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

Herausgeber: Schweizerischer Geometerverein = Association suisse des géomètres

Band: 43 (1945)

Heft: 1

Artikel: Genauigkeitssteigerung des topographischen Bussolenzuges

Autor: Staub, G.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-202921

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: 09.12.2025

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

SCHWEIZERISCHE
Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik
ORGAN DES SCHWEIZ. GEOMETERVEREINS
Offiz. Organ der Schweiz. Gesellschaft für Kulturtechnik / Offiz. Organ der Schweiz. Gesellschaft für Photogrammetrie
Revue technique suisse des mensurations et améliorations foncières
ORGANE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES GÉOMÈTRES
Organe officiel de l'Association Suisse du Génie rural / Organe officiel de la Société Suisse de Photogrammétrie
Redaktion: Dr. h. c. C. F. BAESCHLIN, Professor, Zollikon (Zürich)
Ständ. Mitarbeiter für Kulturtechnik: E. RAMSER, Prof. für Kulturtechnik an der ETH., Freie Straße 72, Zürich
Redaktionsschluß: Am 1. jeden Monats
Expediton, Inseraten- und Abonnements-Annahme
BUCHDRUCKEREI WINTERTHUR AG., WINTERTHUR

No. 1 • XLIII. Jahrgang
der „Schweizerischen Geometer-Zeitung"
Erscheinend am zweiten Dienstag jeden Monats
9. Januar 1945
Inserate: 25 Cts. per einspalt. Millimeter-Zeile. Bei Wiederholungen Rabatt gemäß spez. Tarif

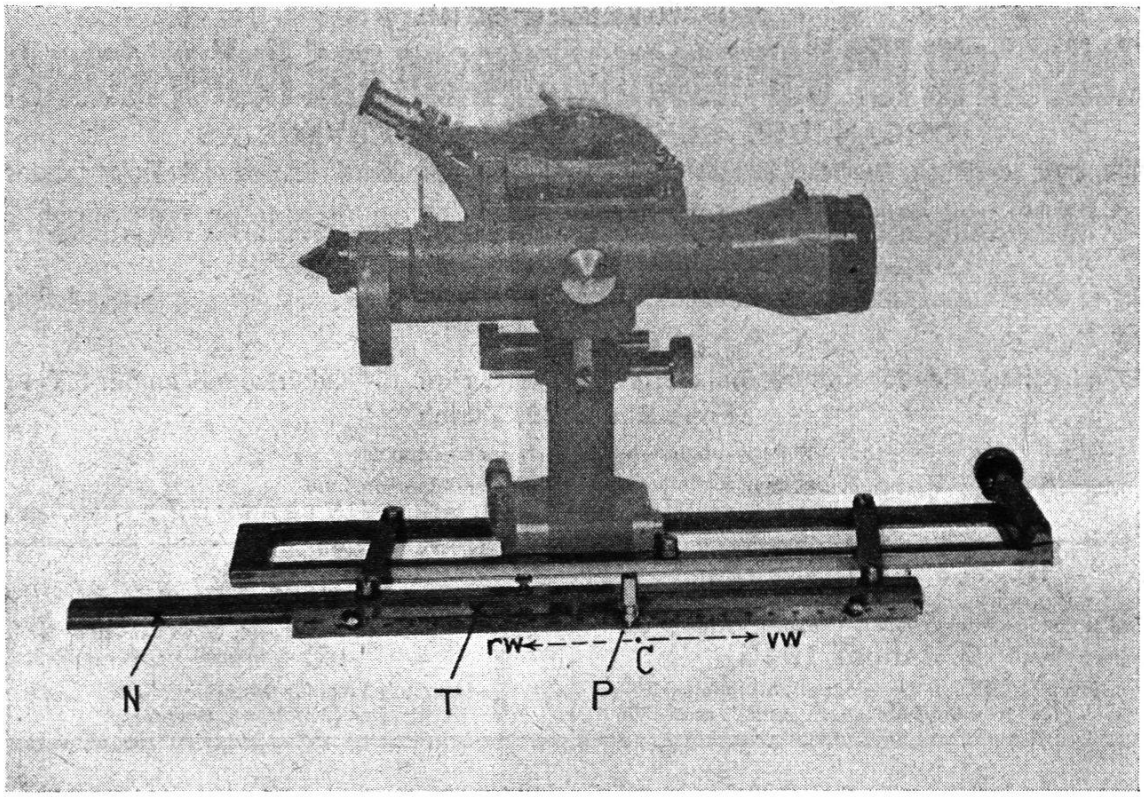
Abonnemente:
Schweiz Fr. 14. —, Ausland Fr. 18. — jährlich
Für Mitglieder der Schweiz. Gesellschaften für Kulturtechnik u. Photogrammetrie Fr. 9. — jährl.
Unentgeltlich für Mitglieder des Schweiz. Geometervereins

