

Paper-ID: VGI_191410



Untersuchungen über die Genauigkeit des Zielens mit Fernröhren

Alfred Noetzli ¹

¹ *Höngg (Zürich)*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **12, 13** (6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10), S. 102–111, 141–145, 164–167, 193–200, 211–221, 231–237, 248–254, 26–33, 41–49, 56–65, 76–79, 90–94, 105–109, 124–129, 140–144, 157–160

1914, 1915

Bib_TE_X:

```
@ARTICLE{Noetzli_VGI_191410,  
Title = {Untersuchungen {\u}ber die Genauigkeit des Zielens mit Fernr{\o}  
hren},  
Author = {Noetzli, Alfred},  
Journal = {\O}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessungswesen},  
Pages = {102--111, 141--145, 164--167, 193--200, 211--221, 231--237, 248--254,  
26--33, 41--49, 56--65, 76--79, 90--94, 105--109, 124--129, 140--144,  
157--160},  
Number = {6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10},  
Year = {1914, 1915},  
Volume = {12, 13}  
}
```



8. Soldner hat in seiner Abhandlung 1810 den Breitenunterschied der geodätischen Linie bei einem vollen Umlauf oder bei mehreren Umläufen bestimmt. Seine Berechnung («Ostwald's Klassiker» Nr. 184, S. 41 und 42) ist aber aus folgenden Gründen nicht richtig: Er benützt dazu die Gleichung 14) (S. 44), die aus 13) unter der Voraussetzung, daß die Seite $s b$ eine kleine Größe erster Ordnung ist, erhalten wird; dann setzt er die Länge der Kürzesten bei dem einmaligen Umlauf mit ungenügender Genauigkeit $2 \pi b$ an.

Die von ihm gegebenen allgemeinen Formeln genügen aber für die obige Bestimmung. Die Gleichung 12) (S. 33) geht für $\alpha = 90^\circ$ über in

$$12') \quad w = \arctan \frac{\tan \psi}{\cos \lambda'} - \varepsilon \cos \lambda' \psi$$

$$\text{oder } \tan (w + \varepsilon \cos \lambda' \psi) = \frac{\tan \psi}{\cos \lambda'}.$$

Für $w = 2 \pi$ erhält man

$$\tan \psi = \cos \lambda' \tan (\varepsilon \cos \lambda' \psi) = \varepsilon \cos \lambda'^2 \psi,$$

$$\text{also } \psi = 2 \pi (1 + \varepsilon \cos \lambda'^2),$$

welcher Wert, in die Gleichung

$$\sin \varphi = \sin \lambda' \cos \psi$$

gesetzt, den richtigen Näherungswert für φ liefert.

Es sei hier gestattet, noch eine Stelle bei Soldner aufzuklären. Zur Berechnung von w und φ wird von Soldner die Gleichung 15) und die Gleichung

$$\sin \varphi = \sin \varepsilon \cos \psi$$

mittels Gleichung 14) verwendet. Diese Berechnung führt für $\alpha = 90^\circ$ zu einem scheinbaren Widerspruch. Denn für $\alpha = 90^\circ$ muß statt 14) die Formel

$$\psi = s - 2 \varepsilon s + 2 \varepsilon s \cos \lambda'^2$$

und statt 15) die Formel 12') verwendet werden. Beide Berechnungen geben aber (mit Fehlern vierter Ordnung) dasselbe Resultat. Für w folgt dies daraus: Eine Verminderung von ψ um $\varepsilon s \cos \lambda'^2$ in 14) vermindert w um $\varepsilon s \cos \lambda'$ in 15). Ist aber $\mu = 0$ oder selbst erster Ordnung, so ist der Einfluß in $\cos \psi$ (S. 35) nur eine Größe vierter Ordnung, die Soldner vernachlässigt.

Untersuchungen über die Genauigkeit des Zielens mit Fernröhren.

Von Alfred Noetzi, Dipl. Ing. aus Höngg (Zürich).

I.

Vorbemerkung.

Wenn die Aufgabe gestellt ist, mit irgend einem Instrument genauere Messungen auszuführen, so wird man immer bestrebt sein, durch spezielle Versuche sich Einblick zu verschaffen in den Grad der normalerweise erreichbaren Genauigkeit. Solche Untersuchungen sollen einmal über die Leistungsfähigkeit des vorliegenden Instrumententypus Klarheit verschaffen, dann aber auch den

Weg zeigen zu günstigerer Ausgestaltung der Beobachtungsmethode, wie auch zu zweckmäßigerer Konstruktion der einzelnen Instrumentenbestandteile. Der dritte Zweck solcher Untersuchungen wird darin bestehen, Material zu liefern zur Lösung oder Illustration rein theoretischer Fragen.

Ein großer Teil der geodätischen Messungstechnik stützt sich bekanntlich auf Beobachtungen mit Zielfernröhren; der Zweck der vorliegenden Untersuchungen war nun der, möglichst Klarheit zu schaffen über die Leistungsfähigkeit dieser für den Beobachter so wichtigen Hilfsmittel, speziell zu untersuchen, in welcher Beziehung Zielfehler und Vergrößerung des Fernrohres zu einander stehen.

Wohl existieren, der Wichtigkeit des Problems entsprechend, schon eine ganze Menge von Untersuchungen, ausgeführt von Astronomen, Geodäten und Physiologen, die alle dieses ja prinzipiell sehr einfache Problem behandelt haben, natürlich jeder vom Standpunkt seines speziellen Interessengebietes aus. Wenn man aber die lange Reihe dieser Untersuchungen durchgeht, fällt einem auf, wie viele Widersprüche sich darin vorfinden, da die wenigsten der Beobachter bestrebt waren, die verschiedenen Ursachen, die in ihrer Gesamtheit den Zielfehler ausmachen, zu trennen und einzeln zu ergründen. Die Genauigkeit des Visierens mit Zielfernröhren ist trotz der relativen Einfachheit des Vorganges von so vielen Faktoren abhängig, daß auch ich absolut nicht Anspruch darauf mache, der obgenannten Forderung: Trennung der verschiedenen Beeinflussungen und Untersuchung jeder einzelnen für sich, bis in ihre äußersten Konsequenzen gerecht geworden zu sein. Immerhin glaube ich aber, durch meine Untersuchungen und die daraus abgeleiteten Resultate und Folgerungen soweit Aufklärung über das Problem des Zielens gebracht zu haben, daß, teils direkt auf meinem Beobachtungsmaterial fußend, teils bloß daran anknüpfend, Beobachter, Konstrukteur und Physiologe Anhaltspunkte für ihre speziellen Wissensgebiete werden finden können.

Die bisherigen Untersuchungen über die Leistungsfähigkeit von Zielfernröhren ergaben so viele Widersprüche, und zwar nicht nur in Bezug auf die Angaben über die absolute Größe der Zielfehler, sondern auch bezüglich des Gesetzes, nach welchem die Zielgenauigkeit mit der Fernrohrvergrößerung variiert, daß das Zielproblem trotz sehr umfangreicher Untersuchungen bisher als nicht völlig einwandfrei gelöst angesehen werden konnte. Man beachte nur z. B. den Widerspruch, der besteht zwischen den Folgerungen von Prof. Stampfer (Precht's Jahrbücher des k. k. polyt. Institutes in Wien, 18. Band, 1834) und Prof. Reinhertz (Nova Acta der ksl. Leop. Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher, Bd. LXII, Nr. 2, Halle 1894), indem ersterer direkte Proportionalität fand zwischen Zielgenauigkeit und Fernrohrvergrößerung, während letzterer zu dem Schlusse gelangte, daß die Visirgenauigkeit nur proportional der Quadratwurzel aus der Vergrößerung zunehme. Im weiteren fand Stampfer, daß der Zielfehler erhalten werden könne, indem man ca. 8" durch die Vergrößerungszahl dividiere, während z. B. Vogler (Lehrbuch der prakt. Geometrie, Braunschweig, 1885) die Größe m des mittleren Zielfehlers mit einem Fernrohr von der Vergrößerung V darstellt durch die Funktion $m = \frac{50''}{V}$.

Ohne hier näher auf Einzelheiten eintreten zu wollen, indem ich dies a. a. O. getan habe (vergl. des Verfassers Abhandlung «Untersuchungen über die Genauigkeit des Zielens mit Fernröhren»), möchte ich immerhin kurz andeuten, daß die von Reinhertz abgeleitete Beziehung $m = \frac{c}{\sqrt{V}}$ seinerseits auf einem Trugschluß beruht, insofern Reinhertz mit dieser Formel die prinzipielle Leistungsfähigkeit von Zielfernröhren charakterisieren will. Andererseits können aber auch die Versuche von Stampfer nicht in eindeutiger Weise zu einem einwandfreien Schlusse führen, wie ich ebenfalls in meiner bereits erwähnten Abhandlung nachgewiesen habe.

Diese Widersprüche aufzuklären und an Hand von ausgedehntem Beobachtungsmaterial möglichst Einblick zu verschaffen in die absolute und relative Leistungsfähigkeit von Zielfernröhren im allgemeinen ist der Zweck der nachfolgenden Ausführungen. Dabei wurde ganz speziell Gewicht gelegt auf die Untersuchung der Verhältnisse der Praxis und widmete ich mich im Besonderen der Lösung und Aufklärung der Fragen, die sich auf dem Gebiete der Triangulation ergeben.

II.

Das Beobachtungsmaterial.

1. Einleitung.

Durch das eingehende Studium bereits vorhandener Beobachtungsergebnisse sowie an Hand einiger Voruntersuchungen wurde es mir bald klar, daß das in der Hauptsache hier zu ergründende Problem: «Abhängigkeit der Zielgenauigkeit von der Vergrößerung», nur einwandfrei zu lösen sei bei möglichst streng systematischer Anordnung der Versuche.

Erst wenn genau festgestellt ist, welche Rolle die Vergrößerung spielt beim Zielvorgang, können die anderen Konstanten eines Zielfernrohres, z. B. die Fadestärke u. s. w., sowie ein Einfluß verschiedenartiger Zielobjekte etc. im einzelnen untersucht werden. Ich mußte deshalb darnach trachten, für die Ermittlung der relativen Leistungsfähigkeit verschiedener Vergrößerungen sämtliche Einwirkungen physikalischer und psychologischer Natur für alle Vergrößerungen möglichst konstant zu halten.

Als Grundbedingungen ergaben sich also:

1. Einhaltung gleichmäßiger äußerer Umstände;
2. Verwendung möglichst gleichartiger Optik;
3. Benützung gleichgroßer scheinbarer Zielobjekte für alle Vergrößerungen;
4. Einhaltung möglicher Gleichheit der übrigen Fernrohrkonstanten.

1. Einheitlichkeit in der Gestaltung der äußeren Umstände (Luftverhältnisse etc.) wurde dadurch erreicht, daß die Zielungen nur auf relativ kurze Distanzen und in abgeschlossenen Räumen ausgeführt wurden. Auf diese Art waren Bewegungen der Luft, die sonst bekanntermaßen einen sehr störenden Einfluß auf die Genauigkeit ausüben können, praktisch fast gänzlich vermieden. Soweit es die Versuchsanordnungen benötigten, wurde eine vollständige Stabilität

der Unterlage erreicht durch die Benützung eines isoliert aufgeführten Pfeilers; ebenso verwendete ich zur Beleuchtung der Zielobjekte immer konstante künstliche Lichtquellen, um ganz von den sonst nicht zu vermeidenden Änderungen der Tageshelligkeit unabhängig zu sein.

Was den 2. Punkt: «Verwendung möglichst gleichartiger Optik», anbetrifft, so erfüllte ich diese Bedingung allerdings nur bis zu einem gewissen Grade, und zwar teilweise sogar nur soweit, daß nach den allgemeinen Ansichten über die nötige Qualität geodätischer Optik die Verwendung der von mir benützten Kompositionen bei manchem Fachmann auf den ersten Blick höchst wahrscheinlich Bedenken erregen wird. Ich setzte nämlich Fernrohrobjektive mit ganz beliebigen Lupen verschiedener Brennweite zusammen, so daß sich die gewünschten Vergrößerungen ergaben.

Ich muß gestehen, daß ich am Anfang selbst schwere Bedenken hegte gegen die mehr oder weniger ganz willkürliche Zusammensetzung beliebiger Linsen zu Fernröhren, wie ich sie dann für meine Beobachtungen tatsächlich benützte; durch vergleichsweise ausgeführte Beobachtungen mit korrekt konstruierten Fernröhren ließ ich mich aber überzeugen, und wird es jeder, der meine Untersuchungen genau durchgeht, konstatieren müssen, daß ein merkbarer Einfluß bei den angewendeten speziellen Zielobjekten tatsächlich nicht zu konstatieren ist.

Als weitere Bedingung für eine möglichst einwandfreie Lösung des Problems erkannte ich nämlich bald, daß die Vergrößerungszahlen von 1 bis oder über die in der Geodäsie praktisch verwendeten gehen müssen. Speziell die Stampferschen Resultate schienen darauf hinzuweisen, daß der Schlüssel des ganzen Problems jedenfalls bei den kleineren Vergrößerungen zu suchen sei. Trotz der großen Reichhaltigkeit der geodätischen Sammlung der Eidg. Techn. Hochschule war es mir nicht möglich, Fernröhren mit allen den gewünschten Vergrößerungen zu bekommen; Unterhandlungen mit mehreren Firmen optischer Instrumente scheiterten aus verschiedenen Gründen; ich mußte mir deshalb auf andere Weise zu helfen suchen. Der Gedanke lag nun nahe, durch Einsetzen von Okularen verschiedener Brennweite in dasselbe Fernrohr die gewünschten Vergrößerungen herzustellen, und nachdem ich, wie bereits oben erwähnt, durch Vergleichen mit anderen Instrumenten die Überzeugung gewonnen hatte, daß für meine speziellen Zielobjekte der Unterschied der optischen Qualität auf den Zielfehler keinen merklichen Einfluß konstatieren ließ, stellte ich mir die meisten Vergrößerungen auf die oben beschriebene Art und Weise her. Um aber trotzdem möglichste Einheit der Optik zu bewahren, verwendete ich für die speziellen Versuchsreihen in der Hauptsache nur zwei verschiedene Objektive, während die als Okulare verwendeten Linsen entsprechend den gewünschten Vergrößerungszahlen ganz beliebigen Instrumenten entnommen wurden. Ich glaubte dies umso eher tun zu dürfen, als die schon bei den ersten Versuchen erreichten Zielfehler an und für sich ganz unerwartet klein waren. Auch wurden in allen Beobachtungsreihen Fernröhren mit effektiv zusammengehörendem Objektiv und Okular verwendet und traten die mit denselben erreichten Resultate absolut nicht aus dem Gesetz

heraus. Genauere Hinweise über die Art und Herkunft der verwendeten optischen Systeme befinden sich in der Tabelle Nr. 1.

Was die Bedingung unter 3: «Benützung scheinbar gleich großer Zielobjekte» anbetrifft, so habe ich bei der Besprechung der Resultate anderer Beobachter darauf hingewiesen¹⁾, welche große Wichtigkeit diesem Umstande zuzumessen sei. Aus jenen Resultaten geht nämlich zweifellos hervor und ist auch jedem, der schon Zielungen ausgeführt hat, ohneweiters klar, daß eine gewisse Beziehung besteht zwischen Zielfehler und scheinbarer Größe des Objektes, wozu dann bei sehr kleinen scheinbaren Objektgrößen oder relativ dicken Fäden noch die scheinbare Fadenstärke hinzukommt. Es ist nun von vornherein klar, daß die reine Beziehung zwischen Vergrößerung und Zielfehler unter sonst gleichen Umständen nur dann richtig erhalten werden kann, wenn man den Einfluß verschiedener scheinbarer Größen der Zielobjekte möglichst vermeidet. Für gewisse Fälle der Praxis, speziell beim Visieren auf Nivellier-Skalen, ist allerdings das Problem ein etwas anderes, indem dort auf eine bestimmte Intervallgröße (*cm*, $\frac{1}{2}$ *cm*, Feld etc.) in gegebener Entfernung visiert wird (das Wild-Zeiß'sche Nivellierverfahren mit Keilablesung ausgenommen). Ich trachtete also bei allen Untersuchungen, wo nicht speziell etwas anderes bemerkt ist, darnach, bei allen Vergrößerungen einer Versuchsserie immer die gleiche relative Größenbeziehung zwischen scheinbarem Intervall und scheinbarer Fadenstärke beizubehalten. Es war diese Bedingung umso leichter zu erfüllen, als es beim Zielen z. B. auf Parallelstreifen, also Einstellen des Fadens in die Mitte des Streifens, ja nur darauf ankam, die scheinbaren Größen der sichtbaren Teile des Intervalles zu beiden Seiten des Fadens bei Mittenstellung für alle Vergrößerungen einander gleich zu machen. Dadurch war sofort die Möglichkeit vorhanden, z. B. bei gegebener scheinbarer Fadenstärke eine passende Streifenbreite herauszufinden. Unter diesen Umständen ist dann natürlich, wie leicht einzusehen ist, der Zielfehler unabhängig von der Intervallgröße, wenigstens innerhalb praktischer Grenzen der scheinbaren Streifenbreiten. Darum war es auch nicht notwendig, speziell darauf zu achten, bei allen Vergrößerungen dieselben scheinbaren Fadenstärken zu verwenden, was jedenfalls gar nicht so leicht gewesen wäre. Deshalb finden sich auch in meinen Beobachtungsreihen die verschiedensten Fadendicken, ohne daß es nötig gewesen wäre, bei der Ermittlung des Zielfehlers und Vergleichen der einzelnen Reihen unter sich, den Einfluß der scheinbaren Fadenstärke zu berücksichtigen.

4. Da schon Stampfer in seinen Beobachtungsreihen Nr. 13—16 einen bedeutenden Einfluß der relativen Größe des Objektivdurchmessers, d. h. u. a. der Helligkeit des Fernrohres auf die Größe des Zielfehlers, konstatiert hatte und ein solcher Einfluß auch ohneweiters plausibel erscheint, war ich bemüht, soweit als möglich für alle Vergrößerungen in dieser Hinsicht gleiche Verhältnisse herzustellen. Wo es die Umstände erlaubten, wurden deshalb durch Vorsetzen von Blenden die Objektivöffnungen immer so gehalten, daß die Austritts-

¹⁾ Vergleiche des Verfassers Abhandlung: «Untersuchungen über die Genauigkeit des Zielens mit Fernröhren».

pupillen 1.0 *mm* im Durchmesser hatten, eine Größe, die bei sehr vielen geodätischen Fernröhren tatsächlich ja auch vorkommt.

2. Die verwendeten Fernröhren.

a) Allgemeine Bemerkungen.

Wie schon eingangs erklärt, stellte ich mir die verschiedenen Vergrößerungen auf die Weise her, daß ich in mehr oder weniger beliebiger Anordnung zwei Linsen oder Linsensysteme zu einem Fernrohr zusammensetzte. Um das gesuchte Gesetz der Variation des Zielfehlers mit der Vergrößerung möglichst zuverlässig zu erhalten, war ich bestrebt, nicht nur eine große Zahl von Vergrößerungen anzunehmen, sondern diese Vergrößerungen in möglichst gleichmäßigen Abstufungen zu erhalten. Aus diesem Grunde mußten alle anderen Ansprüche an eine qualitativ gute Optik mehr oder weniger zurücktreten, doch hat sich auf den Verlauf der Reihen merkwürdigerweise absolut kein nachteiliger Einfluß bemerkbar gemacht, was aber jedenfalls nur auf die relative Einfachheit der Zielobjekte zurückzuführen ist.

Ein Fernrohr ohne Vergrößerung (im weiteren bezeichnet mit Fernrohr $V=1$) erhielt ich dadurch, daß ich von einem gewöhnlichen Feldstecher die beiden Objektive von je ca. 130 *mm* Brennweite in zwei ineinander verschiebbaren Röhren derart befestigte, daß die optischen Axen der beiden Linsen ungefähr zusammenfielen.

Zur Herstellung der anderen Vergrößerungen, wo es sich nicht um spezielle Fernröhren, z. B. zur Vergleichung oder zu anderen Zwecken, handelte, wurde das Fernrohr eines großen 21 *cm*-Theodolits von Wanschaff sowie das Fernrohr des seinerzeit für die Absteckung des Mont Cenis- und Gotthardtunnels benützten Passage-Instrumentes verwendet. Das erstere, im weiteren bezeichnet mit «Fernrohr Th. Wanschaff», besitzt ein Objektiv von 41 *mm* Öffnung und 410 *mm* Brennweite; das letztere, im weiteren Verlauf der Abhandlung bezeichnet mit «Passage-Instrument Gotthard», besitzt ein solches von 52 *mm* Öffnung und 510 *mm* Brennweite (Brunner'sches Fabrikat). In den Okularauszügen dieser beiden Rohre wurden nun, teilweise noch mit speziellen Ansätzen versehen, derart Linsen oder Linsenkombinationen als Okulare eingesetzt, daß die gewünschten Vergrößerungen sich ergaben.

Sämtliche Linsen, mit Ausnahme derjenigen für das Fernrohr $V=1$, sind entnommen von Instrumenten der geodätischen Sammlung der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich.

b) Die Vergrößerung.

Die Bestimmung der Vergrößerung geschah auf bekannte Art und Weise, indem bei auf unendlich eingestellten Fernröhren der Durchmesser des Ramsden'schen Kreischens mit einem Dynameter auf $1'_{100}$ *mm* genau gemessen und das Verhältnis: «Durchmesser des Objektivs durch Durchmesser des Ramsden'schen Kreises gleich V » gebildet wurde. Zur Kontrolle und zur Erreichung größerer Genauigkeit führte ich diese Bestimmungen mehrmals durch, und zwar

bei verschiedenen Objektivöffnungen. Die ersten zwei Male wurde das Fernrohr direkt auf Unendlich gestellt durch Visieren auf einen sehr weit entfernten Gegenstand und bei einigen Vergrößerungen vergleichsweise ein drittes Mal, indem ich das Fernrohr von Theodolit Nr. 20 der geodätischen Sammlung primär sehr genau auf Unendlich stellte, darauf gegen das Objektiv des zu untersuchenden Fernrohres richtete und hier den Okularauszug solange bewegte, bis die Fäden möglichst scharf erschienen. Wenn also durch das Okular des zu untersuchenden Fernrohres dessen Fäden ebenfalls scharf erschienen, konnte mit genügender Genauigkeit teleskopischer Strahlengang, die Grundbedingung für die angewendete Bestimmung der Vergrößerung, angenommen werden.

Die Kolonnen 2 und 3 der Tabelle Nr. 1 geben eine Übersicht über die Art und Herkunft der verwendeten Objektive und Okulare. Die kleineren Vergrößerungen wurden bis auf einige Zehntel der Einheit genau bestimmt, während dies bei den stärkeren Vergrößerungen mit der angewendeten Methode natürlich nicht mehr möglich, für meine Zwecke aber auch nicht benötigt war.

Es erübrigt noch, zu bemerken, daß sämtliche Berechnungen, soweit es die Genauigkeitsansprüche zuließen, mit dem 25 *cm*-Rechenschieber ausgeführt worden sind.

c) Die Helligkeit.

Da ein Einfluß der Helligkeit auf die Zielgenauigkeit von vornherein zu erwarten war, wurde großer Wert darauf gelegt, bei allen Vergrößerungen in dieser Beziehung möglichst gleichartige Verhältnisse zu schaffen. Dies erreichte ich dadurch, daß ich, soweit möglich, die Objektivöffnungen durch Vorsetzen von Blenden entsprechend variierte, so daß die Austrittspupille 1 *mm* im Durchmesser maß. Bei den Vergrößerungen 1, 3·1, 5·1 und 8·6 war dies aber nicht möglich, da sonst das Bildfeld zu klein geworden wäre. Ich half mir dadurch, daß ich das Objektiv soweit als möglich abblendete und eine Vixierung der Größe der Austrittspupille dadurch vornahm, daß ich dicht vor dem Okular ein schwarzes Papier mit einer ca. 1 *mm* großen runden Öffnung anbrachte. Bei den starken Vergrößerungen hinwieder war auch das Objektiv in voller Öffnung zu klein, um die obgenannte Bedingung zu erfüllen; es hat sich aber gezeigt, daß ein Ausschluß jener Reihen doch nicht nötig war, da immerhin die Verkleinerung der Austrittspupille nur eine relativ geringe war.

d) Das Auflösungsvermögen.

Ein sehr guter Einblick in die Qualität der von mir verwendeten Optik ergab sich durch die Bestimmung des Auflösungsvermögens, oder, wie es auch genannt wird, der Bildschärfe oder trennenden Kraft der verwendeten Fernrohre. Zu diesem Behufe fertigte ich mir eine Stampfer'sche Prüfungstafel an, nach denselben Verhältnissen, wie sie im «Hand- und Lehrbuch der Niederen Geodäsie» von Hartner-Doležal¹⁾, pag. 237, beschrieben ist. Für alle Vergrößerungen wählte ich dieselben relativen Helligkeitsverhältnisse, d. h. die Größe der Aus-

¹⁾ Vergl. [11] Handbuch der niederen Geodäsie von Hartner-Doležal.

trittspupille wurde gleich gemacht wie bei den Versuchen. Die Bestimmungen führten sich im Freien, im Hofe des Eidgen. Physikgebäudes, bei gleichmäßig bedecktem Himmel, d. h. mittelstarker Beleuchtung aus, und zwar zur Kontrolle auf verschiedene Distanzen, wovon einzelne dem Beobachter vorerst unbekannt waren. Es ist noch zuzufügen, daß bei den stärkeren Vergrößerungen etwas Oszillation sich bemerkbar machte, was eventuell die Verhältnisse ein wenig beeinflußt hat, aber jedenfalls nur in geringem Grade.

Das Auflösungsvermögen in Sekunden (Kolonne 5 der Tabelle Nr. 1) erhielt man, indem die Größe des letzten noch sichtbaren Intervalles durch die Distanz dividiert und dieser Quotient mit ϱ multipliziert wurde.

Tabelle Nr. 1

Vergrößerung V	Objektiv Herkunft	Brennweite m	Ocular	Antrittspupille p mm	Auflösungsvermögen A''	VA'
1	2		3	4	5	6
freies Auge						
1	Feldstecher	130	Feldstecher	1.0	38.5	38.5
3.1	Th. Wanschaff	410	Objektiv von Niv.-Instr. Nr. 118	1.0	37.8	37.8
5.1	"	do.	Objektiv von Niv.-Instr. Nr. 119	1.0	14.3	44.4
8.6	"	do.	Ablese-Lupe vom Phot. Th. Zeiss	1.0	10.4	53.0
15.7	"	do.	Ocular vom Schraubemikroskop Th. XV	1.0	6.2	53.3
25.7	"	do.	Ocular von Niv.-Instr. Nr. 115	1.0	4.7	73.8
36.4	"	do.	1. Ocular von Th. Wanschaff	1.0	2.9	74.5
45.5	"	do.	Ocular v Th. 37, Orthoskop	1.0	1.92	69.9
53	"	do.	2. Ocular von Th. Wanschaff	0.9	1.77	80.5
37	Paß-Instr. Gotthard	510	Ocular von Niv.-Instr. Nr. 115	0.8	1.72	91.1
54	" " "	do.	1. Ocular von Th. Wanschaff	1.0	1.82	67.3
66	" " "	do.	Ocular von Th. Nr. 37, Orthoskop	1.0	1.47	79.4
78	" " "	do.	2. Ocular von Th. Wanschaff	0.8	1.37	90.4
20		kl. Zeiss Nivellier-Instr. 165		0.7	1.36	106.0
24	Theodolit Nr. XVI	310	1. Ocular	1.0	4.0	80.0
29	"	do.	2. Ocular	1.0	3.4	81.6
33	Niv.-Instr. Nr. 130	370		1.0	3.1	89.9
25.7	Th. Wanschaff	410	Ocular v. Niv. Instr. Nr. 115	1.0	2.04	67.4
do.	"	do.	do.	1.6	2.4	61.7
do.	"	do.	do.	1.0	2.9	74.5
do.	"	do.	do.	0.6	4.2	108
do.	"	do.	do.	0.4	6.8	175
do.	"	do.	do.	0.2	9.0	231
36.4	"	do.	1. Ocular Th. Wanschaff	1.0	1.92	70
do.	"	do.	do.	0.7	2.89	105
do.	"	do.	do.	0.4	4.38	159

So ergab sich z. B. für die Vergrößerung $V=3.1$

$$A'' = \frac{1.65 \text{ mm}}{25000 \text{ mm}} \cdot 206265 = 13.6'',$$

indem für den letzten noch deutlich wahrnehmbaren Streifen 50—55 (für das Mittel 52) aus den Berechnungszahlen der Stampfer'schen Tabellen der Wert 1.65 mm entnommen wurde.

Die beiden anderen Bestimmungen lieferten auf die Distanzen 10 und 15 m 15.8'' resp. 13.6'', so daß sich das Mittel zu 14.3'' ergab, wie es in der Tabelle Nr. 2 eingetragen ist.

In der vorstehenden Tabelle Nr. 1 ist in der Kolonne 5 das Mittel aus den verschiedenen Bestimmungen für das Auflösungsvermögen angegeben und in der 6. Kolonne sind die Produkte Vergrößerung \times Auflösungsvermögen gebildet.

Beim Betrachten der letzten Kolonne fällt einem sofort auf die ziemlich starke Zunahme der Produkte $V \times A$ bei wachsendem V . Dies war eigentlich zu erwarten, denn es ist klar, daß stärkere Vergrößerungen relativ nicht mehr so leistungsfähig sein können, wie schwächere. Der schön regelmäßige Verlauf nach den Vergrößerungen gibt zugleich Einblick in die Leistungsfähigkeit der von mir verwendeten Optik, da fast gar keine systematischen Abweichungen gegenüber den nach strengen optischen Grundsätzen konstruierten Fernröhren zu bemerken sind.

Zum Vergleich und weil sie sonst noch teilweise zu Zielversuchen benützt wurden, sind verschiedene andere Fernröhren auf das Auflösungsvermögen hin untersucht worden, so z. B. das kleine Zeiß'sche Nivellier-Instrument, das wohl wegen des Lichtverlustes in der Fokussierlinse etwas benachteiligt erscheint. Dann wurden noch untersucht die Fernröhren von Theodolit Nr. XVI und Nivellier-Instrument Nr. 130, die beide später zu Zielversuchen auf trigonometrische Signale verwendet wurden.

Tabelle Nr. 2

Fernrohr	Vergrößerung V	Austrittspupille p mm	Auflösungsvermögen A in Sek.	A' V	$\frac{A_1''}{V} + 1''$	v
1	2	3	4	5	6	7
Freies Auge	1		$A_1'' = 38.5$			
Fernrohr V = 1	1	1	37.8	37.8	39.5	+ 1.7
Th. Wanschaff	3.1	1	14.3	44.4	13.4	- 0.9
„	5.1	1	10.4	53.0	8.6	- 1.8
„	8.6	1	6.2	53.3	5.5	- 0.7
„	15.7	1	4.7	73.8	3.5	- 1.2
Kl. Zeiss Niv. Instr.	20	1	4.0	80.0	2.9	- 1.1
Theod. N. XVI	24	1	3.4	81.6	2.6	- 0.8
Th. Wanschaff	25.7	1	2.9	74.5	2.5	- 0.4
Th. Nr. XVI	29	1	3.1	89.9	2.3	- 0.8
Niv. Instr. Nr. 130	33	1	2.04	67.4	2.17	+ 0.13
Th. Wanschaff	36.4	1	1.92	69.9	2.06	+ 0.14
Pass. Instr. Gotthard	37	1	1.82	67.3	2.04	+ 0.22
„ „ „	54	1	1.47	79.4	1.71	+ 0.24

Sehr in die Augen fallend ist die Abnahme der Größe des Auflösungsvermögens bei Verkleinerung der Austrittspupille, was sich durch die Zunahme der Größe der Beugungs-Fransen aber ohneweiters erklärt³⁾. Man sieht schon daraus, wie wichtig es war, für die Zielfehleruntersuchungen möglichst gleichgroße Austrittspupillen für alle Vergrößerungen zu verwenden.

Um eine Beziehung zwischen Vergrößerung und Auflösungsvermögen abzuleiten, will ich deshalb nur diejenigen Fernröhren benützen, bei denen die Austrittspupille 1 mm im Durchmesser war. Die Tabelle Nr. 2 gibt die entsprechenden Werte wieder.

Das Auflösungsvermögen A ließe sich jedenfalls darstellen durch die Funktion

$$A \cdot V = A_1 + k V^n,$$

wobei A_1 das Auflösungsvermögen von freiem Auge für den betreffenden Beobachter,

V die Vergrößerung des Fernrohres,

k und n noch zu bestimmende Koeffizienten bedeuten.

Es schien mir aber etwas zu gewagt, auf Grund des vorliegenden Materials bestimmte Koeffizienten zu berechnen und damit ein allgemein gültiges Gesetz der Abhängigkeit zwischen Vergrößerung und Auflösungsvermögen ableiten zu wollen. Näherungsweise mag immerhin die Beziehung gelten

$$A \cdot V = A_1 + V^n$$

oder

$$A = \frac{A_1}{V} + 1^n$$

wo A , A_1 und V die oben angegebene Bedeutung haben, k und n je = 1 angenommen sind, eine Form des allgemeinen Gesetzes, die den Vorteil größter Einfachheit hat und sich meinen Ergebnissen auch relativ gut anschließt, wie aus der Vergleichung der Kolonnen 4 und 6 der obigen Tabelle ersichtlich ist.

Damit wäre also die Beziehung gefunden:

Das Auflösungsvermögen A'' eines Fernrohres mit der Vergrößerung V , wobei V zwischen den Werten 1 und zirka 50 variieren darf und der Durchmesser der Austrittspupille 1 mm ist, läßt sich näherungsweise finden, indem man das Auflösungsvermögen von freiem Auge dividiert durch die Vergrößerungszahl und zu diesem Quotienten noch 1ⁿ addiert.

Das Hauptergebnis obiger Untersuchungen scheint mir aber zu liegen in der zahlenmäßigen Bestätigung der längst bekannten Tatsache, daß bei zunehmender Vergrößerung die Fernrohrbilder im allgemeinen relativ an Schärfe und Präzision verlieren und daß das Auflösungsvermögen des Fernrohres nicht genau proportional seiner Vergrößerung wächst, auch wenn die Diffraction der Lichtstrahlen für alle Vergrößerungen gleich angenommen werden darf. Der Hauptgrund für das Auftreten dieser Erscheinung liegt offenbar in den Resten sphärischer und chromatischer Abweichungen, die bei Vergrößerung des Objektivdurchmessers und Anwendung von Okularen kürzerer Brennweite in den meisten Fällen relativ zunehmen werden.

(Fortsetzung folgt.)

³⁾ Vergl. Helmholtz: Über die theoretische Grenze für die Leistungsfähigkeit der Mikroskope. Pogg. Annalen, Jubelband, 1874.

Untersuchungen über die Genauigkeit des Zielens mit Fernröhren.

Von Alfred Noetzli, Dipl. Ing. aus Höngg (Zürich).

(Fortsetzung.)

e) Allgemeine Bemerkungen über die optische Qualität der verwendeten Fernröhren.

Es konnte natürlich nicht ausbleiben, daß bei der vom Standpunkte optischer Korrekturen (sphärische und chromatische Abweichungen etc.) aus ganz willkürlichen Zusammensetzungen zweier Linsen oder Linsensysteme zu einem Fernrohr einige Nachteile in jenen Beziehungen nicht zu vermeiden waren. So zeigten denn fast alle Vergrößerungen bei sehr greller Beleuchtung der Zielobjekte ziemlich starke Farbenbrechungen gegen den Rand des Gesichtsfeldes hin. Da aber die Zielobjekte immer möglichst ins Zentrum des Bildfeldes verlegt wurden, war ein nachteiliger Einfluß bei meinen Messungen nicht konstaterbar. Ebenso konnten bei keiner Vergrößerung sphärische Abweichungen konstatiert werden, noch sind irgendwie in den Versuchsreihen systematische Einflüsse, herkommend von schlechter Optik, bemerkbar.

Um mir trotzdem möglichst Einblick zu verschaffen in den eventuellen Einfluß sphärischer und chromatischer Abweichungen, stellte ich mir ein Fernrohr her, das als «Extrem» in Bezug auf schlechte Optik gelten konnte. Als Objektiv nahm ich eine ganz gewöhnliche Ableselupe von ca. 4 mm Durchmesser und ca. 13 mm Brennweite; als Okular wählte ich die Augenlinse eines Okulars des Fernrohres von Th. Wanschaff. Die erreichte Vergrößerung war ca. 16 fach; die Ergebnisse konnten also sehr gut mit den Resultaten der Vergrößerung $V=15.7$ verglichen werden. Wie vorausszusehen, zeigten sich außerordentlich stark farbige Ränder im ganzen Gesichtsfelde und auch nur einigermaßen scharf konnte wegen den starken sphärischen Abweichungen gar nicht eingestellt werden. Der mittlere Zielfehler war denn auch etwa 30—40% größer als derjenige mit der fast gleichen Vergrößerung von $15.7 \times$ auf das gleiche Zielobjekt erreichte; immerhin betrug die Abweichung doch nicht so viel, als man hätte vermuten können, und so durfte ich rückschließend annehmen, daß die Fehlervergrößerung bei den anderen Versuchsfernrohren nur wenige Prozent betragen würde, also zu vernachlässigen war. Damit war die einwandfreie Anwendbarkeit der von mir benützten Fernröhren genügend sichergestellt.

f) Die Fadenstärke.

Die Bestimmung der scheinbaren Fadenstärke, soweit nicht die effektiven Breiten der Fäden direkt meßbar waren, führte ich auf zwei verschiedene Arten durch.

Auf einem weißen Blatt Papier wurden Striche von zehn verschiedenen bekannten Dicken nebeneinander scharf aufgezeichnet. Bei der einen Art der Bestimmung stellte ich das Fernrohr auf die in bestimmten Distanzen aufgestellten Strichreihen ein und wählte unter den Strichen denjenigen aus, welcher der scheinbaren Fadenstärke am nächsten kam.

Bei der anderen Methode der Bestimmung richtete ich das Fernrohr gegen eine helle Fläche und verglich nun, mit dem einen Auge durch das Fernrohr, mit dem anderen nach den in 50 *cm* vom Auge entfernt aufgestellten Strichreihen blickend, die scheinbare Fadenstärke mit den effektiven Strichbreiten. Beide Methoden ergaben eine ziemlich gute Übereinstimmung, doch wurden bei den sehr großen Verschiedenheiten der verwendeten scheinbaren Fadenstärken die Werte nur auf Zehner-Sekunden angegeben.

Als Beispiel gebe ich hier die Bestimmung der scheinbaren Stärke desselben Fadens, aber unter Anwendung der beiden verschiedenen Methoden, sowie zweierlei Vergrößerungen.

1. Methode:

Mit der 24fachen Vergrößerung wurde auf die 21·0 *m* entfernten Strichreihen eingestellt und gefunden, daß die scheinbare Fadenstärke einem Strich von der Dicke 0·30 *mm* am besten entspreche. Die Rechnung liefert dann

$$\frac{0.30}{21.000} \times 206.265 \times V = 2.95'' \times 24 = 70.7'' = \approx 70''$$

scheinbarer Stärke.

2. Methode:

Durch direktes Vergleichen des durch das Okular gesehenen Fadens mit den in 50 *cm* vom Auge aufgestellten Strichreihen zeigte sich, daß die Dicke eines Striches von 0·20 *mm* der scheinbaren Fadenstärke am besten entsprach. Da durch das Einsetzen eines anderen Okulars die Vergrößerung auf $V=29$ gesteigert worden war, erschien natürlich auch die scheinbare Fadenstärke vergrößert. Es ergab sich nämlich

$$\frac{0.20}{500} \cdot 206.265 = 82.5'' = \approx 80'' \text{ scheinbarer Stärke.}$$

Dieser Wert von 82·5'' scheinbarer Fadenstärke entspräche also, durch die Vergrößerungszahl 29 dividiert, einem effektiv vom Faden verdeckten Winkelraum von 2·84'', was als genügende Übereinstimmung mit dem oben gefundenen Wert 2·95'' angesehen werden darf.

Wo Doppelfäden zur Verwendung kamen, ermittelte ich den Abstand der Fäden durch Messen mit einem Winkelmeßinstrument. Die scheinbare Fadenstärken ergab sich dann durch Multiplikation mit der entsprechenden Vergrößerungszahl.

Da im Laufe der Untersuchungen eine sehr große Anzahl von Fäden zur Verwendung kam, würde es zwecklos sein, hier eine spezielle Übersicht über die scheinbaren Fadenstärken etc. zu geben. Alle diesbezüglichen Angaben finden sich, wo nötig, jeweils bei den entsprechenden Versuchsreihen aufgeführt.

Prinzipiell ist daran festzuhalten, daß bei den angewendeten speziellen Zielobjekten bis zu einer gewissen Grenze die wirkliche oder scheinbare Fadenstärke auf die Größe des Zielfehlers keinen Einfluß ausüben kann, wenn nur immer die Grundbedingung: «Scheinbare Intervallgrößen zu beiden Seiten des Fadens für alle Vergrößerungen die gleiche» erfüllt ist. Für die Praxis liegt der Fall natürlich anders; ich werde bei der Besprechung der Untersuchungen auf

trigonometrische Signale auf die Bedeutung der scheinbaren Fadenstärke zurückkommen.

3. Die Beobachtungsmethoden.

a) Beobachtungen ohne Fernrohrfäden.

Ich habe bereits weiter oben mitgeteilt, welche Gesichtspunkte für mich maßgebend waren, um eine möglichst einwandfreie Beziehung abzuleiten zwischen Vergrößerung und Zielgenauigkeit. Dabei wurde vorerst noch keine Unterscheidung getroffen, ob der Faden, mit dem Zielungen auf das Objekt ausgeführt wurden, in der Bildebene des Objektivs, wie bei den gewöhnlichen Zielfernröhren, oder außerhalb des Fernrohres sich befinden sollte. Dioptr-Instrumente glaubte ich ganz vernachlässigen zu dürfen, indem sie ihre frühere Bedeutung ja größtenteils verloren haben. Es lag aber der Gedanke nahe, den Faden direkt vor dem Zielobjekt zu verschieben und daraus die Leistungsfähigkeit der verschiedenen Vergrößerungen abzuleiten. Diese Anordnung der Versuche hat verschiedene, nicht zu unterschätzende Vorteile:

1. kann die Bedingung, die Größenbeziehung zwischen scheinbarem Intervall und Fadenstärke für alle Vergrößerungen konstant zu halten, durch Variation der Distanz vom Fernrohr bis zum Zielobjekt entsprechend der Vergrößerungszahl bis zu jeder beliebigen Genauigkeit erfüllt werden;
2. ist es möglich, Parallax-Erscheinungen praktisch vollständig auszuschalten;
3. kann die Ablesegenauigkeit durch zweckentsprechende Anordnung auf einfache Weise bis zu jeder beliebigen Grenze getrieben werden;
4. ist jeder Einfluß auf die Größe des Zielfehlers, herkommend von Erschütterungen des Instrumentes (z. B. durch un stabile Aufstellung etc.), praktisch vollständig ausgeschlossen, und
5. fällt das Zittern der Luft, das genaue Messungen ja manchmal ganz unmöglich machen kann, bei dieser Anordnung fast völlig außer Betracht.

