

Ca 2691

019

Bildmessung und Luftbildwesen

Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie e. V.

Beilage

zu

Heft 21/22 der Allgemeinen
Vermessungs-Nachrichten

vom 1. November 1942



Heft 3/4

XVII

November 1942

Verlag: Herbert Wichmann, Berlin-Grünewald

Bildmessung und Luftbildwesen

Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie e. V.

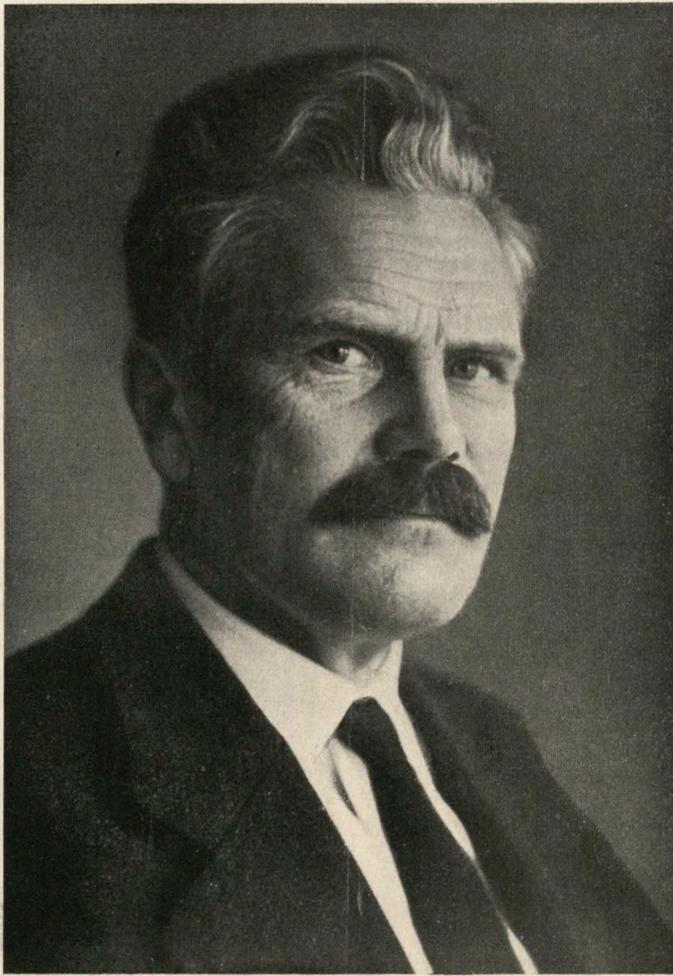
XVII - 1942 - 3/4

Inhalt:

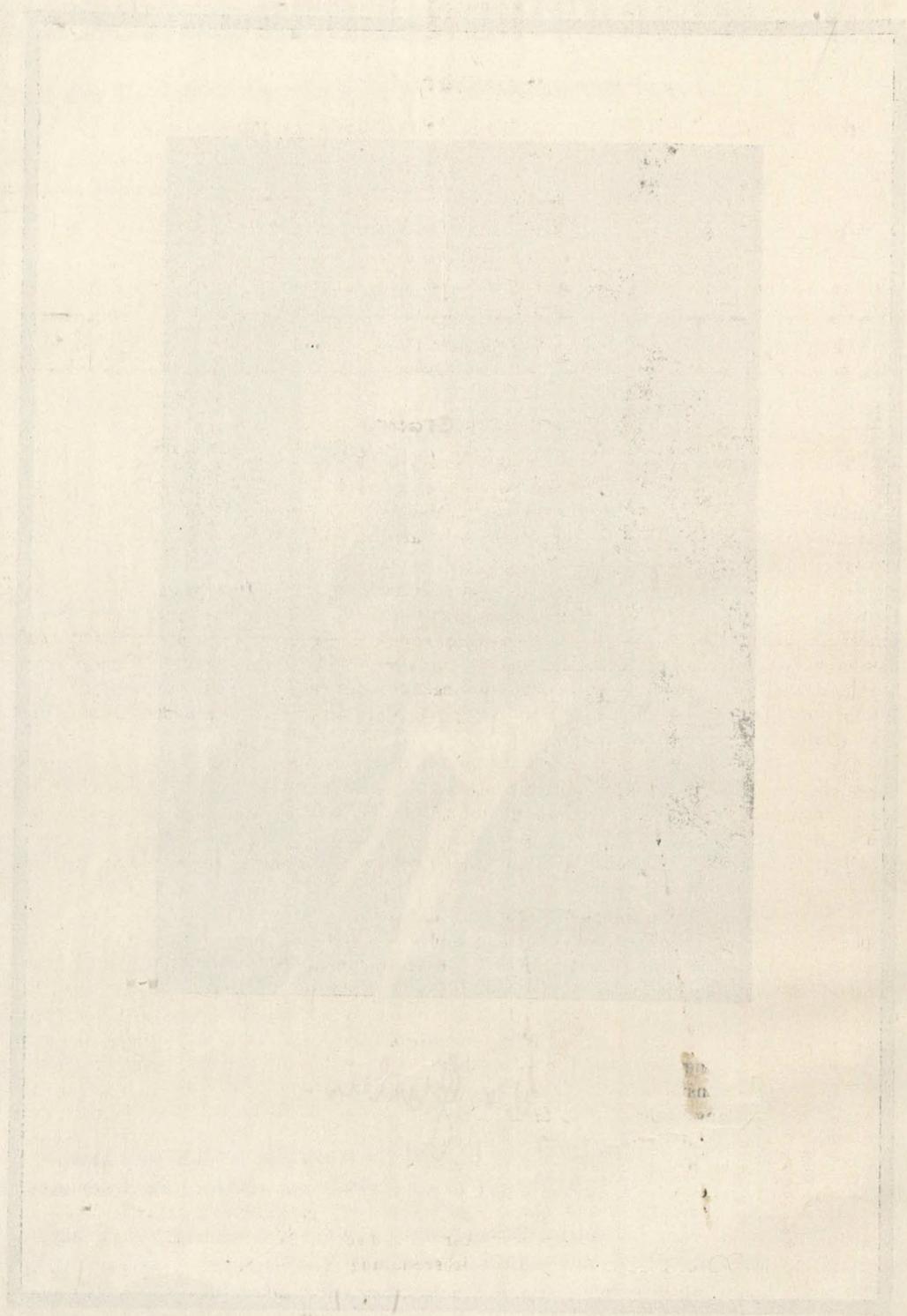
R. Burkhardt und K. Rube: Otto v. Gruber Δ	Seite 41
M. Kneißl: Sebastian Finsterwalder zum 80. Geburtstag	Seite 53
R. Burkhardt: Entzerrung nach Einstellwerten?	Seite 65
Dipl.-Ing. Gerlach: Maßstabsänderung innerhalb längerer Bildreihen bei der Bildtriangulation . . .	Seite 85
Rudolf Burkhardt: Äußere Ortung von Senkrechtaufnahmen aus Karten	Seite 93
Hochschulnachrichten	Seite 95
Mitteilungen der Gesellschaft	Seite 95
Bücherbesprechung	Seite 95

Bildmessung und Luftbildwesen erscheint zweimal im Jahre.
Bezug durch die Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie e. V.
Berlin SW 29, Flughafen
oder als Beilage der Allgemeinen Vermessungs-Nachrichten
Verlag: Herbert Wichmann, Berlin-Grunewald, Rufnummer 97 19 93
Preis dieses Doppelheftes 4,— RM.

Stk. 8, 1194/64



O. v. Gulben.





Bildmessung und Luftbildwesen

Zeitschrift

der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie e. V.

Schriftwalter: W. Geßner, Berlin SW 29, Flughafen

Verlag Herbert Wichmann, Berlin-Grunewald, Königsallee 21, Fernsprecher 97 1993

Nachdruck nur mit ausdrücklicher Genehmigung gestattet

Aufsätze und Fachberichte für das nächste Heft bitten wir bis zum 1. April 1943 an Dir. Geßner zu senden

17. Jahrgang

November 1942

Heft 3/4

Otto von Gruber

Professor Dr. phil. Otto von Gruber, wissenschaftlicher Mitarbeiter der Zeiss-Werke und von Zeiss-Aerotopograph in Jena, vormals ordentlicher Professor für Geodäsie an der Technischen Hochschule in Stuttgart, ist am 3. Mai 1942 einer heimtückischen Krankheit erlegen; ärztliche Kunst vermochte den plötzlich bösartigen Verlauf eines jahrelang beherrscht ertragenen Leidens nicht mehr aufzuhalten.

Sein Name ist in Fachkreisen des In- und Auslandes zum Begriff geworden und mit der Entwicklung des Vermessungswesens, insbesondere ihres jüngsten Zweiges, der Bildmessung, untrennbar verknüpft. An ihrem Aufschwung und an dem Vorsprung Deutschlands auf diesem Gebiete hat er maßgebenden Anteil; in aller Welt werden heute topographische, wirtschaftliche und militärische Karten vorwiegend nach den von ihm aufgezeigten Verfahren aus Luftbildern hergestellt. An der Schöpfung der hierzu dienenden Geräte und Instrumente ist er wesentlich beteiligt.

Sein Verlust berührt uns daher tief; um so mehr, als ihm vor kurzer Zeit mehrere führende Männer der Geodäsie und Bildmessung vorangegangen sind — Hegershoff, Wolf, Gast, Fritz und von Orel. Freunde und Schüler trauern wir um ihn, der uns immer Ausdruck körperlicher und geistiger Frische war.

Wer kann entscheiden, ob v. Gruber nachhaltiger als Praktiker, als Forscher oder als Lehrer gewirkt hat?

Sein Wirkungsbereich war jedenfalls sehr vielseitig. In der Ausübung der praktischen Topographie, bei Vorarbeiten für Städtebau und Eisenbahntrassierung war er bestrebt, aus dem unmittelbaren Schaffen heraus die Erfahrung und neue Gedanken zu schöpfen. Dem gleichen Ziel dienten praktische Arbeiten auf dem Gebiet der Hochgebirgsphotogrammetrie und der Gletschervermessung. Sie bedeuteten ihm eine gediegene Grundlage und erste Voraussetzung für seine bahnbrechenden wissenschaftlichen Arbeiten auf diesen Gebieten. Mit solchen gründlichen Erfahrungen ausgerüstet, war er auch in der Lage, nicht nur methodische und verfahrensmäßig wertvolle Verbesserungen zu schaffen, sondern auch die instrumentelle Entwicklung nachhaltig zu fördern. So widmete er sich erfolgreich der Verbesserung von Instrumenten und Verfahren der optischen Streckenmessung und schuf neue Verfahren der Bildmessung. An der Schaffung von Geräten und Instrumenten für die photogrammetrische Aufnahme und Auswertung hat er entscheidend mitgewirkt: Stereoplanigraph, Entzerrungsgerät, Multiplex sind nomen et omen in der Entwicklung der Photogrammetrie. Klassisch sind seine eigenen geographisch-kartographischen Arbeiten. Als Hochschullehrer widmete er sich ferner besonders der Ausgleichsrechnung und der Höheren Geodäsie.

Bei all seinen Arbeiten zeigte sich stets aufs neue seine zähe und gründliche Arbeitsweise, die vor keiner Schwierigkeit zurückschreckte, sein feines Gefühl für die Richtigkeit

selbst scheinbar unbedeutender Einzelheiten, aber auch die klare Erfassung verwickelter Vorgänge, die nur dem glückt, der beides besitzt: Scharfsinn und scharfe Sinne.

Otto Grubers Wiege stand in Salzburg. Er wurde am 9. August 1884 als zweites von sechs Kindern geboren. Sein Vater, der bekannte Münchener Hygieniker, war damals außerordentlicher Professor für Hygiene an der Universität Graz. Die Familie Gruber ist ein altes Wiener Geschlecht. Der Großvater war ein bekannter Ohrenarzt und Chemiker; die weiteren Vorfahren waren durch mehrere Generationen Forstmeister in und um Wien. Die mütterliche Familie von Aichinger zu Bluemegg war jahrhundertlang in Hall (Tirol) ansässig.

Mit drei Jahren kam er nach Wien, wohin sein Vater einem Ruf auf den Lehrstuhl für Bakteriologie und Hygiene gefolgt war. Hier besuchte er zunächst die Volksschule und später das Döblinger Gymnasium. Schon als Schüler interessierte er sich lebhaft für naturwissenschaftliche Fragen; diese Neigung hatte er vom Vater und Großvater geerbt. Sein Zimmer war nur mit Vorsicht zu betreten. An den Apparaten für drahtlose Telegraphie hingen kreuz und quer Drähte herum, geladene Leydener Flaschen und versteckte Funkeninduktoren setzten harmlose Besucher in Schrecken und Staunen.

Im Jahre 1902 erhielt sein Vater einen Ruf nach München. Otto Gruber legte seine Reifeprüfung im Juli 1903 am Gymnasium zu Kremsmünster, wo er das letzte Schuljahr absolvierte, mit bestem Erfolg ab. Im Winter 1903/04 arbeitete er praktisch in der Lokomotivfabrik von Krauß & Co. in München-Sendling und schrieb sich dann im Spätsommer 1904 als Student des Maschinenbaues an der Technischen Hochschule in München ein. Dieses war jedoch wohl nur ein erster Versuch, denn schon im nächsten Semester studierte er Mathematik, Geographie, Physik und Astronomie an der Universität Berlin. Vom Herbst 1905 bis Herbst 1906 genügte er seiner Dienstpflicht als Einjährig-Freiwilliger beim 11. bayrischen Feldartillerie-Regiment in Würzburg und belegte gleichzeitig an der dortigen Universität. Sein Studium setzte er an der Universität und Technischen Hochschule in München fort und legte im Herbst 1907 den ersten Teil, im Herbst 1909 den zweiten Teil der Lehramtsprüfung für Mathematik und Physik ab.

Obwohl er schon in frühester Jugend seine Mutter verlor, hatte Otto Gruber doch im Kreise der großen Familie eine schöne Jugendzeit verlebt. Die Sommerferien wurden meist in See am Mondsee (Oberösterreich) verbracht. Hier wechselten Berg-, See- und Radfahrten einander ab, und so gewann er schon als Junge eine Vorliebe für die Natur und besonders für die Berge. In München fand er als Student in der Sektion Bayerland des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins einen Kreis begeisterter Bergfreunde, und damit war auch der Anschluß an Professor Dr. Blümcke und Professor Dr. Hess gefunden, die den guten Bergsteiger und tüchtigen Studenten zu ihren Gletscher-Vermessungsarbeiten heranzogen. Auf Veranlassung seines von ihm hochverehrten Lehrers Geheimrat Seb. Finsterwalder übertrug ihm der D. u. Ö. Alpenverein die Vermessung des Hochjochfeners im Ötztal. Die Feldarbeiten führte er im Sommer 1907 und 1908 durch. Die Ausarbeitung, die ihn während der nächsten Jahre in seiner Freizeit beschäftigte, bildete das Thema zu seiner Doktorarbeit: „Der Hochjochfener im Jahre 1907“ [1], mit der er 1911 an der Universität München zum Dr. phil. promovierte. Im Anschluß an die Hochjochfeneraufnahme wurde er vom Alpenverein mit einer größeren Triangulation zur Verbindung der Gletschertriangulation im oberen Ötztal mit der neuen Tiroler Landvermessung beauftragt. Diese Arbeit erledigte Gruber in den Sommermonaten 1910/12. Während des Jahres 1910 war er Hilfsrechner an der Münchener Sternwarte und im Schuljahr 1910/11 Lehramtskandidat am Theresien-Gymnasium in München. Im März 1911 verheiratete er sich mit Elsie Lennox. Die harmonische Ehe mit der ihm weltanschaulich gleichgesinnten Gattin und ein glückliches Familienleben im Kreise seiner fünf Kinder gaben ihm den notwendigen Ausgleich in seinem arbeitsreichen Leben. Fast jede freie Stunde war der Familie gewidmet, und das ist wohl auch der Grund dafür gewesen, daß Gruber sonst wenig gesellschaftlichen Verkehr pflegte.

Vom Frühjahr 1911 an war er während zweier Jahre Assistent am Physikalischen Institut der Technischen Hochschule bis zum Tode des Institutsleiters Professor Ebert.

Bildmessung und Luftbildwesen

Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie e. V.

Beilage der Allgemeinen Vermessungs-Nachrichten

Inhaltsverzeichnis

1942

XVII. Jahrgang



Verlag: Herbert Wichmann, Berlin-Grünwald

Aufsätze

	Seite		Seite
Burkhardt: Äußere Ortung von Senkrechtaufnahmen aus Karten	93	Kneißl, Sebastian Finsterwalder zum 80. Geburtstag	53
— Beispiele für die tatsächliche Verteilung von Lagefehlern	28	Krames: Über die bei der Hauptaufgabe der Luftphotogrammetrie auftretenden „gefährlichen Flächen“	1
— Entzerrung nach Einstellwerten	65	Lacmann: Gedenktage, Grousilliers	39
— Verteilung von Lagefehlern	28	Manek: Hofrat Doležal 80 Jahre alt	36
Burkhardt u. Rube: Otto von Gruber †	41		
Förstner: Verteilung von Lagefehlern	18		
Gerlach: Maßstabsänderung innerhalb längerer Bildreihen bei der Bildtriangulation	85		

Sachverzeichnis

	Seite		Seite
Bauersfeld, Siemens-Ring	40	„Gefährliche Flächen“,	
Bücherbesprechungen:		Über die bei der Hauptaufgabe der	
v. Gruber: Optische Streckenmessung		Luftphotogrammetrie auftretenden —,	
und Polygonierung mit besonderer Be-		von K r a m e s	1
rücksichtigung von Zeiss-Instrumenten		von Gruber †	1
(Burkhardt)	96	von Gruber, Otto, †, von Burkhardt	
Hansa Luftbild G. m. b. H.: Luft-		und R u b e	41
bild, Landschaft und Siedlung		Hochschulnachrichten:	
(Weigand)	96	T. H. Berlin:	
— Luftbild und Gebirgskunde		H. O. Müller Dr.-Ing.	40
(Belzner)	95	Gotthardt Dr.-Ing. habil.	95
— Luftbild und Geomorphologie		Kitsch Dr.-Ing.	95
(Rube)	96	Nagel Dr.-Ing. habil.	95
Doležal 80 Jahre alt, Hofrat —,		Lagefehler, Beispiele für die tatsächliche	
von Manek	36	Verteilung von —, von Burkhardt	28
Doležal, Glückwunsch-Telegramm	40	— Verteilung von —, von Förstner	18
 verzerrung nach Einstellwerten,		Maßstabsänderung innerhalb längerer	
von Burkhardt	65	Bildreihen bei der Bildtriangulation,	
Finsterwalder, Sebastian, zum 80. Ge-		von Gerlach	85
birthstag, von Kneißl	53	Messter, Oskar, Goethe-Medaille	40
Grousilliers, Gedenktag —,		Ortung von Senkrechtaufnahmen aus	
von L a c m a n n	39	Karten, Äußere —, von Burkhardt	93
		Richter †, Dr. Albrecht, P. F.	40
		Vereinsnachrichten: Kassenbericht	40
		— Mitgliederbewegung	95

Der nächste Alpenvereinsauftrag betraf die Vermessung des Vernagtferners, jenes Gletschers, dessen photogrammetrische Vermessung sein Lehrer Seb. Finsterwalder in den Jahren 1888—1889 als richtungweisendes Beispiel der photogrammetrischen Aufnahme im Hochgebirge durchgeführt hatte. Im Jahre 1912 erledigte er die trigonometrischen, tachymetrischen und stereophotogrammetrischen Feldarbeiten. Die Karte „Der Vernagtferner im Jahre 1912“ stellte er bis zum Frühjahr 1914 fertig, die beabsichtigte Veröffentlichung wurde jedoch durch den Kriegsausbruch verhindert. In diesen Jahren arbeitete er noch an einer ganzen Anzahl terrestrisch-photogrammetrischer Vermessungen für verschiedene technische Projekte und trat im Herbst 1913 in die Firma Stereographik G. m. b. H. in Wien ein, das erste photogrammetrische Unternehmen, das E. von Orel in Verbindung mit der Firma Carl Zeiss gegründet hatte. Die junge Firma führte mit bestem Erfolg stereophotogrammetrische Aufnahmen und Ausmessungen mit dem v. Orel-Zeiss'schen Stereoautographen durch.

Die praktischen Arbeiten regten Gruber an, sich mit der instrumentellen Weiterentwicklung zu beschäftigen. Seine ersten Arbeiten auf diesem Gebiet betrafen die automatische Höhennachstellung der rechten Platte des Stereokomparators und die Verwendung des Stereoautographen für Stereogramme mit beliebig gekippten Achsen. Der letztere Vorschlag entstand auf Grund von Überlegungen, die Gruber 1913 bei der Auswertung von Wellenaufnahmen machte. Er konnte dadurch mit einem für terrestrische Aufnahmen bestimmten Stereoautographen Bildpaare mit geneigter Aufnahmeachse auswerten. Hierbei wurden die Höhenschichtlinien automatisch erhalten, wobei das Zeichenblatt beim Wechsel von einer Höhe zur nächsten verschoben wurde, während die Lageausmessung punktweise geschah. Im Rahmen der Stereographik arbeitete er zunächst bei Vorarbeiten für die Bergbahn Waidbruck—Kastelruth mit. Das Frühjahr 1914 führte ihn nach Mazedonien, wo er die Triangulation und Aufnahme eines Teiles des Bahnprojektes Gostivar—Monastir durchführte.

Noch steckte er mitten in dieser Arbeit, da überraschte ihn das Ultimatum Österreichs an Serbien. Als der Krieg unvermeidbar schien, kehrte er zurück und rückte als Leutnant d. Res. und Führer einer Munitionskolonie des Kgl. bayer. Feldartillerieregiments 7 ins Feld. Schon bald sollte er Gelegenheit finden, Mut und entschlossenes Handeln zu zeigen. Als bei einem Vorstoß der Franzosen bei Kaffeevillers am 28. August 1914 eine Batterie ihre Geschütze zurücklassen mußte, sprengte Gruber mit der Bespannung seiner Munitionskolonie vor und brachte die Geschütze aus starkem feindlichem Feuer in Sicherheit. Für seine entschlossene Tat wurde er mit dem Ritterkreuz des bayrischen Max-Joseph-Ordens, verbunden mit persönlichem Adel, ausgezeichnet. Er war damit einer der ersten Offiziere des Beurlaubtenstandes, der diese hohe Auszeichnung erhielt. Im weiteren Kriegsverlauf wird er als Führer von Photogrammeter- und Schallmeßtruppen an der West- und Balkanfront eingesetzt. Wenn er auch einmal eine schwere Enttäuschung erlebte, da seine auf photogrammetrischem Wege hergestellte Karte von höheren Kommandostellen wegen geringer Übereinstimmung mit einer gleichzeitig nach dem alten Verfahren aufgenommenen Karte ohne Nachprüfung im Gelände als „Schaumschlägerei“ bezeichnet wurde, so war er doch im ganzen gesehen in der glücklichen Lage, seinen Fähigkeiten entsprechend eingesetzt zu werden. Dabei war es ihm möglich, manchen theoretischen und praktischen Beitrag zur Weiterentwicklung der Bildmessung zu liefern. In diesen Arbeiten kommt ein mehr und mehr sich steigerndes Interesse an instrumentellen Fragen zum Ausdruck.

Als Oberleutnant d. Res. mit dem EK. I und II sowie anderen Orden ausgezeichnet, kommt er nach Kriegsende aus Frankreich zurück und geht wieder nach München. Der unglückliche Ausgang des Krieges hat ihn seelisch schwer erschüttert. Die Zukunft sah für ihn als armen Assistenten mit Frau und drei kleinen Kindern keineswegs rosig aus. Die Lebensmittelnot, die Revolution in München mit all ihren Schrecken machten ihm schwere Sorgen. Bald jedoch stürzte er sich wieder in die Arbeit. Er übernimmt zunächst Lotabweichungsrechnungen für die Internationale Erdmessungskommission und bearbeitet dann das von Dr. Deimler bei der Pamir-Expedition des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins

1913 gewonnene Material. Hieraus entstand seine Habilitationsschrift „Die topographischen Ergebnisse der Pamir-Expedition des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins 1913“ [11], die er der Technischen Hochschule München im November 1919 einreichte. Schon in dieser Schrift zeigt sich das, was er später noch zweimal bewies: Er verstand es meisterhaft, aus Expeditionsmaterial das Letzte herauszuholen, obgleich er in allen drei Fällen nicht Expeditionsteilnehmer war. Dabei faßte er die Bearbeitung nicht als rein meßtechnische Aufgabe des Geodäten auf, sondern er schöpfte das Material auch in geographischer Hinsicht voll aus. Hierbei kamen ihm seine geographischen Studien sowie seine frühzeitige enge Berührung mit der alpinen Welt sehr zustatten.

Nach vorübergehender Tätigkeit als Reallehrer für Mathematik und Physik am Neuen Realgymnasium und an der Städt. Höheren Knabenhandelsschule in München, hält er als Privatdozent an der Technischen Hochschule Vorlesungen über Photogrammetrie, Ortsbestimmung für Forschungsreisende, ebene und sphärische Trigonometrie sowie Ausgleichsrechnung. Während dieser Zeit führt er zahlreiche Vermessungen für technische Projekte durch: Wasserkraftanlagen, Braunkohlengruben, Straßenbauten usw. Die Erfahrungen, die er bei diesen Arbeiten sammelt, finden ihren Niederschlag in mehreren Veröffentlichungen, die sich mit der Anwendung der Photogrammetrie für Projektierungsarbeiten beschäftigen. Da die in Aussicht gestellte Erweiterung seines Lehrauftrages ausblieb, suchte sich O. v. Gruber ein Tätigkeitsfeld, das seinen Fähigkeiten und Neigungen mehr entsprach.

Schon im Weltkrieg war er mit der Firma Carl Zeiss in Jena mehrfach in Verbindung getreten. So war z. B. die bei allen Kriegsvermessungsabteilungen eingeführte Schützengrabenkammer auf seine Veranlassung und nach seinen Angaben bei Carl Zeiss gebaut worden. Neue Vorschläge, hauptsächlich Verbesserungen für den Stereoautograph betreffend, führten dazu, daß er vom 4. September 1919 an auswärtiger wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der Firma Carl Zeiss wurde und bei der von ihr mitgegründeten Stereographik G. m. b. H. vom 1. August 1920 bis 31. März 1921 in gleicher Eigenschaft tätig war. Vorübergehend (1. April 1921 bis 3. Juli 1922) wissenschaftlicher Leiter des Konsortiums Luftbild-Stereographik in München, war er ab 15. Sept. 1922 wieder unmittelbar wissenschaftlicher Mitarbeiter bei Carl Zeiss in Jena. An dieser Stätte erstklassiger deutscher Instrumententechnik begannen sich seine Erkenntnisse und Fähigkeiten in fruchtbringender Weise auszuwirken.

Es bleibt müßig, zu beurteilen, ob v. Gruber diesen Schritt unbewußt oder aus der Überlegung heraus getan hat, daß das Luftbild eigentliches Feld und Ziel der Photogrammetrie bedeutet, daß aber dahin der Weg erst einmal über das geeignete Gerät führt; fest steht, daß nun in ununterbrochener Reihe vollendet entwickelte Geräte für die Luftbildmessung herauskamen. Die terrestrische Bildmessung war im wesentlichen methodisch entwickelt und ausgebaut. Es zeigte sich, daß die Verhältnisse und Erfahrungen nicht ohne weiteres auf die Luftbildmessung übertragbar waren. Der Weg dahin war dornenvoll und mit Schwierigkeiten übersät. Wie sollten aus dem flüchtig schwebenden Flugzeug Standort und Aufnahmerichtung festgestellt werden? Was für die Erdbildmessung trivial war, wurde für die Luftbildmessung zum Problem. Doch die Schwierigkeiten reizten und riefen Erfinder auf den Plan, die das Problem nicht mehr losließ. Sie erkannten bald, daß von seiten der Aufnahme und mit dem Normalfall in der Luftbildmessung kein Fortschritt erzielbar war; alle geodätischen Mittel — Libelle, Pendel, Quecksilberhorizont — versagen in der Luft: Die Aufnahmen sind gegen das Lot und gegeneinander windschief geneigt. Das Ziel war nun: Lösung für den allgemeinen Fall der Ausmessung zweier Luftaufnahmen. Scheimpflug, der verdienstvolle erste Pionier der Luftbildmessung, hatte die Idee, den Aufnahmevorgang optisch umzukehren. S. Finsterwalder war bereits 1903 zu einer mathematisch-rechnerischen Lösung gelangt. Der Preßburger Gymnasialprofessor Fuchs hatte 1909 den Weg — Aufbau eines Modells aus identen Strahlen — schon näher umrissen¹. Er führte nicht unmittelbar vom Aufnahmevor-

¹ Karl Fuchs, Int. Arch. f. Ph. I, 1909, S. 209: „Im Urfalle haben also die identen Punktepaare keine y -Parallele; das ist also das Kriterium des Urfalles.“

gang aus zum Ziel, sondern mittelbar vom Ergebnis aus, indem Abweichungen bei bekannten Geländepunkten zur Ermittlung der richtigen Orientierung dienen.

Den allgemeinen Fall, die Herstellung eines Geländemodells aus Luftbildern, praktisch zu erreichen, mangelte es aber noch am geeigneten Gerät. Um es zu finden, mußte erst einmal die terrestrische Denkweise überwunden werden, die z. B. noch der Konstruktion des Universalmodells des Stereoaographen oder des Autokartographen anhaftete.

Denn nicht mechanische Auflösung von Gleichungen, sondern vollkommene Rekonstruktion eines Raummodells lautet die ideale Lösung beim Luftbild. Bauersfeld, Gasser, Hugershoff und Pulfrich gelang diese Erfindung.

O. v. Grubers Verdienste um diese Lösung waren nicht geringer, wenngleich er weniger erfinderisch daran beteiligt war. Von Haus aus mehr Methodiker als Erfinder, geht auf ihn vorwiegend der verfahrensmäßige Ausbau, die Abstimmung auf den Gebrauchszweck, zurück. Im Zeiss-Werk gelang es in enger Zusammenarbeit und gemeinsamen Anstrengungen Bauersfeld, dem konstruktiv aufbauenden, und v. Gruber, dem anregenden, kritischen und ausbauenden Partner, den Stereoplanigraphen zu schaffen, ein Gerät, das sich in der Folge als das beste Ausmeßgerät im In- und Ausland erwies.

