

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie = Revue technique suisse des mensurations, du génie rural et de la photogrammétrie

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessungswesen und Kulturtechnik = Société suisse de la mensuration et du génie rural

Band: 59 (1961)

Heft: 11

Artikel: Hinweise auf neue Instrumente : zur Entwicklung eines einfachen photogrammetrischen Auswertegerätes

Autor: Kasper, H.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-216921>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 18.01.2026

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

Erdoberfläche bedeckt, an derartigen Beobachtungen sich beteiligen soll. Solange über die internationalen Programme noch wenig Klarheit besteht, verhält sich die Kommission abwartend. Unser Land könnte auf diesem Gebiet jedenfalls nicht Arbeit leisten, der selbständige Bedeutung zukäme.

Als schweizerisches Problem stellt sich einmal die korrekte Ausgleichung des Triangulationsnetzes erster Ordnung. Unser heutiges Netz, das allen praktischen Ansprüchen genügt, ist nicht einwandfrei berechnet, was aus wissenschaftlichen Gründen in nicht zu ferner Zeit getan werden sollte. Doch lohnt sich eine korrekte Berechnung erst dann, wenn wir über weitere Meßergebnisse verfügen. So sollen in den nächsten Jahren noch einige Laplace-Punkte beobachtet werden. Auch erfordert das Problem der Reduktion astronomischer Beobachtungen noch theoretische Studien.

Zweite Aufgabe ist die weitere Untersuchung des Geoids in unserm Land. Bereits sind mit den Profilen und mit dem Netz im Berner Oberland Anfänge gemacht worden. Diese Untersuchungen sollen fortgesetzt werden nach einem Programm, das erlaubt, in etwa zehn Jahren ein vollständiges Bild über das Geoid der Schweiz zu erhalten. Man wird weniger darauf ausgehen, höchste Genauigkeiten zu erzielen, als einen Überblick über das Geoid zu gewinnen.

So wird es auf Jahre hinaus der Schweizerischen Geodätischen Kommission an Arbeit nicht fehlen, und sie kann getrost ins zweite Jahrhundert ihrer Existenz eintreten. Möge auch in Zukunft ein guter Stern über ihrer Tätigkeit walten!

Hinweise auf neue Instrumente

Zur Entwicklung eines einfachen photogrammetrischen Auswertegerätes

Von H. Kasper, Heerbrugg

In der photogrammetrischen Praxis werden vorwiegend drei Arten von Auswertegeräten verwendet:

1. die verschiedenen Typen von Großauswertegeräten auf strenger geometrischer Grundlage. Als strenge geometrische Lösung wird die geometrisch korrekte Umwandlung eines Paares von Zentralperspektiven in eine kotierte Orthogonalprojektion verstanden.
2. Projektionsgeräte wie Kelsh-Plotter, Balplex, Multiplex und
3. verschiedene Kleingeräte mit Näherungs- und Behelfslösungen.

Die genauesten und für die Interpretation des Bildinhaltes zweckmäßigsten Geräte sind die der ersten Gruppe. Allerdings sind sie im Aufbau meist verhältnismäßig kompliziert, dafür aber in verschiedener Hin-

sicht möglichst universell; ihr Anschaffungspreis liegt im Vergleich zu den Geräten der übrigen Gruppen wesentlich höher.

Die Geräte der zweiten Gruppe sind zwar erheblich billiger, haben aber den Nachteil, daß die projizierten Teilbilder auf diffus rückstrahlende Flächen aufgefangen und dort entweder mit Hilfe des Anaglyphenverfahrens oder durch Polarisierung oder mittels Schwingblenden zu Raummodellen vereinigt werden müssen. Die Modellbetrachtung erfolgt in keinem Fall frontal, sondern schräg. Die indirekte Betrachtung des auf einem Schirm aufgefangenen und diffus rückgestrahlten Bildes gestattet es nicht, das Auflösungsvermögen der Aufnahmeoptik voll auszunützen und die Details des Bildinhaltes so sicher zu erkennen und zu interpretieren wie bei den Geräten der ersten Gruppe. Außerdem ist der Tiefenbereich der Scharfabbildung beschränkt.