Die erste Bedingung, dem Auge mit allen Vergrößerungen immer das gleiche Bild darzubieten, wurde dadurch erfüllt, wie bereits oben angegeben, daß die Distanzen von Fernrohr bis Zielobjekt entsprechend den Vergrößerungszahlen variiert wurden. Betrug nämlich diese Distanz bei der Vergrößerung $V = 1\times$, z. B. 1.00 m , so wurde sie bei der Vergrößerung $V = 3.1\times$ auf 3.1 m , bei der Vergrößerung $36.4\times$ auf 36.4 m u. s. w. erhöht, so daß das durch das Fernrohr beobachtende Auge an und für sich gar nicht hätte konstatieren können, welche Vergrößerungs- und entsprechenden Distanzverhältnisse momentan vorlagen.

Die unter 2) genannten Parallaxerscheinungen ließen sich praktisch dadurch ganz vermeiden, daß der bewegliche Faden hart vor dem Zielobjekt vorbeigeführt wurde, immerhin so, daß keine Mitschleppung eintreten konnte. Durch das Fernrohr hindurch aus den gewählten Entfernungen betrachtet, konnten dann Faden und Zielobjekt als genau in derselben Ebene liegend angenommen werden.

Auf diese Weise, d. h. wenn die Ablesevorrichtung genügend genau war, konnte wirklich der Zielfehler für sämtliche Fernröhren als Funktion der Ver-

größerung allein erhalten werden, was natürlich zur Bestimmung der Abhängigkeit zwischen diesen beiden Größen von außerordentlichem Werte war.

Die Anordnung der Versuche selbst geschah folgendermaßen:

Auf dem Schlitten eines Zeiß'schen Stereokomparators wurde eine Tafel mit einem bestimmten Zielobjekt solid befestigt. Dieser Schlitten konnte in sehr genauer Führung bewegt werden mit einer Mikrometerschraube von 1.0 mm Ganghöhe. Am ruhenden Untergestell wurde ein Rahmen, auf den schwarze Papierstreifen von zweckentsprechender Breite als «Fäden» aufgespannt werden konnten, fest angeschraubt und, wie schon früher bemerkt, Faden und Zielobjekt so nahe als möglich übereinander gebracht. Durch Bewegen des Schlittens¹⁾ mittelst der Schraube, die an einer Trommel 0.01 mm Verschiebung ablesen und 0.001 mm schätzen ließ, wurde in Serien von je 20 Visuren versucht, den Faden möglichst in die Mitte des Zielobjektes zu bringen. Eine Untersuchung der Schraube auf periodische oder zufällige Fehler war nicht nötig, da die Einstellungen meist innerhalb eines Zwanzigstels einer Umdrehung lagen und der mittlere Einstellfehler gewöhnlich so klein war, daß eventuelle Unregelmäßigkeiten der Schraube darin gar nicht zum Ausdruck gelangen konnten. Nach jeder Visur wurde die Schraube ca. eine Umdrehung zurückgedreht und dann wieder von neuem eingestellt. Die Einstellungen geschahen immer in positivem Sinne (Schraube drückend), wie selbstverständlich auch allen anderen Vorsichtsmaßregeln, wie sie beim Gebrauch von Mikrometerschrauben ja unbedingt nötig sind, möglichste Beachtung geschenkt wurde.

Anfangs folgte ich dem Beispiel anderer Beobachter in ähnlichen Fällen, indem ich die Einstellungen an der Zieltafel durch einen Gehilfen vornehmen ließ. Dieses Verfahren birgt aber so viele Nachteile in sich, wie jedem, der schon ähnliche Arbeiten ausgeführt hat, wohl bekannt ist (ich erinnere nur an die Umständlichkeit des Dirigierens des Gehilfen, ferner an die trotz aller Vorsicht unvermeidliche Genauigkeitseinbuße), so daß ich mich bestrebte, ein Verfahren herauszufinden, bei welchem ich neben dem Beobachten durch das Fernrohr auch die Einstellungen selbst vornehmen konnte. Zuerst dachte ich daran, die Verschiebung der Zielobjekte durch einen kleinen Elektromotor, der direkt vom Beobachter am Fernrohr aus bedienbar gewesen wäre, vornehmen zu lassen und nur für die Ablesungen einen Gehilfen zu verwenden. Da kam ich aber auf die eigentlich so naheliegende Idee, einen Spiegel zu benutzen, und zwar so, daß der Verschiebe-Apparat mit dem Zielobjekt direkt neben den Beobachter zu stehen kam, der Spiegel aber in gewisser Entfernung so aufgestellt war, daß durch das Fernrohr im Spiegel das Bild des Zielobjektes gesehen werden konnte. Die Entfernung des Spiegels wurde dabei so gewählt, daß die Summe der Distanzen vom Fernrohrobjekte bis zum Spiegel und vom Spiegel zurück bis zur Zieltafel gleich der weiter oben definierten Distanz wurde. Nun war die Grundbedingung eines sehr raschen und zuverlässigen Arbeitens gegeben, falls nämlich die Qualitäten des Spiegels auch die Verwendung der stärkeren Vergrößerungen gestatteten.

¹⁾ Für den weiteren Verlauf der Abhandlung will ich für diese ganze Vorrichtung den Namen «Verschiebe-Apparat» festsetzen.

Zuerst führte ich Untersuchungen aus mit einem ganz gewöhnlichen Spiegel, doch zeigten sich schon bei 20—30facher Vergrößerung Verzerrungen, die die Genauigkeit der Messungen sehr beeinflussten. In sehr entgegenkommender Weise wurde mir aber von Herrn Prof. Dr. Weiß ein Präzisionspiegel aus der physikalischen Sammlung der Eidgen. Techn. Hochschule zur Verfügung gestellt, der auch den äußersten Anforderungen, die ich an ihn zu stellen hatte, Genüge leistete. Sofort bei Anwendung des Spiegels, d. h. bei persönlichem Einstellen, konstatierte ich eine ganz merkbare Zunahme der Genauigkeit, die ihre Erklärung ja leicht darin findet, daß die Übertragung von Wahrnehmungen der Sinnesorgane im eigenen Körper naturgemäß viel schneller und sicherer vor sich geht, als wenn diese Übertragungen durch Rufen oder Zeichengeben auf einen fremden Organismus vorgenommen werden müssen.

Um aber ganz einwandfreie Resultate zu erhalten und auch von unwillkürlichen Beeinflussungen möglichst befreit zu sein, ließ ich bei den meisten Serien die Ablesungen durch eine andere Person vornehmen, so daß der Beobachter bis zur Beendigung der Reihe über deren Resultat vollständig im Ungewissen und daher auch ganz unbeeinflusst war. Erst nachdem ich überzeugt sein konnte, persönliche Beeinflussungen fast ganz ausschalten zu können, nahm ich die Ablesungen größtenteils selbst vor. (Fortsetzung folgt.)

Praktische Winke für Messungen zur Ergänzung der Katastralmappen.

Von Julius Hanisch, k. k. Obergemeister in Römerstadt.

(Schluß.)

Es sei noch einiges über die Begrenzung der Neuaufnahme gesagt. Während bei Irmsdorf (Figur 38) das Aufnahmegebiet im Norden mit der Reichsstraße, im Süden mit der Bahn, im Westen und Osten mit Parzellengrenzen abgeschlossen ist, wäre ein solch ähnlicher Abschluß bei Christdorf nicht möglich gewesen, da die Felder, von West und Ost kommend, in den Ortsried hineinreichen. Es wurde daher das Aufnahmegebiet durch die Verbindungslinien der äußeren Polygonpunkte begrenzt (siehe Figur 41). Hiedurch werden die Randparzellen zum Teile in der Beimappe (1:1440), zum Teile in der Katastralmappe enthalten sein, z. B. die Parzellen 823/2 und 687/2. Jeder einzelne Parzellenteil wird natürlich in der entsprechenden Mappe berechnet und, schon aus dem Grunde, weil beide Mappen verschiedene Genauigkeit aufweisen, auch fernerhin bei Änderungen in der Mappendarstellung wie eine eigene Parzelle behandelt. Im Parzellenprotokolle sowie in den Grundbesitzbögen wird z. B. die Parzelle folgendermaßen geführt:

Parzelle 823/2, Teil in der Neuaufnahme 20 a 28 m²

« « « « « alten Mappe . 1 ha 98 a 06 m²

Es bleibt somit bei weiterer Evidenzhaltung die Genauigkeit der Neuaufnahme vollständig gewahrt.

Untersuchungen über die Genauigkeit des Zielens mit Fernröhren.

Von Alfred Noetzli, Dipl. Ing. aus Höggen (Zürich).

(Fortsetzung.)

Zur Kontrolle der von mir gefundenen Resultate und zur Erlangung von weiterem Beobachtungsmaterial ließ ich einzelne Serien auch von anderen Beobachtern ausführen. Es waren dies u. a. Studierende der Ingenieurschule, im Beobachten noch fast ohne Praxis, deren Resultate daher in gewissen Beziehungen umso wertvoller sind.

Im übrigen möchte ich darauf hinweisen, daß die ermittelten Werte der Zielfehler noch nicht an der Grenze des Erreichbaren stehen, was schon durch den relativ geringen Aufwand an Zeit genügsam dargetan ist. Ich brauchte nämlich, natürlich exklusive aller Vorbereitungen, durchschnittlich 5—6 Minuten für eine Reihe von 20 Beobachtungen, also etwa 15—18 Sekunden pro Einstellung, Ablesung an der Trommel, etc.

Der leitende Gedanke, den ich meinen Versuchen zu Grunde legte, um für alle Vergrößerungen die ihnen relativ entsprechenden Zielfehler zu erhalten, war der, dem beobachtenden Auge immer scheinbar das gleiche Zielobjekt darzubieten, um jeden psychologischen Einfluß z. B. eines scheinbar größeren Intervalles etc. zu vermeiden. So schien allein schon durch reine Überlegung das Gesetz der umgekehrten Proportionalität zwischen Vergrößerung und Zielfehler plausibel zu sein, indem eben unter diesen Umständen das beobachtende Auge durch das Fernrohr gar nicht konstatieren konnte, was für Vergrößerungs- und Distanzverhältnisse jeweilen vorlagen. Um aber doch von eventuell durch besondere Verhältnisse bedingten Distanzunterschieden möglichst unabhängig zu sein, traf ich eine geeignete Wahl der Zielobjekte. Verschiedene Versuche ließen die Form eines Keiles¹⁾ als die geeignetste erscheinen, indem bei dieser Anordnung eine kleine Änderung der scheinbaren Größe des Gesamtzielobjektes fast keine Rolle spielt, da der Winkel des Keiles ja beständig der gleiche bleibt. Auch kann eine geringe Abnahme der Helligkeit, bedingt durch eine kleinere Austrittspupille bei den starken Vergrößerungen $V=66$ und $V=78$, keinen starken Einfluß ausüben, so daß sich auch keine merkliche Benachteiligung jener Reihen ergeben konnte.

Um mir Gewißheit zu verschaffen, bis zu welcher Grenze die Mikrometerschraube, die zur Verschiebung des Zielobjektes hinter dem Faden diente, zuverlässig sei, führte ich unter den günstigsten Umständen mit relativ starker Vergrößerung und kleiner Entfernung des Zielobjektes eine Serie von zwanzig aufeinander folgenden Beobachtungen aus. Da sie zur Charakterisierung der erreichbaren Genauigkeit einiges Interesse bietet, sei sie hier im Detail aufgeführt. Im weiteren sei bemerkt, daß sämtliche nachfolgenden Untersuchungen ausgeführt wurden im Laufe der Jahre 1912 und 1913; soweit spezielle Gesichtspunkte es verlangten, ist der genaue Zeitpunkt der Beobachtungen noch besonders angegeben.

¹⁾ Vergl. Fig. 1 a, b, c.

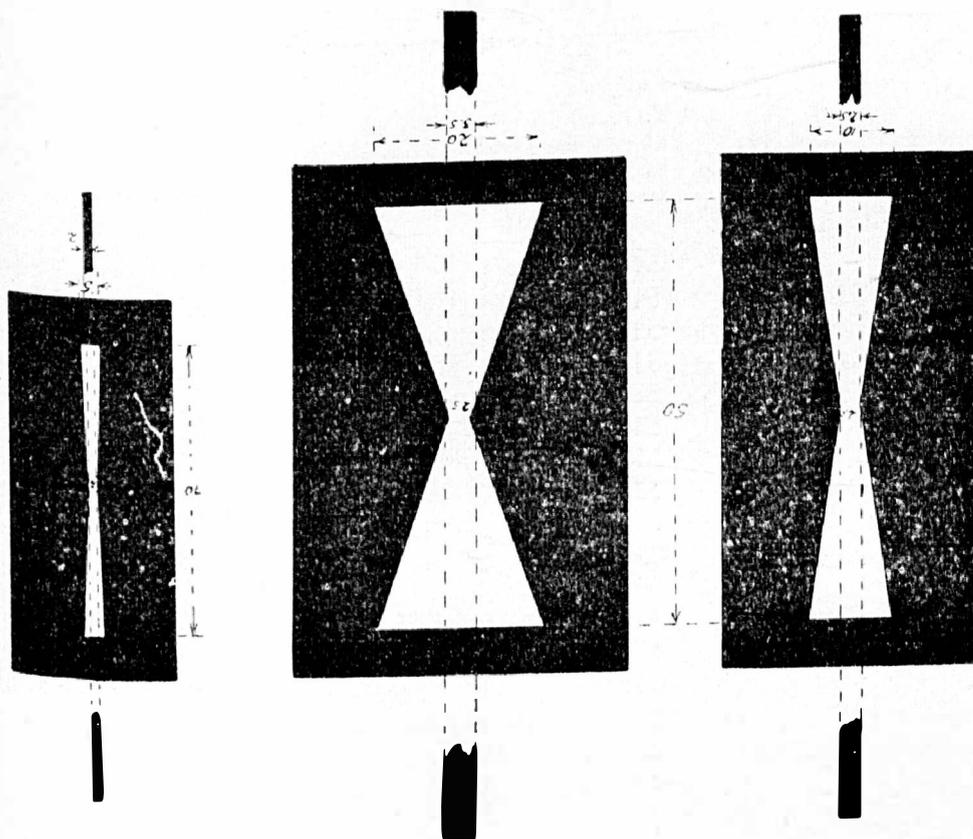


Fig. 1 a, b, c.

Zielobjekt: weißer vertikaler Parallelstreifen auf schwarzem Grunde, $3.5 \times 50 \text{ mm}$.

«Faden»: schwarzer Papierstreifen, 3.4 mm breit, d. h. von dem Zielstreifen ist bei Mittenstellung des Fadens im Interesse genauer Zielung so wenig sichtbar wie möglich.

Fernrohr: $V = 30$ (Nivellier-Instrument Zeiß).

Spiegel in 2.45 m Entfernung, so daß die totale Distanz vom Fernrohr-objektiv bis zum Spiegel und zurück zum Zielobjekt 4.90 m beträgt.

25. Februar 1913.

Beobachter: Nötzli. Ablesungen: Nötzli. (Siehe Tabelle Nr. 3.)

Der mittlere Fehler m einer einzelnen Beobachtung wurde berechnet nach der in der Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate allgemein gebrauchten Formel²⁾

$$m = \sqrt{\frac{(v v)}{n - 1}},$$

wobei die einzelnen v gebildet sind als Differenz zwischen arithmetischem Mittel und Ablesung und n die Anzahl der Beobachtungen ist.

²⁾ Vergl. Helmert: Ausgleichsrechnung, pag. 31.

Tabelle Nr. 3.

Ablesungen u. d. Trommel μ	v	vv
517	- 1	1
515	+ 1	1
517	- 1	1
515	+ 1	1
516	0	0
515	+ 1	1
512	+ 4	16
518	- 2	4
518	- 2	4
515	+ 1	1
519	- 3	9
516	0	0
519	- 3	9
515	+ 1	1
515	+ 1	1
516	0	0
517	- 1	1
519	- 3	9
515	+ 1	1
515	+ 1	1
10324:20	+ 12	52
= 516	- 16	= [vv]

$$m = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} = \sqrt{\frac{52}{19}} = \pm 1.66 \text{ Mikron.}$$

Man sieht aus diesem kleinen Werte des mittleren Fehlers (1.66 Mikron), in dem ja noch der Zielfehler am Objekt und der Schätzungsfehler an der Trommel enthalten sind, daß der Betrag der Unsicherheit, der von der Schraube herrührt, bei den nachfolgend aufgeführten Reihen dem Zielfehler gegenüber jedenfalls vernachlässigt werden darf. Das Gleiche wurde angenommen von dem Schätzungsfehler der Ablesungen an der Trommel, der ja allgemein ungefähr die Hälfte der Schätzung, hier also 0.5 Mikron beträgt, so daß daher jeder Einstellungsfehler als nur vom Zielen herrührend betrachtet und demgemäß behandelt wurde.

In dieser Weise wurden auf verschiedene Zielobjekte mit wechselnden Vergrößerungen Visierfehlerbestimmungen ausgeführt, und zwar im ganzen sechs Serien.

Mit Rücksicht auf den großen Umfang dieses Beobachtungsmaterials (die vorliegenden Untersuchungen «ohne Fernrohrfäden» umfassen etwa 1300 Visuren) muß von der Mitteilung aller Beobachtungen und Rechnungen abgesehen werden.

Als Beispiel für die genaue Art der Anordnung der Versuche sowie zur Erklärung des Ganges der Berechnungen gebe ich aber weiter unten eine ganze Serie im Detail wieder.

In einer ersten Serie wurden, unter Benützung eines Zielobjektes nach Fig. 1a, neun Beobachtungsreihen ausgeführt (vergl. Kolonne 2 der Tabelle Nr. 6). Zur Zeit der Ausführung dieser Serien standen mir die Vergrößerungen $V = 37, 54, 66$ und 78 (Fernrohr des Passage-Instrumentes Gotthard) noch nicht zur Verfügung, weshalb die Serie nur unvollständig ist. Die Beobachtungen durch das Fernrohr wurden vom Verfasser, die Ablesungen an der Trommel des Verschiebeapparates von Herrn Dipl.-Ing. P. Engi vorgenommen.

In einer zweiten, dritten und vierten Serie (vergl. Kolonnen 3, 4 und 5 der Tabelle Nr. 7) wurden unter ähnlichen äußeren Umständen die Beobachtungen von mir, die Ablesungen von J. Albrecht, Meßgehilfe, ausgeführt, und zwar unter Benützung von Zielobjekten nach Fig. 1b und 1c.

Alle Beobachtungen fanden abends nach eingetretener Dunkelheit statt. Fernrohr und Zielobjekt standen neben einander auf einem Tisch im Zimmer Nr. 32b der E. T. H. Als Spiegel wurde teilweise für die kleineren Vergrößerungen ein gewöhnlicher, für alle stärkeren Vergrößerungen (von $V = 25.7$ an) der weiter oben erwähnte Präzisionsspiegel verwendet. Fernrohr und Zielobjekt blieben der Einfachheit halber an demselben Standorte; entsprechend den gewünschten Distanzen nach der Bedingung $\frac{\text{Distanz}}{\text{Vergrößerung}} = \text{konstant}$, wurde jeweils nur der Aufstellungsort des Spiegels verändert. Die Zielobjekte waren beleuchtet von zwei symmetrisch angeordneten elektrischen Glühlampen in zirka 20–30 cm Entfernung, so daß der Faden keinen durch das Fernrohr sichtbaren Schatten werfen konnte. Der Beobachter selbst war vor direktem Licht geschützt durch einen vorgespannten dunklen Schirm.

(Fortsetzung folgt.)

Vorschlag einer fünfstelligen Logarithmentafel ohne Interpolation.

Von Ingenieur **Thomas Dambski**, Assistent der Techn. Hochschule in Lemberg.

Manchmal habe ich bemerkt, daß selbst die besten, eingeübten und erfahrenen Rechner, wenn sie fünfstellig rechnen sollen, Zeitersparnisse wegen immer lieber siebenstelligen Tafeln gebrauchen und hiebei die unnötigen zwei letzten Ziffern weglassen. Das geschieht aus zwei Gründen; erstens bei den gewöhnlichen Zahlen braucht man immer bei fünfstelligem Rechnen auch die fünfte Numerusstelle (wenn nicht, rechnet man vorteilhafter mit den vierstelligen Tafeln), da aber sämtliche fünfstelligen Tafeln nur mit vierstelligem Numerus eingerichtet sind, muß man immer interpolieren, was man bei so flüchtigem Rechnen sich ersparen will; zweitens bei trigonometrischen Funktionen muß man fast immer die Sekunden berücksichtigen, was bei der 10 Sekunden-Argumentangabe am vorteilhaftesten geschieht.

ÖSTERREICHISCHE ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN.

ORGAN

DES

VEREINES DER ÖSTERR. K. K. VERMESSUNGSBEAMTEN.

Redaktion: Hofrat Prof. E. Doležal und Bauinspektor S. Wellisch.

Nr. 9.

Wien, 1. September 1914.

XII. Jahrgang.

Untersuchungen über die Genauigkeit des Zielens mit Fernröhren.

Von Alfred Noetzli, Dipl. Ing. aus Höngg (Zürich).

(Fortsetzung.)

Der Gang der Berechnung der mittleren Fehler einer einzelnen Visur war folgender: Zuerst wurde der mittlere Fehler m_T gerechnet im Maß der Verschiebung des Fadens vor dem Zielobjekt. Daraus ergab sich der mittlere Fehler m'' im Winkelmaß nach der Formel

$$m'' = \frac{m_T}{D} \cdot \rho'',$$

wobei m_T die oben angegebene Bedeutung hat,

D die Totaldistanz Fernrohr—Spiegel—Zielobjekt und

ρ'' die bekannte Größe 206.265'' ist.

Sämtliche im weiteren angeführten Werte für die mittleren Zielfehler etc. verstehen sich in Sexagesimal-Sekunden.

Die nachfolgende Tabelle Nr. 6 gibt in der 2., 3., 4. und 5. Kolonne die Resultate der vier angeführten Serien; unter Ausschaltung der ersten (unvollständigen) Serie ist in Kolonne 6 das Mittel des Zielfehlers für die einzelnen

Vergrößerungen, berechnet nach der Formel $m = \sqrt{\frac{m_2^2 + m_3^2 + m_4^2}{3}}$, einge-

tragen. Die Anwendung dieser Formel ist insofern gerechtfertigt, als eine spezielle Untersuchung zeigt, daß die inneren Genauigkeiten der drei Serien mit genügender Sicherheit als gleich angenommen werden dürfen¹⁾, da systematische Abweichungen im Verlauf der mittleren Fehler der mittleren Fehlerwerte m entsprechender Reihen nicht zu erkennen sind. In Kolonne 7 sind die Produkte $m \cdot V$ gebildet, während die 10. Kolonne die mittleren Fehler der Mittelwerte m enthält²⁾.

¹⁾ Vergl. [19] Helmert Ausgleichsrechnung. II. Aufl. 1907, pag. 78.

²⁾ dto., pag. 75.

Tabelle Nr. 4.

3. Beobachtungs-Serie.

Beobachtungen: Noetzi.

Ablesungen: Albrecht.

23. Dezember 1912.

1. Reihe.

2. Reihe.

Vergrößerung $V = 1 \times$ $V = 3.1 \times$ Distanz $D = 2 \times 1.00 \text{ m} = 2.00 \text{ m}$ $D = 2 \times 3.10 \text{ m} = 6.20 \text{ m}$

Trommel- ablesungen μ	v	v^2
775	- 25	625
43	+ 7	49
45	+ 5	25
12	+ 38	1444
82	- 32	1024
32	+ 18	324
23	+ 27	729
44	+ 6	36
40	+ 10	100
60	- 10	100
25	+ 25	625
32	+ 18	324
70	- 20	400
58	- 8	64
75	- 25	625
72	- 22	484
85	- 35	1225
12	+ 38	1444
58	- 8	64
62	- 12	144
1005:20 = 50	+ 192 - 197	9855

Trommel- ablesungen μ	v	v^2
051	+ 31	961
62	+ 20	400
108	- 26	676
65	+ 17	289
98	- 16	256
105	- 23	529
100	- 18	324
81	+ 1	1
110	- 28	784
55	+ 27	729
62	+ 20	400
75	+ 7	49
78	+ 4	16
85	- 3	9
98	- 16	256
83	- 1	1
78	+ 4	16
68	+ 14	196
100	- 18	324
76	+ 6	36
1638:20 = 82	+ 151 - 149	6252

$$m_T = \sqrt{\frac{9855}{19}} = \pm 22.8 \mu$$

$$m_T = \sqrt{\frac{6252}{19}} = \pm 18.1 \mu$$

$$m'' = \frac{\pm 22.8}{2000} \cdot 206,265 = \pm 2.35''$$

$$m'' = \frac{\pm 18.1}{6200} \cdot 206,265 = \pm 0.604''$$

3. Reihe.

$$V = 5.1 \times$$

$$D = 2 \times 5.10 = 10.20 \text{ m}$$

Trommel- ablesungen μ	v	vv
058	— 2	4
48	+ 8	64
49	+ 7	49
62	— 6	36
43	+ 13	169
55	+ 1	1
32	+ 24	576
82	— 26	676
05	+ 51	2601
40	+ 16	256
52	+ 4	16
30	+ 26	676
64	— 08	64
68	— 12	144
75	— 19	361
39	+ 17	289
60	— 4	16
95	— 39	1521
92	— 36	1296
67	— 11	121
1116:20 = 56	+ 167 — 163	8936

$$m_T = \pm 21.7$$

$$m'' = \pm 0.438''$$

4. Reihe.

$$V = 8.6 \times$$

$$D = 2 \times 10.00 \text{ m}^*) = 20.00 \text{ m.}$$

Trommel- ablesungen μ	v	vv
078	+ 2	4
78	+ 2	4
57	+ 23	527
53	+ 27	729
69	+ 11	121
105	— 25	625
75	+ 5	25
55	+ 25	625
120	— 40	1600
123	— 43	1849
65	+ 15	225
61	+ 19	361
82	— 2	4
65	+ 15	225
75	+ 5	25
95	— 15	225
68	+ 12	144
98	— 18	324
80	0	0
93	— 13	169
1595:20 = 80	+ 151 — 146	7813

$$m_T = \pm 20,3$$

$$m'' = \pm 0.2094''$$

*) Aus Versehen des Gehilfens 10.0 m statt 8.60 m.

5. Reihe.

$$V = 15.7 \times$$

$$D = 2 \times 15.70 \text{ m} = 31.40 \text{ m}$$

Trommel- ablesungen μ	v	$v v$
105	- 19	361
85	+ 1	1
85	+ 1	1
76	+ 10	100
78	+ 8	64
102	- 16	256
92	- 6	36
98	- 12	144
122	- 36	1296
85	+ 1	1
78	+ 8	64
122	- 36	1296
61	+ 25	625
105	- 19	361
58	+ 28	784
52	+ 34	1156
53	+ 33	1089
53	+ 33	1089
100	- 14	196
105	- 19	361
1715 : 20	+182	9281
= 86	-177	

$$m_T = \pm 22.1$$

$$m'' = \pm 0''1450$$

6. Reihe.

$$V = 25.7 \times$$

$$D = 2 \times 25.70 \text{ m} = 51.40 \text{ m}$$

Trommel- ablesungen μ	v	$v v$
055	+ 19	361
52	+ 22	484
95	- 21	441
80	- 6	36
95	- 21	441
106	- 32	1024
89	- 15	225
58	+ 16	256
52	+ 22	484
82	- 8	64
95	- 21	441
81	- 7	49
75	- 1	1
51	+ 23	529
70	+ 4	16
52	+ 22	484
98	- 24	576
68	+ 6	36
68	+ 6	36
52	+ 22	484
1474 : 20	+162	6468
= 74	-156	

$$m_T = \pm 18.41$$

$$m'' = \pm 0''0741$$

30. Dezember 1912.

7. Reihe.

$$V = 36.4 \times$$

$$D = 2 \times 36.40 \text{ m} = 72.80 \text{ m}$$

Trommel- ablesungen μ	v	$v v$
065	0	0
90	- 25	625
62	+ 3	9
91	- 26	676
95	- 30	900
52	+ 13	169
81	- 16	256
75	- 10	100
61	+ 4	16
45	+ 20	400
45	+ 20	400
63	+ 2	4
87	- 22	484
50	+ 15	225
68	- 3	9
55	+ 10	100
82	- 17	289
53	+ 12	144
38	+ 27	729
41	+ 24	576
1299:20	+ 150	6111
= 65	- 149	

$$m_r = \pm 18.0$$

$$m'' = \pm 0.0509''$$

8. Reihe.

$$V = 45.5 \times$$

$$D = 2 \times 45.5 \text{ m} = 91.0 \text{ m}$$

Trommel- ablesungen μ	v	$v v$
085	- 32	1024
35	+ 18	324
62	- 9	81
30	+ 23	529
52	+ 1	1
60	- 7	49
72	- 19	361
52	+ 1	1
52	+ 1	1
48	+ 5	25
32	+ 21	441
78	- 25	625
63	- 10	100
40	+ 13	169
34	+ 19	361
30	+ 23	529
51	+ 2	4
61	- 8	64
63	- 10	100
70	- 17	289
1070:20	+ 127	5078
= 53	- 137	

$$m_s = \pm 16.31$$

$$m'' = \pm 0.0370''$$

9. Reihe.

$$V = 54 \times *)$$

$$D = 2 \times 51.5 \text{ m} = 103.0 \text{ m}$$

Trommel- ablesungen μ	v	$v v$
070	— 5	25
60	+ 5	25
62	+ 3	9
35	+ 30	900
55	+ 10	100
64	+ 1	1
72	— 7	49
89	— 24	576
57	+ 8	64
48	+ 17	289
62	+ 3	9
63	+ 2	4
89	— 24	576
49	+ 16	256
85	— 20	400
70	— 5	25
50	+ 15	225
82	— 17	289
58	+ 7	49
72	— 7	49
1292 : 20 = 65	+117 —109	3920

$$m_T = \pm 14.36$$

$$m'' = \pm 0''0288$$

10. Reihe.

$$V = 66 \times **)$$

$$D = 2 \times 71.0 \text{ m} = 142.0 \text{ m}$$

Trommel- ablesungen μ	v	$v v$
085	— 15	225
58	+ 12	144
76	— 6	36
98	— 28	784
89	— 19	361
72	— 2	4
75	— 5	25
67	+ 3	9
45	+ 25	625
65	+ 5	25
58	+ 12	144
50	+ 20	400
45	+ 25	625
80	— 10	100
54	+ 16	256
60	+ 10	100
98	— 28	784
98	— 28	784
80	— 10	100
55	+ 15	625
1408 : 20 = 70	+143 —151	5756

$$m_T = \pm 17.41$$

$$m'' = \pm 0''0253$$

*) **, Distanzen 54.0 m und 66.0 m unzugänglich.

11. Reihe.

$V = 78 \times$
 $D = 2 \times 78.0 \text{ m} = 156.0 \text{ m}$

Zusammenstellung
 der Resultate.

Tabelle Nr. 5.

Trommel- ablesungen μ	v	vv
080	— 6	36
92	— 18	324
64	+ 10	100
95	— 21	441
62	+ 12	144
65	+ 9	81
75	— 1	1
52	+ 22	484
46	+ 28	784
85	— 11	121
70	+ 4	16
40	+ 34	156
70	+ 4	16
85	— 11	121
76	— 2	4
85	— 11	121
115	— 41	1681
90	— 16	256
72	+ 2	4
65	+ 9	81
1484 : 20 = 74	+ 134 — 138	5972

Vergröß. V	mittl. Zielfehler m	$m V$
1	2.35"	2.35
3.1	0.604	1.87
5.1	0.438	2.24
8.6	0.2094	1.80
15.7	0.1450	2.28
25.7	0.0741	1.90
36.4	0.0509	1.85
45.5	0.0370	1.68
54	0.0288	1.56
66	0.0253	1.67
78	0.0235	1.83

$m_T = 17.71$
 $m'' = \pm 0.0235''$

Tabelle Nr. 6 (hiez u Fig. 2)

Ver- größer- ung V	mittl. Fehler einer Einzelzielung					$m V$	$\frac{2.06}{V}$	v	$M =$ $\frac{m}{\sqrt{2 \times 57}}$
	1. Serie m_1	2. Serie m_2	3. Serie m_3	4. Serie m_4	Mittel m				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
freies Auge	1.973								
1	1.50	2.36	2.35	1.22	2.04	2.04	2.06	+ 0.02	0.19
3.1	0.563	0.589	0.604	0.575	0.589	1.82	0.665	+ 0.076	0.055
5.1	0.266	0.358	0.438	0.351	0.384	1.95	0.404	+ 0.020	0.036
8.6	0.274	0.354	0.209	0.211	0.277	2.38	0.240	— 0.037	0.026
15.7	0.097	0.107	0.145	0.143	0.133	2.08	0.131	— 0.002	0.012
25.7	0.076	0.087	0.074	0.092	0.085	2.19	0.080	— 0.005	0.008
36.4	0.051	0.053	0.051	0.060	0.055	2.00	0.057	+ 0.002	0.005
45.5	0.060	0.056	0.037	0.052	0.049	2.23	0.045	— 0.004	0.005
54	0.048*)	0.036	0.029	0.047	0.038	2.05	0.038	— 0.000	0.004
66	—	0.034	0.025	0.036	0.032	2.11	0.031	— 0.001	0.003
78	—	0.020	0.024	0.026	0.023	1.79	0.026	+ 0.003	0.002

$\frac{22.64 : 11}{= 2.06}$

*) $V = 53 \times$

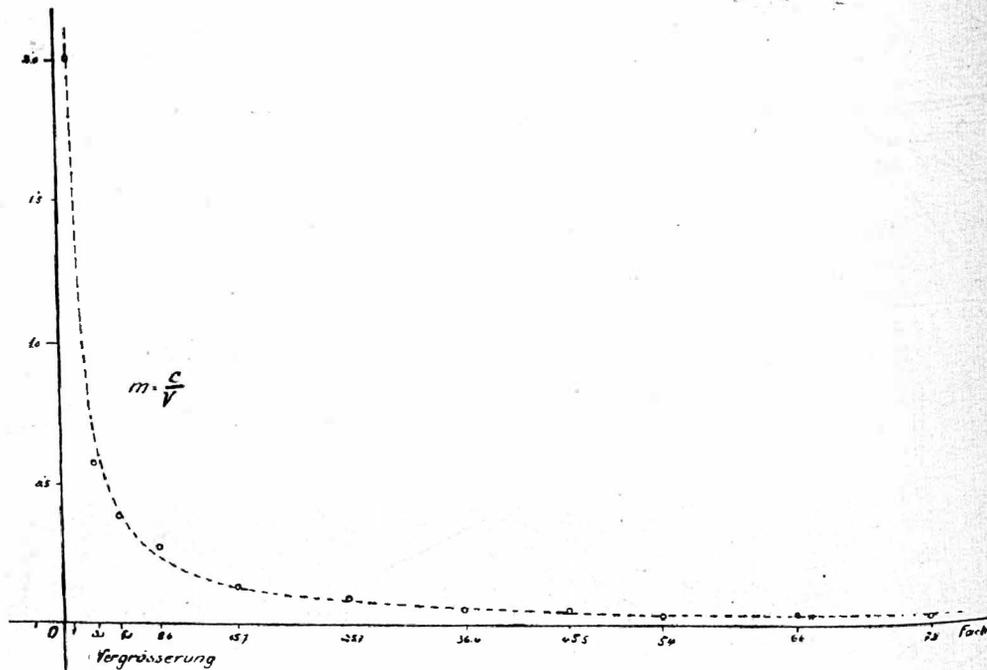


Fig. 2.

Wie aus den Werten der Kolonne 7 ohneweiters ersichtlich ist, bleiben die Produkte $m \cdot V$ für alle Vergrößerungen ungefähr konstant. Daher ergibt sich, daß bei Zielungen entsprechend den getroffenen Anordnungen (wobei also die Vergrößerung allein zur Wirkung kommt) der Zielfehler umgekehrt proportional der Vergrößerung ist.

Ein Vergleich der 9. mit der 10. Kolonne zeigt, daß die Verbesserungen v , die am Mittelwert der Zielfehler (Kol. 6) angebracht werden müssen, um das Gesetz $m = \frac{c}{V}$ genau zu erfüllen, mit wenigen Ausnahme immer kleiner sind als die jenen Fehlern selbst anhaftenden mittleren Unsicherheiten, wie auch der Verlauf der Vorzeichenfolgen und Vorzeichenwechsel durchaus den Gesetzen reiner Zufälligkeit entspricht, so daß also das Gesetz $m = \frac{c}{V}$ für die Versuchsanordnung mit jeder nur wünschbaren Genauigkeit festgestellt ist.

(Fortsetzung folgt.)

Verordnung auf Grund des § 14, betr. die Teilung von Katastralparzellen (Parzellenteilungsnovelle.)

Kaiserliche Verordnung vom 1. Juni 1914, betreffend einige Abänderungen des Gesetzes vom 23. Mai 1883, R.-G.-Bl. Nr. 83, über die Evidenzhaltung des Grundsteuerkatasters.

(R.-G.-Bl. Nr. 117.)

Auf Grund des § 14 des Staatsgrundgesetzes vom 21. Dezember 1867, R.-G.-Bl. Nr. 141, finde Ich anzuordnen wie folgt:

Untersuchungen über die Genauigkeit des Zielens mit Fernröhren.

Von Alfred Noetzli, Dipl. Ing. aus Höngg (Zürich).

(Fortsetzung.)

In einer weiteren Serie diente als Zielobjekt ein weißer Parallelstreifen auf schwarzem Grunde (vergl. Fig. 3), im übrigen war die Versuchsanordnung ganz

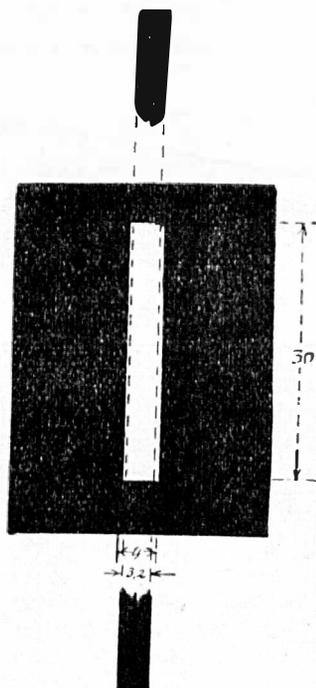


Fig. 3.

die gleiche wie bei den oben mitgeteilten Serien. Die erreichten Resultate zeigt die Kolonne 2 der nachfolgenden Tabelle Nr. 7. In Kolonne 3 sind wieder die Produkte $m \cdot V$ gebildet.

Tabelle Nr. 7.

Vergrößerung V	mittl. Zielfehler m	$m \cdot V$	$\frac{1.46}{V}$	v
1	2	3	4	5
1	1.53	1.53	1.46	- 0.07
3.1	0.471	1.46	0.471	0.000
5.1	0.397	2.02	0.286	- 0.111
8.6	0.162	1.39	0.170	+ 0.008
15.7	0.099	1.56	0.093	- 0.006
25.7	0.059	1.52	0.057	- 0.002
36.4	0.047	1.71	0.040	- 0.007
45.5	0.038	1.73	0.032	- 0.006
54	0.021	1.13	0.027	+ 0.006
66	0.016	1.06	0.022	+ 0.006
78	0.012	1.92	0.019	+ 0.007
		16.03 : 11 = 1.46		

In dieser Serie zeigt sich bei wachsender Vergrößerung also eine fast noch stärkere Zunahme der Visiergenauigkeit, als sie dem Gesetz $m = \frac{c}{V}$ entspricht.

Diese relative Zunahme der Genauigkeit bei wachsender Fernrohrvergrößerung erscheint auf den ersten Blick widersinnig, findet aber ihre Erklärung sehr leicht in folgendem: Durch die Verschlechterung des Bildes infolge relativ geringeren Auflösungsvermögens der Fernröhren bei zunehmender Vergrößerung erschienen die bei Mittenstellung des Fadens zu beiden Seiten desselben noch sichtbaren Teile des Intervalles schmaler, was dann natürlich ein noch genaueres Zielen ermöglichte.

Auf das gleiche Zielobjekt, wie ich es bei der obigen Serie verwendet hatte (vergl. Fig. 3), führte Herr A. Martin, stud. ing., eine Serie von Beobachtungen aus. Sämtliche äußeren Umstände waren dabei möglichst gleich gehalten wie bei den übrigen Reihen. Die Ergebnisse weist Tabelle Nr. 8 nach.

Tabelle Nr. 8.

Vergrößerung V	mittl. Zielfehler m	$m V$	$\frac{3.37}{V}$	v
1	3	3	4	5
1	4.36	4.36	3.37	-0.99
3.1	1.30	4.03	1.08	-0.22
5.1	0.575	2.93	0.660	+0.085
8.6	0.432	3.72	0.391	-0.041
15.7	0.216	3.40	0.214	-0.002
25.7	0.137	3.52	0.131	-0.006
36.4	0.098	3.56	0.092	-0.006
45.5	0.061	2.78	0.074	+0.013
54	0.050	2.70	0.062	+0.012
66	0.055	3.63	0.051	-0.004
78	0.031	2.41	0.043	+0.012
		37.04:11 = 3.37		

Diese Beobachtungen ergeben ebenfalls eine Bestätigung des gefundenen Gesetzes $m = \frac{c}{V}$, wenn auch die Genauigkeit, entsprechend der geringeren Übung, etwas kleiner ist.

Damit ist eindeutig festgestellt, daß innerhalb der untersuchten Grenzen der Vergrößerungszahlen prinzipiell Proportionalität besteht zwischen Zielgenauigkeit und Fernrohrvergrößerung.

b) Beobachtungen mit Fernrohrfäden.

Da der Entwicklungsgang meiner Untersuchungen vielleicht von einigem Interesse ist für die Beurteilung der verschiedenen Resultate, möchte ich an dieser Stelle einige Worte darüber bemerken. Da mir kein Theodolit zur Verfügung stand, mit dem ohne allzu großen Aufwand an Zeit die Zielungen genauer

als auf 0.3" abgelesen werden konnten (Schraubenmikroskope von 50—60facher Vergrößerung an einem 21 cm-Theodolit ergaben nämlich mittlere Ablesefehler von 0.25 bis 0.35"), so war die Ausführung genügend genauer Ableseungen lange Zeit in Frage gestellt.

