

# Bestimmung der Präzision und Genauigkeit eines Stereokomparators

Autor(en): **Hallert, B.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **61 (1963)**

Heft 9

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-218458>

## **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.

- [2] *Heisenberg*: Die Rolle der Physik in der gegenwärtigen Entwicklung des menschlichen Denkens. Universitas 1961.  
*Meurers*: Philosophie – Naturwissenschaft – Geisteswissenschaft. Physikalische Blätter, 1959.  
*Born*: Die Physik in der Problematik unseres Zeitalters. Universitas, 1962. Und andere Beispiele.
- [3] Eine zuverlässige und quellenreiche Darstellung ist gegeben in dem für den vorliegenden Vortrag benützten Werk:  
*Schmidt, F.*: Geschichte der geodätischen Instrumente und Verfahren im Altertum und Mittelalter. Pfälzische Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften; Neustadt an der Haardt 1935.
- [4] *Grosjean, G.*: Alte Vermessungsstrukturen in moderner Landschaft. Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie, 1962/329.
- [5] *Stohler, H.*: Vermutete Spuren römischer Flurvermessung in der Schweiz. Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie 1945/269.
- [6] *Schwidersky, K.*: Vermessungswesen und Technik. (Deutsche) Zeitschrift für Vermessungswesen, 1960/405.
- [7] *Kobold, F.*: Die Messung der Basis und des Basisvergrößerungsnetzes von Heerbrugg im Jahre 1959. Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie, 1960/10.
- [8] *Wild-Heerbrugg*: Distomat Wild DI 50. Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie, 1962/356.
- [9] Geräte von Zubler und Arduser («Zürcher Schule») sind beschrieben in:  
*Weisz, Leo*: Die Schweiz auf alten Karten; Verlag NZZ, Zürich 1945;  
*Zölly, H.*: Geschichte der geodätischen Grundlagen für Karten und Vermessungen in der Schweiz. Landestopographie Bern, 1948.

## Bestimmung der Präzision und Genauigkeit eines Stereokomparators

*B. Hallert, Stockholm*

### Einleitung

Im Institut für Photogrammetrie an der Technischen Hochschule in Stockholm sind einige Untersuchungen über die geometrische Qualität eines kürzlich gelieferten Stereokomparators Wild Stk 824 durchgeführt worden. Die benutzten Methoden und die Resultate sind unten zusammengestellt. Es wurde das Meßgitter Nr. 410 verwendet.

#### 1. Die Prinzipien der Messungen und Berechnungen

Die Grundlagen der Untersuchungen sind in [1] veröffentlicht worden. Wie in der Statistik [2] wird zwischen Präzision und Genauigkeit des Instrumentes unterschieden.

Als *Präzision* wird die Standardabweichung einer Messung oder des Mittelwertes wiederholter Messungen angegeben. Sie wird nur durch direkte wiederholte Messungen der Gitterpunkte bestimmt. Da die Standardabweichung des Mittelwertes wiederholter Messungen bekanntlich

mit der Quadratwurzel der Anzahl der Wiederholungen abnimmt, kann man durch Wiederholungen der Messungen die Präzision erhöhen oder die Standardabweichung des Mittelwertes verkleinern. Die Standardabweichung  $s$  einer Messung wurde durch wenigstens 20 Einstellungen bestimmt. Im allgemeinen wurde jeder Punkt viermal eingestellt und abgelesen. Der Mittelwert wurde dann als gemessene Größe verwendet. Die *Genauigkeit* wird durch direkte Messungen bekannter Größen oder durch Einsetzen der Messungsergebnisse in Bedingungen und Bestimmung der Widersprüche bestimmt. Die Genauigkeit wird als quadratischer Mittelwert ( $qmw$ ) von Widersprüchen oder als mittlerer Gewichtseinheitsfehler  $s_0$  nach einer Ausgleichung gemäß der Methode der kleinsten Quadrate und mit einer wohldefinierten Anzahl von Parametern angegeben. Durch Berechnung der Gewichtskoeffizienten und Verwendung des speziellen und des allgemeinen Fehlerfortpflanzungsgesetzes können dann die mittleren Fehler an beliebigen Funktionen und an Funktionen von Funktionen der gemessenen Größen in bekannter Weise berechnet werden. Ferner lassen sich die Vertrauens- (Konfidenz-) Grenzen der quadratischen Mittelwerte oder einzelner Restfehler oder Parameter für bestimmte Konfidenz- (Sicherheits-) Schwellen berechnen und als Toleranzangaben verwenden. Schließlich ist es allgemein erwünscht und für die Verwendung der Fehlerfortpflanzungsgesetze wesentlich, die gemäß dem zentralen Grenzwertsatz zu erwartende Normalverteilung der Restfehler der ursprünglichen Messungen zu prüfen. Solche Prüfungsmethoden liefert die mathematische Statistik. Vergleiche zum Beispiel [3].

