

0.29/3

Bildmessung und Luftbildwesen

Fachzeitschrift

der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie E. V.
unter Mitarbeit

auch von Herren anderer Landesgesellschaften für Photogrammetrie.

Herausgegeben von R. Reiss G. m. b. H., Liebenwerda (Prov. Sa.).

Schriftleiter: Hermann Blumenberg, Vermessungsingenieur, Hannover 1 Süd,
Freytagstraße 14I, Fernruf 80897.

8. Jahrg.

Juni 1933

Heft 2

I n h a l t

Die Förderung des Luftbildwesens in der Rheinprovinz. Seite 49. / Der unregelmäßige und systematische Fehler der räumlichen Doppelpunktseinschaltung und Aerotriangulation. Seite 55. / Gegenwärtiger Stand und Aussichten der Photogrammetrie als Hilfsmittel der Forstvermessung und Forsttaxation. Seite 69. / Kann die Photogrammetrie aus der Luft als Hilfe bei großmaßstäblichen Neumessungen herangezogen werden? Seite 79. / Die Vermessung großer Gebiete in kleinen Maßstäben. Seite 85. / Luftbildmessung in Finnland. Seite 86. / „Um Mißverständnissen vorzubeugen.“ Seite 88. / Kleine Mitteilungen. Seite 95. / Bücherbesprechung. Seite 98. / Vereinsnachrichten. Seite 99.

Wichtige Adressen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie:

Postscheckkonto: Berlin Nr. 284 56, Deutsche Ges. f. Photogramm., Berlin NW 21, Emdener Str. 50. Kassierer und Versand: J. Unte, Berlin NW 21, Emdener Str. 50. An diesen sind auch Reklamationen und Nachbestellungen von Druckschriften zu richten. Schriftführer:

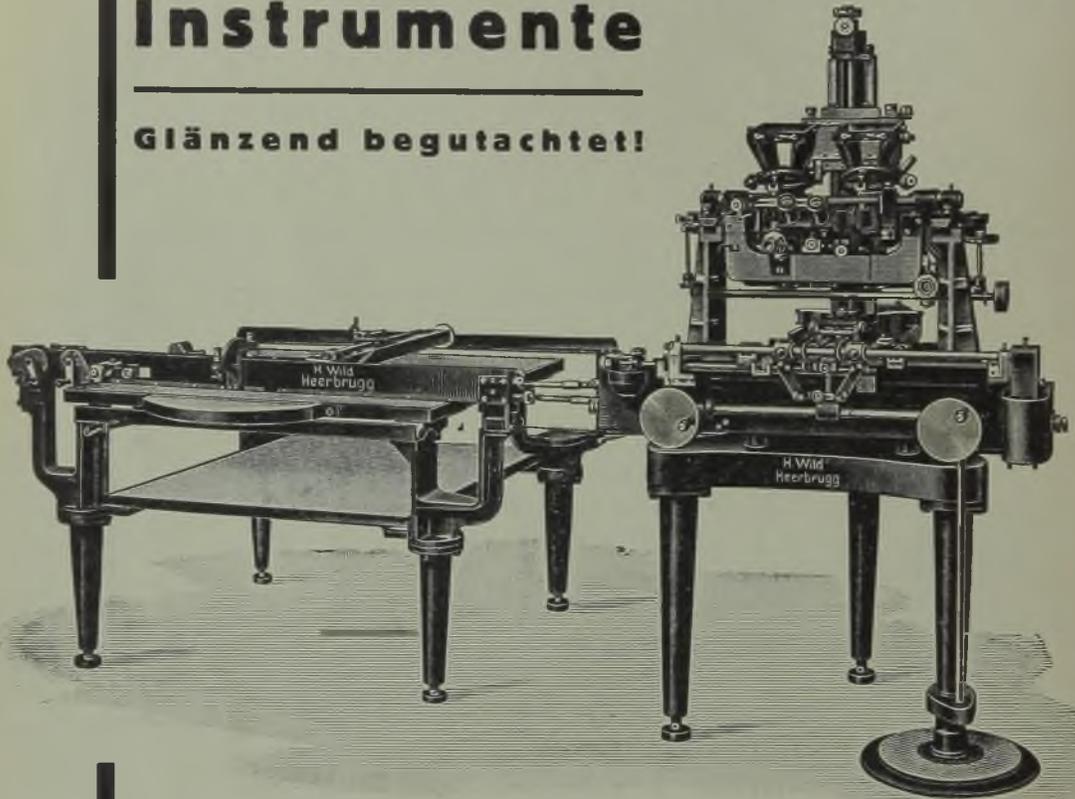
Oberregierungsrat O. Koerner, Berlin-Halensee, Karlsruher Str. 1.