Einige Voruntersuchungen mit Zielungen von freiem Auge, ausgeführt nach dem Verfahren, wie es angewendet wurde zur Ableitung des Visierfehlergesetzes ohne Fernrohrfäden, d. h. durch Verschieben eines Streifens mit einer Mikrometerschraube direkt vor dem Zielobjekt, hatten nämlich für das unbewaffnete Auge einen mittleren Zielfehler von weniger als einer Sekunde ergeben.

Anbei führe ich einige Reihen auf, die Einblick verschaffen sollen in die mit freiem Auge unter günstigen äußeren Verhältnissen erreichbare Genauigkeit; Streifenbreite (Fadenstärke) und Intervallgröße sind dabei so gewählt, daß auf beiden Seiten des Fadens vom Intervall nur sehr schmale Streifen sichtbar bleiben.

2. Mai 1912.

Einstellungen und Ablesungen an der Schraubentrommel sind vom Verfasser selbst ausgeführt.

Spiegel in 10.0 m Distanz; Totalentfernung also = $2 \times 10.0 = 20.0$ m.

Intervall = 10.0 mm, Fadenbreite = 8.7 mm.

Die Zielobjekte sind von der Sonne beschienen; sehr günstige Verhältnisse.

Tabelle Nr. 9.

Trommel- ablesungen Mikron	v	v''	Trommel- ablesungen Mikron	v	v''
269	- 24	576	448	- 53	2809
259	- 14	196	407	- 12	144
255	- 10	100	410	- 15	225
211	+ 34	1165	370	+ 25	625
236	+ 9	81	370	+ 25	625
260	- 15	225	365	+ 30	900
258	- 13	169	404	- 9	81
265	- 20	400	410	- 15	225
200	+ 45	2025	405	- 10	100
187	+ 58	3364	409	- 14	196
229	+ 16	256	340	+ 55	3025
243	+ 2	4	391	+ 4	16
242	+ 3	9	404	- 9	81
249	- 4	16	350	+ 45	2025
288	- 43	1849	405	- 10	100
238	+ 7	49	398	- 3	9
210	+ 35	1225	360	+ 35	1225
228	+ 17	289	428	- 33	1089
287	- 42	1764	398	- 3	9
285	- 40	1600	429	- 34	1156
4899 : 20	+ 226	15353	7901 : 20	+ 219	14665
= 245	- 225		= 395	- 220	

$$m_T = \pm 28.4 \mu$$

$$m_T = \pm 27.8 \mu$$

$$m_1'' = \frac{\pm 28.4}{20.000} \cdot 206.265 = \pm 0.293'$$

$$m_1'' = \frac{\pm 27.8}{20.000} \cdot 206.265 = \pm 0.287'$$

In gleicher Weise wurden auf dieselbe Distanz Zielungen ausgeführt auf Intervalle von 20 und 50 *mm* Breite, wobei aber der als «Faden» dienende schwarze Papierstreifen so gewählt war, daß zu beiden Seiten des Fadens vom Intervall ebenfalls nur sehr wenig sichtbar blieb.

Die folgende Tabelle 10 weist die Werte der erreichbaren Zielfehler nach.

Tabelle Nr. 10.

Intervall- breite m / m_1	Fadenstärke m	Zielfehler m		
		1. Serie m_1	2. Serie m^2	Mittel m'
10	8.7	0.293	0.287	0.290
20	18.5	0.341	0.245	0.296
50	48.5	0.228	0.180	0.206

Es erscheint nun auf den ersten Blick auffallend, für das unbewaffnete Auge so kleine Zielfehler zu finden, um so mehr, als bei den Reihen zur Ableitung des Gesetzes ohne Fernrohrfäden für das freie Auge, resp. das Fernrohr ohne Vergrößerung ($V = 1$), Beträge von einer Stunde und darüber erhalten wurden. Doch läßt sich das durch die Verschiedenheit der Zielobjekte, speziell der Relativbeziehung zwischen Intervallgröße und Fadenstärke ohneweiters erklären. Bei jenen Versuchsreihen wurde nämlich die Anordnung nicht so getroffen, daß für die kleinen Vergrößerungen das günstigste Zielen eintrat, da sonst durch die relative Bildverschlechterung, speziell durch das Auftreten stärkerer Beugungserscheinungen infolge kleinerer Austrittspupillen bei der 66 und 78fachen Vergrößerung, diese letzteren offenbar zu sehr benachteiligt worden wären, indem nämlich durch die konstatierte Abnahme des Auflösungsvermögens die bei der Mittelstellung des Fadens zu beiden Seiten desselben noch sichtbaren Intervallteile dem Auge nicht mehr scharf erschienen wären.

Aus den obigen Reihen ersieht man ferner aufs deutlichste, daß beim reinen Zielen (Schätzen in die Mitte eines Intervalles) die scheinbare oder absolute Größe des Intervalles von gar keinem Einflusse ist auf die Größe des Zielfehlers, sondern nur das Relativverhältnis zwischen scheinbarer Fadenstärke und scheinbarer Intervallgröße.

Es schien mir nun plausibel, daß man durch Verkleinern der neben dem Faden noch sichtbaren Intervallteile eine noch größere Genauigkeit erreichen könnte. Dabei war nun allerdings bei bestimmter Lichtintensität eine gewisse untere Grenze gegeben, wie sie eben physiologisch schon von vornherein begründet war. Durch Erhöhung der Intensität war aber die Möglichkeit gegeben, diese Streifenbreite und damit auch den Zielfehler noch mehr zu verkleinern. Ich suchte dadurch ein Extrem herbeizuführen, daß ich, statt den anvisierten Streifen noch stärker zu beleuchten als durch bloße Tageshelle, in einem Blechtafel einen dem Intervall entsprechenden rechteckigen Ausschnitt anbrachte,

hinter diese Öffnung eine Acetylenlampe stellte und den «Faden» (einen Streifen aus Blech) so wählte, daß das Intervall nur sehr wenig breiter war als der Faden selbst. Dabei traten allerdings bei diesen schmalen Durchfallsstreifen Beugungen der Lichtstrahlen auf, die auf die Größe des Zielfehlers unbedingt einen Einfluß hatten. Allein es tritt der Fall des Visierens gegen selbstleuchtende oder direktes Licht reflektierende Zielobjekte ja auch in der Praxis sehr oft auf, ich erinnere nur an Visuren gegen Heliotropen, Lampen bei Tunnelabsteckungen etc.

28. Mai 1912, N. M. 9^h 25.

Streifen: durchfallendes, künstliches Licht.

Breite des Streifens 50·0 mm, «Faden»breite = 49·8 mm.

Visiert auf Spiegel in 10·0 m Distanz; Totalentfernung somit 20·0 m.

Beobachter: Noetzi; Ablesungen: Noetzi.

Tabelle Nr. 11.

1. Reihe: beob. mit freiem Auge.

2. Reihe: beob. mit Fernrohr $V=1\times$

Trommelabl. μ	v	vv
118	- 2	4
18	- 2	4
17	- 1	1
13	+ 3	9
15	+ 1	1
15	+ 1	1
20	- 4	16
14	+ 2	4
17	- 1	1
14	+ 2	4
15	+ 1	1
19	- 3	9
14	+ 2	4
13	+ 3	9
15	+ 1	1
17	- 1	1
15	+ 1	1
15	+ 1	1
15	+ 1	1
14	+ 2	4
313 : 20	+21	77
= 16	-14	

Trommelabl. μ	v	vv
135	0	0
37	- 2	4
37	- 2	4
35	0	0
35	0	0
39	- 4	16
36	- 1	1
36	- 1	1
31	+ 4	16
31	+ 4	16
33	+ 2	4
31	+ 4	16
34	+ 1	1
33	+ 2	4
36	- 1	1
35	0	0
34	+ 1	1
38	- 3	9
35	0	0
33	+ 2	4
694 : 20	+14	88
35	-20	

$$m_2 = \pm 2.01 \mu$$

$$m'' = \pm 0.0207''$$

$$m_2 = \pm 2.15 \mu$$

$$m'' = \pm 0.0222''$$

In zwei weiteren Serien wurden erhalten die Zielfehler

a) mit freiem Auge: $m'' = 0.0205''$,

b) mit Fernrohr $V=1\times$: $m'' = \pm 0.0136''$.

Die auf diese Art und Weise erreichten Zielfehler mit unbewaffnetem Auge, resp. einem Fernrohr ohne Vergrößerung, sind schon von einem so geringen Betrag, daß ich darauf verzichtete, Zielversuche gegen solche Objekte auch mit stark vergrößernden Fernröhren auszuführen. Immerhin vermögen diese Versuche,

denen praktisch jedenfalls nur für gewisse Zwecke Bedeutung beigemessen werden kann, einen Einblick zu verschaffen in den großen Einfluß, den z. B. bei gegebener Fadenstärke die Breite des anvisierten Parallelstreifens auf den Betrag des Zielfehlers ausübt, wobei allerdings zu beachten ist, daß die Lichtintensität des Streifens in diesem Falle eine ganz bedeutende Rolle spielt.

Der Gedanke lag aber nun nahe, daß sich für Fäden im Fernrohr selbst andere Verhältnisse, die sich den bisherigen bekannten Werten eher anschließen würden, ergeben könnten. Ich führte deshalb Zielversuche aus mit dem schon eingangs beschriebenen Fernrohr ohne Vergrößerung, indem ich an entsprechender Stelle einen Faden anbrachte. Dieses Fernrohr befestigte ich möglichst stabil auf dem Fernrohr des großen Zeiß'schen Nivellier-Instrumentes und führte die Zielungen bei horizontalem Faden aus, indem ich die Einstellungen mit der Libellen-Feinstell-Mikrometerschraube vornahm. Eine Untersuchung dieser Einstellvorrichtung, die ja bekanntlich eine Kombination einer Mikrometerschraube mit einem Hebelwerk ist, zeigte mir nämlich, daß die Bewegung dieser Schraube um ein Hundertstel einer Umdrehung die Ziellinie um $1.94''$ verschob, daß also $0.194''$ schätzbar waren.

Um zu untersuchen, welcher Grad von Einstellgenauigkeit sich mit dieser Vorrichtung erreichen ließ, führte ich eine Reihe von 15 Beobachtungen aus mit dem 30fach vergrößernden Fernrohr des Instrumentes. Als Zielobjekt diente ein horizontaler weißer Streifen von 2.0 mm Breite. Sowohl die Zielungen wie auch die Ablesungen an der Schraubentrommel wurden vom Verfasser vorgenommen.

Tabelle Nr. 12.

Ablesungen an der Trommel	v	v/v
33.0	- 0.3	0.09
2.5	+ 0.2	0.04
2.8	- 0.1	0.01
2.4	+ 0.3	0.09
2.6	+ 0.1	0.01
2.6	+ 0.1	0.01
2.8	- 0.1	0.01
2.5	+ 0.2	0.04
2.5	+ 0.2	0.04
2.3	+ 0.4	0.16
3.0	- 0.3	0.09
2.8	- 0.1	0.01
2.8	- 0.1	0.01
2.8	- 0.1	0.01
2.6	+ 0.1	0.01
40.0 : 15	+ 1.6	$[v] = 0.63$
= 2.7	- 1.1	$m_r = \pm 0.21$

Diese Einstellungsgenauigkeit von 0.21 Trommelteilen, die also $0.41''$ entsprechen (in einer zweiten Serie ergaben sich unter ähnlichen Verhältnissen 0.20 Trommelteile) ist jedenfalls genügend groß für Untersuchungen mit dem Fernrohr $V = 1$, indem zu beachten ist, daß in den $0.41''$ noch der Zielfehler für ein 30fach vergrößerndes Fernrohr inbegriffen ist.

Ich befestigte nun das Fernrohr $V=1$ in sicherer Weise auf dem Fernrohr des Nivellier-Instrumentes und führte in der Folge mit der soeben beschriebenen Ablesevorrichtung Zielversuche aus, deren Resultate hier teilweise in einigen vollständigen Reihen, zum größten Teil aber nur in einer Zusammenstellung aufgeführt sind. Das verwendete Fernrohr $V=1$ ist bereits weiter oben beschrieben; es erübrigt nur noch, anzugeben, daß als «Fäden» Metalldrähte von ca. 0.1 bis 0.4 mm Dicke verwendet wurden. Zur Beseitigung der Parallaxe benützte ich die ganze Öffnung der Okularlinse und dann wurde vor das Okular ein schwarzes Papier geklebt mit einer runden Öffnung von ca. 1 mm Durchmesser, welche die Austrittspupille fixierte.

Mit den verschiedenen Fäden wurden auf Distanzen von 5, 10, 15 und 20 m Beobachtungsreihen von je 20 Visuren gemacht, und zwar wählte ich, je nach der Fadendicke und Distanz, die Intervallgröße so, daß bei der Stellung des Fadens in die Mitte des Intervalles auf beiden Seiten des Fadens vom Intervall möglichst wenig sichtbar war.

Tabelle Nr. 13.

1. Serie.

15. April 1912, vormittags.

Beobachter: Noetzi.

Vergrößerung $V=1$.

Scheinbare Fadenstärke ca. 180".

1. Reihe.

Distanz = 5.0 m. Intervall = 4.8 mm

Trommel- ablesungen Einheit = 0.194"	v	vv
811	- 6	36
808	- 3	9
810	- 5	25
809	- 4	16
807	- 2	4
803	+ 2	4
802	+ 3	9
800	+ 5	25
799	+ 6	36
800	+ 5	25
806	- 1	1
801	+ 4	16
804	+ 1	1
810	- 5	25
810	- 5	25
800	+ 5	25
801	+ 4	16
803	+ 2	4
812	- 7	49
803	+ 2	4
1699 : 20 = 805	- 38 + 39	355

 $m_r = \pm 4.32$ $m'' = \pm 0.82$

2. Reihe.

Distanz = 10.0 m. Intervall = 9.6 mm

Trommel- ablesungen Einheit = 0.194"	v	vv
479	+ 3	9
80	+ 2	4
79	+ 3	9
81	+ 1	1
85	- 3	9
79	+ 3	9
86	- 4	16
78	+ 4	16
86	- 4	16
89	- 7	49
80	+ 2	4
96	- 4	16
78	+ 4	16
84	- 2	4
78	+ 4	16
80	+ 2	4
84	- 2	4
82	0	0
78	+ 4	16
83	- 1	1
1635 : 20 = 82	+ 32 - 27	219

 $m_r = \pm 3.39$ $m'' = \pm 0.66$

3. Reihe.

Distanz = 15.0 m
Intervall = 14.1 mm

Trommel- ablesungen Einheit = 0.194"	<i>v</i>	<i>vv</i>
712	- 8	64
707	- 3	9
706	- 2	4
703	+ 1	1
702	+ 2	4
702	+ 2	4
703	+ 1	1
710	- 6	36
701	+ 3	9
700	+ 4	16
706	- 2	4
701	+ 3	9
705	- 1	1
698	+ 6	36
700	+ 4	16
705	- 1	1
700	+ 4	16
705	- 1	1
698	+ 6	36
708	- 4	16
1472 : 20	+28	284
= 704	+36	

$m_r = \pm 3.86$
 $m'' = \pm 0.75'$

4. Reihe.

Distanz = 20.0 m
Intervall = 18.9 mm

Trommel- ablesungen Einheit = 0.194'	<i>v</i>	<i>vv</i>
428	- 8	64
18	+ 2	4
19	- 1	1
26	- 6	36
19	+ 1	1
19	+ 1	1
20	0	0
21	- 1	1
20	0	0
23	- 3	9
18	+ 2	4
20	0	0
23	- 3	9
19	+ 1	1
20	0	0
21	- 1	1
23	- 3	9
19	+ 1	1
14	+ 6	36
18	+ 2	4
408 : 20	-25	182
= 20	+17	

$m_r = \pm 3.08$
 $m'' = \pm 0.60'$

Das Instrument stand während der Versuche im Schatten eines Hauses auf solider Betonunterlage. Der Träger der Zieltafel war ein starkes Brett, das auf in den Boden eingetriebenen eichenen Pfählen ruhte, so daß Bewegungen in vertikaler Richtung unmöglich waren. Im übrigen wurde dieser Träger durch ein Stativ gehalten.

In dieser Weise wurden an verschiedenen Tagen sechs Serien ausgeführt. Die nachfolgende Tabelle Nr. 14 weist die erhaltenen Resultate nach. Am Fuße jeder der Kolonnen Nr. 2, 3, 4 und 5 ist für die verschiedenen Distanzen der

Mittelwert des Zielfehlers gebildet nach der Formel $m = \sqrt{\frac{m_1^2 + m_2^2 + \dots + m_n^2}{6}}$

Kolonnen 6 zeigt die scheinbaren Fadenstärken.

Aus der nachfolgenden Tabelle Nr. 14 folgt ohneweiters, daß bei dieser Anordnung der Versuche der Zielfehler sowohl von der scheinbaren Fadenstärke wie auch von der Distanz unabhängig ist, wenn nur die Relativbeziehung zwischen scheinbarer Fadenstärke und scheinbarer Intervallgröße dieselbe ist und die Distanzen nicht so groß sind, daß die zwischenliegende Luft einen nachteiligen Einfluß auszuüben vermag. Aus den 480 Beobachtungen aller dieser Serien erhält man einen mittleren Zielfehler von ca. 0.7"—0.8" für die einfache Fernrohrvergrößerung. Dieser Wert kann aber weder als Grundlage für weitere Ver-

suche, noch als äußerste Grenze des Erreichbaren angenommen werden, da sich je nach der Günstigkeit der Zielobjekte etc. verschiedene Werte ergeben werden. Immerhin zeigen diese Zahlen, wie genau die Visur unter günstigen Umständen schon selbst ohne Fernrohrvergrößerung sein kann.

Tabelle Nr. 14.

Distanz	Zielfehler in Sekunden				Scheinbare Fadenstärke in Sekunden
	5.0 m	10.0 m	15.0 m	20.0 m	
1. Serie	0.82	0.66	0.75	0.60	180
2. »	0.86	0.63	0.74	0.63	180
3. »	0.75	0.65	0.91	0.70	300
4. »	0.75	0.52	0.47	1.02	300
5. »	0.82	0.64	0.75	0.88	330
6. »	0.81	0.92	0.75	0.63	500
Mittel	0.80	0.68	0.74	0.76	

Sollte wirklich der Zielfehler sich proportional der Vergrößerung des Fernrohres vermindern, wie Stampfer u. A. aus seinen Beobachtungen geschlossen und die vorliegenden Untersuchungen ohne Fernrohrfäden bestätigt hatten, so waren für die stärkeren Vergrößerungen so kleine Zielfehler zu erwarten, daß es lange Zeit fraglich schien, ein Instrument mit so großer Ablesungsgenauigkeit, das dann zugleich noch für den Feldgebrauch dienlich war, konstruieren zu können. In sehr entgegenkommender Weise beschäftigte sich die Firma C. P. Goerz in Berlin eingehend mit der Lösung dieser Frage, während verschiedene andere Konstruktionsfirmen teils gar nicht auf das Problem eintraten, teils von vornherein meine Bemühungen für aussichtslos erklärten. Die Lösung, wie sie mir die Firma C. P. Goerz vorschlug (Verschiebung von Keilen in der Richtung der optischen Axe, wodurch eine Ablenkung des Strahles proportional der Verschiebung hervorgerufen wird) hatte aber die großen Nachteile, daß bei der Verschiebung der Keile auch bei relativ sehr feiner Führung derselben Erschütterungen des Instrumentes wohl nicht zu vermeiden gewesen wären, Erschütterungen, die unter Umständen den Erfolg der übrigen Feinheiten vollständig in Frage gestellt hätten. Auch wäre für späterhin beabsichtigte Phasenuntersuchungen der Ablenkungsbereich der Visierstrahlen zu gering gewesen.

Stabile Aufstellung des Fernrohres, Visieren auf Spiegel und Verschieben des Zielobjektes mit dem Verschiebeapparat gaben mir vorderhand die Möglichkeit, wenigstens Zielversuche zur Ermittlung des Visierfehlergesetzes auch mit Fernrohrfäden auszuführen.

Zur Aufstellung des Fernrohres, des Spiegels und des Zielobjektes benötigte ich jetzt allerdings eine größere Stabilität als bei den Versuchen ohne Fernrohrfäden. In liebenswürdiger Weise wurde mir daher von Herrn Professor Dr. Ing.

Kuhlmann, Vorsteher des Elektro-physikalischen Laboratoriums der E. T. H., ein Raum mit Pfeilern zur Verfügung gestellt. Diese Pfeiler, die sehr solid fundiert und isoliert aufgeführt waren, genügten nun auch den höchsten Ansprüchen; es sind denn auch alle im weiteren angeführten Versuchsreihen, soweit sie nicht auf dem Felde vorgenommen wurden, auf jenen Pfeilern als Instrumentenstandpunkte ausgeführt worden. Erst im Laufe des Sommers 1913 fertigte mir Herr Mechaniker Berger in Firma Schultheß in Zürich nach meinen Angaben ein Instrument an, das mir sowohl in Bezug auf Genauigkeit wie Stabilität für alle weiteren Versuche vollständig zweckdienlich war. Eine Beschreibung und Genauigkeitsuntersuchung dieses im weiteren mit «Richtungs-Instrument» bezeichneten Apparates folgt weiter unten.

Gestützt auf die bisherigen Erfahrungen, ging ich nun daran, mit den verschiedenen schon früher verwendeten Fernröhren auch mit Fernrohrfäden Zielungen auszuführen. Dabei war es mir natürlich sehr willkommen, von der oben gefundenen Tatsache, daß bei geeigneter Wahl der Zielobjekte der Zielfehler von der Fadenstärke unabhängig ist, Gebrauch machen zu können, da es jedenfalls außerordentlich schwierig gewesen wäre, für alle Vergrößerungen die scheinbaren Fadenstärken gleich zu machen. Ich wendete darum auch ganz beliebige Fäden an, bei den kleinen Vergrößerungen gewöhnlich feine Meta¹drähte oder Menschenhaare, bei den stärkeren Vergrößerungen dagegen Spinnfäden, die ich fast alle selbst auf Metall- oder Holzformen aufzog und im Okularauszug an der entsprechenden Stelle anbrachte. Ich möchte hier noch bemerken, daß für die von mir angewendeten speziellen Zielobjekte bei der ziemlich hellen Beleuchtung allzu feine Fäden eher ungünstig waren, während von einer bestimmten Grenze an (ca. 100" scheinbarer Stärke) bei entsprechender Wahl des Zielobjektes ein Einfluß verschiedener Fadenstärke nicht mehr zu konstatieren war. Ich werde weiter unten noch die Resultate einiger Reihen anführen, die speziell zu dem Zwecke gemacht wurden, um nachzuweisen, daß die bereits aus den Versuchen mit Fernrohr $V = 1$ gefolgerte Tatsache der Unabhängigkeit zwischen Zielfehler und Fadenstärke bei entsprechender Anordnung der Zielobjekte auch für feine Fäden besteht, wie es ja überhaupt von vornherein in der Natur der Sache begründet ist.

Als Zielobjekte für die Visierfehlerbestimmungen unter Anwendung von Fäden im Fernrohr wurden auf einem feinen Zeichenkarton weiße Parallelstreifen auf schwarzem Grunde aufgezeichnet. Um nun für jede scheinbare Fadenstärke sofort ein passendes Intervall auswählen zu können, wurde eine ganze Serie solcher Streifen von zirka $\frac{1}{4}$ zu $\frac{1}{4}$ mm Breite hergestellt und für jede Reihe entsprechend der scheinbaren Fadenstärke jedesmal ein günstiges Intervall ausgesucht, nämlich so, daß bei Mittenstellung des Fadens auf beiden Seiten desselben vom Intervall nur ganz wenig sichtbar war. Wo irgend möglich, wurde die Parallaxe beseitigt mit Hilfe einer stärkeren Vergrößerung, dann jenes Okular herausgenommen und durch das benötigte ersetzt, wobei natürlich streng darauf geachtet wurde, die Ebene des Fadenkreuzes gegenüber der Bildebene nicht mehr zu verschieben.

Die Fernröhren blieben fest auf dem zugehörigen Instrumenten-Untergestell, das seinerseits auf dem Pfeiler ruhte, und wurden während der ganzen Reihe nicht berührt. Auf demselben Pfeiler, aber sonst ganz ohne Berührung mit dem Fernrohrträger, stand der Verschiebeapparat und in wechselnden Entfernungen vor beiden der Präzisionsspiegel. Die Distanz D ist gerechnet vom Fernrohrobjectiv bis zum Spiegel und zurück zur Zielmarke. Die Beleuchtung der Zielobjekte in dem verdunkelten Zimmer geschah, um für alle Reihen gleichmäßige Helligkeit zu haben, durch eine Glühlampe von 40 HK in ca. 20—30 cm Entfernung; der Beobachter selbst war durch einen vorgespannten schwarzen Schirm vor dem direkten Licht geschützt. Es wurde nun durch Verschieben der Zieltafel mit der Mikrometerschraube versucht, den Faden genau in die Mitte des Intervalles zu bringen. Die Ablesungen an der Trommel der Verschiebeschraube geschahen bei den meisten Serien durch einen Gehülfen, so daß der Beobachter während der Reihen ganz im Ungewissen war über die Resultate und somit in keiner Weise beeinflußt sein konnte.

(Fortsetzung folgt.)

Literaturbericht.

1. Bücherbesprechungen.

Zur Rezension gelangen nur Bücher, welche der Redaktion der Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen zugesendet werden.

Bibliotheks-Nr. 549. Cebrian, Hauptmann und Lehrer an der Kriegsschule in Danzig: Wiederholungsbuch der Feldkunde für den Truppengebrauch. Mit 27 Zeichnungen im Text. Berlin 1914. Verlag von R. Eisen-schmidt, Verlagsbuchhandlung für Militärwissenschaften. Preis: M. 2.50.

Nach dem Autor des vorstehenden Werkes besteht die Aufgabe der Feldkunde darin, durch Schärfen des Blickes und des Verständnisses für die Eigenart des Geländes sichere Unterlagen zu schaffen zur zweckmäßigen Einleitung und Durchführung taktischer Maßnahmen. Für den Offizier ergibt sich hieraus die Notwendigkeit, nicht nur die Gelände-Erkundung und ihre militärische Bedeutung, die Wechselbeziehungen zwischen Taktik und Feldkunde intensiv zu studieren, sondern er muß auch die Grundlehren, nach welchen der Grundriß oder die Bodenformen eines Kartenbildes dargestellt werden, nicht allein beherrschen, sondern auch selbsttätig verwerten können. Die Feldkunde lehrt die Mittel, wie eine maßstabgerechte verjüngte Wiedergabe sämtlicher militärisch wichtigen Teile der Erdoberfläche (Kroki) oder ein klares, in seinen Hauptzügen zutreffendes Abbild des Geländes (Skizze) in kürzester Zeit und Einfachheit geschaffen werden kann.

Hauptmann Cebrian, der als Lehrer an der Kriegsschule in Danzig wirkt, hat das vorliegende in militärischen Kreisen anerkannt gute Werk über Feldkunde geschrieben, das er als Wiederholungsbuch bezeichnet. Es tut dem Rezensenten herzlich leid, daß er als militärischer Laie nicht in der Lage ist, über den ersten Abschnitt des Buches, das die «Erkundung und Geländebeurteilung» behandelt, ein fachmännisches Urteil abzugeben, er kann aber nicht umhin, zu bemerken, daß ihm das Lesen einzelner Stellen dieses Abschnittes durch die äußerst klare Diktion absolut keine Schwierigkeiten bot und ihm das Wesen des Gegenstandes klar veranschaulichte.

Was die weiteren zwei Abschnitte: Erkundungsbericht und Hilfsmittel zur Geländedarstellung sowie Kartenwesen betrifft, muß der Unterzeichnete

Untersuchungen über die Genauigkeit des Zielens mit Fernröhren.

Von **Alfred Noetzel**, Dipl. Ing. aus Högng (Zürich).

(Fortsetzung.)

Da in dem mir zur Verfügung stehenden abgeschlossenen Raum nur relativ kleine Längen für die Visuren gewählt werden konnten, ergab sich als natürliche Folge davon eine geringe Abweichung der effektiven Fernrohrvergrößerungen von den in der Tabelle Nr. 1 angegebenen Werten. Von einer Berücksichtigung dieser Änderungen wurde aber abgesehen, da in den einzelnen Serien für die gleichen Vergrößerungen nicht immer die gleichen Visurlängen gewählt worden waren, so daß die Einführung der wirklichen Vergrößerungen für die späteren Berechnungen ziemliche Unannehmlichkeiten gebracht hätte.

Im übrigen sind diese durch die kurzen Visierlängen bedingten Änderungen der Vergrößerungen so klein, daß das Zielfehlergesetz kaum merklich davon beeinflußt werden konnte, so daß sich schon aus diesem Grunde die Vernachlässigung rechtfertigen läßt.

Zur Vergleichung eines eventuell verschiedenen Einflusses der beiden verwendeten Objektive infolge anderer Qualität der Optik wurden Vergleichsreihen mit den ungefähr gleich starken Vergrößerungen $V = 37$ und $V = 36.4$ ausgeführt; die Differenz von ca. $0.009''$ in den erreichten Zielfehlern darf wohl ganz der Zufälligkeit zugeschrieben werden, so daß der Übergang auch in den Serien als gleichmäßig angesehen werden kann.

Die Resultate der obigen Reihen zeigen sofort, daß bei Anwendung von Fäden im Fernrohr eine ganz andere Beziehung herrscht zwischen Zielfehler und Vergrößerung, als bei den Versuchen mit Fäden direkt vor dem Zielobjekt konstatiert wurde. Ich konnte mir zuerst nicht recht erklären, welche Gründe eine so starke Änderung des Gesetzes herbeiführen könnten; deshalb war ich bestrebt, durch Erweiterung des Beobachtungsmaterials eine plausible Erklärung dieser merkwürdigen Tatsache zu finden. Ich führte in der Folge deshalb noch verschiedene andere Beobachtungsserien aus, wobei Wert darauf gelegt wurde, daß die Reihenfolge in der Verwendung der verschiedenen Vergrößerungen eine ganz beliebige war, um jede systematische Beeinflussung (z. B. infolge größerer Übung etc.) zu vermeiden. Ebenso wurden die verschiedenen Reihen nicht direkt nach einander, sondern in zeitlich oft ziemlich großen Unterbrüchen, aber unter den ganz gleichen äußeren Umständen ausgeführt. Als Hauptbedingung wurde aber immer die gehalten, mit möglichster Näherung die scheinbare Intervallbreite so zu wählen, daß zu beiden Seiten des Fadens bei allen Vergrößerungen immer scheinbar gleich große Streifen des Intervalles noch sichtbar blieben, um jeden Einfluß psychologischer Natur, wie wir ihn z. B. bei den Untersuchungen von Reinherz konstatiert haben, möglichst auszuschalten.

Tabelle Nr. 15 und 16.

I. Serie.

1. April 1913.

Beobachter: Noetzli, Ablesungen: Albrecht.
 Vergrößerung $V=78$ Distanz $D=2 \times 8.0 = 16.0m$.
 Intervall 0.23 mm , scheinbare Fadenstärke = ca. $210''$.

Vergr. $V=66 \times$, Dist. = $2 \times 8.0 = 16.0m$
 Intervall = 0.23 mm .
 Scheinbare Fadenstärke = ca. $190''$.

Trommel- Ablesungen μ	v	vv
009	+ 3	9
05	+ 7	49
12	0	0
13	- 1	1
15	- 3	9
05	+ 7	49
10	+ 2	4
12	0	0
12	0	0
09	+ 3	9
07	+ 5	25
19	- 7	49
18	- 6	36
09	+ 3	9
13	- 1	1
17	- 5	25
07	+ 5	25
23	-11	121
11	+ 1	1
11	+ 1	1
237 : 20 =12	+37 -34	423
		$m_r = \pm 4.72$ $m'' = \pm 0.061$

Trommel- Ablesungen μ	v	vv
018	- 2	4
20	- 4	16
18	- 2	4
28	-12	144
20	- 4	16
18	- 2	4
20	- 4	16
15	+ 1	1
15	+ 1	1
13	+ 3	9
16	0	0
08	+ 8	64
03	+13	169
17	- 1	1
19	- 3	9
19	- 3	9
10	+ 6	36
06	+10	100
10	+ 6	36
28	-12	144
321 : 20 =16	+48 - 49	783
		$m_r = \pm 6.42$ $m'' = \pm 0.083$

Vergr. $V=54 \times$, Dist. $D=2 \times 8.0m = 16.0m$
 Interv. = $\frac{1}{4}\text{ mm}$, scheinb. Fadenst. = ca. $150''$

Vergr. $V=37 \times$, Dist. $D=2 \times 8.0m = 16.0m$
 Interv. = $\frac{1}{4}\text{ mm}$, scheinb. Fadenst. = ca. $100''$

Trommel- Ablesungen μ	v	vv
049	-10	100
39	0	0
30	+ 9	81
30	+ 9	81
45	- 6	36
32	+ 7	49
41	- 2	4
38	+ 1	1
37	+ 2	4
35	+ 4	16
36	+ 3	9
38	+ 1	1
45	- 6	36
30	+ 9	81
45	- 6	36
40	- 1	1
43	- 4	16
45	- 6	36
37	+ 2	4
39	0	0
774 : 20 = 39	+47 -41	592
		$m_r = \pm 5.58$ $m'' = \pm 0.072''$

Trommel- Ablesungen μ	v	vv
061	+ 6	36
62	+ 5	25
79	-12	144
85	-18	324
79	-12	144
74	- 7	49
65	+ 2	4
67	0	0
65	+ 2	4
69	- 2	4
84	-17	289
65	+ 2	4
70	- 3	9
62	+ 5	25
65	+ 2	4
49	+18	324
69	- 2	4
65	+ 2	4
56	+11	121
49	+18	324
1340 : 20 = 67	+73 -73	1842
		$m_r = \pm 9.86$ $m'' = \pm 0.127''$

$V = 36.4 \times$
 $D = 2 \times 6.0 = 12.0 m$
 $I = \frac{1}{4} mm$
 scheinb. Fadenst. $f = ca. 90''$

Trommel- Ablesungen μ	v	vv
013	+ 3	9
12	+ 4	16
09	+ 7	49
28	-12	144
04	+12	144
21	- 5	25
12	+ 4	16
28	-12	144
08	+ 8	64
08	+ 8	64
15	+ 1	1
21	- 5	25
00	+16	256
23	- 7	49
21	- 5	25
21	- 5	25
10	+ 6	36
20	- 4	16
13	+ 3	9
25	- 9	81
312 : 20	+64	1198
= 16	-72	

$m_r = \pm 7.95$
 $m' = \pm 0.136''$

$V = 25.7 \times$
 $D = 2 \times 6.0 = 12.0 m$
 $I = \frac{1}{4} mm$
 $f = ca. 65''$

Trommel- Ablesungen μ	v	vv
025	+13	169
39	- 1	1
48	-10	100
32	+ 6	36
20	+18	324
20	+18	324
37	+ 1	1
42	- 4	16
50	-12	144
30	+ 8	64
55	-17	289
35	+ 3	9
35	+ 3	9
38	0	0
35	+ 3	9
45	- 7	49
34	+ 4	16
42	- 4	16
55	-17	289
38	0	0
755 : 20	+77	1865
= 38	-72	

$m_r = \pm 9.92$
 $m'' = \pm 0.170''$

$V = 15.7 \times$
 $D = 2 \times 4.0 m = 8.0 m$
 $I = \frac{1}{2} mm$
 $f = ca. 100''$

Trommel- Ablesungen μ	v	vv
012	+ 7	49
20	- 1	1
13	+ 6	36
05	+14	196
18	+ 1	1
06	+13	169
17	+ 2	4
30	-11	121
04	+15	225
33	-14	196
25	- 6	36
18	+ 1	1
18	+ 1	1
22	- 3	9
24	- 5	25
30	-11	121
15	+ 4	16
22	- 3	9
27	- 8	64
21	- 2	4
380 : 20	+64	1284
= 19	-64	

$m_r = \pm 8.23$
 $m'' = \pm 0.212''$

$V = 8.6 \times$
 $D = 2 \times 4.0 m = 8.6 m$
 $I = 1 \frac{1}{2} mm$
 $f = ca. 230''$

Trommel- Ablesungen μ	v	vv
029	-12	144
21	- 4	16
23	- 6	36
10	+ 7	49
10	+ 7	49
05	+12	144
25	- 8	64
18	1	1
13	+ 4	16
30	-13	169
29	-12	144
22	- 5	25
23	- 6	36
15	+ 2	4
09	+ 8	64
20	- 3	9
04	+13	169
15	+ 2	4
13	+ 4	16
02	+15	225
336 : 20	+74	1384
= 17	-70	

$m_r = \pm 8.54$
 $m'' = \pm 0.220''$

$$\begin{aligned}
 V &= 5.1 \times \\
 D &= 2 \times 4.0 = 8.0 \text{ m} \\
 I &= 2.5 \text{ mm} \\
 f &= \text{ca. } 260'
 \end{aligned}$$

Trommel- Ablesungen μ	v	vv
057	+18	324
75	0	0
67	+ 8	64
70	+ 5	25
70	+ 5	25
69	+ 6	36
72	+ 3	9
68	+ 7	49
90	-15	225
65	-10	100
94	-19	361
80	- 5	25
81	- 6	36
82	- 7	49
80	- 5	25
80	- 5	25
83	8	64
64	+11	121
75	0	0
78	- 3	9
1500 : 20 = 75	+73 -73	1572

$$\begin{aligned}
 m_T &= \pm 9.10 \\
 m &= \pm 0.235'
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= 3.1 \times \\
 D &= 2 \times 1.55 = 3.10 \text{ m} \\
 I &= 1.75 \text{ mm} \\
 f &= \text{ca. } 310
 \end{aligned}$$

Trommel- Ablesungen μ	v	vv
022	+ 8	64
33	- 3	9
29	+ 1	1
27	+ 3	9
23	+ 7	49
30	0	0
32	- 2	4
29	+ 1	1
30	0	0
29	+ 1	1
27	+ 3	9
29	+ 1	1
33	- 3	9
32	- 2	4
36	- 6	36
35	- 5	25
33	- 3	9
35	- 5	25
30	0	0
33	- 3	9
607 : 20 = 30	+25 -32	265

$$\begin{aligned}
 m_T &= \pm 3.73 \\
 m &= \pm 0.248
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= 1 \times \\
 D &= 2 \times 1.0 = 2.0 \text{ m} \\
 I &= 4.0 \text{ mm} \\
 f &= \text{ca. } 360''
 \end{aligned}$$

Trommel- Ablesungen μ	v	vv
051	+14	196
50	+15	225
53	+12	144
60	+ 5	25
62	+ 3	9
65	0	0
68	- 3	9
68	- 3	9
70	- 5	25
55	+10	100
60	+ 5	25
71	- 6	36
56	+ 9	81
83	-18	324
75	-10	100
75	-10	100
81	-16	256
49	+16	256
65	0	0
75	-10	100
1292 : 20 = 65	+89 -81	2020

$$\begin{aligned}
 m_T &= \pm 10.3 \\
 m &= \pm 1.06'
 \end{aligned}$$

In der nachfolgenden Tabelle Nr. 17 sind in der 2., 3. und 4. Kolonne die Resultate dieser Beobachtungsserien zusammengestellt. Die 5. Kolonne zeigt den Mittelwert des Zielfehlers für die einzelnen Vergrößerungen, berechnet nach der Formel $m = \sqrt{\frac{m_1^2 + m_2^2 + m_3^2}{3}}$, und in der Kolonne 6 sind die Produkte mV gebildet.

Tabelle Nr. 17.

Vergrößerung V	Mittlerer Fehler einer einzelnen Zielung				mV
	1. Serie m_1	2. Serie m_2	3. Serie m_3	Mittel m	
1	2	3	4	5	6
1	1.06	0.94	0.75	0.93	0.93
3.1	0.248	0.516	0.292	0.371	1.15
5.1	0.235	0.296	0.140	0.232	1.18
8.6	0.220	0.247	0.117	0.202	1.73
15.7	0.212	0.181	0.231	0.209	3.28
25.7	0.170	0.142	0.129	0.147	3.77
37	0.127	0.104	0.122	0.118	4.36
54	0.072	0.094	0.119	0.097	5.23
66	0.083	0.072	0.100	0.086	5.68
78	0.061	0.100	0.093	0.086	6.70

Wie aus dieser Zusammenstellung folgt, tritt bei wachsender Fernrohrvergrößerung in den Werten der Produkte mV eine sehr deutlich ausgeprägte systematische Zunahme auf, und es wird nun unsere nächste Aufgabe sein, zu untersuchen, welcher Art die Einflüsse sein können, die eine so wesentliche Verkleinerung der Zielgenauigkeit herbeiführen konnten.

Als Ursachen hierfür kommen in Betracht:

1. der Einfluß der Fadenparallaxe,
2. die Unschärfe von Faden oder Bild bei Parallaxe,
3. der Faden als dreidimensionales Objekt,
4. Unregelmäßigkeiten an Faden oder Zielobjekt,
5. die relative Verschlechterung des Fernrohrbildes bei wachsender Vergrößerung,
6. Diffraktionserscheinungen,
7. Bewegungen der Instrumente,
8. Bewegungen der Luft.

1. Der Einfluß der Fadenparallaxe:

Es war von vornherein zu erwarten, daß der Einfluß der Parallaxe, der bei der Anordnung mit Fäden direkt vor dem Zielobjekt vollständig außer Betracht fiel, bei den Versuchen mit Fäden im Fernrohr ganz bedeutend sein kann. Theoretisch und nach allgemeinem Usus für die Annahme der Größe des Maximalfehlers gleich 3 mal dem mittleren könnte das Auge eine Relativverschiebung von Faden und Bild nicht mehr wahrnehmen, wenn diese Verschiebung, entsprechend der Größe des maximalen Zielfehlers, absolut genommen, nach der einen oder nach der anderen Seite des wahren Wertes der Einstellung stattfinden würde.

Diese Annahmen über die Größe des nicht wahrnehmbaren Einflusses der Fadenparallaxe wären aber jedenfalls zu hoch gegriffen, da das Auge während der Beobachtungen nie so große seitliche Bewegungen ausführen wird, wie zur Beseitigung der Parallaxe, und weil ich ferner zur möglichst genauen Einstellung des Fadens in die Bildebene noch besondere Maßregeln getroffen hatte. Bei den Vergrößerungen $V=1$ bis $V=8.6$ wurde die Wirkung der Parallaxe dadurch möglichst eingeschränkt, daß zuerst der volle Okulardurchmesser ausgenützt wurde, um die Parallaxe durch Verschieben des Auges vor dem Okular wahrzunehmen und zu beseitigen, worauf dann vor das Okular ein schwarzes Papier mit einer runden Öffnung von ca. 1 mm Durchmesser geklebt wurde. Diese Öffnung fixierte die Austrittspupille und verhinderte zugleich, daß das beobachtende Auge sich stark vor dem Okular verschieben konnte, ohne das Fernrohrbild aus dem Gesichtskreis zu verlieren. Bei den anderen Vergrößerungen wurde, soweit möglich, die Parallaxe beseitigt unter Anwendung eines Okulars von kleinerer Brennweite, als bei der betreffenden Reihe zur Verwendung kam. Angaben über die Größe des Einflusses der Parallaxe sind bei meinen Versuchsanordnungen also jedenfalls nur sehr näherungsweise zu machen. Ich werde später nochmals auf diesen Punkt zurückkommen.

