

Paper-ID: VGI\_193515



## Über die Anwendung der Photogrammetrie auf Katastervermessungen

Walther <sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Oberregierungsbaurat, Karlsruhe*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **33** (6), S. 133–141

1935

Bib<sub>T</sub>E<sub>X</sub>:

```
@ARTICLE{Walther_VGI_193515,  
  Title =  {\U}ber die Anwendung der Photogrammetrie auf Katastervermessungen},  
  Author = {Walther, },  
  Journal =  {\O}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessungswesen},  
  Pages = {133--141},  
  Number = {6},  
  Year = {1935},  
  Volume = {33}  
}
```



# ÖSTERREICHISCHE ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN

ORGAN

des

ÖSTERREICHISCHEN VEREINS FÜR VERMESSUNGSWESEN.

Redaktion:

Hofrat Prof. Dr. Dr. Dr. h. c. E. Doležal und o. ö. Professor Ing. Dr. H. Rohrer.

---

Nr. 6. Baden bei Wien, im Dezember 1935. XXXIII. Jahrg.

---

## Über die Anwendung der Photogrammetrie auf Katastervermessungen.

Von Oberregierungsbaurat Dr.-Ing. W a l t h e r, Karlsruhe.

Die Erkenntnis der Tatsache, daß die bisherigen Methoden der Katastervermessung die vorliegenden Aufgaben in absehbarer Zeit nicht bewältigen können, weil die Mittel hierfür nicht aufzubringen sind, führt auf den Gedanken,



Abb. 1.

andere Methoden anzuwenden, die rascher zum Ziele führen und einen geringeren Kostenaufwand verursachen. So eröffnet die Photogrammetrie, insbesondere die Luftphotogrammetrie, ganz neue Möglichkeiten in wirtschaftlicher Hinsicht. Inwieweit die Photogrammetrie Anwendung finden kann, hängt nun von den Genauigkeitsansprüchen ab. Die Frage, welche Genauigkeit man tatsächlich benötigt, ist allerdings noch nicht genügend geklärt, auch sind die Anforderungen nicht überall dieselben. Jedenfalls wird es von Interesse sein, anhand

von Versuchsmessungen zu zeigen, welchen Genauigkeitsansprüchen beim photogrammetrischen Verfahren unter bestimmten Aufnahmebedingungen praktisch genügt werden kann. Im folgenden soll daher kurz über die Ergebnisse einer Versuchsaufnahme, die im Jahre 1932 durchgeführt wurde, berichtet werden.

Das Versuchsfeld (Abb. 1), welches annähernd eben und horizontal war und eine den unbereinigten Feldlagen der badischen Rheinebene entsprechende Parzellierung mit rund 45 Grenzsteinen pro Hektar aufwies, wurde von künstlich erhöhten Standpunkten aus stereophotographisch erfaßt. Die Aufnahme-

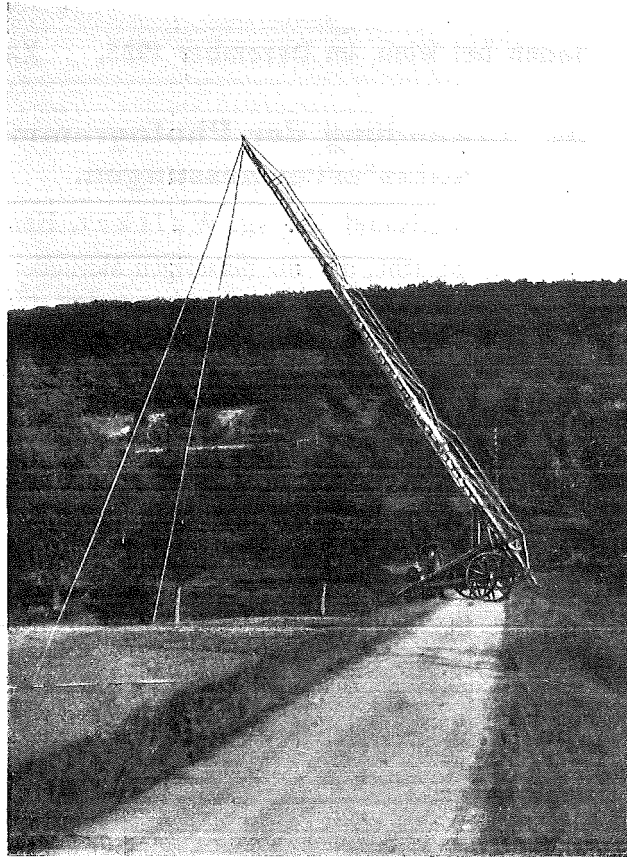


Abb. 2.