Genauigkeitssteigerung des topographischen Bussolenzuges

Von *G. Staub.*

In der Dezembernummer gleicher Zeitschrift (1944) haben wir die Rolle des graphischen Aufträges bei den topographischen Funktionen einer nähern Kritik unterzogen und einsehen müssen, daß der Einfluß des bezüglichen Fehlers in den kleinen Planmaßstäben von ausschlaggebender Überwertigkeit und seine Reduktion auf ein erträgliches Maß zur kategorischen Forderung werde. Im Herbst 1942 haben wir die Bedeutung der Erweiterung des Bussolenbereiches in die Worte gekleidet: „Es braucht keine besondere Sehergabe, um für die kommenden Jahre eine budgetäre Entwicklung vorauszusehen, welche selbst für die Belange eidg. Kartenwerke äußerste Sparsamkeit erheischt." Heute liegt ein amtliches Dienstschreiben vor uns betreffend „Sparsamer Verwendung der Mittel des Staatshaushaltes"; es ist in so alarmierendem Tone gehalten, daß wir jede Bemühung, die Beschaffung topographischer Grundunterlagen auf wirtschaftlichste Basis zu stellen, als aktuelles Problem bezeichnen dürfen. Von dieser Erkenntnis ausgehend, behandeln wir vorerst eine Neuerung auf dem Gebiete des topographischen Punktauftrages und erlauben uns im Anschlusse daran noch eine weitere „futuristische" Betrachtung.

Die Firma Kern & Cie. in Aarau versieht ihre Meßtischaufsätze seit einer Reihe von Jahren mit einer Kartierungsvorrichtung, die wir im Rahmen unserer Bemühungen einer Prüfung unterzogen haben.



Kern-Meßtisch

a) Die Genauigkeitsuntersuchung des Kern-Piquoirs

Das „Linealpiquoir Kern" kennzeichnet sich durch folgende Konstruktion: Das Parallel-Lineal trägt eine zusätzliche Nute *N*; in dieser läuft beweglich ein Teilungslineal *T* mit in der Mitte aufgesetztem Piquoir *P*. Bei einer „feldmäßigen" Rückwärtsvisur wird das Teilungslineal „links vom gestochenen Ausgangspunkt *C*" um die beobachtete Felddistanz verschoben, bei der Vorwärtsvisur rechts hievon. Unter der Annahme, daß die Grundteilung des verwendeten Lineals *T* für unsere Zwecke fehlerfrei sei, ergibt sich die Erkenntnis, daß die Auftragsgenauigkeit dieser Vorrichtung eine Funktion der okularen Interpolationsfähigkeit im Teilungsintervall sei. Es scheint auf den ersten Blick paradox, daß nun plötzlich nach jahrzehntelanger ausschließlicher Verwendung des Transversalmaßstabes in der Meßtischtopographie die okulare Schätzungsgenauigkeit an einem Maßstabe gleich oder gar noch größer sein soll, als die traditionsgeheiligte Zirkelmanier.