Wie in der Veröffentlichung [1] werden folgende regelmäßigen Fehler als Parameter in der Ausgleichung benutzt:

- 2 Translationen  $dx_0$  und  $dy_0$  und die Rotation  $d\alpha$  des Gitters;
- 2 Maßstabfehler  $dm_x$  und  $dm_y$  des Komparators.

Ein Fehler im rechten Winkel der Koordinatenachsen des Komparators wird als eine zusätzliche Rotation  $d\beta$  der  $y$ -Achse aufgefaßt.

Die drei ersten Parameter hängen offenbar mit der Einpassung des Gitters in den Bildhalter des Komparators zusammen und sind deswegen als regelmäßige Fehler der speziellen Lage aufzufassen, die nur der Vollständigkeit halber bestimmt werden müssen. Die drei letzten Parameter sind als regelmäßige Fehler des Komparators zu betrachten, die bestimmte Grenzen (Toleranzen) nicht übersteigen dürfen. Selbstverständlich können mehr regelmäßige Fehler als Parameter in die Ausgleichung eingeführt werden. Es können zum Beispiel periodische Funktionen benutzt werden, die von den Fehlern der Kugellager herrühren können. Es wird gezeigt werden, wie sowohl die Maßstabsdifferenz  $dm_x - dm_y$  (Affinität) als auch der Fehler  $d\beta$  im rechten Winkel zwischen dem Gitter und dem Komparator getrennt werden können.

Zunächst werden die Berechnungsformeln zusammengestellt. Die grundlegenden Differentialformeln, die den Zusammenhang mit den Widersprüchen der gemessenen und gegebenen Gitterkoordinaten darstellen, können direkt aus Figur 1 abgeleitet werden.

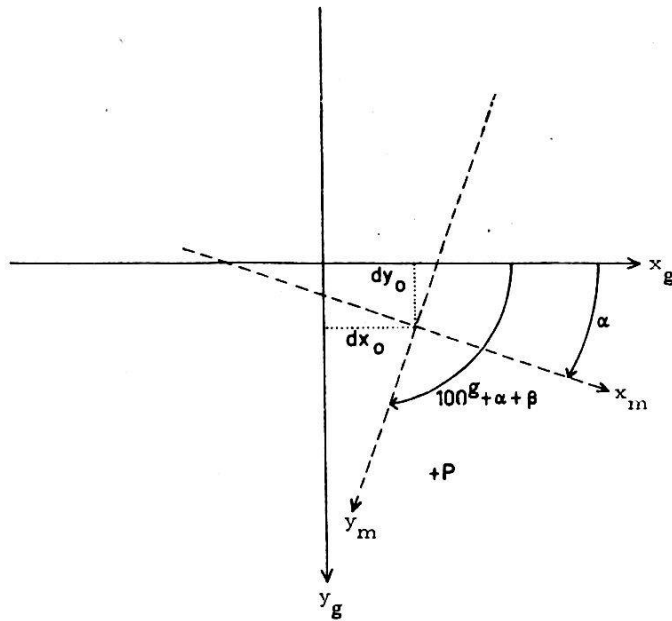


Fig. 1

Die Formeln sind:

$$dx = x_m - x_g = -dx_0 + x dm_x + y (d\alpha + d\beta) \quad (1)$$

$$dy = y_m - y_g = -dy_0 + y dm_y - x d\alpha \quad (2)$$

$x_m, y_m$  sind die gemessenen und  $x_g, y_g$  die gegebenen Gitterkoordinaten.