O. v. Gruber wuchs so mehr und mehr in den Arbeitskreis Pulfrichs ein, dessen bedeutendes Wirken für die Stereoskopie und das stereoskopische Messen in der Hauptsache von 1896 bis 1920 reichte, während er sich später mehr der Photometrie widmete. Ebenso wie Pulfrich richtete er sein Mühen ganz besonders auf die Entwicklung von Geräten für die automatische Auswertung von Luftaufnahmen. Neben der Schaffung eines räumlichen Ausmeßgerätes trachtete er auch nach einem geeigneten Gerät zur bildmäßigen Auswertung des Luftbildes. Seine unermüdete Arbeit wurde bald von Erfolg gekrönt. O. v. Gruber erfand das selbstfokussierende (also automatische) Entzerrungsgerät. Ein Beispiel für seine gründliche Arbeitsweise, die vor keiner Schwierigkeit theoretischer oder praktischer Art zurückscheute, ist die Untersuchung aller überhaupt denkbaren Inversoren, die die selbsttätige Scharfabbildung aller Bildteile bewirken [15]. Bis in die letzte Konsequenz ist jede Lösungsmöglichkeit entwickelt und untersucht, um dann aus dieser Auswahl die günstigste herauszugreifen. Durch diese Arbeitsweise war er für seine Aufgaben bei Zeiss geradezu prädestiniert. Er war nicht nur an den Neuschöpfungen unmittelbar beteiligt, sondern entwickelte die geeigneten Erprobungs-, Justier- und Arbeitsverfahren, führte Versuchsauswertungen durch, verbesserte unablässig Gerät und Verfahren und legte schließlich die kostbaren Erfahrungen in wertvollen und grundlegenden wissenschaftlichen Abhandlungen und Berichten nieder. Wie stets in einem aufstrebenden Zweige der Technik, war auch in der Photogrammetrie ein heftiger Konkurrenzkampf im Gange. Mit scharfer Feder trat er für die Neuschöpfung seines Werkes ein, oft ergoß sich im hitzigen Duell seine Kritik — „pepperauce“ pflegte er sie zu nennen — ätzend über den Gegner. (B. u. L. 1933, S. 34.) In jener Zeit entstanden u. a. die Veröffentlichungen: „Leitideen bei Konstruktion der für Raumbildmessung dienenden Auswertinstrumente“ [4], „Der v.-Orel-Zeiss'sche Stereoaograph mit Zusatzeinrichtung zur Ausarbeitung von Luftaufnahmen“ [7], „Der Stereoplanigraph der Firma Carl Zeiss“ [5], [8], „Entzerrung von Luftaufnahmen und die optisch-graphische Lösung des Rückwärtseinschneidens im Raume“ [2], „Bestimmung der inneren Orientierung von Meßkammern“ [9], „Über den räumlichen Rückwärtseinschnitt“ [13]. Eine gewisse Krönung erfuhren diese Abhandlungen durch die grundlegende und zusammenfassende Arbeit „Einfache und Doppelpunkteinschaltung im Raume“ [12], 1924. Das große Verdienst, das er mit dieser Arbeit sich erwarb, wird nicht dadurch geschmälert, daß das gleiche Verfahren etwa zur selben Zeit und unabhängig von einem anderen erfunden war². Es fällt jedem der beiden in vollem Maße zu. Denn nun erst konnte die Luftbildmessung praktisch und wirtschaftlich eingesetzt werden. Was bis dahin, auch an den nun vorliegenden vortrefflichen Geräten,

² Gasser hatte unter der Nr. 520 782 vom 17. Mai 1923 das Verfahren der „gegenseitigen Orientierung“ mit anschließender „äußerer Orientierung“ patentiert erhalten.

mühselige und gedulderheischende Laboratoriumsarbeit und im wesentlichen ein kniffliches Herumprobieren weniger Spezialisten war, konnte nun von jedem im zwangsläufigen Arbeitsgang rasch erreicht werden. Schlagartig war die Luftbildmessung auf eine neue große Grundlage gestellt: Sie war nun in der Lage, die terrestrische Photogrammetrie zu überflügeln.

Bestehend ist die klare und präzise Art, mit der v. Gruber in dieser Arbeit das Einpaßverfahren für Stereomodelle angibt; es werden nicht allein saubere und gründliche Ableitungen und Beweisführungen gebracht, sondern bereits Genauigkeits- und Zeitbedarfsangaben gemacht, die sich in der Folge stets erneut bestätigten. (Die Genauigkeit wird z. B. bei normalem Basisverhältnis mit dem Grenzfehler 1‰ der relativen Flughöhe, die Einpaßzeit mit etwa 1 Stunde angegeben.)

Er selbst hat dann zahlreiche Probearbeiten mit dem Stereoplanigraphen ausgeführt (Karte Benediktenwand-Ost, Grube Golpa, Teilplan Rio de Janeiro, Kletterkarte des zentralen Kaisergebirges). Auch war er an der Ausgestaltung der terrestrischen Aufnahmegeräte (Feldausrüstung C/3 b) und der Reihenmeßkammer für Luftbildzwecke beteiligt.

Nur bei seiner fast übermenschlichen Arbeitskraft und Hingabe an die Sache ist es verständlich, daß er auch den anderen Abteilungen des Zeiss-Werkes seine Unterstützung lieh. Bei der Abteilung Geo arbeitete er mit an der Umkonstruktion des Repetitionstheodolits, an der Ausgestaltung des Nivelliertachymeters und schuf eine Markscheideeinrichtung für den Theodolit I sowie ein Instrument für optische Schachtlotung mit gleichzeitiger Richtungsübertragung nach neuem Prinzip. In einer anderen Abteilung war ihm die Leitung der Ausführung neuer Kreis- und Längenteilmaschinen übertragen.

Durch die vielen Veröffentlichungen auf dem Gebiete der Photogrammetrie und Geodäsie sowie seine erfolgreiche Mitwirkung bei der Schaffung neuer Geräte und Entwicklung neuer Arbeitsmethoden war er in der Fachwelt bekannt geworden als ein Mann, der sowohl Theorie wie auch Praxis gleichermaßen beherrschte. Die Techn. Hochschule Stuttgart berief ihn deshalb im Jahre 1926 auf den Lehrstuhl für Geodäsie als Nachfolger E. v. Hammers. Diese Berufung bedeutete für ihn eine große Verpflichtung, da der Stuttgarter Lehrstuhl unter v. Hammer einer der bedeutendsten geworden war. O. v. Gruber packte seine neue Aufgabe mit großem Eifer und der ihm eigenen Gewissenhaftigkeit an. In kürzester Zeit arbeitete er sich auch in die von ihm bis dahin nur gestreiften Gebiete der Höheren Geodäsie ein, da ihm, der ja von Haus aus nicht Geodät war, neben der Einführung der Bauingenieure und Architekten die gesamte Ausbildung der Vermessungsingenieure oblag. Die zahlreichen Vorlesungen und Übungen bedeuteten in jener Zeit des starken Hochschulandranges für den gewissenhaften Professor eine hohe Belastung. In dieser Zeit war er gleichzeitig noch wissenschaftlicher Mitarbeiter der Zeiss-Werke geblieben, und so kam es oft vor, daß er direkt vom Zuge, der ihn aus Jena von Besprechungen zurückbrachte, in die Vorlesung eilte. Es muß ihm als besonderes Verdienst angerechnet werden, daß er bei diesem Übermaß an Arbeit sich nicht damit begnügte, nur das Erbe von Hammers zu erhalten. Er hat das Stuttgarter Institut auch zu einer ersten Lehrstätte der Photogrammetrie gemacht. Hier wurde nicht nur theoretisch Photogrammetrie betrieben, sondern ein reichhaltiges modernes Instrumentarium gab auch die Möglichkeit zu praktischer photogrammetrischer Arbeit. Dabei bestanden diese Arbeiten nicht allein in Hochschul-Übungsbeispielen. O. v. Gruber übernahm vielmehr Meßarbeiten aus der Praxis, bei deren Durchführung er seine Assistenten und Studenten zu praktischer Mitarbeit heranzog. Er selbst war besonders an der Weiterentwicklung der Aero- und Bildtriangulation interessiert. Auf Veranlassung des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins war schon im Jahre 1924 ein wissenschaftlicher Versuchsflug in die Alpen gemacht worden. Aus einigen dabei aufgenommenen Bildern (Normalkammer $f = 18$ cm, Flughöhe 4950 m ü. N. N.) entstand die „Kletterkarte des zentralen Kaisergebirges“ 1 : 10 000, die 1926 veröffentlicht wurde. Die Grundlage für diese Auswertung bildete eine Aero-triangulation, die v. Gruber am Stereoplanigraphen durchgeführt hat. Die Orientierung dieses fünf Bilder umfassenden Streifens geschah im ersten Stereogramm nach einer vor-

handenen Karte. Ein Kontrollpunkt im letzten Stereogramm zeigte einen Lagefehler von noch nicht 10 m und einen Höhenfehler von nur 2,4 m. Das war ein erster gelungener Versuch, einen paßpunktlosen Raum nach Lage und Höhe zu überbrücken, wobei die erreichte Genauigkeit überraschend gut war und ihn zu weiteren größeren Untersuchungen ermutigte. Auf seine Anregung hin ließ der Beirat für das Vermessungswesen ein größeres Gebiet an der Nordseite des Harzes aufnehmen. In diesem Gelände wurde eine große Zahl von Vergleichspunkten bestimmt, so daß das Bildmaterial für die verschiedensten Versuche geeignet war. Eine erste Bearbeitung des Materials erfolgte 1928 durch v. Gruber selbst im Umfang von 11 qkm unter Verwendung von 28 Bildern, worüber er ausführlich bei der 5. Tagung des Beirats für das Vermessungswesen in Stuttgart im Herbst 1928 berichtet hat³. Diese Untersuchungen wurden durch seinen Assistenten, Dipl.-Ing. W. Kuny, fortgeführt. Neben der räumlichen Aerotriangulation bemühte er sich auch um die Weiterbildung der von Seb. Finsterwalder angegebenen Nadirpunkttriangulierung, vor allem auch um die Schaffung eines zweckentsprechenden Gerätes für die genaue Entnahme der Richtungssätze aus den Bildern. So entstand 1928 der nach seinen Angaben von Carl Zeiss gebaute Radialtriangulator. Mit dem obengenannten Material und dem neuen Gerät führte sein Schüler G. Schweizer eine größere Untersuchung durch, die das Thema zu seiner Doktorarbeit: „Untersuchung und praktische Durchführung einer Radialtriangulation im Hügelland“ (Stuttgart 1930) bildete. Damit war das einfachere von beiden Verfahren, die Radialtriangulation, erschöpfend untersucht und die Voraussetzung für die praktische Anwendung geschaffen. In der Folgezeit wurden dann auch umfangreiche Punktbestimmungen in festpunktarmen Gebieten verschiedener Länder nach dieser Methode durchgeführt.

Grubers geodätische Arbeiten dieser Zeit betrafen besonders die optische Streckenmessung. Hier war durch die Schaffung des Reduktionstachymeters Zeiss-Boßhardt die instrumentelle Voraussetzung für den Einsatz des optischen Streckenmeßverfahrens auch bei genauen Aufnahmen gegeben. O. v. Gruber setzte sich nachhaltig für seine Verbreitung ein und veranstaltete schon im Frühjahr 1929 einen Einführungskurs über optische Streckenmessung für Vermessungsfachleute. Dieses war der Anfang zu einer ganzen Reihe von Kursen für optische Distanzmessung, die später in Jena regelmäßig unter seiner Leitung abgehalten wurden. Daß diese Kurse einem dringenden Bedürfnis der Praxis entsprachen, haben die von Jahr zu Jahr wachsenden Teilnehmerzahlen aus allen Zweigen des Fachgebietes bewiesen. Bis zuletzt hat v. Gruber an ihrer weiteren Ausgestaltung gearbeitet. Eine seiner letzten literarischen Arbeiten war die Zusammenstellung der dabei von ihm und seinen Mitarbeitern gehaltenen Vorträge: „Optische Streckenmessung und Polygonierung“ [61]. Daß er sich auch mit rein theoretischen Fragen der Geodäsie beschäftigte, zeigt sein Beitrag zur Festschrift anlässlich der Jahrhundertfeier der Technischen Hochschule Stuttgart: „Das Entwicklungsverfahren zur Ausgleichung geodätischer Netze nach der Methode der kleinsten Quadratsummen“ [26].

Bis zu seinem Tode (1927) hatte Professor Pulfrich die von ihm 1909 begonnenen Ferienkurse in Photogrammetrie geleitet. Als sein Nachfolger mußte O. v. Gruber ab 1929 auch die Leitung dieser Kurse übernehmen. Auch durch die in diesen Jahren sich immer mehr erweiternde Anwendung der photogrammetrischen Meßmethoden waren die Aufgaben v. Grubers im Zeiss-Werk so angeschwollen, daß sie nicht mehr von Stuttgart aus bewältigt werden konnten. Er entschloß sich daher, seine Lehrtätigkeit aufzugeben, und kehrte 1930 wieder nach Jena zurück, um sich ganz der wissenschaftlichen Leitung der Abteilungen für Bildmessung und Geodäsie zu widmen. In mehr als einem Jahrzehnt rastloser Arbeit haben diese beiden Abteilungen unter seiner Führung ein geodätisches und photogrammetrisches Instrumentarium geschaffen, das die Weltgeltung deutscher Geräte und Methoden begründet hat.

³ Bericht über die 5. Tagung des Beirats für das Vermessungswesen. Sonderheft der Z. f. V., Stuttgart 1929, S. 253 ff.

Als erste größere Veröffentlichung nach seiner Rückkehr ins Zeiss-Werk erscheint 1930 sein „Ferienkurs in Photogrammetrie“ [30], der eine Sammlung von Ausarbeitungen der bei den Ferienkursen gehaltenen Vorträge darstellt. Er selbst behandelt die Grundlagen der photogrammetrischen Instrumente und Verfahren: Geometrische Grundlagen der Photogrammetrie, terrestrische Aufnahme, stereoskopisches Sehen und Messen, automatische Auswertegeräte, Arbeitsmethoden und Arbeitseffekt. Mehrere befreundete Wissenschaftler gaben Beiträge über verschiedene photogrammetrische Spezialfragen. Wenn auch die Entwicklung in den nachfolgenden Jahren weiter fortgeschritten ist, so haben doch die grundlegenden Darstellungen O. v. Grubers auch heute noch ihren vollen Wert. Das Buch hat mit seinen Übersetzungen in vier Fremdsprachen einen großen Leserkreis gefunden und nicht zuletzt die deutsche Photogrammetrie in fernste Länder getragen. Dasselbe Ziel verfolgten ja auch die in Jena nun regelmäßig abgehaltenen Kurse, die stets von Teilnehmern aus allen Ländern der Erde besucht wurden. Hierbei suchte v. Gruber nicht nur durch Vorträge, sondern auch durch Diskussion und Unterhaltung mit den Teilnehmern jedem mit seinem Rat zu helfen und ihm das nötige Rüstzeug für seine praktischen Arbeiten zu geben. Nach der Gründung der Firma Zeiss-Aerotopograph leitete er die Kurse, die einen immer größeren Umfang annahmen, von 1932 an gemeinsam mit Professor R. Hugershoff.

Aus seinen zahlreichen wissenschaftlichen Arbeiten ragt sein stetes Bemühen um den Fortschritt der Aerotriangulation hervor, ein Problem, das ihn seit dem ersten erfolgreichen Versuch (Kletterkarte Kaisergebirge) nicht mehr losließ. Die systematische Erforschung der Überbrückungsmöglichkeit paßpunktloser Gebiete mit Hilfe von Luftaufnahmen muß bei einer Gesamtwürdigung seiner Lebensarbeit mit an erster Stelle genannt werden. Seine Veröffentlichung „Beitrag zur Theorie und Praxis von Aeropolygonierung und Aeronivellement“ [44] stellt die Zusammenfassung der sich über viele Jahre hinziehenden Entwicklungs- und Versuchsarbeit dar. In Anwendung der von Geheimrat Seb. Finsterwalder entwickelten Fehlergesetze gleichförmiger gestreckter Dreiecksketten auf die besonderen Verhältnisse der Reihenbildaufnahme leitet er die Systematik der Fehlerfortpflanzung ab. Er gibt gleichzeitig Mittel und Wege an, die Fehlerkonstanten zu bestimmen.

Dem Praktiker gibt er mit seinem Aufsatz „Kniffe und Pfiffe bei der Bildorientierung in Stereoauswertegeräten“ [55] aus seinem großen Erfahrungsschatz eine Reihe nützlicher Hinweise, mit dem Ziel, die Arbeit zu vereinfachen und die Leistung zu steigern. Außerdem hat sich v. Gruber in vielen anderen Veröffentlichungen mit allen aktuellen Fragen methodischer, instrumenteller und organisatorischer Art auseinandergesetzt. Auch für den Einsatz der Luftbildmessung für verschiedenste Fachgebiete (Kataster, Gebirgsforschung, Braunkohlentagebau, Lagerstättenforschung, Geographie u. a. m.) hat er durch zahlreiche Aufsätze geworben. Aus den vielen praktischen Arbeiten ragen besonders zwei hervor, die sich mit der Erforschung bisher unbekannter Landes befassen. Die erstere betrifft die Bearbeitung des bei der Arktisfahrt des „Graf Zeppelin“ 1931 gewonnenen photogrammetrischen Beobachtungsmaterials [31], [33], [37]. Hierbei gelang ihm unter Benutzung der dürftigen Navigationsaufzeichnungen und einiger aus den Bildern indirekt zu entnehmender Daten (Wasserflächen, Sonnenreflexe, Luftschiffschatten) eine maßstäbliche Kartierung mit Schichtlinien, obgleich keinerlei terrestrische Messung vorlag. Seine letzte große Arbeit war die Kartierung des Wohlthat-Massivs, ein Teil des von der deutschen antarktischen Expedition 1939 aufgenommenen Gebietes in den Maßstäben 1 : 250 000 und 1 : 50 000 (Teilausschnitt). Hier waren noch größere Schwierigkeiten bei der Triangulation der Schrägaufnahmen zu überwinden, aber diese Aufgabe reizte ihn besonders, sagt er doch selbst: „Die praktische Lösung der gestellten Aufgabe gestaltete sich zu einem an Spannungs- und Überraschungsmomenten reichen Forschungserlebnis“ ([62], S. 167). Er hat bei dieser Arbeit sein ganzes theoretisches und praktisches Können aufgeboten; Schritt für Schritt hat er mit großem Geschick die zunächst vorhandenen Widersprüche entwirrt und eine meisterhafte aero-geodätisch-geologische Leistung vollbracht, die in ihrer Bedeutung wohl einzig dasteht. Die Veröffentlichung dieser Arbeit hat er nun nicht mehr erlebt.

Seine große praktische Erfahrung und seine grundlegenden theoretischen Arbeiten befähigten ihn, bei der Weiterentwicklung der Aufnahme- und Auswertegeräte stets die Gesichtspunkte besonders hervorzuheben, die für die Aufgabenstellung und die praktische Verwendung ausschlaggebend waren. Mit erstaunlicher Sicherheit und Schnelligkeit erkannte er Mängel und Vorteile jeder Neukonstruktion. Mit der eingehenden Ausarbeitung von Konstruktionsvorschlägen hat er sich selbst kaum beschäftigt, vielmehr sah er seine Aufgabe darin, den Konstrukteur durch verschiedenste Lösungsvorschläge zu unterstützen und im weiteren Ausbau zu beraten. In diesem Sinne hat er z. B. auch die Weiterentwicklung des Stereoplanigraphen beeinflusst. Im Jahre 1930 kam das Stereoplanigraphenmodell C/4 heraus, bei dem die Anordnung des Grundsystems dem Normalfall der Luftaufnahmen angepaßt war und die Stereoumschaltung in Verbindung mit der Möglichkeit der Basiseinstellung nach innen und außen eine einfachere Durchführung von Aerotriangulationen zuließ. Dieser Umgestaltung waren die Gruberschen Untersuchungen und Erfahrungen zugrunde gelegt worden. Damit war ein Gerät geschaffen, das, ohne daß wesentliche Änderungen notwendig waren, heute als das beste und genaueste Stereoausmeßgerät der Welt gilt. Dieses Gerät hat in den letzten Jahren eine so große Verbreitung gefunden, daß von Gruber es noch erleben konnte, wie mit dem Bau des 100. Stereoplanigraphen begonnen wurde. Parallel mit dieser Entwicklung erfolgte die Schaffung eines einfacheren Doppelbildauswertegerätes mit direkter optischer Projektion: des Aeropjektor Multiplex für Normal- und Weitwinkelaufnahmen. Neben der praktischen Anwendung eignet er sich besonders zu Lehr- und Unterrichtszwecken. Hierzu hat O. v. Gruber in dieser Zeitschrift 1936 eine treffende Erläuterung gegeben [47]. Von Gruber stammt ferner die Anregung zum Bau eines Multiplex für Schrägaufnahmen.

Für die militärische Anwendung erfand er ein einfaches Radialeinschneidegerät zur Punktbestimmung aus Nadiraufnahmen [49].

In die Zeit, in der v. Gruber die Leitung der Bildmeßabteilung innehatte, fällt auch die Entwicklung der Luftbildaufnahmegерäte zu ihrer heutigen Form. Während zu Beginn seiner Tätigkeit auch Reihenaufnahmen größtenteils mit einer von Hand bedienten Kammer erfolgen mußten, wird die Luftaufnahme heute von automatischen Reihenbildnern beherrscht, wobei gleichzeitig der Fortschritt vom ergwinkeligen Aufnahmebündel über die mehrlinsigen Kammern zur einlinsigen Weitwinkelkammer ging. Der heutige Großeinsatz des Luftbildes für die militärische Erkundung und alle anderen Aufgaben, die dem Luftbild heute zufallen, wären ohne diese Entwicklung undenkbar.

Wenn sich O. v. Gruber auch in der Hauptsache der Photogrammetrie widmete, ist er doch auch in dieser Zeit an der Schaffung moderner geodätischer Instrumente beteiligt. Neben seinem nicht geringen Anteil an der Gemeinschaftsarbeit Zeiss'scher Geo-Konstrukteure, die ihren Ausdruck in den neuen Theodoliten, Nivellieren, Tachymetern der verschiedensten Prägung gefunden hat, ist sein Name verbunden mit der Erfindung der Querprofilkippregel, bei der der Kippwinkel des Fernrohrs automatisch auf das Zeichenlineal übertragen wird, dem Keilmikrometer für Präzisionsdistanzmessung, einem Theodolit mit angebautem Kartiertisch u. a. m.

So vollzog sich das Leben v. Grubers bis zum letzten Atemzug in Arbeit und Kampf, in Führung und Forschung. Was er hervorbrachte, wird in der Zukunft, untrennbar mit seinem Namen verknüpft, weiterbestehen und der beste und eindringlichste Kündler seines Wirkens sein.

Wie aber war der Mensch?

Sein männlicher Charakter wird am besten durch seine Wirkung auf Umwelt und Mitarbeiter gekennzeichnet. O. v. Gruber stand in regem und anregendem Gedankenaustausch mit vielen führenden Köpfen des Fachgebietes im Inland und Ausland. Es zeugt von seiner Geradlinigkeit, daß er es gern in Kauf nahm, als ~~unverträglich~~ hingenommen zu werden, wenn es nur galt, eine Sache vorwärts zu bringen. Seine Persönlichkeit erinnert hierin an Nietzsche — im gleichen Sinne war er schöpferisch.

Scheinbar widerspruchsvolle Eigenschaften vereinten sich in ihm; bei großer Eingebungs- und Vorstellungskraft war er doch zäh und folgerichtig in der Durchführung seiner Aufgaben. Ja, er war versessen in sie, wenn die Lösung bevorstand. In später Stunde, wenn das Werk fast still und dunkel lag, arbeitete er dann noch am Gerät, seine Mitarbeiter mitreißend, nur der Sache verschworen. War dann das Ergebnis niedergeschrieben und der Bleistift hingelegt, so war auch etwas Neues, ein Fortschritt, erzielt. Nichts kann die hohe Bedeutung der Forschung so unterstreichen als diese Drangabe eines Auserwählten.

Seine Zähigkeit konnte sich aber auch bemerkbar machen, wenn es darum ging, den eigenen Standpunkt auf der Grenze zwischen Meinung und Wissen zu verteidigen. Wenn die Wissenschaft, wenig anschauliche Ergebnisse erzielend, unpopulär ist, so hatte er den Mut, solcherart unpopulär zu sein. Doch hat er alles andere getan, als sich von den praktischen Grundlagen zu entfernen. Im Gegenteil, er erwarb sich unmittelbare Praxis stets wieder von neuem. Gegen wissenschaftliches Pfuschertum hielt er bewußt Abstand; dem Schaffenden, dem Mann im Werk, war er aufs engste verbunden und zeigte für dessen Arbeit hohe Achtung. Im Verkehr mit seinen Mitarbeitern erwies sich trotz natürlichen Selbstbewußtseins eine große Bescheidenheit, die überhaupt der Grundton seines Wesens war, dem die Sache alles galt.

In Diskussionen war er das belebende Element; er kritisierte rückhaltlos, erfaßte rascher als jeder andere auch verwickelte und schwierige Probleme, stellte den Kern der Sache knapp und klar heraus und regte, die verschiedenen Möglichkeiten andeutend, zur Lösung und Überwindung der Schwierigkeiten an. Traten hierbei Hindernisse auf, die sachlich bedingt oder persönlicher Art waren, so konnten sie in ihm heftige Temperamentsausbrüche entfesseln. Sein Blick für die Anwendbarkeit von Ideen wurde dabei jedoch nicht getrübt, auch verstieg er sich nie in Gedankenspielerlei, sondern stimmte praktische Forderungen mit theoretischen Überlegungen sorgfältig gegeneinander ab. Rücksichtnahme und Beachtung der Praxis wurden bei ihm zum Unbewußten, so daß für ihn eine Trennlinie zwischen der reinen und der Zweckforschung nicht bestand. Hatte er einmal, Hand in Hand mit den Ergebnissen der Praxis, sein Urteil gebildet und formuliert, so hielt er auch daran fest.

Aus seinen zahlreichen Korrespondenzen ist oft zu entnehmen, daß man ihn wohl für einen verbissenen Starrkopf gehalten hat, bis man doch seine Gedankengänge als die richtigen anerkennen mußte. Wenn er auch rasch hinter Fehler und Mängel seiner Partner kam, so lieb er doch gerne und bereitwillig mit Rat und Tat seine Hilfe. Sein Urteil wurde von allen Seiten gewürdigt und geschätzt — geschätzt, aber auch gefürchtet, denn mit scharfer Feder konnte er in strenger Kritik und oft seinem Widerspruchsgeist freien Lauf lassend über den herfallen, der unberufen und unberechtigt an den Grundfesten des wissenschaftlichen Gebäudes rührte, das er oder andere in strenger Exaktheit und vollendeter Form errichtet hatten. Leichtfließender Plauderei war er, dessen Worte Zweck und Ziel verfolgten, abhold. So wundert es nicht, wenn er obenhin als wenig gesellig angesehen wurde. Im Verkehr mit ihm Nahestehenden fesselten jedoch seine große Liebenswürdigkeit und herzliche Anteilnahme.

In persönliche Dinge und Anschauungen erhielt nur ein kleinster Kreis, der nicht weit über seine Familie hinausging, Einblick. Verkehrt wäre es jedoch, ihn als Sonderling aufzufassen; vielmehr war es seine übergroße Bescheidenheit, mit der er seine Person stets in den Hintergrund stellte und Ehrungen und Auszeichnungen abwehrte.

So rundet sich das Bild O. v. Grubers zu dem eines echten deutschen Mannes. Seinen Leistungen und unermüdlischen Arbeiten an der Fortentwicklung von Geräten und Verfahren für die Luftbildmessung kommt entscheidende Bedeutung zu. Im Wettbewerb mit den Anstrengungen des Auslandes trugen sie zu dem überragenden Vorsprung Deutschlands bei und brachten ihm selbst weit über die Grenzen des Vaterlandes hinaus den Ruf einer ersten Autorität auf seinem Gebiete. An den Arbeiten der Deutschen und Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie, der Lilienthal-Gesellschaft für Luftforschung und des For-

schungsbeirats für Vermessungstechnik und Kartographie hatte er regen Anteil. Seine Freunde und Verehrer im In- und Ausland sind zahlreich. Die Ungarische Gesellschaft für Photogrammetrie ernannte ihn 1941 zum Ehrenmitglied. Daß im gegenwärtigen Ringen auf deutscher Seite voller Einsatz des Luftbildes und seine Auswertung mit bestgeeignetem Gerät und Verfahren erfolgen kann, ist vorwiegend sein Verdienst.

Diesen Vorsprung als sein Erbe zu erhalten und in seinem Geist zu mehrern, sei uns Verpflichtung und Aufgabe!
R. Burkhardt und K. Rube.

Die wichtigsten Veröffentlichungen O. v. Grubers⁴.

1. (1440) Der Hochjochferner im Jahre 1907. Dissertation, Universität München, 1912; 42 S.
2. (931) Entzerrung von Luftaufnahmen und die optisch-graphische Lösung der Rückwärts-einschneidung im Raum. I. A. f. Ph. VI, 1919—1923, S. 112—119.
3. (760) Die perspektiven und optischen Verhältnisse bei der Entzerrung von Fliegerbildern. Z. f. I. 1922, S. 161—173.
4. (803) Leitideen bei Konstruktion der für Raumbildmessung dienenden Auswerteinstrumente. Mitt. Markscheidewesen 1922, S. 57—70.
5. (809) Der Zeiss'sche Stereoplanigraph. Bauing. 1923, S. 584—588.
6. (709) Hilfsmittel zur Erkundung für stereophotogrammetrische Aufnahmen. Z. f. I. 1923, S. 177—180.
7. (805) Der v. Orel - Zeiss'sche Stereoautograph mit Zusatzeinrichtung zur Auswertung von Luftaufnahmen. I. A. f. Ph. VI, 1919—1923, S. 45—59.
8. (806) Der Stereoplanigraph der Firma Carl Zeiss. Z. f. I. 1923, S. 1—16.
9. (674) Bestimmung der inneren Orientierung von Meßkammern. I. A. f. Ph. VI, 1919—1923, S. 82—89.
10. (30) Photogrammetrie für Ingenieurarbeiten. Z. VDI. 1923, S. 893—898 und 927—930.
11. (1397) Topographische Ergebnisse der Pamirexpedition des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins 1913. I. A. f. Ph. VI, 1919—1923, S. 156—181.
12. (932) Einfache und Doppelpunkteinschaltung im Raume. Jena 1924; 53 S.
13. (933) Über den räumlichen Rückwärtseinschnitt. Z. f. V. 1924, S. 281—288.
14. Anwendung der Feldermethode auf den Zusammenschluß der Netze von Bayern, Tirol und Salzburg. Z. f. V. 1924, S. 164—177.
15. (736) Inversoren. Z. f. I. 1925, S. 561—573.
16. (1514) Erfahrungen in der Anwendung der Photogrammetrie im Braunkohlentagebau. Die Braunkohle 1925, S. 294—296.
17. Ein vereinfachtes Rechenschema zur Auflösung der Normalgleichungen für die Rechenmaschine. Z. f. V. 1925, S. 133—140.
18. Neue Theodolitkonstruktionen. Verm.-Techn. Rdsch. 1926, S. 272—277.
19. Zur Entstehung der Karte des Borolmas und des Kisilsuferners. Z. Gletscherkde., Bd. 14, 1916, S. 210—215.
20. (1128) Die Genauigkeit einer autokartographisch hergestellten Karte. Z. f. I. 1926, S. 255—262; Nachtr. S. 332.
21. (761) Über den Bau von Entzerrungsgeräten. B. u. L. 1927, S. 10—19.
22. Wiederherstellung verlorengegangener Punkte. Verm.-techn. Rdsch. 1928, S. 369—371.
23. (894) Nadirpunktstriangulation. Luftbild und Luftbildmessung Nr. 4, 1928, S. 17—18.
24. (895) Fortschritte der Aerotriangulation. B. u. L. 1928, S. 141—150.
25. (896) Die Radial-Methode. Verm.-techn. Rdsch. 1929, S. 2—7.
26. Das Entwicklungsverfahren zur Ausgleichung geodätischer Netze nach der Methode der kleinsten Quadratsummen. Festschrift d. T. H. Stuttgart, Berlin 1929, S. 157—171.
27. Prüfung des neuen Zeiss-Nivellierinstrumentes II. Z. f. I. 1929, S. 71—79.
28. (810) Die Entwicklung des Zeiss-Stereoplanigraphen von 1920 bis 1930. B. u. L. 1930, S. 129—139.
29. (34) Photogrammetrie und Luftbildwesen. Ein Beitrag zur Kritik. Z. f. V. 1930, S. 498—508.
30. (32) Ferienkurs in Photogrammetrie. Eine Sammlung von Vorträgen und Aufsätzen. Stuttgart 1930. 510 Seiten. 1931 in Französisch, 422 S.; 1932 in Spanisch, 484 S.; 1932 in Englisch, 454 S.; 1934 in Chinesisch, 368 S.

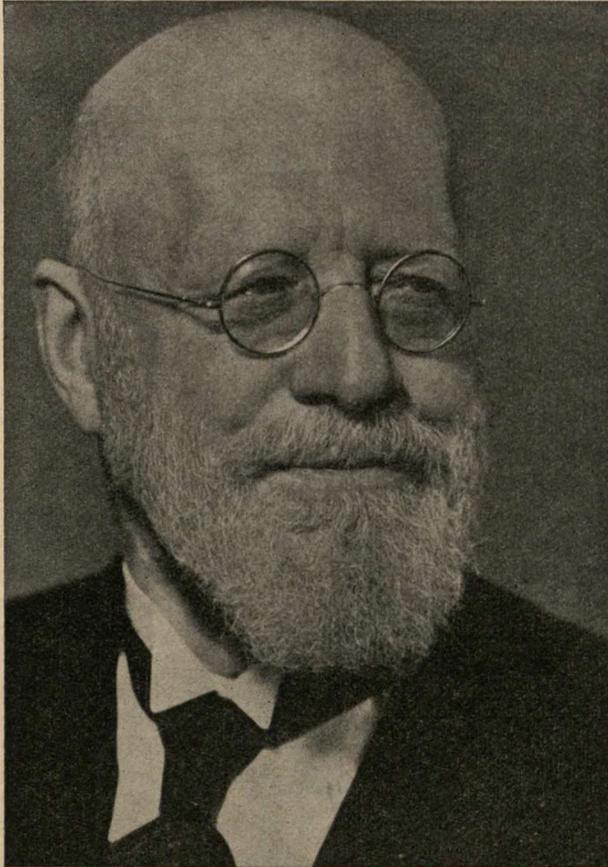
⁴ Die in Klammern angegebenen Zahlen beziehen sich auf „Deutsches Schrifttum über Bildmessung und Luftbildwesen“.