2. Unschärfe von Faden oder Bild:

Wenn in einem Fernrohr Parallaxe vorhanden ist zwischen Faden und Bild, so wird sich auch eine leichte Unschärfe des einen oder des anderen bemerkbar machen können. Wahrscheinlich ist aber bei den geringen Entfernungsdifferenzen der Einfluß dieser Unschärfe auf die Genauigkeit der Zielungen nur ein sehr kleiner.

3. Der Faden als dreidimensionales Objekt:

Obschon die Dicke der Fäden gewöhnlich sehr gering ist, kann der Umstand, daß ein körperliches (Faden) und ein ebenes Objekt (Bild) doch nicht so genau zum Zusammenfallen gebracht werden können, wie zwei ebene Objekte (Papierstreifen und Zielobjekt) doch zur Vergrößerung des Zielfehlers beigetragen haben.

4. Unregelmäßigkeiten an Faden oder Zielobjekt:

So geringfügig dieser Einfluß auf den ersten Blick auch erscheinen mag, so ist doch diesem Umstand in gewissen Fällen ganz bedeutend Rechnung zu tragen. Selbst die scheinbar gleichmäßigsten Spinnfäden oder Striche auf Glasplatten zeigen gewisse Unregelmäßigkeiten oder sind behaftet mit mikroskopisch kleinen Staubpartikelchen. Diese werden vielleicht dem Auge ohne spezielle Aufmerksamkeit gar nicht bewußt, können aber trotzdem Anlaß geben zu wechselnder Auffassung, welcher Einfluß in seiner kleinen Größe vielleicht als systematischer Fehler nicht erkennbar ist, den mittleren Zielfehler aber doch bedeutend vergrößern kann. Das Gleiche gilt von der Berandung der Zielobjekte, die unter den starken Vergrößerungen ebenfalls Abweichungen von der Geraden zeigen und deshalb auch zu Auffassungsfehlern Anlaß geben können.

5. Relative Verschlechterung der Fernrohrbilder bei zunehmender Vergrößerung:

Eine Einwirkung dieses Umstandes auf die Größe des Zielfehlers wurde natürlich von vornherein vermutet und ist auch von vielen anderen Beobachtern schon angedeutet worden; doch scheint diesem Einflusse lange nicht die Bedeutung zuzumessen zu sein, wie es im allgemeinen getan wird. Die Versuchsserien ohne Fernrohrfäden geben wenigstens bis zu 78facher Vergrößerung absolut keinen Hinweis in dieser Richtung. Immerhin ist es möglich, daß bei den Versuchen ohne Fernrohrfäden die gleichmäßige Verschlechterung des Bildes von Fäden und Zielobjekt für den Zielvorgang bedeutend weniger Einfluß hatte als bei den Versuchen mit Fäden im Fernrohr, wobei die Schärfe des Fadens nur von der Qualität des Okulars, die Schärfe des Bildes aber von derjenigen von Objektiv und Okular beeinflußt wird.

6. Diffraktionserscheinungen:

Diese können, wenigstens in dem von Helmholtz¹⁾ angedeuteten Sinne, nicht beigetragen haben zur relativen Vergrößerung des Zielfehlers, denn erstens sind bei sämtlichen Reihen die Austrittspupillen alle zirka 1 mm und zweitens herrschten bei den Serien ohne und mit Fernrohrfäden ganz die gleichen Verhältnisse.

(Fortsetzung folgt.)

Literaturbericht.

1. Neue Bücher.

Adreßbuch der Baubehörden und der staatlichen Baubeamten Deutschlands. 3. Jahrg. Leipzig 1914, C. F. Müller. M. 6.—.

Bowie William, Inspecteur of Geodetic Work: Fourth general adjustment of the precise level net in the United States and the resulting standard elevations. Department of Commerce U. S. Coast and Geodetic Survey. Special Publication No. 18. Washington 1914. Government Printing Office.

Bücher, Neue, über Bau- und Ingenieurwissenschaft. (Die Neuigkeiten des deutschen Buchhandels nach Wissenschaften geordnet.) Mitgeteilt Sommer 1914. Leipzig, J. C. Hinrichs. M. 0·30.

Bücher, Neue, über Landwirtschaft. Wie oben.

Deutschland in Farbenphotographie. 3. Band: Königreich Sachsen. 2.— 5. Heft. Berlin, Verlags-Amt f. Farbenphotographie. Je M. 1·25.

Endrös A.: Zum Problem des Euripus. (Aus «Sitzungsber. d. bayer. Akad. d. Wiss.») 99 Seiten mit einer eingedruckten Kartenskizze und 1 Tafel. München 1914. G. Franz'sche Verlag. M. 1.—.

Faris R. L., Inspecteur of Magnetic Work: Results of Magnetic Observations made by the United States Coast and Geodetic Survey between July 1, 1911, and December 31, 1912. Department of Commerce U. S. Coast and Geodetic Survey. Special Publication No. 15. Washington 1914. Government Printing Office.

Hazard D. L., Computer: Results of Observations made at the United States Coast and Geodetic Survey Magnetic Observatory ad Sitka, Alaska 1911 and 1912. Department of Commerce U. S. Coast and Geodetic Survey. Washington 1914, Government Printing Office.

¹⁾ [6] Poggendorff's Annalen, Jubelband, pag. 557.

die Bedingungsgleichungen 28) und 29) noch einmal für die drei Relationen berechnet, so ergibt diese durchgreifende Probe die nachstehenden geringfügigen, lediglich auf die unvermeidlichen Abrundungen zurückzuführenden Schlußfehler:

$$\begin{array}{lll} f_1 = + 0,0008 \text{ m} & f_3 = - 0,0050 \text{ m} & f_5 = - 0,0003 \text{ m} \\ f_2 = - 0,0014 \text{ m} & f_4 = - 0,0025 \text{ m} & f_6 = - 0,0002 \text{ m}. \end{array}$$

Untersuchungen über die Genauigkeit des Zielens mit Fernröhren.

Von **Alfred Noetzli**, Dipl. Ing. aus Höngg (Zürich).

(Fortsetzung.)

7. Bewegungen der Instrumente:

Eine wesentliche Beeinflussung der erreichten Zielgenauigkeit könnte herbeigeführt worden sein durch un stabile Aufstellung der verwendeten Instrumente. Da bei meinen Versuchen drei verschiedene Instrumente: Fernrohr, Spiegel und Verschiebeapparat zur Verwendung kamen, will ich diesen Punkt einer näheren Prüfung unterwerfen. Wie bei den Versuchen selbst mitgeteilt, befanden sich die verwendeten Fernröhren (mit Ausnahme von Fernrohr $V=1$) jeweils auf den zugehörigen Theodolit-Untergestellen, die ihrerseits auf einem isolierten Pfeiler ruhten. Während der ganzen Beobachtungsreihe wurde das Fernrohr nie berührt, so daß jede Beeinflussung von dieser Seite ausgeschlossen ist. Auf demselben Pfeiler, aber völlig unabhängig vom Theodolit, befand sich der Verschiebeapparat, bei dem aber wegen der sehr leicht laufenden Mikrometerschraube jede schädliche Erschütterung vermieden werden konnte. Der Spiegel endlich war in einem Metallgehäuse gefaßt und ruhte während der Versuche das ein mal auf einem soliden harthölzernen Untergestell, das ander mal auf einem zweiten isolierten Pfeiler. Die systematischen Verfälschungen von dieser Seite sind also jedenfalls auch nur von sehr geringer Größe.

8. Bewegungen der Luft:

Diese spielen bekanntlich bei Messungen mit Zielfernröhren eine große Rolle, sei es, daß solche Luftbewegungen das Fernrohrbild rasch oszillieren lassen, sei es, daß vorbeistreichende Luftschichten verschiedener Dichte mehr oder weniger unregelmäßige Schwankungen herbeiführen; in den meisten Fällen werden aber diese Bewegungen kombiniert auftreten. Solche Einflüsse suchte ich dadurch möglichst zu verhindern, daß ich meine Versuche in sorgfältig temperiertem, nach außen ganz abgeschlossenem Raume vornahm. Trotzdem beobachtete ich hie und da ganz leichte Schwankungen, deren Ursache ich mir nicht recht erklären konnte. Obschon bei sichtbar unruhiger Luft keine Beobachtungen ausgeführt wurden, liegt doch die Vermutung nahe, daß solche dem direkten Empfinden verborgenen Luftschwankungen trotzdem haben vorhanden sein können.

Geben wir uns nun Rechenschaft darüber, in welchem Grade jeder einzelne dieser Umstände den Wert des Zielfehlers bei den verschiedenen Vergrößerungen beeinflussen konnte.

1. Nach Tinter¹⁾ ist der Fehler beim Einstellen des Fadenkreuzes in die Bildebene umgekehrt proportional der Vergrößerung; daraus folgt, wie man leicht einsieht, daß der Einfluß der Parallaxe unter Voraussetzung gleich großer linearer Verschiebungen des Auges vor dem Okular ebenfalls umgekehrt proportional der Vergrößerung ist. Da aber bei den Vergrößerungen 1 bis 8·6 inkl. der Rest der Parallaxe, der durch das Verschieben des Auges vor der vollen Okularöffnung nicht konstatiert wurde, deshalb keinen Einfluß haben konnte, weil die Austrittspupille durch ein direkt vor dem Okular angebrachtes Papier mit einer runden, ca. 1 mm großen Öffnung fixiert war, so daß sich das Auge fast nicht bewegen konnte, ohne das Bild zu verlieren, so kann bei diesen Vergrößerungen die Wirkung der Parallaxe als Null angesehen werden. Für die Vergrößerungen 15·7 bis 78 ist sie dagegen gleich $\frac{c_1'}{bV}$, wobei c_1' eine Konstante, b einen von der Größe der Verschiebung des Auges abhängigen Koeffizienten und V die Vergrößerungszahl bedeutet. Der Einfluß der Fadenparallaxe ändert also das Gesetz $m = \frac{c}{V}$ nicht, sondern verkleinert nur etwas die Zielgenauigkeit.

2. Die Unschärfe von Faden oder Bild infolge Parallaxe ist daher für alle Vergrößerungen konstant gleich c_2' , da fast bei allen Fernröhren Objektive von nahezu derselben Brennweite Verwendung fanden (vergl. Tab. Nr. 1), die Vergrößerungen also in der Hauptsache durch Veränderung der Brennweite des Okularsystems variiert wurden.

3. Ebenso darf der Einfluß des unter 3) genannten Umstandes für alle Vergrößerungen als konstant gleich c_3' angesehen werden, indem größtenteils entsprechend den Vergrößerungen dünnere Fäden gewählt wurden. Die vorgekommenen Unregelmäßigkeiten in der strengen Befolgung dieser Regel dürfen jedenfalls bei der Geringfügigkeit des resp. Fehlereinflusses vernachlässigt werden.

4. Die Fehlereinflüsse, herkommend von event. Unregelmäßigkeiten an den Fernrohrfäden oder der Berandung der Zielobjekte, werden unter Anwendung des gleichen Fadens bei wachsender Vergrößerung allerdings dem Betrage des Zielfehlers gegenüber größer, in ihrem Werte im Winkelmaß aber sicher kleiner, umso eher, als bei den vorliegenden Untersuchungen für stärkere Vergrößerungen in der Regel feinere Fäden angewendet wurden. Die Größe dieses Einflusses wird also liegen zwischen einem konstanten Werte und einem Betrage, der umgekehrt proportional der Vergrößerung ist. Man kann deshalb näherungsweise die aus dieser Quelle kommenden Fehlereinflüsse umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus der Vergrößerung, also gleich $\frac{c_4'}{\sqrt{V}}$, setzen.

5. Wie aus den Versuchen ohne Fernrohrfäden hervorgeht, ist der Einfluß einer relativen Verschlechterung der Fernrohrbilder bei zunehmender Vergrößerung so klein, daß wir ihn auch hier ohne weiteres vernachlässigen können.

6. Da für alle Vergrößerungen der Durchmesser der Austrittspupille zirka 1 mm war, und die Größe der Diffraktion für die Vergrößerungen $V = 1$ bis 8·6,

¹⁾ Vergl. [15] Tinter: Über den Fehler beim Einstellen des Fadenkreuzes in die Bildebene.

bei welchen die Austrittspupille durch eine runde Öffnung in einem schwarzen Papier vor dem Okular fixiert war, nahezu gleich angenommen werden darf, wie wenn die Austrittspupille durch eine entsprechende Objektivöffnung erzeugt worden wäre¹⁾, so kann man in dieser Beziehung für alle Vergrößerungen das gleiche Gesetz annehmen.

Da nun jeweilen die Breite der anvisierten Parallelstreifen so gewählt wurde, daß auf beiden Seiten des Fadens nur noch kleine Partien des Intervalles sichtbar waren, so wird auch für alle Vergrößerungen die Breite der Beugungsfransen in der scheinbaren Bildgröße konstant, der Einfluß dieser Diffraktionserscheinungen daher umgekehrt proportional der Vergrößerung, also gleich $\frac{c_5'}{V}$ sein. Solche Beugungserscheinungen können also innerhalb gewisser Grenzen das Gesetz $m = \frac{c}{V}$ ebenfalls nicht ändern; bei den verwendeten Zielobjekten war ihr Einfluß aber ohnehin von derart geringer Größe, daß wir ihn hier jedenfalls vernachlässigen dürfen.

7. Die unter 7) und 8) genannten Einflüsse äußern sich in ihren Einwirkungen auf das Fernrohrbild in fast derselben Art, wir können sie hier daher auch zusammenfassen. Drehungen der Instrumente oder Vorbeistreichen von Luftschichten verschiedener Dichte zwischen Objektiv und Zielobjekt erzeugen mehr oder weniger unregelmäßige Schwankungen der Fernrohrbilder. Diese Schwankungen, wenigstens so weit sie relativ langsam vor sich gehen, wirken natürlich auf die Richtung der Visierstrahlen in gleich starker Weise für alle Vergrößerungen; man kann ihren Einfluß daher konstant gleich c_6' setzen.

Das Zittern des Fernrohrbildes, hervorgerufen durch Erschütterungen der Instrumente (harte Stöße, Vibration der Unterlage aus irgend welchen Ursachen etc.) sowie durch die Oszillation der Lichtstrahlen, äußert sich auf die Größe des Zielfehlers in etwas komplizierterer Weise²⁾. Auf den ersten Blick könnte es scheinen, daß dieser Einfluß proportional wäre der Größe der Schwingungsamplitude des Fernrohrbildes, daß also bei wachsender Fernrohrvergrößerung dieser Fehlereinfluß direkt proportional wäre der Vergrößerungszahl. Man sieht aber bald ein, daß dem nicht so sein wird. Reihertz hat das Gesetz aufgestellt, daß bei Zielungen auf Parallelstreifen der mittlere Zielfehler wachse mit der Quadratwurzel aus der Intervallbreite. Wir dürfen deshalb auch mit ziemlich großer Wahrscheinlichkeit annehmen, daß der Einfluß scheinbar größerer Amplituden der Schwingungen des Fernrohrbildes bis zu einem gewissen Grade auf den Zielfehler in ungefähr demselben Maße einwirke wie ein scheinbar größeres Intervall, daß also der Fehler nur wachse mit der Quadratwurzel aus der Größe der Amplitude. Da nun unter Anwendung stärkerer Vergrößerungen die scheinbare Größe der Schwingungsamplituden proportional der Vergrößerungszahl wächst, so ist der daraus resultierende Einfluß auf den Zielfehler gleich einer

¹⁾ Vergl. [6] Helmholtz: Grenze der Leistungsfähigkeit der Mikroskope. Pogg. Ann., Jubelband, pag. 582.

²⁾ Vergl. [19] Helmert: Ausgleichsrechnung. I. Auflage, pag. 55.

Konstanten c_7' mal der Quadratwurzel aus der Vergrößerungszahl zu setzen. Dabei ist dem Umstande, daß ein bewegliches Objekt nicht so genau pointiert werden kann wie ein ruhendes, allerdings keine Rechnung getragen; in dem vorliegenden Falle aber, wo ein Zittern des Fernrohrbildes dem Beobachter gar nie bemerkbar war, ist diese Vernachlässigung sicher ohneweiters zulässig. Im andern Falle, z. B. wo das «Hüpfen» der Bilder so stark ist, daß das ganze Zielobjekt bei ruhendem Faden das einmal links, das anderemal rechts von demselben erscheint, wird die Sicherheit der Visur durch diesen Umstand natürlich bedeutend geringer und hängt wohl auch von der individuellen Veranlagung des Beobachters ab; die Größe des Einflusses einer solchen Unruhe des Fernrohrbildes könnte also nur durch sehr ausgedehnte spezielle Versuche gefunden werden. Vergl. z. B. L. Smith: «An experimental study of field methods which will insure to stadia measurements greatly increased accuracy.»¹⁾

Fassen wir alle diese Einflüsse, die ja in ihren Wirkungen größtenteils rein zufälliger Natur sind, nach dem Gauß'schen Fehlerfortpflanzungsgesetz zusammen, so bekommen wir für die Größe des gesamten systematischen Einflusses s den Wert

$$s = \sqrt{\left(\frac{c_1'}{bV}\right)^2 + (c_2')^2 + (c_3')^2 + \left(\frac{c_4'}{\sqrt{V}}\right)^2 + \left(\frac{c_5'}{V}\right)^2 + (c_6')^2 + (c_7' \sqrt{V})^2}$$

Es wäre nun jedenfalls sehr schwierig, auch nur näherungsweise Angaben zu machen über die Größen der einzelnen Werte c , falls man nicht durch spezielle Untersuchungen die verschiedenen Werte getrennt zu bestimmen sucht.

Nimmt man aber die für alle Vergrößerungen konstant bleibenden Beträge c_2' , c_3' und c_6' zusammen zu einer Größe c_3 und ersetzt c_1' durch c_1 , c_4' durch c_2 und c_7' durch c_4 , so erhält man für den gesamten systematischen Einfluß s den Wert

$$s = \sqrt{\frac{c_1^2}{b^2 V^2} + \frac{c_2^2}{V} + c_3^2 + c_4^2 V}$$

Trennen wir nun s von den durch die Beobachtungen unmittelbar erhaltenen mittleren Zielfehlern m (Kol. 5, Tab. Nr. 17), so erhalten wir den reduzierten mittleren Fehler m_r , von dem wir nach den Ergebnissen der Untersuchungen ohne Fernrohrfäden voraussetzen dürfen, daß er umgekehrt proportional der

Vergrößerung, also $m_r = \frac{c}{V}$ sei.

Es wird

$$m_r = \frac{c}{V} = \sqrt{m^2 - s^2}$$

Die nächste Aufgabe wird sein, auf Grund der Werte der beobachteten mittleren Zielfehler m und der weiter oben gemachten Annahmen über die Verhältnisse der Größen der einzelnen äußeren Einflüsse zu der Fernrohrvergrößerung durch eine Ausgleichung die wahrscheinlichsten Werte der verschiedenen Koeffi-

¹⁾ [23] Bulletin of the University of Wisconsin, Engineering Series, Vol. 1, Nr. 5, Pag. 101 bis 145, und

[9] Zeitschrift für Vermessungswesen 1896, Pag. 659.

zienten c , c_1 , c_2 , c_3 und c_4 zu erhalten. Würden wir die mittleren Fehler m als die direkt beobachteten Größen einführen, so erhielten wir Fehlergleichungen von der Form

$$\frac{c}{V} = \sqrt{(m + v)^2 - s^2}$$

mit Gewichten, die umgekehrt proportional den Quadraten der mittleren Fehler der mittleren Fehlerwerte m anzunehmen wären. Die Schwierigkeiten in der Ermittlung der günstigsten Werte der Unbekannten des Systems infolge nicht linearer Form der Fehlergleichungen wird aber sofort behoben, wenn wir nicht die mittleren Fehlerwerte m , sondern die Quadrate davon als beobachtete Größen einführen und demgemäß die entsprechenden Gewichte ebenfalls ins Quadrat erheben. Damit bekommen wir die Fehlergleichungen

$$m^2 + v - s^2 = \frac{c^2}{V^2}$$

oder

$$v = \frac{c^2}{V^2} + s^2 - m^2$$

und für s den weiter oben angegebenen Wert eingesetzt:

$$v = \frac{c^2}{V^2} + \frac{c_1^2}{b^2 V^2} + \frac{c_2^2}{V} + c_3^2 + c_4^2 V - m^2 \quad (\text{Gewicht } p)$$

Die Gewichte p erhält man dadurch, wie bereits bemerkt, daß man die mittleren Fehler M der mittleren Fehler m (Kolonne 5 der Tab. Nr. 18) bildet, unter Berücksichtigung, daß jeder einzelne jener Fehlerwerte erhalten wurde aus 3 mal 20 = 60 Beobachtungen. Dann sind die Gewichte der Fehlergleichungen die reziproken Werte der vierten Potenzen von M . Die Ausgleichung (10 Fehlergleichungen und 5 Unbekannte, wobei zu berücksichtigen ist, daß für die Vergrößerungen $l = 1$ bis 8·6 inkl. $b = 0$, d. h. der Einfluß der Parallaxe gleich Null, angenommen ist) ergibt dann als plausibelste Werte der gesuchten Unbekannten

$$c = 0.790$$

$$c_1 = 2.560$$

$$c_2 = 0.451$$

$$c_3 = 0.048$$

$$c_4 = 0.0036$$

Berechnen wir aber für jede einzelne Vergrößerung den Wert der Summe der äußeren Einflüsse s , so stoßen wir in dem vorliegenden System insofern auf einen Widerspruch, als für die 66fache Vergrößerung der mittlere Zielfehler m gleich $\pm 0.086''$ ist, der systematische Einfluß s aber $\pm 0.088''$, also größer als der Zielfehler selbst würde. Das Auftreten dieses Widerspruches läßt sich aber leicht dadurch erklären, daß bei jenen Serien die Wirkungen einzelner äußerer

Einflüsse sich zufälligerweise aufgehoben haben, so daß das Resultat für die 66fache Vergrößerung dadurch genauer wurde. Darauf weist auch der Umstand hin, daß für die 66 und 78fache Vergrößerung der gemittelte Zielfehler in den vorliegenden Reihen in gleicher Größe, nämlich $\pm 0.086''$ vorkommt. Daher ist auch erklärlich, daß die durch die Ausgleichung für das Gesamtsystem als günstigsten Werte gefundenen Beträge der Unbekannten c , c_1 , c_2 , c_3 und c_4 für die Vergrößerung $V=66$ zu einem Widerspruch führen.

Bei einiger Überlegung lassen sich aber die gefundenen Größen c um ein Weniges derart ändern, daß der Widerspruch bei der 66fachen Vergrößerung nicht mehr besteht. Allerdings ist dabei der Methode der kleinsten Quadrate nicht Genüge geleistet, doch mag in diesem speziellen Falle die Umgehung des Minimum-Prinzipes gestattet sein. Setzen wir nämlich

$$c_1 = 2.70$$

$$c_2 = 0.35$$

$$c_3 = 0.06$$

$$c_4 = 0.002$$

und gehen nun den Weg, daß wir zuerst den systematischen Einfluß s berechnen und dann diesen vom mittleren Zielfehler m abtrennen, so erhalten wir den reduzierten mittleren Zielfehler

$$m_V = \sqrt{m^2 - s^2}$$

Dabei berechnet sich s nach der Formel

$$s = \sqrt{\frac{c_1^2}{V^2} + \frac{c_2^2}{V} + c_3^2 + c_4^2 V}$$

oder

$$s = \frac{1}{\sqrt{V}} \sqrt{\frac{c_1^2}{V} + c_2^2 + c_3^2 V + c_4^2 V^2}$$

Für den Ausdruck $\sqrt{\frac{c_1^2}{V} + c_2^2 + c_3^2 V + c_4^2 V^2}$ erhalten wir unter Einsetzung der obigen Beträge c und der Vergrößerungen V die Werte der Kolonne 7 der nachfolgenden Tabelle Nr. 18.

Tabelle Nr. 18.

Vergrößerung V	$\frac{c_1^2}{V}$	c_2^2	$c_3^2 V$	$c_4^2 V^2$	$C = \sum [c_n^2 V^n]$	$c' = \sqrt{C}$	$s = \frac{c'}{\sqrt{V}}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	—	0.122	0.004	0.000	0.126	0.355	0.355
3.1	—	0.122	0.011	0.000	0.133	0.365	0.207
5.1	—	0.122	0.018	0.000	0.140	0.374	0.1652
8.6	—	0.122	0.031	0.000	0.153	0.392	0.1334
15.7	0.464	0.122	0.056	0.001	0.643	0.804	0.2022
25.7	0.283	0.122	0.093	0.003	0.501	0.709	0.1400
37	0.197	0.122	0.133	0.005	0.457	0.677	0.1111
54	0.135	0.122	0.195	0.012	0.464	0.681	0.0926
66	0.110	0.122	0.237	0.017	0.486	0.698	0.0857
78	0.094	0.122	0.281	0.024	0.521	0.724	0.0820

Trotz der relativ großen Variation der Vergrößerungszahlen V bleiben die Werte der Kolonne 7 ziemlich genau konstant für jede der beiden Gruppen von Vergrößerungen $V=1$ bis 8.6 und $V=15.7$ bis 78 , die eben infolge anderer Annahmen über die Wirkung der Parallaxe auch getrennt zu behandeln sind. Es kann somit die Gesamtwirkung s aller äußeren Einflüsse angenommen werden als umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus der Vergrößerung, das heißt

$$s = \frac{\text{konstant}}{\sqrt{V}}$$

(Fortsetzung folgt.)

Literaturbericht.

1. Neue Bücher.

Buka, Dr. Felix: Über die Vollmacht zum obligatorischen Grundstückveräußerungsvertrag (B. G. B., § 313), mit besonderer Berücksichtigung der Blankovollmacht. Ein Beitrag zur Lehre von der unwiderruflichen Vollmacht. (Diss.) 126 S. Berlin 1914, E. Eberling. M. 2.50.

Deckert Dr. A., Marine-Ing.-Oberlehrer: Infinitesimalrechnung mit Anwendungen auf Naturwissenschaften und Technik. 1. Teil: Differentialrechnung. 238 S. mit 43 Zeichnungen. Hildesheim 1914, A. Lax. M. 6.—.

Finsterwalder S.: Der Zusammenschluß des preußischen u. sächsischen Hauptdreiecksnetzes im Norden von Bayern. (Aus «Sitzungsber. d. bayr. Akad. d. Wiss.») München 1914, G. Franz. M. —.40.

Gradmaaling, Den danske. N. F., H. 11: Konstantbestemmelser ved relative Pendulmaalinger. 122 S., Kopenhagen 1913, Reitzel. kr. 6.—.

Graetz, Neuhauß, Preuß, Süring und Gasser: Die Vermessungs-Luftschiff-Expedition nach Neu-Guinea. 59 S., Berlin 1914, W. Süßerot. M. —.60.

Jordan W.: Barometrische Höhentafeln für Tiefland und große Höhen. 56 S. Hannover 1914, Hellwing. M. 2.50.

Jordan W.: Mathematische und geodätische Hilfstafeln. 10. Aufl., 128 S., Hannover 1914, Hellwing. M. 1.50.

Lindow, Dr. M.: Differential- und Integralrechnung mit Berücksichtigung der praktischen Anwendungen in der Technik. In der Sammlung «Aus Natur- u. Geisteswelt».

Roettgen Otto: Zwei grundbuchrechtliche Fragen. Leipzig, C. L. Hirschfeld. M. 1.20.

Walter M.: Winke zur allgemeinen Benützung der Topographischen Karte 1:25.000 (Meßtischblätter). (Geogr. Bausteine, H. 4), 66 S., Gotha 1913, J. Perthes. M. 1.60.

2. Zeitschriftenschau.

a) Zeitschriften vermessungstechnischen Inhalts:

Allgemeine Vermessungs-Nachrichten:

Nr. 39. Harksen: Sphäroid, Kugel und Ebene. (Fortsetzung.)

Nr. 40. Die Teilnahme der Kataster- und Vermessungsbeamten an dem Feldzuge 1914. — Delius Dr.: Die Regelung der Gehaltsbezüge und der Besteuerung der zum mobilen Heere einberufenen Beamten. — Stöcker-Cleve, Landmesser: Ist die Rechtsprechung in Grenzstreitsachen auf richtigen Wegen?

Untersuchungen über die Genauigkeit des Zielens mit Fernröhren.

Von Alfred Noetzel, Dipl. Ing. aus Höngg (Zürich).

(Fortsetzung.)

Trennt man die so berechneten Werte von s (Kolonne 8 der Tabelle 18) nach dem Gaußschen Fehlerfortpflanzungsgesetz von dem mittleren Zielfehler m (Kolonne 5 der Tabelle Nr. 17), so erhält man die reduzierten Fehlerwerte m_r (Kolonne 5 der Tabelle Nr. 19).

Tabelle Nr. 19 (hiezü Fig. 4).

Vergrößerung V	m^2	s^2	$m^2 - s^2$	$m_r = \frac{m}{\sqrt{m^2 - s^2}}$	$m_r V$	$\frac{1.16}{V}$	v	
1	2	3	4	5	6	7	8	
1	0.862	0.126	0.736	0.86	0.86	1.16	+ 0.30	
3.1	0.1372	0.0431	0.0941	0.307	0.95	0.375	+ 0.068	
5.1	0.0536	0.0274	0.0262	0.162	0.83	0.227	+ 0.065	
8.6	0.0407	0.0178	0.0229	0.152	1.30	0.135	- 0.017	
15.7	0.0436	0.0408	0.0027	0.052	0.82	0.074	+ 0.022	
25.7	0.0216	0.0196	0.0020	0.045	1.15	0.045	0.000	
37	0.0139	0.0123	0.0016	0.010	1.48	0.031	- 0.009	
54	0.0094	0.0086	0.0008	0.028	1.50	0.022	- 0.006	
66	0.0074	0.0073	0.0001	0.010	0.66	0.018	+ 0.008	
78	0.0074	0.0067	0.0007	0.026	2.03	0.015	- 0.011	
					11.58 : 10			
					= 1.16			

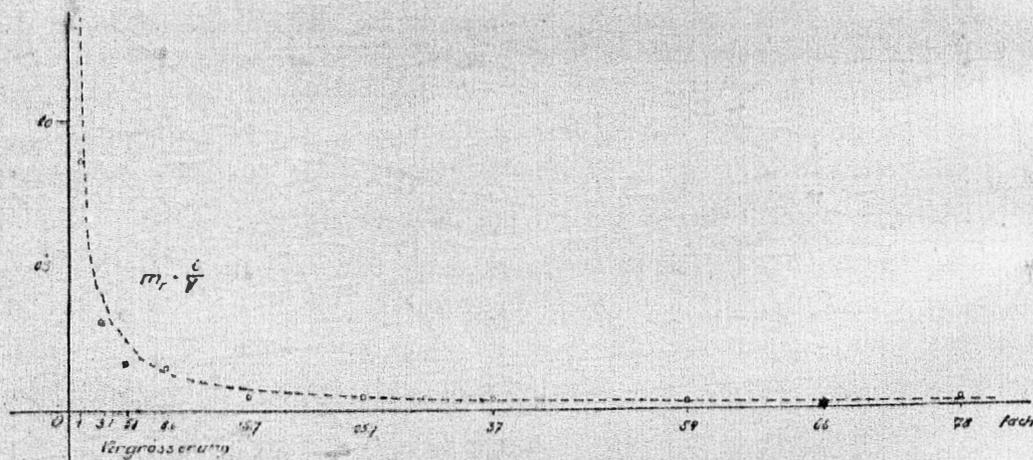


Fig. 4.

Bildet man nun die Produkte $m_r V$ (Kolonne 6), so bleiben diese Werte im wesentlichen konstant. Damit ist hinlänglich bewiesen, daß die gemachten Annahmen über die Größe und Wirkung der einzelnen früher aufgezählten systematischen Einflüsse in der Hauptsache richtig waren, daß also prinzipiell Proportionalität besteht zwischen Vergrößerung und Zielgenauigkeit.

Um eine einfachere Funktion für die Größe des mittleren Zielfehlers m zu erhalten, setzen wir diesen Wert nach dem Gauß'schen Fehlerfortpflanzungsgesetz

wieder zusammen aus dem reduzierten mittleren Fehler m_r und dem systematischen Einfluß s , indem wir aus den Tabellen Nr. 19 und Nr. 18 die resp. Beträge für die Mittelwerte der Proportionalitätskonstanten entnehmen.

Es ergibt sich

$$m = \sqrt{\frac{1.16^2}{V^2} + \frac{0.72^2}{V}}$$

wobei die Zahl 1.16 als Mittelwert der Produkte $m_r V$ aus der Spalte 6 der Tabelle Nr. 19, die Zahl 0.72 als Mittelwert der Größen c' (für die Vergrößerungen $V = 15.7$ bis 78) aus der Spalte 7 der Tabelle Nr. 18 entnommen ist.

Für die kleinen Vergrößerungen wird speziell der Wert $\frac{1.16^2}{V^2}$ die Größe des Wurzelausdruckes bestimmen, indem der zweite Summand in roher Näherung vernachlässigbar wäre. Für diese kleinen Vergrößerungen würde sich also ergeben, daß der Zielfehler umgekehrt proportional der Vergrößerung ist. Ein Blick auf die ersten Werte der Kolonne 6 in Tabelle Nr. 17 und Fig. 5 zeigt, daß diese Näherung für jene Resultate etwa bis zur 5- bis 8fachen Vergrößerung zulässig wäre, speziell darum, weil infolge der Ausschaltung der Mitwirkung der Parallaxe bei jenen Vergrößerungen die Koeffizienten c' (Kolonne 7 der Tabelle Nr. 18) nur zu ca. 0.37 anzunehmen wären.

Sobald die Vergrößerungszahl über 10 steigt, kann der Wert $\frac{1.16^2}{V^2}$ der Größe des Ausdrucks $\frac{0.72^2}{V}$ gegenüber vernachlässigt werden, und zwar um so eher, je mehr die Vergrößerungszahl V zunimmt. Für die Vergrößerungen über 10fach ergäbe sich also umgekehrte Proportionalität zwischen Zielfehler und Quadratwurzel aus der Vergrößerung, indem der Wert des mittleren Fehlers m dargestellt werden könnte durch die Funktion

$$m = \sqrt{\dots + \frac{0.72^2}{V}} = \frac{0.72}{\sqrt{V}}$$

Da es sich aber nicht lohnt, für die Beurteilung der Zielgenauigkeit von Fernröhren zwei verschiedene Gesetze aufzustellen, die kleinen Vergrößerungen $V = 1$ bis 5 praktisch ja ohnehin höchst selten zur Verwendung gelangen, so ergibt sich aus dieser Ableitung das wichtige Ergebnis, daß unter sehr günstigen äußeren Verhältnissen die Zielgenauigkeit proportional der Quadratwurzel aus der Vergrößerung ist.

Selten wir nun einmal zu, wie sich die Resultate der vorliegenden Beobachtungsreihen zu dieser hier abgeleiteten Folgerung verhalten. Die nachfolgende Tabelle Nr. 20 weist in der zweiten Kolonne die gemittelten Zielfehler, wie sie in der Kolonne 5 der Tabelle Nr. 17 zusammengestellt sind. Die dritte Spalte enthält die Produkte $m \cdot \sqrt{V}$.

Tabelle Nr. 20 (hiezü Fig. 5).

Vergrößerung V	mittlerer Ziel- fehler m Kol. 5 Tab. 17	$m\sqrt{V}$	$\frac{0.72}{\sqrt{V}}$	v	$M = \frac{m}{\sqrt{60}}$
1	2	3	4	5	6
1	0.93	0.93	0.72	- 0.21	0.12
3.1	0.371	0.65	0.409	+ 0.038	0.048
5.1	0.232	0.52	0.318	+ 0.036	0.028
8.6	0.202	0.59	0.245	+ 0.043	0.026
15.7	0.209	0.83	0.181	- 0.028	0.027
25.7	0.147	0.74	0.142	- 0.005	0.019
37	0.118	0.72	0.118	0.000	0.015
54	0.097	0.72	0.097	0.000	0.013
66	0.086	0.70	0.088	+ 0.002	0.011
78	0.086	0.76	0.081	- 0.005	0.011
		7.16 : 10 = 0.72			

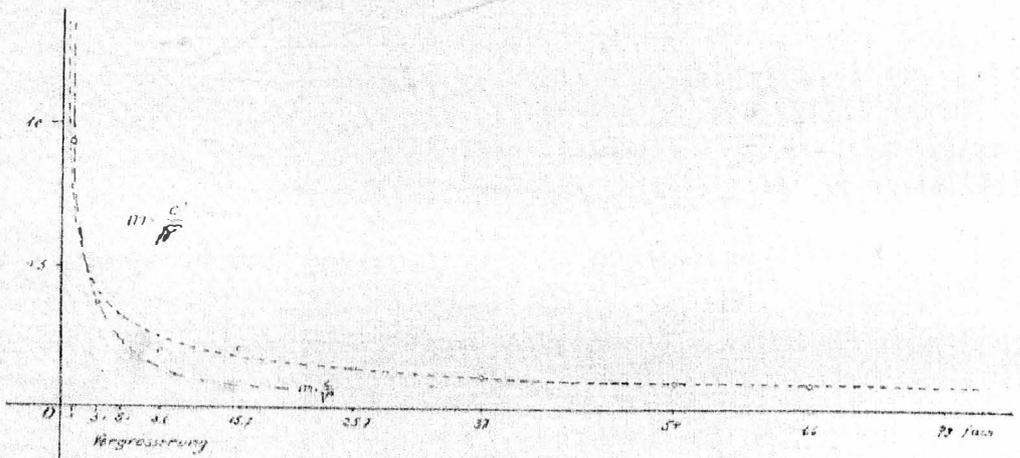


Fig. 5.

Wie ersichtlich bleiben die Produkte $m\sqrt{V}$ im wesentlichen konstant, wie es ja auch anders nicht zu erwarten war, indem jene Ergebnisse zur Berechnung der Werte der äußeren Einflüsse in Berücksichtigung gezogen worden waren.

Die allgemeine Formel für den systematischen Einfluß

$$s = \frac{1}{\sqrt{V}} \sqrt{c_1^2 + c_2^2 + c_3^2 V + c_4^2 V^2}$$

läßt nun natürlich ganz beliebige Werte der Koeffizienten c zu. In der Tat werden sich auch für andere äußere Umstände ganz wesentliche Abweichungen gegenüber den hier benützten Größen ergeben, so daß im allgemeinen der Ausdruck der Quadratwurzel nicht mehr konstant bleiben wird für verschiedene Vergrößerungen. Dann kann aber auch das Gesetz $m = \frac{c}{V^{1/2}}$ nicht mehr so streng erfüllt

sein, wie die vorliegenden Reihen es angeben, sondern der Exponent von V wird event. ziemlich anders.

In den meisten Fällen der Praxis wird der Einfluß der Oszillation der Lichtstrahlen von viel größerer Bedeutung sein als bei meinen Versuchen im abgeschlossenen Laboratorium, das Glied $\epsilon_4^2 V^2$ des Ausdruckes für s tritt daher dort viel stärker hervor, da der Wert für ϵ_4 größer genommen werden muß als bei meinen Versuchsreihen, wo auch bei den stärksten Vergrößerungen nie ein Zittern der Fernrohrbilder bemerkbar war.

Nach der Formel müßte sich daher von einer bestimmten Vergrößerung an ein Wert des systematischen Einflusses ergeben, der eine weitere Zunahme der Zielgenauigkeit unmöglich macht; man wäre in jenem Momente also bei der sog. «toten Vergrößerung» angelangt.

Diese Folgerung steht durchaus nicht in Widerspruch mit den Erfahrungen der Praxis, denn es ist bekannt, daß bei einem gewissen Grade der Oszillation die Anwendung stärkerer Vergrößerungen die Genauigkeit gar nicht mehr oder nur in sehr geringem Maße zu erhöhen vermag.

Eine weitere Komplikation tritt noch dadurch auf, daß man, sobald Oszillation der Lichtstrahlen, also Unruhe der Fernrohrbilder vorhanden ist, auch die Fadenparallaxe viel unzuverlässiger beseitigen kann.

Diese Erörterungen mögen genügen, um zu zeigen, daß ein allgemein gültiges Gesetz zwischen Fernrohrvergrößerung und Zielfehler mit bestimmten Koeffizienten nicht aufstellbar ist, daß aber, so lange eine Unruhe des Fernrohrbildes sich nicht bemerkbar macht, der Zielfehler umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus der Vergrößerung gesetzt werden kann. Für beliebige Fälle gilt die Bedingung

$$\sqrt{m^2 - s^2} = m_V = \frac{\text{const}}{V},$$

wobei m der mittlere Fehler eine Zielung,
 s der diesem Fehler anhaftende systematische Einfluß von der Größe

$$s = \frac{1}{\sqrt{V}} f(V)$$

bedeutet und $f(V)$ je nach den äußeren Umständen variieren kann. Über die Funktion $f(V)$ läßt sich nur so viel sagen, daß sie bei günstigen äußeren Umständen konstant bleiben, bei weniger günstigen Verhältnissen aber mit zunehmender Fernrohrvergrößerung beständig wachsen wird.

Ich war nun bestrebt, durch weitere Untersuchungen noch besser Einblick in die relative Leistungsfähigkeit von Fernröhren zu erhalten. Die nachfolgende Tab. Nr. 21 weist die Ergebnisse auf, wie sie von Herrn Assistenten P. Engi unter den gleichen Verhältnissen wie bei den obigen Serien erreicht wurden.

Wie ersichtlich, zeigen auch hier die Produkte mV eine starke systematische Zunahme bei wachsender Vergrößerung, während die Produkte $m\sqrt{V}$ im wesentlichen konstant bleiben, was das aufgestellte Gesetz $m = \frac{c}{\sqrt{V}}$ also bestätigt.

Tabelle Nr. 21.