Die entsprechenden Verbesserungsgleichungen, in denen die Differentiale als *Korrekturen* geschrieben werden, lauten:

$$v_x = dx_0 - x dm_x - y (d\alpha + d\beta) - dx \quad (3)$$

$$v_y = dy_0 - y dm_y + x d\alpha - dy \quad (4)$$

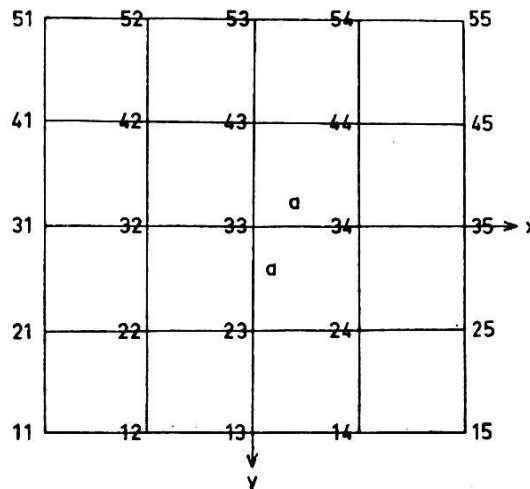


Fig. 2

Die 25 Punkte sind gemäß Figur 2 verteilt und bezeichnet. Nach Aufstellung und Lösung der Normalgleichungen erhält man folgende Ausdrücke:

$$\begin{aligned} dx_0 &= \frac{[dx]}{25} & dm_y &= \frac{N_{252}}{50 a} \\ dy_0 &= \frac{[dy]}{25} & d\alpha &= \frac{N_{253} - N_{254}}{50 a} \\ dm_x &= \frac{N_{251}}{50 a} & d\beta &= \frac{2 N_{254} - N_{253}}{50 a} \end{aligned}$$

Die Symbole haben folgende Bedeutung:

$[dx]$  ist die Summe aller  $x$ -Widersprüche;

$[dy]$  ist die Summe aller  $y$ -Widersprüche.

$$\begin{aligned} N_{251} &= 2 dx_{11} + dx_{12} - dx_{14} - 2 dx_{15} + 2 dx_{21} + dx_{22} - dx_{24} - \\ &- 2 dx_{25} + 2 dx_{31} + dx_{32} - dx_{34} - 2 dx_{35} + 2 dx_{41} + dx_{42} - \\ &- dx_{44} - 2 dx_{45} + 2 dx_{51} + dx_{52} - dx_{54} - 2 dx_{55} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{252} &= -2 (dy_{11} + dy_{12} + dy_{13} + dy_{14} + dy_{15}) - \\ &- (dy_{21} + dy_{22} + dy_{23} + dy_{24} + dy_{25}) + \\ &+ (dy_{41} + dy_{42} + dy_{43} + dy_{44} + dy_{45}) + \\ &+ 2 (dy_{51} + dy_{52} + dy_{53} + dy_{54} + dy_{55}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{253} &= -2 (dx_{11} + dx_{12} + dx_{13} + dx_{14} + dx_{15}) - \\ &- (dx_{21} + dx_{22} + dx_{23} + dx_{24} + dx_{25}) + \\ &+ (dx_{41} + dx_{42} + dx_{43} + dx_{44} + dx_{45}) + \\ &+ 2 (dx_{51} + dx_{52} + dx_{53} + dx_{54} + dx_{55}) - \\ &- 2 dy_{11} - dy_{12} + dy_{14} + 2 dy_{15} - 2 dy_{21} - dy_{22} + dy_{24} + \\ &+ 2 dy_{25} - 2 dy_{31} - dy_{32} + dy_{34} + 2 dy_{35} - 2 dy_{41} - dy_{42} + \\ &+ dy_{44} + 2 dy_{45} - 2 dy_{51} - dy_{52} + dy_{54} + 2 dy_{55} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{254} &= -2 (dx_{11} + dx_{12} + dx_{13} + dx_{14} + dx_{15}) - \\ &- (dx_{21} + dx_{22} + dx_{23} + dx_{24} + dx_{25}) + \\ &+ (dx_{41} + dx_{42} + dx_{43} + dx_{44} + dx_{45}) + \\ &+ 2 (dx_{51} + dx_{52} + dx_{53} + dx_{54} + dx_{55}) \end{aligned}$$