31. (1398) Über die photogrammetrische Ausrüstung des „Graf Zeppelin“ auf der Arktisfahrt 1931 und die Auswertungsmethoden für das gewonnene photogrammetrische Beobachtungsmaterial. B. u. L. 1931, S. 146—154. In erweiterter Form: Zeiss-Aerograph-Druckschrift ZA 2, Jena 1931.
32. (1951) Sebastian Finsterwalder zum 70. Geburtstag. B. u. L. 1932, S. 145—149.
33. (1399) Die bisherigen Auswertergebnisse der photogrammetrischen Aufnahmen des „Graf Zeppelin“ auf der Arktisfahrt 1931. B. u. L. 1932, S. 156—160.
34. (35) Photogrammetrie. Handwörterbuch der Naturwissenschaften, 2. Aufl., Bd. VII, Jena 1932, S. 925—934.
35. (630) Neuerungen im photogrammetrischen Instrumentenbau. B. u. L. 1933, S. 173—175.
36. (631) Photogrammetrische Geräte. Z. VDI. 1933, S. 1177—1180.
37. (1400) Über die photogrammetrische Ausrüstung des „Graf Zeppelin“ auf der Arktisfahrt 1931, über die Auswertungsmethoden und die bisherigen Ergebnisse aus dem gewonnenen Aufnahmematerial. Petermanns Geogr. Mitt., Erg.-Heft 216, 1933, S. 68—77.
38. (2098) „Um Mißverständnissen vorzubeugen.“ (Mit M. Zeller). B. u. L. 1933, S. 34—37, 88—95.
39. (897) Folgebildanschluß bei Luftaufnahmen. I. A. f. Ph. VIII, 1. Hälfte, 1934, S. 22—31.
40. (632) Neuerungen an photogrammetrischen Instrumenten in Deutschland im letzten Jahr. B. u. L. 1934, S. 196—199, und Z. VDI. 1934, S. 1427—1428.
41. (1247) Wieweit vermag Aerophotogrammetrie den Genauigkeitsansprüchen an Katasteraufnahmen Genüge zu leisten? B. u. L. 1934, S. 115—120; Luftbild und Luftbildmessung Nr. 9, 1934, S. 8—13.
42. (483) Stereoskop. Handwörterbuch der Naturwissenschaften, Bd. IX, 2. Aufl., Jena 1934, S. 552—557.
43. (1952) 25 Jahre Ferienkurs für Photogrammetrie. B. u. L. 1934, S. 153—156.
44. (898) Beitrag zu Theorie und Praxis von Aeropolygonierung und Aeronivellement. B. u. L. 1935, S. 127—141 und 167—190.
45. (1248) Grundsätzliche Bemerkungen zur Frage „Photogrammetrie und Kataster“. B. u. L. 1935, S. 57—60.
46. Winkelmessung. Handwörterbuch der Naturwissenschaften, Bd. X, 2. Aufl., Jena 1935, S. 667—675.
47. (1776) Der Aeroprojektor Multiplex als Anschauungs- und Übungsgerät im photogrammetrischen Unterricht. (Mit R. Burkhardt.) B. u. L. 1936, S. 11—21.
48. (899) Ergebnisse einer Aerotriangulation und eines Aeronivellements für Kolonialgebiete. Jahrbuch 1936 der Lilienthal-Gesellschaft für Luftfahrtforschung, S. 567—574.
49. (811) Ein Einschneidegerät zur Punktbestimmung aus Nadiraufnahmen. Jahrbuch 1936 der Lilienthal-Gesellschaft für Luftfahrtforschung, S. 561—566.
50. (725) Bildmaßstab und Kartenmaßstab. B. u. L. 1937, S. 98—102.
51. (1953) S. Finsterwalders Anteil an der Entwicklung der Photogrammetrie. Festschrift S. Finsterwalder zum 75. Geburtstage, Berlin 1937, S. 9—16.
52. (738) Ist das Meßverfahren nach Porro-Koppe überholt? B. u. L. 1937, S. 117—118.
53. (1442) Luftbild und Gebirgsmessung und die hierzu dienenden Aufnahme- und Auswertegeräte. B. u. L. 1937, S. 137—142.
54. (1516) Die Aerophotogrammetrie im Dienste des Bergmannes. Berg- und Hüttenm., Mh., 1938, Heft 1/2. 3 S.
55. (980) Kniffe und Pfiffe bei der Bildorientierung in Stereoauswertegeräten. B. u. L. 1938, S. 17—26 u. 73—77; Luftbild u. Luftbildmessung Nr. 15, 1937, S. 10—23.
56. Entwicklung der Probleme in der Photogrammetrie. AVN. 1939, S. 233—242.
57. Horizontbilder und ihre Verwendung. Photogrammetria 1940, S. 61—70.
58. Karl Reinhard Hegershoff. Photogrammetria 1941, S. 1—28.
59. Eduard von Orel, 1877—1941. Photogrammetria 1941, S. 143—144.
60. Luftbild und Orologie. Luftbild und Luftbildmessung Nr. 19, 1941, S. 5.
61. Optische Streckenmessung und Polygonierung mit besonderer Berücksichtigung von Zeiss-Instrumenten. Eine Sammlung von Vorträgen der Abteilung für geodätische Instrumente der Firma Carl Zeiss; Berlin 1942; 128 S.
62. Das Wohlthat-Massiv im Kartenbild. Die Deutsche Antarktische Expedition 1938/39. Wissenschaftliche und fliegerische Ergebnisse, Bd. I, S. 157—230. Leipzig. (Noch nicht erschienen.)

Sebastian Finsterwalder zum 80. Geburtstag

Von Dr. Max Kneißl, z. Z. im Wehrdienst.

Sebastian Finsterwalder feiert am 4. Oktober 1942 in seltener geistiger und körperlicher Rüstigkeit den 80. Geburtstag. In tiefer Verehrung gedenken an diesem Tage seine Mitarbeiter, Freunde und Schüler des großen Gelehrten, Forschers und Lehrers und entbieten ihm die ergebensten und herzlichsten Geburtstagsgrüße mit dem besonderen Wunsche, seine



Dr. Seb. Finsterwalder.

Gesundheit, Rüstigkeit und Schaffenskraft mögen ihm und der deutschen Wissenschaft noch lange erhalten bleiben. Gleichzeitig dürfen wir alle, die das Glück hatten und haben, mit Finsterwalder persönlich zusammenzuarbeiten, an diesem Tage Finsterwalder von Herzen danken für seine unermüdete Anteilnahme, die er unserer Arbeit stets entgegenbrachte, für seine nie erlahmende Hilfsbereitschaft bei der Lösung der aufgeworfenen Fragen und vor allem für die reichen und selbstlosen Anregungen, mit denen er unsere Arbeit befruchtete.

Wenn die wissenschaftlichen Leistungen Finsterwalders auch schon anlässlich seines 70. und 75. Geburtstages gewürdigt und insbesondere sein Anteil an der Lösung vieler geodätischer Fragen und an der Entwicklung der Photogrammetrie in den Fachzeitschriften auf-

gezeigt wurde, so darf dennoch hier nochmals auf Finsterwalders Werdegang und seine Arbeiten eingegangen werden. Diese sollen vor allem durch die Wiedergabe eines vollständigen Schriftenverzeichnisses nachgewiesen werden. Im übrigen soll versucht werden, die persönliche Einstellung Finsterwalders zu unserem Gesamtvermessungswesen und seine Anteilnahme an der Vereinheitlichung des deutschen Vermessungswerkes sowie seine besondere Lehrweise herauszustellen.

Geh.-Rat Dr. rer. nat. habil., Dr. d. Techn. Wissensch. e. h., Dr. phil. h. c. Sebastian Finsterwalder, Professor der Technischen Hochschule München, wurde am 4. Oktober 1862 in Rosenheim am Inn geboren. Nach Besuch der Realschule in Rosenheim (1874—1876) und in Traunstein (1876—1878) und der Industrieschule in München (1878—1880) studierte Finsterwalder an der Technischen Hochschule München Architektur. Infolge seiner außerordentlichen mathematischen Begabung wandte er sich bald dem Studium der Mathematik und Physik zu. Seine Liebe zur Natur und seine Anhänglichkeit an die Berge veranlaßten ihn, darüber hinaus eine Reihe von anderen Naturwissenschaften, insbesondere Geologie, zu studieren und zu pflegen. Zu dieser Zeit ist vor allem der Einfluß des Mathematikers A. Brill auf Finsterwalder bemerkenswert. Nachdem Finsterwalder 1884 in München die Lehramtsprüfung für Mathematik und Physik bestanden hatte, folgte er Prof. Brill, der inzwischen an die dortige Universität berufen worden war, nach Tübingen und promovierte 1886 bei Brill mit einer bemerkenswerten Arbeit „Über Brennflächen und die räumliche Verteilung der Helligkeit bei Reflexion eines Lichtbündels an einer spiegelnden Fläche“. Finsterwalder ging bald wieder nach München zurück, wirkte drei Jahre als Assistent bei dem bekannten Mathematiker A. Voß und habilitierte sich 1888 für das Lehrfach Mathematik wiederum mit einer geometrischen Arbeit und einem Vortrag über Photogrammetrie, nachdem er inzwischen noch die Reifeprüfung für das Realgymnasium nachgeholt hatte.

1891 wurde Finsterwalder an der Technischen Hochschule München — als Nachfolger von A. Voß — Professor für analytische Geometrie, Differential- und Integralrechnung und übernahm dann später 1911 bis zu seiner 1931 erfolgten Emeritierung, seiner besonderen Neigung folgend, das Ordinariat für darstellende Geometrie.

1906 wurde Finsterwalder in die Bayer. Kommission für die internationale Erdmessung bei der Akademie der Wissenschaften berufen. Dieser unabhängige Arbeitskreis entsprach so ganz dem inneren Wesen Finsterwalders. Durch diese Berufung wurde auch in der Folge die gesamte Lebensarbeit Finsterwalders maßgebend beeinflusst. Dieser Arbeitskreis war es wohl auch, der Finsterwalder endgültig an München fesselte, so daß er später ehrenvolle Berufungen an die Universität in Wien und vor allem auch 1919 die Berufung zur Leitung des Preußischen Geodätischen Instituts in Potsdam als Nachfolger Helmerts und an die Universität Berlin ablehnte.

In Anerkennung seiner wissenschaftlichen Arbeit und Leistung wurden Finsterwalder die Ehrendoktor-Diplome der Technischen Hochschulen Wien — Dr. d. Techn. Wissensch. e. h. 1917 — und Zürich — Dr.-Ing. h. c. 1931 — sowie der Universität Innsbruck — Dr. phil. h. c. 1927 — und 1929 der Ehrenbürgerbrief der Technischen Hochschule Stuttgart verliehen. Weiterhin wurde er Mitglied der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und in die Akademien der Wissenschaften in München, Wien, Zürich und Madrid berufen und zum Ehrenmitglied verschiedener wissenschaftlicher Vereinigungen, der Schweizer naturwissenschaftlichen Gesellschaft, des Bezirksvereins der bayer. Ingenieure, wie des Deutschen Vereins für Vermessungswesen und der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, ernannt. An Auszeichnungen wurden ihm im Jahre 1903 der Michaelorden 4. Kl., 1910 der Michaelorden 3. Kl., 1916 das König-Ludwig-Kreuz für Kriegsverdienste in der Heimat und 1919 die silberne Leibniz-Medaille verliehen.

In der festlichen Betrachtung zu Finsterwalders 70. Geburtstag (Bildmessung und Luftbildwesen 1932, S. 145—149) bezeichnet O. v. Gruber sehr treffend Naturforschung und angewandte Mathematik als Finsterwalders Lebenselement, Gletscherforschung, Photogrammetrie

und Höhere Geodäsie als die Hauptrichtungen seiner wissenschaftlichen Arbeit. Diese wissenschaftliche Arbeit stand jederzeit in engster Beziehung zu den Aufgaben der Praxis und zur Lehrtätigkeit, so daß stets eine enge und anregende Verbindung zwischen dem akademischen Wirkungskreis Finsterwalders und den die praktischen Arbeiten ausführenden Stellen bestand.

Die Arbeiten Finsterwalders auf dem Gebiet der Gletscherforschung würdigte O. von Gruber in der oben angeführten Betrachtung. Mit feinem Verständnis für Finsterwalders Verbundenheit mit der heimischen Bergwelt zeigt dabei O. v. Gruber den Weg Finsterwalders über die Gletscherforschung zur Photogrammetrie und weist auch darauf hin, wie Finsterwalders Teilnahme an zahlreichen Freiballonfahrten die ersten Anregungen für die Verwertung der dabei gemachten Aufnahmen für die Kartenherstellung abgaben. Die photogrammetrische Gesamtarbeit Finsterwalders wurde von O. v. Gruber noch in dem Vorwort zur Festschrift der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie (Verlag Herbert Wichmann, Berlin, 1937) zu Finsterwalders 75. Geburtstag im einzelnen gewürdigt. Auf diese Festschrift darf hier besonders hingewiesen werden.

Die Arbeiten Finsterwalders auf dem Gebiete der terrestrischen Photogrammetrie sind vorwiegend Hochgebirgsaufnahmen, wobei Finsterwalder auch viele wichtige theoretische Ergebnisse gefunden hat. Von den praktischen Arbeiten sind hier vor allem die unter Ziffer [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [32], [33], [36], [59], [62], [74], [89], und [97] des beiliegenden Schriftenverzeichnisses aufgeführten Veröffentlichungen bemerkenswert. Eine wichtige Darstellung der Meßtischphotogrammetrie enthält neben der jetzt allgemein anerkannten Theorie des fließenden Eises die Arbeit [36], „Der Vernagtferner, seine Geschichte und seine Vermessung.“

Auf dem Gebiete der Luftbildmessung war Finsterwalder der erste, der die Theorie und die praktische Anwendung bis zur Konstruktion der Schichtlinienkarte aus Bildpaaren entwickelte und weiterhin für die Methoden der Radialtriangulation und Aerotriangulation grundlegende Forschungen durchführte. Hier sind vor allem bemerkenswert die Veröffentlichung [39] „Die geometrischen Grundlagen der Photogrammetrie“ mit der Angabe des Vier-Punkt-Verfahrens oder der Papierstreifenmethode sowie die Veröffentlichung [54] „Eine Grundaufgabe der Photogrammetrie und ihre Anwendung auf Ballonaufnahmen“. In dieser Arbeit wurde die heute allgemein angewandte Methode der gegenseitigen Orientierung von Bildpaaren bis zur Herstellung von Schichtlinienkarten in ihren Grundzügen entwickelt. In der Arbeit „Darstellung eines nahezu ebenen Geländes nach Fliegeraufnahmen bei spärlich vorhandenen Festpunkten“, Bemerkungen und Ergänzungen zu einer Abhandlung von E. Rudel [88], veröffentlichte Finsterwalder als erster die Radialmethode. Weiter darf hier noch hingewiesen werden auf die Arbeiten [104], [105] und [107].

Die Aerotriangulation hat Finsterwalder neben den schon genannten Arbeiten vor allem durch grundlegende Untersuchungen über die gegenseitige Orientierung und über die astronomische Orientierung von Luftbildern weitgehend gefördert. Mit diesen in die Zukunft weisenden Aufgaben hat sich Finsterwalder bis in die jüngste Zeit beschäftigt. Hierzu zählen die Arbeiten [84], [102], [103], [106], [113], [114], [115], [117], [118], [119], [120] und [122]. Wegen Finsterwalders Einfluß auf die Entwicklung der instrumentellen Hilfsmittel der Photogrammetrie darf ebenfalls auf die beiden Arbeiten O. v. Grubers verwiesen werden. Hier sei nur erinnert an den bekannten Finsterwalderschen Phototheodolit und an den Photokartographen, ein vollautomatisches Entzerrungsgerät, das im Weltkrieg 1914—1918 vielfach verwendet wurde. Eine Reihe weiterer photogrammetrischer Arbeiten ist aus dem Verzeichnis der Veröffentlichungen unmittelbar zu ersehen. Die photogrammetrischen Leistungen Finsterwalders beruhen zum großen Teil auf seinem ungeheuren geometrischen Vorstellungsvermögen, das in allen seinen Abhandlungen zum Ausdruck kommt und vor allem auch in seinen Vorlesungen die Hörer stets von neuem fesselte und anregte.

Auf dem Gebiete der Gletscherkunde sind Finsterwalders Arbeiten zur Strömungstheorie des Gletschers und zur Theorie der Gletscherschwankungen sowie seine außerordentlich umfangreichen Geschwindigkeitsbeobachtungen und Gletschervermessungen bemerkenswert und in zahlreichen Veröffentlichungen niedergelegt. Weiterhin verdankt die Luftschiffahrt Finsterwalder einige wichtige Beiträge. Eine Reihe von Veröffentlichungen sind noch der Optik und Höheren Mathematik gewidmet.

Die wichtigsten geodätischen Arbeiten Finsterwalders besprach Prof. Dr. Clauß 1932 in der Zeitschrift für Vermessungswesen („Sebastian Finsterwalder als Geodät“, Z. f. V. 1932, S. 721—726) und zeigte damit die großen Verdienste auf, die sich Finsterwalder um den wissenschaftlichen Teil und als Berater und Förderer des Vermessungswesens erworben hat. Ebenso wie die wissenschaftlichen Arbeiten Finsterwalders auf dem Gebiet der Gletscherforschung und -vermessung sowie der Photogrammetrie aus seiner unmittelbaren praktischen Betätigung heraus entstanden sind, gehen seine wissenschaftlichen geodätischen Arbeiten auf seine Tätigkeit bei der Bayerischen Erdmessungskommission zurück. Es liegt im Wesen Finsterwalders, daß er sich hierbei niemals auf ein besonderes Gebiet spezialisierte, sondern von Anfang an dabei bestrebt war, den Anschluß an die allgemeine Landesaufnahme zu gewinnen und auch seine wissenschaftliche Arbeit auf die Anforderungen der Landesvermessung soweit als möglich abzustellen. Finsterwalder war immer ein praktischer Geodät gewesen und war sich der Millionenwerte und der unendlichen Kleinarbeit bewußt, die ein Landesvermessungswerk, angefangen von der Haupttriangulierung bis zur Katasteraufnahme und den fertigen Karten, umfaßt. Er wägte daher stets sorgfältig ab, welche Vorteile und welche Folgearbeiten ein Vorschlag auf die Neugestaltung eines Landesvermessungswerkes brachte, und lehnte es ab, Beobachtungs- oder Rechenverfahren vorzuschlagen, deren Ergebnisse wohl die persönliche Eitelkeit oder den wissenschaftlichen Ruf befriedigen konnten, im übrigen aber einen unwirtschaftlichen Zeit- und Geldaufwand erforderten. Er brachte auch immer die Anforderungen der Erdmessung an die praktische Landesvermessung zum Nutzen beider in richtigen Einklang und in Übereinstimmung mit den mittleren Unsicherheiten ihrer Ergebnisse. Der klare Blick für die praktischen Notwendigkeiten, sein treffendes Urteil über die erreichbare Genauigkeit bei den verschiedenen Beobachtungs- und Rechenverfahren und seine darauf fußenden geodätischen Arbeiten haben Sebastian Finsterwalder zu einem der bedeutendsten Geodäten gemacht.

In Würdigung seiner wissenschaftlichen Arbeit sollte Finsterwalder 1919 als Nachfolger F. R. Helmerts als Leiter des Geodätischen Instituts in Potsdam und an die Universität Berlin berufen werden. Bei den damit verbundenen Verhandlungen spielte die künftige Ausgestaltung des Geodätischen Instituts und seine Stellung zum preußischen und Reichsvermessungswesen eine große Rolle. In diese Zeit fielen gerade die Umwandlung der preußischen Landesaufnahme in ein ziviles Institut und die Bemühungen, damit eine weitgehende Vereinheitlichung und Zentralisierung des deutschen Vermessungswesens durchzuführen. Dabei war dem Geodätischen Institut im Rahmen der notwendigen Vereinheitlichung auch eine führende Stellung in der Zentralisierung des deutschen Vermessungswesens zugeordnet. Eine solche Entwicklung des Geodätischen Instituts lehnte Finsterwalder mit der Begründung ab, daß bei der Größe der damit verbundenen praktischen Aufgaben und der seinerzeitigen begrenzten Mittel die wissenschaftliche Arbeit des Instituts ausgeschaltet oder doch wenigstens stark herabgedrückt würde, was insbesondere im Interesse der Wissenschaft als solcher, aber auch aus politischen Gründen zu bedauern wäre. Nach Finsterwalders Auffassung war es ein wesentlicher politischer Aktivposten des Reichs, daß dank der organisatorischen und wissenschaftlichen Arbeit von Baeyer und Helmert Deutschland 50 Jahre lang die Führung in der internationalen Erdmessung besessen hat, ferner eine der wesentlichsten Verpflichtungen des Geodätischen Instituts, diese Stellung auch weiterhin zu festigen. „Das Geodätische Institut muß“, schrieb damals Finsterwalder, „seinen wissenschaftlichen Charakter wahren, aber den praktischen Interessen insofern mehr dienen, als es die übrigen Vermessungswesen bei der

Durchführung ihrer Arbeiten berät und unterstützt sowie zur Ausbildung der Vermessungsbeamten beiträgt.“ Dies kam auf die Forderung hinaus, das Geodätische Institut als oberste wissenschaftliche Vermessungsinstanz, die in erster Linie der Forschung und Wissenschaft sowie der Ausbildung dient, auszubauen, die praktische Durchführung der Arbeiten aber mit all ihren organisatorischen Maßnahmen vermessungs- und verwaltungstechnischer Art von dem Institut fernzuhalten. Auch der Gedanke einer straffen Zentralisierung bewog Finsterwalder, auf die ehrenvolle Berufung zu verzichten. Nach Finsterwalders Ansicht werden hierbei einerseits alle tüchtigen Kräfte des Reichs an einer Zentralstelle zusammengezogen und andererseits verhindert, daß neue, in kleinerem Umfang zu erprobende Ideen Fuß fassen, während die bisherige einzigartige Stellung des deutschen Vermessungswesens, die wir Gauß, Soldner, Bohnenberger und anderen ausgezeichneten und trefflichen Männern verdanken, auf der Mannigfaltigkeit der Entwicklung beruhte, die das Vermessungswesen in den einzelnen Ländern nehmen konnte. Von einer solchen Zentralisierung ist die Vereinheitlichung des deutschen Vermessungswerkes, zu deren eifrigsten Vorkämpfern Finsterwalder gehört, scharf zu trennen.

Andererseits veranlaßten die Verhandlungen zur Berufung Finsterwalders nach Berlin und Potsdam das Bayer. Staatsministerium für Unterricht und Kultus und das Bayer. Staatsministerium der Finanzen, den persönlichen Wünschen Finsterwalders in bezug auf seine wissenschaftliche und praktische Betätigung soweit wie möglich entgegenzukommen, um den hervorragenden Gelehrten der Münchener Hochschule zu erhalten und um die bisherige überaus anregende Einflußnahme Finsterwalders auf die bayerische Landesvermessung auch weiterhin zu sichern. Damals sollte gerade die Neuordnung der bayerischen Landesvermessung, die — schon 1911 durch Prof. Clauß eingeleitet — während des Weltkrieges zurückgestellt werden mußte, von neuem in Angriff genommen werden, wobei die Ergebnisse der neueren wissenschaftlichen Forschung zur Anwendung kommen sollten. Finsterwalder hegte den tiefen Wunsch, mehr persönliche Beziehungen zu den Geschäften der bayerischen Landesvermessung zu gewinnen, als das vordem der Fall war. Bis dahin waren wohl die wissenschaftlichen Arbeiten Finsterwalders den Zwecken der Landesvermessung dienstbar gemacht worden, es fehlte aber die persönliche Fühlungnahme zu den ausführenden staatlichen Stellen. Finsterwalder regte daher an, ihm beim Bayer. Landesvermessungsamt eine offizielle Stellung als wissenschaftlicher Berater einzuräumen, die es ihm ermöglichte, bei den bevorstehenden großen Arbeiten der Erneuerung der Landestriangulation und bei der Schaffung eines einheitlichen Höhennetzes seine ganze Kraft in den Dienst des Landes zu stellen. Er dachte dabei an eine Stellung, wie sie seinerzeit General von Orff bei der Vollendung und Herausgabe der alten Landestriangulation innehatte, nur mit dem Unterschiede, daß von Orff auf die seinerzeit lange vorausgegangene Ausführung der Feldarbeiten keinen Einfluß mehr ausüben konnte, während Finsterwalder sich eine solche Einflußnahme besonders vorbehielt. Da das Bayer. Finanzministerium und das Kultusministerium diesem Wunsche Finsterwalders gern entsprachen, hat Finsterwalder es vorgezogen, auf alle persönliche Anerkennung und Ehrung, die mit einer Berufung nach Potsdam verbunden gewesen wären, zu verzichten und still und bescheiden seine Arbeit in der bisherigen Form fortzusetzen. Dieser Entschluß mag Finsterwalder außerordentlich schwergefallen sein; er ist aber dadurch nicht nur seiner Auffassung von der geodätischen Wissenschaft, sondern auch seinem inneren Auftrag als Lehrer treu geblieben.

Das Bayer. Finanzministerium stimmte der Berufung Finsterwalders als wissenschaftlicher Berater der Landesvermessung nicht nur freudigst zu, sondern veranlaßte darüber hinaus noch, daß Finsterwalder alljährlich während der Wintermonate für die Angehörigen des bayer. Vermessungsdienstes an der Technischen Hochschule in München ein besonderes Seminar „Vorträge über die Probleme der Höheren Geodäsie und ihre Anwendung auf die Praxis“ abhielt. Finsterwalder wurde auf diese Weise unmittelbar mit der bayer. Landesvermessung verbunden und weitgehend für die Aus- und Fortbildung der Vermessungs-

ingenieure gewonnen. Späterhin übernahm dann Finsterwalder noch Vorlesungen für die Studierenden des Vermessungsingenieurfaches über Höhere Geodäsie und Erdmessung. Da diese Vorlesungen, insbesondere die Vorlesung über die Grundzüge der Höheren Geodäsie, bisher wenig bekannt wurden, aber für die Lehrmethode Finsterwalders besonders bemerkenswert sind, hat es der Verfasser als Schüler Finsterwalders übernommen, die Vorlesung Finsterwalders über den geometrischen Teil der Höheren Geodäsie an Hand von Vorlesungsheften zu bearbeiten und dem Jubilar zu seinem 80. Geburtstag ganz ergebenst zu widmen.

Die glückliche Verbindung zwischen freier und unabhängiger wissenschaftlicher Betätigung und tätiger Anteilnahme an den Arbeiten der Bayer. Erdmessungskommission und an der Bayer. Landesvermessung gestatteten es Finsterwalder, seine wissenschaftlichen Untersuchungen unmittelbar der praktischen Landesvermessung nutzbar zu machen. Andererseits gab ihm die praktische Landesvermessung stets neue Anregungen. Aus dieser Einstellung heraus sind seine geodätischen Arbeiten, wie z. B. die Vorschläge zur Neugestaltung der bayer. Koordinaten, die Feststellung des Verhältnisses der bayerischen zur preußischen Landstriangulation und der Lotabweichung in München, der Zusammenschluß der preußischen und sächsischen Hauptdreiecksnetze, die Ausgleichung des künftigen bayer. Hauptdreiecksnetzes und viele andere, entstanden.

Mit diesen Arbeiten bereitete Finsterwalder schon in der Zeit vor und während des Weltkrieges 1914—1918, seiner Zeit weit vorausseilend, mit sicherem Blick für die künftige Entwicklung den Anschluß der süddeutschen Triangulationen an die preußische Triangulation und damit die Vereinheitlichung des deutschen Vermessungswerkes vor. Es ist kein Zufall, daß die bei der Neubearbeitung des neuen Dreiecksnetzes angewandte Methode, nämlich Ausgleichung nach Feldern und Zusammenschluß nach der Helmertschen Methode, im großen und ganzen der Finsterwalderschen Feldermethode entspricht, sondern vielmehr ein Beweis für den klaren Blick Finsterwalders für die praktischen Möglichkeiten.

Die geodätischen Arbeiten Finsterwalders sind zum großen Teil aus der Not der damaligen Zeit entstanden und verfolgten fast alle den Zweck, die Beobachtungs- und Rechenarbeiten einzuschränken und vor allem die Triangulationen I. O. wirtschaftlicher zu gestalten. Andererseits dienen mehrere Arbeiten der mathematischen Begründung verschiedener geodätischer Probleme, wie seine jüngste Arbeit aus diesem Jahre, „Die Änderung des Maßstabs in einem Dreiecksnetz“ und die „Lineare und halblineare Einschaltung in Pfeilfeldern“, veröffentlicht 1935, oder „Die Fehlergesetze gleichförmiger gestreckter Dreiecksketten“, veröffentlicht 1933.

Durch die Bayer. Erdmessungskommission wurden unter der Leitung von Finsterwalder u. a. zunächst Schwermessungen durchgeführt, deren Ergebnisse durch E. Zapp und E. Zinner, „Relative Schwermessungen in Bayern in den Jahren 1908 bis 1914“ (Veröffentlichungen der Bayer. Kommission für die Intern. Erdmessung, Astronomisch-geodätische Arbeiten, Heft 10, München 1922) und 1931 durch K. Schütte, „Relative Schwermessungen in Bayern in den Jahren 1921/22 und 1926“ (Veröffentlichungen der Bayer. Kommission für die Intern. Erdmessung, Heft 11, München 1931) veröffentlicht und durch Schütte 1930 in einer Karte der Schwereabweichungen von Süddeutschland dargestellt wurden. Nach dem vorläufigen Abschluß der Schwermessungen wandte sich die Bayer. Erdmessungskommission ab 1930 astronomischen Ortsbestimmungen zu. Diese Arbeiten wurden durch die im Zuge befindliche Erneuerung des bayer. trigonometrischen Hauptnetzes veranlaßt und sollten zur Stützung und Verfeinerung der trigonometrischen Messungen dienen. Es kamen daher in erster Linie Azimutmessungen und astronomische Längenbestimmungen in Betracht, während die Breitenbestimmungen noch zur Ermittlung der Lotabweichungen im Meridian dienen sollten. Von diesen Messungen konnten bis jetzt lediglich die Azimutmessungen veröffentlicht werden („Astronomische Azimutbeobachtungen in den Jahren 1933—1936“, Veröffentlichungen der Bayer. Kommission für die Intern. Erdmessung, Astronomisch-geodätische Arbeiten, Heft 12, München 1938). Die Längen- und Breitenbestimmungen sind erst zum Teil bearbeitet. Eine

vorläufige Bearbeitung eines Teiles der astronomischen Bestimmungen im Zusammenhang mit älteren in den früheren Heften niedergelegten Beobachtungen hat Finsterwalder selbst 1935 in den Sitzungsberichten der Bayer. Akademie der Wissenschaften veröffentlicht unter dem Titel „Eine neue astronomische Orientierung des bayer. Hauptdreiecksnetzes“. Die Arbeiten des Verfassers, „Versteifung eines geodätisch ausgeglichenen Dreiecksnetzes durch die rechnerische Einbeziehung astronomischer Beobachtungen“ (Dissertation der Technischen Hochschule München, 1936) und „Verbesserung der Orientierung eines Dreiecksnetzes durch Laplacesche Punkte“ (Sitzungsberichte der Bayer. Akademie der Wissenschaften, 1939), sowie die Veröffentlichungen in der Zeitschrift für Vermessungswesen, „Die Abhängigkeit der Widersprüche in den Laplaceschen Gleichungen von der Lage und Dimension des gewählten Referenzellipsoids“ (Z. f. V. 1940, S. 337—347) und „Die Abhängigkeit der Widersprüche in den Laplaceschen Gleichungen von den Beobachtungsfehlern“ (Z. f. V. 1942, S. 233—242), geben eine Vorstellung von der ursprünglich beabsichtigten Verwertung dieser Ortsbestimmung und der hierzu von Finsterwalder entwickelten Gedanken.