kammer, der Zeiss'sche Phototheodolit 3 b, wurde hierbei auf einer ausziehbaren Leiter (Feuerwehleiter) von 15 m Höhe, die durch Haltetaue verspannt war, montiert (vgl. Abb. 2 und 3), d. h. in eine besondere Messingplatte eingebaut, die am oberen Ende der Leiter angeschraubt wurde. Mit Hilfe eines Auslösehebels konnte der (untere) Objektivverschluß (Klappverschluß) mittels einer 15 m langen Schnur von der Erde aus betätigt werden.

Bei dem präzisen Bewegungsmechanismus der von der Feuerwehrgerätefabrik Metz, Karlsruhe, erbauten Leiter ließ sich die gewünschte Neigung und Kantung auf wenige Grad genau herstellen. Die Verschwenkung wurde durch

Drehen der Räder bewerkstelligt. Die Leiter, die ein Gewicht von ca. 800 kg hatte, konnte bei trockenem Wetter leicht über die gepflügten Felder bewegt werden.

Nach Andeutung in Abbildung 4 wurden Konvergenzaufnahmen durchgeführt, wobei der Abstand des Konvergenzpunktes von der ca. 150 m langen Aufnahmestandlinie rund 300 m betrug. Die zu bestimmenden Punkte waren durch besondere Holzböcke mit weißen Pappscheiben signalisiert; einschließlich der Paßpunkte waren 31 Grenzsteine mit Signalen versehen. Die Mindest- und Höchstentfernungen betragen 200 bzw. 400 m. Das Basisverhältnis lag somit zwischen

$$\frac{150}{200} = \frac{1}{1.25} \quad \text{und} \quad \frac{150}{400} = \frac{1}{2.67}$$

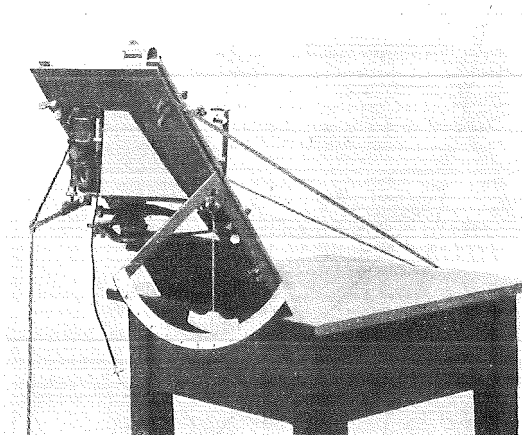


Abb. 3.

Die Verschwenkung der Aufnahmekammer wurde in *A* zu  $\varphi_1 = +14^g$  und auf *B* zu  $\varphi_2 = -19^g$  ermittelt. Die Neigung und Verkantung wurde näherungsweise an einer an der Kammer angebrachten Pendelvorrichtung mittels Fernrohr abgelesen. Auf Standpunkt *A* ergab sich für die Neigung  $-11.6^g$ , auf *B*  $-11.4^g$  (nach oben gekippt), für die Kantung fand sich  $-0.1^g$  bzw.  $-1.1^g$ .

Als Aufnahmematerial wurden Topoplatten von Perutz verwendet (Zeitaufnahmen). Um von etwaigen durch Windeinflüsse bedingten Schwankungen der Leiter völlig unabhängig zu sein, müßten Momentaufnahmen durchgeführt werden, wobei jedoch mit Rücksicht auf das kleine Öffnungsverhältnis der Aufnahmekammer (feste Blende 1:25) Platten hoher Empfindlichkeit erforderlich werden.