Die Gewichtskoeffizienten sind definitionsgemäß:

$$Q_{x_0 x_0} = Q_{y_0 y_0} = \frac{1}{25}$$

$$Q_{m_x m_x} = Q_{m_y m_y} = \frac{1}{50 a^2}$$

$$Q_{\alpha\alpha} = \frac{1}{50 a^2} \quad Q_{\beta\beta} = \frac{1}{25 a^2} \quad Q_{\alpha\beta} = -\frac{1}{50 a^2}$$

Die Quadratsumme der Verbesserungen wird:

$$[vv] = [dx^2] + [dy^2] - \frac{[dx]^2 + [dy]^2}{25} - \frac{N_{251}^2 + N_{252}^2}{50} - \frac{(N_{253} - N_{254})^2 + N_{254}^2}{50}$$

Man berechnet den mittleren Gewichtseinheitsfehler aus:

$$s_0 = \sqrt{\frac{[vv]}{44}}$$

und den mittleren Fehler am mittleren Gewichtseinheitsfehler aus:

$$s_{s_0} = \frac{s_0}{\sqrt{88}} = 0,11 s_0$$

Die Vertrauensgrenzen des mittleren Gewichtseinheitsfehlers sind für die  $\chi^2$ -Verteilung und die 5%-Schwelle:  $0,9 s_0 - 1,3 s_0$ .

Die Vertrauensgrenzen einzelner Parameter und anderer linearer Funktionen der grundlegenden Messungen ( $t$ -Verteilung, 5%-Schwelle) liegen bei  $\pm 2,01 s$ , wo  $s$  den mittleren Fehler der betreffenden Größe bezeichnet.

An den Untersuchungen haben 10 Beobachter teilgenommen. Die beiden Bildhalter des Komparators wurden separat untersucht, und ferner wurde die Genauigkeit der Messungen mit den Parallaxenschrauben geprüft.

In den Tabellen 1 und 2 sind die Resultate der Untersuchungen des linken und des rechten Bildhalters zusammengestellt worden. Übung und Erfahrung der Beobachter wurden mit Zahlen zwischen 0 und 10 geschätzt (Kolumne «Übung»). Die Standardabweichung  $s$  einer Messung

Tabelle 1: Linker Bildhalter

Beobachter	Übungsgrad	Präzision $s$		Genauigkeit $s_0$ Mikron	$s_{s_0}$ Mikron	$d\beta$ cc	$s\beta$ cc	$dm_x - dm_y$ 10 <sup>-6</sup>	$s_{mx - my}$ 10 <sup>-6</sup>
		$x$	$y$						
		Mikron							
A 1	9	0,34	0,30	0,87	0,10	+ 0,8	2,2	- 11,8	3,5
A 2	8	0,41	0,50	1,02	0,11	+ 2,5	2,6	- 8,5	4,1
A 3	5	0,40	—	1,06	0,12	+ 4,3	2,7	- 11,4	4,2
B 1	5	0,98	0,99	1,17	0,13	+ 2,6	3,0	- 7,2	4,7
B 2	8	0,46	0,46	0,81	0,09	- 1,7	2,1	- 7,6	3,2
B 3	3	0,50	0,52	0,82	0,09	- 0,4	2,1	- 7,1	3,3
C 1	6	—	—	0,89	0,10	+ 4,9	2,3	- 9,6	3,6
C 2	7	—	—	0,90	0,10	- 0,7	2,3	- 18,7	3,6
D 1	10	0,42	—	0,82	0,09	- 0,7	2,1	- 9,4	3,3
Mittel	7	0,50	0,55	0,93	0,10	+ 1,3	2,4	- 10,1	3,7