Ein Gang in die einschlägige Fachliteratur zeigt uns indessen, daß schon zu Beginn dieses Jahrhunderts an subtilen Versuchsreihen die Erkenntnis gewonnen wurde, daß die okulare Auftragsgenauigkeit an prismatischen Maßstäben (bei unbewaffnetem Auge!) ca $\pm$ 0,05 mm beträgt. Dann haben sich Orthogonal- und Polarkoordinatographen mit Grundgenauigkeiten von ca. $\pm$ 0,015–0,020 mm auf dem Gebiete präziser Planaufträge ihren Platz erobert. Vor einigen Tagen enthüllten uns zwei einfache Abmessungen an der „Basistrommel" des Wildautographen,

daß die heutige Präzisionsmechanik mit Einstellungen auf $\pm 0{,}001$ mm = 1μ arbeitet. Für unsere Bemühungen dreht sich also die Frage darum, eine physiologisch bedingte natürliche Ablese- oder Einstellgenauigkeit durch mechanische Mittel nicht zu verschlechtern, sondern mindestens zu erhalten und wenn möglich zu steigern. Der Zirkelauftrag am Parallel-Lineal vergrößert ja diese okulare Grundgenauigkeit von 0,05 mm auf 0,1–0,2 mm in der zusammengesetzten Zugsfunktion!

b) Anlage des Untersuchungs-Experimentes

(siehe Fig. 1, 1. Tabelle links unten)

Auf einem Meßtischblatt wurden mit dem großen Koordinatographen Coradi 5 Doppelmarken (A, B) mit zugehörigem Zentrumspunkt C, im Abstande von 2,0 cm von der zugehörigen Grundlinie gestochen. 5 Operateure erhalten den Auftrag, 20 Distanzen verschiedener Länge rechts vom Ausgangspunkt C sukzessive aneinanderzureihen und ebensoviele links von diesem Zentrum (bei fortwährender Betätigung des Parallel-Lineals).

c) Resultate des Untersuchungs-Experimentes

Die Grundfehlertabelle, erstellt auf Grund der Kontrolle mit Coradi-Koordinatograph, gestattete sowohl die Errechnung des mittleren Fehlers der aufgetragenen Einzeldistanz sowie die mittleren Fehler pro Operateur; die letzteren errechnen sich nach der Formel

$$M_z = \sqrt{\frac{\Sigma\,(\Delta\, x^2 + \Delta\, y^2)}{40}}$$

und variieren zwischen 0,069 und 0,089 Zehntels-Millimetern. Der generelle Auftragsfehler

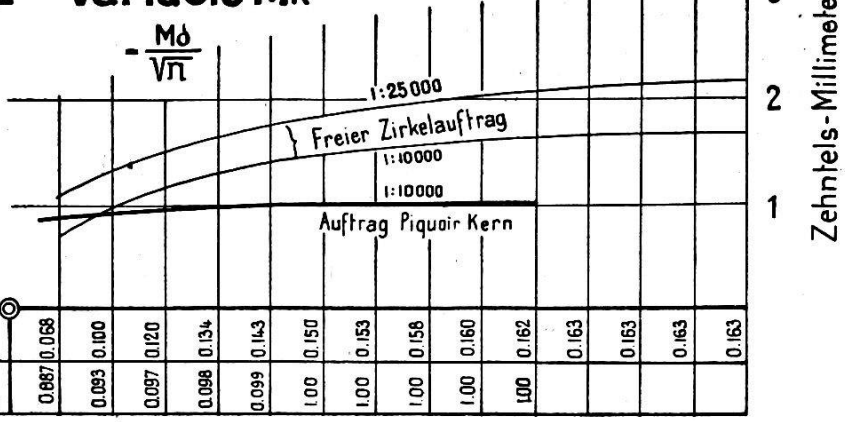
$$\underline{M_k} = \sqrt{\frac{\Sigma\,(\Delta\, x^2 + \Delta\, y^2)}{5 \times 40}} = \underline{0{,}075 \text{ mm.}}$$

Es heißt dies, *daß das Kern-Piquoir eine 25prozentige Verbesserung bringt.* Bedeutend interessanter gestaltet sich