WILD

Photogrammetrische Instrumente

Glänzend begutachtet!



Stereo-Autograph, Modell 1931

Auswertung von terrestrischen und Fliegeraufnahmen — Auto-
matisches Zeichnen von Plänen und Karten in beliebigen Maßstäben

A.-G. Heinrich Wild

Vertreter: Gebr. Wichmann m. b. H., Berlin NW 6, Karlstraße 13—14

FÜR DIE
PHOTOGRAMMETRIE

~~259.40.00.~~

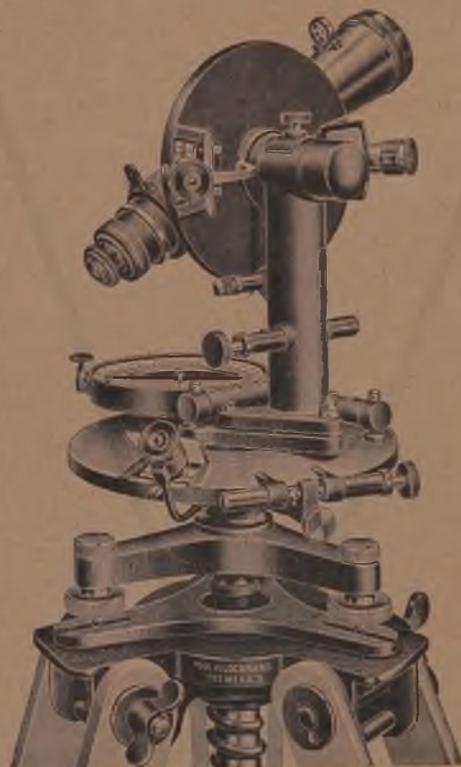


LIEFERT ALLE GERÄTE
ZEISS-AEROTOPOGRAPH
JENA

Die

neue Theodolitbussole

mit und ohne Doppelbild-Entfernungsmesser



für koloniale und forstliche Messungen, für
die Bestimmung von Paßpunkten u. dergl.

MAX HILDEBRAND

früher August Lingke & Co. / G.m.b.H.

FREIBERG IN SACHSEN

Werkstätten für wissenschaftliche
Präzisions-Instrumente / Gegr. 1791

Bildmessung und Luftbildwesen

Fachzeitschrift

der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie E. V.

unter Mitarbeit auch von Herren anderer Landesgesellschaften für Photogrammetrie.
Nachdruck von Originalartikeln nur mit ausdrücklicher Genehmigung gestattet.

Schriftleiter: Hermann Blumenberg, Vermessungsingenieur, Hannover 1 Süd,
Freitagstraße 141, Fernruf 80897

Manuskripte für Aufsätze und Fachberichte für das nächste Heft bitten wir bis zum
10. Aug. 1935 an Ober-Reg.-Rat O. Koerner, Berlin-Halensee, Karlsruher Str. 1, zu senden
Die Schriftleitung

8. Jahrg.

Juni 1935

Nr. 2

Die Förderung des Luftbildwesens in der Rheinprovinz¹

Von Landesoberbaurat Dr. Stephan Prager, Düsseldorf.

