$ ) s'incline de  $\omega$  par rapport à la verticale participant ainsi à la rotation de tout le berceau mobile autour de son axe horizontal; cette inclinaison générale  $\omega$  est commandée par le tambour des inclinaisons (Kippschraube). Sous chaque chambre est un prisme de chambre (Kameraprisma) isocèle à  $45^\circ$  qui agit comme miroir par sa face hypothénuse et coude les visées dans leur trajet entre le cliché et les marques repères. Ce prisme participe au mouvement du levier  $L$  en projection horizontale ( $\alpha$ ) ainsi qu'à l'inclinaison  $\omega$  du berceau; il ne

participe pas à la rotation de la chambre autour de  $hh'$ ; cet axe  $hh'$  est horizontal pour  $\omega = 0$ . Si  $\alpha = 0$ , la visée venant de l'oculaire est réfléchié dans une section normale par rapport au prisme; cette section normale est un plan de symétrie pour un rayon  $p\theta$  quelconque avant et après sa réflexion sur la face hypothénuse.

Il résulte bien de ce qui précède que le levier enregistrera l'angle  $\beta' \neq \beta$  (angle dièdre) et  $\alpha' \neq \alpha$ ; il faut substituer à  $p$  un point fictif  $p'$  pour éliminer cette déformation  $\epsilon = p\theta p'$  (resp.  $\rho = p C p'$ ); le point  $p'$  est déterminé, en permutant  $a$  et  $a'$ ,  $\beta$  et  $\beta'$ .

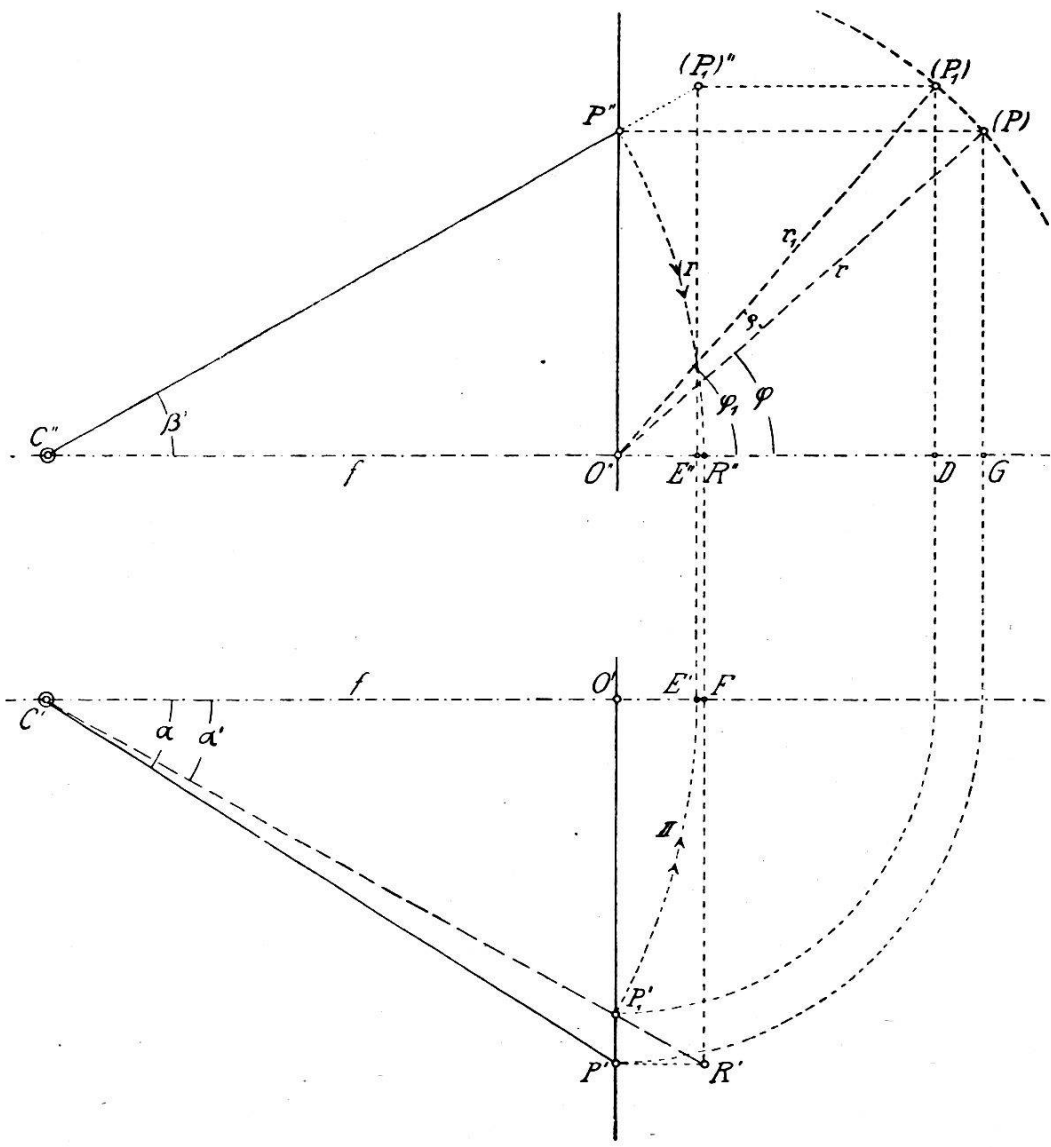
Soient  $x, y$  les coordonnées photographiques de  $p$  et  $x' y'$  celles de  $p'$ ; on obtient successivement:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{y}{\sqrt{x^2 + f^2}} = \frac{y'}{f} \text{ (où } f = 0 C \text{)}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{x}{f} = \frac{x'}{\sqrt{f^2 + y'^2}} \text{ d'où } x^2 + y^2 = x'^2 + y'^2$$