In den Vorlesungen und Übungen für die Angehörigen des bayer. Vermessungsdienstes hat Finsterwalder eine Reihe seiner Arbeiten vorgetragen oder, vielleicht besser gesagt, von Stunde zu Stunde entwickelt. In der Betrachtung „Sebastian Finsterwalder zum 70. Geburtstage“ weist O. v. Gruber mit Bedauern darauf hin, daß diese Vorlesungen Finsterwalders noch nicht veröffentlicht seien. Inzwischen hat Finsterwalder selbst eine Reihe dieser Vorlesungen veröffentlicht. Hierunter fallen mit den schon früher angegebenen Arbeiten etwa [76], [77], [81], [91], [104], [107], [108], [109] des nachstehenden Verzeichnisses. Eine weitere Reihe dieser Vorlesungen wurde in Arbeiten von Prof. Clauß und des Verfassers sowie in Dissertationen behandelt. Hierher zählen von den Arbeiten des Prof. Clauß: „Die Überführung ebener konformer Koordinaten der deutschen Meridionalstreifensysteme in das Koordinatensystem der bayer. Landstriangulierung“ (Bayer. Zeitschrift für Vermessungswesen, 1925), „Der Zusammenschluß süddeutscher Dreiecksnetze mit den Dreiecksnetzen der preußischen Landesaufnahme zur Gewinnung einheitlicher geographischer Koordinaten“ (Zeitschrift für Vermessungswesen, 1926), „Umwandlung der bayer. Landeskoordinaten in Gauß-Krüger-Koordinaten der deutschen Meridionalstreifen 9° und 12° “ (Zeitschrift für Vermessungswesen, 1929) und von den Arbeiten des Verfassers die schon oben angeführten Arbeiten über die Einbeziehung Laplacescher Punkte in die geodätische Netzausgleichung.

Von Dissertationen, in denen Vorschläge aus den Finsterwalderschen Vorlesungen untersucht und weitgehend verwendet wurden, sind vor allem zu nennen die Arbeiten von G. Clauß, „Das Verhältnis der Gaußschen und Soldnerschen Bildkugel zum Besselschen Erdellipsoid“ (Diss. d. T. H. München, 1917), F. Boecklein, „Die gemeinsame Überführung der geographischen Koordinaten von Bayern und Württemberg in das System der preußischen Landesaufnahme (Einheitssystem)“ (Diss. d. T. H. München, 1924), Chr. Schmidt, „Über die gegenseitige Orientierung von Flugaufnahmen mittels gnomonischer Projektion“ (Diss. d. T. H. München, 1927), J. Koppmair, „Nadirtriangulation“ (Diss. d. T. H. München, 1928), H. Plößl, „Die Ausgleichung eines geodätischen Dreiecksnetzes mit vielen Laplaceschen Punkten“ (Diss. d. T. H. München, 1935), und endlich noch die schon oben genannte Dissertation des Verfassers, 1936. Hier darf noch auf die entsprechenden Hinweise in der Betrachtung von O. v. Gruber in Bildmessung und Luftbildwesen, 1932, S. 146 und 147, Mitte, aufmerksam gemacht werden. Die Vorlesungen Finsterwalders, die abwechselnd photogrammetrische Aufgaben, Aufgaben der allgemeinen Landesvermessung, wie die Ausgleichung großer Dreiecksnetze, die Umrechnung von Dreiecksnetzen auf andere Bezugsflächen, Ellipsoidübergänge und insbesondere das Verhältnis der Gaußschen Bildkugel zum Besselschen Ellipsoid, die Beziehungen zwischen rechtwinklig ebenen, sphärischen und sphäroidischen Koordinaten, die Eintragung von Gitternetzen in abbildungsfremde Kartenwerke, Aufgaben der astronomischen Ortsbestimmung und der Beobachtung und Verwertung Laplacescher Punkte, Betrachtungen über den Einfluß der Seitenrefraktion auf trigonometrische Messungen

usw. umfassen, zeigten die Vielseitigkeit Finsterwalders auf dem Gesamtgebiet der Geodäsie. Die in diesen Vorlesungen eingeflochtenen Betrachtungen über die nordamerikanische Großraumvermessung und die Arbeiten der UdSSR., wie auch die gelegentlichen Betrachtungen über die gesamten europäischen und afrikanischen Triangulationen gingen weit über den Rahmen einer Vorlesung hinaus und waren stets eine kritische Auseinandersetzung mit den dabei aufgeworfenen Problemen. Wenn die hierdurch angeregten Finsterwalderschen Vorschläge wegen der seinerzeitigen Verhältnisse nicht immer in die Praxis umgesetzt und auch durch die bayer. Erdmessungskommission infolge „wiederholter Abminderungen spärlich gewordener Sachmittel der Kommission, deren nützliche Verwendung noch dazu durch drückende fiskalische Bestimmungen erschwert wurden“ — wie Finsterwalder bei anderer Gelegenheit schmerzlich feststellte — nicht weiter verfolgt werden konnten, so kommt Finsterwalder gerade durch diese Vorlesungen das Verdienst zu, Wegbereiter gewesen zu sein für die praktische Bearbeitung vieler geodätischer Gegenwartsprobleme.

In den Vorlesungen über Höhere Geodäsie und Erdmessung war Finsterwalder stets bestrebt, die üblichen analytischen Ableitungen durch geometrische Überlegungen zu veranschaulichen. Finsterwalder hat dabei auch die Lehrsätze der Flächentheorie und der Differentialgeometrie unmittelbar bewiesen und angewandt und damit viele an und für sich schwierige geodätische Probleme in einfacher Weise dargestellt. Dadurch gelang es ihm auch, die Krümmungsverhältnisse krummer Flächen in leicht verständlicher Form zu entwickeln und durch Flächenverbiegung ohne Dehnung und Faltung den Übergang vom Ellipsoid zur Kugel herzuleiten. Hierbei werden die geodätischen Linien auf dem Ellipsoid in Großkreise der Kugel und diese in Gerade übergeführt und ihr innerer Zusammenhang aufgezeigt. Bei dieser Darstellung ist es leicht möglich, die Beziehungen zwischen den rechtwinklig ebenen, den rechtwinklig sphärischen und den rechtwinklig sphäroidischen Koordinaten abzuleiten und so die Geometrie auf dem Ellipsoid mit der sphärischen und ebenen Geometrie in enge Verbindung zu bringen. Diese Ableitungen bildeten die Voraussetzung für eine leicht faßliche und verständliche Ableitung der konformen Projektionen. Finsterwalder kam es in diesen Vorlesungen vor allem darauf an, die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Bezugsflächen geometrisch zu veranschaulichen und schwer verständliche, lange mathematische Entwicklungen zu vermeiden. Durch ständiges Anknüpfen an die mathematischen Grundlagen und durch feines Einfühlen in die Schwierigkeiten, die der Studierende bei diesen Entwicklungen immer empfindet, verstand er es meisterhaft, die Liebe und Freude zur mathematischen Seite der Geodäsie zu wecken.

Zum Abschluß dieser Betrachtung darf noch auf die innere Zufriedenheit und Ruhe hingewiesen werden, mit der Finsterwalder an die Lösung der ihm gestellten Aufgaben heranging, sich nie in ein Problem verkrampfte, sondern immer wieder verstand, sich — ich möchte fast sagen spielerisch — davon frei zu machen, um es um so zäher und stets von neuem anzufassen und unbefangen zu lösen. Will man seine Persönlichkeit und sein Gesamtwerk mit wenigen Worten zusammenfassen und beurteilen, so kann dies kaum besser geschehen als mit den Worten O. v. Grubers in der Festschrift zum 75. Geburtstag: „Durch seine Vorlesungen, Vorträge, Veröffentlichungen und nicht zuletzt im persönlichen Verkehr hat Finsterwalder Anregungen gegeben, die weit über den jeweiligen unmittelbaren Zweck hinaus zu einer dauernden Bereicherung der Wissenschaft und Technik führten. Niemals hielt er mit seinen Ideen zurück, niemals dachte er daran, wirtschaftliche Auswertungsmöglichkeiten sich selbst durch Patente zu sichern, sondern stellte die Früchte seines Geistes seinen Freunden, Schülern und der Öffentlichkeit stets vorbehaltlos und uneigennützig zur Verfügung.“

Verzeichnis der wissenschaftlichen Veröffentlichungen von Sebastian Finsterwalder.

1. Begleitschriften zu im Verlage von L. Brill in Darmstadt erschienenen Modellen:
 - a) Fläche 12. O. Brennfläche eines Strahlensystems etc. 1881. 5 S.
 - b) Die parabolische Ringeyclide. 1883. 4 S.
 - c) Drei Typen von Cycliden mit einem System sphärischer Krümmungslinien. 1885. 4 S.

2. Über Brennflächen und die räumliche Verteilung der Helligkeit bei Reflexion eines Lichtbündels an einer spiegelnden Fläche. Inaugural-Dissertation der naturw. Fakultät der Universität Tübingen. 1886. 33 S.
3. Geologische Skizze des Inntrales von Kufstein bis Rosenheim, in: Rosenheim, sein Alpenvorland und seine Berge. 1886. 7 S.
4. Über die Fadenkonstruktion des Ellipsoides. *Mathematische Annalen*, 25. Bd., 1886, S. 546. 11 S.
5. Katoptrische Eigenschaften der Flächen 2. Grades. *Sitzungsber. d. Bayer. Akad. d. Wiss.*, 1887, S. 33. 10 S.
6. Zur Praxis der Gletscheraufnahmen. *Mitteilungen des D. u. Ö. Alpenvereins*, 1887. 10 S.
7. Der Suldenferner. Mit Originalaufnahme in 1 : 10 000. *Zeitschrift des D. u. Ö. Alpenvereins*, 1887, S. 70. Zusammen mit Dr. H. Schunk. 20 S.
8. Der Gepatschferner. Mit Originalkarte in 1 : 10 000. Ebenda, 1888, S. 50. Zusammen mit Dr. H. Schunk. 8 S.
9. Der Gliederferner. Mit Originalkarte 1 : 10 000. Ebenda, 1888, S. 42. 8 S.
10. Über die Verteilung der Biegeelastizität in dreifach symmetrischen Kristallen. *Sitzungsber. d. Bayer. Akad. d. Wiss.*, 1888, S. 257. 10 S.
11. Die Vermessung des Vernagtferners, I. u. II. *Mitt. des D. u. Ö. Alpenvereins*, 1888 u. 1889. Zusammen mit Dr. A. Blümcke. 7 S. u. 9 S.
12. Aus den Tagebüchern eines Gletschervermessers. *Zeitschrift des D. u. Ö. Alpenvereins*, 1889, S. 259. 23 S.
13. Die Photogrammetrie in den italienischen Hochalpen. *Mitt. des D. u. Ö. Alpenvereins*, 1890. 8 S.
14. Über den mittleren Böschungswinkel und das wahre Areal einer topographischen Fläche. *Sitzungsber. d. Bayer. Akademie d. Wiss.*, 1890, S. 35.
15. Die Terrainaufnahme mittels Photogrammetrie. *Bayer. Industrie- u. Gewerbeblatt*, 1890. Nr. 47. 19 S.
16. Die wissenschaftlichen Ziele der Luftschiffahrt. Ebenda, 1890. 4 S.
17. Die Fahrt der Ballons „Herder“ am 10. Juli 1889. *Beob. d. meteor. Stationen des Kgr. Bayern*, 1890. Zusammen mit Dr. Erk. 10 S.
18. Das Wachsen der Gletscher in der Ortlergruppe. *Mitt. des D. u. Ö. Alpenvereins*, 1890. 16 S.
19. Die Gletscherausbrüche des Martelltales. *Ztschr. des D. u. Ö. Alpenvereins*, 1890, S. 21. 14 S.
20. Zur Frage der Gletschererosion. *Sitzungsber. d. Bayer. Akad. d. Wiss.*, 1890, S. 435. Zusammen mit Dr. A. Blümcke. 10 S.
21. Wie erodieren die Gletscher? *Ztschr. des D. u. Ö. Alpenvereins*, 1891, S. 75. 10 S.
22. Die von optischen Systemen größerer Öffnung und größeren Gesichtsfeldes erzeugten Bilder. *Abhandlungen der Bayer. Akad. d. Wiss.*, 27. Bd., 3. Abt., 1891, S. 519. 71 S.
23. Adiabatische Zustandsänderung in der Atmosphäre. *Jahresber. d. Münchn. Vereins f. Luftschiffahrt*, 1891. 2 S.
24. Die verschiedenen Typen des Verlaufs von Krümmungslinien im allgemeinen Nabelpunkt einer Fläche. *Katalog mathem. Modelle usw.*, herausgegeben v. W. Dyck, München, 1892, S. 303. 3 S.
25. Die freie Fahrt des Ballons „München“ am 4. Juli 1892. *Beob. der meteor. Stationen des Kgr. Bayern*, 1892. 5 S.
26. Die erste wissenschaftliche Nachtfahrt des Münchener Vereins für Luftschiffahrt und
27. Die zweite wissenschaftliche Nachtfahrt des Münchener Vereins für Luftschiffahrt. *Beob. d. meteor. Stationen d. Kgr. Bayern*, 1893. Zusammen mit L. Sohndke. 15 S. u. 10 S.
28. Eine freie Fahrt am 12. Jan. 1894. *Jahresber. d. Münchener Vereins f. Luftschiffahrt*, 1893. 1 S.
29. Die wissenschaftliche Ballonfahrt vom 27. Febr. 1893. Ebenda 1893. 6 S.
30. Einige Ergebnisse wissenschaftlicher Fahrten des Münchener Vereins für Luftschiffahrt. *Meteorol. Zeitschrift*, 1894, S. 376. Zusammen mit L. Sohndke. 16 S.
31. Bemerkungen über die bei Ballonbeobachtungen erreichbare Genauigkeit. *Zeitschrift f. Luftschiffahrt*, 1894, S. 177. 6 S.
- 32a. Photogrammetrischer Theodolit für Hochgebirgsaufnahmen. *Zeitschr. für Instrumentenkunde*, 1895, S. 371. 4 S.
- 32b. Photogrammetrischer Theodolit für Hochgebirgsaufnahmen. *Zentralzeitschrift f. Optik u. Mechanik*, 1897.
33. Zur photogrammetrischen Praxis. *Zeitschr. f. Vermessungswes.*, 25. Bd., 1896, S. 225. 16 S.

34. Über Gletscherschwankungen im Adamello- und Ortlergebiet. Mitt. des D. u. Ö. Alpenvereins, 1896. 10 S.
35. Vom Gepatsch-, Weissee- und Langtaufereferner. Ebenda, 1897. 5 S.
36. Der Vernagtferner, seine Geschichte und seine Vermessung. Mit einer Karte des Ferners in 1 : 10 000. Wissenschaftl. Ergänzungshefte zur Zeitschrift des D. u. Ö. Alpenvereins, 1. Bd., 1. Heft, 1897. 96 S.
37. Harmonische Analyse mittels des Polarplanimeters. Zeitschrift für Mathematik und Physik, 1897, S. 85. 8 S.
38. Beobachtungen am Vernagt-Guslarferner im Jahre 1897. Mitt. des D. u. Ö. Alpenvereins, 1897. Gemeinsam mit H. Hess. 5 S.
39. Die geometrischen Grundlagen der Photogrammetrie. Jahresber. der Deutschen Mathematikervereinigung, 6. Bd., 1898, S. 3. 40 S.
40. Mechanische Beziehungen bei der Flächendeformation. Ebenda, 6. Bd., 1898, S. 45. 45 S.
41. Ortsbestimmungen im Ballon. Illustrierte Aeronautische Mitteilungen, 1899. 7 S.
42. E. v. Drygalskis Grönlandswerk. Petermanns Geograph. Mitteilungen, 1899. 7 S.
43. Die Beanspruchung des Netzes am Freiballon. Illustrierte Aeronautische Mitteilungen, 1900, S. 1. 5 S.
44. Über die Konstruktion von Höhenkarten aus Ballonaufnahmen. Sitzungsberichte der Bayer. Akad. d. Wissensch., 1900, S. 149. 16 S.
45. Über die innere Struktur der Mittelmoränen. Ebenda, 1901, S. 533. 8 S.
46. Die Gletscher. Beilage zur Allgem. Zeitung Nr. 32 u. 33, 1901. 17 S.
47. Die Windgefahr bei Alpenschutzhütten. Mitt. des D. u. Ö. Alpenvereins, 1901. 7 S.
48. Zur Lösung der Aufgabe 1. Zeitschr. f. Mathematik und Physik, 46. Bd., 1901, S. 251. 3 S.
49. Die Erscheinungen, welche einem Gletschervorstoß vorausgehen. Verhandlungen des 13. Geographentages zu Breslau, 1901, S. 180. 3 S.
50. Les variations périodiques des glaciers, sixième, septième et huitième rapport. (1900, 1901, 1902.) Archives des Sciences physiques et naturelles, t. 12, 1901; t. 14, 1902; t. 15 et 16, 1903. Zusammen mit E. Muret. 27, 20 und 35 S.
51. Aerodynamik. Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften, 4. Bd., Nr. 17, 1902, S. 149. 35 S.
52. Über den Zuschnitt von Ballonhüllen. Illustrierte Aeronautische Mitteilungen, 6. Bd., 1902, S. 155. 4 S.
53. Der Diemferner. Mitteilungen des D. u. Ö. Alpenvereins, 1902. 4 S.
54. Eine Grundaufgabe der Photogrammetrie und ihre Anwendung auf Ballonaufnahmen. Mit 2 Tafeln. Abhandlungen der Bayer. Akad. der Wissensch., 22. Bd., 2. Abt., 1903, S. 255. 36 S.
55. Die topographische Verwertung von Ballonaufnahmen. Illustrierte Aeronautische Mitteilungen, 7. Bd., 1903, S. 385. 11 S.
56. Bericht der internationalen Gletscherkommission. Dem 9. Internationalen Geologenkongreß zu Wien 1903 erstattet. Comptes Rendus Congrès géologique de Vienne, 1904, S. 161. 9 S.
57. Das Rückwärtseinschneiden im Raum. Sitzungsberichte der Bayer. Akad. der Wissensch., 1903, S. 591. Zusammen mit W. Scheufele. 24 S.
58. Bemerkungen zur Analogie zwischen Aufgaben der Ausgleichsrechnung und solchen der Statik. Ebenda, 1903, S. 683. 6 S.
59. Eine neue Art, die Photogrammetrie bei flüchtigen Aufnahmen zu verwenden. Ebenda, 1904, S. 103. 8 S.
60. Der „gefährliche Ort“ beim Rückwärtseinschneiden auf der Kugel. Ebenda, 1905, S. 3. 9 S.
61. Zeitliche Änderungen der Geschwindigkeit der Gletscherbewegung. Ebenda, 1905, S. 109. Zusammen mit Adolf Blümcke. 23 S.
62. Flüchtige Aufnahmen mittels Photogrammetrie. Verhandlungen des III. Internationalen Mathematikerkongresses in Heidelberg, 1905, S. 476. 8 S.
63. Über die mittels der photographischen Flinte im Luftballon erzielten Resultate. 16. Jahresbericht des Münchener Vereins für Luftschiffahrt. 1905. 8 S.
64. Ernst Karl Äbbe, der Schöpfer des modernen Mikroskopes. Beilage zur „Allgemeinen Zeitung“, Nr. 91, 1905. 7 S.
65. Photogrammetrie. Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften, VI. Bd., 1. Abt., 1905, S. 98. 17 S.
66. Die Photogrammetrie als Hilfsmittel der Geländeaufnahme. Anleitung zu wissenschaftl. Beobachtungen auf Reisen, herausgegeben von Dr. G. V. Neumeyer, 3. Aufl., 1. Bd., Hannover 1906, S. 163. 38 S.

67. Die Gletscherbewegung mit Berücksichtigung ihres senkrechten Anteils. Zeitschrift für Gletscherkunde, 1. Bd., 1906/07, S. 4. Zusammen mit A. Blümcke. 17 S.
68. Die Konferenz ostalpiner Gletscherforscher in Sulden vom 9. bis 13. Aug. 1906. Ebenda, 1. Bd., 1906/07, S. 302. 15 S.
69. Die Neuvermessung des Suldenferners im August 1906. Zeitschrift für Gletscherkunde, 1. Bd., 1906/07, S. 302. 4 S.
70. Die Theorie der Gletscherschwankungen. Ebenda, 2. Bd., 1907/08, S. 81. 22 S.
71. Die Aerodynamik als Grundlage der Luftschiffahrt. Verhandl. d. Schweiz. Naturforsch.-Gesellschaft, Lausanne 1909, 1. Bd. 22 S.
72. Geschwindigkeitsmessungen in kartographisch unerforschten Gletschergebieten. Ebenda, 5. Bd., 1910/11, S. 222. 2 S.
73. Beobachtungen über die Art der Gletscherbewegung. Sitzungsber. d. Bayer. Akad. d. Wiss., 1912, S. 1. 9 S.
74. Die Neuvermessung des Suldenferners 1906 und dessen Veränderungen in den letzten Jahrzehnten. Mit 4 Originalkarten in 1 : 10 000 und 3 Tafeln. Zeitschrift für Gletscherkunde, 7. Bd., 1912/13, S. 145. 35 S.
75. Der Gletscherkurs des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins auf der Berlinerhütte im Zillertal (Tirol), September 1913. Ebenda, 8. Bd., 1913/14, S. 128. 4 S.
76. Das Verhältnis der bayerischen zur preußischen Landestriangulation und die Lotabweichung in München. Sitzungsber. d. Bayer. Akad. d. Wiss., 1914, S. 53. 17 S.
77. Der Zusammenschluß des preußischen und sächsischen Hauptdreiecksnetzes im Norden von Bayern. Ebenda, 1914, S. 241. 19 S.
78. Vorschlag zu einer Neugestaltung der bayerischen Koordinaten. Zeitschrift des Vereins der Höheren Bayer. Vermessungsbeamten, 8. Bd., 1914. 7 S.
79. Photogrammetrische Aufnahmen. Kalender für Vermessungswesen und Kulturtechnik, III. Teil, 1914. 5 S.
80. Eine neue Lösung der Grundaufgabe der Luftphotogrammetrie. Sitzungsber. d. Bayer. Akad. d. Wiss., 1915, S. 67. 11 S.
81. Über die Ausgleichung des zukünftigen bayerischen Hauptdreiecksnetzes. Ebenda, 1915, S. 199. 10 S.
82. Gletscherkonferenz 1912 im Dauphiné. Zeitschrift für Gletscherkunde, 10. Bd., 1916/17, S. 43. 4 S.
83. Nachmessungen an den Gletschern beiderseits des Brenners 1915. Ebenda, 10. Bd., S. 51. 6 S.
84. Alte und neue Hilfsmittel der Landesvermessung. Festrede in der öffentl. Sitzung d. Bayer. Akad. d. Wiss. am 13. November 1916, München. 1917. 29 S.
85. Flächenteilung mit kürzesten Grenzen. Abhdl. d. Bayer. Akad. d. Wiss., 28. Bd., Nr. 7, 1916. 39 S.
86. Vermessungen am Rhonegletscher 1874—1875. Zeitschrift für Gletscherkunde, 12. Bd., 1921, S. 1. 19 S.
87. Lage und Höhe von Luftsignalen (Türmen) in München und Umgebung. Veröfftl. d. Bayer. Kommission f. internat. Erdmessung. München, 1921. 11 S.
88. Darstellung eines nahezu ebenen Geländes nach Fliegeraufnahmen bei spärlich vorhandenen Festpunkten. Bemerkungen und Ergänzungen zu einer Abhandlung von E. Rudel. Sitzungsber. d. Bayer. Akad. d. Wiss., 1921, S. 1. 8 S.
89. Der Schlegeisgrund im Zillertal in Tirol. Zeitschrift für Gletscherkunde, 13. Bd., 1923. 7 S.
90. Mechanismus der Gletscherbewegung und Gletschertextur. Ebenda, 1923. 4 S.
91. Die Kernpunkte, die gnomonische Projektion und die Reziprokalprojektion in der Photogrammetrie. 6. Bd. 1923.
92. Luftschiffahrt in: Das Deutsche Museum, Geschichte, Aufgaben, Ziele; VDI.-Verlag, 1925, S. 186. 6 S.
93. Über den Vernagtferner! Festschrift Sekt. Würzburg des D. u. Ö. Alpenvereins, 1926. Zusammen mit H. Hess. 12 S.
94. Photogrammetrische Anwendung des Flugzeuges. Jahresbericht des Bundes der Freunde der T. H. München, 1926. 9 S.
95. Ludwig Burmester. Jahrbuch der Bayer. Akad. d. Wiss., 1927. 7 S.
96. Eduard Brückner. Zeitschrift für Gletscherkunde, 16, 1928. 19 S.
97. Begleitworte zur Karte des Gepatschferners. Zeitschrift für Gletscherkunde, 16, 1928. 22 S.
98. Bedeutung der Photogrammetrie für Technik und Wirtschaft. Vorträge 2. Hauptvers. d. Int. Ges. f. Photogramm. 1926, Berlin 1927. 5 S.

99. Die Photogrammetrie des Hochgebirges für wissenschaftliche Zwecke. Ebenda. 3 S. Verlag R. Eisenschmidt, Berlin, 1927.
100. Über Flächen, auf denen sich unendlich kleine Kurven ohne Gestaltänderung nach allen Richtungen verschieben lassen. Sitzungsber. d. Bayer. Akad. d. Wiss., 1930. 24 S.
101. Verteilung der Schwerkraft über Süddeutschland. Forsch. u. Fortschr., 6, 1930. 2 S.
102. Auswertung weitwinkliger Luftaufnahmen. Sitzungsber. d. Bayer. Akad. d. Wiss., 1930. 24 S.
103. Höhenkarten aus weitwinkligen Luftaufnahmen. Int. Archiv. f. Photogramm. 7, 1931. 19 S.
104. Über die zweckmäßigste Verwendung der geographischen Ortsbestimmungen bei der Nadirtriangulation. Int. Archiv f. Photogramm. 7, 1931. 9 S.
105. Über die Ausfüllung eines festen Rahmens durch Nadirtriangulation. Festschrift Eduard Doležal, Wien, 1932. 5 S.
106. Die Hauptaufgabe der Photogrammetrie. Sitzungsber. d. Bayer. Akad. d. Wiss., 1932. 16 S.
107. Die Fehlergesetze gleichförmiger gestreckter Dreiecksketten. Sitzungsber. d. Bayer. Akad. d. Wiss., 1933. 28 S.
108. Lineare und halblinare Einschaltung in Pfeilfeldern. Sitzungsber. der Heidelberger Akad. d. Wiss., 1934, 9. Abhdlg. 15 S.
109. Eine neue astronomische Orientierung des Bayer. Hauptdreiecksnetzes. Sitzungsber. d. Bayer. Akad. d. Wiss., 1935. 11 S.
110. Dr. Max Schmidt. Jahresber. d. Bayer. Akad. d. Wiss., 1935/36.
111. Zusammenschluß der deutschen Dreiecksnetze in Nord und Süd. Sonderheft 11 der Mitt. d. Reichsamtes f. L., 1936. Zusammen mit Dr. Boecklen.
112. Regelmäßige Anordnungen gleicher sich berührender Kreise in der Ebene, auf der Kugel und auf der Pseudosphäre. Abhdlg. der Bayer. Akad. d. Wiss., naturwiss. Abtlg., Neue Folge, Heft 36, 1936. 42 S.
113. Die gemeinsame Ortung einer Mehrzahl von Aufnahmen des gleichen Geländes. Bildmessung und Luftbildwesen, Heft 4, 1937. 8 S.
114. Grundsätzliches zur astronomischen Ortung von Flugaufnahmen. Sitzungsber. d. Bayer. Akad. d. Wiss., 1937. 4 S.
115. Weiteres zur astronomischen Ortung von Flugaufnahmen. Sitzungsber. d. Bayer. Akad. d. Wiss., 1938. 7 S.
116. Sebastian Finsterwalder zum 75. Geburtstag am 4. Okt. 1937. Die Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie. Verlag H. Wichmann, Berlin NW 7. 208 S.
117. Die praktische Verwertung von astronomisch georteten Luftaufnahmen. Bildmessung und Luftbildwesen, 13, 1938. 4 S.
118. Die rechnerische Durchführung der Ortung, insbesondere bei sonnengeorteten Luftaufnahmen. Sitzungsber. d. Bayer. Akad. d. Wiss., 1939. 27 S.
119. Über zwei mit der Ortung von Luftaufnahmen zusammenhängende Aufgaben. Sitzungsber. d. Bayer. Akad. d. Wiss., 1939. 26 S.
120. Die gemeinsame Kopplung dreier Luftaufnahmen desselben Geländes. Sitzungsber. d. Bayer. Akad. d. Wiss., 1940. 18 S.
121. Hans Hess. Zeitschrift für Gletscherkunde, Band 27, H. 3/4, 1941. 6 S.
122. Der Folgebildanschluß. Sitzungsber. d. Bayer. Akad. d. Wiss., 1941. 19 S.
123. Die Änderung des Maßstabs in einem Dreiecksnetz. Sitzungsber. d. Bayer. Akad. d. Wiss., 1942. 14 S.

Entzerrung nach Einstellwerten?

Neue Näherungsformeln für das Entzerrungsgerät.

Von Rudolf Burkhardt.

Die nachstehende Abhandlung geht von dem Grundsatz aus, daß bequeme Näherungsformeln, die praktisch befriedigen, wertvoller sind als exakte Formeln, die wegen ihrer Umständlichkeit doch nicht angewendet werden. Es werden daher für die Entzerrung von Senkrechtaufnahmen mit einer Neigung bis 20° neue Näherungsformeln abgeleitet. Dabei ergibt sich ein praktisch gangbarer Weg, die Bildverschiebung senkrecht zur Bildträgerachse (4. Unbekannte) in Form einer Faustregel rechnerisch auszuschalten. Hierdurch ist ein gewisser Ersatz der Fluchtpunktsteuerung bei Senkrechtaufnahmen gefunden, die z. B. für Schrägaufnahmen beim Photokartograph von S. Finsterwalder vorhanden ist.

Da die Bildverschiebung längs der Bildträgerachse (5. Unbekannte) nur äußerst selten auftritt, brauchen dann bei bekannter innerer Orientierung nur noch 1. Vergrößerung, 2. Kantung und 3. Neigung am Gerät eingepaßt werden. Obgleich theoretisch drei Paßpunkte ausreichen, werden doch zweckmäßig vier Paßpunkte zur Einpassung benutzt, um ein genaues Ergebnis zu erhalten.

Die neuen Näherungsformeln und Tafeln erleichtern besonders eine Entzerrung nach Einstellwerten, sie ermöglichen die Umbildung zu echten Perspektiven.

Während sich die Abschnitte 1 bis 4 mit den Grundlagen befassen, werden im Abschnitt 5 Beispiele, die die Genauigkeit der neuen Formeln erweisen, im 6. Abschnitt Gebrauchsformeln und im 7. und 8. die praktische Anwendung beim Entzerren nach Paßpunkten und nach Einstellwerten gezeigt. Schließlich sind im Abschnitt 9 Beispiele von Umbildungen einer Gebäudeaufnahme abgebildet, die die Auswirkung der einzelnen Veränderlichen besonders gut veranschaulichen.

1. Aufgabe.

Während die Umbildung allgemein eine perspektive Veränderung des Bildes herbeiführt, besteht die Aufgabe des Sonderfalles der Umbildung, der Entzerrung, entweder darin,

a) die richtige Grundrißlage in einem bestimmten Maßstab zu erzielen, oder

b) eine genaue Nadiraufnahme mit bestimmter Äquivalent-Brennweite zu erhalten.

a) läßt sich in horizontalem oder geneigtem Gelände, das aber eben sein muß, erreichen; bei geneigtem Gelände außerdem unmittelbar nur dann, wenn Bild und Gelände nicht parallel sind und wenn die Geländeneigung selbst nicht zu stark ist (Aschenbrenner, [1], S. 579). Bei hügeligem Gelände treten gewisse Fehler auf, da nur für ebene Flächen die Zentralperspektive der Aufnahme in die gewünschte senkrechte Parallelprojektion unserer Kartenwerke übergeführt werden kann; außerdem ist wegen der Fehlerwidersprüche hier eine eindeutige Lösung nicht möglich.

b) Führt stets zu einer eindeutigen Lösung und echten Perspektive.