Tabelle 2: Rechter Bildhalter

Beob- achter	Übungs- grad	Präzision $s$		Genauig- keit $s_0$ Mikron	$s_{s_0}$ Mikron	$d\beta$ cc	$s\beta$ cc	$dm_x - dm_y$ $10^{-6}$	$s_{mx - my}$ $10^{-6}$
		$x$	$y$						
		Mikron							
A 1	9	0,56	0,39	0,82	0,09	-2,7	2,1	+ 3,8	3,3
A 2	8	0,44	0,47	0,75	0,08	-2,1	1,9	+ 7,3	3,0
A 3	5	0,48	0,46	0,68	0,07	+ 0,6	1,7	- 0,7	2,7
B 1	5	0,55	0,65	1,02	0,11	-6,3	2,6	+ 12,7	4,1
B 2	8	0,51	0,48	0,80	0,09	-5,7	2,0	+ 9,1	3,2
B 3	3	0,51	0,48	0,86	0,09	-3,8	2,2	+ 8,5	3,4
C 3	8	—	—	0,96	0,11	-5,2	2,4	+ 6,8	3,8
D 1	10	0,49	0,52	0,97	0,11	-3,4	2,5	- 1,3	3,9
Mittel	7	0,51	0,49	0,86	0,09	-3,6	2,2	+ 5,8	3,4

der  $x$ - und  $y$ -Koordinaten wurde aus wenigstens 20 unmittelbar wiederholten Messungen (Einstellungen) berechnet. Alle Berechnungen wurden in Formularen gemacht.

$s_0$  ist der mittlere Gewichtseinheitsfehler nach der Ausgleichung, und  $s_{s_0}$  ist der mittlere Fehler des mittleren Gewichtseinheitsfehlers.

Die Ausdrücke  $d\beta$  und  $dm_x - dm_y$  sind als Korrekturen zum Komparator angegeben. Die regelmäßigen Fehleranteile der gegebenen Gitterkoordinaten sind besonders bestimmt (Tabelle 4) und korrigiert worden. Die mittleren Fehler sind mit Hilfe der Gewichtskoeffizienten und der mittleren Gewichtseinheitsfehler berechnet worden.

Tabelle 3: Rechter Bildhalter. Messungen mit Parallaxenschrauben  
25 Punkte

Beob- achter	Übungs- grad	Präzision $s$		Genauig- keit $s_0$ Mikron	$s_{s_0}$ Mikron	$d\beta$ cc	$s\beta$ cc	$dm_x - dm_y$ $10^{-6}$	$s_{mx - my}$ $10^{-6}$
		$x$	$y$						
		Mikron							
A 1	9	0,58	0,44	0,99	0,11	+ 16,5	3,9	+ 4,1	6,1
A 1	9	0,43	0,59	0,86	0,09	+ 3,1	3,4	- 20,7	5,2
Mittel		0,50	0,52	0,92	0,10				

Nach der ersten Messung und Berechnung wurde die Korrektur  $d\beta$  so groß, daß eine mechanische Justierung nötig wurde. Die zweite Messung und Berechnung zeigte viel kleinere Korrekturen. Doch wurde die Maßstabdifferenz größer, was infolge der kleinen Meßbereiche ohne praktische Bedeutung ist.