Die Aufnahmerichtungen waren mit der Genauigkeit bekannt, mit welcher die Leiter in die Richtung auf den Konvergenzpunkt (*K*) gedreht und die Ablotung des Objektivs erfolgen konnte, das ist ungefähr auf  $1^g$  bis  $2^g$ , während die Unsicherheit der Neigungs- und Kantungsbestimmung nur auf etwa  $0.2^g$  bis  $0.3^g$  zu schätzen ist. Bei der Auswertung am Zeiss-Stereoplanigraphen (Modell C/3) wurde die ermittelte Kippung, Kantung und Verschwenkung an

den entsprechenden Projektionskammern eingestellt und ein Maschinenmaßstab 1:1000 zu Grunde gelegt. Nachdem die restlichen Fehler der gegenseitigen Orientierung beseitigt und somit ein parallaxenfreies Raummodell gewonnen war, wurde die absolute Orientierung und der Maßstab des Raummodells auf

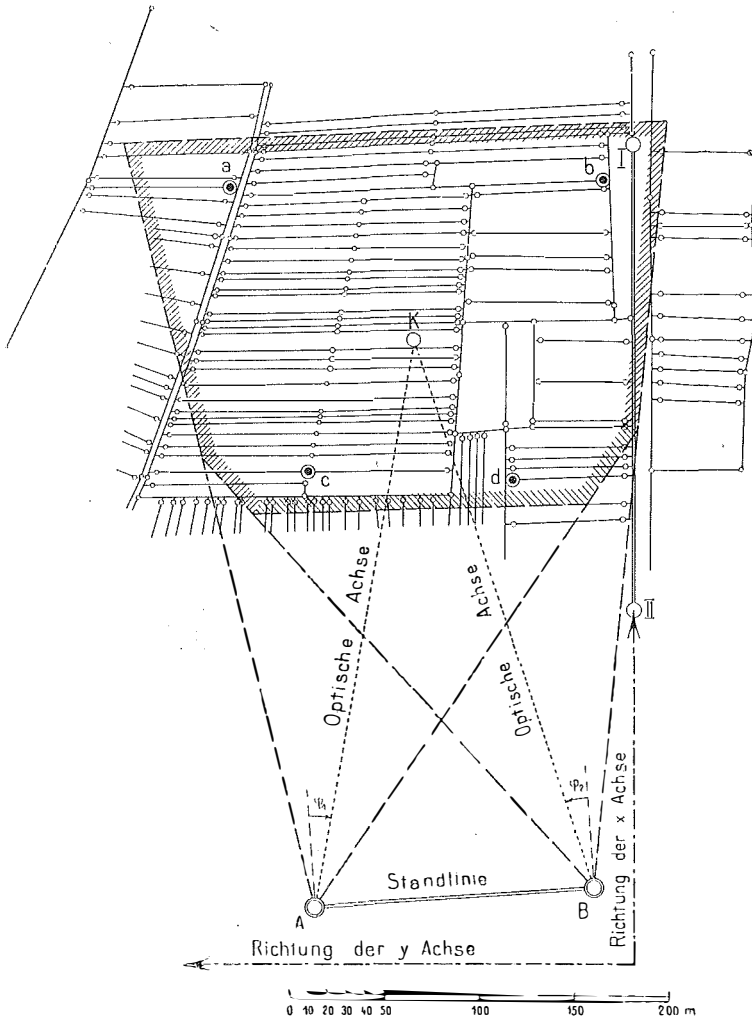


Abb. 4.

A-B = Standlinie für die photogrammetrische Aufnahme.

I-II = Standlinie für die trigonometrische Bestimmung der signalisierten Grenzpunkte.

Grund von vier Paßpunkten (Abb. 4, a, b, c, d) solange verbessert, bis die aus den photogrammetrischen Koordinaten — die an den Zählwerken des Stereoplanigraphen abgelesen wurden — errechneten Entfernungen mit den Soll-Entfernungen, die sich aus den entsprechenden trigonometrisch bestimmten Punkten ergaben, innerhalb der unvermeidlichen Fehler übereinstimmten. Hierauf erfolgte die Koordinatenbestimmung aller übrigen Punkte, indem jeder

Punkt in beiden Koordinatenrichtungen je viermal eingestellt und die bezüglichen Ablesungen zu einem Mittel vereinigt wurden. Die Transformation der Gerätekoordinaten in das System der trigonometrisch bestimmten Punkte (Landessystem) führte zu folgendem Ergebnis:

Tabelle I.