Die meisten Geräte der dritten Gruppe bewähren sich für die Kartierung nur bei starker Verkleinerung des Aufnahmemaßstabes. Sonst sind sie nur für Geländevorstudien und Näherungskartierungen geeignet, bei denen es weder auf genau passende Anschlüsse zu Nachbarmodellen noch auf die unverfälschte Modellform ankommt. Bei der Kartierung zusammenhängender größerer Flächen muß mit verschiedenen ausgleichenden Hilfsmitteln und Tricks gearbeitet werden, damit man Resultate erzielt, die wenigstens ungefähr an die mit den Großgeräten erreichbaren herankommen. Diese Aufgabe erfordert höher qualifiziertes Personal, das in der Lage ist, die zu erwartenden Modelldeformationen richtig zu beurteilen. Es gibt kaum ein Kleingerät, das in einem photogrammetrischen Betrieb nicht in die Ecke gestellt wird und unbenutzt dasteht, wenn man intensiv und wirtschaftlich zu arbeiten hat und Großgeräte zu verwenden beginnt.

Und doch sind die bestehenden Großgeräte für manche Aufgaben noch immer nicht genug wirtschaftlich; deshalb bleibt der Wunschtraum des Photogrammeters, kleinere und billigere Geräte zu besitzen, die aber trotzdem auf einer strengen geometrischen Lösung der photogrammetrischen Hauptaufgabe beruhen und die Auswertung von Senkrechtaufnahmen mit Nadirdistanzen bis etwa 5° gestatten. Natürlich ist es nicht möglich, *alle* diesbezüglichen Wünsche des Photogrammeters in *einem* Gerät zu erfüllen. Man wird also kaum ein Gerät konstruieren können, das nicht viel größer als ein Hilfsgerät dritter Ordnung ist, dabei den strengen geometrischen Aufbau eines Gerätes zweiter Ordnung aufweist und die Genauigkeitsansprüche wie ein Gerät erster Ordnung befriedigt, außerdem dessen Vergrößerungsmöglichkeiten im Betrachtungssystem und Kartiermaßstab bietet, aber trotzdem nur so viel oder – besser gesagt – so wenig kostet wie ein Gerät 3. Ordnung.

Wenn man aber die Wünsche des Praktikers genauer analysiert und auf das wirklich Notwendigste beschränkt, wenn man ferner die räumlichen, mit einfachsten Mitteln erzielbaren Auswertemöglichkeiten eingehend untersucht und sich bemüht, alle Nachteile der bisherigen Groß- und Kleingeräte zu vermeiden und möglichst viele Vorteile beibehält, so kann man sich an die Ideallösung eines exakten Kleinauswertegerätes

doch recht nahe heranpirschen. Man muß nur versuchen, möglichst *einfach* im ausschließlichen Interesse des Praktikers zu denken, verschiedene Konzessionen machen, überall vernunftbedingte Grenzen ziehen, allen überflüssigen Komfort weglassen, aber konsequent an der strengen geometrischen Lösung festhalten.

Welches sind die Vorteile, die man bei einem photogrammetrischen Auswertegerät nicht missen möchte?

1. Die direkte *frontale Bildbetrachtung* der nicht verkleinerten Originale der Luftaufnahmen oder ihrer Diapositive.
2. Die optimale Betrachtungsvergrößerung durch ein optisches System mit großem Gesichtsfeld, großer Austrittspupille, verstellbarem Augenabstand und Schielfehlerkorrektur.
3. Um einen möglichst weiten Anwendungsbereich auch für *weniger geübtes* Personal zu sichern, *Freihandführung* der Meßmarke.
4. Einführung einer strengen geometrischen Lösung nicht nur mit Rücksicht auf den Strahlenschnitt, sondern in bezug auf sämtliche Freiheitsgrade für Kantung, Kippung und Querneigung der einzelnen Bilder mit der Möglichkeit der Maßstabsänderung in einem bestimmten Bereich und Längsneigung der Basis und Querneigung des Modells für die vollständige gegenseitige und absolute Orientierung nach dem gleichen Verfahren wie bei den Großauswertegeräten 1. und 2. Ordnung.
5. Direkte Ablesemöglichkeit der Geländehöhen im metrischen oder Fußsystem.
6. Die Kompensation der Restverzeichnung des Aufnahmeobjektivs, eventuell auch der Erdkrümmung.
7. Die Verwendbarkeit des Gerätes zur Auswertung von Senkrechtaufnahmen bis 5° Nadirdistanz für die gebräuchlichsten Brennweiten und Formate der Aufnahmekammern, heute also für Öffnungswinkel bis 120° .
8. Direkte Vergrößerungsmöglichkeit des Modellmaßstabes von Weitwinkelaufnahmen auf den doppelten Bildmaßstab im Gerät mit einer darüber hinausgehenden Toleranz von mindestens 5 % der Flughöhe über Grund.
(Diese Berechnung des Vergrößerungsbereichs entspricht der durch die Armlänge des Operators bedingten Freihandführung der Meßmarke bzw. des Zeichenstiftes.)
9. Die Möglichkeit des Anhängens eines Pantographen für die Vergrößerung des Kartierungsmaßstabes etwa auf das zwei- bis zweieinhalbfache des Modellmaßstabes.
10. Möglichste Beschränkung der Dimensionen des Gerätes, aber trotzdem hohe Stabilität und Genauigkeit, sowie einfachste Justierbedingungen.
11. Bequeme Arbeit in sitzender Stellung bei festem Okulareinblick.
12. Möglichkeit, in hell beleuchteten Arbeitsräumen auszuwerten.