Ver- größerung V	mittlerer Zielfehler m	$m V$	$m \sqrt{V}$	$\frac{1.34}{\sqrt{V}}$	v
1	2	3	4	5	6
1	1.02	1.02	1.02	1.34	+0.32
5.1	0.471	2.40	1.07	0.593	+0.122
8.6	0.474	4.06	1.39	0.458	-0.016
15.7	0.377	5.91	1.49	0.339	-0.038
25.7	0.272	6.99	1.38	0.265	-0.007
37.0	0.247	9.15	1.50	0.220	-0.027
54	0.156	8.42	1.15	0.182	+0.026
66	0.188	10.10	1.53	0.165	-0.023
78	0.171	13.32	1.51	0.152	-0.019
			12.04 : 9 = 1.34		

4. Das Richtungs-Instrument.

Nachdem nun einmal die Frage der Leistungsfähigkeit von Fernröhren unter sehr günstigen äußeren Umständen gelöst war, mußte ich, um auch praktische Fälle untersuchen zu können, darauf bedacht sein, ein Instrument zu erhalten mit sehr großer Ablesegenauigkeit. Wie schon eingangs erwähnt, waren alle bisherigen Bemühungen, ein zweckmäßiges Instrument mit einer Angabe von 0.01" bis 0.05" zu erhalten, gescheitert. Da ließ ich mir nach meinen Angaben von Herrn Mechaniker Berger in Zürich am Einachser-Theodolit Nr. XVI der Geodätischen Sammlung eine sehr einfache, aber völlig zweckdienliche Vorrichtung anbringen (vergl. Fig. 6 u. 7), so daß noch ca. 0.02" Drehung der Alhidade abschätzbar waren.

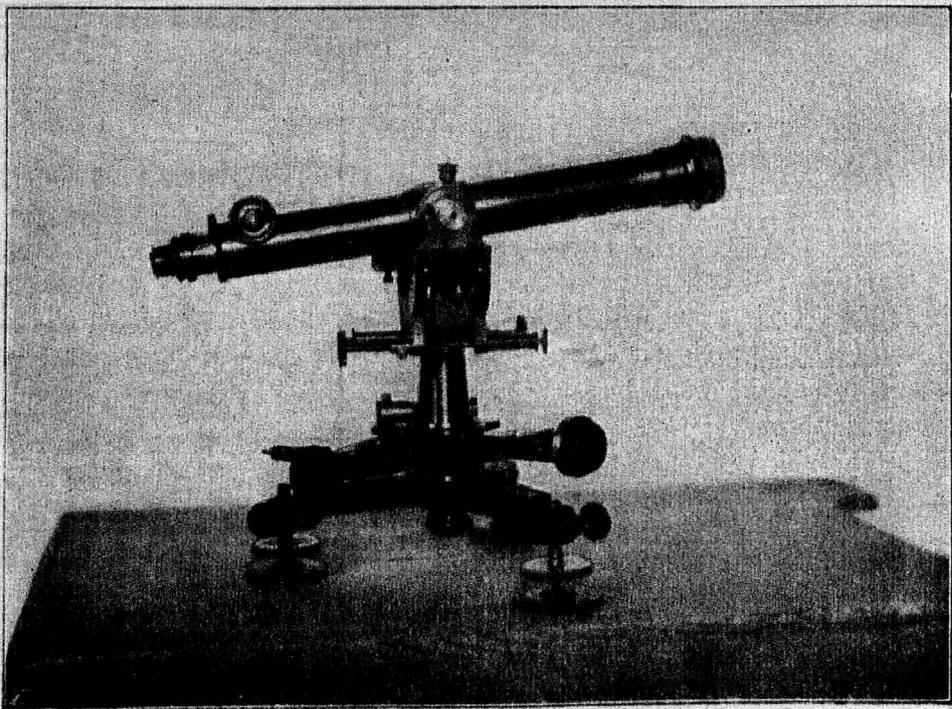


Fig. 6.

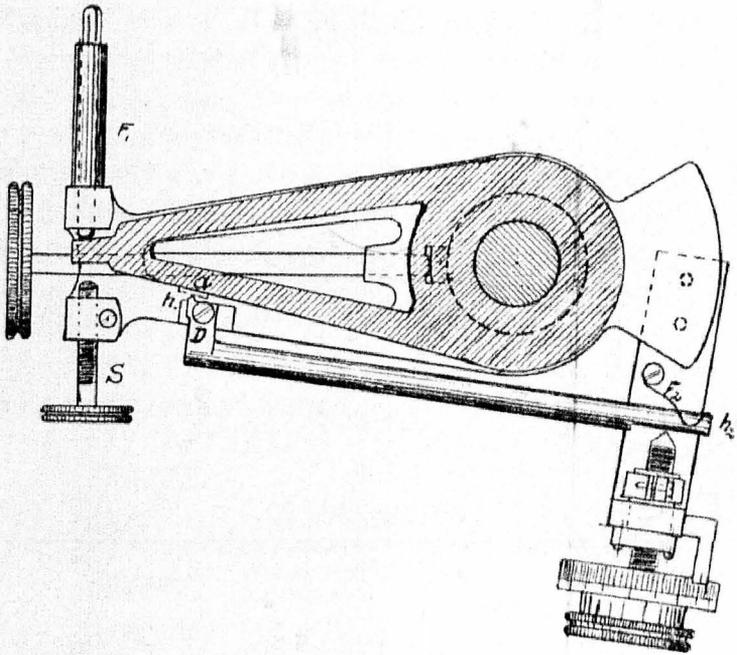


Fig. 7

An der Klemmvorrichtung des genannten Theodolits Nr. XVI (Fabrikat Hildebrand) wurde eine Hebelvorrichtung mit ca. 35facher Übersetzung so angebracht, daß der kürzere Hebelarm h_1 an einem Teil a der Alhidade, welcher ca. 80 mm exzentrisch zum Achsenmittelpunkt des Theodolits war, angriff, während auf dem längeren Teil h_2 des Hebels eine Mikrometerschraube von 0,4 mm Ganghöhe wirkte. Sowohl auf den Teil a der Alhidade, der dem Angriffspunkte des Hebels h_1 gegenüber lag, wie auch auf das längere Ende h_2 des Hebels selbst drückten weiche Gegenfedern F_1 u. F_2 . Es braucht wohl nicht extra darauf hingewiesen zu werden, daß die mechanische Konstruktion aufs peinlichste ausgeführt wurde. So war z. B. die Drehachse D in einem feingeschliffenen Konus gelagert, was eine ganz genaue Führung sicherte. Ebenso wurden die Angriffspunkte wie auch die gegenwirkenden Flächen, sowohl von Alhidade wie vom Hebelarm, aus ganz hartem, aufs feinste poliertem Material hergestellt. Durch die Schraube S konnte der ganze Mechanismus ausgeschaltet werden, um z. B. während des Transportes des Instrumentes gefährliche Pressungen auf den Hebel zu vermeiden. Das Prinzip der ganzen Konstruktion ist im übrigen so einfach, daß ich glaube, statt weiteren Erklärungen ganz auf die Figuren Nr. 6 u. 7 hinweisen zu können.

Die Angabe der Einstell- und Ablesevorrichtung dieses Instrumentes wurde empirisch bestimmt, da die Ermittlung der Übersetzungsverhältnisse zu unsicher gewesen wäre.

Vorerst untersuchte ich die Mikrometerschraube allein auf zufällige und periodische Fehler; ich verzichte hier auf die Wiedergabe der entsprechenden Resultate, da ja für die Einstellungen der Alhidade nicht die Schraube allein, sondern das ganze Hebelwerk wirken mußte, wobei eventuell die Schraubfehler nur sehr stark verfälscht zum Ausdruck gekommen wären. Die Fehler der Mikro-

meterschraube ergaben sich übrigens als so klein (ca. 1—2% Maximal), daß sie in dem benötigten Anwendungsbereich ohneweiters zu vernachlässigen gewesen wären.

Die Bestimmung der Angabe der Ablesevorrichtung geschah folgendermaßen: Auf demselben Pfeiler, der für die früheren Untersuchungen benützt worden war, wurde das Instrument aufgestellt. In 3.55 *m* Distanz vom Instrumentenmittelpunkt stellte ich einen Spiegel so auf, daß er das Bild eines Zielobjektes, das auf dem schon früher gebrauchten Verschiebeapparat angebracht war, in der Richtung des Fernrohres reflektierte. Bei der Trommelablesung 0¹⁾ wurde nun das Zielobjekt dreimal genau einvisiert und jedesmal an der Trommel des Verschiebeapparates die Ablesung gemacht. Die Distanz vom Spiegel zurück bis zum Zielobjekt war 3.58 *m*, so daß die gesamte in Frage kommende Entfernung vom Instrument bis zur Zieltafel via Spiegel 7.13 *m* betrug.

Tabelle Nr. 22.

Ablesung an der Trommel d. Richt-Instr.	Differenz	Ablesung a. d. Trommel des Verschiebe-Apparates <i>mm</i>	Differenz <i>mm</i>
00.0		28.730	
100.0	100.0	27.993	0.737
200.0	100.0	27.220	0.773
300.0	100.0	26.472	0.748
400.0	100.0	25.699	0.773
500.0	100.0	24.938	0.761
			Mittel 0.7584 <i>mm</i>

Eine Trommelumdrehung des Richtungsinstrumentes bedingt somit eine durchschnittliche Verschiebung der Zieltafel von 0.7584 *mm*, in Winkelmaß

$$\frac{0.7584}{7130} \cdot 206.265 = 21.95'',$$

ein Trommelteil entspricht also 0.220''.

Eine nochmalige Bestimmung der Angabe ergab in ähnlicher Weise, aber auf die Distanz 6.00 *m* einen Wert von 0.222'' pro 1 Trommelteil, das Mittel ergab sich also zu 0.221''. Die Differenz in den Bestimmungen rührt wohl hauptsächlich her von Visierfehlern mit dem 24fach vergrößernden Fernrohr.

Mit dieser Anordnung sind dann eine Anzahl Versuchsreihen ausgeführt worden, die sehr guten Anschluß an die früheren, auf andere Art erreichten Ergebnisse zeigen, so daß hinsichtlich der Genauigkeit alle Anforderungen erfüllt gewesen wären. Das Prinzip dieser Ausführung hatte sich damit als in allen Beziehungen als genügend leistungsfähig erwiesen; da ich indes fürchtete, daß

¹⁾ Als 0 wurde der Nullpunkt der in 100 Teile geteilten Trommel in derjenigen Stellung der Schraube betrachtet, in der die Trommel eben den festen Index berührt.

bei etwas weniger subtiler Behandlung des Instrumentes auf dem Felde die mechanische Ausführung doch könnte zu wünschen übrig lassen, ließ ich mir diese Hebelvorrichtung durch eine nach ganz gleichem Prinzip konstruierte, aber in der Ausführung etwas solidere Vorrichtung ersetzen.

In ähnlicher Weise wie bei der ersten Anordnung bestimmte ich die Angabe dieser zweiten Ablesevorrichtung mit Visurlängen von 6.24 *m*, wobei sich folgende Werte ergaben.

Tabelle Nr. 23.

Ablesung a. d. Trommel des Richtungs-Instrumentes	Diff.	Ablesung a. d. Trommel des Verschiebe-Apparates <i>mm</i>	Diff. <i>mm</i>	Mittel <i>mm</i>
00.0		21.272		
	500.0		4.220	
500.0		17.052		
	500.0		4.221	
00.0		21.273		
	500.0		4.229	
500.0		17.044		
	500.0		4.226	
00.0		21.270		
			16.896 : 4	4.224

Auf einen Trommelteil trifft es also $\frac{4.224}{500} = 0.00845$ *mm* oder im Winkel-

$$\text{maß } \frac{0.00845}{6240} \cdot 206.265 = 0.2799''.$$

(Fortsetzung folgt.)

Literaturbericht.

1. Bücherbesprechungen.

Zur Rezension gelangen nur Bücher, welche der Redaktion der Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen zugesendet werden.

Bibliotheks-Nr. 551. C. Müller, Professor in Bonn: Kalender für Vermessungswesen und Kulturtechnik, begründet von W. Jordan, fortgesetzt von W. von Schleichach, herausgegeben von Curtius Müller. 1915. 38. Jahrgang. In vier Teilen und zwei Anhängen. Stuttgart, Verlag von Konrad Wittwer 1915. Ladenpreis Mk. 4.—.

Der 38. Jahrgang des bekannten, beliebten und hochangesehenen Geometerkalenders liegt nun vor, den Prof. C. Müller im Geiste Schleichach's weiterführt und ihn zu einem der besten unter den zahlreichen technischen Kalendern ausgestaltet hat.

Indem das ausgedehnte Gebiet des Vermessungswesens und der Kulturtechnik von kompetenten Fachmännern bearbeitet wird, die in den einzelnen Zweigen anerkannte Spezialisten sind, liegen in dem Müller'schen Kalender Leistungen vor, die denselben zu einem Kompendium von unschätzbarem Werte machen, das dem Praktiker im Bureau und auch im Felde gleich erwünscht sein wird.

A. Auf dem Schenkel <i>OA</i> des Winkelhakens			B. Auf dem Schenkel <i>OB</i> des Winkelhakens			C. Auf der größeren Kathete <i>ab</i> des Dreiecks				
φ		$\sin \varphi$	φ		$\operatorname{cosec} \varphi$	t		h		$\operatorname{tg} t$
0	'	<i>cm</i>	0	'	<i>cm</i>	0	'			<i>cm</i>
46	00	14.39	46	00	27.80	22	30	I	$\frac{1}{2}$	8.28
46	30	14.51	45	30	28.04					
47	00	14.63	45	00	28.28	26	15	»	$\frac{3}{4}$	9.86
47	30	14.75	44	30	28.53					
48	00	14.86	44	00	28.79	30	00	II	—	11.55
48	30	14.98	43	30	29.05					
49	00	15.09	43	00	29.32	33	45	»	$\frac{1}{4}$	13.36
49	30	15.21	42	30	29.60					
50	00	15.32	42	00	29.89	37	30	»	$\frac{1}{2}$	15.35
50	30	15.43	41	30	30.18					
51	00	15.54	41	00	30.49	41	15	»	$\frac{3}{4}$	17.54
51	30	15.65	40	30	30.80					
52	00	15.76	40	00	31.11	45	00	III	—	20.00

Wellisch.

Untersuchungen über die Genauigkeit des Zielens mit Fernröhren.

Von Alfred Noetzli, Dipl. Ing. aus Hängg (Zürich).

(Fortsetzung.)

Den weiteren Berechnungen ist der Wert 0.280 als Angabe eines Trommelteiles zugrunde gelegt, so daß also 0.028" schätzbar waren.

Eine spezielle Untersuchung der beiden Vorrichtungen besonders auf periodische Fehler etc. konnte aus dem einfachen Grunde übergangen werden, weil bei allen nachfolgenden Zielfehleruntersuchungen der benötigte Bereich der Schraube innerhalb derselben Beobachtungsreihe in den meisten Fällen nur ca. 2—4 Hundertstel einer Trommelumdrehung ausmachte, so daß solche eventuell von der Schraube etc. herkommenden Fehlereinflüsse in dem kleinen Bereich von meist weniger als $\frac{1}{25}$ einer Trommelumdrehung nur von so geringer Größe sein konnten, daß sie dem Zielfehler gegenüber unbedingt vernachlässigt werden durften.

Als Beispiele höchstmöglicher Genauigkeit führe ich hier zwei Serien von je 15 Beobachtungen an, die, unter möglichst günstigen Zielverhältnissen vorgenommen, die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit beider Ablesevorrichtungen außer allen Zweifel setzen. Die Zielungen wurden ausgeführt mit dem Fernrohr von Passage-Instrument Gotthard und 78facher Vergrößerung. Das Richtungsinstrument ruhte auf dem Pfeiler, als Zielobjekt dienten weiße Parallelstreifen von 0.1 mm Breite und 2 mm Höhe in ca. 7.50 m Distanz.

Würde man aus der ersten Reihe die Ablesung 4.9*, deren Verbesserung ja ca. gleich dem 3fach mittleren Fehler ist, ausschalten, so erhielte man einen mittleren Einstellfehler von 0.052".

Tabelle Nr. 24.

Ablesevorrichtung I			Ablesevorrichtung II		
Ablesung a. d. Trommel Einheit = 0.221"	z'	z''	Ablesung a. d. Trommel Einheit = 0.280"	z'	z''
103.6	+ 0.1	0.01	005.1	- 0.2	0.04
03.5	+ 0.2	0.04	04.6	+ 0.3	0.09
03.5	+ 0.2	0.04	05.3	- 0.4	0.16
03.8	- 0.1	0.01	04.7	+ 0.2	0.04
03.5	+ 0.2	0.04	04.5	+ 0.4	0.16
03.5	+ 0.2	0.04	05.2	- 0.3	0.09
04.9*	- 1.2	1.44	05.3	- 0.4	0.16
03.6	+ 0.1	0.01	05.2	- 0.3	0.09
03.9	- 0.1	0.01	05.0	- 0.1	0.01
04.1	- 0.4	0.16	04.6	+ 0.3	0.09
03.6	+ 0.1	0.01	04.5	+ 0.4	0.16
03.1	+ 0.6	0.36	05.0	- 0.1	0.01
03.7	0.0	0.00	05.0	- 0.1	0.01
03.4	+ 0.3	0.09	04.7	+ 0.2	0.04
03.5	+ 0.2	0.04	05.0	- 0.1	0.01
55.2 : 15	+ 2.2	2.33	73.7 : 15	+ 1.8	1.16
= 03.7	- 1.9		= 04.9	- 2.0	
		$m_T = \pm 0.408$			$m_T = \pm 0.288$
		$m'' = \pm 0.090''$			$m'' = \pm 0.081''$

Vergleicht man die mit den beiden Einstellvorrichtungen I und II erhaltenen Werte der Zielfehler mit denjenigen, die weiter oben auf ganz andere Art und Weise ermittelt wurden, so findet man eine so gute Übereinstimmung, daß angenommen werden darf, daß der Betrag der Unsicherheit einer Ablesung, herührend von instrumentellen Unvollkommenheiten, dem Zielfehler gegenüber unbedingt vernachlässigbar ist.

Mit diesem Instrumente wurden nun vergleichsweise noch einige Serien mit wechselnden Vergrößerungen ausgeführt, um unter Ausschaltung eines Spiegels, dessen Verwendung unter Umständen eben doch verschiedene Unsicherheiten in sich bergen konnte, noch einmal den Zusammenhang zwischen Visiergenauigkeit und Vergrößerung zu finden.

Vorerst möchte ich aber auf Grund einiger Beobachtungsreihen beweisen, daß die scheinbare Fadenstärke bei meiner Versuchsanordnung von keinem Einfluß auf den Zielfehler ist, wenn nur auf beiden Seiten des Fadens für alle Vergrößerungen scheinbar gleich große Streifen des Intervalles noch sichtbar bleiben. Allerdings ist eine solche Beziehung nicht für ganz beliebige Zielobjekte möglich, oder dann nur innerhalb gewisser Grenzen (z. B. bei Kreisen); für die meisten Fälle der Praxis ist, aber die Differenz in den Fadendicken nicht sehr groß, so daß sie ohneweiters vernachlässigt werden darf, wenn nicht ganz bestimmte Gesichtspunkte maßgebend sind (z. B. bei scheinbar sehr kleinen Zielobjekten etc.).

Der Beweis ist hier für Parallelintervalle durchgeführt; ganz ähnliche Ergebnisse würden sich jedenfalls ergeben z. B. bei den Zielobjekten, wie sie für die Serien 1—5 der Versuche ohne Fernrohrfäden Verwendung fanden. Die nach-

folgenden Versuche wurden ausgeführt mit dem Fernrohr des ungeänderten Theodolits Hildebrand (Ablesevorrichtung I, Angabe 0·221") die Vergrößerung war 24fach, das Instrument stand auf dem schon bei den früheren Serien benützten Pfeiler, die Zielobjekte wurden so ausgewählt, daß immer gleichmäßig günstige Zielverhältnisse vorlagen. Die nachfolgende Tabelle Nr. 25 weist die erzielten Resultate aus.

Tabelle Nr. 25.

Vergrößerung V	scheinbare Fadenstärke in Sekunden	mittlerer Zielfehler in Sekunden
24	64	0.1568
24	87	0.1707
24	104	0.1462
24	174	0.1257
24	296	0.1230
24	630	0.1342

Hier und bei allen folgenden Untersuchungen sind die Fehlerwerte, soweit nicht speziell etwas anderes bemerkt ist, erhalten worden aus Reihen von je 15 aufeinanderfolgenden Beobachtungen.

Ein merklicher Einfluß verschiedener scheinbarer Fadenstärken ist also nicht konstatierbar, außer wie schon weiter oben bemerkt, wenn der Faden gegenüber dem hellen Zielobjekt als zu dünn erscheint, was dann das Auge zu sehr ermüdet. Damit ist die schon früher gefundene Tatsache der Unabhängigkeit des Zielfehlers von der scheinbaren Fadenstärke bei speziellen Zielobjekten auch für feinere Fäden bewiesen; die Resultate der Serien unter Variation der Vergrößerung sind also auch in dieser Hinsicht ganz einwandfrei.

5. Weitere Untersuchungen zur Bestimmung der Variation des Zielfehlers mit der Vergrößerung.

In die Lager des Richtungsinstrumentes wurden der Reihe nach die schon früher gebrauchten Fernrohre von Theodolit Wanschaff und Passage-Instrument Gotthard mit den entsprechenden Vergrößerungen eingelegt und die Einstellungen und Ablesungen mit der Vorrichtung I (Angabe 0·221") vorgenommen. Als Zielobjekte dienten weiße Parallelstreifen auf schwarzem Grunde. Alle Umstände waren ähnlich wie bei den früheren Serien.

Die nachfolgende Tabelle Nr. 26 gibt in der zweiten Kolonne die erreichten Werte der Zielfehler wieder.

Auch hier ergab sich also, trotz den ganz anderen instrumentellen Anordnungen, eine gute Bestätigung des gefundenen Gesetzes $m = \frac{c}{\sqrt{V}}$. Zugleich geben die Beträge der erreichten Zielfehler, die ja im wesentlichen nicht sehr stark von den schon früher auf andere Art gefundenen Werten abweichen, einen schönen Beweis für die Zuverlässigkeit des Richtungs-Instrumentes.

Tabelle Nr. 26.

Vergrößerung V	Zielfehler m	mV	$m\sqrt{V}$	$\frac{0.83}{\sqrt{V}}$	v
1	0.84	0.84	0.84	0.83	-0.01
5.1	0.228	1.16	0.52	0.368	+0.140
8.6	0.360	3.09	1.06	0.283	-0.077
12	0.330	3.96	1.14	0.239	-0.091
15.7	0.244	3.83	0.96	0.209	-0.035
24	0.169	4.05	0.83	0.169	0.000
25.7	0.149	3.82	0.76	0.164	+0.015
37	0.118	4.36	0.72	0.136	+0.018
54	0.080	4.32	0.59	0.113	+0.033
66	0.095	6.28	0.77	0.102	+0.007
78	0.102	7.95	0.90	0.094	0.008

Um mir auch Einblick zu verschaffen in die Größe des Zielfehlers bei einem in Zielungen mit Fernröhren völlig ungeübten Beobachter, ließ ich durch Herrn C. Hew, Studierender des I. Kurses der Ingenieurabteilung der E. T. H., mit einigen Vergrößerungen eine Serie von Beobachtungen ausführen. Die instrumentellen Anordnungen waren dabei dieselben wie bei den obigen Serien.

Tabelle Nr. 27.

Vergrößerung V	Mittlerer Zielfehler m	mV	$m\sqrt{V}$	$\frac{1.48}{\sqrt{V}}$	v
1	1.79	1.79	1.79	1.48	-0.31
12	0.448	5.38	1.56	0.427	-0.021
24	0.366	8.78	1.80	0.302	-0.064
37	0.216	8.00	1.32	0.243	+0.027
54	0.176	9.50	1.29	0.201	+0.025
78	0.125	9.75	1.10	0.167	+0.042
				$\frac{8.86:6}{= 1.48}$	

Wie ersichtlich, ist die Genauigkeit, entsprechend der geringern Übung des Beobachters, auch wesentlich kleiner. Aus diesem Grunde kamen die systematischen Beeinflussungen, die ja ungefähr gleich groß angenommen werden dürfen, wie bei den von mir ausgeführten Serien, dem größeren zufälligen Zielfehler gegenüber viel weniger in Betracht, was dann für die stärkeren Vergrößerungen eine relative Genauigkeitszunahme ergab.

III.

Untersuchungen an trigonometrischen Signalen.

I. Zielfehlerbestimmung.

A. Das Beobachtungsmaterial.

Nachdem nun die Leistungsfähigkeit von Fernröhren unter sehr günstigen äußeren Umständen (stabile Aufstellung, ruhige Luft, günstige Zielobjekte etc.)

festgestellt war, trat die Frage auf, inwieweit diese Ergebnisse auf die Fälle der Praxis, speziell die trigonometrischen Beobachtungen, übertragbar seien. Fast alle bisherigen Untersuchungen über die Zielgenauigkeit, wenigstens soweit sie mir durch die Literatur zugänglich waren, beschränkten sich auf das Problem der Abschätzung an Skalen¹⁾, oder dann mußten spezielle Zielobjekte von ähnlicher Form, wie sie in der Praxis vorkommen, als Ersatz dienen (z. B. Kreise für Sterne²⁾ etc.). Wie ich schon eingangs darlegte, ergeben Zielungen auf Skalen (Schätzen an einer beliebigen Stelle eines Intervalles) nicht ohneweiters die prinzipielle Leistungsfähigkeit von Fernröhren; jedenfalls lassen sich die aus dieser Art von Visuren gefolgerten Resultate nicht so ohneweiters auf das Problem des reinen Zielens übertragen. Ebenso ist nicht erwiesen, daß Resultate, die sich als Untersuchung an speziellen Modellen²⁾ ergeben haben, leichthin auf die Fälle der Praxis angewendet werden dürfen, umso weniger, so lange das Gesetz der Abhängigkeit des Zielfehlers von der Fernrohrvergrößerung noch nicht einwandfrei festgestellt ist.

Die Kenntnis der Genauigkeit einer Visur ist natürlich da am meisten erwünscht, wo es sich um größtmögliche Präzision handelt. Die höchste erreichbare Genauigkeit kann nur erhalten werden, den gleichen Grad der Befähigung resp. Übung des Beobachters vorausgesetzt, indem man entweder die instrumentellen Hilfsmittel oder die Methode zweckmäßig ausgestaltet. Das letztere ist Sache der Theorie; das erstere, weil hier die Theorie teilweise versagt, muß eben durch Erfahrung, resp. durch spezielle Untersuchungen herausgefunden werden. Es ist deshalb umso verwunderlicher, daß bisher nicht mehr versucht wurde, sich Einblick in diese Verhältnisse zu verschaffen. Der Hauptgrund liegt jedenfalls darin, daß es bisher nicht möglich war, auf rationelle Weise beliebig viele Visuren so genau gegen einander festzulegen, daß der Einfluß aller Hilfsmittel (Ablesevorrichtung etc.) gegenüber dem reinen Zielfehler verschwindend klein war.

Durch das speziell zu diesem Zwecke konstruierte Richtungsinstrument, wie ich es weiter oben beschrieben habe, war mir ein Mittel in die Hand gegeben, das allen diesbezüglichen Anforderungen genügte. Wenn sich nämlich, wie wir gesehen haben, mit dieser instrumentellen Einrichtung mittlere Zielfehler von 0 08" bis 0 09" ermitteln ließen, so war damit die Zweckmäßigkeit des Instrumentes für Beobachtungen auf dem Felde, wo ja infolge der Luftverhältnisse jedenfalls bedeutend größere Zielfehler zu erwarten waren, ohneweiters erwiesen.

Im Laufe des Sommers 1913 nahm ich an verschiedenen Orten Untersuchungen vor über die Genauigkeit, mit welcher die gebräuchlichsten trigonometrischen Signale unter den verschiedensten Umständen anvisiert werden können. Bei der großen Mannigfaltigkeit dieser Umstände, ich erinnere nur an die verschiedenartigen Luftverhältnisse, Beleuchtungen, Hintergründe etc. etc., war es mir natürlich nicht möglich, alle Arten der in der Praxis der trigonometrischen

¹⁾ Vergl. [10] Reinhertz: Schätzgenauigkeit, u. a.

²⁾ Vergl. [8] Laugier. *Astronomische Nachrichten*, Nr. 1086.

Beobachtungen vorkommenden Verhältnisse zu untersuchen; immerhin hoffe ich, daß bei der großen Mannigfaltigkeit des vorliegenden Beobachtungsmateriales doch für die meisten anderen Fälle gewisse Analogien sich werden finden lassen, daß sowohl Beobachter wie Konstrukteur Anhaltspunkte finden können für den weiteren Ausbau der Beobachtungstechnik.

Speziell möchte ich darauf aufmerksam machen, daß die Beobachtungen nicht etwa nur unter günstigen äußeren Umständen vorgenommen wurden, sondern, wie aus den Angaben ersichtlich, mittelmäßige, ja sogar ungünstige Verhältnisse ebenfalls Berücksichtigung fanden. Es ist nämlich sicher ebenso wertvoll, ungefähr zu wissen, unter welchen Umständen in Bezug auf den Zielfehler noch genügende Resultate erhalten werden können, als nur das überhaupt erreichbare Maximum der Genauigkeit zu kennen. Im ferneren wurden die Beobachtungen nicht nur von mir allein ausgeführt, sondern, um Vergleichsresultate zu haben, auch von anderen, mehr oder weniger geübten Beobachtern.

Für die Einstellungen und Ablesungen wurde bei allen Beobachtungsreihen das Richtungs-Instrument mit der Vorrichtung II (Angabe 0.280") verwendet. Da aber das dazu gehörige Fernrohr mit den Vergrößerungen 24 und 29 einen zu kleinen Bereich für die Variation der Vergrößerung bot und der relativ geringe Objektivdurchmesser von 31 mm für die Benützung stärkerer Vergrößerungen zu klein gewesen wäre, wurde in die Lager der Horizontalaxe des Instrumentes eine Vorrichtung eingelegt, die das Auflegen anderer Fernröhren gestattet. Diese Einrichtung (vergl. Fig. 9) ist eine ganz ähnliche, wie sie bei Nivellier- und Tachymeter-Instrumenten mit dreh- und unlegbarem Fernrohr vorkommt. Auf diese Weise fand unter anderm das Fernrohr von Nivellierinstrument Nr. 130 Verwendung. Dieses Fernrohr stammt aus den Werkstätten von Kern & Co. in Aarau; der nutzbare Durchmesser des Objektivs beträgt 34 mm, die Brennweite 370 mm. Die Vergrößerung war eine 33fache und konnte durch Einsetzen eines orthoskopischen Okulars von Zeiß mit 10 mm Brennweite auf $V = 37$ erhöht werden. Im fernern wurde mir in sehr entgegenkommender Weise von der schweizerischen Landestopographie ein Nivellierfernrohr mit Zeiß'scher Optik zur Verfügung gestellt, das ebenfalls bei Verwendung der Einrichtung nach Figur 9 benützt werden konnte. Die Vergrößerung dieses Fernrohres war eine 38fache bei einem Objektivdurchmesser von 44 mm und einer Objektivbrennweite von 450 mm. Außerdem wurde durch Einsetzen eines dritten Okulares in das Fernrohr des Richtungs-Instrumentes eine 12fache Vergrößerung erzielt. Für einige Beobachtungsreihen wurde im weiteren verwendet das Fernrohr einer Kippregel von Kern in Aarau. Die Vergrößerung war eine 26fache, die Brennweite des Objektivs betrug 235 mm und zum Vergleiche wurden sowohl am Mittelfaden wie auch an den Distanzfäden (Multiplikationskonstante 100) Ablesungen gemacht. Für die Nachtbeobachtungen wurde das schon früher benützte Fernrohr von Th. Wanschaff verwendet, da dieses eine Beleuchtung des Fadenkreuzes gestattete. Die Vergrößerungen waren dabei rund 26- und 36fache.

Das Richtungs-Instrument war, soweit es nicht auf Pfeilern ruhte, befestigt auf einem großen Theodolitstativ neuester Konstruktion von Kern & Co. in

Aarau. Bei nicht ganz solidem Untergrund ruhten die Füße dieses Statives auf fest in den Boden eingerammten harthölzernen Pfählen. Das Instrument wurde durch eine Schraube mit starker Feder gegen die Stativplatte aus Aluminium angepreßt, so daß für sämtliche Beobachtungen die Auflagerung eine in allen Beziehungen einwandfreie war. Gegen Sonnenbestrahlung und den Einfluß des Windes war das Instrument durch vorgespannte Zelttücher gut geschützt, falls nicht die Umstände oder der Aufstellungsort selbst einen besonderen Schutz überflüssig machten.

Da es zu weit führen würde, sämtliche Beobachtungsreihen und eventuell noch die dazu gehörigen Fehlerrechnungen hier im Detail wiederzugeben, begnüge ich mich hier mit der Angabe der daraus gewonnenen Resultate.

B. Direkte Resultate der Beobachtungen.

1. Abhängigkeit der Zielgenauigkeit von den Luft- und Beleuchtungsverhältnissen.

Wie es von vornherein zu erwarten war, zeigte sich bei den verschiedenartigen äußeren Umständen eine mehr oder weniger große Beeinflussung der Zielgenauigkeit. Welche Beträge diese Beeinflussung ausmachen kann, ersieht man am besten durch vergleichen der auf dem Felde erhaltenen Resultate mit denen, die im abgeschlossenen Laboratorium erreicht wurden. Wir haben gesehen, daß für meine Beobachtungsgenauigkeit bei guten Zielverhältnissen einem 20- bis 30fach vergrößernden Fernrohr ein mittlerer Zielfehler von ca. 0.15—0.20" entspricht¹⁾; die auf dem Felde erhaltenen Werte erreichen aber gewöhnlich das Doppelte bis 3fache, oft sogar das 4- bis 5fache dieses Betrages. Allerdings läßt sich, wenigstens teilweise, die Verminderung der Zielgenauigkeit dadurch erklären, daß auch ein gut beleuchtetes trigonometrisches Signal bei relativ kontrastvollem Hintergrund nie so günstige Zielverhältnisse bieten wird, wie weiße Figuren auf schwarzem Grunde. Im allgemeinen werden nämlich bei trigonometrischen Visuren die zwischen Beobachter und Signal liegenden Luftschichten durch Staub oder Dunst bis zu einem gewissen Grade die Durchsichtigkeit vermindern und dadurch die Zielverhältnisse ungünstiger gestalten. Dazu kommt noch, daß durch Diffraktionserscheinungen an den Rändern des Fernrohrfadens eine gewisse Menge der das Bild des Zielobjektes ergebenden Lichtstrahlen für das Auge verloren gehen, wodurch eine Schwächung der Lichtstärke des Bildes des Zielobjektes bedingt ist. Im weiteren treten dazu noch die Diffraktionserscheinungen, erzeugt durch eine Austrittspupille kleiner als 1.89 mm^2), welche wieder bei einem relativ lichtschwachen Fernrohrbild mehr zur Geltung kommen, als bei den früheren entsprechenden Versuchen konstatiert wurde.

Der Hauptgrund für die relativ großen Zielfehler liegt aber darin, daß durch Bewegungen der Luft zwischen Fernrohr und Zielobjekt ein unruhiges Fernrohrbild verursacht wird, wobei sich dieses Bild naturgemäß viel schwieriger und ungenauer pointieren läßt.

¹⁾ Vergl. z. B. Tabelle Nr. 16 u. a.

²⁾ Vergl. Helmholtz: Über die theoretische Grenze der Leistungsfähigkeit von Mikroskopen.

Ein weiterer und nicht unwesentlicher Grund zur Vergrößerung des Zielfehlers ist ebenfalls, wenn auch nur indirekt, durch ein Zittern des Fernrohrbildes bedingt. Wenn nämlich dieses Bild nicht völlig ruhig ist, so wird es ganz unmöglich sein, die Parallaxe mit der sonst unter normalen Umständen erreichbaren Genauigkeit zu beseitigen. Man ist dann nämlich gezwungen, einfach das Bild des Objektes möglichst scharf einzustellen und anzunehmen, daß die Fadenebene mit der Bildebene zusammenfalle. Daß die dadurch bedingte Unsicherheit ziemlich groß ist, läßt sich durch den ausgedehnten Bereich der Akkomodationsfähigkeit des menschlichen Auges ohneweiters erklären.

2. Abhängigkeit des Zielfehlers von den instrumentellen Konstanten des Fernrohres.

a) Helligkeit und Auflösungsvermögen.

Wir haben gesehen, daß das Auflösungsvermögen bei gleichbleibender Vergrößerung im wesentlichen abhängt von Diffraktionserscheinungen sowie der Helligkeit der Fernrohre. Diese Faktoren werden bei der Art der hier zur Verwendung gelangten Zielobjekte einen nicht unwesentlichen Einfluß auf die Größe des Zielfehlers ausgeübt haben, indem bei Fernrohren mit geringer Helligkeit und kleinem Auflösungsvermögen ein nur schlecht beleuchtetes oder im Dunste fast verschwindendes Signal nicht mehr deutlich wahrgenommen wird, also auch eine weniger sichere Pointierung ergibt, während ein in diesen Beziehungen besser qualifiziertes Fernrohr noch ganz gute Werte liefern kann.

Aus dem vorliegenden Beobachtungsmaterial ist eine Abhängigkeit des Zielfehlers von Helligkeit und Auflösungsvermögen der Fernrohre nicht ohneweiters ersichtlich, da die äußeren Umstände zu verschiedenartige waren, doch ist eine gewisse Beziehung zwischen diesen Größen unbedingt vorhanden, wie leicht einzusehen ist.

b) Vergrößerung.

Wir haben bereits früher gefunden, daß unter günstigen äußeren Verhältnissen der Zielfehler im allgemeinen umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus der Vergrößerungszahl zu setzen ist. Für die vorliegenden Untersuchungen wurden die Vergrößerungen $V = 12, 24, 29, 33, 37$ und 38 verwendet; dabei wurden die drei erstgenannten Vergrößerungen erhalten durch Einsetzen von verschiedenen Okularen in dasselbe Fernrohr, wobei immer der volle Objektivdurchmesser benützt wurde. Analog ergaben sich für das Fernrohr von Nivellierinstrument Nr. 130 durch Verwendung von zwei Okularen die Vergrößerungen 33 und 37 . Das Fernrohr mit 38 facher Vergrößerung wurde nur in dieser einen Form gebraucht.

Infolge der sehr ungleichmäßigen äußeren Umstände wäre es durchaus unrichtig, die Leistungen verschiedener Fernrohrvergrößerungen nach den unter verschiedenen Verhältnissen gefundenen Fehlergrößen bewerten zu wollen. Um aber doch Einblick zu erhalten in die Abhängigkeit des Zielfehlers von der Fernrohrvergrößerung bei Feldbeobachtungen, habe ich verschiedene Vergrößerungen in wechselnder Reihenfolge sofort nacheinander angewendet, so daß die Bedin-

gung der Gleichheit der Luftverhältnisse, Beleuchtung etc. so ziemlich als erfüllt angesehen werden darf. Um einen möglichst großen Bereich in den Vergrößerungen zu besitzen, habe ich auch Zielungen mit einer 12fachen Vergrößerung vorgenommen, deren Verwendung für Triangulationszwecke sich sonst so ohnweiters wohl kaum rechtfertigen würde. Alle Vergrößerungen wurden jeweils, eben im Interesse gleichartiger äußerer Umstände, auf dasselbe Zielobjekt angewendet, was prinzipiell im Widerspruch steht mit meiner früher geäußerten Forderung, für alle Vergrößerungen dieselben scheinbaren Objektgrößen anzuwenden, um die richtige Beziehung zwischen Zielfehler und Vergrößerung zu erhalten. Dort, d. h. bei der Untersuchung der reinen Leistungsfähigkeit einer Vergrößerung, resp. ihr Verhältnis zu einer anderen, war die Forderung gewiß berechtigt, wie aus den angeführten Versuchen ohnweiters hervorgeht. Für die praktischen Fälle, z. B. für trigonometrische Beobachtungen, ist die Frage eben eine wesentlich andere. Hier handelt es sich darum, welche Genauigkeit beim Anvisieren eines Signales in gegebener Entfernung mit einem Fernrohr von bestimmter Vergrößerung möglich sei. Immerhin möchte ich darauf hinweisen, daß auch bei diesen Versuchen teilweise die Bedingung «gleiche scheinbare Größe des Zielobjektes für alle Vergrößerungen» erfüllt sein kann, z. B. bei Visuren auf Pyramiden oder die Spitze des Bretterkreuzes bei großen Stangensignalen, wobei ja gewöhnlich der Winkel der äußersten Begrenzungslinie des Signales, welcher Winkel natürlich für alle Vergrößerungen derselbe ist, halbiert wird. Andernteils kann unter Umständen an einem vorliegenden Signal unter Anwendung einer stärkeren Vergrößerung ein günstigerer Zielpunkt benützt werden, wodurch sich für diese Vergrößerung eine relativ höhere Genauigkeit ergeben wird.

Will man aus unseren Beobachtungen diejenigen Beobachtungsreihen herausziehen, die unter denselben äußeren Umständen ausgeführt wurden, um Einblick zu erhalten in die relative Leistungsfähigkeit verschiedener Vergrößerungen, so hat man, entsprechend den zu verschiedenen Zeiten jeweils sofort nacheinander benützten Vergrößerungen, in der Hauptsache vier Gruppen zu bilden.

- 1) Vergrößerungen $V = 12$ und 24 .
- 2) » $V = 24$ und 37 .
- 3) » $V = 12, 24$ und 37 .
- 4) » $V = 12, 24$ und 29 .

Die nachfolgenden Tabellen Nr. 28, 29, 30 und 31 geben die Resultate dieser speziellen Untersuchungen wieder; die 1. Kolonne gibt die Nummer der Reihen, die folgenden Kolonnen zeigen die mittleren Fehlerwerte, woraus für jede Vergrößerung aus den entsprechenden Reihen das Mittel nach der Formel

$m = \sqrt{\frac{[m^2]}{n}}$, wo n die Anzahl der Reihen bedeutet, gebildet wurde. Zuletzt sind die Werte mV und $m\sqrt{V}$ für jeden dieser resultierenden mittleren Fehler angegeben.

(Fortsetzung folgt.)

Man erhält aus 1):

$$\begin{aligned}
 B_1 \dots y_b' &= 0.00 \text{ m}; & B_2 \dots y_b'' &= 459.52 \text{ m} \\
 x_b' &= 0.00 \text{ m}; & x_b'' &= 302.23 \text{ m} \\
 M_1 \dots y_m' &= 150.00 \text{ m}; & M_2 \dots y_m'' &= 362.02 \text{ m} \\
 x_m' &= 0.00 \text{ m}; & x_m'' &= 324.44 \text{ m}.
 \end{aligned}$$

Aus 2) und 3) berechnet man

$$e = 387.58 \text{ m, bezw. } d = 232.55 \text{ m.}$$

Schließlich geben die Gleichungen 4) bis 6) und 10) bis 14) der Reihe nach:

$$\begin{aligned}
 \xi &= 194.67 \text{ m}; & \eta &= 277.21 \text{ m}; \\
 x_1 &= 143.70 \text{ m}; & y_1 &= 106.98 \text{ m}; \\
 m_1 &= 111.67 \text{ m}; & \alpha_1 &= 73^\circ 19' 50''; \\
 \beta &= 12^\circ 50'; & \alpha_3 &= 60^\circ 29' 50''; & m_2 &= 58.32 \text{ m}.
 \end{aligned}$$

Untersuchungen über die Genauigkeit des Zielens mit Fernröhren.