Punkt Nr.	I Landeskoordinaten		II Photogrammetrische Koordinaten ins Landessystem transformiert		I minus II		$\Delta x^2$	$\Delta y^2$
	x	y	x	y	$\Delta x$	$\Delta y$		
	m		m		cm	cm		
	+	+	+	+				
1	190·30	208·39	190·27	208·33	+ 3	+ 6	9	36
2	190·23	194·97	190·17	194·90	+ 6	+ 7	36	49
3	189·96	180·40	189·99	180·28	- 3	+ 12	9	144
4	189·91	172·68	189·98	172·55	- 7	+ 13	49	169
5	189·76	164·87	189·76	164·72	0	+ 15	0	225
6	189·72	161·79	189·72	161·63	0	+ 16	0	256
7	189·72	154·12	189·77	154·01	- 5	+ 11	25	121
8	189·56	146·69	189·58	146·55	- 2	+ 14	4	196
9	189·51	136·08	189·47	136·00	+ 4	+ 8	16	64
10	189·35	131·16	189·33	131·02	+ 2	+ 14	4	196
11	189·19	122·70	189·21	122·60	- 2	+ 10	4	100
12	188·93	106·62	188·97	106·47	- 4	+ 15	16	225
13	184·35	97·58	184·34	97·51	+ 1	+ 7	1	49
14	164·49	65·31	164·54	65·38	- 5	- 7	25	49
15	170·45	65·31	170·48	65·36	- 3	- 5	9	25
16	144·59	55·14	144·61	55·22	- 2	- 8	4	64
17	19·10	59·62	18·92	59·63	+ 18	- 1	324	1
18	146·21	69·88	146·15	69·87	+ 6	+ 1	36	1
19	153·06	79·64	153·12	79·70	- 6	- 6	36	36
20	150·78	98·85	150·80	98·89	- 2	- 4	4	16
21	138·52	97·89	138·61	97·98	- 9	- 9	81	81
22	20·46	87·32	20·62	87·51	- 16	- 19	256	361
23	4·22	146·64	4·43	146·65	- 21	- 1	441	1
24	102·45	127·08	102·61	126·99	- 14	+ 9	146	81
25	109·58	205·68	109·58	205·68	0	0	0	0
26	132·26	97·52	132·34	97·59	- 8	- 7	64	49
27	124·09	96·97	124·02	97·13	+ 7	- 16	49	256
							1638	2851

Für die mittleren Koordinatenfehler findet man

$$m_x = \pm \sqrt{\frac{1638}{27}} = \pm 8.2 \text{ cm}$$

$$m_y = \pm \sqrt{\frac{2851}{27}} = \pm 10.3 \text{ cm}$$

woraus man den linearen Schlußfehler

$$m_s = \sqrt{m_x^2 + m_y^2} = \pm 13.1 \text{ cm} \text{ erhält.}$$

Eine zweite unabhängige Einpassung und Auswertung der Photogramme führte auf die mittleren Fehler

$$\begin{aligned}m_x &= \pm 7.6 \text{ cm} \\m_y &= \pm 8.3 \text{ cm} \\m_s &= \pm 11.4 \text{ cm}\end{aligned}$$

Im Durchschnitt wäre daher mit Fehlern von der Größe

$$\begin{aligned}(m)_x &= \pm 7.9 \text{ cm} \\(m)_y &= \pm 9.3 \text{ cm} \\(m)_s &= \pm 12.2 \text{ cm}\end{aligned}$$

zu rechnen.

Die Genauigkeit läßt sich nun unter Zugrundelegung günstigerer Aufnahmebedingungen wohl noch etwas erhöhen. Die Fehler werden auch kleiner, wenn man auf die Auswertung der am Bildrand gelegenen Punkte, bei welchen die größten Fehler zu erwarten sind, verzichtet. Aus Tabelle I erhält man z. B. nach Ausschaltung der Punkte 17, 22 und 23 (Randpunkte)

$$\begin{aligned}m'_x &= \pm 5.1 \text{ cm} \\m'_y &= \pm 10.2 \text{ cm} \\m'_s &= \pm 11.4 \text{ cm}.\end{aligned}$$

Wegen geringer Schwankungen der Vermessungsleiter während der verhältnismäßig langen Belichtungszeit konnte bei der Versuchsaufnahme die äußerste Genauigkeit nicht erreicht werden. Nach anderen Untersuchungen<sup>1)</sup> läßt sich nämlich bei einer Aufnahmeentfernung von 90 *m* praktisch eine Genauigkeit der Punktbestimmung (gut einstellbare Punkte) von  $\pm 1.1 \text{ cm}$ , das sind bei 300 *m* Entfernung rund  $\pm 4 \text{ cm}$  erzielen; vorausgesetzt wird hierbei, daß es sich um Normalstereogramme handelt und daß es nur auf die zur Bildebene parallelen Fehlerkomponenten ankommt. Bei einem Basisverhältnis 1:2, welches im Mittel der Versuchsaufnahme zugrundelag, wird jedoch auch der Fehler in der Aufnahme­richtung nicht größer sein.