Die Siedlungs- und Verkehrsentwicklung der letzten Jahrzehnte hat das Bedürfnis für gute Kartenunterlagen außerordentlich gesteigert. Da die amtlichen topogr. Kartenwerke nur in größeren Zeitabständen berichtigt werden können, ist die Ergänzung durch das Luftbild von besonderer Bedeutung. Dabei zeigte sich insofern ein Mißstand, als vielfach Luftbildpläne kleiner Gebietsausschnitte hergestellt wurden ohne Rücksichtnahme auf einen guten Anschluß an Nachbargebiete. In dem Erlaß des preußischen Ministers für Handel und Gewerbe vom 18. Oktober 1929 über die Ausführung von Luftbildaufnahmen ist daher gesagt:

„Bei den Arbeiten ist nicht nur das Gebiet einer Gemeinde oder eines Kreises, sondern in planmäßiger Fortsetzung eine geschlossene Fläche von regelmäßiger rechteckiger Begrenzung möglichst im Ausmaß des entsprechenden Meßtischblattes aufzunehmen. Hierzu ist gegebenenfalls anzustreben, daß mehrere Nachbargemeinden sich zu einer Arbeitsgemeinschaft für eine gemeinsame Durchführung der Aufnahme zusammenschließen. Bei Bildung einer Arbeitsgemeinschaft übernimmt zweckmäßig diese die Auftragserteilung für das ganze aufzunehmende Gebiet. Einzelverträge zwischen den einzelnen Gemeinden und den ausführenden Gesellschaften sind möglichst zu vermeiden.“

Für die Bebauungspläne, Flächenaufteilungspläne, Wirtschaftspläne usw. bilden zuverlässige und nachgetragene Kartenunterlagen das erste Arbeitsfordernis. Hieraus rechtfertigt sich die umfangreiche Unterstützung, welche die Rheinische Provinzialverwaltung (Landesplanung der Rheinprovinz) der Herstellung von Karten, z. B. von geologisch-agronomischen Karten und von Kreiskarten, sowie dem Luftbildwesen zuteil werden läßt.

Herstellung von Luftbildaufnahmen in der Rheinprovinz.

Abb. 1 gibt einen Ueberblick über die Rheinprovinz und eine Zusammenstellung der insgesamt in der Rheinprovinz bisher aus der Luft photogrammetrisch aufgenommenen Flächen. Im Norden der Rheinprovinz wurde nach Abzug der Besatzung vom Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk mit der Herstellung eines Luftbildplanes 1:5000 begonnen, der sich jetzt nahezu über das ganze Verbandsgebiet erstreckt, aber noch das alte Planformat ohne Einpassung in das Gauß-Krügersche Netz aufweist. Es folgten einzelne Stadt- und Landkreise des Regierungsbezirks Düsseldorf unter Mitarbeit des Landesplanungsverbandes Düsseldorf e. V. und in sehr umfangreicher Weise die Stadt Köln. Seit dem Jahre 1929 hat die im Einvernehmen mit dem Oberpräsidenten und den Regierungspräsidenten der Rheinprovinz bei der Rheinischen Provinzialverwaltung gegründete Landesplanung der Rheinprovinz, Düsseldorf, Landeshaus, die zusammenhängende Befliegung wichtiger Wirtschaftsgebiete in der Rheinprovinz mit Unterstützung von Reich und Staat und in Zusammenarbeit mit den örtlichen Stellen durchgeführt.

Die erste von der Landesplanung der Rheinprovinz im Jahre 1930 in die Wege geleitete Befliegung schloß sich südlich an die von der Stadt Köln ausgeführten Luftbildaufnahmen an und erstreckte sich beiderseits des Rheines bis Koblenz, ein Gebiet von 800 qkm umfassend.

¹ Auszug aus einem Vortrag, gehalten in Berlin am 28. Oktober 1932 in der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie.



Anschließend wurde 1951/52 in Zusammenarbeit mit der Provinzialverwaltung in Wiesbaden das Rheintal von Koblenz bis Bingen mit insgesamt 237 qkm aufgenommen. Die Aufnahmen des Rheines erfolgten auf Ersuchen der Rheinstrombauverwaltung bei normalem Wasserstande, der die Buhneinbauten zum Schutz der Ufer gegen den Angriff der Strömung erkennen läßt.