Wird die geeignete Vergrößerung gewählt, so entspricht im ebenen horizontalen Gelände das Ergebnis von b) genau dem Ergebnis von a). Gewisse Unterschiede zwischen a) und b) treten nur dann auf, wenn das Gelände eben, aber geneigt ist, oder bei hügeligem Gelände. Ebenes, geneigtes Gelände wird wegen der hangabtragenden Wirkung des Wassers, zu der sich noch die erodierende gesellt, tatsächlich selten anzutreffen sein (vgl. Aschenbrenner, [1], S. 578). Im hügeligen Gelände werden aber in der Regel die Abweichungen zwischen a) und b) geringer als die zwischen ihnen und der Karte sein: denn ein Unterschied zwischen a) und b) entsteht nur dann, wenn die Paßpunkte, die zum Einstellen benutzt werden, verschieden hoch liegen. Im Falle a) wird dann auf eine Ebene entzerrt, die, soweit möglich, durch die Paßpunkte gelegt werden kann. Die Abstände der höchsten und tiefsten Geländepunkte von dieser ausmittelnden Ebene werden aber in der Regel größer sein als die Höhenunterschiede zwischen den Paßpunkten.

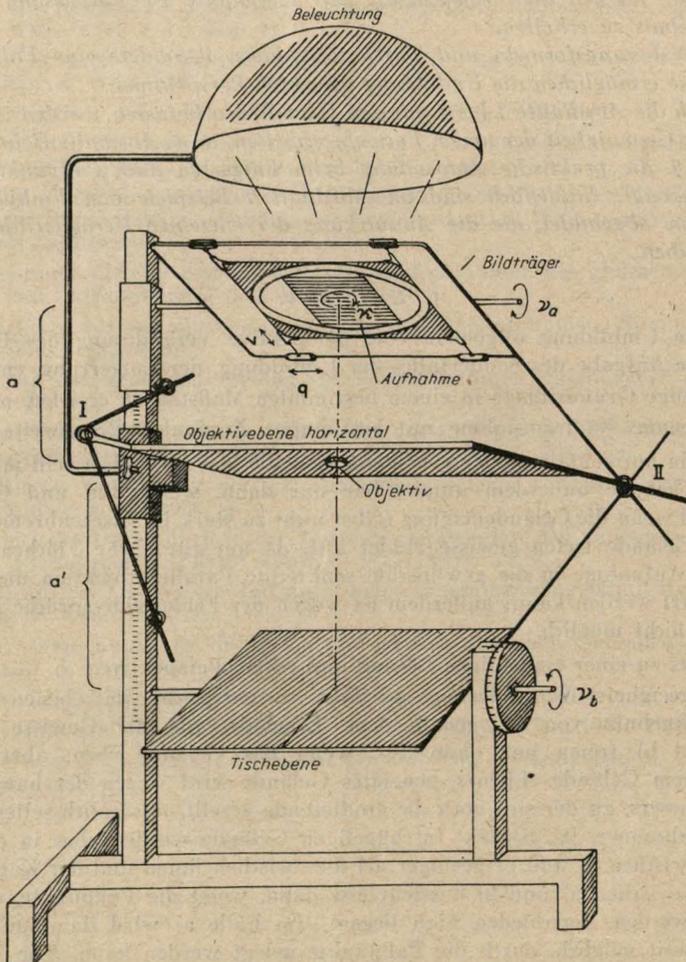
Daraus ergibt sich, daß praktisch für Bildplanarbeiten sowohl nach a) als auch nach b) vorgegangen werden kann.

Für die Herstellung des stereoskopischen Normalfalles aber, wenn Luftaufnahmen zu exakten Raummodellen zusammengestellt werden sollen, z.B. für die Ausmessung mittels Stereopantometer oder ähnliche Zwecke, führt nur b) zur richtigen Lösung.

In Deutschland wird hauptsächlich nach a) entzerrt; b) findet in Finnland hervorragende Anwendung (vgl. Löffström [2]), nachdem durch General Nenonen in der Horizontabbildung ein einfacher Weg für die Beschaffung der Aufnahmerichtungen und -neigungen gefunden wurde. Von Löffström wurden Tafeln für die rasche Ermittlung der Einstellwerte aufgestellt, doch beziehen sich diese auf Geräte mit Objektivkipfung; Bezugsachse ist dort also die Achse durch den Bildhauptpunkt,

2. Das Gerät.

Hier wird der in Deutschland gebräuchlichste Gerätetyp zugrunde gelegt, der die optische Achse zur Bezugsachse hat (z. B. SEG. I von Zeiss). In Abbildung 1 ist seine Wirkungsweise



Schema-Abbildung 1: Das Entzerrungsgerät.
I und II sind mechanische Steuerungen für jederzeitige Scharfabbildung (Inversoren).

schematisch dargestellt. Die Objektivklippung γ (vgl. oben) ist durch die Bildträgerverschiebung v ersetzt, was den Vorteil mit sich bringt, daß die Scheimpflugbedingung nicht durch die Objektivklippung nochmals nachgesteuert zu werden braucht. Die unabhängigen Veränderlichen (Freiheitsgrade) sind:

- a' = Abstand Tisch — Objektiv (Vergrößerung),
- ν_b = Tischneigung,
- \varkappa = Bildkantung,
- v = Bildverschiebung \perp Bildträgerachse,
- q = Bildverschiebung \parallel Bildträgerachse.

Zur Scharfabbildung aller Bildteile ist der Abstand a zwischen Bildträger und Objektiv von a' und die Bildträgerneigung ν_a von ν_b abhängig.

3. Die geometrischen Grundlagen.

Die geometrischen Beziehungen lassen sich aus der Abbildung 2 erkennen. Zu den unter 2. genannten Größen kommen hinzu:

- n = Vergrößerung,
- h^* = Flughöhe im Entzerrungsmaßstab,
- f_a = Aufnahmebrennweite,
- f_e = Entzerrungsbrennweite.

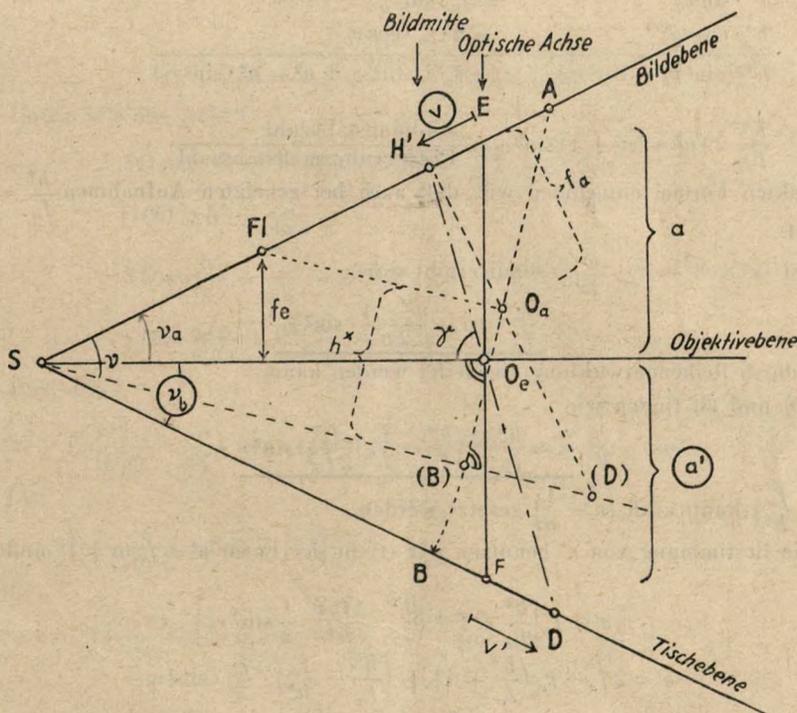


Abb. 2:

Geometrische Beziehungen zwischen den einzelnen Größen beim Entzerren von Luftbildern.

Unter der Voraussetzung, daß das Bild richtig gekantet ist, ergeben sich die folgenden, von O. v. Gruber [3] abgeleiteten Formeln, die wir aus dem zusammenfassenden Werk über das

Entzerrungsgerät von Schwidewsky [4], S. 28, 29 und 72, entnehmen (wir ersetzen den Ausdruck $M \cdot h$ durch h^*):

$$\frac{a'}{a} = n = \frac{\operatorname{tg} v_b}{\operatorname{tg} v_a} = \frac{a' - f_e}{f_e} \quad (1)$$

$$\frac{h^*}{f_a} = \frac{\sin v_b}{\sin v_a} \quad (2)$$

$$\frac{f_e}{f_a} = \frac{\sin v}{\sin v'} \quad (3)$$

$$v = \frac{h^*}{n \cdot \sin v} - f_a \cdot \cotg v \quad (4)$$

4. Neue Ableitungen.

Bei der praktischen Anwendung obiger Formeln zur Berechnung von n , a' und v erweisen sich diese zum Teil als umständlich, weil zunächst Hilfsgrößen berechnet werden müssen, die nicht gebraucht werden, und zum Teil als ungenau, da z. B. der Ausdruck (4) eine Differenz zweier großer Werte darstellt. Es werden daher nachstehend neue Formeln für a' , n , v und v' (Hauptpunktverschiebung in der Tischebene) entwickelt; der eilige Leser möge diese Formelableitungen überblättern.

a) Formeln für die Vergrößerung n und den Tischabstand a' :

$$h^* = M \cdot h; \quad (5)$$

aus (1) und (2) folgt $\frac{1}{n} \cdot \frac{\cos v_a}{\cos v_b} = \frac{f_a}{h^*}$ und damit

$$\begin{aligned} h^* \cdot \sin v_a &= f_a \cdot \sin v_b \\ h^* \cdot \cos v_a &= n \cdot f_a \cdot \cos v_b \\ \hline h^* (\sin^2 v_a + \cos^2 v_a) &= f_a^2 \cdot (\sin^2 v_b + n^2 - n^2 \cdot \sin^2 v_b) \end{aligned} \quad (6)$$

oder

$$\frac{h^*}{f_a} = \sqrt{n^2 - (n^2 - 1) \sin^2 v_b} \approx \frac{\text{Bildmaßstabszahl}}{\text{Entzerrungsmaßstabszahl}} \quad (7)$$

Dieser exakten Formel entnehmen wir, daß auch bei geeigneten Aufnahmen $\frac{h^*}{f_a} = n$ wird, falls $n = 1$.

Nun ist $(x^2 + \delta)^{\frac{1}{2}} \approx x + \frac{\delta}{2x}$; somit ergibt sich

$$\frac{h^*}{f_a} \approx n - \frac{n^2 - 1}{2n} \cdot \sin^2 v_b, \quad (9)$$

was auch durch Reihenentwicklung abgeleitet werden kann.

Aus (9) und (3) finden wir

$$n \approx \frac{h^*}{f_a} + \left(\frac{h^*}{f_a} - \frac{f_a}{h^*} \right) \frac{f_e^2}{2f_a^2} \cdot \sin^2 v \quad (10)$$

für $\left(\frac{h^*}{f_a} - \frac{f_a}{h^*} \right)$ kann auch $\left(n - \frac{1}{n} \right)$ gesetzt werden.

Für die Bestimmung von a' benutzen wir (1) in der Form $a' = f_e (n + 1)$ und erhalten mit (10):

$$a' \approx f_e \left[\frac{h^*}{f_a} + 1 + \left(\frac{h^*}{f_a} - \frac{f_a}{h^*} \right) \frac{1}{2} \sin^2 v_b \right] \quad (11)$$

oder

$$a' = 2f_e + f_e \left(\frac{h^*}{f_a} - 1 \right) + \left(\frac{h^*}{f_a} - \frac{f_a}{h^*} \right) \cdot \frac{f_e}{2} \cdot \sin^2 v_b \quad (12)$$

$$\text{wobei } \left(\frac{h^*}{f_a} - \frac{f_a}{h^*} \right) \approx \left(n - \frac{1}{n} \right)$$

b) Formeln für die Verschiebung v oder v' des Bildhauptpunktes.

Aus (4) und (9) erhalten wir

$$v \approx \frac{f_a}{\sin v} \left(1 - \frac{n^2 - 1}{2n^2} \cdot \sin^2 v_b - \cos v \right) \quad (13)$$

Nun ist
$$\frac{1 - \cos v}{\sin v} = \frac{2 \sin^2 \frac{v}{2}}{2 \sin \frac{v}{2} \cos \frac{v}{2}} = \operatorname{tg} \frac{v}{2} \quad \text{und damit} \quad (14)$$

$$v \approx f_a \cdot \operatorname{tg} \frac{v}{2} - \frac{f_e^2}{2 f_a} \cdot \left(1 - \frac{1}{n^2}\right) \cdot \sin v, \quad (15)$$

wobei für $\left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$ auch $1 - \frac{f_e^2}{(a' \cdot f_e)^2}$ gesetzt werden kann.

Nach (13) und (8) ist auch

$$\frac{1 - \cos v}{\sin v} = \frac{1 - \sqrt{1 - \sin^2 v}}{\sin v} \approx \frac{1 - 1 + \frac{\sin^2 v}{2}}{\sin v} \approx \frac{\sin v}{2} \quad (16)$$

Damit und mit (3) ergibt sich

$$\begin{aligned} v &\approx f_a \cdot \frac{1}{2} \cdot \sin v_b \cdot \frac{f_a}{f_e} - f_a \frac{n^2 - 1}{2 n^2} \cdot \sin v_b \cdot \frac{f_e}{f_a} \\ &\approx \sin v_b \cdot \left[\frac{f_a^2}{2 f_e} - \frac{f_e}{2} \left(1 - \frac{1}{n^2}\right) \right] \end{aligned} \quad (17)$$

mit (1) in der Form $n = \frac{a' - f_e}{f_e}$ ergibt sich

$$v \approx \sin v_b \cdot \frac{f_e}{2} \left[\frac{f_a^2}{f_e^2} - 1 + \frac{f_e^2}{(a' - f_e)^2} \right] \quad (18)$$

Für v' finden wir aus Abb. 2

$$SD = S(D) = S(B) + (B)(D) = \frac{A(B)}{\operatorname{tg} v} + h^* \cdot \operatorname{tg} v \quad (23)$$

$$A(B) = h^* + \frac{f_a}{\cos v} \quad (24)$$

$$SD = \frac{h^*}{\operatorname{tg} v} + \frac{f_a}{\sin v} + h^* \cdot \operatorname{tg} v \quad (25)$$

$$SD = \frac{f_a}{\sin v} + h^* \left(\frac{1}{\operatorname{tg} v} + \operatorname{tg} v \right) \quad (26)$$

Mit (9) erhalten wir

$$SD = f_a \left[\frac{1}{\sin v} + \frac{n}{\operatorname{tg} v} + n \cdot \operatorname{tg} v - \frac{n^2 - 1}{2 n} \cdot \frac{\sin^2 v_b}{\operatorname{tg} v} - \frac{n^2 - 1}{2 n} \cdot \sin^2 v_b \cdot \operatorname{tg} v \right] \quad (27)$$

Nach Abb. 2 ist

$$v' = SD - \frac{a'}{\sin v_b} = SD - \frac{f_a(n + 1)}{\sin v} \quad (28)$$

$$v' = n \cdot f_a \left[\frac{\cos v - 1}{\sin v} + \operatorname{tg} v - \frac{f_e^2 \left(1 - \frac{1}{n^2}\right)}{2 f_a^2} \cdot \sin^2 v \left(\operatorname{tg} v + \frac{1}{\operatorname{tg} v} \right) \right] \quad (29)$$

oder mit (14):

$$v' = n \cdot f_a \left[-\operatorname{tg} \frac{v}{2} + \operatorname{tg} v - \frac{f_e^2}{2 f_a^2} \left(1 - \frac{1}{n^2}\right) \cdot \operatorname{tg} v (\sin^2 v + \cos^2 v) \right] \quad (30)$$

$$\operatorname{tg} \frac{v}{2} = \frac{\operatorname{tg} v}{2} \left(1 - \operatorname{tg}^2 \frac{v}{2}\right)$$

$$v' = n \cdot \frac{f_a}{2} \cdot \operatorname{tg} v \left[1 - \frac{f_e^2}{f_a^2} \left(1 - \frac{1}{n^2}\right) \right] \quad (31)$$

Mit $n = \frac{a' - f_e}{f_e}$ ergibt sich:

$$v' = \frac{a' - f_e}{2} \cdot \frac{f_a}{f_e} \cdot \operatorname{tg} v \left[1 - \frac{f_e^2}{f_a^2} \left(1 - \frac{f_e^2}{(a' - f_e)^2} \right) \right] \quad (32)$$

Mit großer Näherung ist

$$\operatorname{tg} v \approx \frac{f_a}{f_e} \cdot \operatorname{tg} v_b \quad (\text{vgl. (3)}), \text{ daher} \quad (33)$$

$$v' \approx \operatorname{tg} v_b \left[\frac{a' - f_e}{2} \left(\frac{f_a^2}{f_e^2} - 1 \right) - \frac{f_e^2}{2(a' - f_e)} \right] \quad (34)$$

Wir stellen nun die neuen Formeln mit den bisherigen zusammen:

Bisherige Formeln:

$$n = \frac{a' - f_e}{f_e} \quad (1)$$

$$\sin v_b = \frac{f_e}{f_a} \cdot \sin v \quad (3)$$

Neue Formeln:

$$\frac{h^*}{f_a} = n - \frac{n^2 - 1}{2n} \cdot \sin^2 v_b \quad (9)$$

$$n = \frac{h^*}{f_a} + \left(\frac{h^*}{f_a} - \frac{f_a}{h^*} \right) \frac{f_e^2}{2f_a^2} \cdot \sin^2 v \quad (10)$$

$$a' = 2f_e + f_e \left(\frac{h^*}{f_a} - 1 \right) + \left(\frac{h^*}{f_a} - \frac{f_a}{h^*} \right) \frac{f_e}{2} \sin^2 v_b, \quad (12)$$

wobei für $\left(\frac{h^*}{f_a} - \frac{f_a}{h^*} \right)$ auch $\left(n - \frac{1}{n} \right)$ gesetzt werden kann.

$$v = f_a \cdot \operatorname{tg} \frac{v}{2} - \frac{f_e^2}{2f_a} \left(1 - \frac{1}{n^2} \right) \cdot \sin v \quad (15)$$

für $\frac{1}{n^2}$ kann $\frac{f_e^2}{(a' - f_e)^2}$ gesetzt werden.

$$v = \frac{f_e}{2} \cdot \sin v_b \left[\frac{f_a^2}{f_e^2} - 1 + \frac{f_e^2}{(a' - f_e)^2} \right] \quad (18)$$

$$v' = n \cdot \frac{f_a}{2} \cdot \operatorname{tg} v \left[1 - \frac{f_e^2}{f_a^2} \left(1 - \frac{1}{n^2} \right) \right] \quad (31)$$

$$v' = \operatorname{tg} v_b \left[\frac{a' - f_e}{2} \left(\frac{f_a^2}{f_e^2} - 1 \right) + \frac{f_e^2}{2(a' - f_e)} \right] \quad (34)$$

Vor einer weiteren Vereinfachung dieser Formeln soll ihre Genauigkeit im nächsten Abschnitt an Hand zweier Beispiele aufgezeigt werden.

5. Rechenbeispiele.

Zwei Rechenbeispiele mit einer kleinen und einer großen Aufnahmebrennweite ($f_a = 100 \text{ mm}$ und $f_a = 500 \text{ mm}$) bei einer Entzerrungsbrennweite von $f_e = 178 \text{ mm}$ sollen die Genauigkeit der Formeln aufzeigen.

Mittels Rechenschiebers läßt sich mit den „Näherungsgleichungen“ eine Genauigkeit erzielen, die bereits eine sechsstellige Rechnung mit den exakten Gleichungen übertrifft. Gleichzeitig wird der wesentlich geringere Rechenaufwand ersichtlich.

Beispiel 1:

$$f_a = 100 \text{ mm} \quad f_e = 178 \text{ mm} \quad h^* = 200 \text{ mm} \quad \begin{array}{l} \text{aus } 1 : 50\,000 \\ \text{in } 1 : 25\,000 \end{array} \quad \begin{array}{l} h = 5\,000 \text{ m} \\ = 200 \text{ mm.} \end{array}$$

Bisherige Formeln:

$$\begin{array}{llll} \text{tg } \nu/2 = 0,03929 & \nu = 5^\circ & \sin \nu = 0,07846; & \frac{f_e}{h^*} = 0,89; \frac{f_e}{f_a} = 1,78 \\ \text{tg } \nu_a = 0,07000 & \nu_a = 4^\circ,4493 & \sin \nu_a = 0,06983 & \\ \text{tg } \nu_b = 0,14104 & \nu_b = 8^\circ,9200 & \sin \nu_b = 0,13966 & \\ & & \text{ctg } \nu = 12,7062 & \end{array}$$

$$n = \frac{\text{tg } \nu_b}{\text{tg } \nu_a} = \underline{2,0148}$$

$$200 : n = 99,265$$

$$\begin{array}{l} v = 1265,17 - 1270,62 \text{ mm} \\ v = -5,45 \text{ mm.} \end{array}$$

Neue Formel:

$$n = 2 + \frac{3,17}{2} \cdot 1,5 \cdot 0,00617 = 2,0147$$

$$v = +3,95 - 0,0785 \cdot \frac{317}{2} \cdot 0,753 = +3,93 - 9,39 = -5,46 \text{ mm.}$$

Hiergegen führt die bisherige Näherungsformel (vgl. z. B. [4], S. 29 $f_a \cdot \text{tg}^2 \frac{\nu}{2} = +3,95$ zu einem falschen (vgl. das falsche Vorzeichen) Ergebnis, was auf eine Vernachlässigung des Ausdrucks $\frac{f_e^2}{2f_a} \left(1 - \frac{1}{n^2}\right) \cdot \sin \nu$ in (15) zurückzuführen ist.

Beispiel 2:

$$f_a = 500 \text{ mm} \quad f_e = 178 \text{ mm} \quad h^* = 750 \text{ mm} \quad \begin{array}{l} \text{aus } 1 : 15\,000 \\ \text{in } 1 : 10\,000 \end{array} \quad \begin{array}{l} h = 7500 \text{ m} \\ = 750 \text{ mm.} \end{array}$$

Bisherige Formel:

$$\begin{array}{llll} \text{tg } \frac{\nu}{2} = 0,03929 & \nu = 5^\circ, & \sin \nu = 0,078459 & \\ \text{tg } \nu_a = 0,0186237 & \nu_a = 1^\circ,18548 & \sin \nu_a = 0,0186207 & \frac{f_e}{h^*} = 0,23733 \\ \text{tg } \nu_b = 0,0279424 & \nu_b = 1^\circ,77840 & \sin \nu_b = 0,0279314 & \end{array}$$

$$\frac{f_e}{f_a} = 0,35600$$

$$\text{ctg } \nu = 12,7062 \quad n = 1,50037 \quad \frac{h^*}{n} = 499,877$$

$$\begin{array}{l} v = 6371,19 - 6353,10 \\ = +18,09. \end{array}$$

Dieses Ergebnis ist trotz sechsstelliger Rechnung nur auf zwei Stellen sicher (vgl. nächste S.).

Neue Formel:

$$\begin{array}{l} n = 1,5 + 0,0635 \cdot 0,833 \cdot 0,00617 = 1,50033 \\ v = 19,64 - 31,7 \cdot 0,556 \cdot 0,0785 = 19,64 - 1,38 \\ = 18,26 \text{ mm} \end{array}$$

Die gleiche Genauigkeit wird bei den bisherigen Formeln nur mit 7stelligen Logarithmen erreicht:

f_a	} 2,6989700	$\sin v$	} 8,8946433	ctg	} 1,1040158	
f_e	} 2,2504200	$\sin v_a$	} 8,2700020	tg	} 8,2700773	
h^*	} 2,8750613	$\sin v_b$	} 8,4460933	tg	} 8,4462628	1,50033
f_e/h^*	} 9,3753587	f_e/f_a	} 9,5514500	n	} 0,1761855	
				$n \cdot \sin v$	} 9,0708288	
				$h/n \cdot \sin v$	} 3,8042325	
					+ 6371,36	
					- 6353,10	
					= 18,26	mm

Die Beispiele sind auf 0,01 mm gerechnet, weil damit die Ungenauigkeit der alten Formel bei üblicher Rechnung gezeigt wird. Entscheidend ist, daß bei geringeren Nadirdistanzen bei den alten Formeln noch ganz erheblich größere Fehler auftreten.

6. Gebrauchsformeln und Tafeln für $f_e = 179$ mm.

Wenn man die Genauigkeit berücksichtigt, mit der die äußere Orientierung von Senkrechtaufnahmen bestimmt und die, mit der sie im Entzerrungsgerät wieder hergestellt werden kann, so wird an einer größeren Genauigkeit der Formeln als $0,1''$ kaum Interesse bestehen.

Bei der bisherigen Anwendung des Entzerrungsgerätes für die Entzerrung nach Paßpunkten wurde es nicht als Präzisionsgerät gebraucht, es wurde vielmehr lediglich die optische Forderung nach zeichnungsfreier und scharfer Abbildung in allen Bildteilen gestellt.

Eine genauere Ausführung der geometrischen Bedingungen ist vor allem deswegen ohne praktischen Belang, weil Abweichungen von der Planlage und Schrumpfung des photographischen Materials (ersteres vorwiegend bei Filmmaterial, letzteres vor allem bei Photopapier, das zweckmäßig feucht aufgelegt wird) wesentlich größere Fehler verursachen.

Dazu kommen bei der Entzerrung nach Paßpunkten die Paßpunktfehler, bei der Entzerrung nach Einstellwerten die Fehler in der Aufnahmeneigung. Löfström [2], S. 102, bezeichnet eine Genauigkeit von $0,1$ bis $0,2''$ als ausreichend. O. v. Gruber und W. Brucklacher ([5] und [6]) geben für die Weitwinkelkammer 10/1818 etwa folgende Werte an:

Mittlerer Aufnahmeneigungsfehler:

- | | |
|---------------------|-------------------|
| 1. Stereoplanigraph | $m \approx 0,1''$ |
| 2. Multiplex | $m \approx 0,2''$ |
| 3. Entzerrungsgerät | $m \approx 0,2''$ |

Der mittlere relative Aufnahmeneigungsfehler bei Horizontbildern $m \approx 0,1''$.

Ersetzt man die Funktion $\sin a$ durch $\frac{a''}{64}$ und die Funktion $\text{tg } a$ durch $\frac{a''}{62}$, so kann diese Genauigkeit bis zu Winkelwerten von $20''$ innegehalten werden, während sich eine weitere Vereinfachung der Formeln ergibt.

Um zu Gebrauchsformeln zu gelangen, setzen wir die Entzerrungsbrennweite mit $f_e = 179$ mm fest, da die in den vorhandenen Entzerrungsgeräten benutzten Brennweiten meist zwischen 178 und 180 mm schwanken. Nur für die Ermittlung von a' ist die jeweilige genaue Brennweite einzusetzen, während für die übrigen Größen die Konstanten und Tafeln auf den folgenden Seiten genügen, die für die hauptsächlichsten praktischen Bedürfnisse in Deutschland, also für Aufnahmebrennweiten von $f_d = 100$ mm, 200 mm, 205 mm, 210 mm und 500 mm aufgestellt sind. Sie gelten ohne weiteres für Aufnahmeneigungen bis $20''$.

Für Rechnung mit Funktionswerten gilt:

$$a' = (n + 1) \cdot f_e \tag{1}$$

$$= 2f_e + f_e \left(\frac{h^*}{f_a} - 1 \right) + \left(\frac{h^*}{f_a} - \frac{f_a}{h^*} \right) \cdot 89,5 \cdot \sin^2 v_b$$

$$n = \frac{a'}{f_e} - 1 = \frac{h^*}{f_a} + \left(\frac{h^*}{f_a} - \frac{f_a}{h^*} \right) \cdot c_{1}^* \cdot \sin^2 v \tag{2}$$

$$\frac{h^*}{f_a} = n - \frac{n^2 - 1}{2n} \cdot \sin^2 v_b \tag{3}$$

für $f_e \approx 179$ mm;

$$\sin v_b = c_2^* \cdot \sin v \tag{4}$$

$$v = f_a \cdot \operatorname{tg} \frac{v}{2} - c_3^* \left(1 - \frac{1}{n^2} \right) \sin v \tag{5}$$

$$= f_a \cdot \operatorname{tg} \frac{v}{2} - c_3^* \left(1 - \frac{32\,000}{(a' - f_e)^2} \right) \cdot \sin v$$

$$v = \sin v_b \left(c_6^* + \frac{2\,880\,000}{(a' - f_e)^2} \right) \tag{6}$$

$$v' = \operatorname{tg} v_b \left(c_7^* (a' - f_e) + \frac{16\,000}{(a' - f_e)} \right) \tag{7}$$

$$v' = n \cdot \operatorname{tg} v \left(c_8^* + \frac{c_9^*}{n^2} \right) \tag{8}$$

Dabei ist

$$c_1^* = \frac{f_e^2}{2f_a^2}; c_2^* = \frac{f_e}{f_a}; c_3^* = \frac{f_e^2}{2f_a}; c_6^* = \frac{f_a^2}{2f_e} - \frac{f_e}{2}$$

$$c_7^* = \frac{f_a^2}{2f_e^2} - \frac{1}{2}; c_8^* = \frac{f_a}{2} - \frac{f_e^2}{2f_a}; c_9^* = \frac{f_e^2}{2f_a}$$

Tabelle 3:

Es ist für $f_e = 179$ und $f_a = 100$

	200	205	210	500
c_1^*	1,60	0,400	0,382	0,364
$c_2^* = c_9^*$	1,79	0,895	0,873	0,852
c_3^*	160.	80.	78.	76.
c_6^*	- 61,5	+22,5	+28.	+34.
c_7^*	- 0,344	+ 0,125	+ 0,157	+ 0,188
c_8^*	-110.	+20.	+22.	+24.
				0,064
				0,358
				32.
				+610.
				+ 3,40
				+218.