Es wird kaum einen Praktiker geben, der bestreiten würde, daß eine der angegebenen Forderungen nicht notwendig oder wünschbar sei. Es wird aber auch kaum einen Photogrammeter geben, der auf irgendeine der angegebenen Forderungen leichten Herzens verzichten würde.

Wenn es gelingt, ein relativ billiges Gerät mit den angeführten Eigenschaften zu bauen, so ist es für viele Aufgaben das photogrammetrische Auswertegerät schlechthin. Es lohnt sich also, ein solches Gerät zu entwickeln.

Wenn man die 12 Forderungen in ihrer Gesamtheit sachlich und unkompliziert betrachtet, kann man das gewünschte vereinfachte photogrammetrische Auswertegerät Zug um Zug vor sich entstehen lassen.

Stellen wir uns nun die Aufgabe, dieses Gerät zu entwickeln! Zunächst sind einige zahlenmäßige Festlegungen zu treffen; wir wollen wünschen, daß das Gerät für die Auswertung von Weitwinkelaufnahmen der gebräuchlichsten Fliegerkamern mit dem Bildformat $9'' \times 9''$ ($23 \times 23 \text{ cm}$) und der Brennweite $f = 6'' = 152 \text{ mm}$, mit der Toleranz $\pm 3 \text{ mm}$, sowie für die Ausmessung von Überweitwinkelaufnahmen im gleichen Bildformat und einer Brennweite von $88 \pm 3 \text{ mm}$ verwendet werden soll. Bei diesen Grenzbereichen wäre auch die Möglichkeit gegeben, z. B. Aufnahmen mit Brennweiten von 115 und 100 mm auszuwerten.

Abb. 1 zeigt den Aufnahmevorgang: Zwei Kamern im Abstand der Basis B ; ein Geländepunkt P wird durch die eingezeichneten Strahlen in den Punkten P_1 und P_2 abgebildet. Der Umkehrvorgang (Abb. 2) ergibt aus den Punkten P_1 und P_2 bei gleicher Lage der Kamern die Rekonstruktion des Geländepunktes P in einem im Verhältnis der Aufnahmebasis B zur Auswertebasis b verkleinerten Modell durch einfachen Strahlenschnitt. Die Zeichnung ist so angelegt, daß der Geländepunkt bzw. der Modellpunkt bei der Rekonstruktion etwa dem doppelten Brennweitenabstand entspricht.