Von Alfred Noetzel, Dipl. Ing. aus Höngg (Zürich).

(Fortsetzung.)

Die obige Berechnungsart des Mittelwertes der mittleren Fehler ist allerdings nicht ganz einwandfrei, so lange nicht nachgewiesen ist, daß die inneren Genauigkeiten der einzelnen Fehlerwerte ungefähr die gleichen sind, d. h. daß die mittleren Fehler der mittleren Fehler für alle Reihen nur so viel von einander verschieden sind, als es die Gesetze der reinen Zufälligkeit zulassen. Eine ge-

Tabelle Nr. 28.

1. Gruppe.

Nr. der Reihe	Vergrößerung	
	$V=12$ m_1''	$V=24$ m_2''
20 u. 18	0.75	0.49
23 u. 22	0.51	0.49
27 u. 26	0.40	0.41
40 u. 37	0.50	0.50
39 u. 38	0.66	0.35
224 u. 223	0.78	0.49
231 u. 232	0.65	0.38
	$m_{12} = 0.62$	$m_{24} = 0.45$
	$mV = 7.45$ (7.28)	10.79 (10.65)
	$m\sqrt{V} = 2.15$ (2.10)	2.20 (2.18)
	$m\sqrt[5]{V} = 1.42$	1.30

Tabelle Nr. 29.

2. Gruppe.

Nr. der Reihe	Vergrößerung	
	$V=24$ m_1''	$V=37$ m_2''
130 u. 128	0.56	0.51
136 u. 135	0.34	0.47
137 u. 138	0.84	0.68
140 u. 139	0.42	0.41
141 u. 142	0.50	0.32
144 u. 143	0.68	0.53
153 u. 154	0.45	0.35
155 u. 156	0.70	0.46
	$m_{24} = 0.58$	$m_{37} = 0.48$
	$mV = 14.15$ (13.47)	17.37 (17.24)
	$m\sqrt{V} = 2.84$ (2.75)	2.92 (2.84)
	$m\sqrt[5]{V} = 1.67$	1.60

Tabelle Nr. 30.

3. Gruppe.

Nummer der Reihe	Vergrößerung		
	$V=12$	$V=24$	$V=37$
	m_1	m_2	m_3
146, 145 u. 147	0·75	0·72	0·47
149, 150 u. 148	1·09	0·46	0·58
179, 178 u. 180	0·97	0·86	0·64
183, 182 u. 184	0·63	0·42	0·45
200, 199 u. 198	0·65	0·70	0·48 ^{*)}
$\sqrt{\frac{\sum (m_n^2)}{5}} = m =$	0·84	0·65	0·53
$mV =$	10·05 (10·02)	15·59 (16·18)	19·60 (19·50)
$m\sqrt{V} =$	2·91 (2·83)	3·18 (3·10)	3·22 (3·20)
$m\sqrt[3]{V} =$	1·92	1·87	1·76

*) $V=38\times$.

Tabelle Nr. 31.

4. Gruppe.

Nummer der Reihe	Vergrößerung		
	$V=12$	$V=24$	$V=29$
	m_1	m_2	m_3
192, 191 u. 190	0·46	0·32	0·39
193, 195 u. 194	0·47	0·43	0·49
210, 208 u. 209	0·37	0·24	0·30
212, 211 u. 213	0·74	0·66	0·68
$m =$	0·53	0·44	0·49
$mV =$	6·36 (6·11)	10·56 (9·90)	14·20 (13·45)
$m\sqrt{V} =$	1·84 (1·76)	2·16 (2·03)	2·64 (2·50)
$m\sqrt[3]{V} =$	1·21	1·27	1·50

nauere Untersuchung der vorliegenden Resultate ergibt aber diesbezüglich eine ziemliche Annäherung, was auch aus der ungefähren Übereinstimmung der Werte der Produkte mV und $m\sqrt{V}$, die auf zwei verschiedene Arten gerechnet wurden, mit genügender Sicherheit gefolgert werden kann. Diese Werte ergeben sich nämlich auch dadurch, daß für jeden einzelnen Fehlerwert m die Produkte mV und $m\sqrt{V}$ und dann für jede Gruppe für dieselben Vergrößerungen das arithmetische Mittel dieser verschiedenen Beträge gebildet wurde, was die eingeklammerten Werte von mV und $m\sqrt{V}$ ergab.

Ein Blick auf die Beträge mV jeder einzelnen Gruppe für sich zeigt, daß nicht Proportionalität bestehen kann zwischen Vergrößerung und Zielgenauigkeit.

Aus der Vergleichung der verschiedenen Werte $m\sqrt{V}$ der einzelnen Gruppen ersieht man ferner, daß überall der dem größeren V entsprechende Betrag der höhere ist, m. a. W. bei Zielungen auf trigonometrische Signale, ausgeführt unter normalen äußeren Verhältnissen, ist die Beziehung zwischen Vergrößerung und Zielgenauigkeit im allge-

meinen noch ungünstiger, als sie durch das Gesetz $m = \frac{\text{const}}{\sqrt{V}}$ ausgedrückt ist. Die Abweichungen sind allerdings nicht überall sehr groß, könnten sogar teilweise bloßer Zufälligkeit zugeschrieben werden, wenn nicht die Differenzen stets in demselben Sinne, d. h. in einer Vergrößerung des Produktes $m\sqrt{V}$ bei größerem V , auftreten würden. Diese Tatsache war nach den Ergebnissen der früheren Untersuchungen eigentlich vorauszusehen. Ich habe a. a. O. die Ursachen aufgezählt, die das Auftreten der weiter oben abgeleiteten Beziehung

$m = \frac{c}{\sqrt{V}}$ herbeiführen konnten, und gefunden, daß die Summe der äußeren Einflüsse, s , dargestellt werden könne durch den Ausdruck

$$s = \sqrt{\frac{c_1^2}{b^2 V^2} + \frac{c_2^2}{V} + c_3^2 + c_4^2 V}$$

oder

$$s = \frac{1}{\sqrt{V}} \sqrt{\frac{c_1^2}{b^2 V} + c_2^2 + c_3^2 V + c_4^2 V^2},$$

wobei die einzelnen c für bestimmte äußere Verhältnisse von konstantem Werte sind und V die Fernrohrvergrößerung bedeutet. Um diesen Betrag s ist der der Form des Zielobjektes und der angewendeten Vergrößerung prinzipiell entsprechende Wert des Zielfehlers m verfälscht. Unter sehr günstigen äußeren Umständen kann der Wert der Quadratwurzel, innerhalb gewisser Grenzen für die Vergrößerungszahlen, konstant, also s als umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus der Vergrößerung angenommen werden, woraus für den Zielfehler die Beziehung $m = \frac{c}{\sqrt{V}}$ folgt. Ich habe aber darauf hingewiesen, daß, sobald die durch den Koeffizienten c_4 ausgedrückte Unruhe des Fernrohrbildes ziemlich groß ist, der Summand $c_4^2 V^2$ des Ausdruckes für s den Wert der Wurzel ganz bedeutend von der Vergrößerung abhängig machen kann. Die systematische Verfälschung s einer Visur wird daher relativ größer bei zunehmendem V , woraus natürlich für die stärkeren Vergrößerungen eine relativ geringere Leistungsfähigkeit folgt, als sie der Beziehung $m = \frac{c}{\sqrt{V}}$ entsprechen würde.

Man hätte eigentlich fast erwarten können, daß das Verhältnis zwischen Vergrößerung und Zielgenauigkeit noch ungünstiger ausfallen würde, als es die Zahlen der Tabellen Nr. 28—31 ergeben; es hat aber besonders ein Umstand ganz wesentlich beigetragen zur Erhöhung der Zielgenauigkeit bei den stärkeren Vergrößerungen. Die anvisierten Signale befanden sich alle in relativ großen Entfernungen, die Größen ihrer Fernrohrbilder waren also meist ziemlich gering, oft so gering, besonders bei der 12fachen Vergrößerung, daß es Mühe machte, mit dem Faden noch eine Bisektion vorzunehmen, was natürlich zu einer diesbezüglichen Benachteiligung der schwächeren Vergrößerungen führte. Andernteils ergab sich oft bei demselben Signal unter Anwendung einer stärkeren Vergrößerung ein günstigerer Zielpunkt, indem z. B. bei Stangensignalen bei einer schwächeren Vergrößerung die Signalstange nur noch schlecht sichtbar war und man deshalb das Bretterkreuz anvisieren mußte, während unter Anwendung einer stärkeren Vergrößerung die Stange sich noch sehr gut zum Pointieren eignete, was natürlich schon infolge des günstigeren Zielpunktes ein genaueres Visieren ermöglichte. Aber auch dieser Umstand vermochte nicht ganz die Nachteile des scheinbar heftigeren Zitterns der Fernrohrbilder aufzuheben, so daß trotzdem die relative Leistungsfähigkeit der stärkeren Vergrößerungen im allgemeinen geringer war, als die Beziehung $m = \frac{c}{\sqrt{V}}$ angibt.

Die bisher üblichen Annahmen $m = \frac{10''}{V}$ (Stampfer¹⁾)

¹⁾ [1] Stampfer: Visiergenauigkeit.

$$m = \frac{60''}{V} \text{ bis } \frac{40''}{V} \text{ (Hammer¹⁾}$$

$$m = \frac{50''}{V} \text{ (Vogler²⁾}$$

$$m = \frac{30''}{V} \text{ (Hartner-Doležal³⁾}$$

etc. etc.

können also auf Grund der vorliegenden Untersuchungen wenigstens bei Visuren auf trigon. Signale nicht mehr als den tatsächlichen Verhältnissen entsprechend angenommen werden, sondern dürften zweckmäßig bei normalen äußeren Verhältnissen für einen mittelmäßigen bis guten Beobachter ersetzt werden durch die

Beziehung $m = \frac{4''}{\sqrt{V}}$ bis $\frac{3''}{\sqrt{V}}$

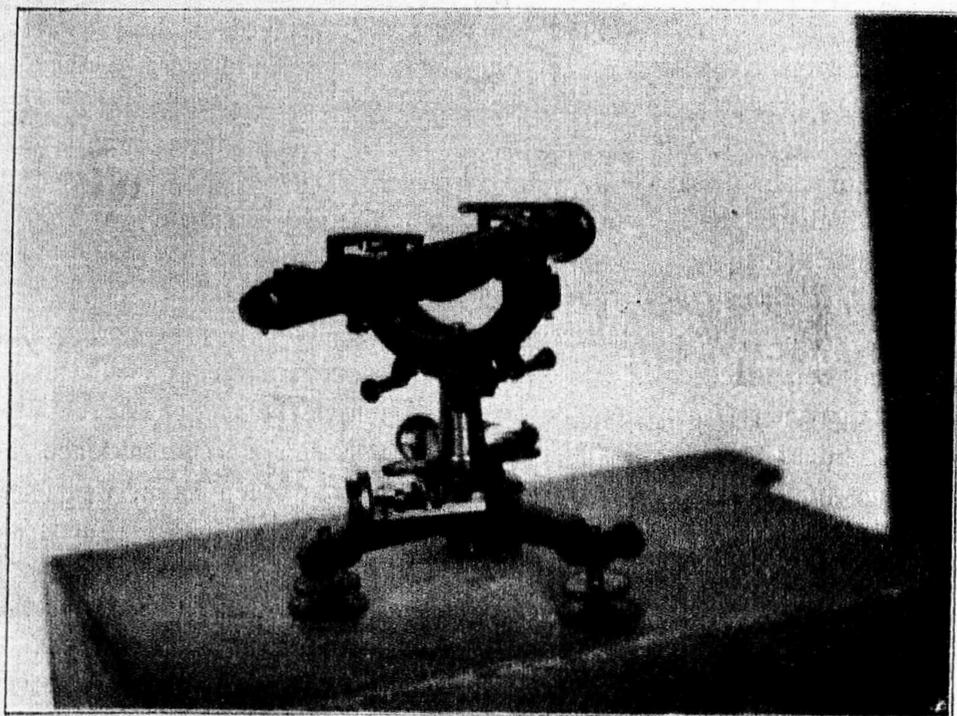


Fig. 8.

c) Die scheinbare Fadenstärke.

Die einzelnen Signaltypen, angewendet in verschiedenen Entfernungen (verschiedene scheinbare Größe der Zielobjekte) werden sich sehr ungleich verhalten. Es hätte eines ausgedehnten Beobachtungsmaterials bedurft, um alle diese Fälle speziell zu untersuchen. Ich habe davon Umgang genommen, da sich an Hand

¹⁾ [22] Hammer: Prakt. Geometrie. Bd. I, pag. 270.

²⁾ [21] Vogler: Prakt. Geometrie. I. Teil, pag. 81.

³⁾ [11] Hartner-Doležal: Niedere Geodäsie. I. Bd., pag. 255.

meiner früheren Untersuchungen und durch reine Überlegung genügend Anhaltspunkte zu einer richtigen Beurteilung dieser Verhältnisse ergeben. Es ist leicht einzusehen, daß bei der Halbierung von Winkeln die scheinbare Fadenstärke von keinem bemerkbaren Einfluß sein kann, und das umso weniger, je größer der zu halbierende Oeffnungswinkel des keilförmigen Zielobjektes ist. Pyramiden und die Spitzen von großen Stangensignalen z. B. werden also bis zu einem gewissen Grade die gleich günstigen Zielverhältnisse bieten auch bei Anwendung verschiedener Fadenstärken. Bei Stangensignalen u. a. ist die Sache schon etwas komplizierter. Es folgt aus den Resultaten unserer Reihen, daß der Zielfehler im allgemeinen geringer ist, wenn die Größenverhältnisse zwischen scheinbarer Fadenstärke und scheinbarer Signalgröße es erlauben, die Stange des Signales anzuvisieren. Dies war eigentlich nach dem Ergebnis der Untersuchungen über die Günstigkeit des Oeffnungswinkels bei keilförmigen Zielobjekten, wo ja auch der Parallelstreifen als Grenzfall einbezogen worden war, ohneweiters zu erwarten.

Es ist nun aber leicht begreiflich, daß, sobald das Bild der Stange hinter dem Faden verschwindet, die Visur auf die Stange dadurch viel unsicherer wird, und dies umso mehr, je kleiner die scheinbare Stangendicke ist gegenüber der scheinbaren Fadenstärke. Man sieht sich dann genötigt, speziell das Bretterkreuz anzuvisieren, was, wie wir gesehen haben, im allgemeinen nur eine ungenauere Zielung erlaubt. In diesem Falle wäre es also von Vorteil, eine möglichst geringe scheinbare Fadenstärke zu verwenden, damit die Zielungen auf die Stange ausgeführt werden könnten.

Im allgemeinen kommen bei Triangulationen II. und III. Ordnung so große Distanzen vor, daß die scheinbaren Größen der Zielobjekte sehr gering sind, die Verwendung von dickeren Fäden erscheint also von vornherein als sehr ungünstig. Berücksichtigt man ferner, daß durch Diffraktionserscheinungen an beiden Rändern des Fadens die Deutlichkeit eines vom Faden durchschnittenen kleinen Bildes eines Zielobjektes ganz bedeutend verringert werden kann, was umso mehr der Fall ist, je weniger vom Zielobjekte zu beiden Seiten des Fadens sichtbar ist und je geringer die relative Lichtintensität dieser sichtbaren Teile gegenüber dem Hintergrunde ist, so kommt man notwendigerweise zu dem Schlusse, so geringe Fadenstärken als nur möglich anzuwenden.

Da mir die oben angeführten Nachteile größerer scheinbarer Fadenstärken schon bei den ersten Versuchen auffielen, trachtete ich darnach, in den weiteren Untersuchungen möglichst feine Fäden zu verwenden. Es haben u. a. Fäden Verwendung gefunden, die bei einer Brennweite des Okulars von 10—11 mm nur eine scheinbare Stärke von zirka 50—60" ergaben. Selbst eine scheinbare Fadenstärke von 25" bei einer 12fachen Vergrößerung wurde ohne diesbezügliche Genauigkeitseinbuße angewendet; es darf diese Größe aber jedenfalls auch für scharfe Augen als unterste Grenze angesehen werden.

Dem Nachteil starker Fernrohrfäden kann man abhelfen durch die Benützung von Doppelfäden, indem dabei das Zielobjekt zum Pointieren zwischen die Fäden gebracht wird. Diese Anordnung kann bei gewissen Größenverhältnissen zwischen scheinbarer Fadendistanz und scheinbarer Objektgröße bedeutende Vorteile bieten,

ganz besonders dann, wenn das Fernrohrbild des anvisierten Objektes bedeutend kleiner ist als die Fadestärke.

Nun ist aber die Genauigkeit, mit der ein Objekt in die Mitte von zwei Fäden gebracht werden kann, wesentlich eine Funktion der scheinbaren Fadendistanz. Wir haben gesehen, daß der mittlere Fehler der Einstellung eines Fadens in die Mitte eines Parallelstreifens wächst mit der Quadratwurzel aus der Breite des Streifens. Dies läßt sich natürlich ganz analog auf Visuren mit Parallelfäden auf ein strichförmiges Objekt übertragen, indem im zweiten Falle dieses Objekt an Stelle des Fadens, die Fadendistanz an Stelle der Streifenbreite tritt. Darnach wäre es am günstigsten, die Fadendistanz immer so groß zu halten, daß das Objekt den zwischen den Fäden liegenden Raum fast ganz ausfüllt¹⁾. Da dies aber für die vorkommenden verschiedenen Größen der Fernrohrbilder unter Anwendung derselben Doppelfäden schlechterdings nicht möglich ist, sieht man sich also gezwungen, einen Mittelwert für die Fadendistanz zu wählen, was dann bei sehr kleinen und sehr großen scheinbaren Fernrohrbildern nicht die günstigsten Zielverhältnisse bietet.

Ein weiterer Nachteil der Anwendung von Doppelfäden liegt darin, daß beim Pointieren eines Objektes zwischen die Fäden nicht nur rein zufällige, sondern auch konstante Fehler im Anvisieren gemacht werden²⁾. Diese Fehler, die umso größer werden, je größer die scheinbare Fadendistanz ist, sind allerdings meistens ihrem absoluten Werte nach nur gering, können aber z. B. bei Winkelmessungen zwischen verschiedenartigen Zielobjekten (verschiedene scheinbare Größen) infolge der einseitigen systematischen Wirkungen event. doch merkbare Verfälschungen erzeugen.

Tabelle Nr. 32.

Nummer der Reihe	Beobachter	Vergrößerung	Doppelfäden		Einfacher Faden Zielfehler	Genauigkeitsverhältnis
			scheinbare Fadendist.	Zielfehler		
1	2	3	4	5	6	7
4 und 3	Noetzli	24	960	0.62	0.19	3:3
6 > 5	Engl	do	do	0.81	0.35	2:3
7 > 10	Noetzli	do	do	1.04	0.48	2:2
13 > 12	Frauenfelder	do	do	0.86	0.85	1:0
15 > 14	Noetzli	do	do	0.86	0.56	1:5
19 > 18	>	do	do	0.95	0.49	1:9
21 > 20	>	12	480	0.96	0.75	1:3
236 > 237	>	29	720	0.52	0.58	0:9
235 > 238	>	do	do	0.60	0.49	1:2
239 > 240	>	do	do	0.62	0.73	0:8
241 > 242	>	do	do	0.97	0.58	1:7
244 > 243	>	36	1220	0.78	0.47	1:7
246 > 245	>	26	860	0.83	0.29	2:9
247 > 248	>	do	do	0.66	0.49	1:3
						240:14
						Mittel = 1.7

¹⁾ Vergl. [18] Jordan: Vermessungskunde II, pag. 147.

²⁾ Vergl. [19] Helmert: Ausgleichsrechnung, I. Aufl., pag. 261 und 262.

Auf Grund unserer Beobachtungsreihen ergibt sich ferner mit Sicherheit, daß im allgemeinen bei Visuren auf trigonometrische Signale auch die rein zufälligen Zielfehler mit Doppelfäden nicht unbedeutend größer sind als diejenigen unter Anwendung von Einzelfäden. Wenn wir nämlich diejenigen Reihen zusammenstellen, die unter den gleichen äußeren Umständen auf dasselbe Signal sowohl mit Einzel- wie mit Doppelfäden ausgeführt wurden, so erhalten wir die Genauigkeitsverhältnisse, wie sie in Kolonne 7 der vorstehenden Tabelle Nr. 32 ausgewiesen sind.

Bei den vorliegenden Untersuchungen ergab sich also für Beobachtungen mit Einzelfäden eine ca. 1.7 mal größere Genauigkeit als unter Anwendung von Doppelfäden, da in den meisten Fällen die Größenverhältnisse zwischen Faden und Bild für die Pointierung durch Bisektion günstiger waren, als wenn das Bild des Zielobjektes zum Pointieren zwischen zwei Fäden gebracht werden mußte.

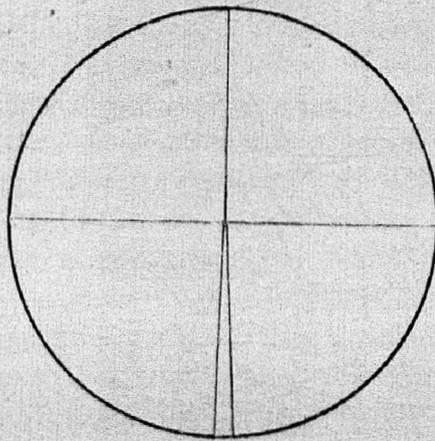


Fig. 9.

Ein sehr vorteilhafter Ersatz der Doppelfäden ergäbe sich durch die Anwendung von Keilfäden (vergl. Fig. 9), wie sie z. B. beim großen Zeiß'schen Nivellicier-Instrument vorkommen. Für diese Anordnung ließe sich fast für jede scheinbare Zielobjektgröße eine Stelle zwischen den Fäden finden, welche die günstigsten Größenverhältnisse zwischen Fadendistanz und Bild des Objektes bieten würde, und zwar wäre diese Art der Pointierung bei nicht sehr großem Öffnungswinkel des Keiles nur um wenig ungenauer als im Falle der allgünstigsten Größenverhältnisse bei Doppelfäden. Ein Nachteil liegt allerdings darin, daß bei nicht ganz normal stehender Mittellinie des Keiles beim Winkelmessen sich systematische Fehler ergeben würden, wie sie übrigens bei nicht senkrechtem Vertikalfaden auch auftreten, wenn das Objekt nicht immer mit der gleichen Stelle des Fadens pointiert wird. Gerade aus dem Grunde, weil die Distanz der Doppelfäden nicht immer in günstiges Verhältnis zu bringen ist zur Größe des Bildes des Zielobjektes, wird im allgemeinen die Visur auf trigonometrische Signale unter Anwendung von Doppelfäden ungenauer sein als bei der Benützung sehr feiner einfacher Fäden. Wenn das Bild des anzuvisierenden Objektes nur von relativ geringer Breitenausdehnung ist, so kann man sich leicht an der Hand der Beziehung $m = c\sqrt{\gamma}$ Rechenschaft darüber geben, wie groß

der Visurfehler unter Anwendung von Doppelfäden sein wird, es muß nur die scheinbare Fadendistanz, die scheinbare Breite des Zielobjektes und derjenige Wert des Zielfehlers bekannt sein, der erreicht würde, wenn die Fadendistanz nur wenig größer als die Streifenbreite wäre. Umgekehrt ist nun auch leicht einzusehen, daß die Visur auf scheinbar kleine Zielobjekte, wie sie bei Triangulationen höherer Ordnung ja gewöhnlich vorkommen, durch Bisektion, also unter Benützung eines einzelnen Fadens, im allgemeinen immer genauer sein wird, als die Zielung unter Verwendung von Doppelfäden. Die einzige Bedingung ist die, daß sehr feine Fäden zur Anwendung gelangen, so daß die Zielobjekte nicht durch den Faden verdeckt werden.

Es ist aber wohl zu beachten, daß die Vorteile sehr feiner Fäden nur bei sog. weichen, d. h. relativ kontrastlosen Fernrohrbildern bestehen. Ist die Lichtintensität des Zielobjektes aber größer, z. B. bei sonnenbeschienenen Nivellierskalen, Heliotropen, Sternen größerer Helligkeit etc., so würden durch die Irradiation die Fäden an der vom Bild des Zielobjektes getroffenen Stelle noch viel feiner erscheinen oder sogar ganz verschwinden. In solchen Fällen ist es aus diesem Grunde also durchaus angebracht, größere scheinbare Fadenstärken zu verwenden.

Ebenso werden für die Triangulation IV. Ordnung etwas stärkere Fäden von Vorteil sein, indem bei den relativ kurzen Distanzen ziemlich grelle Bilder der Zielobjekte vorkommen können und die im allgemeinen ziemlich großen Bilder der Signale wohl kaum Gefahr laufen werden, hinter dem Faden zu verschwinden.

Zur Untersuchung des Einflusses der scheinbaren Fadenstärke auf die Zielgenauigkeit bei Visuren auf Heliotropen habe ich Fäden von sehr verschiedener Stärke angewendet. Aus den Resultaten der entsprechenden Versuchsreihen selbst ist aber eine Beziehung nicht ohneweiters ersichtlich, indem die Intensität des Heliotropenlichtes aus verschiedenen Gründen auch während des Verlaufes einer Reihe oft sehr ungleichmäßig war und daher rückwirkend das Aufstellen irgend einer Regel unmöglich machte. Je nach der Größe des Heliotropenspiegels, der Distanz, der Intensität der Sonnenstrahlen, der Durchsichtigkeit der Luft, dem Orte des Lichtkegels, in dem sich das Instrument befindet, etc. wird auch die Stärke des Heliotropenlichtes verschieden sein. Bei sehr schwachem Licht, d. h. wenn der Heliotrop aus irgend welchen Gründen selbst durch das Fernrohr nur als kleiner heller Punkt erschien und von bloßem Auge gar nicht sichtbar war, habe ich mit einem feinen Faden sehr gute Resultate erhalten.

Sobald aber die Lichtintensität größer wurde, verschwand der Faden an der vom Bild des Heliotrops getroffenen Stelle vollständig, was naturgemäß große Unsicherheit in der Visur zur Folge hatte. Stärkere Fäden ergaben unter diesen Umständen natürlich bis zu einem gewissen Grade bessere Resultate, doch war der Nachteil der, daß bei schwächerem Licht der Zielpunkt ganz hinter dem Faden verschwand, was wiederum ein genaues Visieren unmöglich machte. Die scheinbare Fadendicke wird daher in einem Mittelwert zu suchen sein, falls es nicht gelingt, die Lichtintensität des Heliotrops auf irgend eine Art und Weise zu regulieren; ich werde auf diesen Punkt noch zu sprechen kommen.

d) Form und Farbe der Signale.

Die Frage der Günstigkeit der Form und der Farbe der trigonometrischen Signale kann nicht rein vom Standpunkte der Zielgenauigkeit, wie er bei den obigen Versuchen maßgebend war, beantwortet werden. Aus den vorgenommenen Untersuchungen folgt allerdings, daß die Visur auf ein bestimmtes Signal unter den angegebenen Verhältnissen mit einem mittleren Fehler von bestimmter Größe behaftet sei, damit ist aber noch nicht bewiesen, daß nun wirklich der trigonometrische Punkt als solcher mit jenem mittleren Fehler in der Richtung der Visur liege. Durch gewisse Formen oder bei bestimmter Beleuchtung hervorgerufenen scheinbaren Formen und Stellungen der verschiedenen Signaltypen darf man sogar von vornherein mit Sicherheit annehmen, daß der Beobachter ungewollt einer größeren oder kleineren Täuschung in der Auffassung des Signales unterliege. Diese Täuschungen haben aber mit der reinen Zielgenauigkeit im Sinne der vorliegenden Untersuchungen nichts zu tun und es wird deshalb auch die Entscheidung über die günstigste Form und Farbe des Signales eher vom Standpunkte solcher Beleuchtungsphasen aus zu fällen sein, umso mehr als diese letzteren systematische Verfälschungen erzeugen können, die den Wert des mittleren reinen Zielfehlers weit überschreiten.

Wir haben gesehen, daß der auf dem Felde erreichbare Betrag der Genauigkeit einer Visur auf irgend einen der heute gebräuchlichen Signaltypen weit unterhalb des Wertes liegt, welcher der Form der Zielobjekte (Parallelstreifen, Winkel etc.) prinzipiell entspricht, indem durch verschiedene äußere Einflüsse eine starke Vergrößerung des Zielfehlers eintritt. Diese systematischen Einwirkungen haben ihre Ursachen, wie bereits weiter oben auseinander gesetzt, hauptsächlich in Bewegungen der Luft; wie aber jeder mit trigonometrischen Messungen vertraute Beobachter aus Erfahrung weiß, kann die schlechte Sichtbarkeit eines Signales die Genauigkeit ebenfalls ganz beträchtlich beeinflussen, ja sogar jede Messungsmöglichkeit ausschließen. Man muß also nicht nur im Interesse der Erhöhung der Genauigkeit, sondern auch um den zeitlichen Messungsbereich ausdehnen zu können, eine bessere Sichtbarkeit herbeizuführen suchen. Einen Weg habe ich bereits angegeben in der Benützung möglichst feiner Fäden, indem damit auch solche Zielobjekte, die z. B. infolge großer Distanzen oder schlechter Beleuchtungsverhältnisse sehr klein erscheinen, noch pointiert werden können. Der andere Weg liegt darin, durch entsprechenden Farbenanstrich die Sichtbarkeit eines Signales zu erhöhen und den Sichtbarkeitsbereich auszudehnen. Für sehr kleine scheinbare Zielobjekte, wie sie die in großen Entfernungen liegenden trigonometrischen Signale eben ergeben, habe ich nie einen wesentlichen Unterschied in der Genauigkeit der Visur konstatieren können, der durch eine Verschiedenheit der Farbe herbeigeführt worden wäre. Die Hauptsache ist in diesem Falle eben, daß der Kontrast gegenüber dem Hintergrunde so groß als möglich ist, d. h. daß das Signal dem Auge des Beobachters deutlich und klar, also gut sichtbar erscheint.

Im allgemeinen wird man deshalb für ein Signal gegen hellen Hintergrund einen dunklen, gegen dunklen Hintergrund einen hellen Anstrich wählen. Da nun

aber bekanntermaßen die Farbe des Hintergrundes wechseln kann, so daß sich oft z. B. ein weißes Signal gegen den hellen Himmel als dunkel abhebt, müssen wir darnach trachten, eine Grundfarbe zu wählen unter Berücksichtigung des vorherrschenden Tones des Hintergrundes und für spezielle Lichtverhältnisse einige symmetrische Teile des Signales mit einer anderen Farbe zu versehen. Eingehende Untersuchungen, die ich mit verschiedenen Farbtönen ausführte, ergaben, daß weiß und schwarz in den weitaus meisten Fällen die günstigsten Verhältnisse zeigen, während z. B. rot in gewissen Fällen sehr günstig, bei bestimmter Beleuchtung aber sehr ungünstig sein kann. (Fortsetzung folgt.)

August Kaspar,

Evidenzhaltungs-Direktor, Ritter des Franz Josef-Ordens und Besitzer der Ehrenmedaille für 40jährige Dienstleistung, geboren zu Bozen in Tirol am 28. August 1846, bezog nach Zurücklegung des Obergymnasiums daselbst die Technische Hochschule in Graz (Ingenieurschule) vom Jahre 1867 bis 1871.

Hierauf Geometer bei der steiermärkischen Landeskommission für die Grundsteuerregulierung, betätigte er sich von 1872 bis 1881 bei mehreren Bezirksschätzungskommissionen und wurde 1881 auf eigenes Ansuchen nach Meran versetzt, wo er 1891 zum Obergeometer II. Kl. vorrückte.

Von 1894 bis 1899 war er Leiter des k. k. Katastral-Mappenarchives in Graz und beteiligte sich hervorragend an der Durchführung der Revision des Grundsteuerkatasters.

Im Jahre 1895 erfolgte seine Beförderung zum Geometer I. Kl.; 1897 war er Honorarprofessor und Mitglied der Staatsprüfungskommission an der Technischen Hochschule in Graz an dem Kurse zur Heranbildung von Vermessungsgeometern.

Das Jahr 1899 findet ihn als Evidenzhaltungsinspektor des Grundsteuerkatasters in Tirol. Im Jahre 1901 wurde er zum Oberinspektor, im Jahre 1913 zum Evidenzhaltungsinspektor ernannt.

Seine vielfachen Verdienste hat Se. k. u. k. Apostolische Majestät der Kaiser durch Verleihung des Franz Josef-Ordens im Jahre 1907 gewürdigt und im Jahre 1912 wurde ihm die Ehrenmedaille für treue Dienste zuerkannt.

August Kaspar ist nach 42jähriger Dienstleistung unter sehr ehrender Anerkennung für vorzügliche Dienste, insbesondere im Ueberwachungsdienste im Kronlande Tirol und Vorarlberg am 18. Juli 1914 in den dauernden Ruhestand versetzt worden.

Derselbe wählte als neues Domizil Graz, in der Nähe des Amtsortes seines einzigen Sohnes, welcher derzeit Bezirksrichter und Gerichtsvorsteher in Eibiswald ist.

Seine k. u. k. Apostolische Majestät haben mit Allerhöchster Entschliebung vom 11. Jänner 1915 ihm taxfrei den Titel eines Regierungsrates allergnädigst zu verleihen geruht.

Tomasi m. p.

k. k. Evidenzhaltungs-Inspektor.

des Schlittens das Lot im Mittelpunkt des Kreuzes einvisiert und fixiert ist, auch in jeder anderen Stellung des Schlittens, an beliebiger Stelle des Bettes, die Einvisierung des Lotes in den Mittelpunkt des Kreuzes, der identisch ist mit dem Mittelpunkt des Ringes am Schlitten, stimmen soll.

(Fortsetzung folgt.)

Untersuchungen über die Genauigkeit des Zielens mit Fernröhren.

Von **Alfred Noetzli**, Dipl. Ing. aus Höngg (Zürich).

(Fortsetzung.)

Hand in Hand mit diesen Bestrebungen der besseren Sichtbarmachung muß natürlich diejenige zur Verhütung von Auffassungsfehlern infolge verschiedener Beleuchtung der Signale gehen. Ich werde weiter unten bei der Untersuchung solcher Beleuchtungsphasen auf einige mir zweckmäßig ercheinende Anordnungen aufmerksam machen, die sowohl der einen wie der anderen Forderung womöglich gerecht werden.

Bei der Verwendung von Heliotropen spielt natürlich die Lichtintensität eine ganz bedeutende Rolle. Die untere Grenze ist gegeben durch die Sichtbarkeit, es kann aber durch verschiedene äußere Umstände die Helligkeit und damit die scheinbare Größe des Bildes (durch Diffraktion und Irradiation) so stark verschieden sein, daß sich dadurch unbedingt ein Einfluß auf die Größe des Zielfehlers ergeben wird. Die weiter oben angeführten Versuche auf Kreise von verschiedenen Durchmessern haben zweifellos ergeben, daß die Visur im allgemeinen umso genauer wird, je kleiner der scheinbare Durchmesser des anvisierten Kreises ist. Eine untere Grenze ist hiebei natürlich gegeben durch die scheinbare Fadenstärke, indem zum genauen Pointieren eben doch noch deutlich sichtbare Teile des Zielobjektes zu beiden Seiten des Fadens müssen gesehen werden können. Deshalb wird es von Vorteil sein, auf irgend eine Weise die scheinbare Größe des Zielobjektes innerhalb gewisser Grenzen zu halten. Als einfachstes Mittel hiezu erscheint das entsprechende Abblenden des Objektivs. Hier sind nun zwei Fälle zu unterscheiden:

1. runde Öffnungen, die bei zweckmäßiger Wahl des Durchmessers sofort den gewünschten Erfolg haben;
2. horizontale Schlitzblenden, die durch Beugung der Lichtstrahlen ein vertikal gestelltes längliches Bild des Heliotrops ergeben, wobei die Lichtintensität wiederum durch Variation der Breite des Schlitzes reguliert werden kann.

Diese zweite Art der Abblendung des Objektivs besitzt den Vorteil, durch günstigere scheinbare Form des Zielobjektes eine etwas größere Genauigkeit zu ergeben, wie aus den entsprechenden Versuchsreihen ersichtlich ist.

Die nachfolgende Tabelle Nr. 33 enthält eine Zusammenstellung derjenigen Reihen, die unter gleichen äußeren Umständen das einmal mit voller Objektiv-

öffnung, das anderemal mit horizontaler Schlitzblende ausgeführt wurde. In der 6. Kolonne ist das Günstigkeitsverhältnis gebildet in Bezug auf diejenigen Werte der Zielfehler, die bei voller Objektivöffnung erreicht wurden.

Tabelle Nr. 33.

Nummer der Reihe	Beobachter	Vergrößerung	Zielfehler		Günstigkeitsverhältnis
			volle Obj. Öffnung	Schlitzblende	
1	2	3	4	5	6
161. und 162	Hunziker	24	0.77	0.62	1.2
164 » 165	Noetzli	do	0.67	0.43	1.6
170 » 171	»	do	0.67	0.38	1.8
201 » 202	»	38	0.62	0.30	2.1
204 » 203	»	do	0.58	0.47	1.2
225 » 227	Hunziker	29	0.65	0.34	1.9
253 » 254	Noetzli	36	0.57	0.33	1.7
					11.5 : 7
					Mittel = 1.6

Wie ohneweiters ersichtlich, ist die Anwendung von Schlitzblenden in Bezug auf die Genauigkeit der Zielung von nicht unbedeutendem Einfluß, indem bei einer derartigen Abblendung des Objektivs die dadurch erzeugte Diffraktion das Bild des Zielobjektes in der zum Pointieren günstigeren Form eines länglichen Ovals erscheinen läßt.

Speziell möchte ich darauf verweisen, daß dies auch der Fall ist für astronomische Beobachtungen, solange die Helligkeit des Sternes ein Abblenden des Objektivs zuläßt. Da entsprechende besondere Untersuchungen den Rahmen dieser Arbeit überschreiten, begnüge ich mich hier mit einem Hinweis.

Der große Nachteil der Schlitzblenden besteht aber darin, daß bei der geringsten Abweichung von der Horizontalität des Schlitzes das Bild entsprechend von der Vertikalen abweicht, was sehr leicht zu einer falschen Auffassung des Zielpunktes führt. Bei Triangulationen II. Ordnung kommen aber nicht nur Signalisierungen mit Heliotropen, sondern auch solche mit anderen Signalen in Betracht. Für diese letzteren wäre aber bei abgeblendetem Objektiv die Lichtstärke zu gering und der Einfluß der Diffraktion infolge zu kleiner Austrittspupille zu groß, um noch genaue Visuren zu erlauben, die Blende müßte also für jene Zielungen beseitigt werden. Daraus ergibt sich die Hauptschwierigkeit der Verwendung von Objektivblenden: relativ großer Zeitverlust durch Abnehmen und wieder genau horizontales Ansetzen der Schlitzblende. Die Blendenfassung muß also mit einer Marke oder noch besser mit einem Anschlag versehen sein; durch das zweimalige Herummanipulieren am Fernrohr im Laufe einer Winkelmessung (z. B. beim Messen eines Winkels zwischen einem Heliotrop und einem gewöhnlichen Signal) können sich aber Fehlerquellen ergeben, die den Gewinn an Zielgenauigkeit illusorisch machen. Für runde Objektivblenden kommt dies viel weniger in Betracht, da die Blende mit einem leichten Andrehen aufgesetzt

werden kann, ohne besonders justiert sein zu müssen; immerhin ist auch das Anbringen von Blenden verschiedener Größe natürlich sehr zeitraubend.

Ich möchte daher empfehlen, speziell für gemischte Signalisierungen, d. h. wo Heliotropen und andere Signale vorkommen, vor dem Objektiv eine Irisblende für ovale Öffnungen anzubringen, die fast ohne Erschütterung in kürzester Zeit jede beliebige Blendenöffnung herzustellen ermöglicht. Man kann daher mit einer solchen Vorrichtung nicht nur innerhalb kürzester Frist bei jeder beliebigen Lichtintensität des Heliotrops die für die betreffende Fadenstärke günstigste Helligkeit herstellen, sondern auch für die gewöhnlichen Signale die volle Objektivöffnung wirken lassen, ohne die Blende wegnehmen zu müssen, wenn nur der Bau des Theodolits ein Durchschlagen des Fernrohres noch erlaubt, was wohl meistens der Fall ist.

Sehr oft wird auch eine Regulierung der Lichtintensität des Heliotropenbildes im Fernrohr dadurch bewerkstelligt, daß man vor das Objektiv sogenannte Gitter bringt, doch zeigt eine solche Anordnung die gleichen Nachteile wie diejenige mit Blenden konstanter Öffnung, indem auch für verschiedene Lichtintensitäten verschiedene Gitter angebracht werden müssen.

Eine andere Lösung zur Herstellung von nicht zu großer Lichtstärke, z. B. auf nahe Distanzen, besteht darin, den Heliotropen selbst durch den ihn bedienenden Gehilfen abblenden zu lassen; doch ist dieses Verfahren naturgemäß mit ziemlich vielen Umständlichkeiten verbunden (ich erinnere nur an die Übermittlung entsprechender Befehle an den Gehilfen etc.).

Ein zweckmäßiger und in vielen Beziehungen sehr vorteilhafter Ersatz der Heliotropen-Signalisierung, bei der man ja bekanntermaßen gänzlich von der Sonnenbestrahlung abhängig ist, bietet sich durch Anwendung künstlicher Lichtquellen und Beobachtungen nach Sonnenuntergang.

Wir haben gesehen, daß speziell die Unruhe der Fernrohrbilder und die dadurch verursachte unzuverlässigere Beseitigung der Fadenparallaxe es sind, die bei den geodätischen Beobachtungen den Zielfehler meist um ein Mehrfaches des unter günstigen Umständen erreichbaren Betrages vergrößern. Fanden wir nämlich bei den Beobachtungen im abgeschlossenen Raume den Zielfehler auf kleine Kreise zu ca. $0.2''$ — $0.3''$ für ein 20—30fach vergrößerndes Fernrohr, so erhalten wir bei den Feldbeobachtungen gegen Heliotropen $0.3''$ — $0.8''$, je nach den Verhältnissen. Da nun bekanntermaßen¹⁾ schon zirka eine Stunde nach Sonnenuntergang bis gegen Mitternacht ein Zittern der Fernrohrbilder in viel geringerem Maße, ja sogar meist gar nicht vorhanden ist, bietet sich dadurch ein Weg zu viel rationellerer Ausgestaltung der Beobachtungstechnik. Im allgemeinen ist die Durchsichtigkeit der Luft während der Nachtstunden eine viel größere als am Tage und es sind auch die zum Beobachten geeigneten Nächte viel häufiger als Sonnentage¹⁾; es ergäbe sich also schon daraus eine bedeutende Ausdehnungsmöglichkeit für die Messungszeit. Andererseits kann durch die Erhöhung der Intensität der Lichtquelle die Signalisierung eines trigonometrischen

¹⁾ Vergl. Perrier: Generalbericht der Europ. Gradmessung, und
[17] Hegemann: Landesvermessung, pag. 51.