In diesen Formeln wird $\sin a$ durch $\frac{\alpha^g}{64}$ und $\operatorname{tg} a$ durch $\frac{\alpha^g}{62}$ ersetzt, wodurch sich ergibt:

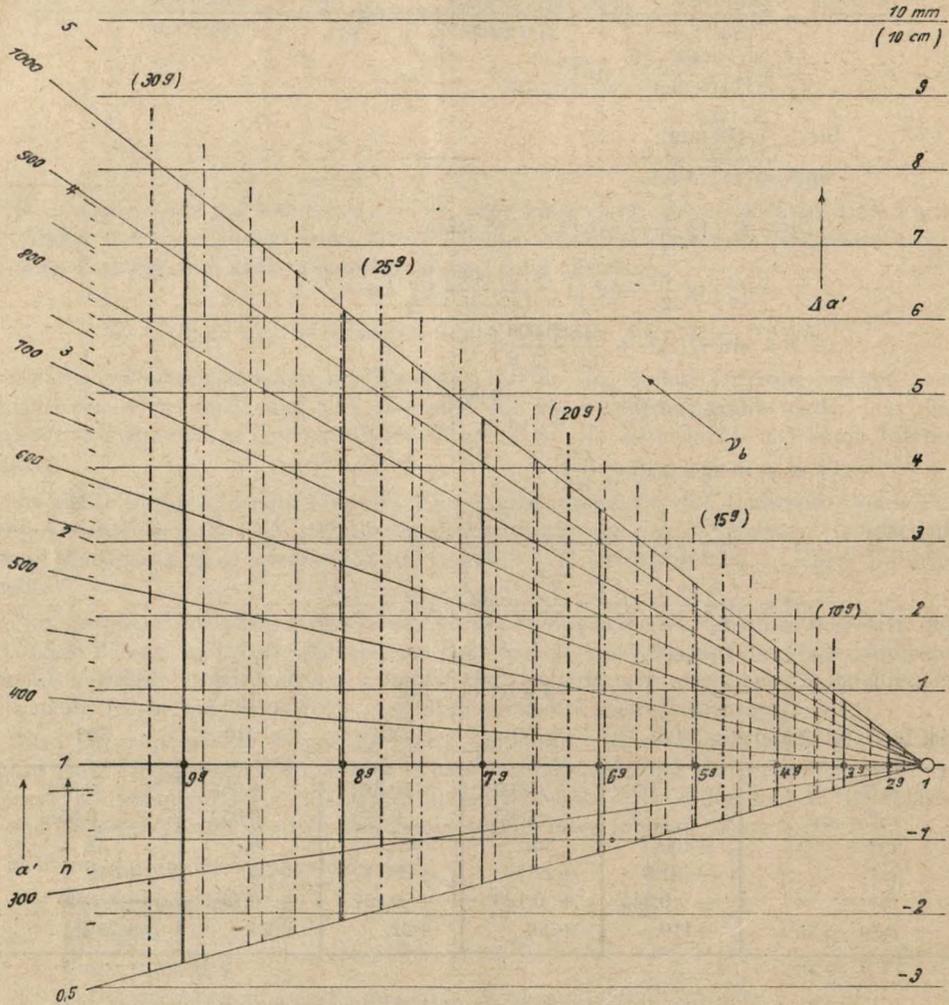
$$a' = (n + 1) f_e \tag{I}$$

$$= 2f_e + f_e \left(\frac{h^*}{f_a} - 1 \right) + \left(\frac{h^*}{f_a} - \frac{f_a}{h^*} \right) \cdot 0,022 \cdot v_b^2$$

$$= 2f_e + f_e \left(\frac{h^*}{f_a} \cdot 1 \right) + \Delta a' \text{ (vgl. Tafel 5).}$$

$$n = \frac{a'}{f_e} - 1 = \frac{h^*}{f_a} + \left(\frac{h^*}{f_a} - \frac{f_a}{h^*} \right) \cdot c_1 \cdot v^2 \tag{II}$$

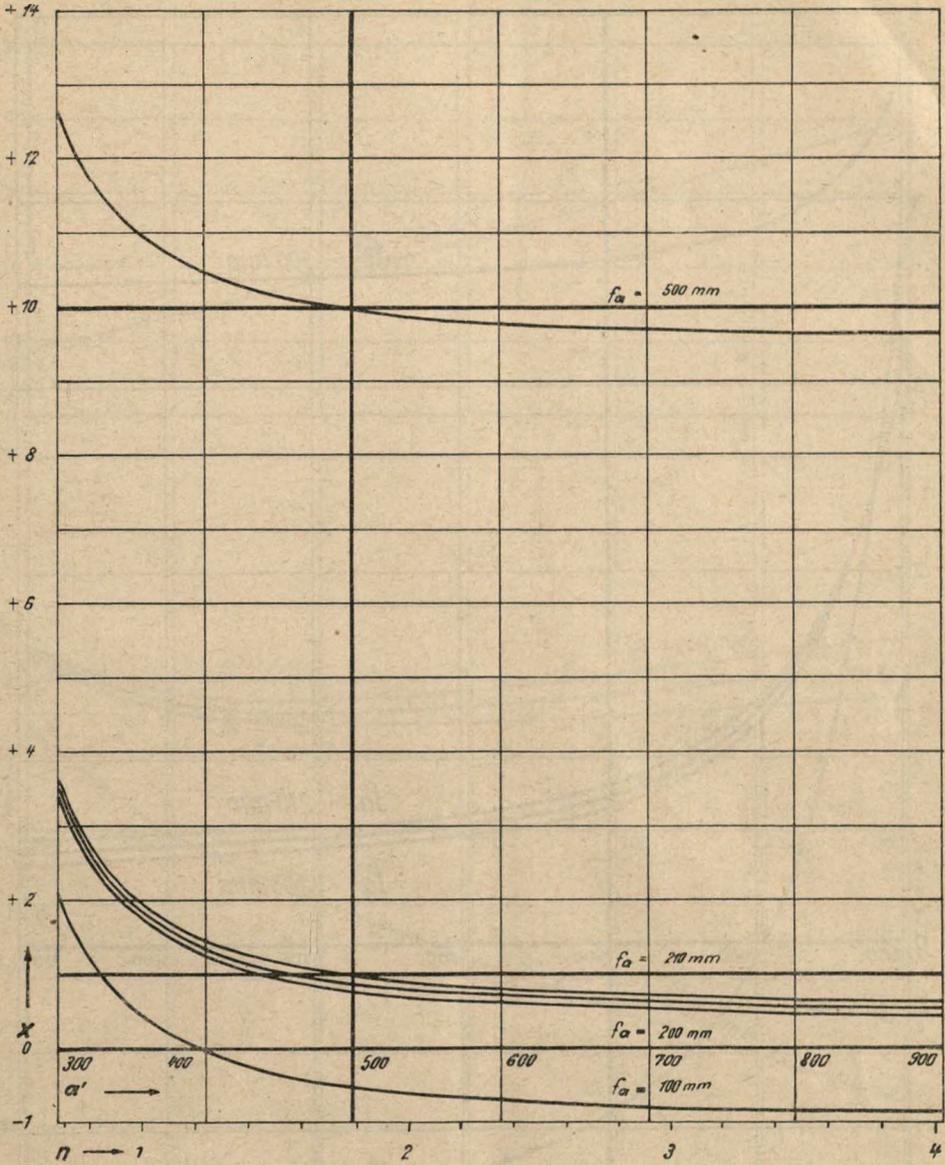
$$\frac{h^*}{f_a} = n - \frac{n^2 - 1}{2n} \cdot 0,000263 \cdot v_b^2 \tag{III}$$



Tafel 5.

Ermittlung des Zuschlags $\Delta\alpha'$, den a' erhält, wenn der Tisch um ν_b geneigt ist für $f_c \approx 179$ mm.

Beispiel: bei $\nu_b = 8^\circ$ und $a' = 600$ mm ist $\Delta\alpha' = 2,7$ mm;
 oder: bei $\nu_b = 25^\circ$ und $a' = 600$ mm ist $\Delta\alpha' = 2,5$ cm.



Tafel 6.

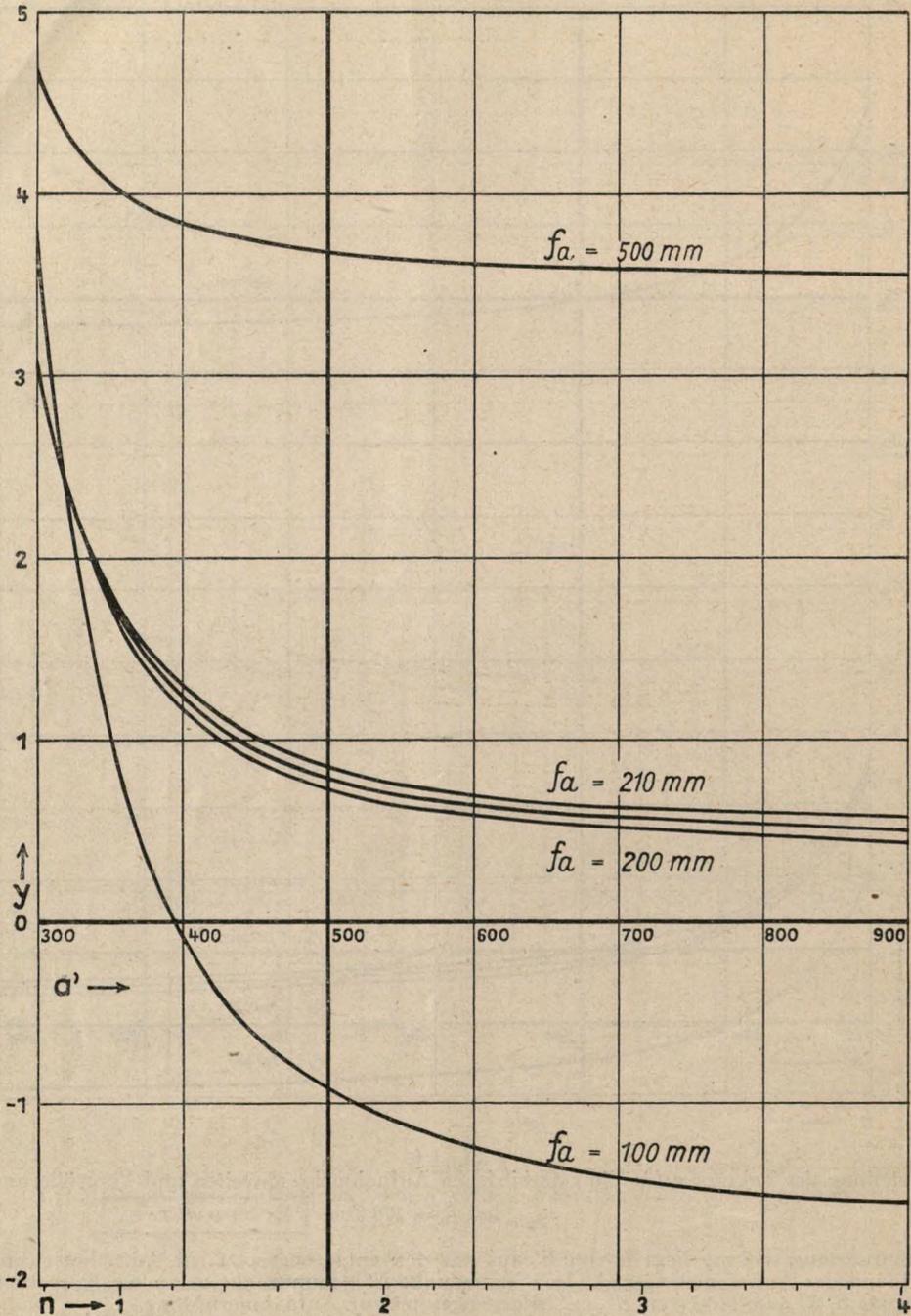
Darstellung des Faktors x für die verschiedenen Aufnahmebrennweiten und Vergrößerungen bei $f_e = 179$ mm. Es ist $v = x \cdot v_b$.

In Betrachtungsstellung liegt E von H' aus um $+v$ entgegengesetzt zur Aufnahme- richtung (Richtung der Aufnahmeneigung). Der Nadirpunkt N' (Hauptpunkt der neuen Perspektive) liegt um $H' N' = w$ stets von H' aus entgegengesetzt zur Aufnahme- richtung.

Es ist $w \approx \frac{f_a^2}{62 \cdot f_e} \cdot v_b \approx X \cdot v_b$ oder $w \approx f_a \cdot \text{tg } \nu \approx Y \cdot v$.

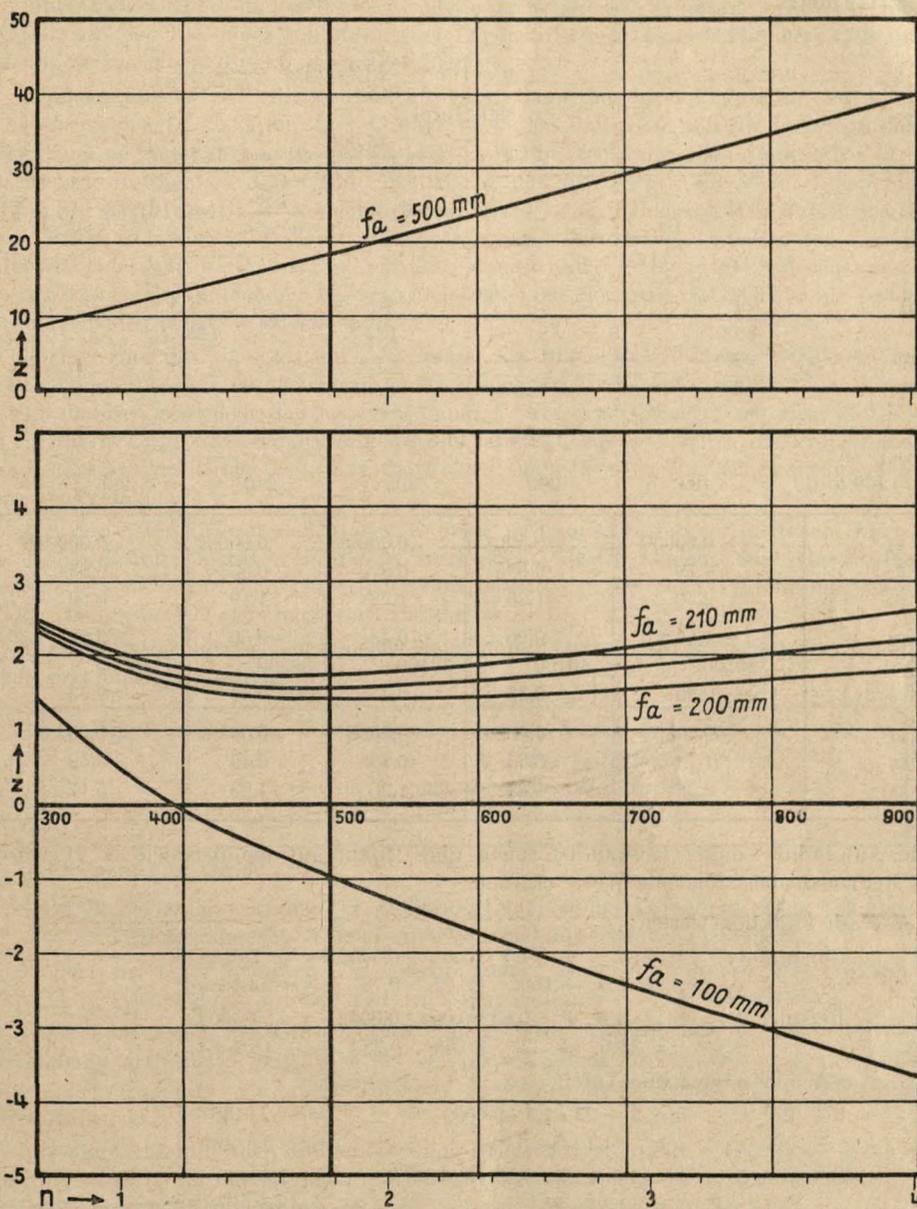
Für $f_e = 179$ mm ist bei

$f_a =$	100	200	205	210	500
$X =$	0,90	3,60	3,79	3,98	22,5
$Y =$	1,61	3,22	3,31	3,39	8,07



Tafel 7.

Darstellung des Faktors y für die verschiedenen Aufnahmebrennweiten und Vergrößerungen bei $f_e = 179 \text{ mm}$. Es ist $v = y \cdot r$.



Tafel 8.

Darstellung des Faktors z für die verschiedenen Aufnahmebrennweiten und Vergrößerungen

bei $f_e = 179 \text{ mm}$. Es ist $v' = z \cdot v_b$.

Für $f_e \approx 179$ mm:

$$v_b = c_2 \cdot v \quad (IV)$$

$$v = y \cdot v \quad y = \left(c_4 + \frac{c_3}{n^2} \right) = \left(c_4 + \frac{c_5}{(a' - f_e)^2} \right) \quad (V)$$

vgl. Tafel 7.

$$v = x \cdot v_b \quad x = \left(c_6 + \frac{45\,000}{(a' - f_e)^2} \right) \quad \text{vgl. Tafel 6} \quad (VI)$$

$$v' = z \cdot v_b \quad z = \left(c_7 (a' - f_e) + \frac{258}{a' - f_e} \right) \quad \text{vgl. Tafel 8} \quad (VII)$$

$$v' = \left(c_8 + \frac{c_9}{n^2} \right) \cdot v \quad (VIII)$$

$$c_1 = \frac{c_1^*}{4100}; \quad c_2 = c_2^*; \quad c_3 = \frac{c_3^*}{64}; \quad c_4 = \frac{f_a}{124} - c_3; \quad c_5 = \frac{f_e^4}{128 \cdot f_a}; \quad c_6 = \frac{c_6^*}{64};$$

$$c_7 = \frac{c_7^*}{62}; \quad c_8 = \frac{c_8^*}{62}; \quad c_9 = \frac{c_9^*}{62}$$

Tabelle 4:

Für $f_e = 179$ und $f_a =$ 100 200 205 210 500

c_1	0,00039	0,0001	0,00009	0,00009	0,000016
c_2	1,79	0,895	0,873	0,852	0,358
c_3	2,50	1,25	1,22	1,19	0,50
c_4	- 1,693	0,36	0,43	0,50	3,53
c_5	80200.	40100.	39100.	38200.	16000.
c_6	- 0,96	0,35	0,44	0,53	9,53
c_7	- 0,0055	0,0020	0,0025	0,0030	0,0548
c_8	- 1,78	0,32	0,35	0,39	3,52
c_9	- 2,58	1,29	1,26	1,23	5,17

Die Anwendung dieser Gebrauchsformeln und Tafeln auf die Beispiele S. 71 würde mittels Rechenschiebers folgende Werte ergeben:

A. Nach Funktionswerten:

$$\begin{aligned} \text{Beispiel 1: } n &= 2 + 1,5 \cdot 1,6 \cdot 0,0062 = 2,0149 \\ v &= 3,9 - 160 \cdot 0,75 \cdot 0,78 = - 5,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beispiel 2: } n &= 1,5 + 0,83 \cdot 0,064 \cdot 0,0062 = 1,50033 \\ v &= 19,6 - 32 \cdot 0,56 \cdot 0,78 = + 18,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

B. Aus Winkelwerten und Tafeln:

$$\begin{aligned} \text{Beispiel 1: } n &= 2 + 25 \cdot 1,5 \cdot 0,0039 = 2,0146 \\ v &= - 1,1 \cdot 5 = - 5,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beispiel 2: } n &= 1,5 + 25 \cdot 0,83 \cdot 0,000016 = 1,50033 \\ v &= + 3,7 \cdot 5 = 18,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ein Vergleich mit den Ergebnissen auf S. 70 und 71 zeigt, daß die Tafeln eine praktisch ausreichende Genauigkeit aufweisen.

7. Entzerrung nach Paßpunkten.

Dadurch, daß bei bekannter innerer Orientierung die vierte Unbekannte v keine Unabhängige ist, sondern sich aus der Tischneigung ergibt, treten praktisch nur mehr die drei Unabhängigen a' , z , v_b auf.

Scheint nicht damit, und weil alle Elemente der inneren Orientierung benutzt werden, die Aufgabe auf den Fall einer Umbildung der Perspektive mit bekannter innerer Orientierung auf nur drei gegebene Punkte zurückgeführt?

Obgleich dies so ist, wäre es doch abwegig, dann nur drei Paßpunkte zu benutzen; S. Finsterwalder, [7], S. 35, und O. v. Gruber, [8], S. 365, haben ausführlich dargelegt, daß eine Entzerrung nach nur drei im Grundriß gegebenen Punkten unter allen Umständen für Steilaufnahmen unsicher ist. Der Grund liegt darin, daß in diesem Falle kleine Lagefehler der Paßpunkte durch die Nähe des gefährlichen Ortes große Fehler im Ergebnis hervorrufen. Von Vorteil ist vielmehr, daß mit der Ausschaltung der vierten Unbekannten der übliche Entzerrungsvorgang nach vier Punkten beschleunigt und verbessert werden kann. Wie aus den Formeln zu entnehmen ist, besteht ja meist bei gleichem Arbeitsgebiet ein festes Verhältnis zwischen v und v_b oder v' und v_b .

Rascher und günstiger als mit Zentrierung des Bildes im Bildträger wird man mit der Verschiebung $v' = FD$ des Bildhauptpunktes auf der Tischebene arbeiten. Das kann z. B. einfach dadurch geschehen, daß man den Punkt F^1 auf der Tischebene markiert und D durch ein Strichkreuz auf einer durchsichtigen Folie feststellt, das man durch die Projektionen der Rahmenmarken des Bildes legt. Für die Einstellung von v' ist eine cm-Skala durch F nach vorn zweckmäßig.

Aus der Tafel 8 für $v' = z \cdot v_b$ ersieht man, daß sogar einfache Faustregeln für z , d. h. für das Verhältnis zwischen v' und v_b , aufgestellt werden können. Für eine Aufnahmebrennweite von 200 mm und größer ist z stets positiv, d. h. bei einer Tischkipfung nach vorn ist der Hauptpunkt D stets nach vorn zu schieben.

Für den Betrag in mm, um den der Hauptpunkt D nach vorn zu verschieben ist (v'), ergeben sich folgende Faustregeln:

Die Verschiebung in mm beträgt für die Aufnahmebrennweite

1. $f_a = 20$ cm das 1,5 fache,
2. $f_a = 50$ cm das $10 \cdot n$ fache,
3. $f_a = 75$ cm das $25 \cdot n$ fache

der Tischneigung in Grad;

z. B. bei einer 1,8fachen Vergrößerung einer 50-cm-Aufnahme ergibt sich bei einer Tischneigung von 3 Grad eine Verschiebung von $18 \cdot 3 = 54$ mm;

oder: bei einer 1,8fachen Vergrößerung einer 20-cm-Aufnahme ergibt sich bei einer Tischneigung von 3 Grad eine Verschiebung von $1,5 \cdot 3 = 4\frac{1}{2}$ mm.

Diese Faustregeln ermöglichen auch eine einfache Abschätzung der notwendigen Bildverschiebung und zeigen, daß diese bei langbrennweitigen Aufnahmen ganz erhebliche Beträge annehmen kann. Auf diese Tatsache besonders hinzuweisen, gehört mit zum Ziel dieses Aufsatzes.

Für die Errechnung der Bildverschiebung beim Entzerren nach Paßpunkten kommt man damit ohne schriftliche Rechnungen und Tafeln aus; die leichte Multiplikation läßt sich durch Kopfrechnung ausführen, zumal sie mehr auf eine Abschätzung hinausläuft.

Wie schon bemerkt, wird man den vierten Paßpunkt mitbenutzen, allerdings mehr zur Prüfung und Verbesserung der richtigen Einpassung; dies ist ein nicht zu unterschätzender Vorteil.

Der Einpaßvorgang verläuft, in gewisser Abänderung des von O. v. Gruber angegebenen Schemas ([8], S. 447) nach Abb. 5 in folgender Weise, (a) und b) sind zwei verschiedene Fälle)!

¹ Dieser Punkt liegt senkrecht zur Objektivenebene unter dem Objektivmittelpunkt und soll in der Nullstellung des Geräts mit der Projektion des Kantungszentrums zusammenfallen.

1. Ausgangsstellung (1, Abb. 5):

Das Bildpunktviereck (o) liegt bei Nullstellung des Gerätes innerhalb des Paßpunktvierecks (\blacktriangle).

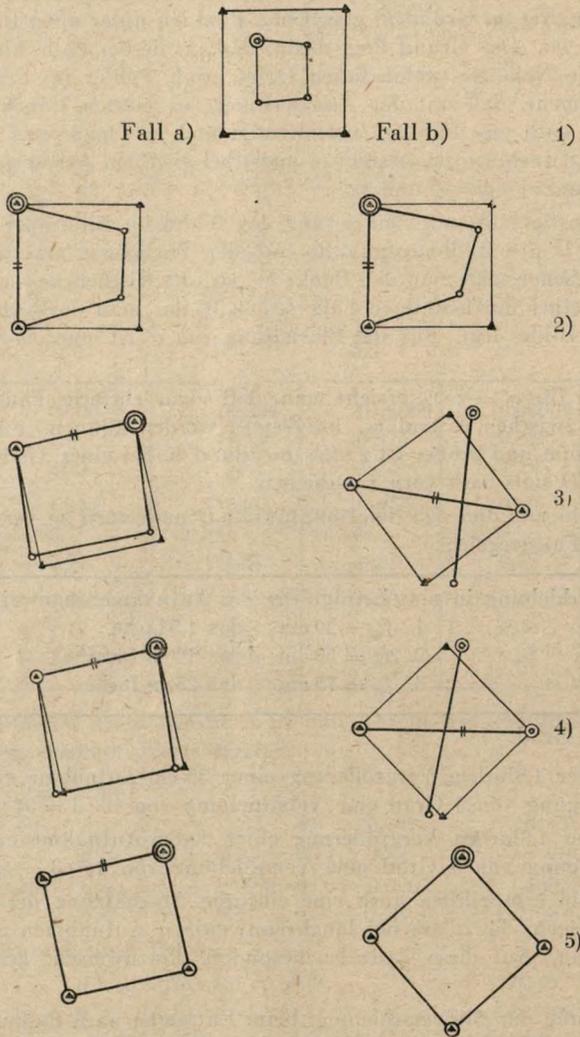


Abb. 5.

2. Vergrößerung (2, Abb. 5):

Die Seite oder Diagonale des Bildpunktvierecks, die am günstigsten mit dem Paßpunktviereck zusammenstimmt, wird durch Vergrößerung zur Deckung gebracht. Es ergibt sich Fall a) oder Fall b) (vgl. Abb. 5). Im Fall a) wird die gewählte Seite, im Fall b) die Diagonale bei den weiteren Maßnahmen stets durch Vergrößerung und Verschieben der Paßpunktpause auf der Tischfläche in Deckung gehalten.

3. Kantung, Tischneigung und Verschiebung v' (3, Abb. 5):

Bei a) wird die zu schmale Seite, bei b) der innengelegene Punkt nach vorn gekantet und dabei der Tisch nach vorn geneigt, bis in a) die Seitenlänge, in b) die Diagonallänge stimmt. Aus der Tischneigung ergibt sich v' , das eingestellt wird.

4. Verbesserung der Einpassung (4 und 5, Abb. 5):

Kantung und Tischneigung werden hiernach noch um geringe Beträge verbessert werden müssen, damit alle vier Punkte stimmen (4, Abb. 5); bei geneigtem Gelände ist dafür noch eine Querverschiebung q des Bildes erforderlich.

Damit ist die praktische Anwendbarkeit der rechnerischen Ausschaltung der Bildträgerverschiebung beim Entzerren nach Paßpunkten dargelegt. Besondere Vorteile verspricht das Verfahren für hinreichend ebenes Gelände und bei langen Aufnahmebrennweiten, die an sich für Entzerrungen besonders geeignet sind. Wie weit es im Großen einsetzbar ist, muß die Praxis lehren.

Die hier aufgestellten Formeln und Tafeln erleichtern aber auch wesentlich die Ableitung der Einstellwerte am Entzerrungsgerät aus bekannten Werten der äußeren Orientierung, wie sie z. B. bei der Befliegung mit Horizontabbildung und Statoskop erhalten werden.

In welchen Fällen ist überhaupt eine Entzerrung nach Einstellwerten ratsam? Einen Beitrag zu dieser Frage will der nächste Abschnitt bringen.

8. Entzerrung nach Einstellwerten.

K. G. Löffström [2], O. v. Gruber [5] und W. Brucklacher [6] haben ausführlich dargelegt, daß eine Entzerrung auf Grund von Horizontbildern und Statoskopangaben besonders in Gebieten mit spärlichen Unterlagen — die dann meist unbewohnt oder bewaldet oder sonst schwer zugänglich sind — große Vorteile bietet. Die dabei erforderliche und die erreichbare Genauigkeit der äußeren Orientierung ist dort ebenfalls mitgeteilt.

Es sei hier aber darauf hingewiesen, daß zu einer sauberen Entzerrung im gleichen Maßstabe die Sicherung der absoluten Flughöhe durch das Statoskop nicht genügt; vielmehr muß auch die mittlere relative Flughöhe bekannt sein oder durch noch zu suchende Mittel näherungsweise bestimmt werden. Dieser Umstand verdient besonders für Gebiete ohne Unterlagen erhöhte Beachtung.

Damit ist aber die Anwendung einer Entzerrung nach Einstellwerten keineswegs erschöpft. Neben der Herstellung von Bildplänen kann auch die Forderung nach entzerrten Einzelbildern auftreten, die zu Raummodellen zusammengesetzt und mittels Raumglas betrachtet, ausgewertet oder ausgemessen werden können (durch Stereomikrometer, Stereopantometer, Orthostereometer u. a.). Dies kann z. B. für forstwirtschaftliche oder für geologische Zwecke, für solche des Bauingenieurwesens u. a. m. in Frage kommen, vor allem wenn es auf rasche Ableitung einzelner räumlicher Maße und Werte aus den Aufnahmen ankommt. Auch für die Architekturbildmessung z. B. kann die Entzerrung nach Einstellwerten vorteilhaft angewendet werden, zumal die äußere Orientierung durch den festen Standpunkt rasch ermittelt oder aus dem Bildinhalt leicht abgeleitet werden kann (z. B. der Höhenwinkel der Aufnahmeachse).

In allen diesen Fällen, die sich sicher noch vermehren lassen, ist stets eine Entzerrung nach b), also eine Umbildung auf eine gegebene Aufnahmerichtung, erforderlich.

Hierbei ist ein gewisser Rechenaufwand unvermeidlich; ihn zu vereinfachen und zu verringern, war der Hauptzweck dieser Ausführungen.

Im folgenden wird die Anwendung für senkrechte Luftaufnahmen beschrieben.

Vorausgesetzt wird, daß die relative Flughöhe h_f , die Aufnahmeneigung ν und die Aufnahme-richtung α bekannt sind². Von jeder Aufnahme ist ein Abzug anzufertigen, in den die Werte für die Entzerrung eingetragen werden, wodurch sich der Vorgang sehr vereinfacht und Verwechslungen ausgeschaltet werden.

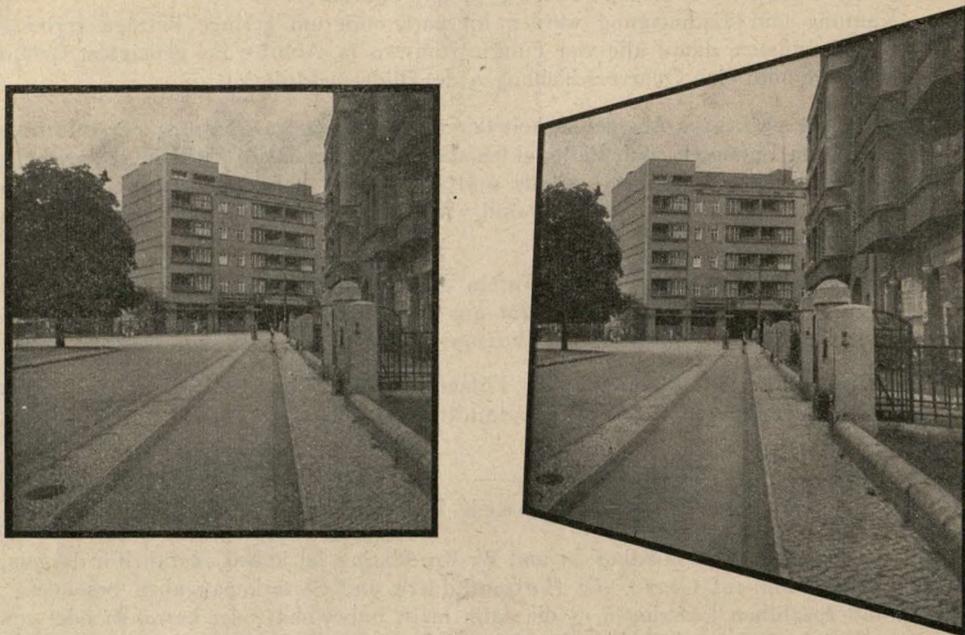


Abb. 6. Horizontalaufnahme (links) einer schräg zum Beschauer gerichteten Gebäudeflucht (einer Nadiraufnahme geneigten Geländes entsprechend). Die Entzerrung (rechts) auf gegebenen Aufriß (Grundriß) erfolgte ohne Querverschiebung q .

In diesem Abzug wird also, vom Bildhauptpunkt ausgehend, die Aufnahme-richtung bis zum Bildrand als kräftige Linie eingetragen. An diese Linie wird der Wert $\nu_b = c_2 \cdot \nu$ (Tafel 4) und der Wert a' (Formel (I)) geschrieben. Der Betrag ν wird unmittelbar im Abzug vom Hauptpunkt aus abgetragen und der Endpunkt E deutlich gekennzeichnet; er ergibt sich aus $y \cdot \nu$, wobei y aus der Tafel 7 entnommen wird. Ist y positiv, so wird ν in entgegengesetzter Richtung abgetragen als die Kantungslinie.

Für das gleiche Arbeitsgebiet sind y und c_2 fast stets gleichbleibend. In der Formel für a' brauchen nur größere Aufnahmeneigungen berücksichtigt zu werden, am einfachsten nach Tafel 5.

Am Entzerrungsgerät wird der Punkt F auf der Tischplatte deutlich markiert und von diesem Punkt eine kräftige Linie nach vorn in Fallrichtung der geneigten Tischebene aufgetragen.