Die Fehleruntersuchung am Zug

Wir schicken voraus, daß sich ein Bussolenzug in der Regel aus gleichviel „links- wie rechtsgestochenen", d. h. gleichviel Vorwärts- wie Rückwärtsvisuren zusammensetzt und daß die absolute Länge der aufgetragenen Detaildistanz keine Rolle spielt; letztere wird durch die als fehlerfrei zu betrachtende Teilung auf Lineal T in der Hauptsache bestimmt. Wir sehen im ferneren, daß für die Berechnung des *mittleren*

Fig 2 Variable Mk



Mk 1:10000 Zirkel	0.058	0.100	0.120	0.134	0.143	0.150	0.153	0.158	0.160	0.162	0.163	0.163	0.163	0.163
Mk 1:10000 Kern-Piquoir	0.087	0.093	0.097	0.098	0.099	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00				

Fig.3 Kartogr. Leistungskurven

mit variabeln Mk

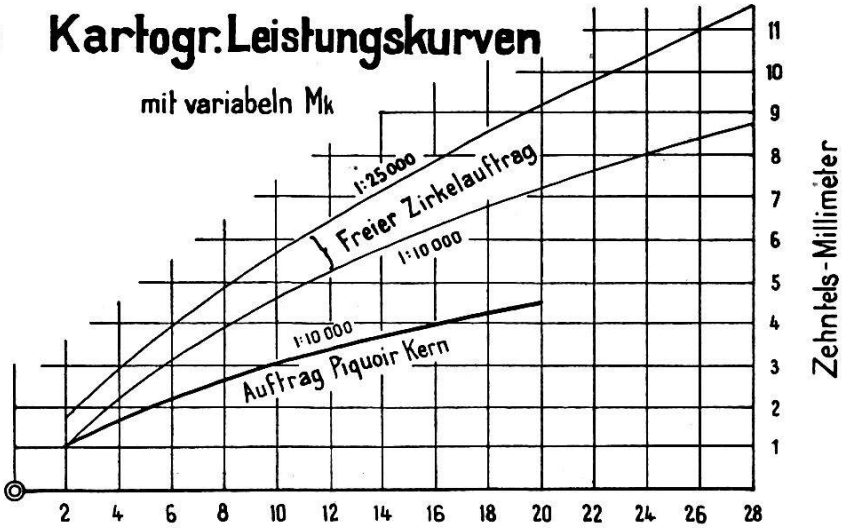
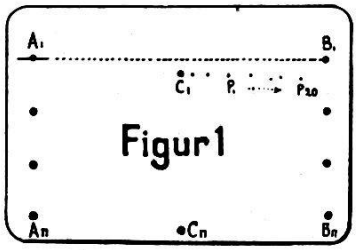
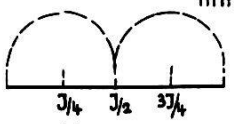


Fig.4 Fehlerverteilung im Millimeter-Intervall.