*Tabelle 4: Messung der Gitterkoordinaten in vier Lagen des Gitters nach Rotation 100°. 25 Punkte. Beobachter A 1*

Gitterlagen	Genauigkeit $s_0$ Mikron	$s_{s_0}$ Mikron	$d\beta$ cc	$s\beta$ cc	$dm_x$ 10 <sup>-6</sup>	$dm_y$ 10 <sup>-6</sup>	$dm_x - dm_y$ 10 <sup>-6</sup>	$s_{m_x - m_y}$ 10 <sup>-6</sup>
I	0,75	0,08	+ 8,3	1,9	+ 4,5	+ 0,1	+ 4,4	3,0
II	0,77	0,08	— 3,5	2,0	+ 3,0	+ 0,2	+ 2,8	3,1
III	1,16	0,13	+ 14,5	3,0	+ 1,0	+ 4,1	— 3,1	4,6
IV	1,07	0,12	— 4,7	2,7	+ 11,1	+ 8,8	+ 2,3	4,3
Mittel	0,94							

Die regelmäßigen Fehler des Gitters können nun wie folgt berechnet werden, [4]:

$$d\beta_g = \frac{I - II + III - IV}{4} = \frac{8,3 + 3,5 + 14,5 + 4,7}{4} = +7^{\text{cc}},8$$

$$(dm_x - dm_y)_g = \frac{I - II + III - IV}{4} = \frac{4,4 - 2,8 - 3,1 - 2,3}{4} = -1,0 \cdot 10^{-6}$$

Die regelmäßigen Korrekturen zu dem Komparator werden wie folgt gefunden:

$$d\beta_k = \frac{I + II + III + IV}{4} = +3^{\text{cc}},6$$

$$(dm_x - dm_y)_k = \frac{I + II + III + IV}{4} = 1,6 \cdot 10^{-6}$$

Zu den Tabellen 1 bis 4 kann bemerkt werden:

Die ersten Messungen, deren Resultate in Tabelle 1 zusammengestellt sind, wurden unter verschiedenen Temperaturverhältnissen gemacht. Die Schwankungen der Temperatur dürften zwischen 18 und 22 °C liegen. Die Messungen der Tabellen 2, 3 und 4 wurden unter besseren Temperaturverhältnissen gemacht (20 ± 0,5 °C).

Die Messungen der Tabelle 4 stammen von einem Beobachter. Sie dürften gewisse Ermüdungserscheinungen enthalten, was auch aus den mittleren Gewichtseinheitsfehlern ersichtlich ist. Die Resultate der Tabelle 4 dürfen als endgültige Prüfungsergebnisse angesehen werden, da sie unter normalen Arbeitsverhältnissen und nach bedeutender Übung erhalten wurden.

Als Mittelwert der verschiedenen Bestimmungen des mittleren Ge-



wichtseinheitsfehlers wird 0,9 Mikron erhalten. Die entsprechenden mittleren Fehler der  $d\beta$  und  $dm_x - dm_y$  sind:

$$s_\beta = 2^{\text{cc}},3$$

$$s_{m_x - m_y} = 3,6 \cdot 10^{-6}$$

Auf Grund der Koordinatenmessungen in 25 Punkten (44 überzählige Beobachtungen oder Freiheitsgrade) und mit der Konfidenzschwelle 5% werden als Vertrauensgrenzen erhalten:

$$d\beta = \pm 4^{\text{cc}},6$$

$$dm_x - dm_y = \pm 7,2 \cdot 10^{-6}$$

Die gefundenen regelmäßigen Fehler des Komparators sind also kleiner als die Vertrauensgrenzen. Die Werte der mittleren Gewichtseinheitsfehler und der regelmäßigen Fehler wegen nichtrechten Winkels und wegen Maßstabsdifferenz sind wesentlich kleiner als die aufgestellten Forderungen. Das Instrument kann also als genügend genau angesehen werden.

Schließlich ist interessant, festzustellen, ob die übrigbleibenden Fehler in den Punkten, die nicht in der Ausgleichung benutzt worden sind, nach Anbringung der Einflüsse der durch die Ausgleichung bestimmten regelmäßigen Fehler genügend normal verteilt sind.

## 2. Prüfung der Normalverteilung von Restfehlern

In einer speziellen Meßreihe wurden 85 Punkte des Gitters gemessen. Die Widersprüche in 25 Punkten wurden benutzt, um die Ausgleichung durchzuführen. Mit Hilfe der so bestimmten regelmäßigen Fehler und der Gleichungen (3) und (4) wurden dann die Restfehler in allen Punkten berechnet. Die Verteilung dieser Restfehler der in der Ausgleichung nicht benutzten 60 Punkte wurden dann mit bekannten statistischen Methoden geprüft; vergleiche zum Beispiel [3].