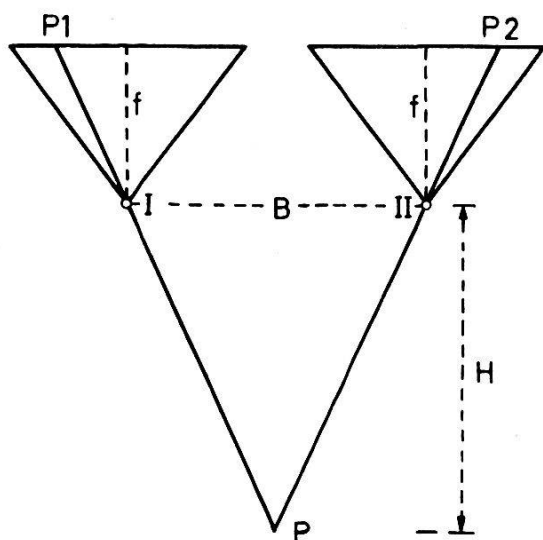


Abb. 1

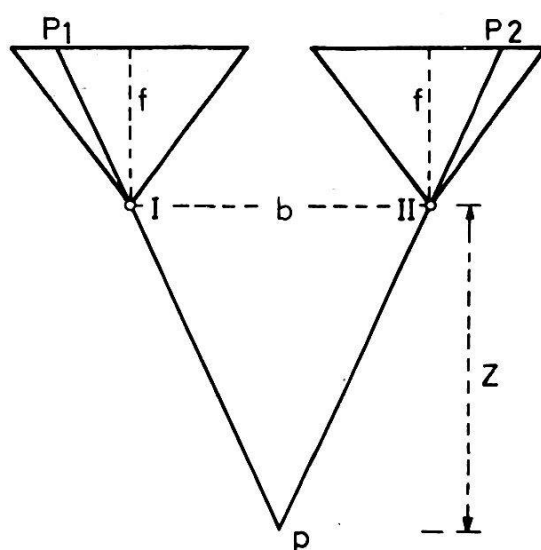


Abb. 2

Stellt man, wie Abb. 3 zeigt, die Rekonstruktion aus der Diapositivlage statt der üblichen Negativlage her, so sieht man, daß sich diese Auswertedisposition, wenn sie in einem Gerät ausführbar ist, auf dessen Größe günstig auswirken wird.

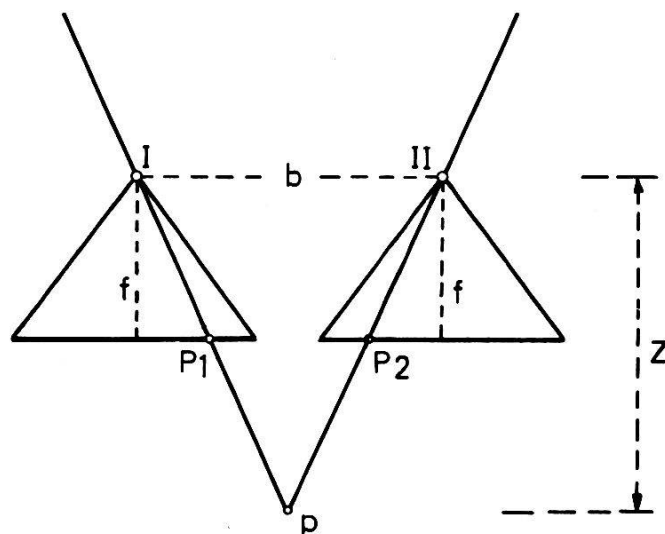


Abb. 3

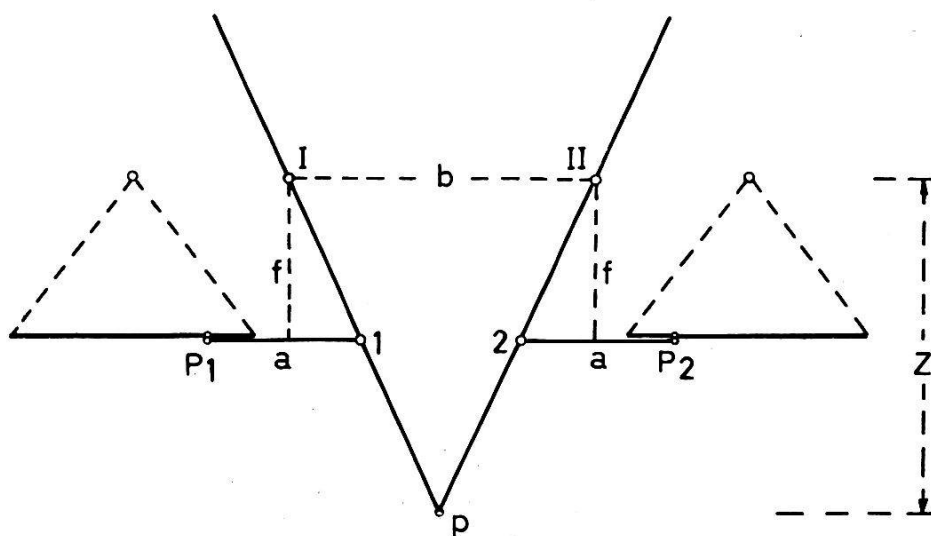


Abb. 4

Wir haben frontale Bildbetrachtung verlangt; sie ist von vorneherein erfüllt, wenn man eine Lösung mit mechanischen Raumlenkern wählt. Auch auf deren Länge wirkt sich die Diapositivlage sehr günstig aus. Die Raumlenker gehen durch die festen Basisendpunkte und schneiden sich im jeweiligen Geländepunkt. Damit die Raumlenker frei bewegt werden können, müssen die Diapositivplatten seitlich versetzt werden. Geschieht dies z. B. um einen Abstand a nach links und rechts, wie Abb. 4 zeigt, so muß zum Abtasten des Bildes an die Raumlenker je ein Fahrarm angebracht werden, der sich zur Versetzungsrichtung des zugehörigen Bildes dauernd parallel zu bewegen hat.