Als dritter Abschnitt wurde der wichtigste Teil des Aachen-Dürener Wirtschaftsgebietes (insgesamt 590 qkm) befliegen, während ein viertes Gebiet, das rheinische Braunkohlengebiet mit 402 qkm, zur Zeit in Bearbeitung ist. Dieser vierte Abschnitt wird die Lücke zwischen dem ersten und dritten Befliegungsabschnitt schließen. Außerdem ist eine Befliegung des zur Rheinprovinz gehörigen Teiles des Sieger Landes, d. h. des industriell entwickelten Teiles des Kreises Altenkirchen im Anschluß an die von der Landesplanung Sieger Land durchgeführte Luftbildaufnahme in Aussicht genommen. Im Saargebiet wird die Herstellung der Reichswirtschaftskarte (topographische Grundkarte 1 : 5000) auf Grund von Luftbildaufnahmen von der Provinzialverwaltung unterstützt.

Erfahrungen bei Herstellung der Luftbildaufnahmen, Entzerrungsmaterial.

Die große Ausdehnung der Aufnahmen brachte es mit sich, daß die für die Entzerrung verwendeten geometrischen Unterlagen nicht einheitlich waren. Die geeignetsten Entzerrungsunterlagen bilden koordinatenmäßig bestimmte Punkte. Die Festlegung dieser Punkte durch örtliche Messung verursacht jedoch nicht unerhebliche Unkosten. In einem Falle wurden die Entzerrungsunterlagen für ein dicht bewachsenes Gebiet mit ungünstiger Geländeform in der Gegend von Monschau durch örtliche Messung beschafft, weil das vorhandene Kartenmaterial nicht ausreichte. Die Aufnahmen erfolgten tachymetrisch unter Zuhilfenahme einer Kleintriangulation.

Wirtschaftlich günstiger ist die Bestimmung von Punkten nach vorhandenen Kartenunterlagen, die ein geodätisch einwandfreies Koordinatennetz besitzen. In Frage kommen hierfür in erster Linie die amtlichen Katasterkarten. Leider ist in der Rheinprovinz der Ursprung der einzelnen Katasterkarten ein ganz verschiedener. Das französische Kataster zwischen Boppard und Bingen, das keinen mathematischen Zusammenhang hat, mußte z. B. für die graphische Bestimmung der Koordinaten geeigneter Punkte ausfallen.

In einzelnen Fällen waren geeignete Entzerrungsunterlagen nicht zu beschaffen, sodaß das auf 1 : 5000 vergrößerte Meßtischblatt als Entzerrungsunterlage dienen mußte. Das Meßtischblatt weist gerade in den engen Tälern infolge der signurmäßigen Vergrößerung der Eisenbahn- und Straßendarstellung starke Verdrückungen der sonstigen Eintragungen, z. B. der Bebauung, auf, die durch die Vergrößerung des Maßstabes auf das Fünffache vergrößert und vergrößert werden. Aus diesem Grunde kommt das Meßtischblatt nur als Notbehelf in Betracht.

Weitaus am besten eignen sich die seit 1880 durch die landwirtschaftlichen Umlegungsverfahren geschaffenen Katasterneumessungen, die auch in dem durch die Umlegung stark verdichteten Wirtschaftswegenetz eine gute Auswahl von Paßpunkten vermitteln. Diese Neumessungen standen für die Entzerrung in erfreulichem Maße zur Verfügung, da die Umlegungen wegen der starken Eigentumszersplitterung in der Rheinprovinz einen beträchtlichen Teil der landwirtschaftlichen Nutzungsfläche der Provinz umfassen.

Neben den durch koordinatenmäßige Punktbestimmung beschafften Entzerrungsunterlagen fanden auch Kartenwerke der verschiedensten Art für die Entzerrung Verwendung, so z. B. die Stromkarten der Rheinstrombauverwaltung in Koblenz und die durch das Oberbergamt in Bonn zur Verfügung gestellten Bergkarten, sowie die Neuaufnahmen der für die bergbaulichen Verbände tätigen Markscheider.

Zum Teil sind auch vorhandene Stadtpläne für die Entzerrung ausgenutzt worden. Es mußte jedoch zunächst ihr Herstellungsgang möglichst genau geklärt werden, da auch ein in der äußeren Form und Darstellung recht zuverlässig wirkender Plan durch sehr unsichere Zusammensetzung entstanden sein kann.