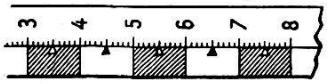


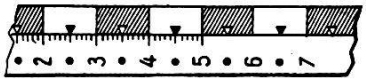
Figur 1

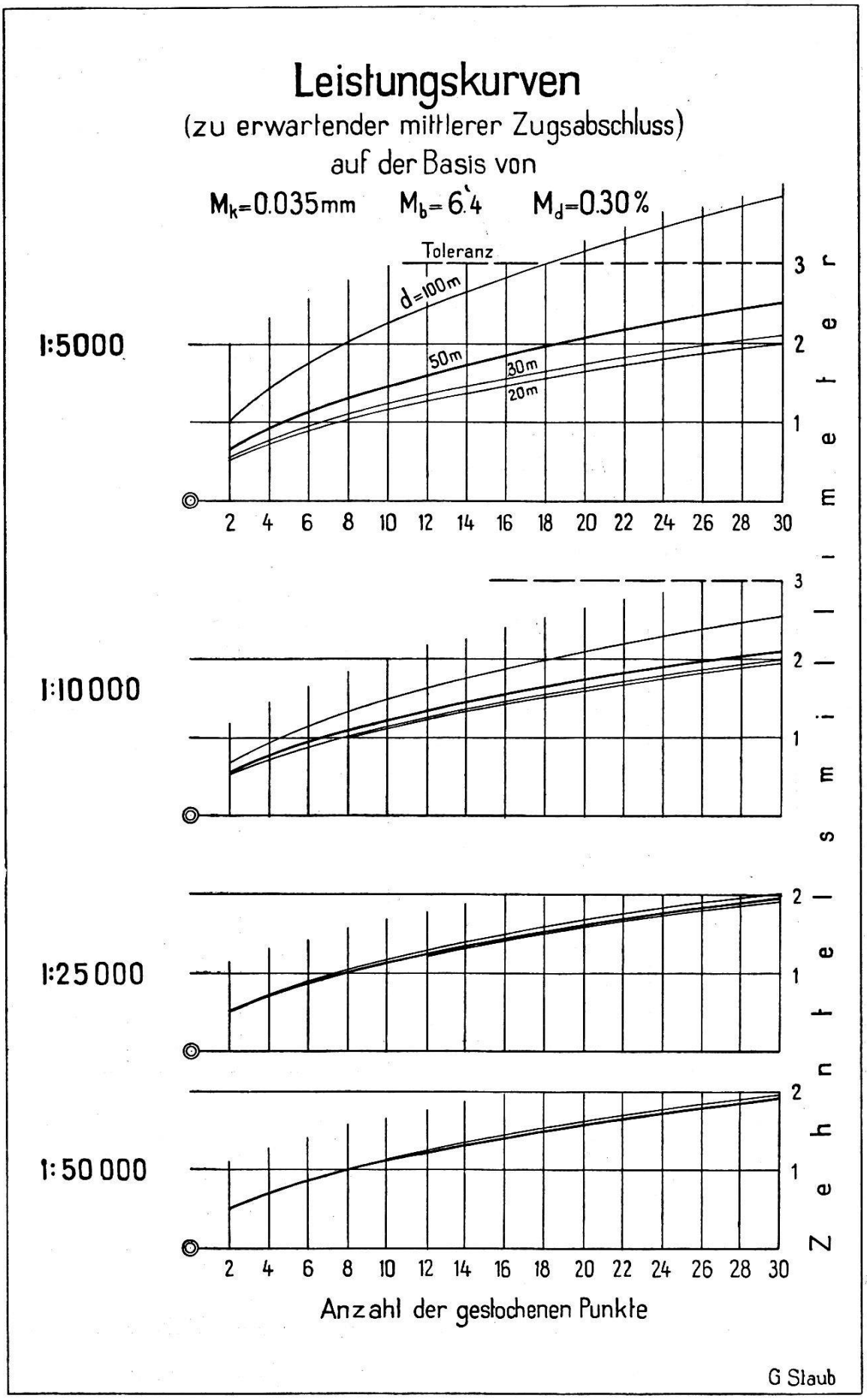


Figur 5

Topolatte






Leistungskurven
(zu erwartender mittlerer Zugsabschluss)
auf der Basis von
Mk=0.035mm Mb=6'.4 Md=0.30%
Toleranz
d=100m
50m
30m
20m
1:5000
1:10000
1:25000
1:50000
2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30
Zehntelsmillimeter
Anzahl der gestochenen Punkte
G Staub