Die Resultate der Untersuchung sind in Diagramm 1 gezeigt. Die Übereinstimmung zwischen dem Histogramm und der berechneten Normalverteilungskurve ist gemäß dem  $\chi^2$ -Test so gut, daß die Normalverteilung angenommen werden darf.

Gemäß theoretischen Untersuchungen der Fehlerfortpflanzung soll der quadratische Mittelwert der Restfehler  $1,06 s_0$  sein, wo  $s_0$  der mittlere Gewichtseinheitsfehler ist, [4].

Für  $s_0 = 0,9$  Mikron findet man den theoretischen quadratischen Mittelwert 0,96 Mikron. Der entsprechende praktisch gefundene Mittelwert ist 0,97 Mikron, und die Übereinstimmung ist also ausgezeichnet.

## Zusammenfassung

Die Resultate der Untersuchungen des Stereokomparators zeigen eine sehr hohe Genauigkeit des Gerätes, die mit Rücksicht auf die auf-

## Anzahl der Restfehler

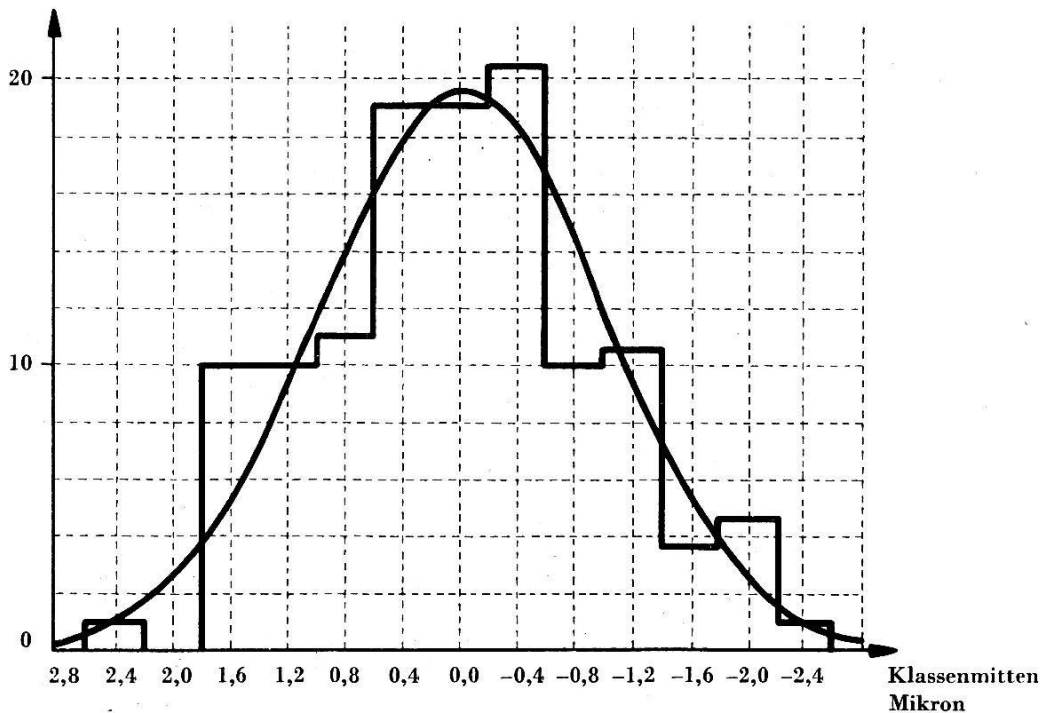


Diagramm 1: Histogramm und Normalverteilungskurve der Restfehler in 60 Punkten.

gestellten Forderungen völlig befriedigt. Die Untersuchungen sind von 10 Beobachtern durchgeführt worden. Übung und Erfahrung der Beobachter hatten keinen entscheidenden Einfluß auf die Genauigkeitsbestimmung.