Punktes auf Distanzen erfolgen, für welche selbst die Heliotropierung aus irgend einem Grunde versagt. Das klassische Beispiel dafür ist die Verbindungstriangulation zwischen Spanien und Afrika¹⁾, wo die Sichten zum Teil eine Länge von 270 km erreichten.

Der Gewinn speziell durch die größere zeitliche Ausdehnungsmöglichkeit bei Nachtbeobachtungen wäre ein so enormer, daß es fast unbegreiflich ist, wie wenig Interesse man bisher dieser Art von Beobachtungen entgegengebracht hat. Der Hauptgrund dafür ist wohl darin zu suchen, daß die Franzosen, die sich eingehender mit dieser Frage beschäftigten, nicht die Resultate erhalten hatten, die der wirklichen Visiergenauigkeit auf Signalisierungen mit künstlichen Lichtquellen tatsächlich entsprechen.

Im Generalbericht der europäischen Gradmessung hat Kommandant Perrier die Erfahrungen wiedergegeben, welche eingehende Untersuchungen der Genauigkeit von Nachtbeobachtungen²⁾ gezeitigt hatten.

Im Jahre 1875 wurden nämlich auf je zehn Stationen die gleichen Messungen am Tage gegen Heliotropen und in der Nacht gegen künstliche Lichtquellen, sog. optische Kollimatoren, ausgeführt. Diese Kollimatoren bestanden in der Hauptsache aus einer Sammellinse von 20 cm Durchmesser und 60 cm Brennweite, in deren Brennpunkt eine Petroleumflamme mit Flachbrenner aufgestellt war. Die mittleren Fehler einer Richtung sowohl der Tag- wie der Nachtbeobachtungen betragen je 1.5", d. h. Beträge, für deren Größe, wie aus meinen Untersuchungen und den Resultaten des Beobachtungsmateriales z. B. der schweizerischen Landestopographie hervorgeht, fast unmöglich der Zielfehler als Hauptquelle in Betracht kommen kann. Es scheint also, daß das negative Ergebnis jener Untersuchungen vielmehr der Unzulänglichkeit der instrumentellen Hilfsmittel zuzuschreiben ist, indem der mittlere Fehler einer Zielung unter den bei jenen Messungen obwaltenden günstigen Umständen wahrscheinlich zu zirka 0.3"—0.4", sicher aber nicht höher als zu 0.6" angenommen werden kann. Den großen instrumentellen Fehlereinflüssen (Ablesemittel etc.) gegenüber sind daher offenbar die Unterschiede in der Zielgenauigkeit und die große Zielgenauigkeit als solche gar nicht zum Ausdruck gelangt, was dann zu den obigen Ergebnissen führte. Immerhin zeigte sich bei den genannten Untersuchungen in den Dreiecksabschlüssen eine Verschiebung zugunsten der Nachtbeobachtungen, was Perrier u. a. zu folgenden Schlüssen veranlaßte: »Die Nachtbeobachtungen besitzen eine Genauigkeit, welche wenigstens gleich, wenn nicht größer ist als die der Tagbeobachtungen; die Nachtbeobachtungen sind also in die praktische Geodäsie einzuführen.«

Den großen Vorteilen gegenüber, die die Nachtbeobachtungen bieten, kommen die kleinen Übelstände, welche durch die nötigen instrumentellen Anordnungen betreffs Beleuchtung des Fadenkreuzes und der Mikroskope bedingt sind, eigentlich gar nicht in Betracht.

(Fortsetzung folgt.)

¹⁾ Vergl. [17] Hegemann: Landesvermessung, pag. 51.

²⁾ Vergl. [17] Hegemann: Landesvermessung, pag. 50, und Werner: Die Winkelmessungen bei Tag und bei Nacht, [17] Zeitschrift für Instr. 1883, pag. 225.

zu schließen. Wenn das neue Rohr eingesetzt ist, so kann, nachdem wieder das Vakuum bei geschlossenem Hahn h_2 mittels der Luftpumpe hergestellt wurde (durch Anschließen der Luftpumpe bei dem Hahn a), der Teil des Barometers, der die Rohre R , f und die Pumpe p enthält, der also vom Hahne h_1 aus weg vom Hauptrohrsystem des Barometers liegt, nach Schließen des Hahnes a und vorsichtigem Öffnen des Hahnes h_2 , aus dem Füllrohr f nachgefüllt werden. Noch empfehlenswerter ist es, die Luftpumpe oben am Füllrohr anzuschließen, nach dem das Füllrohr mit einem guten Gummistöpsel mit zwei Bohrungen verschlossen wurde. Durch eine Bohrung führt ein Rohr, welches zur Luftpumpe geleitet werden kann, durch die andere Bohrung ein Rohr, welches in ein Gefäß mit dem reinen Füllquecksilber reicht. Die Anordnung ist aus der vorstehenden Fig. 3 leicht zu verstehen.

Untersuchungen über die Genauigkeit des Zielens mit Fernröhren.

Von Alfred Noetzli, Dipl. Ing. aus Hönng (Zürich).

(Fortsetzung.)

IV.

Zusammenstellung der Resultate.

Aus den vorliegenden Untersuchungen über die Zielgenauigkeit ergeben sich die nachfolgenden Resultate und Folgerungen:

1. Die Genauigkeit einer Zielung mit Fernröhren ist im wesentlichen eine Funktion der Fernrohrvergrößerung und der Form, Gestaltung und Sichtbarkeit des Zielobjektes.

2. Prinzipiell besteht Proportionalität zwischen Fernrohrvergrößerung und Visiergenauigkeit; solche Verhältnisse liegen aber nur vor, wenn der Faden direkt vor dem Zielobjekt bewegt wird.

3. Bei Fäden im Fernrohr selbst wächst die Zielgenauigkeit unter günstigen äußeren Verhältnissen ungefähr mit der Quadratwurzel aus der Vergrößerungszahl. Die relative Genauigkeitsabnahme wird hervorgerufen durch äußere Einflüsse (Parallaxe, Luftbewegungen etc.). Bietet ein Zielobjekt ungünstige Pointierungsverhältnisse, daß der Zielfehler aus diesem Grunde so groß wird, daß die Einwirkungen der äußeren Einflüsse in ihm aufgehen, so kann wieder nahezu Proportionalität vorausgesetzt werden zwischen Zielgenauigkeit und Vergrößerung. Sind aber die Einwirkungen besonders infolge Oszillation bedeutender, weshalb dann auch die Parallaxe viel unsicherer beseitigt werden kann, so wird das Verhältnis zwischen Zielgenauigkeit und Vergrößerung noch ungünstiger, und man erreicht, je nach dem Grade der Oszillation, früher oder später die sog. «tote Vergrößerung». Noch stärkere Vergrößerungen würden dann nicht nur keine weitere Erhöhung der Zielschärfe ergeben, sondern eher zu einer Genauigkeitsverminderung führen.

Für Nivellierfernrohre herrscht prinzipiell ungefähr Proportionalität zwischen Vergrößerung und Zielgenauigkeit; durch die Einwirkung eines psychologischen Einflusses, daß nämlich die Schätzung in einem größeren Intervall proportional der Quadratwurzel aus der Intervallgröße ungenauer wird, ergeben aber verschiedene Vergrößerungen in der effektiven Leistung nur ein Wachsen mit der Quadratwurzel aus der Vergrößerungszahl.

4. Für Zielfernrohre, die zu trigon. Messungen verwendet werden sollen, ist spezieller Wert zu legen auf möglichst große Helligkeit, indem schon infolge der dadurch ermöglichten besseren Sichtbarkeit der anvisierten Signale die Genauigkeitszunahme in der Zielung ganz bedeutend sein kann. Ebenso läßt sich mit einem helleren Fernrohr sowohl der zeitliche als auch der distanzliche Messungsbereich nicht unbedeutend ausdehnen.

Hand in Hand damit muß das Bestreben gehen, durch geeignete Wahl der Farbe und Gestalt der trigon. Signale deren Sichtbarkeit zu erhöhen. Gleichzeitig mit der Rekognoszierung eines Netzes soll auch die zweckmäßige Signalisierung festgestellt werden, indem unter Berücksichtigung der am häufigsten vorkommenden Farben des Hintergrundes der Signalanstrich entsprechend gewählt wird. Am günstigsten haben sich die Farben weiß und schwarz erwiesen; dabei wird es in den meisten Fällen von Vorteil sein, ein Signal nicht nur mit einer einzigen Farbe zu versehen, sondern, entsprechend dem Wechsel des Farbertones des Hintergrundes, symmetrische Teile mit der anderen Farbe zu bemalen. Ergeben sich für dasselbe Signal bei Visuren aus verschiedenen Richtungen verschiedenfarbige Hintergründe, so ist auch die Farbe des Signales nach den verschiedenen Richtungen entsprechend zu wählen.

5. Für die gewöhnlichen Signalisierungsarten (Stangensignale etc.) beträgt der mittlere Zielfehler mit einem ca. 20—30fach vergrößernden Fernrohr im Mittel rund 0.5"—0.6"; auf Heliotropen ist infolge der besseren Sichtbarkeit die Zielschärfe im allgemeinen etwas größer, falls das Licht nicht so stark ist, daß der Faden an der vom Bilde getroffenen Stelle durchbrochen erscheint. Eine ganz beträchtliche Erhöhung der Genauigkeit wird ermöglicht durch das Anbringen von horizontalen Schlitzblenden, weil dadurch infolge Beugungserscheinungen die scheinbare Form des Zielobjektes eine günstigere wird.

Nachtbeobachtungen gegen künstliche Lichtquellen bieten infolge günstigerer Luftverhältnisse als am Tage sowie der Unabhängigkeit von der Sonnenbestrahlung die Möglichkeit sehr großer zeitlicher Ausdehnung des Messungsbereiches. Die Genauigkeit der Zielung ist dabei noch größer als gegen Heliotropen, indem die künstlichen Lichtquellen konstante Lichtintensität besitzen; die Nachtbeobachtungen sind daher in die Geodäsie einzuführen. Sehr vorteilhaft wäre auch hier die Verwendung von horizontalen Schlitzblenden vor dem Objektiv, indem durch die viel günstigere scheinbare Form des Zielobjektes die Visur bedeutend genauer würde, als dies auf Kreise möglich ist.

6. Für trigon. Messungen kann der Einfluß der Fadenstärke auf die Genauigkeit der Zielungen ein ganz bedeutender sein. In den weitaus meisten Fällen ist die Verwendung sehr feiner Fäden von etwa 50"—60" scheinbarer

Stärke am vorteilhaftesten. Für Visuren gegen Heliotropen und künstliche Lichtquellen müssen dickere Fäden (ca. 100"—150" scheinbarer Stärke) benützt werden, falls man nicht die Lichtintensität der Signalisierung soweit vermindert, daß der Faden an der vom Bilde des Heliotrops getroffenen Stelle nicht durchbrochen erscheint. Ist das Bild des Heliotrops von runder Form, so ist ein Durchmesser des Bildkreises von zirka 3fachem Fadendurchmesser für die Visur am günstigsten.

Parallele Doppelfäden sind in der Regel ungünstiger als dünne Einzelfäden; ein vorteilhafter Ersatz ergäbe sich durch zwei im Zentrum des Bildfeldes zusammenlaufende Fäden in Form eines Keiles. (Vergl. Fig. 9.)

Beobachtungen an Fäden, die nicht durch die optische Achse des Fernrohres gehen (Distanzfäden etc.), sind in der Regel umso ungenauer, je weiter die Fäden gegen den Rand des Bildfeldes gerückt sind.

7. Beim Pointieren durch Bisektion von Parallelstreifen und Kreisen von kleiner scheinbarer Größe kann mit genügender Genauigkeit angenommen werden, daß der Visierfehler wächst mit der Quadratwurzel aus Breite resp. Durchmesser; bei kleinen scheinbaren Zielobjekten kann daher unter Umständen die scheinbare Fadenstärke einen ganz bedeutenden Einfluß auf die Genauigkeit ausüben.

8. Für Visiermarken eignet sich am besten die Form eines Keiles; die Zielungen sind umso genauer, je kleiner der Öffnungswinkel dieses Keiles ist.

V. Untersuchungen von Beleuchtungsphasen.

1. Allgemeine Bemerkungen.

Wir haben gesehen, daß der mittlere Zielfehler auf trigon. Signale für ein 20—30fach vergrößerndes Fernrohr unter normalen Verhältnissen zu etwa 0.5" bis 0.6" anzunehmen ist. Darnach sollte sich also für trigon. Winkelmessungen eine bedeutend größere Genauigkeit ergeben, als dies tatsächlich der Fall ist. Allerdings sind bei solchen Winkelmessungen mit einem Theodolit noch andere Fehlerquellen vorhanden, als nur diejenige des Pointierens des Zielobjektes, indem besonders die Art des Ablesemittels einen bedeutenden Einfluß auf die Genauigkeit der Winkelmessung haben kann. Die neueren Einachser-Theodolite z. B. der Schweizerischen Landestopographie sind zur Ablesung ausgerüstet mit Schraubenmikroskopen, die bei 40—60facher Vergrößerung einen mittleren Ablesefehler von 0.25" bis 0.35" für einen Limbusstrich ergeben; die mittleren Teilungsfehler eines Durchmessers der Teilkreise betragen ca. 0.3" bis 0.4", und doch ergeben sich bei den Stationsausgleichungen die mittleren Fehler eines gemessenen Winkels zu 0.9" bis 1.3", wobei bemerkenswert ist, daß größere Stationen, d. h. solche, die zur Messung mehr als einen halben Tag in Anspruch nehmen, im allgemeinen einen größeren Winkelfehler besitzen als solche, bei denen die Winkel rasch nacheinander gemessen werden konnten. Die Hauptursache dieses größeren Winkelfehlers liegt darin, daß die Zielobjekte beim mehrmaligen Anvisieren in zeitlich ziemlich großen Unterbrüchen nicht mehr gleich pointiert werden, wie dies den Gesetzen der reinen Zufälligkeit entsprechen würde. Der Grund davon ist der, daß der Beobachter oft ohne direkte äußere

Veranlassung, vielleicht aber auch gezwungen durch eine andere Beleuchtung eines räumlichen Zielobjektes, die Pointierung systematisch verfälscht. Die geringste Unregelmäßigkeit am Faden, auch wenn sie so klein ist, daß sie dem Beobachter gar nicht bewußt wird, kann, wenn sie bei einer folgenden Zielung das Bild des Objektes an einer anderen Stelle trifft, Anlaß geben zu einer anderen Auffassung. Oft wird ganz unbewußt die Pointierung von einem speziellen Gesichtspunkte aus vorgenommen, und dieser Gesichtspunkt kann nach zeitlichen Unterbrüchen eben wechseln, besonders wenn inzwischen Visuren auf andere, nicht ganz gleiche Zielobjekte ausgeführt wurden.

Die Hauptursache des Auftretens größerer Winkelfehler, als sie durch den reinen Zielfehler und die instrumentellen Hilfsmittel bedingt wären, liegt aber besonders in einer Änderung der Auffassung der Signale, hervorgerufen durch verschiedene Beleuchtung derselben¹⁾. Eine Berechnung und eventuelle Korrektur dieser systematischen Verfälschung wird in den wenigsten Fällen möglich sein, da es überhaupt fast ausgeschlossen ist, allen vorkommenden Umständen Rechnung zu tragen und sie zu berücksichtigen. Die Intensität der Beleuchtung, die Klarheit der Luft, die Farbe des Hintergrundes etc. spielen eine so unberechenbare Rolle, daß allgemein gültige Regeln gar nicht aufgestellt werden können.

Nehmen wir als Beispiel eine weiße, dreiseitige Pyramide, die ja bekanntermaßen in gewissen Stellungen bedeutende Beleuchtungsphasen ergeben kann. Ein relatives Maximum von Unterschieden in der Beleuchtung und damit eventuellen Auffassungsfehlern wird sich ergeben, wie durch reine Überlegung ersichtlich ist, wenn die Pyramide vom Beobachter aus in nördlicher Richtung steht und ihm eine der drei Kanten zukehrt. Der Beobachter sieht dann also zwei Seiten der Pyramide, die symmetrisch in Bezug auf die Vertikalebene durch die Spitze und den Beobachter liegen. Am frühen Vormittag wird die eine, vom Beobachter aus rechte Seite, beleuchtet sein, während die linke Seite beschattet ist. Wenn nun der Hintergrund, gegen den sich die Pyramide abhebt, von der gleichen Farbe ist, wie die beschattete Seite dem Beobachter erscheint (etwa dunkelgrau), oder wenn die zwischen dem Beobachter und dem Signal liegende Luft infolge nebligen Dunstes überhaupt nur die wegen der Sonnenbestrahlung helleuchtende Fläche rechts sehen läßt, so wird der Beobachter durch das Fernrohr höchstwahrscheinlich einen Auffassungsfehler begehen, und zwar jedenfalls umso mehr, je weniger er von der beleuchteten Dreiecksseite die scharfe Umgrenzung erkennen kann und je weniger genau die scheinbare Dicke des Fernrohrfadens das Tangieren der beleuchteten Fläche nach der Spitze der Pyramide zu erlaubt.

Im Laufe des Nachmittags kann sich der gleiche Vorgang nach der anderen Seite abspielen, weshalb im allgemeinen Vormittags- und Nachmittagsmessungen verschiedene Werte der Beobachtungen ergeben werden.

Ist nun die Lage der Pyramide gegenüber dem Beobachter nicht genau symmetrisch in der oben beschriebenen Weise, so wird sich doch der Vorgang

¹⁾ Vergl. z. B. Schreiber: Zeitschr. f. Verm. 1878, pag. 209 u. 227.

dieser verschiedenen Auffassungen ein und desselben Signales in ähnlicher Weise abspielen, indem der Beobachter bei schlechter Sichtbarkeit des Signales immer veranlaßt sein wird, den Schwerpunkt der sichtbaren (beleuchteten) Fläche anzuvisieren, und das umso mehr, je weniger die Distanz- oder Luftverhältnisse die scharfe Umrandung des Signals, besonders auch der Schattenpartien, erkennen lassen.

(Fortsetzung folgt.)

Über Fehlerhyperbeln.

Von S. Wellisch.

2.

In Gemäßheit der wesentlichen Unterscheidung zwischen den wechselseitigen Zusammenhängen der bei geodätischen Punktbestimmungen in Betracht kommenden Größen und von empirisch bestimmten Funktionen hat man es bei geodätischen Problemen statt nach Basch's Auffassung mit einem Paare von «Regressionslinien» nur mit einer einzigen «Schaulinie» und dementsprechend auch nur mit einer einzigen Schar von Fehlerhyperbeln zu tun. Hingegen erscheint es notwendig, daß zu den gegenständlichen Betrachtungen statt einer einzigen Fehlerellipse ein Paar von Fehlerellipsen samt den zugehörigen Fußpunktskurven oder Pedalen herangezogen werden.

Sind für den Fall der trigonometrischen Festlegung einer Dreiecksseite $P'P''$ durch Vorwärtseinschneiden die Beobachtungen mit zufälligen Fehlern behaftet, so wird an Stelle der Punkte P', P'' je eine fehlerzeigende Figur entstehen. Durch Ausgleichung der Beobachtungsfehler nach der Methode der kleinsten Quadrate findet man die wahrscheinlichsten Lagen der Dreieckspunkte, die Kernpunkte der zu ihrer Festlegung beobachteten zwei Strahlensysteme. Zu jedem Kernpunkt gehört eine Schar von Fehlerellipsen, von denen wir diejenige, welche in bezug auf den Schwerpunkt eines Punktsystems «Zentralellipse» genannt wird, als «Kernellipse» bezeichnen wollen. Die ausgeglichene Strecke $P'P''$ (Schaulinie) mit ihren Fehlerfiguren und Kernellipsen stellt das Beobachtungsbild in natürlicher Gestalt dar. Um es in eine für die Konstruktion der Fehlerhyperbeln geeignete Form zu bringen, wird die Strecke $P'P''$ in einem schicklichen Maßverhältnisse, z. B. 1:2500 verjüngt, wodurch das verkürzte Beobachtungsbild entsteht. Nun berechne man nach Anleitung der in meinem Buche: «Theorie und Praxis der Ausgleichungsrechnung», II. Bd., § 9, gegebenen Entwicklungen folgende Elemente:

1. Den Südwinkel der Schaulinie aus

$$\operatorname{tg} \sigma = \frac{Y' - Y''}{X' - X''} \dots \dots \dots 1)$$

und die Länge der Schaulinie

$$s = \frac{Y' - Y''}{\sin \sigma} = \frac{X' - X''}{\cos \sigma},$$

wo $Y' - Y''$ und $X' - X''$ die Koordinatenunterschiede der ausgeglichenen Dreiecksseite bedeuten. Ferner für beide Punkte gesondert:

S p i t z e 1

	$\iota = 14^\circ$	$\iota = 20^\circ$	$\iota = 26^\circ$
$N = 720 \cdot \cdot$	736·8698 (735·1905)	736·9085 (734·4308)	736·9472 (733·6730)
736 · ·	752·8698 (751·1541)	752·9085 (750·3770)	752·9472 (749·6019)
752 · ·	768·8698 (767·1176)	768·9085 (766·3232)	768·9472 (765·5308)

S p i t z e 2

	$\iota = 14^\circ$	$\iota = 20^\circ$	$\iota = 26^\circ$
$N = 734 \cdot \cdot$	738·2356 (736·5532)	738·2745 (735·7922)	738·3134 (735·0332)
750 · ·	754·2356 (752·5167)	754·2745 (751·7384)	754·3134 (750·9620)
766 · ·	770·2356 (768·4803)	770·2745 (767·6846)	770·3134 (766·8909)

S p i t z e 3

	$\iota = 14^\circ$	$\iota = 20^\circ$	$\iota = 26^\circ$
$N = 748 \cdot \cdot$	734·8693 (733·1946)	734·9085 (732·4376)	734·9477 (731·6824)
764 · ·	750·8693 (749·1581)	750·9085 (748·3837)	750·9477 (747·6113)
780 · ·	766·8693 (765·1216)	766·9085 (764·3290)	766·9477 (763·5402)

(Fortsetzung folgt.)

Untersuchungen über die Genauigkeit des Zielens mit Fernröhren.

Von **Alfred Noetzli**, Dipl. Ing. aus Hängg (Zürich).

(Fortsetzung.)

In ganz ähnlicher Weise wird sich bei den meisten anderen räumlichen Zielobjekten der geodätischen Beobachtungstechnik eine solche verschiedenartige Auffassung ergeben. Alle diese vorkommenden Fälle im einzelnen zu untersuchen ist ein Ding der Unmöglichkeit, und lassen sich auch nicht mit Sicherheit bestimmte Verhältnisse angeben, nach denen eventuell eine Verbesserung der fehlerhaften Messungen herbeigeführt werden könnte; wenn ich hier trotzdem einige Beobachtungen mitteile, so geschieht es aus dem Grunde, um nachzuweisen, daß wirklich solche Auffassungsfehler aus den verschiedensten Ursachen vorkommen und welchen Grad der Verfälschung der Messungsergebnisse sie unter den behandelten speziellen Verhältnissen erreichen konnten.

Um mir vorerst Rechenschaft zu geben über die Zuverlässigkeit des Richtungsinstrumentes für solche Untersuchungen, d. h. zum Messen von größeren Richtungsdifferenzen, führte ich mit dem Fernrohr vom Passage-Instrument Gottard und 78facher Vergrößerung eine Art Satzmessung nach verschiedenen nebeneinander aufgezeichneten Zielobjekten aus. Das Instrument (Ablesevorrichtung II, Angabe $0^\circ 280''$) stand auf dem Pfeiler, die anvisierten Zielobjekte waren sechs Parallelstreifen von je ca. 0.2 mm Breite und 5 mm Höhe und befanden sich auf solider Unterlage in ca. 8 m Distanz vom Fernrohr.

Die Messungen wurden so ausgeführt, daß durch rechtsgängiges Drehen der Messungsschraube des Richtungsinstrumentes der Faden zuerst in die Mitte des ersten Streifens gebracht wurde. War die entsprechende Trommelablesung gemacht, so wurde durch weiteres Schrauben der Faden in die Mitte des zweiten Streifens gebracht, wieder die Trommelablesung gemacht u. s. w. bis zum letzten Streifen. Eine solche Messung wurde als ein Satz betrachtet. Dann wurde die Schraube ganz zurückgedreht, wieder durch Vorwärtsdrehen auf den ersten Streifen eingestellt u. s. w., wodurch sich ein zweiter Satz ergab. Derart führte ich bei derselben Instrumentenstellung nacheinander sechs Sätze aus. Sowohl die Beobachtungen wie die Ablesungen an der Trommel wurden von mir selbst vorgenommen; an der Trommel wurden die Zehntel noch geschätzt, eine ganze Trommelumdrehung entspricht also tausend Teilen, d. h. die Einheit der angegebenen Ablesung ist 0·0280“.

Tabelle Nr. 34.

	1. Streifen	2. Streifen	3. Streifen	4. Streifen	5. Streifen	6. Streifen
1. Satz	0239	0738	1225	1685	2180	2739
2. Satz	0232	0735	1221	1680	2185	2735
3. Satz	0240	0736	1224	1682	2184	2734
4. Satz	0235	0734	1225	1672	2181	2736
5. Satz	0234	0735	1221	1680	2183	2741
6. Satz	0232	0739	1222	1684	2175	2732

Diese Sätze wurden nach der Methode der kleinsten Quadrate ausgeglichen. Der Einfachheit der Rechnung wegen verzichte ich auf die Wiedergabe der ganzen Ausgleichung. Die Summe der Quadrate aller Verbesserungen ergab sich zu $[vv] = 297$, der mittlere Fehler einer gemessenen Richtung also zu

$$m_1 = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{\text{Überschubmessungen}}} = \sqrt{\frac{297}{5+5}} = \pm 3.44 \text{ Trommeleinheiten} = \pm 0.096",$$

d. h. einem Betrag, der nur wenig höher ist, als die früher auf andere Weise gefundenen Werte der mittleren Richtungsfehler für die 78fache Vergrößerung. Damit war die Verwendungsmöglichkeit des Richtungsinstrumentes für Phasenuntersuchungen genügend bewiesen.

Um einige charakteristische Fälle von Beleuchtungsphasen zu untersuchen, traf ich folgende Anordnungen. In bestimmten Entfernungen von den zu untersuchenden trigonometrischen Signalen brachte ich ebene Zielmarken (weiße Kreise auf schwarzem Grunde) so an, daß die Distanz vom Signal bis zur Zielmarke während der Zeit der Untersuchung konstant blieb. Indem ich aus gewisser Entfernung und zu verschiedenen Tageszeiten, also bei verschiedenen Beleuchtungen, die Richtungsunterschiede bestimmte vom Instrumentenstandpunkte bis zum Signal einer- und der Zielmarke andererseits, mußte sich aus der Differenz dieser Richtungsunterschiede zu verschiedenen Tageszeiten die Größe des Auffassungsfehlers beim Anvisieren des Signales ergeben, da die ebene Zielmarke als phasenfrei angesehen werden darf. Um verschiedene Signaltypen zu gleicher Zeit und unter

denselben äußeren Umständen untersuchen zu können, benützte ich der Einfachheit halber Modelle, welche, im Maßstab 1:5 gehalten, den Vorteil leichter Transportierbarkeit etc. besaßen. Sämtliche Modelle waren weiß gestrichen, so daß sie im allgemeinen gute Zielverhältnisse boten.

2. Die Beobachtungen.

a) Untersuchungen von Beleuchtungsphasen bei Pyramiden.

Die Modelle von je einer drei- und einer vierseitigen Pyramide wurden neben dem trigonometrischen Punkt IV. Ordnung Ober-Eggbühl bei Höngg aufgestellt. Zwischen den beiden Pyramiden, ungefähr in gleicher Höhe wie die Spitzen und starr mit den Signalen verbunden, war eine Zieltafel mit einem weißen Kreis von 30 *cm* Durchmesser angebracht. Sowohl die dreiseitige als auch die vierseitige Pyramide kehrten ein Bein ungefähr gegen den Beobachter zu.

Das Richtungsinstrument stand auf starken eichenen Pfählen, etwas exzentrisch zum trigon. Punkt Höggerblick, vor Sonne und Wind geschützt durch vorgespannte Zelttücher. Die Richtung der Visur nach den Pyramiden war etwa west-nordwestlich und die Distanz betrug ca. 2·80 *km* oder ideell ca. 14 *km*. Die Richtungsmessungen wurden in einer Art Satzmessungen ausgeführt, indem ich zugleich die Untersuchungen auch auf das neben den Pyramidenmodellen stehende Signal IV. Ordnung ausdehnte. Zuerst wurde die dreiseitige Pyramide eingestellt, an der Trommel die Ablesung gemacht, durch Vorwärtsdrehen der Schraube die Zielmarke pointiert, dann die vierseitige Pyramide und zuletzt das Stangensignal, d. h. in einer Reihenfolge, wie sie sich eben durch die Anordnung der Signale nebeneinander ergab. Dann wurde die Trommel zurückgedreht, von neuem auf die dreiseitige Pyramide eingestellt und die Messung ganz analog wiederholt. Spezieller Wert wurde auf die Vertikalstellung des Fadens gelegt, sowie darauf, daß bei allen Reihen die Trommel für dasselbe Signal ungefähr an der gleichen Stelle abgelesen werden konnte.

Tabelle Nr. 35.

Trommel- ablesungen	Anvisierte Signale			
	dreiseitige Pyramide	Zielmarke	vierseitige Pyramide	Stangen- signal
1. Satz	051	174	251	366
2. Satz	052	173	252	367
3. Satz	050	174	251	366
4. Satz	053	176	252	367
5. Satz	049	176	252	367
6. Satz	054	174	252	367
7. Satz	052	174	250	367
8. Satz	054	175	252	369
9. Satz	050	173	252	366
10. Satz	050	175	251	367

Tabelle Nr. 36.

Richtungsunterschiede zwischen								
a) Zielmarke und dreiseitiger Pyramide			b) Zielmarke und vierseitiger Pyramide			c) Zielmarke und Stangensignal		
	<i>v</i>	<i>vv</i>		<i>v</i>	<i>vv</i>		<i>v</i>	<i>vv</i>
123	0	0	77	0	0	192	0	0
121	+2	4	79	-2	4	194	-2	4
124	-1	1	77	0	0	192	0	0
123	0	0	76	+1	1	191	+1	1
127	-4	16	76	+1	1	191	+1	1
120	+3	9	78	-1	1	193	-1	1
122	+1	1	76	+1	1	193	-1	1
121	+2	4	77	0	0	194	-2	4
123	0	0	79	-2	4	193	-1	1
125	-2	4	76	+1	1	192	0	0
1229 : 10	+8	39	771 : 10	+4	13	1925 : 10	+2	13
= 123	-7	$m_T = \pm 2.08$	= 77	-5	$m_T = \pm 1.20$	= 192	-7	$m_T = \pm 1.20$
Mittlere Richtungsunterschiede in Trommelteilen	122.9 \pm 0.66		77.1 \pm 0.38			192.5 \pm 0.38		

Dienstag, 26. August 1913.

Die Beobachtungen wurden ausgeführt mit dem Fernrohr von Nivellier-Instrument Nr. 130 und 37facher Vergrößerung; die scheinbare Fadenstärke betrug ca. 80".

1. Beobachtungsreihe. Vormittags 7³²—45.

Witterung: schön, sehr klare Luft; Sonne von rechts, bildet mit der Richtung der Visur einen Winkel von ca. 30°; ziemlich starker Wind, leichte Oszillation bemerkbar.

Beleuchtung der Signale: Sämtliche Signale heben sich sehr gut ab, bei der dreiseitigen Pyramide ist die linke Seite aber erst im Streiflicht.

In dieser Weise wurden im Laufe desselben Tages noch drei andere Beobachtungsreihen ausgeführt; die entsprechenden Resultate finden sich in der Tabelle Nr. 37.

2. Beobachtungsreihe. Nachmittags 2²²—38.

Witterung: schön, in die Ferne etwas düster, neblig. Luft zittert ziemlich stark.

Beleuchtung der Signale: Sonne von links, bildet mit der Visur einen Winkel von ca. 80°. Von jeder der beiden Pyramiden ist nur die eine Seite beleuchtet, die andere hebt sich gegenüber dem dunkelgrauen Hintergrunde fast gar nicht ab.

Die Zielung wurde so ausgeführt, daß ich versuchte, mit dem Faden die Spitze des beleuchteten, schief erscheinenden Dreiecks zu pointieren. Das Stangensignal war infolge der fast normalen Beleuchtung von links und den relativ ungünstigen Hintergrund nur schlecht sichtbar.

3. Beobachtungsreihe. Nachmittags 352—408.

Witterung: schön, Luft zittert ziemlich stark.

Beleuchtung der Signale: noch anscheinend gleich wie bei der 2. Reihe, nur die beleuchtete Seite der vierseitigen Pyramide erscheint nicht mehr so hell.

Hintergrund: dunstig, aber heller; die Schattenpartien der Pyramiden sind deshalb ebenfalls erkennbar.

4. Beobachtungsreihe. Nachmittags 546—600.

Witterung: schön, nur leichtes Zittern.

Beleuchtung: Die Sonne bildet mit der Richtung der Visur einen Winkel von ca. 160° , d. h. die gegen den Beobachter zugekehrten Seiten der vierseitigen Pyramide sind nicht mehr von direkten Sonnenstrahlen getroffen und auch die linke Seite der dreiseitigen Pyramide steht nur noch im Streiflicht.

Hintergrund: hellgrauer Dunst, die Pyramiden heben sich sehr schlecht ab; ungünstige Zielverhältnisse. Das Stangensignal hebt sich, da es etwas dunkler ist, als die Pyramiden, ein wenig besser ab gegen den Hintergrund. Dagegen verschwindet die Stange in ihrer dunkelgrauen Farbe hinter dem Faden, sodaß die Einstellung etwas unsicher ist.

(Fortsetzung folgt)

Über Fehlerhyperbeln.

Von S. Wellisch.

3.

Nachstehend sei die Genauigkeitsuntersuchung des aus den gegebenen Punkten K, S und H durch Vorwärtseinschneiden festgelegten Punktpaares $P'' P'''$ mittels Fehlerhyperbeln durchgeführt. In Figur 2 ist das Dreiecksnetz im Maßstabe 1 : 50.000 dargestellt, während die Fehlerdreiecke mit den Kernellipsen und die Mittelhyperbel im Maße 1 : 20 eingezeichnet erscheinen. Die feststehenden Koordinaten der gegebenen und die genäherten Koordinaten der zu bestimmenden Punkte sind:

K	$x = -113\ 097\cdot 20\ m$	$y = -14\ 194\cdot 41\ m$
S	$-115\ 651\cdot 17$	$-18\ 152\cdot 94$
H	$-112\ 753\cdot 60$	$-21\ 902\cdot 76$
P''	$-111\ 354\cdot 20$	$-17\ 784\cdot 35$
P'''	$-112\ 370\cdot 94$	$-18\ 755\cdot 74$

Die Vermittlungsgleichungen zur Berechnung der Koordinaten-Verbesserungen $\delta x', \delta y'$ für den Punkt P'' und $\delta x'', \delta y''$ für den Punkt P''' lauten:

$$\begin{array}{l}
 \text{Von } K \text{ nach } P'' \quad . \quad . \quad . \quad + 46\cdot 5 \delta x' + 22\cdot 6 \delta y' - 6\cdot 4 = 0 \\
 \text{» } S \quad \text{» } P'' \quad . \quad . \quad . \quad - 4\cdot 1 \quad \text{»} \quad + 47\cdot 7 \quad \text{»} \quad - 1\cdot 0 = 0 \\
 \text{» } H \quad \text{» } P'' \quad . \quad . \quad . \quad - 44\cdot 9 \quad \text{»} \quad + 15\cdot 3 \quad \text{»} \quad - 1\cdot 4 = 0 \\
 \\
 \text{» } K \quad \text{» } P''' \quad . \quad . \quad . \quad + 44\cdot 1 \delta x'' + 7\cdot 0 \delta y'' - 3\cdot 7 = 0 \\
 \text{» } S \quad \text{» } P''' \quad . \quad . \quad . \quad + 11\cdot 2 \quad \text{»} \quad + 60\cdot 8 \quad \text{»} \quad + 4\cdot 5 = 0 \\
 \text{» } H \quad \text{» } P''' \quad . \quad . \quad . \quad - 64\cdot 6 \quad \text{»} \quad + 7\cdot 9 \quad \text{»} \quad - 1\cdot 1 = 0
 \end{array}$$

Untersuchungen über die Genauigkeit des Zielens mit Fernröhren.

Von Alfred Noetzli, Dipl. Ing. aus Höngg (Zürich).

(Fortsetzung.)

Zusammenstellung der Resultate.

Ohne die absolute Größe der ermittelten Richtungsunterschiede zu kennen, können wir doch aus den Differenzen der Messungen bei den verschiedenen Beleuchtungen einen Schluß ziehen auf die Größe der dadurch bedingten Auffassungsfehler. Man könnte nämlich vielleicht nicht ganz unberechtigte Bedenken haben gegen den Gebrauch des Richtungs-Instrumentes zur Ermittlung von Winkelgrößen, doch interessieren bei diesen Phasenuntersuchungen ja speziell die Veränderungen einzelner Richtungen, und da diese Änderungen nur wenige Sekunden betragen, darf auch das Richtungs-Instrument in jenem Bereich als fehlerfrei angesehen werden.

Da die ebene Zielmarke auch bei verschiedenen Beleuchtungen keine Phasen zeigen wird, konzentrieren sich die ganzen Beträge der Richtungsänderungen auf die Signale.

Tabelle Nr. 37.

Mittlere Richtungsunterschiede in Trommelteilen	a) zw. dreiseitiger Pyramide und Marke	b) zw. vierseitiger Pyramide und Marke	c) zw. Marke und Stangensignal
1. Reihe, VM. 7 ³⁰	122.9 ± 0.66	77.1 ± 0.38	192.5 ± 0.38
2. Reihe, NM. 2 ³⁰	118.9 ± 1.23	82.5 ± 0.84	196.0 ± 0.95
3. Reihe, NM. 4 ³⁰	118.3 ± 0.62	78.6 ± 0.88	193.7 ± 1.13
4. Reihe, NM. 6 ^h	125.0 ± 1.09	80.5 ± 0.96	197.2 ± 1.08

Die vorstehende Tabelle Nr. 37 enthält eine Zusammenstellung der mittleren Richtungsunterschiede der einzelnen Beobachtungsreihen und in der Tabelle Nr. 38 sind die Differenzen dieser Richtungsunterschiede, also die eigentlichen Beleuchtungsphasen, zuerst in Trommelteilen und dann in Sekunden umgerechnet angegeben.

Tabelle Nr. 38.

	dreiseitige Pyramide		vierseitige Pyramide		Stangensignal	
	Trommelteile	Sekunden	Trommelteile	Sekunden	Trommelteile	Sekunden
1. u. 2. R.	+ 4.3 ± 1.39	+ 1.20 ± 0.39	+ 5.4 ± 0.92	+ 1.51 ± 0.26	+ 3.5 ± 1.02	+ 0.98 ± 0.29
2. u. 3. R.	+ 0.3 ± 1.37	+ 0.08 ± 0.38	- 3.9 ± 1.22	- 1.09 ± 0.34	- 2.3 ± 1.48	- 0.64 ± 0.41
3. u. 4. R.	- 6.7 ± 1.25	- 1.87 ± 0.35	+ 1.9 ± 1.31	+ 0.53 ± 0.37	+ 3.5 ± 1.56	+ 0.98 ± 0.44

Anmerkung: Das positive Zeichen gilt zur Charakterisierung einer positiven Phasenwirkung, d. h. einer «Ablenkung» der theoretischen Lage des Visierstrahles gegen die vom Beobachter aus gesehene stärker beleuchtete Seite (in unserem Falle also mit Ausnahme der 1. Reihe nach Süden).

Es erscheint nun auf den ersten Blick etwas sonderbar, daß sich im Laufe desselben Tages bei konstantem Sonnenschein Phasen von verschiedenem Vorzeichen ergeben konnten, und zwar in so scheinbar unregelmäßigem Auftreten. Der ganze Vorgang wird aber sofort klar, wenn man nicht nur die Beleuchtungsverhältnisse, wie sie durch direkte Sonnenbestrahlung der Signale hervorgerufen wurden, betrachtet, sondern auch berücksichtigt, welche Rolle der Hintergrund u. a. dabei gespielt haben.

Ich habe schon weiter oben darauf hingewiesen, wie mannigfaltig oft die Einflüsse sind, die eine Änderung der Auffassung eines Signales herbeiführen können. Um mich nicht in unzähligen Kombinationen verlieren zu müssen, wurden durch genaue Rekognoszierungen Signal- und Instrumentenstandpunkt so gewählt, daß die äußeren Verhältnisse im Laufe eines und desselben Tages einige der charakteristischsten Ursachen des Auftretens von Phasen zu untersuchen erlaubten. Allerdings ergab sich, eben weil die Untersuchungen notwendigerweise auch bei ungünstigen Zielverhältnissen, d. h. starkem Zittern der Luft, ausgeführt werden mußten, eine ziemlich große Unsicherheit in der Bestimmung der absoluten Werte der Phasenwirkungen, doch interessiert hier prinzipiell weniger die letztere, als die durch Messungsergebnisse festgelegte Tatsache, daß wirklich systematische Auffassungsfehler eines Signales vorkommen können und wodurch sie herbeigeführt werden. Durch die Ermittlung bestimmter Werte, denen doch keine allgemeine Giltigkeit zugesprochen werden dürfte, da sie nur durch die momentan vorliegenden Verhältnisse bedingt gewesen wären, könnte man höchstens zu falschen Schlüssen verleitet werden, wenn man nicht durch eine außerordentliche Fülle von Beobachtungsmaterial bestimmte Anhaltspunkte zur Behandlung jedes einzelnen Falles bekommen könnte. Ich möchte nicht versäumen, hier noch speziell darauf hinzuweisen, daß nicht nur Beleuchtungsverhältnisse etc. eine andere Auffassung einer nicht ganz einfachen Signalform (z. B. Parallelstreifen) herbeiführen können, sondern daß dies auch aus anderen Gründen geschehen kann. Es ist in der Beobachtungstechnik genügend bekannt, daß zwei verschiedene Beobachter ein und dasselbe Signal bei gleicher Instrumentenstellung unter Umständen ziemlich verschieden pointieren; wie ich schon (darauf hingewiesen habe, kann eine andere Auffassung des Signales auch bei demselben Beobachter stattfinden, wenn z. B. ein längerer Unterbruch zwischen den beiden Visuren liegt. So hat man schon oft bemerkt, daß bei Winkelmessungen zwischen denselben Signalen unter den gleichen Beleuchtungsverhältnissen die erhaltenen Resultate eine bedeutend größere Diskordanz zeigten, als sich aus der Größe des Zielfehlers oder der instrumentellen Einflüsse erwarten ließ.