Darüber hinaus ist zu beachten, daß die relative Genauigkeit i. a. höher ist, d. h. der Abstand nahe beieinander gelegener Punkte (z. B. Grundstücksbreiten) kann genauer ermittelt werden als der Abstand weit von einander entfernter Punkte. Legt man z. B. die Tabelle I zugrunde und trägt die Fehler der Streckenermittlung als Funktion der Streckenlängen auf, so findet man, daß im Durchschnitt der Fehler bei einer Strecke von 10 *m* nur den dritten Teil beträgt gegenüber dem Fehler einer Strecke von beispielsweise 180 *m*.

Mit einem Stereogramm konnte bei den angestellten Versuchsmessungen eine Fläche von ca. 4.8 *ha* mit rund 200 Grenzpunkten erfaßt werden. Da die beiden Aufnahmen einschließlich der genäherten Bestimmung der äußeren

<sup>1)</sup> Vgl. Raab, Über die Bedeutung der neuen photogrammetrischen Methode für das Vermessungswesen unter besonderer Berücksichtigung der Architekturvermessung, Bildmessung und Luftbildwesen Nr. 4/1934 und Nr. 1/1935, und Walther, Wirtschaftliche Betrachtungen über die photogrammetrischen Vermessungen in Baden, Verlag: Zeiss-Acrotopograph G. m. b. H., Jena 1932.

Orientierung in etwa einer Stunde durchgeführt werden konnten, und für diese Fläche vier Paßpunkte ausreichen, geht die Feldaufnahme sehr rasch von statten. Allerdings dürfen keine Hindernisse auftreten, welche die Einsicht in das Gelände erschweren. Ein Nachteil der terrestrisch-photogrammetrischen Aufnahmen liegt aber auch darin, daß die Genauigkeit der Punktbestimmung sehr verschieden ist, weil ja das Basisverhältnis mit zunehmender Aufnahmeentfernung immer kleiner wird.

Günstiger liegen die Verhältnisse, wenn man die optische Achse der Aufnahmekammer im Augenblick der Aufnahme ungefähr lotrecht richten kann. In diesem Falle werden — eine horizontale Geländeebene vorausgesetzt — praktisch alle Punkte gleich genau bestimmt und der Abstandsfehler hat keinen Einfluß auf die Genauigkeit der Lagebestimmung. Bei Verwendung von Topo-

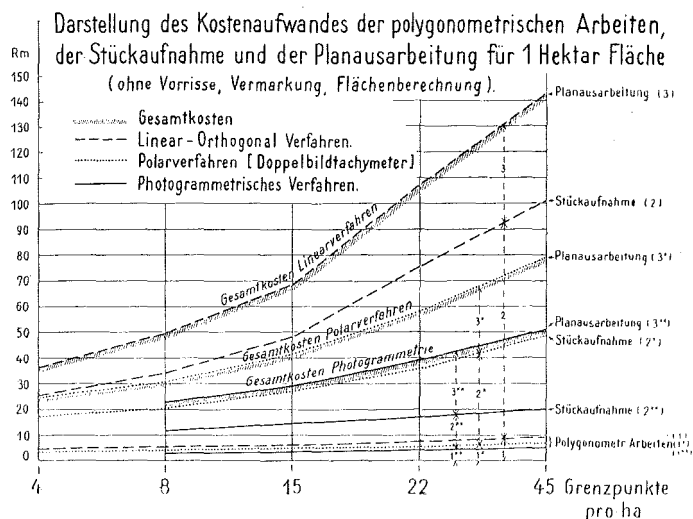


Abb. 5.

platten wird man bei einer Aufnahmeentfernung von 300 m eine Genauigkeit von  $\pm 4$  cm für eine Komponente des Lagefehlers erreichen können <sup>2)</sup>, sofern der Träger der Aufnahmekammer während der Belichtungszeit sich nicht in Bewegung befindet, bzw. die Bewegungen keinen Einfluß mehr auf die Schärfe der Abbildung haben (Momentaufnahmen).