Es muß zudem bemerkt werden, daß der Mittelwert der gefundenen mittleren Gewichtseinheitsfehler von 0,9 Mikron aus den unregelmäßigen Fehlern des Gitters und des Komparators zusammengesetzt ist. Nimmt man an, daß die unregelmäßigen Fehler der gegebenen und der gemessenen Koordinaten von derselben Größenordnung sind, so würde man den mittleren Gewichtseinheitsfehler des Komparators und des Gitters zu  $0,9 : 1,414$  oder als etwa 0,6 Mikron erhalten. Die *Präzision* des Komparators kann also mit der Standardabweichung einer Messung von 0,5 Mikron angegeben werden. Die Standardabweichung des Mittelwertes aus 4 Einstellungen ist also rund 0,2 Mikron. Die *Genauigkeit* des Komparators kann mit dem mittleren Gewichtseinheitsfehler 0,6 Mikron angegeben werden.

### Nachtrag

Die oben beschriebenen Messungen wurden unmittelbar nach der Montage des Stereokomparators im Herbst 1962 durchgeführt. Später sind weitere Messungen ziemlich regelmäßig unternommen und die Resultate wie oben behandelt worden. Sie sind in den Tabellen 5 und 6 enthalten und zeigen, daß die ausgezeichnete Genauigkeit des Gerätes geblieben ist und daß keine signifikanten regelmäßigen Fehler entstanden sind.

Tabelle 5: Linker Bildhalter

Beobachter	Datum	Genauigkeit $s_0$ Mikron	$s_{s_0}$ Mikron	$d\beta$ cc	$s\beta$ cc	$dm_x - dm_y$ $10^{-6}$	$s_{mx - my}$ $10^{-6}$
A 1	20. 12. 62	0,90	0,10	+ 0,4	2,3	+ 4,4	3,6
A 1	21. 1. 63	1,06	0,12	+ 3,4	2,7	- 2,8	4,2
A 1	20. 2. 63	1,16	0,13	+ 3,4	2,9	- 3,4	4,6
A 1	27. 3. 63	0,92	0,10	- 0,6	2,4	- 7,9	3,7
A 1	29. 5. 63	0,92	0,10	+ 4,9	2,4	- 5,0	3,7
Mittel		0,99	0,11	+ 2,3	2,5	- 2,8	4,0

Tabelle 6: Rechter Bildhalter

Beobachter	Datum	Genauigkeit $s_0$ Mikron	$s_{s_0}$ Mikron	$d\beta$ cc	$s\beta$ cc	$dm_x - dm_y$ $10^{-6}$	$s_{mx - my}$ $10^{-6}$
A 1	7. 1. 63	0,88	0,10	- 2,3	2,2	- 7,6	3,5
A 1	4. 2. 63	0,87	0,10	+ 0,2	2,2	- 0,4	3,5
D 1	8. 4. 63	0,96	0,11	- 8,8	2,4	- 6,8	3,8
D 1	7. 5. 63	1,00	0,11	- 6,8	2,5	+ 2,0	4,0
Mittel		0,93	0,10	- 4,4	2,3	- 3,2	3,7

Folgende Herren haben die Messungen und Berechnungen durchgeführt:

Adolfsson, B.	Middel, H.
Hådem, I.	Södal, N.
Jonason, C. O.	Talts, J.
Kaasila, O.	Ternryd, C. O.
Lindmark, K.	Torlegård, K.

*Literatur:*

- [1] B. Hallert, Determination of the Accuracy of a Stereocomparator. Int. Archives of Photogrammetry, Commission II, London 1960.
- [2] Kendall-Buckland, A Dictionary of Statistical Terms. London 1960.
- [3] H. Cramér, Mathematical Methods of Statistics. Upsala und Princeton 1946.
- [4] B. Hallert, Test Measurements in Comparators and Tolerances for such Instruments. Photogrammetric Engineering. März 1963.