Insgesamt ist zu sagen, daß die von der Landesplanung der Rheinprovinz beschafften Luftbildpläne 1 : 5000 eine dem Maßstabe und dem Verwendungszweck entsprechende Plangenaueigkeit besitzen; Nachprüfungen haben dies bestätigt. Die Aufnahmen der Bergmannsiedlung Palenberg im Aachener Steinkohlengebiet und das Meßtischblatt hierzu verdeutlichen die Lückenhaftigkeit der vorhandenen Karten (vgl. Abb. 2).

Wichtig erscheint es, die Lesbarkeit der Luftbildpläne durch eine möglichst gute Bildschärfe zu verbessern; es ist für die Bildschärfe von Nachteil, wenn die Originalaufnahme aus zu großer Höhe, also in verhältnismäßig kleinem Maßstabe erfolgt, sodaß gleichzeitig mit der Entzerrung eine beträchtliche Vergrößerung der Aufnahme erfolgen muß. Es ist daher anzustreben, daß der Aufnahmemaßstab dem des entzerrten Luftbildes möglichst gleicht — eine Bedingung, von der nur in stark hügeligem Gelände Ab-

RHEINPROVINZ

LUFTBILDAUFNAHMEN ZUM ZWECKE DER HERSTELLUNG
VON LUFTBILDPLÄNEN UND KARTEN.



Abb. 1.

weichungen gestattet sein sollten. Eine schlechte Bildschärfe erschwert und verhindert unter Umständen die genaue Feststellung von an sich für die Entzerrung geeigneten Paßpunkten und kann so auch die Plangenauigkeit nachteilig beeinflussen. Die gleichen Nachteile wie aus geringer Bildschärfe ergeben sich aus starken Schlagschattenwirkungen, die zumal in bewegtem Gelände und bei dichter Bebauung als Folge der Aufnahme bei zu niedrigem Sonnenstande entstehen.

Im Rheintale und im Industriegebiet ist die Erdoberfläche einen großen Teil des Jahres durch eine Dunstschicht überlagert, die die Bildschärfe und Kontrastwirkung stark herabsetzen kann. Immerhin kommen genügend Tage mit reiner Luft auch in diesen Gebieten vor; allerdings werden die Wartezeiten auf gutes Wetter für die Aufnahme hier häufig länger sein als anderwärts. Es ist auch beobachtet worden, daß die Bildschärfe des entzerrten Luftbildplanes zum Teil nicht unwesentlich hinter der der Originalaufnahmen zurücksteht.

Alle diese phototechnischen Mängel sind deshalb zu erwähnen, weil durch sie die Verwendung auch eines geometrisch sehr guten Luftbildplanes in der Praxis auf Schwierigkeiten stößt, und die Ablehnung des Luftbildplanes für manche Zwecke des praktischen Projektierens usw. erfolgt häufig nicht wegen unzureichender Plangenauigkeit, sondern infolge derartiger technischer Mängel.

Im Saargebiet, das zu den dichtest besiedelten Gebieten Deutschlands gehört und das nach dem Kriege, zum Teil mit Rücksicht auf die Umstellung, starke Veränderungen in der Verkehrs- und Siedlungsgestaltung erfuhr, ist die Verwendung der Luftphotographie nicht bei der Herstellung des entzerrten Luftbildes stehengeblieben. Die Stadt und der Kreis Saarbrücken beauftragten im Jahre 1928 das Reichsamt für Landesaufnahme mit der Herstellung der topographischen Grundkarte. Einzelne Gemeinden bestellten Luftbildaufnahmen mit dem Ziele der Herstellung einer Luftbildkarte mit Uebernahme der Höhenschichtlinien aus dem Meßtischblatt. Die Forstverwaltung des Saargebietes ließ Luftbildpläne als Forstwirtschaftskarten herstellen. Diese Bestrebungen ergaben einen mangelnden Zusammenhang und Ueberscheidungen.

Als die Landesplanung der Rheinprovinz im Jahre 1930 auf Antrag der beteiligten Stadt- und Landkreise die Durchführung einer umfassenden Landesplanung für das Saargebiet begann, ging sie von Anfang an daran, auch auf dem Gebiete der Luftbildaufnahmen und ihrer Auswertung für vermessungstechnische Zwecke eine größere Einheitlichkeit anzubahnen.