Linearfehlers im Zugspunkte n, d. h. nach n aufgetragenen Detaildistanzen die Resultate der links- und rechtsaufgetragenen Punkte zusammengerechnet werden können; z. B. dürfen für $M\delta_{10}$ nicht nur die 5 rechtsgestochenen Resultate allein, sondern zusammen mit den 5 linksgestochenen in gleiche Rechnung einbezogen werden (trotz ungleicher Totaldistanzen). Das Resultat ergibt sich nach Formel

$$M\delta_n = \sqrt{\frac{\Sigma(\Delta x^2_n + \Delta y^2_n)}{10}}$$

Für $n = 10$ ergibt sich z. B. aus der Grundfehler-Tabelle

$$\Sigma(\Delta y^2_{10} + \Delta x^2_{10}) = 4{,}4^2 + 0{,}5^2 + 0{,}9^2 + 1{,}2^2 + \ldots \quad \text{links v. Zentrum}$$

$$+ \Sigma(\Delta y^2_{10} + \Delta x^2_{10}) = 1{,}2^2 + 4{,}2^2 + 0{,}5^2 + 1{,}0^2 + \ldots \quad \text{rechts v. Zentrum}$$

$$M\delta_{10} = \sqrt{\frac{9241}{10}} = 30 \text{ Hundertstel-Millimeter.}$$

Der Linearfehler Mδ im Zuge (Tabelle A)

n	Σ $\Delta x^2 + \Delta y^2$	$M\delta = \sqrt{\frac{\Sigma}{10}}$	$\sqrt{n}$	$M_k = \frac{M\delta}{\sqrt{n}}$	M_k' ausgegl.	$M_k' \sqrt{n}$ Z'mm
1	818	9.05	1	9.05	7.5	0.75
2	1 491	12.20	1.414	8.63	8.7	1.03
4	3 127	17.67	2.000	8.83	9.3	1.74
6	5 502	23.45	2.450	9.58	9.7	2.28
8	6 837	26.14	2.830	9.24	9.8	2.74
10	9 241	30.40	3.162	9.62	9.9	3.10
12	9 391	30.64	3.464	8.86	10.0	3.43
14	12 695	35.63	3.742	9.53	10.0	3.74
16	14 929	38.64	4.000	9.66	10.0	4.00
18	17 843	42.24	4.243	9.97	10.0	4.24
20	22 960	47.92	4.472	10.69	10.0	4.47

Tabelle A zeigt uns für $n = 1, 2, 4, 6 \ldots 20$ die bezüglichen Werte $M\delta$ samt errechnetem M_k'. Es ist nun überaus interessant, festzustellen, daß die Fehlerentwicklung am Zuge wiederum nicht absolut dem Gesetze $M_z = M_k \sqrt{n}$ folgt. ($M_k = 0{,}075$ mm = mittlerer Stechfehler pro Einzelpunkt). Dividieren wir nämlich die Werte $M\delta$ sukzessive durch $\sqrt{n}$, so erhalten wir die Werte M_k.

Wir erkennen schon in der Kolonne $M_k = \frac{M\delta}{\sqrt{n}}$ (*Tabelle A*), daß sich keine starke Steigerung bei wachsendem n ergibt; die Werte auf-

getragen und graphisch ausgeglichen, ergeben die in Fig. 2 dargestellte Kurve „Auftrag Piquoir Kern", 1 : 10 000. Diese Kurve gleicht sich der Horizontalen stark an und wir dürfen deshalb die Behauptung aufstellen, diese Auftragsvorrichtung komme der theoretischen Forderung $f = m\sqrt{n}$ bedeutend näher; ein hundertprozentig funktionierender Mechanismus müßte ja die absolute Horizontale ergeben.

In Fig. 3 (Kartogr. Leistungskurven) sind die Werte von M_k' sukzessive mit $\sqrt{n}$ multipliziert und aufgetragen. Diese Leistungskurven – in bezug auf technische Leistung eigentlich reziprok, da die größere Genauigkeit die niedrigere Höhe aufweist – ergeben uns den Vergleich zwischen mittlerer Zugsgenauigkeit auf der Basis von Zirkel- oder Piquoir-Auftrag. Die Darstellung läßt erkennen:

Die Auftragsapparatur Kern zeitigt eine Verbesserung in der Zugsfunktion von 25–40%.