Es liegt daher der Gedanke nahe, für die Aufnahme einen Fesselballon zu verwenden, bei welchem einerseits nur geringe Bewegungen zu erwarten und dessen Betriebskosten andererseits verhältnismäßig niedrig sind. Man kann wohl annehmen, daß die Kosten der Aufnahme mit dem Fesselballon ungefähr dieselben sein werden wie bei der Leiternaufnahme, für welche anhand der Versuchsaufnahme die Kosten praktisch ermittelt wurden. In Abbildung 5 sind die Kosten für die verschiedenen Aufnahmemethoden dargestellt. Die Ersparnisse bei Anwendung des photogrammetrischen Verfahrens (Aufnahme mit

<sup>2)</sup> Auch bei der Orthogonalaufnahme kann mit einer höheren Genauigkeit i. a. nicht gerechnet werden.



Leiter, bzw. Fesselballon) sind je nach Parzellierung und Geländeverhältnissen mit 2000 bis 10.000 *RM/qkm* anzunehmen<sup>3)</sup>.

Die Verwendung eines Fesselballons hat auch den Vorteil, daß so kleine Gebiete noch vermessen werden können, bei denen eine Verwendung des Flugzeuges oder eines motorisierten Ballons aus wirtschaftlichen Gründen nicht mehr in Frage kommt. Bei der Katastervermessung handelt es sich aber vielfach um die Neuaufnahme verhältnismäßig kleiner Gebiete.

Nach Andeutung in Abbildung 6 (Modell) könnte der Fesselballon mit einem besonderen vierrädrigen Wagen über die Felder geführt und nach jeder Aufnahme mittels einer Handwinde niedergebracht werden, um die Platten auszuwechseln und gegebenenfalls aus den mitgeführten Stahlflaschen eine

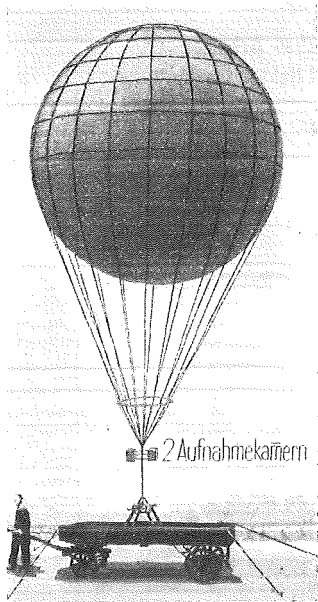


Abb. 6.

Nachfüllung vorzunehmen. Das Gewicht der Ballonhülle ist mit rund 30 *kg* anzunehmen, das 300 *m* lange Stahlseil mit zwei isolierten Kupferseelen für elektrische Auslösung des Objektivverschlusses wird etwa 12 *kg*, die zwei Aufnahmekammern ebenso 12 *kg* wiegen. Gibt man noch 46 *kg* Auftrieb zur Straffhaltung des Seiles, so müßte der Ballon bei Wasserstofffüllung einen Durchmesser von rund 5,5 *m* haben. Die Füllung des Ballons, der einen Inhalt von 84 *cbm* hat, kostet 50 bis 60 *RM*. Die Ballonfüllung kann, wenn von Zeit zu Zeit eine Nachfüllung vorgenommen wird, solange Verwendung finden, bis ein Transport auf öffentlicher Straße notwendig wird. Die Anschaffungskosten der ganzen Ausrüstung — ohne Aufnahmekammern — sind auf 3000 *RM* zu schätzen. Wenn statt einem Halteseil drei solche pyramidenförmig aufgespannt werden, kann man auch mit einer Aufnahmekammer auskommen. Die Feldarbeit wird dabei wesentlich zeitraubender, die Auswertung etwas abgekürzt.

Zu bemerken ist noch, daß bei einem kugelförmigen Ballon noch eine vertikale Stofffläche als Seitensteuer in das Tragnetz des Ballons einzuflechten ist, damit durch den Windeinfluß die Photoplatten einer jeweiligen Tagesaufnahme — gleichbleibende Windrichtung vorausgesetzt — parallel gerichtet, d. h. gegenseitig nicht verkantet sind.