Verwendungsmöglichkeiten der Luftbildpläne.

Die Luftbildpläne finden in der Rheinprovinz in zunehmendem Maße Verwendung. Einige Beispiele mögen dies erläutern: Die Aufnahme großer Flächen liefert durch die Ueberlappung der Luftbilder ausgezeichnetes Material für die stereoskopische Betrachtung mittels des Raumglases und hierdurch eine überaus anschauliche Sichtbarmachung der Höhenverhältnisse bei Projektierungsmaßnahmen. Bei generellen Planungen, wie z. B. Bebauungsplanentwürfen, deren rechtlich genaue Festlegung nicht sogleich in vollem Umfange notwendig ist, werden die Entwürfe vielfach unmittelbar in den Luftbildplan eingetragen.

Die Emschergenossenschaft in Essen hat seit 1925 die Luftbildmessung angewandt, um auf möglichst schnelle und billige Art zuverlässige Uebersichtskarten zu erhalten. Ueber die Erfahrungen der Emschergenossenschaft bei der Anfertigung und Verwendung von Luftbildplänen hat Oberlandmesser Hellwig in den Fachzeitschriften mehrfach eingehend berichtet. Von Vorteil für die Arbeiten war, daß keine erheblichen Höhenunterschiede vorhanden sind. Die guten Ergebnisse veranlaßten die Emschergenossenschaft, eine Vergrößerung der im Maßstab 1:2000 entzerrten Luftbildpläne auf 1:1000 zur Aufstellung von Regulierungsentwürfen von Bachläufen und zur unmittelbaren Absteckung der Bachachse im Gelände zu benutzen. Die Pläne sind durch Eintragung der Katasterbezeichnungen, Eigentüternamen usw. ergänzt worden. Die Aufschriften werden mit glashellem Pauspapier oder Zelluloidplatten einkopiert; sie erscheinen daher mit weißer Farbe auf den Entwürfen, die als Unterlage für die landespolizeiliche Prüfung anerkannt worden sind, also nicht nochmals in einen Strichplan umgesetzt zu werden brauchen. In ähnlicher Weise arbeiten die übrigen Wasserverbände im Gebiete der Ruhr, der Niers und der Lippe.

Die Landesplanung der Rheinprovinz gibt zur Förderung des Kartenwesens in Zusammenarbeit mit dem Reichsamt für Landesaufnahme besondere Kreiskarten für jeden Landkreis der Provinz heraus. Diese Kreiskarten im Maßstab 1:50 000 werden durch Vergrößerung der 100 000er-Karte gewonnen und sorgfältig topographisch nachgetragen. Für die Nachträge ist die Befliegung von großem Wert.