Um an den Enden der Fahrarme Betrachtungsobjektive ansetzen zu können, müssen die Bilder außerdem noch der Höhe nach in die Schärfenebene der Betrachtungsobjektive verschoben werden. Dies zeigt Abb. 5. Zweckmäßigerweise wird man die Meßmarken unmittelbar in die Betrachtungsobjektive einbauen, so daß sie sich stets in konstantem Abstand von der Bildebene bewegen und die Fehlermöglichkeiten zwischen der Vereinigung von Bild und Marke daher auf ein Minimum reduziert sind. Notwendigerweise werden sich die Fahrarme von konstanter Länge also in einer Ebene zu bewegen haben, die von den Projektionszentren, das sind die Basisendpunkte *I* und *II*, den Normalabstand *f* als Auswertebrenn-

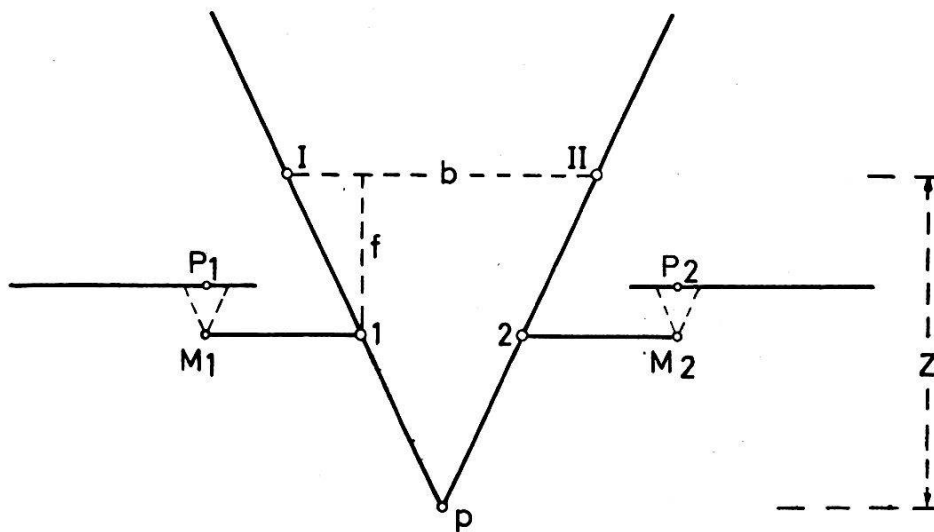


Abb. 5

weite haben. Die Parallelführung der Fahrarme ist durch ein Parallelschlittensystem zu steuern. Die Diapositivträger werden, wie es Abb. 5 zeigt, von oben her durch Lämpchen mit Reflektoren beleuchtet. Die Helligkeit soll durch Widerstände regulierbar sein.

Die beiden Teilbilder, die durch die Betrachtungsobjektive in den Markenebenen entstehen, sind über zwei optische Kardans und – mit Rücksicht auf wegzustellende Querneigungsdifferenzen – durch verstellbare Doveprismen ergänzte optische Systeme zu den Betrachtungsokularen zu leiten. Als optimal ist eine 6fache Vergrößerung anzusehen, wie durch Versuche festgestellt wurde.

Als Bildträger, die ein Zentrierkreuz tragen müssen, dienen entweder planparallele Glasplatten oder Kompensationskassetten.

Ihre Freiheitsgrade sind Kantung, Längsneigung und Querneigung, wobei man beidseitig κ auf $\pm 10^\circ$, φ und ω auf $\pm 5^\circ$ beschränken kann. Um sowohl Weitwinkel- als auch Überweitwinkelaufnahmen von 50%iger bis 82%iger Überdeckung auswerten zu können, muß die Basis etwa im Bereich 60 bis 260 mm verstellbar sein. Für die einfache absolute Orientierung auf empirischem Weg empfiehlt es sich, die Basis um ihren Mittelpunkt längsneigbar anzuordnen, wobei der Bereich $\pm 5^\circ$ betragen soll.