Es ist leicht einzusehen, daß die scheinbare Fadenstärke einen ganz bedeutenden Einfluß haben kann auf die Größe von Beleuchtungsphasen, sobald wir z. B. eine unsymmetrische Figur (beluchtete Seite einer Pyramide etc.) tangieren müssen. Die mathematische Visierlinie ist natürlich die Mittellinie des Fadens; je dicker also ein Faden ist, umso unsicherer wird man die Spitze eines in Bezug auf den Faden unsymmetrisch liegenden Dreiecks auf diese Mittellinie bringen können, umso ungenauer wird also die Visur, umso größer aber auch

die Phasenwirkung sein. Eine Komplikation tritt noch dann ein, wenn Oszillation der Lichtstrahlen vorhanden ist. Durch diese Oszillation werden nämlich, natürlich je nach der Intensität, auch auf der nichttangierenden Seite des Fadens momentweise helle Partien sichtbar, was unter Umständen eine negative Phasenwirkung hervorrufen kann, indem der Beobachter glaubt, die beleuchtete Spitze schon geschnitten, statt erst tangiert zu haben. Also auch in diesen Fällen ist die Forderung sehr feiner Fäden durchaus berechtigt.

Gehen wir nun nach diesen Ausführungen zurück zur Besprechung der vorliegenden speziellen Phasenuntersuchung und betrachten wir der Reihe nach das Verhalten der einzelnen untersuchten Signaltypen bei den angegebenen Verhältnissen.

Die Pyramiden.

Während der 1. Beobachtungsreihe, vormittags $7\frac{1}{2}$ Uhr, waren diese Signale auf beiden dem Beobachter zugekehrten Seitenflächen relativ gut beleuchtet und hoben sich auch auf dem Hintergrund (dunkler Wald in ca. 8 bis 10 km Entfernung) gut ab. Es darf daher jedenfalls als ziemlich sicher angenommen werden, daß keine Auffassungsfehler im Sinne der zu untersuchenden Beleuchtungsphasen vorkamen.

Bei der 2. Beobachtungsreihe, nachmittags halb 3 Uhr, waren die linken Seiten der Pyramiden grell beleuchtet, während die rechten Seiten im Schatten lagen und bei dem fast gleichfarbigen Hintergrunde auch durch das Fernrohr beinahe nicht gesehen werden konnten. Wie bereits bei den Beobachtungsreihen angegeben, wurden die Zielungen so ausgeführt, daß ich versuchte, die obere Spitze des beleuchteten Dreiecks zu pointieren. Da aber bei der dunstigen Luft diese Ecke nur unscharf erschien und wahrscheinlich auch nicht bis zur äußersten Spitze sichtbar war, ergab sich infolgedessen eine positive Phasenwirkung, und zwar, wie aus der Tabelle Nr. 38 ersichtlich ist, von ca. $1:2''$.

Während der 3. Beobachtungsreihe, nachmittags ca. 4 Uhr, war die Beleuchtung der Signale trotz der veränderten Stellung der Sonne, vom Instrument aus gesehen, noch die gleiche wie bei der zweiten Reihe. Der Hintergrund war aber hell, sodaß auch die Schattenpartien der Signale deutlich erkennbar waren. Trotzdem blieb die Auffassung bei der dreiseitigen Pyramide nahezu dieselbe, wohl infolge der speziellen Stellung des Signales, während bei der vierseitigen Pyramide deutlich eine entsprechende Phasenwirkung zu konstatieren ist.

Bis zur 4. Beobachtungsreihe, ca. 6 Uhr nachmittags, war der Stand der Sonne schon so stark verändert, daß die gegen den Beobachter zugekehrten Seiten der Pyramiden von den Sonnenstrahlen entweder gar nicht oder nur noch unter sehr schiefer Winkel getroffen wurden, die Signale also relativ dunkel erschienen. Auf dem hellen, dunstigen Hintergrund zeigten sich deshalb die Pyramiden eher als dunkle Objekte, aber bei dem geringen Farbenunterschiede zwischen Signalen und Hintergrund sowie der zwischen Beobachter und Signalen liegenden Dunstsicht überhaupt ergaben sich so schlechte Zielverhältnisse, daß sichere Schlüsse nicht mehr zu ziehen sind. Bei der dreiseitigen Pyramide ist immerhin noch zu konstatieren, daß eine deutliche negative Phasenwirkung ein-

getreten ist. Auf dem relativ hellen Hintergrunde hob sich nämlich die noch im Streiflicht der Sonne stehende und darum etwas hellere linke Seite fast gar nicht mehr ab, während die der Sonne abgewendete, also etwas dunkler als der Hintergrund erscheinende Seite die ganze Aufmerksamkeit des Beobachters auf sich gezogen haben muß, woraus dann jener Auffassungsfehler entstand.

Das Stangensignal.

Da auf die relativ kurze Distanz die runde Stange sich als günstigstes Zielobjekt des ganzen Signales ergab und die Visuren auch nur auf die Stange ausgeführt wurden, beziehen sich die vorliegenden Untersuchungen eigentlich nur auf diese, obschon naturgemäß hier und da auch das Bretterkreuz die Zielung beeinflußte. Bei einer runden Stange können sich im Laufe desselben Tages bei konstantem Sonnenschein keine sprungweisen Beleuchtungsunterschiede zeigen, wie bei den Pyramiden, deshalb ist auch der Verlauf der Phasen ein etwas anderer. Immerhin spielt auch hier die Farbe des Hintergrundes und die Durchsichtigkeit der Luft zwischen Beobachter und Signal eine ganz bedeutende Rolle.

Während der 1. Beobachtungsreihe war die Stange etwas von rechts beleuchtet, es ergab sich also höchst wahrscheinlich ein kleiner Auffassungsfehler nach dieser Seite hin, indem bei der Bisektion eines Parallelstreifens, bei dem die beiden Seiten von verschiedener Lichtintensität sind, die stärker beleuchtete Hälfte durch Irradiation größer erscheint als die schwächer beleuchtete, weshalb das Auge die Halbierung unwillkürlich nach der helleren Seite hin verfälscht.

Bis zur 2. Beobachtungsreihe hatte die Sonne ihre Stellung geändert, daß die vom Beobachter aus linke Seite der Stange heller beleuchtet war. Zugleich hatte der Hintergrund nahezu die Farbe des von den direkten Sonnenstrahlen nicht getroffenen Teiles der Stange angenommen, sodaß jene Partien bei der Bisektion wahrscheinlich fast gar nicht in Betracht gezogen wurden, weshalb sich ein sehr ausgeprägter Auffassungsfehler nach der stärker beleuchteten Seite hin ergab.

Zur Zeit der 3. Beobachtungsreihe war die Beleuchtung der Stange nicht sehr stark geändert, der Hintergrund war aber heller geworden, sodaß nun auch der nichtbeleuchtete Teil der Stange sich besser davon abhob und bei der Bisektion mitwirken konnte, was natürlich gegenüber dem Resultat der 2. Reihe eine negative Phasenwirkung hervorrief.

Während der 4. Beobachtungsreihe waren die Sonnenstrahlen fast völlig gegen den Beobachter gerichtet; die Stange schien also ganz unbeleuchtet und hob sich auf dem hellen Hintergrunde relativ gut ab. Immerhin war die äußerste linke Partie etwas heller, wirkte also, da auf die dunklen Partien eingestellt wurde, weniger mit, sodaß die Verfälschung im Sinne einer negativen Phase zum Ausdruck kam.

Spezielle Untersuchungen auf bestehende Signalisierungs-Pyramiden von Triangulationspunkten habe ich persönlich keine ausgeführt, da mir in sehr entgegenkommender Weise vom Chef der geodätischen Abteilung der Schweizerischen

Landestopographie, Herrn Ing. H. Zöllly, einige charakteristische Fälle aus den Winkelmessungen des schweizerischen Dreiecksnetzes übermittelt wurden. Die Auffassungsfehler auf Pyramiden hatten sich dadurch einwandfrei ergeben, daß Nachmessungen der gleichen Winkel mittelst Heliotropen vorgenommen wurden. Folgendes sind die Resultate dieser Messungen sowie die daraus abgeleiteten Phasenwirkungen:

1911. Station Albis (Pfeiler).

Beobachter: Ingenieur Zöllly.

Instrument: Einaxer-Theodolit der Schweizer. Geodät. Kommission.

Winkel	Anzahl der Messungen	Resultat der Messungen	Differenz
Lägern (Heliotrop) } Hörnli (viers. Pyramide) } Distanz = ca. 33 km	6	91° 43' 25.95"	2.44"
Lägern (Heliotrop) } Hörnli (Heliotrop) }	6	91° 43' 23.51"	
Hörnli (Pyramide) } Rigi (Heliotrop) }	6	119° 21' 53.49"	3.19"
Hörnli (Heliotrop) } Rigi (Heliotrop) }	7	119° 21' 50.30"	

Total 5.63"

1905. Station Crêt blanc.

Beobachter: Ingenieur Wild.

Instrument: Theodolit Nr. 3 der Schweizer Landestopographie.

Winkel	Anzahl der Messungen	Resultat der Messungen	Differenz
Dent d'Oche (Stgnsign.) } Dôle (Dreis. Pyramide) }	24	109° 47' 00.25"	1.78"
Dent d'Oche (Heliotrop) } Dôle (Heliotrop) }	36	109° 47' 02.03"	
Dôle (Dreis. Pyramide) } Suchet (Heliotrop) }	36	104° 23' 24.13"	2.73"
Dôle (Heliotrop) } Suchet (Heliotrop) }	48	104° 23' 21.40"	

Diese Differenzen zeigen zur Genüge, wie groß solche durch verschiedene Beleuchtung hervorgerufene Auffassungsfehler werden können; es wird daher immer mit Risiko verbunden sein, auf diese Art von Signalisierungen genaue Messungen ausführen zu wollen.

Auffassungsfehler von einer solchen Größe, wie sie in den hier mitgeteilten Beispielen vorkamen, lassen sich nur dadurch erklären, daß auf die großen

Distanzen die Pyramide selbst durch die ziemlich stark vergrößernden Fernröhren in den Schattenpartien gar nicht mehr wahrgenommen werden konnte und auch die beleuchtete Dreiecksseite nur als ein weißer Fleck erschien, sodaß der Beobachter gezwungen war, den Schwerpunkt dieses Lichteindruckes, also der beleuchteten Dreiecksseite, zu pointieren. Daß dieser Schwerpunkt aber in den meisten Fällen exzentrisch zur Pyramidenmitte ist, ergibt sich aus der Gestaltung dieser Signalform von selbst.

(Fortsetzung folgt.)

Literaturbericht.

1. Bücherbesprechungen.

Zur Rezension gelangen nur Bücher, welche der Redaktion der *Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen* zugesendet werden.

Bibliotheks-Nr. 556. A. Tichy: *Rationelle Vorgänge der Absteckung bedeutend langer Eisenbahn-Tunnels*. Sonderabdruck aus der *«Zeitschrift d. Österr. Ingenieur- u. Architekten-Vereines»*, 1914, Nr. 47—52. Wien 1915, Verlag für Fachliteratur G. m. b. H. Preis K 2.50.

Oberinspektor A. Tichy berichtete in der Versammlung der Fachgruppe für Vermessungswesen des Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines am 2. März 1914 über seine eigenen praktischen Erfahrungen, welche er bei der von ihm ausgeführten Absteckung der vier großen und einiger kleineren Alpentunnel der sogenannten zweiten Eisenbahnverbindung mit Triest zu sammeln Gelegenheit hatte. Der vorliegende Separatabdruck gibt diesen in der Fachgruppenversammlung mit reichem Beifall aufgenommenen Vortrag in etwas erweiterter Form wieder.

Der Autor behandelt in eingehender Weise die provisorische und definitive geodätische Festlegung der Tunneltrasse nach Richtung, Länge und Höhenunterschied. Für die provisorische Aussteckung der Tunnelgeraden über Tage, welche nach den Erfahrungen des Verfassers, wenn sie infolge der Terrainverhältnisse überhaupt möglich ist, niemals unterlassen werden soll, sind die beiden ihrer Lage nach bekannten Orte für Tunneleingang und Tunnelausgang durch ein möglichst einfaches Dreiecksnetz mit einander zu verbinden, dessen Basislänge bloß der topographischen Karte entnommen wird. Mit Recht spricht sich der Verfasser gegen die Verwendung von Punkten der Ländstriangulierung aus, da diese Verwendung meistens eine bedeutende Vergrößerung des Dreiecksnetzes bedingt und der zunächst angestrebte Zweck nicht gefördert wird. Nach der Aufnahme und empirischen Ausgleichung dieses Netzes ist die provisorische Absteckung vom Tunnelanfangspunkte über das Gebirge auszuführen, wozu der Verfasser äußerst beachtenswerte Ratschläge hinsichtlich der Wahl der Überstellungspunkte, ihrer Stabilisierung und Signalisierung sowie des ganzen Arbeitsvorganges bei der Absteckung selbst gibt. Je nach der Größe der sich am Schlusse dieser Arbeit ergebenden Abweichung der abgesteckten Richtung von dem schon markierten Tunnelendpunkte ist die Absteckung entweder als gelungen zu bezeichnen oder in entgegengesetzter Richtung zu wiederholen. Zur Beschaffung eines generellen Längenprofils empfiehlt Tichy, die Überstellungspunkte durch Messung von Horizontalwinkeln in das Dreiecksnetz einzubinden und ihre Höhenunterschiede trigonometrisch zu bestimmen. Die definitive Absteckung über Tag, welche auch nach Beginn des Sohlstollenvortriebes erfolgen kann, erfordert die Messung zweier günstig gelegener Grundlinien, sowie die Durchführung einer Triangulierung, welche diese beiden Grundlinien mit einander verbindet und welche die den Tunnelmündlöchern vorgelagerten, aus der provisorischen Absteckung erhaltenen Richtpunkte enthält. Die Arbeit Tichy's gibt eine eingehende Schilderung der

Tabelle C,
Partes proportionales für den Gebrauch von A.

C	·00	·01	·02	·03	·04	·05	·06	·07	·08	·09	·10	
·0	00	01	03	04	05	07	08	09	11	12	13	·9
·1	13	15	16	17	19	20	21	23	24	25	26	·8
·2	26	28	29	30	32	33	34	36	37	38	40	·7
·3	40	41	42	44	45	46	48	49	50	52	53	·6
·4	53	54	56	57	58	60	61	62	64	65	66	·5
·5	66	68	69	70	72	73	74	75	77	78	79	·4
·6	79	81	82	83	85	86	87	89	90	91	93	·3
·7	93	94	95	97	98	99	101	102	103	105	106	·2
·8	106	107	109	110	111	113	114	115	117	118	119	·1
·9	119	121	122	123	125	126	127	128	130	131	132	·0
	·10	·09	·08	·07	·06	·05	·04	·03	·02	·01	00	

Tabelle D, Parties proportionales für den Gebrauch von B.

D	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	1	1
2	.	.	1	1	1	1	1	2
3	.	1	1	1	2	2	2	3
4	.	1	1	2	2	2	3	4
5	1	1	2	2	3	3	4	5
6	1	1	2	2	3	4	4	5
7	1	1	2	3	4	4	5	6
8	1	2	2	3	4	5	6	6
9	1	2	3	4	5	5	6	7
	1	2	3	4	5	6	7	8

Alle Korrekturen positiv — Letzte Stelle Tausendstel Millimeter — Reduziert auf die Höhe der Mitte des Bettes.

Untersuchungen über die Genauigkeit des Zielens mit Fernröhren.

Von Alfred Noetzli, Dipl. Ing. aus Hönng (Zürich).

(Fortsetzung.)

b) Untersuchungen von Beleuchtungsphasen bei Stangensignalen.

Wir haben bei unserem Beispiel gesehen, wie stark die verschiedenartige Beleuchtung eines Stangensignales die Auffassung desselben beim Pointieren beeinflussen kann. Weitere Untersuchungen führte ich aus, indem ich als Zielobjekt das Modell eines großen Stangensignales im Maßstabe 1:5 benützte. Das Signal war weiß gestrichen; eine Tafel mit einem Kreise von 6 cm Durchmesser als Zielmarke war starr mit dem Signal verbunden.

Dieses Zielobjekt wurde etwa 20 m südöstlich des trigon. Punktes Hönngberg aufgestellt, während sich das Richtungsinstrument auf dem trigon. Punkte Hönngerblick befand. Die Richtung der Visur war fast genau nördlich. Das verwendete Fernrohr hatte eine 24fache Vergrößerung, der Faden eine scheinbare Stärke von ca. 50". Die effektive Distanz¹⁴⁾ betrug ca. 650 m, die virtuelle daher ca. 3·2 km.

In gleicher Weise, wie dies bei den Untersuchungen auf Pyramiden des genaueren beschrieben ist, wurden die Richtungsunterschiede zwischen dem Signal und der Zielmarke zu verschiedenen Tageszeiten je 10mal gemessen. Die Differenzen dieser Richtungsunterschiede sind in Tabelle Nr. 39 eingetragen. Da bei allen Reihen die Stange als günstigstes Zielobjekt sich darbot, wurden

die Visuren immer auf die Stange allein ausgeführt; die nachfolgenden Resultate beziehen sich also nur auf diese.

Dienstag, 26. August 1913.

1. Beobachtungsreihe: vormittags 6⁴²

Witterung: unbewölkt, klar; leichtes Zittern.

Beleuchtung: sehr gut; Sonne von rechts, ca. normal zur Richtung der Visur.

Hintergrund: das weiße Signal hebt sich auf dem relativ dunklen Hintergrunde (Bäume in ca. 5 km Entfernung) sehr deutlich ab.

2. Beobachtungsreihe: vormittags 9¹⁵

Witterung: unbewölkt, klar; zittert ziemlich stark.

Beleuchtung: sehr gut; Sonne von rechts, bildet mit der Visur einen Winkel von ca. 60°.

Hintergrund: düster, hellgrau; das Signal hebt sich aber trotzdem sehr gut ab.

3. Beobachtungsreihe: nachmittags 4¹⁴

Witterung: unbewölkt, klar; zittert ziemlich stark.

Beleuchtung: sehr gut; Sonne von links, bildet mit der Visur einen Winkel von ca. 60°.

Hintergrund: neblig, düster; das Signal hebt sich aber trotzdem sehr gut ab.

4. Beobachtungsreihe: nachmittags 6⁰⁵

Witterung: unbewölkt, klar; zittert leicht.

Beleuchtung: ziemlich gut; Sonne von links, ca. normal zur Visur-Richtung.

Hintergrund: düster, grau; das Signal hebt sich noch relativ gut ab.

Tabelle Nr. 39.

Reihen	mittlere Richtungs- unterschiede zwischen Signal und Marke (Trommelteile)	Differenz der mittleren Richtungsunterschiede	
		Trommelteile	Sekunden
1. Reihe. VM. 7 Uhr	222.0 ± 0.56	+ 1.6 ± 2.14	+ 0.46 ± 0.60
2. Reihe. VM. 9 Uhr	220.4 ± 2.06	+ 13.1 ± 2.38	+ 3.80 ± 0.67
3. Reihe. NM. 4 Uhr	206.8 ± 1.19	- 5.4 ± 1.41	- 1.51 ± 0.40
4. Reihe. NM. 6 Uhr	212.2 ± 0.77		

Zusammenstellung der Resultate.

An Hand der bei den einzelnen Reihen gemachten Angaben läßt sich auch hier leicht der Verlauf der Phasen erklären; bemerkenswert ist der Umstand, daß zwischen der dritten und vierten Reihe eine negative Phasenwirkung ein-

getreten ist, was durch die Abnahme der Intensität der Sonnenbestrahlung übrigens leicht erklärlich ist.

Als Maximaldifferenz in der Auffassung des Signales erhält man $4.25''$ als Phase zwischen den Beobachtungen der 1. und 3. Reihe, d. h. vormittags 7 Uhr und nachmittags 4 Uhr. In lineares Maß am Signal selber umgerechnet, betragen diese $4.25''$ ca. $13-14 \text{ mm}$, d. h. ungefähr $\frac{2}{3}$ der Stangendicke. Da nun, entsprechend der Beleuchtung, die Pointierung das einmal rechts, das anderemal links von der Stangenmitte erfolgt sein wird, ergibt sich aus Symmetriegründen, wenn man nämlich die Nord-Süd-Richtung der Visur berücksichtigt, daß der größte Betrag der falschen Auffassung etwa dem Werte des dritten Teiles der Stangendicke entsprach. Im allgemeinen sind also die Auffassungsfehler, die durch Phasenwirkung auf der Stange entstehen können, vernachlässigbar.

Es wäre nun von Interesse gewesen, zu untersuchen, wie sich Stangensignale in Bezug auf Beleuchtungsphasen verhalten, wenn die Distanz- oder Luftverhältnisse die Sichtbarkeit der Stange unmöglich machen. Figur 10 veranschaulicht einen extrem ungünstigen Fall für das kleine Stangensignal; es ist aber

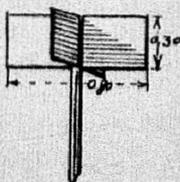


Fig. 10.

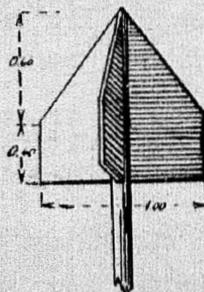


Fig. 11.

unter Berücksichtigung der Massenverteilung der beleuchteten (sichtbaren) Flächen ohneweiters einzusehen, daß große Phasenwirkungen nicht auftreten werden. Anders liegen die Verhältnisse beim großen Stangensignal. Infolge der oben zugespitzten Form des Bretterkreuzes wird es bei unbewölktem Himmel an jedem Tage mindestens einmal, bei gewissen Stellungen des Signales sogar zweimal vorkommen, daß von einem südlich vom Signal gelegenen Punkte aus die eine Seite des Bretterkreuzes von der Sonne beleuchtet, also sichtbar ist, während die andere Seite ganz im Schatten des quer zum ersten Brett stehenden zweiten Brettes liegt und daher unsichtbar sein kann; es ist also voraus zu sehen, daß daraus Auffassungsfehler des Signales resultieren werden, ähnlich wie bei Pyramiden. Immerhin können so große Beträge von Auffassungsfehlern, wie wir sie bei Pyramiden konstatiert haben, hier nicht vorkommen, da die Signalstange in den meisten Fällen bei der Zielung mitwirken wird, wobei sie selbst, wie wir gesehen haben, keine großen Phasenwirkungen erzeugt. Auch liegt der Schwerpunkt der beleuchteten Teile des Bretterkreuzes nie so stark exzentrisch zum Signalpunkt wie bei den schiefstehenden Seitenflächen der Pyramiden.

Einen solchen Fall untersuchte ich bei dem großen Stangensignal auf dem trigon. Punkte Hönningerberg durch Beobachtungen von Utokulm aus. Da auf die relativ kurze Distanz von ca. 5 bis 6 *km* sowohl die Spitze des Bretterkreuzes als auch die Stange selber während aller Beobachtungsreihen relativ gut sichtbar waren, zeigte sich natürlich keine starke Phasenwirkung. Der Unterschied der Pointierung zwischen Beobachtungen vormittags 8 Uhr und $\frac{1}{2}$ 10 Uhr, wobei das Signal die Beleuchtungsunterschiede, wie sie Figur 11 illustriert, zeigte, betragen nämlich nur $0.90'' \pm 0.33''$.

Die Reihen Nr. 57 und 58 sind bei unverändertem Instrumentenstand auf das zuerst von der Sonne direkt beleuchtete und gleich darauf von Wolken beschattete Signal ausgeführt worden. Man darf an Hand von anderem mitgeteilten Beobachtungsmaterial ziemlich sicher schließen, daß auch hier das Instrument seine Lage während der etwa 10 Minuten dauernden Beobachtungen nicht geändert hat, so daß die Differenz der Messungsergebnisse der beiden Reihen den durch verschiedene Beleuchtung hervorgerufenen Auffassungsfehler ergibt. Die Größe dieses Auffassungsfehlers, wie er sich für die Spitze des Pavillons Albis ergab für Visuren vom trigon. Punkt Hochwacht Zugerberg aus, betrug $1.73'' \pm 0.15''$.

In ganz analoger Weise ergab sich aus den Reihen Nr. 42 und 43 für das große Stangensignal Gubel von demselben Standpunkte aus gesehen eine Verschiedenheit in der Auffassung von $0.95'' \pm 0.15''$.

Die meisten anderen derartigen Untersuchungen scheiterten an dem Umstande, daß die Signale bei Sonnenschein die Pointierung wohl erlaubten, ohne Sonnenbestrahlung aber fast oder überhaupt gar nicht sichtbar waren.

An Hand der angeführten Beispiele ist aber genügend bewiesen, daß Auffassungsfehler durch verschiedene Beleuchtung der Signale vorkommen können, und zwar in Beträgen, die die sonstigen Messungsunsicherheiten weit überschreiten. Wir müssen deshalb darnach trachten, entweder durch eine zweckmäßigere Anordnung der Beobachtungen oder durch geeignetere Signalisierungen solche systematische Fehlereinflüsse zu beseitigen oder auf eine unschädliche Größe herabzudrücken.

3. Mittel zur Vermeidung starker Phaseneinflüsse.

Durch eine gleich große Anzahl von Vormittags- und Nachmittags-Beobachtungen lassen sich die Auffassungsfehler, die hervorgerufen werden durch verschiedene Beleuchtung der Signale, gewöhnlich größtenteils kompensieren, denn obschon die beiden Messungsergebnisse unter sich mehr oder weniger große Widersprüche zeigen und die Stationsausgleichungen also einen größeren mittleren Winkelfehler ergeben werden, so wird sich dies durch eine genauere Punktbestimmung, die ja Endzweck der trigon. Beobachtungen ist, vollauf kompensieren.

Glänzende Kugeln (z. B. auf Kirchtürmen), die ja sehr oft als Zielpunkte dienen, zeigen natürlich bei wechselnder Richtung der Sonnenstrahlen ebenfalls Phasenerscheinungen. Die Größe der dadurch verursachten Auffassungsfehler wird sich richten nach den Beleuchtungs- und Hintergrundverhältnissen sowie nach der Größe des Durchmessers der Kugel; bestimmte Angaben lassen sich also auch hier nicht machen. Doch ist leicht einzusehen, daß der maximale Auffassungsfehler in linearem Maße nicht größer als der Kugelradius sein wird. Auch hier würde natürlich der Einfluß von Auffassungsfehlern durch entsprechende Anordnung der Messungen am Vormittag und Nachmittag größtenteils annulliert.

Nun wird es aber nicht möglich sein, die Vorschrift der gleichen Anzahl von Vormittags- und Nachmittags-Messungen einzuhalten, teils wegen der Witterung, teils weil kleine Stationen überhaupt am gleichen halben Tage erledigt werden können. Wir müssen deshalb dem 2. Punkte, d. h. der geeigneteren Signalisierung unsere Aufmerksamkeit schenken.

Die sowohl punkto Genauigkeit wie auch in Bezug auf Beleuchtungsphasen günstigste Signalisierungsart ist diejenige mit Heliotropen; doch besitzt dieses Verfahren den Nachteil völliger Abhängigkeit von der Sonnenbestrahlung, was natürlich in mancher Beziehung und nicht zuletzt in finanzieller Hinsicht ein großer Nachteil ist.

Der zweckmäßigste Ersatz würde sich ergeben durch die Einführung von Nachtbeobachtungen, die vorteilhaft auch bei wichtigeren Stationen III. Ordnung Anwendung fänden. Nicht nur wäre erwiesenermaßen die Genauigkeit der Messungen eine erklecklich größere und könnte die Messungszeit bedeutend ausgedehnt werden, man wäre auch gegen Phasenwirkung völlig geschützt, so daß sich die Anzahl der Messungen, um die gleiche Genauigkeit in der Punktbestimmung zu erhalten, vielleicht bis auf $\frac{2}{3}$ oder die Hälfte der jetzt benötigten Beobachtungen reduzieren ließe; es wären daher auch vom ökonomischen Standpunkte aus nur Vorteile zu erwarten.

Um auch für die jetzt gebräuchlichen Signaltypen größere Phasenwirkungen unmöglich zu machen und zugleich für gewisse Fälle, z. B. bei hellem Hintergrund eine bessere Sichtbarkeit herbeizuführen, wäre es empfehlenswert, alle Signale nur teilweise weiß, zum andern Teil aber schwarz zu bemalen. Wenn man sich nämlich die Entstehung von Beleuchtungsphasen vor Augen führt, so wird es nicht schwer sein, für jeden Signaltypus die Möglichkeit des Eintretens von Beleuchtungsphasen auch ohne spezielle Untersuchungen zu erkennen und Mittel und Wege zu möglichster Abhilfe zu finden.

Betrachten wir nun einmal, wie sich die verschiedenen gebräuchlichen Signaltypen verhalten.

(Schluß folgt.)

$$\begin{array}{r}
 {}_2y_0 = + 7242 \cdot 62 \text{ m} \\
 y_2 = + 7665 \cdot 47 \text{ m} \\
 \Delta y_5 = - 422 \cdot 85 \text{ m} \\
 \hline
 {}_2y_0 = + 7242 \cdot 62 \text{ m} \\
 y_3 = + 7745 \cdot 49 \text{ m} \\
 \Delta y_6 = - 502 \cdot 87 \text{ m} \\
 \hline
 {}_2y_0 = + 7242 \cdot 62 \text{ m} \\
 \left\{ \begin{array}{l} {}_1P_0 \dots \dots \dots {}_1y_0 = + 8775 \cdot 16 \text{ m}, \quad {}_1x_0 = - 6123 \cdot 32 \text{ m}; \\ {}_2P_0 \dots \dots \dots {}_2y_0 = + 7242 \cdot 62 \text{ m}, \quad {}_2x_0 = - 5247 \cdot 20 \text{ m}. \end{array} \right.
 \end{array}$$

Untersuchungen über die Genauigkeit des Zielens mit Fernröhren.

Von Alfred Noetzli, Dipl. Ing. aus Hönegg (Zürich).

(Schluß)

Die Pyramiden, die drei- und vierseitigen, werden gegenwärtig meistens weiß gehalten, oft sind sie aber mit einer schwarzen Spitze versehen, die das Signal gegen hellen Hintergrund sichtbar machen sollen. Für gewisse Fälle ist diese Anordnung genügend, ja sogar sehr vorteilhaft; sobald aber in Folge greller Sonnenbestrahlung die weißen Flächen sehr hell erscheinen, oder wenn der Hintergrund auch dunkel ist, wird die schwarze Spitze unsichtbar, und, wie sich leicht einsehen läßt, werden sich die Beleuchtungsphasen in viel stärkerem Maße ergeben, als wenn die beleuchtete Pyramidenseite ein nach oben mit einer scharfen weißen Spitze versehenes Dreieck bildet. Eine bessere Lösung wäre, die Basis jeder Pyramidenfläche in einem durchgehenden, etwa 20 bis 100 *cm* breiten Streifen schwarz zu halten und bei Pyramiden, die sich für alle Sichten gegen den Himmel abheben, überhaupt nur die oberste Spitze auf etwa 20 bis 50 *cm* weiß zu lassen, indem ganz schwarze Pyramiden, wie sie gegenwärtig hier und da in der Schweiz angewendet werden, sich gegen dunkle Wolken eben auch nicht abheben. Ganz werden sich aber Phasenerscheinungen und daher entsprechende Auffassungsfehler bei Pyramiden nie vermeiden lassen; vom Standpunkt der Beleuchtungsphasen aus ist daher diese Signalform unbedingt zu verwerfen.

Ein zweckmäßiger Ersatz würde sich ergeben durch die Anordnung nach Fig. 15.

Das große Stangensignal zeigt in Bezug auf Phasenwirkungen ähnliche Verhältnisse wie die Pyramiden, indem bei bestimmter Richtung der Sonnenstrahlen die eine Hälfte des Bretterkreuzes gut beleuchtet, die andere beschattet und daher fast unsichtbar sein kann.¹⁾ Dieser große Fehler, der dieser Form des Signals daher anhaftet, kann sofort gehoben werden dadurch, daß man die

¹⁾ Vergl. Fig. 11.

Spitze des Bretterkreuzes nach unten richtet.¹⁾ Diese Anordnung besitzt im weitern den großen Vorteil, daß die Signalstange eine scheinbare Verlängerung der Bretterkreuzspitze bildet, was daher die Vorteile der Parallelstreifen- und Keilform eines Zielobjektes in sich vereinigt. Man wird nämlich immer, solange es die scheinbare Dicke der Stange erlaubt, diese letztere durch Bisektion pointieren; wird bei größerer Entfernung oder weniger guter Beleuchtung die scheinbare Dicke der Stange zu gering, um ein sicheres Einstellen zu gestatten, so kann die Visur ausgeführt werden durch halbieren des Winkels der Spitze des



Fig. 13.

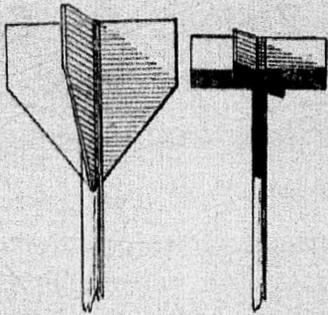


Fig. 12.

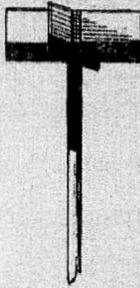


Fig. 14.

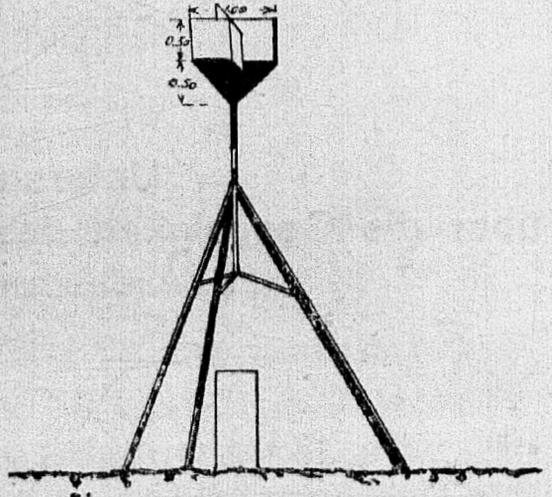


Fig. 15.

Bretterkreuzes, wobei aber die Stange, eben als verlängerte Spitze, doch noch mitwirkt, was behufs Vermeidung von Beleuchtungsphasen oder sonstigen Wechsel in der Auffassung des Signals nur von Vorteil sein kann.

Eine weitere sehr zweckdienliche Anordnung zur Vermeidung von Beleuchtungsphasen besteht darin, symmetrische Teile des Signals mit schwarzer Farbe zu versehen. Es ist leicht einzusehen, daß solche schwarze Partien das Auftreten von Phasenerscheinungen entweder gar nicht oder nur in minimaler Weise zeigen werden. Durch zweckmäßige Anordnung der schwarz oder weiß zu haltenden Teile ist es daher möglich, sowohl der Forderung der Erhöhung der Sichtbarkeit der Signale, als auch derjenigen der Verhütung von Phasen gerecht zu werden.

Beim großen Stangensignal wird es sich empfehlen, eine Partie des unteren Teiles des Bretterkreuzes, sowie vor allem die nach unten gerichtete Spitze und daran anschließend $\frac{1}{2} m$ der Stange schwarz zu bemalen. (s. Fig. 13.) Für kürzere Distanzen wird man ja immer den weißen Teil der Stange durch Bisektion pointieren, und auf sehr große Distanzen ist auch die Bisektion des Bretterkreuzes genügend genau, falls nicht der Hintergrund die Visur auf die noch günstigere Zielfigur der schwarzen Spitze erlaubt.

Auch am kleinen Stangensignal ist es empfehlenswert, den untern Teil des Bretterkreuzes, sowie $\frac{1}{2} m$ der daran anschließenden Stange in schwarz, das

¹⁾ Vergl. Fig. 12.

übrige aber in weiß zu halten (s. Fig. 14). Das Verhältnis der Größen der weiß und schwarz zu bemalenden Flächen hätte sich natürlich speziell nach der vorherrschenden Farbe des Hintergrundes zu richten, d. h. z. B. für ein Signal, das sich fast für alle Sichten gegen den hellen Himmel abhebt, soll in der Hauptsache die schwarze, für ein anderes Signal, das hauptsächlich dunklen Wald etc. als Hintergrund hat, die weiße Farbe vorherrschen. Doch wird es immer von Vorteil sein, weder das eine noch das andere Extrem anzuwenden, d. h. z. B. trigonometrische Hochpunkte auf Bergspitzen nie ganz schwarz, Signale im Tale oder auf weniger hohen Bergrücken nie ganz weiß zu halten. Es können nämlich Wechsel in der Farbe des Hintergrundes eintreten (z. B. dunkle Wolken hinter einem Hochpunkt, weißgrauer Dunst hinter einem Signal in der Tiefe), die die Sichtbarkeit des Signals unmöglich machen könnten. Kommen aber beide Farben vor, so werden bei günstiger Anordnung der mit den resp. Farben bemalten Flächen in den weitaus meisten Fällen entweder die eine oder die andere, sehr oft aber beide Farben die Sichtbarkeit des Signals ermöglichen, und es werden speziell die in schwarz gehaltenen Teile das Eintreten von Beleuchtungsphasen zum größten Teil verhindern können.

Für Signalisierungen exponierter Punkte (z. B. auf Bergspitzen etc.) die dem Winde stark ausgesetzt sind, dürfte es am Platze sein, die sonst allgemein gebräuchlichen Abmessungen des Bretterkreuzes dahin abzuändern, daß die Breite womöglich vermindert, dagegen die Höhe in der Richtung der Stange vergrößert wird. In diesem Falle ist es geboten, die untere Hälfte des Bretterkreuzes in schwarz, die obere Hälfte in weiß zu halten. Um eine eventuelle Täuschung in der Auffassung des Signals, z. B. durch den die Stange haltenden sog. «Steinmann», zu vermeiden, wäre es empfehlenswert, auch hier das Bretterkreuz unten in eine Spitze auslaufen zu lassen, wie diese Anordnung überhaupt bei allen Stangensignalen getroffen werden sollte.

4. Resultate und Folgerungen.

Die vorliegenden Phasenuntersuchungen, unterstützt durch die Resultate der reinen Zielfehlerbestimmungen, berechtigen zu folgenden Schlüssen und Anregungen.

Sämtliche dreidimensionalen Signalisierungen der geodätischen Beobachtungstechnik bewirken bei gewissen Beleuchtungen systematische Fehler beim Pointieren. Ein allgemeines Gesetz über die Größe und den Verlauf dieser Fehlereinflüsse läßt sich bei der außerordentlichen Mannigfaltigkeit der sie bewirkenden Ursachen nicht aufstellen. Da solche Beleuchtungsphasen aber im Stande sind, systematische Verfälschungen der Visuren zu erzeugen, die unter Umständen sogar ein mehrfaches des reinen Zielfehlers erreichen können, ist das Hauptaugenmerk darauf zu richten, derartige Fehlereinflüsse womöglich zu verhindern.

Eine gänzliche Vermeidung von Beleuchtungsphasen läßt sich nur erreichen durch die Anwendung ebener Signalisierungen. Da der Gebrauch von Heliotropen völlig abhängt von der Bestrahlung durch die Sonne und deshalb sehr zeitraubend und kostspielig ist, sind Nachtbeobachtungen nach künstlichen Lichtquellen einzuführen.

Die Pyramiden, die dreiseitigen mehr als die vierseitigen, sind nie gänzlich von Phasenwirkungen zu befreien; von diesem Standpunkt aus ist daher ihre Anwendung zu verwerfen. Etwas günstigere Verhältnisse, als sie die gegenwärtige Ausführung bietet, sind dadurch zu erreichen, daß die untern Partien der Seitenflächen entsprechend der Farbe des Hintergrundes in größerer oder kleinerer Ausdehnung schwarz bemalt werden.

Bei Stangensignalen ist in jedem Fall ein Teil der Stange schwarz zu halten; vorteilhaft betrifft dies eine Länge von $\frac{1}{2} m$ direkt unterhalb des Bretterkreuzes. Je nach der vorherrschenden Farbe des Hintergrundes soll eine größere oder geringere Fläche des unteren Teiles des Bretterkreuzes schwarz, der übrig bleibende obere Teil sowie der Rest der Stange weiß bemalt werden.

Es wäre vorteilhaft, die Bretterkreuze sämtlicher Stangensignale mit einer nach unten gehenden Spitze zu versehen; diese Spitze sollte in der Regel schwarz bemalt sein.

Literaturbericht.

1. Bücherbesprechungen.

Zur Rezension gelangen nur Bücher, welche der Redaktion der Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen zugesendet werden.

Bibliotheks-Nr. 561. Franz Johann Müller, Kgl. Obergemeter in Augsburg: »Johann Georg von Soldner, der Geodät«. Festschrift zur Feier der Enthüllung der am Georgenhofe zu Ehren Soldner's angebrachten Gedächtnistafel. Erweiterter Sonderabdruck aus dem XVII. Bande (1913) der Zeitschrift d. Vereins d. höheren bayr. Vermessungsbeamten. Verlag der kgl. Hofbuchdruckerei Kastner & Callwey, München 1914. 164 Seiten, 3 Bildnisse und 4 Figuren.

Die uns vorliegende Studie des Obergemeters Franz Johann Müller in Augsburg dient als willkommene Ergänzung der als Beiträge zur Forschung über Soldner und sein System der Landesvermessung erschienenen einschlägigen Schriften von Karl v. Orff (1873), Dr. Max von Bauernfeind (1885), Joseph Amann (1908) und Dr. Johannes Frischaut (1911). Die von der Kgl. Technischen Hochschule zu München zur Erlangung der Würde eines Doktors der Technischen Wissenschaften genehmigte Dissertation beginnt mit der Schilderung der Lebensumstände Soldner's unter Zugrundelegung von bisher nicht veröffentlichten handschriftlichen Materialien aus den Archiven von München und Göttingen. Nebst der Zusammenfassung der entscheidendsten Daten im Leben Soldner's, die bei der in einem Anhang gebrachten Wiedergabe der von Soldner selbst verfaßten Aufzeichnungen über seine Jugendjahre vollauf genügen, werden hier — durch die Veröffentlichung von zahlreichen Briefen unterstützt — die Verhältnisse zu jenen Männern klargestellt, mit denen Soldner in nähere Beziehung getreten ist, worunter zu nennen sind: Schiegg, Seyffer, v. Spaun, v. Utzschneider, Gauß, Bürg, Richter v. Binnenthal usw. Gelegentlich der daran geknüpften Bemerkungen wird auch ein besonders uns Österreicher interessierender Brief des verstorbenen Hofrates Broch an Herrn Professor Frischaut, datiert vom 29. November 1911, wiedergegeben. Von älteren Briefen verdienen namentlich die zwischen Gauß und Soldner gewechselten eine eingehendere Beachtung.