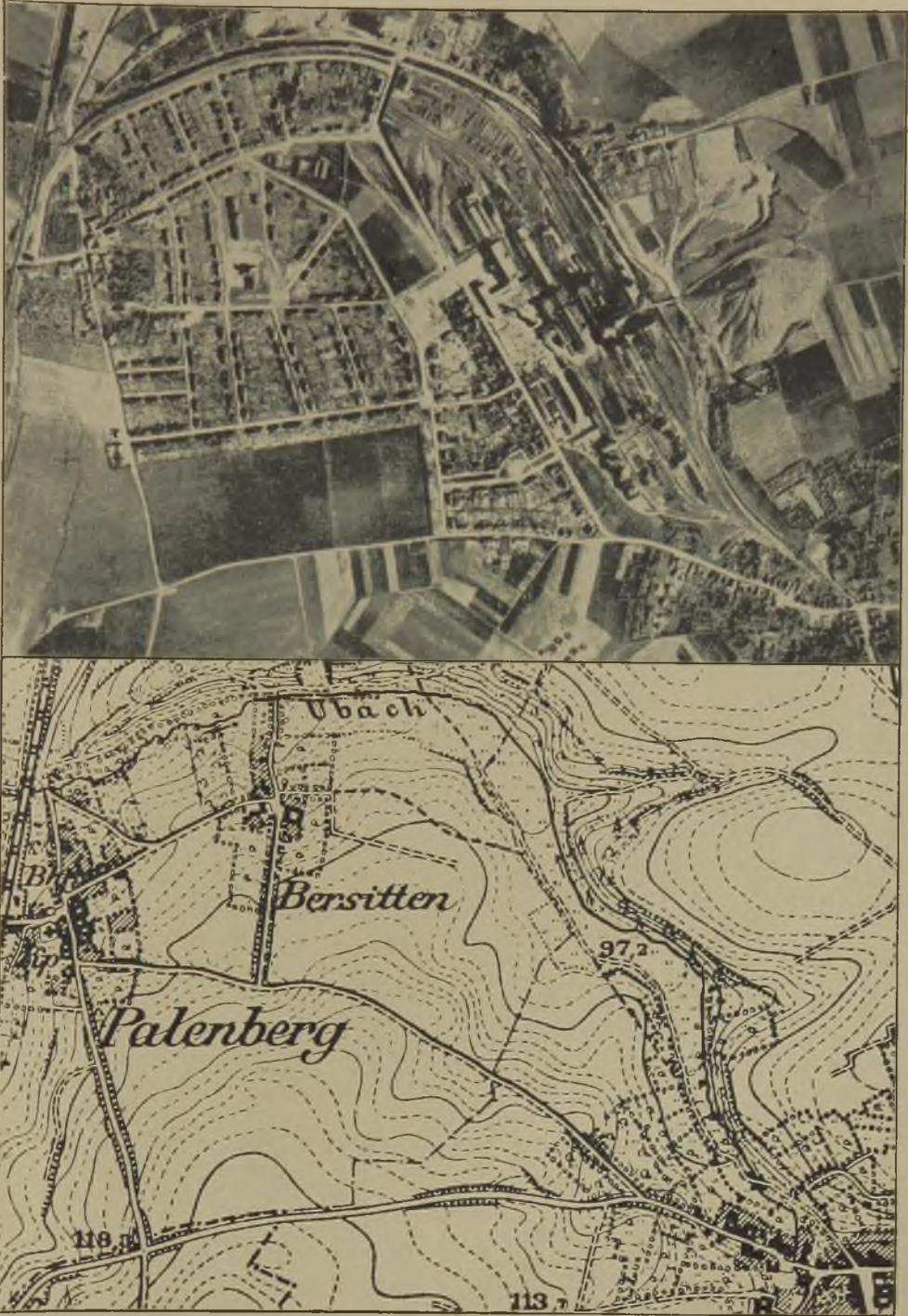


Abb. 2.

Für die Forstverwaltungen wird die Taxation und die Projektierung der Hauungen durch die Orientierung an Hand des Luftbildplanes vereinfacht und beschleunigt. Auch für die z. T. ein sehr bedeutendes Areal bedeckenden Provinzialanstalten der Rheinprovinz werden die Luftbildpläne mit Nutzen verwandt. Eine der wichtigsten Aufgaben der provinziellen Selbstverwaltung ist bekanntlich die Wohlfahrtspflege, die zum Bau der großen Heil- und Pflegeanstalten, der Taubstummenanstalten, Blindenanstalten usw. geführt hat. Diese Anstalten haben eigenen Wirtschaftsbetrieb und ausgedehnte Wald-, Wiesen- und Gartenanlagen. Der Vorteil, daß bei den Luftbildplänen die Bewachung und Bewirtschaftung des Bodens im Gegensatz zu sonstigen Karten mit Sicherheit zu erkennen ist, ermöglicht es, Bewirtschaftungspläne aufzustellen, die bei terrestrischer Meßhilfe wesentlich teurer herzustellen wären, falls die Bewirtschaftungsgrenzen sich nicht mit irgendwelchen bekannten Grenzlinien decken. Für die Blindenanstalt in Düren sind die Aufnahmen zum Luftbildplan 1:5000 des beträchtlich ausgedehnten Anstaltsgeländes auf 1:1000 entzerrt worden. Hiernach wird ein Modell des Gebietes angefertigt, wobei die Geländeformen nach genauen Unterlagen, alle übrigen Gegenstände der Erdoberfläche jedoch nach dem Luftbildplan hergestellt werden. Dieses Modell ist für die Blinden, deren Lebensbezirk ja dieses Anstaltsgelände bildet, von großem Unterrichtswert.