Damit der Höhenbereich möglichst ausgenutzt werden kann, auch wenn das Basisverhältnis bei 80%iger Überdeckung sein Minimum erreicht, ist es zweckmäßig, die Lenker im Lenkerfuß nicht unmittelbar zum Schnitt zu bringen, sondern eine kleine Hilfsbasis von wenigen Millimetern einzuführen und jeden Lenker für sich in einem gemeinsamen Scharnier des Lenkerfußes zu lagern. Natürlich muß bei der Einführung

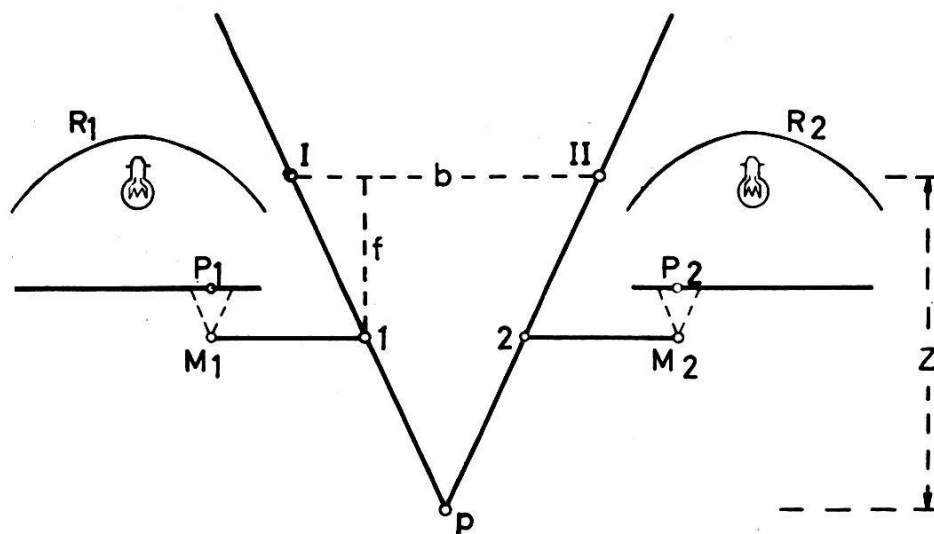


Abb. 6

Damit die Hilfsbasis Δb stets parallel zur Hauptbasis bleibt und der Zeichenstift sich ebenfalls stets parallel zum Zentrum des Lenkerfußes bewegt, wird dieser an eine am Rückteil des Gerätes befestigte Parallelführung angeschlossen.

Bei der Konstruktion muß nur darauf geachtet werden, daß alle Handgriffe für die Betätigung der Orientierungselemente vom Sitz des Beobachters aus bequem zugänglich sind, während er das Modellbild in den Okularen betrachtet.

Das wäre im Prinzip der Aufbau des Gerätes nach den vorhin genannten Forderungen. Es sollte auf einem normalen Schreibtisch Platz haben. Natürlich ist es kaum möglich, die Dimensionen bei einer Raumlösung noch viel weiter zu reduzieren, denn das Bildformat und die unmittelbare zweifache Modellvergrößerung schreiben die Minimalgröße vor.

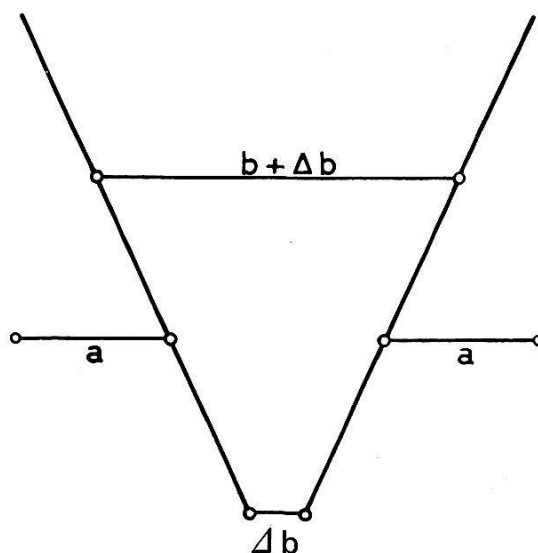


Abb. 7

Um einen Pantographen für die zusätzliche Vergrößerung des Kartiermaßstabes verwenden zu können, ist es zweckmäßig, nicht die gesamte Grundplatte des Gerätes unmittelbar zu vergrößern, sondern an diese nur einen leichten Zeichentisch anzuklemmen.

Welches sind die Justierbedingungen für das soeben entworfene Gerät?

Horizontiert man die Tischplatte und die Bildträger und stellt nacheinander je einen der Lenker genau lotrecht, so muß die Abbildung der entsprechenden Meßmarke genau im zentralen Justierkreuz des zugehörigen Bildträgers erscheinen. Die Justierung ist also sehr einfach.