Die Entzerrung gestaltet sich nun nach dem vorbereiteten Abzug sehr einfach: a' und ν_b werden am Tisch eingestellt, die Projektion des Negativs längs der im Abzug eingetragenen Linie nach Situation mit der Linie auf dem Tisch durch Kantung und gegebenenfalls durch q zur Deckung gebracht. Die Bildträgerverschiebung ν wird so eingestellt, daß die Projektion von E (nach Situation) mit F zusammenfällt.

² Sind φ und ω (Längs- und Querkomponente der Neigung ν) gegeben, so ist $\text{tg}^2 \nu = \text{tg}^2 \varphi + \text{tg}^2 \omega$ und $\text{tg } a = \frac{\text{tg } \omega}{\text{tg } \varphi}$



Abb. 7. Schrägaufnahme (links oben) einer schräg zum Beschauer gerichteten Gebäudefläche (entsprechend einer Schrägaufnahme geneigten Geländes). Die Entzerrung nach b) (rechts oben) mit $a' z, v_b$ und v ergibt eine echte Horizontalaufnahme (entsprechend einer Nadiraufnahme geneigten Geländes). Die Forderung der Vertikalität ist erfüllt. Die Entzerrung nach a) (unten) auf richtigen Aufriß (Grundriß) kann nur mit Hilfe aller Freiheitsgrade einschließlich q durchgeführt werden.

Damit ist die Entzerrung nach Einstellwerten am bezeichneten Gerätetyp auf einfache Weise und vor allem ohne nennenswerte Justierungen oder konstruktive Änderungen³ durchführbar.

9. Darstellung der Auswirkung von q und v an dem Beispiel einer Gebäudeaufnahme.

Da Luftbildaufnahmen dem Inhalt nach wenig geeignet sind, um die perspektiven Verhältnisse zu veranschaulichen, werden nachstehend einige Beispiele von Umbildungen bei Gebäudeaufnahmen gezeigt. Dabei kommt die Aufteilung von Gebäudeflächen durch Horizontale und Vertikale sowie die gleiche Höhe der Stockwerke sehr zu statten, um die Auswirkung der einzelnen Veränderlichen am Entzerrungsgerät zu verdeutlichen.

Zusammenfassung.

Aufgabe und Ziel der Entzerrung von Luftbildern ist entweder eine Umbildung zu richtiger Grundrißlage im bestimmten Maßstab auf Grund von Paßpunkten oder eine Umbildung zu einer genauen Nadiraufnahme mit bestimmter Brennweite auf Grund von Angaben der äußeren Orientierung. Die bei dem entsprechenden Gerätetyp vorgesehene Bildträgerverschiebung v ist dann keine Unabhängige mehr, wenn die innere Orientierung der Aufnahme gegeben ist. Es werden Formeln und Tafeln aufgestellt, um diesen Betrag v und andere erforderliche Einstellwerte des Entzerrungsgerätes auf einfache Weise zu ermitteln. Dabei wird eine praktisch ausreichende Genauigkeit bis zu 20° Aufnahmeneigung erzielt. Für die Anwendung auf eine Entzerrung nach Paßpunkten und eine solche nach Einstellwerten wird eine kurze Anleitung gegeben. Es wird darauf hingewiesen, daß zu einer sauberen Entzerrung nach Angaben der äußeren Orientierung neben der Sicherung der absoluten Flughöhe durch Statoskop auch die relative Flughöhe fortlaufend näherungsweise bestimmt werden muß.

Einige Beispiele der Auswirkung für die Bildträgerverschiebung längs (v) und quer (q) beschließen die Ausführungen.

Schrifttum.

1. Cl. Aschenbrenner: Über die Verwendung von Entzerrungsgeräten zur kartographischen Darstellung von geneigtem Gelände aus Flugzeugaufnahmen. Zeitschrift für Instrumentenkunde XLVII, Nov. 1927, S 568—579.
2. K. G. Löfström: Entzerrung von Luftbildern durch Horizontbildvermessung und Verfahren zur Herstellung von Luftbildplänen. Bildmessung und Luftbildwesen VII, 1932, Nr. 3, S. 98—109.
3. O. v. Gruber: Die perspektiven und optischen Verhältnisse bei der Entzerrung von Fliegerbildern. Zeitschrift für Instrumentenkunde XLII, 1922, S. 161—173.
4. K. Schwidofsky: Das Entzerrungsgerät. Berlin - Bad Liebenwerda 1935; 92 S.
5. O. v. Gruber: Horizontbilder und ihre Verwendung. Photogrammetria III, Heft 2/1940, Seite 61.
6. W. Brucklacher: Horizontbilder und ihre Verwendung. Bildmessung und Luftbildwesen XV, Heft 2/1940, S. 62.
7. Festschrift zum 75. Geburtstag von Seb. Finsterwalder. S. Finsterwalder: Die geometrischen Grundlagen der Photogrammetrie. 1899.
8. O. v. Gruber: Ferienkurs in Photogrammetrie. Stuttgart 1930, Verlag Konrad Wittwer.

³ Da v auch etwa proportional v_a ist, ist z. B. eine einfache mechanische Kuppelung zwischen v_a und v , d. h. eine Fluchtpunktsteuerung, denkbar, die auf verschiedene Aufnahmebrennweiten einstellbar sein müßte.

Maßstabsänderung innerhalb längerer Bildreihen bei der Bildtriangulation.

Von Dipl.-Ing. Gerlach, Berlin.

I. Bisherige Arbeiten und Ergebnisse.

Die Triangulierung von Bildreihen wird im allgemeinen am Zeiss'schen Stereoplanigraphen durchgeführt. Die dabei sich ergebenden Koordinaten der eingestellten Punkte, die auf das Achsensystem des Stereoplanigraphen bezogen sind, werden in das Gauß-Krüger-System mittels einer Ähnlichkeitstransformation umgerechnet und dabei mit oder ohne Ausgleichung in das Netz der gegebenen Punkte eingepaßt. Siehe [1], wo eine eingehende Schilderung des Verfahrens, seiner Grundlagen und Einzelheiten seiner Anwendung zu finden sind.

Die Praxis hat immer wieder gezeigt, daß es zulässig ist, diese Bildreihen als hinreichend mathematisch ähnlich der Natur anzusehen, so daß die einfache Ähnlichkeitstransformation angewandt werden kann. Der mittlere Punktfehler hat sich hierbei in geringen Grenzen gehalten und ist innerhalb der Zeichengenauigkeit geblieben, so daß kein Anlaß besteht, die verbleibenden Restfehler durch besondere zusätzliche Rechnungen weiter zu verkleinern.

II. Auswahl der untersuchten Reihen.

Diese Restfehler weisen allerdings in vielen Fällen, wenigstens scheinbar, eine gewisse Systematik auf, die auf eine parabolische Fehlerverteilung hindeutet. Sie sind also sicher nicht nur unregelmäßiger Art. Die Bildreihen bestehen aus 8 bis 10 Bildpaaren, sind also offenbar zu kurz, um regelmäßige und unregelmäßige Fehler trennen zu können. Siehe [1], Seite 56. Es mußten deshalb längere Reihen zugrunde gelegt werden, um die verschiedenen Fehlereinflüsse leichter verfolgen zu können.

Daher wurden drei Reihen ausgesucht, die über zwei Meßtischblätter einheitlich und hintereinander trianguliert wurden, also etwa 23 km lang sind, und eine Reihe, die über drei Meßtischblätter reicht und etwa 35 km lang ist. Es handelt sich dabei um Reihen, die wie sonst in der üblichen, einfachen Art am Stereoplanigraphen durchgemessen wurden. Das Achsensystem des Stereoplanigraphen, auf das die Messungen bezogen sind, gibt wie das Gauß-Krüger-System Rechtswerte und Hochwerte, nach rechts bzw. nach oben steigend; die Längsachse der Bildreihe, also die Flugrichtung, liegt dabei parallel oder genähert parallel der Achse der Rechtsablesungen.

Ferner wurde jede Reihe als einheitliches langes Modell, ohne Zerlegung in Teilstücke, aufgefaßt. Als Maß für das Fortschreiten der Reihe wurden entweder Bildpaarnummern oder aber meist die Rechts-Ablesungen genommen.

Hervorzuheben ist noch, daß bei dem Folgebildanschluß von Horizontbildern und Statoskopangaben kein Gebrauch gemacht wurde.

III. Allgemeines.

Die Reihen sind im allgemeinen in vierfacher Hinsicht deformiert:

1. in der Höhe (Höhenabwanderung, Aufbiegung),
2. in der Längsrichtung (Maßstabsveränderung),
3. in der Querrichtung (Verbiegung) und
4. können sie um ihre Längsachse verwunden sein.

Die wichtigsten Fehler sind die Höhenabwanderung und die hier interessierende Maßstabsveränderung. In [2] hat von Gruber diese Fehler eingehend behandelt, und Nowatzky hat in [1] diese Untersuchungen weitergeführt und an Hand durchgemessener Reihen eingehende Fehlerdiskussionen aufgestellt. An diese beiden Veröffentlichungen schließt sich die

folgende Untersuchung an. Bevor auf die einzelnen Reihen eingegangen wird, sollen noch einige Vorbemerkungen gemacht werden.

Von Gruber gibt für die systematischen Fehler am Ende einer Reihe die Beziehungen an:

$$\begin{aligned} dm_n &= dm_1 + c \cdot s. \\ \Delta s &= s \cdot dm_1 + \frac{1}{2} c \cdot s^2. \end{aligned} \quad (1)$$

Dabei bedeuten dm_1 der Maßstabsfehler am Anfang, dm_n der Maßstabsfehler einer Strecke a_n mit dem Streckenfehler da_n , also $dm_n = \frac{da_n}{a_n}$, s die Länge der Reihe bis zum Bildpaar n , also $s = b \cdot n$, wo b die Basis ist, und Δs der Fehler von s . Für c führt er als Definition ein: $c = -\frac{2}{a} d\varphi$ und bezeichnet hierbei mit a die mittlere, konstante Flughöhe und mit $d\varphi$ einen systematischen konstanten Längsneigungsfehler.

Aus der ersten Gleichung erhält man

$$\frac{da_n}{a_n} = dm_1 + c s \text{ und } c = \frac{1}{a_n \cdot s} \frac{da_n}{s} - \frac{dm_1}{s}, \quad (2a)$$

und ebenso erhält man aus der zweiten Gleichung

$$\frac{\Delta s}{s} = dm_1 + \frac{1}{2} c s \text{ und } \frac{1}{2} c = \frac{\Delta s}{s^2} - \frac{dm_1}{s}. \quad (2b)$$

Die da_n wachsen also linear mit s , während die Δs mit dem Quadrat von s anwachsen. Der Ausdruck $cs = dm_n - dm_1$ aus der ersten Gleichung gibt das Anwachsen des Maßstabsfehlers proportional zur Länge. Wählt man als Einheit von s die Bildpaarbreite b , und bezeichnet man die zugehörige Änderung des Maßstabsfehlers mit dm_c , so findet man $dm_c = dm_i - dm_{i-1} = c \cdot b$, hieraus also $dm_c = c \cdot b$ und $c = \frac{dm_c}{b}$. dm_c ist wie c für jede Reihe eine charakteristische Konstante, die vor c den Vorteil für sich hat, daß sie sich leicht und anschaulich definieren läßt.

Für die Strecken a_n und ihre Fehler da_n , die beliebig in der Reihe liegen können, mögen im folgenden die Bezeichnungen r und dr eingeführt werden, während die Bezeichnungen q und dq den Querstrecken vorbehalten bleiben. $\frac{dr}{r}$ gibt dann den Maßstabsfehler eines verhältnismäßig kurzen Stückes der Reihe an, nämlich für den Bereich r . $\frac{dq}{q}$ gibt den Maßstabsfehler derjenigen Stelle der Reihe, wo q liegt, und $\frac{\Delta s}{s}$ schließlich gibt den durchschnittlichen Maßstabsfehler der Reihe zwischen Null und s .

Wird im besonderen der Maßstab am Anfang der Reihe auf 1:1 gebracht, also $dm_1 = 0$ gesetzt, so erhält man aus (2) die einfachen Beziehungen:

$$c = \frac{da_n}{a_n \cdot s} = \frac{dq}{q \cdot s} = \frac{2 \cdot \Delta s}{s^2}, \quad (3)$$

aus denen c leicht bestimmt werden kann.

Hat man über die Reihe verteilt Paßpunkte im Felde eingemessen, so kann man für jeden von ihnen die s in beiden Koordinatensystemen, nämlich im System der Landesaufnahme und im Achsenystem des Stereoplanigraphen, in dem die Bildtriangulation gemessen wurde, und damit Δs und schließlich c rechnen. Ferner kann man die r als Strecken zwischen je zwei nicht zu weit auseinanderliegenden Punkten rechnen, dr bilden, das zugehörige s als Entfernung der jeweiligen Streckenmitte vom Anfang bestimmen und schließlich c aus $\frac{dr}{r \cdot s}$ finden. Es ergibt sich dabei eine fortlaufende Reihe von c -Werten, die man unter der Voraussetzung, daß die r annähernd gleich sind, einfach mitteln kann. Bei der Mittelung der $\frac{\Delta s}{s^2}$ müssen dagegen Gewichte eingeführt werden, da die s -Werte stark voneinander abweichen.

Aus den Gleichungen (2a) und (2b) folgt

$$c \cdot s = \frac{dr}{r} - dm_1 = \frac{2 \Delta s}{s} - 2 dm_1$$

d. h. $\frac{dr}{r}$ und $\frac{\Delta s}{s}$ wachsen linear mit s , und c läßt sich leicht graphisch darstellen, indem man die s als Abszissen und $\frac{dr}{r}$ bzw. $\frac{\Delta s}{s}$ als Ordinaten aufträgt. Statt s kann man auch die Rechtsablesungen vom Stereoplanigraphen auftragen und damit einen etwas besseren Anschluß an das Fortschreiten der Reihe erhalten. Werden dann die einzelnen Punkte durch eine ausgleichende Gerade ersetzt, so hat diese die Neigung $\frac{dr}{r} : s = c$ bzw. $\frac{\Delta s}{s} : s = \frac{1}{2} c$ zur Abszissenachse. Die erstere schneidet diese Achse an der Stelle, wo $dr = 0$ und damit der Maßstab an dieser Stelle 1 : 1 ist. Die zweite Gerade schneidet diese Achse an der Stelle, wo $\Delta s = 0$ ist und damit der durchschnittliche Maßstab für den der Strecke s entsprechenden Teil der Reihe gleich 1 : 1 ist. Der Schnitt der Geraden mit der Ordinatenachse gibt den Maßstabsfehler des Anfangs der Reihe und damit den linearen Maßstabsfehler der ganzen Reihe.

Diese Geraden wurden für alle vier Reihen aufgesucht und aus ihnen c bestimmt.

Die Durchführung der vorstehenden Arbeiten ist mit einem erheblichen Rechenaufwand verbunden. Um ihn zu verringern, setzt man näherungsweise $\Delta s = \Delta R$, wo, analog wie Δs den Fehler von s bezeichnet, ΔR den Fehler von R bezeichnen soll, und macht damit eine Annahme, die um so besser zutrifft, je weiter die Punkte vom Anfang entfernt liegen und je besser die Reihe parallel zur R -Achse liegt. Trägt man schließlich ΔR als Ordinaten zu R auf und verbindet man die so erhaltenen Punkte durch eine ausgleichende Kurve, so muß man nach Gleichung (1) eine Parabel erhalten. Dabei ist $s = R - R_0$, wo R_0 der Rechtswert des Anfangs ist.

Muß die Reihe erst durch Umrechnung in eine zur R -Achse parallele Lage gebracht werden, so verbindet man mit dieser Umrechnung eine Maßstabsänderung, so daß am Anfang und am Ende je ein Punkt die Soll-Koordinaten annimmt. Dabei geht dm_1 in dm_1' über, das nur von den quadratischen Fehlern abhängig ist. Die ausgleichende Parabel schneidet dann die R -Achse in der Nähe von $R = 0$ und $R = l$, ihr Scheitel liegt bei $l/2$, wo die Pfeilhöhe $p = \Delta s_{max}$ ist. Ihre Gleichung lautet:

$$\begin{aligned} \Delta s = \Delta R &= \frac{4p}{l^2} s(l-s) \\ &= \frac{4p}{l} \cdot s - \frac{4p}{l^2} \cdot s^2. \end{aligned}$$

Durch Vergleich dieser Gleichung mit der ursprünglichen

$$\Delta s = s \cdot dm_1' + \frac{1}{2} c s^2$$

findet man

$$dm_1' = \frac{4p}{l} \text{ und } \frac{1}{2} c = -\frac{4p}{l^2},$$

also

$$dm_1' = -\frac{l}{2} \cdot c \text{ und } c = -\frac{8p}{l^2}.$$

Ist die Parabel oder irgendwelche Näherungskurve gezeichnet, so gibt sie die einfachste Möglichkeit, durch Anbringen ihrer Ordinatenwerte an die entsprechenden R -Werte diese zu verbessern und vom systematischen Fehler weitgehend zu befreien.

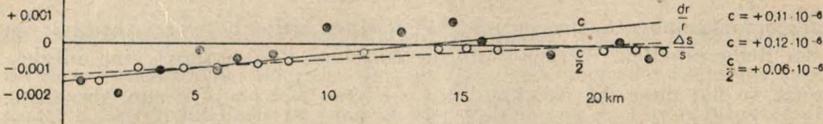
IV. Ergebnisse der einzelnen Reihen.

Die erste Reihe — Bilder Nr. 747 bis 730 (siehe S. 88) — ist 21 km lang und besteht aus 16 Bildpaaren. Die Höhenabwanderung ist verhältnismäßig gering, sie steigt von 0 im Anfang bis 25 m am Ende. Gegeben sind 15 über die ganze Reihe verteilte Paßpunkte mit

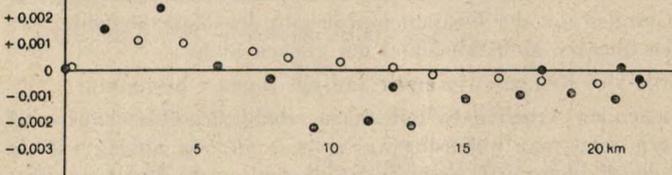
Darstellung der Größen $\frac{dr}{r}$ und $\frac{\Delta s}{s}$

Stereoplanigraph VI

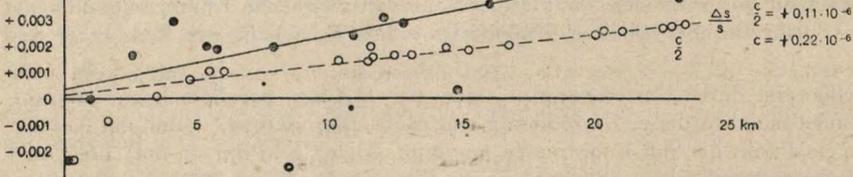
1. Reihe Bilder 747-730



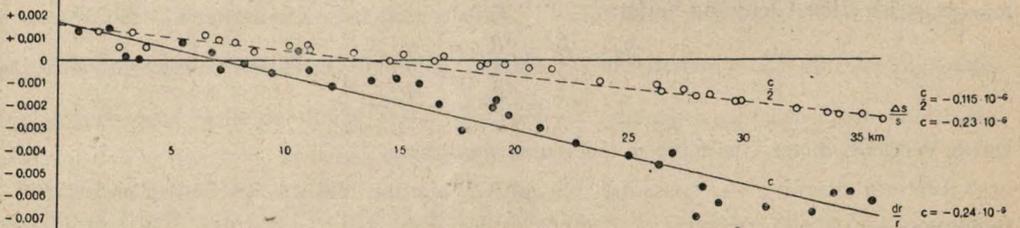
2. Reihe Bilder 577-558



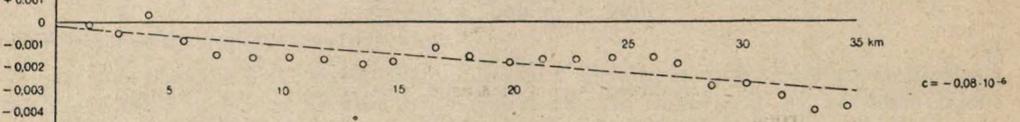
3. Reihe Bilder 707-723



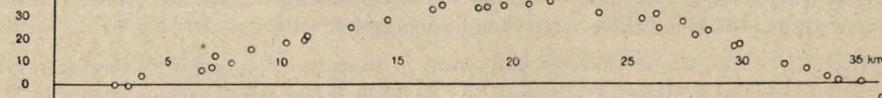
4. Reihe Bilder 953-929



4. Reihe Maßstabsübertragung $\frac{\Delta s}{s}$



4. Reihe ΔR-Kurve



ihren Koordinaten im System Gauß-Krüger, die je einmal aus den Messungen im Felde und aus den Messungen am Stereoplanigraph gefunden sind. Die Koordinaten der beiden Systeme weichen natürlich voneinander ab. Nachdem die Koordinaten des ersten Punktes in beiden Systemen durch Verschieben der Systeme auf Null gebracht waren, wurden die r und s und aus den Koordinatendifferenzen dr und Δs gerechnet. Es wurden dann auf Millimeterpapier die Rechtswerte als Abszissen und die Werte $\frac{dr}{s}$ und $\frac{\Delta s}{s}$ als Ordinaten aufgetragen. Dabei wurden die $\frac{dr}{r}$ bei den Rechtswerten der Mitten von r und $\frac{\Delta s}{s}$ bei den Rechtswerten der Endpunkte von s aufgetragen.

Die ausgleichenden Geraden waren mit genügender Sicherheit einzuzeichnen. Sie geben aus $\frac{dr}{r}$ bzw. $\frac{\Delta s}{s}$

$$c = +0,11 \cdot 10^{-6} \text{ bzw. } c = +0,12 \cdot 10^{-6}$$

und

$$dm_1 = -0,0015 \text{ bzw. } dm_1 = -0,0012.$$

Die zweite Reihe — Bilder Nr. 577 bis 558 — erstreckt sich mit 18 Bildpaaren über rd. 22 km. Nachdem der Anfang der Reihe auf den Maßstab 1 : 1 gebracht war, wurden die weiteren Arbeiten wie bei der ersten Reihe durchgeführt. Schon in den ersten Bildpaaren treten verhältnismäßig große Schwankungen in $\frac{dr}{r}$ auf, die wahrscheinlich von Identifizierungsfehlern, aber auch von groben Fehlern der Triangulierung herrühren können. Auch sonst zeigen sich größere Unregelmäßigkeiten, so daß ein eindeutiger Wert von c sich nicht angeben läßt. Hier überwiegt der Einfluß unregelmäßiger Fehler.

Die dritte Reihe — Bilder Nr. 707 bis 723 — erstreckt sich mit 16 Bildpaaren über rd. 24 km. Da der Maßstab von 1 : 1 erheblich abweicht — gleich im ersten Bildpaar liegt ein Identifizierungsfehler vor, der den Maßstab verfälscht — und deshalb große Differenzen dr und Δs zu erwarten waren, so wurde der Maßstab zweckmäßigerweise vorerst verbessert; darauf wurde die Reihe wieder wie die erste behandelt.

Die ausgleichenden Geraden liefern die Werte

$$c = +0,20 \cdot 10^{-6} \text{ und } c = +0,22 \cdot 10^{-6}$$

und

$$dm_1 = +0,0004 \text{ und } dm_1 = +0,0002.$$

Um c auch rechnerisch zu erhalten, wurden die Quotienten $\frac{dr}{r \cdot s}$ gerechnet und gemittelt.

Der Mittelwert ist $c = +0,26 \cdot 10^{-6} \pm 0,024$. Auch die $\frac{\Delta s}{s}$ wurden gerechnet und unter Berücksichtigung von Gewichten gemittelt; dabei wurde $c = +0,25 \cdot 10^{-6} \pm 0,01$ erhalten. Die entsprechenden mittleren Fehler einer Einzelbestimmung sind $\pm 0,10$ und $\pm 0,02$.

Die vierte Reihe endlich — Bilder 953 bis 929 — umfaßt 24 Bildpaare und reicht über 36 km. Um wieder ein Δs für den Anfangspunkt auszuschalten, wurden seine Koordinaten im System der Bildtriangulation und im Gauß-Krüger-System durch Verschiebung auf Null gebracht. Dann wurden r und s in den beiden Systemen gerechnet, miteinander verglichen, dr und Δs , $\frac{dr}{r}$ und $\frac{\Delta s}{s}$ gebildet und wie früher graphisch aufgetragen und ausgeglichen. Die ausgleichenden Geraden ergaben die Werte

$$c = -0,23 \cdot 10^{-6} \text{ und } c = -0,24 \cdot 10^{-6}$$

und

$$dm_1 = +0,0017 \text{ und } dm_1 = +0,0016.$$

Die Geraden wurden auch rechnerisch ermittelt und gaben dann

$$c = -0,26 \cdot 10^{-6} \text{ und } c = -0,24 \cdot 10^{-6}.$$

An Hand einer später erfolgten Umrechnung, bei der am Anfang und Ende der Reihe die Koordinatendifferenzen auf Null gebracht waren, wurden die ΔR als Ordinaten zu den Abszissen R aufgetragen. Denkt man sich eine ausgleichende Parabel hindurchgelegt, so würde diese als Δs_{max} rd. 37 m und als Länge l rd. 34 bis 35 km ergeben und damit $c = \sim \frac{8 \cdot 37}{34^2} = 0,25$ bis $0,26 \cdot 10^{-6}$ liefern.

Läßt man zusammenfassend die zweite Reihe wegen ihrer Unregelmäßigkeiten unberücksichtigt, so kann man erstens feststellen, daß $\frac{dr}{r}$ und $\frac{ds}{s}$ sich innerhalb der einzelnen Reihen einigermaßen regelmäßig ändern und daß es angebracht erscheint, sie in linearer Abhängigkeit von der Länge der Reihe anzunehmen und damit c oder dm_c als Konstante der Reihe anzusetzen. Der mittlere Fehler des hierbei gefundenen Mittels rechtfertigt diese Annahme.

Als zweites muß festgestellt werden, daß die Reihen nicht nur c -Werte von verschiedener Größe, sondern sogar von verschiedenem Vorzeichen haben und daß, wenn man die Fehler nachträglich auf die ausgleichende Gerade für c oder $\frac{c}{2}$ bezieht, die übrigbleibenden Fehler nicht mehr beachtlich sind, aber noch eine gewisse Regelmäßigkeit aufzuweisen scheinen.

Das vorliegende Material ist aber viel zu klein, um weitergehende Schlüsse ziehen oder irgendein System aufstellen oder Fehlerursachen angeben zu können.

Da c verhältnismäßig groß ist, so schien es ratsam, die vierte Reihe hinsichtlich der Maßstabsübertragung von Bildpaar zu Bildpaar zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurden Strecken q , die quer zur Längserstreckung der Reihe liegen und je zwei aneinanderstoßenden Bildpaaren gemeinsam sind, für die einzelnen Bildpaare aus den Koordinaten gerechnet und miteinander verglichen. Es ergab sich, daß — wie zu erwarten — die Unterschiede unregelmäßig sind und daß sie so klein sind — im Durchschnitt 0,0017 —, daß sie zur vollen Erklärung von c nicht ausreichen können. Es wurden dann die Quotienten $\frac{dq}{q}$ gebildet und wie früher aufgetragen, aber mit dem Unterschiede, daß jedes dq zu allen vorhergehenden addiert wurde. Es läßt sich eine ausgleichende Gerade durch die Punkte legen, die ebenfalls einen c -Wert ergibt, und zwar findet man $c = -0,08 \cdot 10^{-6}$, also etwa ein Drittel des oben gefundenen Wertes. Durch Nachprüfung und Vergleichen der q -Strecken, die bei der Maßstabsübertragung erscheinen, oder der entsprechenden Flughöhen läßt sich also im vorliegenden Fall die Reihe erheblich verbessern, ohne daß hierzu Paßpunkte gebraucht werden. Es liegt leider nicht genügend Material vor, um diese Feststellung zu sichern und zu verallgemeinern.

Schließlich wurde noch der Anschluß der Rechtsablesungen von Bildpaar zu Bildpaar überprüft. Hierbei zeigt sich, daß die Differenzen innerhalb sehr geringer Grenzen liegen und ihr Einfluß unerheblich ist. Sind nämlich diese Differenzen regelmäßiger Art, so ändern sie im wesentlichen nur den linearen Gesamtmaßstab der Reihe. Sind sie dagegen stark unregelmäßiger Art, so hebt sich ebenfalls ihr Einfluß in der Hauptsache auf.

Hält man für c als plausibelsten Wert $0,20 \cdot 10^{-6}$ an, so entspricht dem ein $dm_c = c \cdot b$ von 0,00028, wenn die Bildpaarbreite mit 1400 m angenommen wird, als konstanter Wert der Maßstabsänderung für jede Basislänge oder Bildpaarbreite.

V. Größe der unregelmäßigen Maßstabsänderungen.

Da für c sich meist nur verhältnismäßig kleine Werte ergeben, so ist es nötig, auch die Größe des unregelmäßigen Fehlers zu untersuchen, der bei der Maßstabsübertragung durch Fehler in der Übernahme von Höhen entsteht, um ihn mit dem systematischen Fehler zu vergleichen und um feststellen zu können, welcher von beiden überwiegt oder sogar ausschlaggebend ist. Ein regelmäßiger Fehler in der Höhenübernahme hätte, wenn er nachweisbar

wäre, eine systematische Maßstabsänderung zur Folge und könnte wie dq zur Erklärung von c herangezogen werden.

Den mittleren unregelmäßigen Fehler der Höheneinstellung kann man in den vorliegenden Fällen, also für den Bildmaßstab 1 : 20 000, mit 0,60 bis 0,70 m annehmen. Setzt man weiter die Flughöhe mit $h = 4000$ m an, so ist der relative Höhenfehler $\frac{m_h}{h}$ und damit auch der relative Maßstabsfehler $\frac{dq}{q}$ gleich 0,15 bis $0,17 \cdot 10^{-3}$. Da die Maßstabsübertragung von zwei Höheneinstellungen abhängig ist, von einer im alten und einer im neuen Bildpaar, so ist ihr mittlerer Fehler $\frac{m_h}{h} \sqrt{2} = 0,00023$. Dies ist also der Fehler, der auf die Länge der Basis bezogen entsteht. Rechnet man hiermit vergleichsweise c aus, so erhält man, wenn $b = 1400$ m ist, $c = \frac{m_h}{h} \sqrt{2} : b = 0,16$ bis $0,17 \cdot 10^{-6}$, also in der Größenordnung des systematischen c .

Für $(n-1)$ Folgebildanschlüsse einer Reihe von n Bildern sind $2(n-1)$ Einstellungen nötig. Jeder der dabei auftretenden Fehler wirkt sich auf die ganze folgende Reihe aus, addiert sich also mit den nachfolgenden Fehlern. Mithin ist der mittlere zufällige Fehler nach dem n ten Bild gleich $m_h \cdot \sqrt{2n}$ und der Einfluß des unregelmäßigen Fehlers

$$\left(\frac{dq}{q}\right)_u = \frac{m_h \sqrt{2n}}{h}.$$

Unter der Voraussetzung, daß $dm_1 = 0$ ist, ist nach Gleichung (3) andererseits

$$\left(\frac{dq}{q}\right)_c = c s = c b n.$$

Setzt man Zahlen ein, so erhält man

$$\left(\frac{dq}{q}\right)_u = 0,00023 \cdot \sqrt{n} \text{ und } \left(\frac{dq}{q}\right)_c = 0,20 \cdot 1400 \cdot n \cdot 10^{-6} = 0,00028 n,$$

wobei für $c = 0,20 \cdot 10^{-6}$ angenommen ist.

Aus dem Vergleich der obigen Gleichungen ist zu ersehen, daß selbstverständlich der systematische Anteil bedeutend schneller wachsen muß als der zufällige, und daß auch schon bei kurzen Reihen der Einfluß des zufälligen Fehlers beträchtlich geringer ist als der Einfluß aus c . Damit ist gezeigt, daß dem c eine reelle Bedeutung zukommen muß.