Um angenäherte Senkrechtaufnahmen zu erzielen, sind an einer der beiden fest mit einander verbundenen Aufnahmekammern zwei zueinander senkrecht stehende U-förmig gebogene Röhren mit Quecksilberfüllung anzubringen, in welche Metallspitzen nur wenig eintauchen. Die letzteren werden in den Stromkreis der elektrischen Zuleitung eingeschaltet, so daß eine Verschlußauslösung nur erfolgt, wenn die Photoplatte annähernd horizontal liegt. Eine von der Erde aus sichtbare Klappe am Aufnahmegerät wird die erfolgte Belichtung anzeigen.

<sup>3)</sup> Vgl. auch Walther und Töpfer, Photogrammetrische Katastervermessung, Bildmessung und Luftbildwesen 1935, Heft 2, Seite 61.

Nach den vorgehenden überschläglichen Berechnungen ist die Verwendung eines Fesselballons wohl in Erwägung zu ziehen, da einmal eine höhere Genauigkeit zu erwarten ist als bei Flugaufnahmen, andererseits die Betriebskosten verhältnismäßig gering sind und dieses Verfahren daher auch für ganz kleine Aufnahmegebiete in Betracht kommt.

## Streuung bei Beobachtungswerten verschiedenen Gewichtes.

Von Annemarie K l e t e t s c h k a - S c h m i d.

Bei Beobachtungswerten verschiedenen Gewichtes wird zumeist der Streuungswert als „mittlerer Fehler der Gewichtseinheit“ berechnet:

$$(I) \quad \sigma = \pm \sqrt{\frac{[p f^2]}{n-1}},$$

wobei  $f$  die Abstände der Beobachtungswerte vom Mittel,  $p$  das Gewicht dieser Werte und  $n$  ihre Zahl bedeutet. Der Nenner  $(n-1)$  stellt bekanntlich die Zahl der Überbestimmungen vor, so daß er bei bekanntem wahren Mittel den Wert  $n$ , und bei vermittelnden Beobachtungen, wo diese Zahl auch  $(n-2)$ ,  $(n-3)$ , ...  $(n-m)$  usw. sein kann, den entsprechenden Wert annimmt.

Dieser mittlere Fehler der Gewichtseinheit gibt nun nicht immer ein anschauliches Bild der Verteilung der Beobachtungen um ihr Mittel. Er stellt die Verteilung nur in dem Fall dar, wenn alle Werte höheren Gewichtes sich in Einzelwerte vom Gewichte 1 auflösen. Das trifft nur dann zu, wenn das höhere Gewicht durch Zusammenfassung gleichgroßer Beobachtungswerte von ursprünglich gleichem Gewicht — zum Zwecke der Rechenerleichterung — gewonnen wurde, also ein fiktives ist, stellt aber in allen jenen Fällen, wo wirkliche Verschiedengewichtigkeit vorliegt, ein bloßes Gedankenexperiment vor.

Die Formel (I) gilt zunächst offenbar für Werte, die durch mehrmals wiederholte Messung ein und derselben Größe entstanden sind. Diese Werte stellen bildlich Punkte auf einer Geraden vor, die sich — falls es sich um rein zufällige Fehler handelt — nach der G a u ß'schen Fehlerkurve um ihr Mittel, d. i. den wahrscheinlichsten Wert der Größe, verteilen. Tritt jeder Beobachtungswert nur einmal auf, so liegt gleiches Gewicht der Punkte vor, welcher Fall hier nicht behandelt werden soll. Es wird aber besonders bei häufiger Wiederholung der Messung, welche immer nur eine Verbesserung des Resultates mit sich bringen kann, auch vorkommen, daß ein Teil der Beobachtungen innerhalb der jeweiligen Meßgenauigkeit gleichgroß ausfällt. Solche durch mehrfaches Auftreten ausgezeichneten Punkte können auf zweierlei Art bewertet werden, entweder als mehrere Punkte gleichen Wertes von gleichem oder als ein Punkt von mehrfachem Gewicht. Nennt man die Zahl der an verschiedenen Stellen zusammenfallende Punkte  $v_1, v_2, v_3, \dots$ , so können diese Zeichen ebensowohl Wiederholungs- als auch Wiederholungsgewichte \*)

\*) S. Wellisch: Theorie und Praxis der Ausgleichsrechnung. 1. Bd. 1909, S. 146.