Ein prinzipieller Punkt für die Gerätegenauigkeit wurde bisher noch nicht erwähnt; er ergibt sich unmittelbar aus den Abbildungen 4 und 5. Nehmen wir der Einfachheit halber an, daß die beiden Diapositivebenen genau horizontal und parallel zur Tischebene liegen. Wenn man in dieser Stellung den Lenkerfuß bewegt, so beschreiben die Meßmarken beim Abtasten eines Modells genau eine Höhengichtlinie. Abb. 7 zeigt, daß für alle Lagen des Lenkerfußes in gleicher Geländehöhe der Markenabstand konstant sein muß; er entspricht der jeweiligen Horizontalparallaxe, durch deren Konstanz die Höhengichtlinie definiert ist. Die Lösung mit den parallelgeführten Führungsarmen von starrer Länge stellt diese notwendige Konstanz der Horizontalparallaxe mit höchster erreichbarer

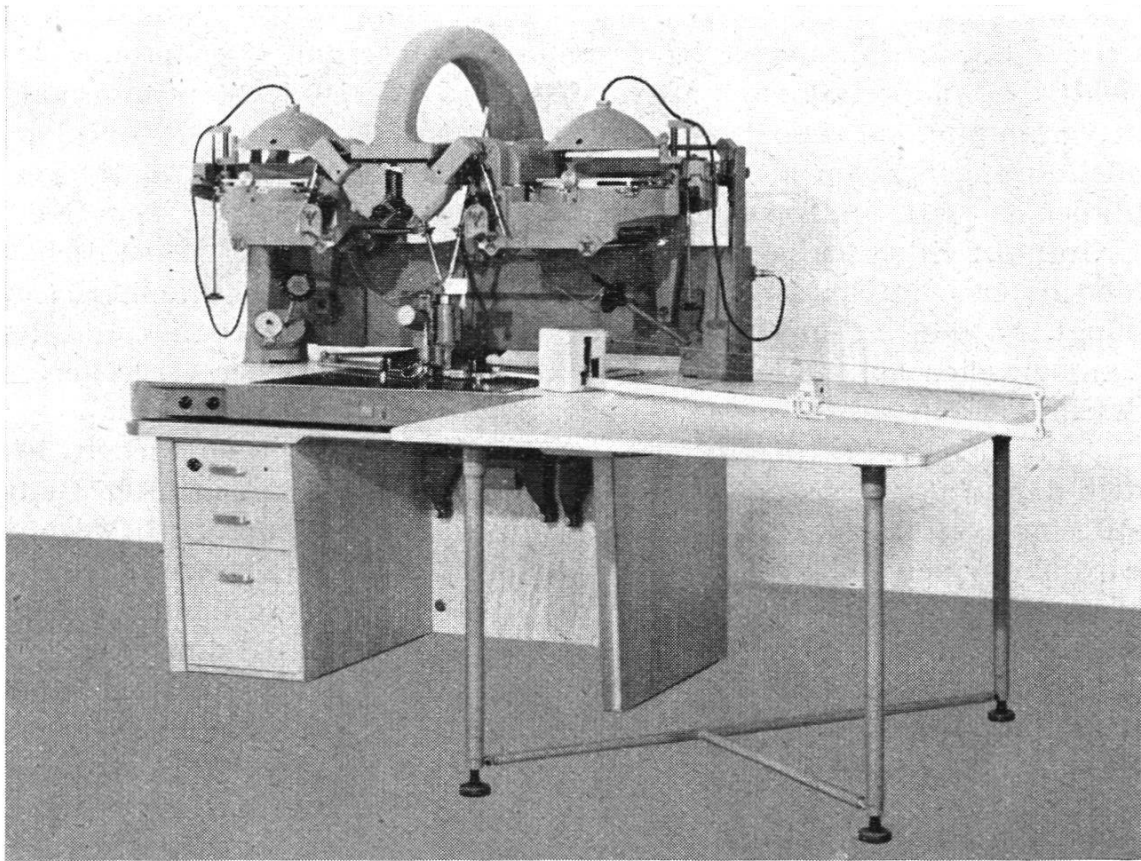


Abb. 8

Genauigkeit sicher – und dies sogar, wenn die Parallelführung der Trägerarme ein Spiel aufweisen sollte, denn ein Winkelfehler in der Parallelführung würde sich nur mit seinem Cosinus auswirken, also im praktischen Fall die Horizontalparallaxe überhaupt nicht beeinflussen. Dieser Umstand sichert von vornherein eine extreme Höhengenaugkeit mit der denkbar einfachsten Konzeption.