d) Untersuchung der Interpolationsgenauigkeit im mm-Intervall

Es ist für unsere Zwecke bedeutsam, festzustellen, ob das Millimeter-Teilungsintervall genügende Sicherheit für die okulare Interpolation biete. Die generelle Untersuchung hat bereits eine prinzipielle Verbesserung des Punktauftrages von 25% ergeben, d. h. ein Resultat, das im Sinne langjähriger Verwendung des Transversalmaßstabes überrascht. Um uns nun auch über diese Frage Klarheit zu verschaffen, haben wir das Millimeter-Teilungsintervall, das ja allein für die Auftragsgenauigkeit verantwortlich ist, von den 40 aufgetragenen Detaildistanzen systematisch bestreichen lassen. So entstanden Distanzgruppen wie *60.1; 50.4; 80.5 ... 41.2; 91.5; 81.9* usw. Meter. Sie sind in *Tabelle B* zusammengefaßt mit ihren bezüglichen mittleren Fehlern und graphisch aufgetragen; diese Graphik zeigt (Fig. 4):

Untersuchung der Fehlerentwicklung innerhalb des Interpolationsraumes (Tabelle B)

$$m = \sqrt{\frac{\Sigma\,\delta^2}{5}} \qquad m^* = \sqrt{\frac{\Sigma\,\delta^2}{10}}$$

D	60.1	50.4	80.5	120.8	41.2	91.5	81.9	62.1	42.2	102.3	102.75
$\Sigma\delta^2$	224	348	330	159	104	184	141	484	229	155	282
m	7.0	9.3	8.1	5.7	4.6	6.1	5.3	9.8	6.8	5.6	7.5
						54.8			45.7	36.0	
D	92.8	103.25	63.4	84.3	114.4	74.8	65.2	75.6	55.7	126.0	96.2
$\Sigma\delta^2$	261	370	706	155	346	406*	95	266	866*	627*	248
m	7.2	8.6	11.9	5.6	8.3	6.4	4.4	7.3	9.3	7.9	7.1
		46.8		37.5							
D	86.7	116.8	97.2	57.5	58.3	68.5	128.6	118.7	49.3	119.5	109.8
$\Sigma\delta^2$	244	718*	406	621*	184	294	329	228	411	357	303
m	7.0	12.0	9.0	7.9	6.1	7.7	8.1	6.8	9.1	8.4	7.8

Die Ablesung im Millimeter-Intervall ist ungefähr gleich groß an allen Interpolationsörtern und ihr mittlerer Fehler $m = \pm 0{,}075$ mm, d. h. gleich dem errechneten Mittelwert aus sämtlichen Beobachtungen. Das Intervall ist also klein genug, um die theoretische Befürchtung auszuschließen, daß sich eine Leistungskurve wie in Fig. 5 ergebe.

Schlußfolgerungen

Damit wäre nach unserem Dafürhalten das Leistungsverhältnis zwischen alter Auftragsmanier mit Zirkel und Transversalmaßstab und Kern-Piquoir weitgehend abgeklärt. Die Neuerung Kern bedeutet einen Fortschritt auf diesem Gebiete. Wir erinnern aber daran, daß unsere in „Untersuchung am topographischen Bussolenzug" gestellte Forderung auf $\pm 0{,}05$ mm lautete. Nach einigen Recherchen auf dem Gebiete der Feinmechanik gelangen wir aber dazu, heute den ungefähren Drittel der Zirkelgenauigkeit, d. h. $\pm 0{,}035$ mm für unsere Zwecke zu fordern; wir gefallen uns dann immer noch in echt topographischer Bescheidenheit gegenüber dem μ der Wild'schen „Basistrommel".