$0p$  et  $0p'$  sont les génératrices d'un même cône de révolution d'axe  $0v$

$$y' = \frac{y f}{\sqrt{x^2 + f^2}} \qquad x' = x \frac{\sqrt{x^2 + y^2 + f^2}}{\sqrt{x^2 + f^2}}$$



$$\cos \epsilon = \frac{x x' + y y' + f^2}{x^2 + y^2 + f^2} \quad 2 \sin^2 \frac{\epsilon}{2} = \frac{x(x-x') + y(y-y')}{x^2 + y^2 + f^2}$$

ou en introduisant  $\alpha$  et  $\beta$ :  $\sin^2 \frac{\epsilon}{2} = 2(1 - \cos \alpha \cos \beta) \left( \sin^2 \frac{\alpha}{2} \sin^2 \frac{\beta}{2} \right)$

expression symétrique par rapport à  $\alpha$  et  $\beta$  ce qui pouvait se présumer.

Exemple:  $x = 60$  mm,  $y = 40$  mm; on trouve pour  $f = 161$  mm

$$x' = 61,61 \text{ mm}, y' = 37,49 \text{ mm} \quad \sqrt{x^2 + y^2} = 72,11 \text{ mm} \quad \frac{\epsilon}{2} = 0^\circ 29' 05''$$

$$\rho = 2^\circ 22' 20''$$

Cette élimination de  $\epsilon$  est une des caractéristiques de l'appareil Wild; un dispositif correcteur très ingénieux assure le redressement des visées et par suite l'orientation correcte du levier  $L$ .

En cas d'inclinaison générale du berceau  $\omega$ , le dispositif correcteur doit y participer également puisque les angles  $\alpha$  et  $\beta$  se mesurent par rapport à l'axe de la chambre prise comme origine.

(à suivre.)

## Noch einmal: Der Plattendrehungswinkel beim Wild-Autographen.

Von Prof. Dr. A. Haerpfer, Deutsche T. H., Prag.

Das Porro-Koppesche Prinzip der Bildausmessung wird bekanntlich beim Wild-Autographen in der Form angewendet, daß die Punkt-einstellung durch allseitige Kammerdrehung erfolgt. Der dabei auftretende Projektionsfehler wird durch eine Drehung der Platte um ihren Hauptpunkt mechanisch behoben. Mit der Ableitung der Formel für den Winkel  $\rho$ , um welchen diese Drehung zu geschehen hat, befaßte sich bereits im Jahre 1927 der Engländer Kenneth Mason.<sup>1</sup> Vor kurzem hat in dieser Zeitschrift<sup>2</sup> Herr Professor Baeschlin eine erschöpfende, analytische Darstellung gegeben.

Will man die Hilfe der darstellenden Geometrie in Anspruch nehmen, so läßt sich die Beweisführung nicht unwesentlich abkürzen.

Sind in der Abbildung  $C$  der bildseitige Hauptpunkt des Kammerobjektivs und  $CO$  die optische Achse der Kammer, so würden zu einem beliebigen Punkt  $P$  der Platte der Horizontalwinkel  $\alpha$  und der in die Abbildung nicht aufgenommene Höhenwinkel  $\beta$  gehören. Das Beobachtungsfernrohr steht fest. Um zu erreichen, daß  $CP$  nach  $CO$  falle, wird zunächst die Kammer um ihre durch  $C$  gehende, horizontale Drehungsachse um den Winkel  $\beta'$  gekippt (Pfeil I). Dadurch gelangt  $P$  nach  $R$ . Der Strahl  $CR$  gehört aber zu einem anderen Punkt  $P_1$  der Platte, dessen Abstand von der Plattenhorizontalen erhalten wird, wenn über  $C'P_1'$  als horizontaler Kathete der Winkel  $\beta'$  bei  $C'$  angetragen wird. Die Konstruktion konnte im Aufriß, der  $\beta'$  enthält, unmittelbar durch-

<sup>1</sup>) The Geographical Journal, 1927, S. 342.

<sup>2</sup>) Jahrgang 1929, Heft 5 und 6.