Wertet man das Gerät nun kritisch, so könnte man sich fragen, ob irgendwo anstelle eines Orientierungselementes oder des Lenkersystems mit den Führungsarmen ein Näherungs- oder Behelfsgetriebe, eine Nachlaufsteuerung oder irgendeine indirekte Lösung oder ähnliches gewählt werden sollte. Man gelangt jedoch zu dem eindeutigen Ergebnis, daß jede Änderung nur eine Komplikation oder eine Fehlerquelle bedeuten könnte. Die einfachste geometrisch richtige Lösung ist auch die beste, wirtschaftlichste und sicherste.

Damit das Gerät für die beiden Brennweiten von 152 und 88 mm verwendbar ist, braucht es nur austauschbare mechanische Zwischenstücke, die den Brennweitenabstand von der Basis regulieren, und eine Verstellbarkeit der Reflektoren in der Höhe.

Nach den hier angegebenen Richtlinien wurde in Heerbrugg ein Kartiergerät entwickelt und gebaut; es ist der Aviograph WILD B8 (Abb. 8). Bereits die ersten Erfahrungen mit diesem Gerät zeigen, daß die eingangs erwähnten Forderungen des Photogrameters erfüllt werden konnten

und die erzielte Genauigkeit bei der Auswertung von Weitwinkel- und Überweitwinkelaufnahmen den gestellten Anforderungen entspricht. Das richtige Grundprinzip des starren Abstandes der Meßmarke vom Lenker in Verbindung mit sauber ausgeführten mechanischen Kardans und Parallelführungen sowie die hohe Ebenheitstoleranz der Granitplatte verbürgen eine gute relative Höhengenaugkeit, die nahezu etwa einem Gerät 1. Ordnung entspricht. Ebenso ist die Lagegenauigkeit im mechanischen Modell für jede Kartierung weit innerhalb der Zeichengenaugkeit; es hängt nur von der mechanischen Stabilität des Zeichentisches und des Pantographen ab, die hohe Lagegenauigkeit auch auf der vergrößerten Zeichnung voll ausnützen zu können.

Für den B8 wurde ein besonderer Stabpantograph entwickelt, bei dem darauf gesehen wurde, trotz starker Vergrößerung den toten Gang auf einem erträglichen Minimum zu halten. Die Zeichenstiftbewegung wird über einen Räderkasten gesteuert, der mit Zahnradsätzen für feste Vergrößerungsverhältnisse ausgerüstet ist. Die Kartiergenauigkeit liegt auch am Armende in ungünstigster Stellung bei etwa 0,3 mm.

Man darf annehmen, daß der Aviograph WILD B8, – wie bei seiner Konstruktion gefordert – tatsächlich dem Gerät nahek kommt, das dem Photogrammeter bei der Forderung nach einfacheren und billigeren, aber trotzdem verlässlichen und genauen Kartiermöglichkeiten vorschwebt.

(Heerbrugg, im März 1961.)

Ein neuartiger Reduktionstachymeter DK-RV für vertikale Meßlatte

Im Gelände mit starker Bodenbedeckung, wie zum Beispiel in Wäldern und dicht bebauten, engen Siedlungen, ist es oft schwierig, mit der horizontalen Meßlatte freie Sicht für die Messung zu erhalten. Hier eignet sich die vertikale Latte besser, da sie viel eher ein ungehindertes Arbeiten ermöglicht. Bei Verwendung der bisher bekannten Instrumente für vertikale Latte läßt sich aber die gewünschte Genauigkeit oft nicht erreichen.

Hier springt der neue Doppelkreis-Reduktionstachymeter für vertikale Latte DK-RV in die Lücke. Mit seinem neuartigen Ablesesystem, das als Meß- und Ablesestriche drei Geraden aufweist, läßt sich ein mittlerer Fehler von ± 3 bis 5 cm auf 100 m erreichen. Die Genauigkeitssteigerung ist beträchtlich, beträgt doch mit den bisherigen Instrumenten für vertikale Latte der mittlere Fehler ± 10 cm/100 m.

Abbildung 2 zeigt das Fernrohrgesichtsfeld mit dem Bild der Latten- teilung, dem horizontalen und schiefen Meßstrich und dem vertikalen Ablesestrich. Die Latte ist mit einer Keilmarke als feste Einstellmarke versehen, auf die der horizontale Strich mit der Höhenfeinstellschraube eingestellt wird. Am linken Lattenrand sind Kreismarken angebracht. Die Zielung mit dem schiefen Strich auf diese Kreismarken geschieht mit der Seitenfeinstellschraube. Abbildung 2 zeigt das Fernrohrbild, nach-