Jahreswenden haben es an sich, daß sie verschiedensten „Vor- und Rückblicken" rufen. Bei solchen Meilensteinen angelangt, ertappt sich selbst der eingefleischte Spezialist der Kalkulation und Technik ein ungeradesmal dabei, wie sein Sinnen unbemerkt in die Sphäre von Imagination und Philosophie hinüberwechselt. Er erinnert sich vielleicht eigenen jugendlichen Staunens, als zum ersten Male die wunderliche „Materie des Fehlerhaften" in den Bann exakter rechnerischer Formulierung geschlagen wurde, wie dem Außenseiter „Maximalfehler" sofort der Ausschluß aus der guten Gesellschaft droht, wenn allzuschlechte Kinderstube dem Gemeinschaftsgeist zuwiderläuft. Und dann folgten Haupt- und Nebengesetze, der systematische, der persönliche, der regelmäßige und der unregelmäßige Fehler, bis auch der Jünger der Technik gleich einem Opfer der Psychoanalyse arm und nackt an den Strand geworfen wurde – bedeckt mit den Attributen des guten, mittleren oder schlechten Beobachters! Ihm aber folgt auf dem Fuße die Mittlerin „Technik", legt mit linden Händen den Mantel der Brüderlichkeit um seine Schultern, bringt hier eine Linse, dort ein Prisma an, entlastet angestrengte Augen durch Nonius, Schraube, Meßtrommel – ja Mikroskop und will uns der unseligen Fron des „Verkrampftseins" entheben.

Im Bestreben, mich mit den friedlichen Segnungen einer solchen Technik auf guten Fuß zu stellen, schaue ich fröhlichen Mutes ins „Neue" hinüber, baue mir mit den „Topokonstanten"

$$M_k = \pm 0{,}035 \text{ mm} \quad M_b = \pm 6{,}4 \quad M_d = \pm 0{,}30\,\%$$

ein zierliches Luftschlößchen, nenne es „Präzisions-Bussolenzug" und hänge ihm gleich den Aushängeschild „Leistungskurven" an die Vorderfront.

Und wie ich nun zu später Stunde der Nacht und des Jahres Reißfeder und Rechenschieber zur Seite lege, fällt mein Blick auf eine kleine Weihnachtsgabe, deren poetisch gehaltenes Motto mich in eigenen Belangen tief beeindruckte und das ich allen verehrten Lesern unserer Zeitschrift als Neujahrsgruß und -Wunsch entbieten möchte; es lautet:

„Immerdar enthüllt das Ende sich
als strahlender Beginn."

Influence de la courbure de la terre sur les triangulations aériennes

par Dr. W. K. Bachmann

I. Introduction

Les instruments photogrammétriques, ayant atteint actuellement un grand perfectionnement, permettent l'accomplissement de grands travaux de mensuration en un minimum de temps. Pour les travaux courants, la précision obtenue est très bonne. Par contre, l'établissement de triangulations aériennes à grande portée (50–100 km) rencontre aujourd'hui encore de grosses difficultés, en ce sens que la précision obtenue est souvent insuffisante. Un examen approfondi de la question montre que ces difficultés sont surtout d'ordre théorique et non pas instrumental. Il est facile de se rendre compte que les études théoriques sur la photogrammétrie présentent un retard considérable sur le développement instrumental.

Désireuse de développer des méthodes permettant la meilleure utilisation des instruments photogrammétriques pour les travaux de haute précision, la maison H. Wild S. A. à Heerbrugg m'a confié l'étude de ces problèmes.

Cette première publication traite de l'influence de la courbure de la terre sur les triangulations aériennes. D'autres publications, qui suivront, seront consacrées à de nouveaux problèmes d'erreur, à l'orientation relative et à la compensation des triangulations aériennes. Pour ce dernier problème, il est inutile d'insister sur le fait qu'aucune méthode de compensation rigoureuse n'est connue jusqu'à ce jour. Ceci prouve nettement qu'il s'agit là d'un problème très ardu pour le théoricien; on a déjà souvent exprimé l'opinion qu'il serait probablement impossible de développer une méthode de compensation rigoureuse pratiquement applicable. Il n'en est cependant nullement ainsi; la maison H. Wild S. A. à Heerbrugg publiera sous peu une méthode entièrement nouvelle pour la compensation rigoureuse des triangulations aériennes. Grâce à cette méthode et à l'emploi de l'autographe Wild A 5, une augmentation