Aus den eben berechneten Werten für den zufälligen und den systematischen Einfluß auf die Maßstabsänderung läßt sich der Betrag des systematischen Einflusses ermitteln, der noch gerade im zufälligen aufgeht. Es war

$$\left(\frac{dq}{q}\right)_u = 0,00023 \sqrt{n} \text{ und } \left(\frac{dq}{q}\right)_c = c \cdot 0,0014 \cdot n,$$

hierbei c in der Einheit 10^{-6} . Soll der systematische Einfluß kleiner als der zufällige sein, so gilt:

$$0,0014 \cdot c \cdot n \leq 0,00023 \sqrt{n}$$

$$c \leq \frac{2,3}{14} \frac{\sqrt{n}}{n} = 0,17 \frac{1}{\sqrt{n}}.$$

Für $n = 9$ wäre hiernach $c \leq 0,06 \cdot 10^{-6}$. Da die Bildtriangulationsreihen meist etwa neun Bildpaare enthalten, können deshalb systematische Fehlereinflüsse der Größenordnung $c \leq 0,06 \cdot 10^{-6}$ unberücksichtigt bleiben, da sie in den zufälligen Fehlern aufgehen.

Für $n = 18$ folgt $c = \frac{0,17}{\sqrt{18}} = 0,04$. Hiermit ist die vorhin aufgestellte Behauptung, daß lange Reihen für die Berechnung der Größe c geeigneter sind, auch rechnerisch nachgewiesen.

VI. Folgerungen und Zusammenfassung.

Es bleibt also ein Wertanteil von c , der nicht erklärt werden kann. Es liegt der Schluß nahe, daß bei der Maßstabsübertragung außer den Fehlern der Höheneinstellung noch andere, nicht bekannte Fehler wirksam werden und daß aber auch der systematische Maßstabsfehler

nicht, wie zunächst zu erwarten ist, nur an den vielen Anschlußstellen liegen muß, sondern daß er innerhalb der einzelnen Bildpaare liegen kann, daß also die einzelnen optischen Modelle nicht genau mathematisch ähnlich der Natur sind. Die Ursache könnte in Fehlern der Apparate und des Films liegen.

In der Definitionsgleichung für $c = -\frac{2}{a} d\varphi$ soll, wie von Gruber angibt, $d\varphi$ eine „gleichsinnige Verschwenkung aller Aufnahmeachsen, entsprechend einem systematischen Längsneigungsfehler der Aufnahmekammer“ bezeichnen. Wird wieder $a = 4000$ m und $c = 0,20 \cdot 10^{-6}$ eingesetzt, so erhält man — ohne Rücksicht auf das Vorzeichen — $d\varphi = \frac{a c}{2} = 0,0004 = 2,6''$, d. h. die Filme würden von ihrer Soll-Lage am justierten Anlegerahmen auf der einen Seite um $0,0004 \cdot 180 = 0,07$ mm abweichen, und dadurch würde aus der quadratischen Umgrenzung ein Trapez entstehen, dessen parallele Seiten, quer zur Flugrichtung liegend, um 0,06 mm verschieden lang sein würden. Dadurch würde weiter eine merkbare Parallaxe auftreten, die durch zusätzliche b_z - und φ -Korrektur beseitigt werden würde.

Man kann nun schließlich für c einen plausiblen Wert annehmen, z. B. wie oben $0,20 \cdot 10^{-6}$, und fragen, wie sich dies c auf Streckenfehler einer Bildreihe von Meßtischblattlänge auswirkt, also für $s = 11$ bis 12 km.

Aus den Formeln für c folgt:

$$\Delta s = \frac{c}{2} s^2 = \frac{1}{10} s^2 \cdot 10^{-6}$$

Für $s = 12$ bzw. 6 km ist dann $\Delta s = 14,4$ bzw. 3,6 m. Eine Änderung des Maßstabs der ganzen Reihe um $\frac{14,4}{12\,000}$ läßt die Fehler am Ende der Reihe verschwinden und bringt den Fehler in der Mitte auf 3,6 m, aber mit entgegengesetztem Vorzeichen wie vorher. Diesen Fehler kann man durch Längsverschiebung der gemessenen Reihe in der R -Richtung halbieren und dadurch erreichen, daß der größte Fehler nur noch 1,8 m erreicht, also innerhalb der Zeichengenauigkeit für 1 : 25 000 liegt. Damit ist gezeigt, daß die Berücksichtigung einer quadratischen Fehlerverteilung im allgemeinen nicht nötig ist, sondern daß erfreulicherweise ein einheitlicher Maßstab zugrunde gelegt werden kann und daß die Anwendung der Ähnlichkeitstransformation berechtigt ist. Bei der strengen Ausgleichung ergeben sich jedoch zuweilen größere Restfehler als die eben berechneten.

Allerdings ist die Genauigkeit zur Gewinnung von Paßpunkten für Karten größeren Maßstabes nicht ausreichend. Auch wächst schon bei nur wenig längeren Reihen das quadratische Glied rasch auf unzulässige Werte an, so daß die einfache Ähnlichkeitstransformation auf Reihen von mehr als 12 km Länge kaum noch anwendbar ist.

VII. Schluß.

Die vorstehenden Untersuchungen haben also bestätigt, daß das Verfahren der Bildtriangulation mit anschließender Ähnlichkeitstransformation zulässig ist. Das zur Verfügung stehende Material ist aber bei weitem nicht ausreichend, um aus ihm Ergebnisse oder Folgerungen allgemeiner Art herzuleiten. Größe und Bedeutung von c erfordern vielmehr ein viel umfangreicheres, systematisch geordnetes Material aus der Praxis und aus eingehenden Versuchen. Ferner ist daran zu erinnern, daß außer den Maßstabsfehlern noch andere Fehler wirksam werden können, wie z. B. die azimutale Verbiegung der Reihe. Alle diese ungeklärten Fehlereinflüsse zwingen noch dazu, für genauere Messungen mehr als zwei Hilfspunkte (Paßpunkte) für das Einpassen der Reihe zu fordern, nämlich je einen an den Enden und ein bis drei dazwischen verteilt.

Angezogene Literatur:

- [1] F. Nowatzky: Bildtriangulation zur Bestimmung von Paßpunkten. Mitteilungen des Reichsamts für Landesaufnahme 1940, Heft 2.
- [2] O. von Gruber: Beitrag zur Theorie und Praxis von Aeropolygonierung und Aerornivellement. Bildmessung und Luftbildwesen 1935, Hefte 3 und 4.

Äußere Ortung von Senkrechtaufnahmen aus Karten

Von Rudolf Burkhardt.

Für verschiedene Aufgaben der Luftbildauswertung besteht der Wunsch, die Ortung von Senkrechtaufnahmen näherungsweise und rasch auf Grund von Kartenunterlagen durchzuführen. Zum Beispiel ist bei Radialtriangulationen oft zu entscheiden, ob die Nadirdistanz die gegebene Grenze überschreitet.

In dieser Zeitschrift (B. u. L. 1933, S. 10—20, sowie 1934, S. 128—142 u. S. 190—195) brachte E. Wolf ein rechnerisches Verfahren für Koordinatenausmessung dreier Punkte in Bild und Karte oder Gelände.

Einfacher als Koordinatenausmessung erscheint eine Streckenmessung. Im folgenden wird daher ein Weg angegeben, diese Ortung mit vier in Bild und Karte gemessenen Strecken durchzuführen. Mit Rücksicht auf den Zweck und auf die in der Regel zu erwartende Genauigkeit der Kartenunterlage wird dabei eine Näherungslösung angestrebt. Die vier Strecken werden so ausgewählt, daß sie etwa ein Quadrat um den Bildhauptpunkt bilden, mit einer Quadratseite parallel zur Flugrichtung (vgl. Abb. 1).

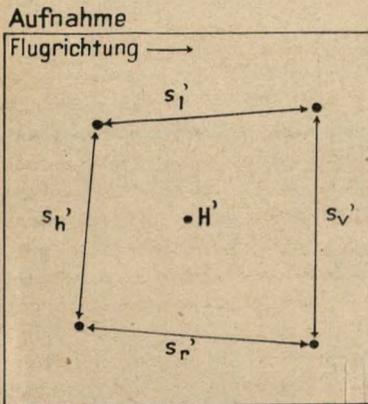


Abb. 1

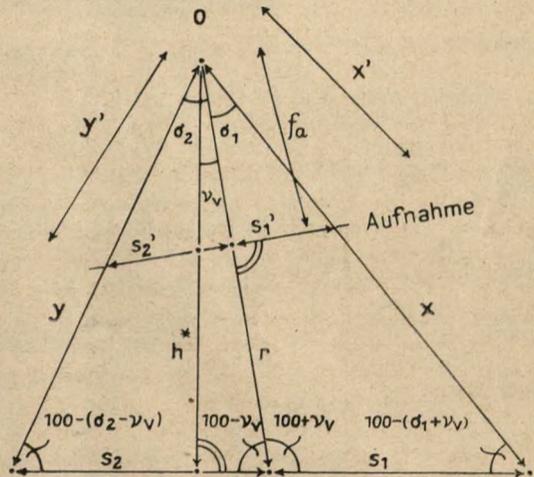


Abb. 2

Die Strecken im Bild vorn, hinten bzw. rechts und links bezeichnen wir mit s_v' , s_h' bzw. s_r' und s_l' . Diese symmetrische Lage von vier Strecken bringt gegenüber den Koordinaten dreier Punkte einige Vorteile, wie wir noch sehen werden.

Wir zeichnen zunächst einen Vertikalschnitt durch das Aufnahmezentrum (Abb. 2). In diesem Schnitt finden wir (v_v ist die Komponente von v in Flugrichtung):

$$r = \frac{h^*}{\cos v_v}; \quad (1) \quad s_1 = r \cdot \frac{\sin \sigma_1}{\cos(\sigma_1 + v_v)}; \quad s_2 = r \cdot \frac{\cos \sigma_2}{\cos(\sigma_2 - v_v)} \quad (2)$$

$$\sin \sigma_1 = \frac{s_l'}{f_a} \cdot \cos \sigma_1; \quad \sin \sigma_2 = \frac{s_r'}{f_a} \cdot \cos \sigma_2 \quad (3)$$

Damit ergibt sich nach den Additionstheoremen:

$$s_1 + s_2 = s \approx \frac{r}{f_a \cdot \cos v_v} (s_l' + s_r' + s_l' \cdot \operatorname{tg} v_v \cdot \sin \sigma_1 - s_r' \cdot \operatorname{tg} v_v \cdot \sin \sigma_2) \quad (4)$$

Wegen der symmetrischen Lage ($\sin \sigma_1 = \sin \sigma_2$) und mit $s_l' + s_r' = s'$ erhalten wir:

$$\frac{s}{s'} \approx \frac{r^2}{f_a \cdot \cos v_v} \approx \frac{h^{*2}}{f_a^2} (1 + \operatorname{tg}^2 v_v) \quad \text{oder:} \quad (5)$$

$$h^* \approx \frac{s}{s'} \cdot f_a (1 - \operatorname{tg}^2 v_v) \quad (6)$$

Diese Gleichung (6) gilt zunächst für den Vertikalschnitt. Wenn man berücksichtigt, daß bei

einer Neigung v_r der Aufnahme quer zur Flugrichtung die rechte Strecke etwa um das gleiche Maß z. B. vergrößert wird, um das die linke verkleinert wird, so kann in (6) an Stelle von $\frac{s}{s'}$ der Ausdruck $\frac{s_r + s_l}{s_r' + s_l'}$ treten. Legen wir noch einen Vertikalschnitt quer zur Flugrichtung und setzen $\text{tg}^2 v_v \approx \frac{v_v^2}{4000}$, so erhalten wir schließlich

$$\begin{aligned} h^* &\approx f_a \cdot \frac{s_r + s_l}{s_r' + s_l'} \cdot \left(1 - \frac{v_v^2}{4000}\right) \\ &\approx f_a \cdot \frac{s_{v'} + s_{h'}}{s_{v'}' + s_{h'}'} \cdot \left(1 - \frac{v_v^2}{4000}\right) \end{aligned} \quad (7)$$

Um die Komponenten v_v und v_r der Nadirdistanz v zu erhalten, entnehmen wir aus Abb. 2:

$$x = r \cdot \frac{\cos v_{v'}}{\cos(\sigma_l + v_v)}; \quad y = r \cdot \frac{\cos v_v}{\cos(\sigma_2 - v_v)} \quad (8)$$

und

$$\cos \sigma_l = \frac{f_a}{x'}; \quad \cos \sigma_2 = \frac{f_a}{y'} \quad (9)$$

In ähnlicher Weise wie (4) finden wir hier:

$$\frac{x}{x'} \approx \frac{h^*}{f_a} (1 + \text{tg}^2 v_v) \cdot \cos v_v + \frac{h^*}{f_a} \cdot \text{tg} \sigma_l \cdot \sin v_v \quad (10)$$

und

$$\frac{y}{y'} \approx \frac{h^*}{f_a} (1 + \text{tg}^2 v_v) \cdot \cos v_v - \frac{h^*}{f_a} \cdot \text{tg} \sigma_2 \cdot \sin v_v$$

Nun ist

$$\frac{x}{x'} = \frac{s_{v'}}{s_{v'}'}, \quad \frac{y}{y'} = \frac{s_{h'}}{s_{h'}'}, \quad \sigma_l \approx \sigma_2 \approx \sigma \quad \text{und} \quad \text{tg} \sigma \approx \frac{s'}{2f_a}$$

somit

$$\frac{s_{v'}}{s_{v'}'} - \frac{s_{h'}}{s_{h'}'} = 2 \frac{h^*}{f_a} \cdot \frac{s'}{2f_a} \cdot \sin v_v \quad (11)$$

nach (6) ist

$$h^* = f_a \cdot \frac{s}{s'}$$

also

$$-\frac{s_{v'}}{s_{v'}'} - \frac{s_{h'}}{s_{h'}'} = \frac{s}{f_a} \cdot \sin v_v \quad (12)$$

und aus ähnlichen Überlegungen wie für (7):

$$\begin{aligned} v_{v'}^g &= 127 \frac{f_a}{s_r + s_l} \left(\frac{s_{v'}}{s_{v'}'} - \frac{s_{h'}}{s_{h'}'} \right) \\ v_r^g &= 127 \cdot \frac{f_a}{s_v + s_h} \left(\frac{s_r}{s_r'} - \frac{s_l}{s_l'} \right) \end{aligned} \quad (13)$$

Aus den Gleichungen (7) und (13) lassen sich rasch die Flughöhe und die Komponenten der Aufnahmeneigung ermitteln, wenn im Bild und in der Karte die Strecken zwischen vier identen, zum Hauptpunkt symmetrisch gelegenen Punkten gemessen werden. Hierbei bedürfen die vier Kartenpunkte noch einer entgegengesetzt zum Nadirpunkt gerichteten Verschiebung, die sich näherungsweise zur Höhe des Geländepunktes im Kartenmaßstab verhält, wie die Entfernung des Bildpunktes vom Bildnadir zur Aufnahmebrennweite. Benutzt man die so erhaltenen vier Kartenpunkte, so ergibt sich die Flughöhe h^* im Kartenmaßstab.

Die Nadirdistanz und die Aufnahme-richtung werden zweckmäßig in der Karte aus den Komponenten v_v und v_r konstruiert. Hierbei ist $\text{tg}^2 v = \text{tg}^2 v_v + \text{tg}^2 v_r$, meist genügend genau $v^2 = v_v^2 + v_r^2$. Der Richtungswinkel der Aufnahme gegen die Flugrichtung beträgt

$$\text{tg} \alpha = \frac{\text{tg} v_r}{\text{tg} v_v}$$

Hochschulnachrichten

Regierungsrat Dipl.-Ing. Willy Kitsch erwarb an der Technischen Hochschule Berlin die Würde eines Doktor-Ingenieurs mit der Arbeit: „Untersuchungen des Einflusses der Verzerrungen der Auswertobjektive und Bildverformungen bei räumlichen Luftbildtriangulationen“.

Oberingenieur Dr.-Ing. habil. Ernst Gotthardt wurde mit der Verpflichtung, das Fach Photogrammetrie und Geodäsie in Vorlesungen und Übungen zu vertreten, zum Dozenten ernannt.

Auf Grund von Arbeiten auf dem Gebiete der Optik und des Luftbildwesens erwarb Dr.-Ing. Max Nagel den Grad eines Dr.-Ing. habil. an der Technischen Hochschule Berlin.

Mitteilungen der Gesellschaft

Geh.-Rat Dr. rer. nat. habil., Dr. d. Techn. Wissensch. e. h., Dr. phil. h. c. Sebastian Finsterwalder wurde die Goethe-Medaille für Kunst und Wissenschaft verliehen.

Am 18. 10. 1942 ist Pg. Dr. phil., Dr.-Ing. e. h. Kohlschütter, Wirkl. Admiraltätsrat emer., Ord. Professor an der Universität Berlin, Direktor a. D. des Geodätischen Instituts Potsdam, Ministerialrat a. W. im Oberkommando der Kriegsmarine, Inhaber der Goethe-Medaille für Kunst und Wissenschaft, in Babelsberg gestorben.

Am 16. 10. 1942 ist Dr. Gerhard von Kujawa gestorben.

Vereinsnachrichten

Mitgliederbewegung

Stand am 31. 12. 1941	460 Mitglieder
Gestorben	2 „
Ausgetreten	6 „
	<hr/>
	452 Mitglieder
Zugang	73 Mitglieder
	<hr/>
Stand am 30. 9. 1942	<u>525 Mitglieder</u>

Bücherbesprechung

Luftbild und Luftbildmessung Nr. 19: „Luftbild und Gebirgskunde“, Hauszeitschrift der Hansa Luftbild G. m. b. H., Berlin 1941, 59 Seiten, 44 Abb. Von den verschiedenen Forschungsgebieten, die mit Erfolg das Luftbild für ihre Arbeiten einsetzen, besitzt die Gebirgskunde (Orologie) besonderes Interesse. War doch die Erforschung und Kartierung des Gebirges der erste Prüfstein, an dem die Bildmessung, damals noch von der Erde aus, ihre Leistungsfähigkeit beweisen konnte. Es besteht heute kein Zweifel mehr darüber, daß das Luftbild auch im Gebirge für geologische, morphologische, bodenkundliche, hydrographische und andere Erkundungen, kurzum für die gesamte Orologie, sowie für die Planung von Ingenieurbauten unentbehrlich ist. An Stelle des im Flachland oftmals ausreichenden Einzelluftbildes oder des Luftbildplanes muß aber im Gebirge mit seiner charakteristischen Höhenausformung die stereoskopische Betrachtung und Auswertung von Bildpaaren treten. Dementsprechend ist das vorliegende Heft der Hansa Luftbild gekenn-

zeichnet durch 35 Raumbilder nach dem Anaglyphenverfahren, die mit einem erläuternden Text die verschiedenen orologischen Probleme veranschaulichen. Noch keine ähnliche Veröffentlichung hat eine solche Fülle hervorragend ausgewählter Anaglyphenbilder gebracht. Sie bieten dem Fachmann wie dem Bergfreund reichhaltiges Anschauungsmaterial. In einer kurzen Einführung wird die Themastellung von O. von Gruber† umrissen, der ja einer der berufensten Fachleute für die photogrammetrische Gebirgsforschung war. E. Hammerle (Wien) gibt in seinem Aufsatz „Luftbild und Gebirgskunde“ eine gründliche Darstellung der auftretenden Fragen und belegt sie in ausgezeichneter Weise durch mehrere Schwarzweiß-Schrägbilder und die zahlreichen ganzseitigen Anaglyphen-Senkrehtaufnahmen aus verschiedenen Teilen der Alpen. In dem abschließenden Beitrag von J. Heilmaier (München), „Luftbildmessung im Hochgebirge“, werden die für die Praxis der Luftbildaufnahme sowie der Auswertung geltenden Gesichtspunkte

dargelegt. Ein Ausschnitt aus einer Auswertung 1:10 000 mit dem entsprechenden Anaglyphenbild gibt die Möglichkeit zu interessantem Vergleich.

Die wohlgelegene Zusammenstellung reiht sich würdig ein in die Folge der wissenschaftlich ausgerichteten Hefte.

Belzner.

Luftbild und Luftbildmessung, Nr. 20: „Luftbild und Geomorphologie“, Hauszeitschrift der Hansa Luftbild G. m. b. H., Berlin 1941, 161 Seiten, 140 Abb.

Der Geodät und Photogrammetr ist leicht geneigt, das Luftbild nur nach seinem meß- bzw. kartentechnischen Wert zu beurteilen, daß mit diesem Urteil nur ein kleiner Sektor des Inhaltes von Luftbildern erfaßt wird, wird mit diesem Heft in überzeugender Weise gezeigt. Nach einer kurzen Darstellung Professor Carl Trolls über die Bedeutung des Luftbildes für die ökologische Bodenforschung zeigt uns Dr. Hans Bobek, wie bedeutend der Beitrag ist, den das Luftbild für die Geomorphologie leisten kann. An mehr als 120 prachtvollen Wiedergaben von Luftaufnahmen (z. T. Anaglyphendrucke) zeigt er, wie man in Luftbildern die Wirkung der der Erdoberfläche gestaltenden Kräfte erkennt: Das Meer als Gestalterin der Küsten, das fließende Wasser und die Hangabtragung in verschiedenen Klimaten, die geologischen Verhältnisse, das Eis und seine Formwelt und schließlich der Wind als gestaltende Kraft der Erdoberflächenformen. Jedem dieser Abschnitte ist ein kurzer Text vorangestellt, der das Verständnis der Bilderfolge erleichtert. Einige kurze Sätze, häufig unterstützt durch Skizzen und Deckpausen, deuten auf das Wesentliche in jedem Bild hin.

Mit diesem Heft haben Verfasser und Herausgeber ein ausgezeichnetes Werk zur Aufschließung des Luftbildes für eine sich mit der Erdoberfläche beschäftigende Wissenschaft herausgebracht. Die Ausstattung, insbesondere die Wiedergabe der Luftaufnahmen, verdient ein besonderes Lob.

Rube.

Luftbild und Luftbildmessung, Nr. 22: „Luftbild, Landschaft und Siedlung“, Hauszeitschrift der Hansa Luftbild G. m. b. H., Berlin 1941, 60 Seiten, 52 Abb.

Die gewaltigen vermessungstechnischen Aufgaben, die durch das Siedlungsproblem in den neuen Räumen nach dem Kriege entstehen werden, können nur dann erfolgreich bewältigt werden, wenn die Luftphotogrammetrie voll und ganz zum Einsatz kommt. Aus diesem Grunde ist es notwendig, daß die Beziehungen des Luftbildes zur Siedlungsgeographie sowie zur Flur- und Landwirtschaftsforschung klargestellt werden. Hansa Luftbild hat sich daher entschlossen, eine Reihe von Veröffentlichungen erscheinen zu lassen, die diesem Zwecke dient.

Mit dem vorliegenden Heft wurde die Reihe begonnen. Kurd v. Bülow gibt in seinem Aufsatz: „Wie die Landschaft entstand“ von Mecklenburg und dem benachbarten Prignitzer Lande eine kurze, äußerst aufschlußreiche Beschreibung des geologischen Aufbaues, der Bodenbildung und Bodennutzung. Reiches Bildmaterial offenbart eine seltene Vielgestaltigkeit der Landschaft.

Im zweiten Teil des Heftes erläutert Franz Engel an Hand von 35 vortrefflichen Luftaufnahmen die in Mecklenburg vorkommenden Siedlungsformen. Der Verfasser bringt charakteristische Beispiele von Platz-, Reihen-, Rundlingsdörfern und Einzelhöfen, schildert das Auflösen der alten Bauerndörfer, das Entstehen der Gutsdörfer und streift die neuzeitliche Siedlungsentwicklung. Die beigegebenen Luftbilder zeigen sehr klar und deutlich den Zusammenhang zwischen Siedlung und Flurteilung an und vermitteln überaus anschaulich deren Vor- und Nachteile.

Zusammengefaßt kann man sagen, daß das auf das beste ausgestattete Heft eine sehr wertvolle Ergänzung der Fachliteratur darstellt.

A. Weigand.

Optische Streckenmessung und Polygonierung mit besonderer Berücksichtigung von Zeiss-Instrumenten. Herausgegeben von O. v. Gruber. Verlag: Herbert Wichmann, Berlin-Grünwald. Erscheinungsort: Bad Liebenwerda. Erscheinungsjahr: 1942. 128 Seiten, 86 Abbildungen und 21 Tafeln im Text, Format DIN B 5, Preis broschiert 8 RM.

Kurz vor seinem ins noch unfaßbaren Hinscheiden gelang es dem Herausgeber, neben die photogrammetrische Vortragsammlung „Ferienkurs in Photo-

grammetrie“ eine gleich gediegene über „optische Streckenmessung“ zu stellen.

In Gemeinschaftsarbeit mit den bekannten wissenschaftlichen Mitarbeitern der Zeiß-Werke, Förstner, Schneider und Schwidewsky, behandelt er in 7 Abschnitten alles Wesentliche der optischen Streckenmessung. Die Abschnitte entstanden aus Vorträgen, die die Verfasser in den Fortbildungskursen in optischer Streckenmessung bei der Firma Carl Zeiss in Jena hielten. Diesem Umstand und dem vortrefflichen Geschick von Grubers, Theorie und Praxis harmonisch zu verschmelzen, entspringt eine den gegenwärtigen und künftigen Aufgaben des deutschen Geodäten und Photogrammetreren voll gerecht werdende Darstellung, wobei trotz bewußter Beschränkung auf die Instrumente der Firma Carl Zeiss eine allgemeine Behandlung des Verfahrens erreicht worden ist.

Der einführende Abschnitt bringt aus der Feder v. Grubers auf 9 Seiten eine umfassende und klare Herausstellung der „Grundlagen der optischen Streckenmessung“.

Der zweite Abschnitt von W. Schneider behandelt „Gestalt und Gebrauch der optischen Streckenmeßgeräte von Carl Zeiss, Abt. Geo“ (ThC, Th IV mit Tangentenschraube, Basislatte, Dimeß, Redta, Dahla und Teletop). Mit dem Ziel, dem Leser eine vergleichende Wertung der verschiedenen Geräte zu vermitteln, befaßt sich dieses Kapitel eingehend mit ihrer zweckmäßigen Anordnung, ihrer Genauigkeit und ihrem Gebrauch für die Streckenmessung.

Im dritten Abschnitt werden von K. Schwidewsky die „Fehlereinflüsse bei der optischen Streckenmessung und ihre Ausscheidung“ untersucht. Der Einfluß des Luftkörpers auf den Zielwinkel und seine Ausscheidung durch sinnmäßige Anlage der Messung, regelmäßige und unregelmäßige Fehler, verursacht durch Beobachter und Instrument, werden gründlich analysiert und Maßnahmen zu ihrer Ausscheidung bzw. Verringerung angegeben.

Die drei nächsten Abschnitte befassen sich besonders eingehend mit dem optisch gemessenen Streckenzug. Dieser erfreut sich infolge seiner günstigen Verbindung von Wirtschaftlichkeit und Genauigkeit einer stets wachsenden Anwendung; seine Leistungsfähigkeit zeigt sich besonders bei der Schaffung des Reichsfestpunktfeldes. Für die großmaßstäbliche Luftbildmessung ist er zumeist das einzige Mittel der Paßpunktbestimmung in schwierigem Gelände. Wie vom Herausgeber im Vorwort bemerkt, wird die optische Polarkoordinatenmessung demgegenüber lediglich gestreift, zumal diese mit den bisher erfundenen Instrumenten ausführlich von R. Bofhard in dem allerdings seit längerer Zeit vergriffenen Buche „Optische Distanzmessung und Polarkoordinatenmethode“ behandelt wird.

Der von G. Förstner verfaßte Abschnitt IV zeigt die „Genauigkeit“ optisch gemessener Streckenzüge, die Genauigkeit der Winkel, Strecken, Bussolenzüge, der verschiedenen Formen von Streckenzügen und die Mittel, die Genauigkeit zu erhöhen.

Im V. Abschnitt bringt W. Schneider praktische Anweisungen „Zur Planung und Durchführung der Lage- und Höhenbestimmung von Festpunkten TP (L) und TP (A) mit optischer Streckenmessung“. Es werden die Fälle näher erläutert, in denen die optische Streckenmessung anderen Verfahren vorzuziehen ist, und Richtlinien für die Auswahl der geeigneten Geräte, für die Anlage und für die praktische Durchführung der Messung gegeben.

Im nächsten Abschnitt VI findet G. Förstner treffliche Vereinfachungen für eine feinere „Ausgleichung optisch gemessener Streckenzüge“.

Der Abschnitt VII bringt von demselben Verfasser verschiedene Verfahren der „Richtungsbestimmung nach Sternen“, nach denen Richtungsanschlüsse mangels terrestrischer Anschlüsse durch Beobachtung der Sonne oder von Sternen auf einfache und genaue Weise erlangt werden können.

Die Abschnitte des Buches, das mit Abbildungen von Streckenmeßgeräten der Firma Carl Zeiss und einem ausführlichen Literaturverzeichnis schließt, sind gut gegeneinander abgestimmt, die Darstellung ist der jeweiligen Bedeutung der einzelnen Gegenstände angemessen; das Buch darf als Standardwerk auf dem Gebiet bezeichnet werden. Nicht nur dem Geodäten, sondern auch dem Photogrammetreren wird es bei seiner Arbeit wertvolle Hilfe leisten. Trotz der Kriegsverhältnisse ist dem Verlag eine gute Ausstattung des gelungen.

Burkhardt.



Deutscher Vermessungskalender

37. Ausgabe

Der bewährte Fachkalender für den Praktiker

Herausgegeben vom Öffentlich bestellten Verm.-Ing. Kurd Slawik, Berlin,
gebunden im Taschenformat 3.— RM.

Aus dem Inhalt:

(Quadrat- und Logarithmentafeln, Tafeln zur Verwandlung der Kreisteilungen (360° in 400° und umgekehrt), zur Verwandlung von Steigungszahlen aus Quotienten in Dezimalstellen, für Maßverwandlungen, Maße und Gewichte. Amtliche Fehlergrenzen. Mathematische Formeln. Die Gebührenordnungen der Katasterverwaltung und der Öffentlich bestellten Vermessungs-Ingenieure. Terminkalender, verschiedene andere Kalender, Post-, Zeit-Angaben, DIN-Formate, Aufstellung wichtiger Normblätter für das Vermessungswesen usw. Kalendarium auf wettertüchtigem Schreibpapier mit Angabe der Sonnen- und Mond-Auf- und -Untergänge.



Herbert Wichmann, Verlag, Berlin-Grünwald

Fachbücher

Albrecht

Deutsches Schrifttum über Bildmessung und Luftbildwesen. Herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie e. V., Berlin, unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. L a c m a n n der Technischen Hochschule, Berlin. 160 Seiten, mit etwa 2500 Angaben in Halbleinenband **7,50 RM.**

Finsterwalder, R.

Gebirgskartographie, Alpenvereinskartographie und die ihr dienenden Methoden. Das Werk unterrichtet über die Entwicklung, die Arbeitsweise und den Stand der Gebirgskartographie. 88 Seiten stark, mit 21 Karten und Abb., in Preßspandekel **4,— RM.**
Die Bedeutung der neuen photogrammetrischen Methoden für das Vermessungswesen. Sonderdruck AVN., 28 Seiten, mit 9 Abbildungen **2,— RM.**
Die Haupttriangulation am Nanga-Parbat. Sonderdruck AVN. **0,50 RM.**

Finsterwalder, S.

Photogrammetrische Aufsätze. Festschrift zum 75. Geburtstage. Dreizehn der wichtigsten und heute noch gültigen, grundlegenden Arbeiten des Gelehrten für die Photogrammetrie und die Landmessung, die bisher zerstreut und schwer zugänglich waren, nebst einer Einleitung von Professor O. v. Gruber, Jena, der die Lebensarbeit des Gelehrten würdigt. 208 Seiten, mit 25 Abbildungen, in Halbleinenband **6,— RM.**

Merkel

Anwendung der maschenweisen Abbildung in der Bildmessung. Sonderdruck B. u. L. **0,50 RM.**

Nicolau-Bârlad

Die Photogrammetrie im Forstwesen, dargestellt an der Waldwirtschaft der Karpathen- und Balkanländer, 112 S., Format DIN B 5, mit 31 Abb., Halbleinenband **7,50 RM.**

Photogrammetria

Offizielles Organ der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie. Sprachen: Deutsch, Französisch, Englisch, Italienisch und Spanisch, mit mehrsprachigen Auszügen. Erscheinen viermal jährlich. Jahresbezugspreis 7,50 RM. zuzüglich 20 Rpl. Versandkosten für jedes Heft für die Zustellung in Deutschland **8,30 RM.**
Einzelne Hefte **2,50 RM.**



Herbert Wichmann, Verlag, Berlin - Grunewald