Schrägaufnahmen.

Es möge noch kurz auf den Wert der Schrägaufnahmen aus der Luft eingegangen werden. Die Schrägaufnahmen können für Unterrichtszwecke, im Dienst der archäologischen und heimatkundlichen Forschung, der Natur- und Denkmalspflege usw. mit großem Nutzen verwendet werden. Vergrößerte Schrägaufnahmen lassen sich außerdem zum Einprojizieren von Bauwerken (z. B. Brücken) sehr gut ausnutzen.

Die Landesplanung der Rheinprovinz hat in Zusammenarbeit mit dem Provinzialkonservator in Bonn und den Provinzialmuseen in Bonn und Trier gleichzeitig mit den Senkrechtaufnahmen und dadurch erheblich billiger zahlreiche Schrägaufnahmen herstellen lassen und außerdem vorhandene Schrägaufnahmen gesammelt. Auch für diese Aufnahmen ist eine einheitliche Durchführung über größere Gebiete hinweg von Vorteil.

Die Landesbildstelle der Rheinprovinz, eine Arbeitsgemeinschaft des Landesjugendamtes und der amtlichen Bildstellen in der Rheinprovinz, hat einen Katalog über die für Unterrichtszwecke gesammelten Diapositive herausgegeben. Dieser Katalog wird demnächst noch durch ein Verzeichnis der Landesplanung der Rheinprovinz über die gesammelten Luftbildaufnahmen ergänzt werden.

Für die archäologische Forschung hat die Luftphotographie dadurch große Bedeutung gewonnen, daß sie in geeigneten Gebieten zum Entdecken bisher unbekannter archäologischer Anlagen geworden ist. In England, dessen kalkreicher Boden hierfür besonders geeignet ist, hat man auf Grund von Luftbildern römische Befestigungsanlagen entdeckt und ausgegraben. Sogar eine aus der Steinzeit stammende Straßenanlage in England, von der bisher nur Bruchstücke bekannt waren, wurde durch das Luftbild wiedergefunden.

Die englischen Flugzeugaufnahmen von vorrömischen und römischen Befestigungsanlagen sind von so hervorragender Anschaulichkeit, daß es nahelag, dieses einzigartige archäologische Forschungsmittel auch in der Rheinprovinz zu fördern, und zwar in Zusammenarbeit mit den Provinzialmuseen. Die Flugzeugphotographie ermöglicht es, bei günstiger Beleuchtung sowohl die feinsten Bodenerhebungen zu beobachten, die dem Auge beim Begehen des Geländes kaum wahrnehmbar sind, als auch verschiedene Färbungen im Graswuchs auf größere Flächen hin zu übersehen. Ein ähnliches Beispiel sind ja die durch Umlegung beseitigten Grundstücksgrenzen und Wege, die nach vielen Jahren in der Photographie noch klar erkennbar bleiben.

Für das Provinzialmuseum in Bonn ist u. a. für die Zwecke der geschichtlichen Forschung der Katzenberg bei Mayen befliegen worden, der Reste eines römischen Kastells aufweist; weitere Aufnahmen für den gleichen Zweck sind für den Trierer Bezirk und das Saargebiet, die reich an Resten aus der Römerzeit sind, in Bearbeitung. Im Frühjahr dieses Jahres wird der Versuch gemacht werden, im Saargebiet bei Pachten ein Römerkasteil aus der Luft zu erforschen, das sich bei feuchtem Boden und geeigneter schräger Beleuchtung am klarsten abhebt. Die geographische Lage solcher Reste wird sehr übersichtlich zur Darstellung gebracht durch die von der Gesellschaft für Rheinische Geschichtskunde im Verein mit den Provinzialmuseen zu Bonn und Trier und der Römisch-Germanischen Kommission des Deutschen Archäologischen Instituts herausgegebene Archäologische Karte der Rheinprovinz, von der bisher Teilblätter im Süden der Provinz erschienen sind. Die Karten enthalten Angaben über Steinzeit, Vorrömische Metallzeit, Römische Zeit und Fränkische Zeit.

Zusammenfassung.

Zum Schluß ist kurz zusammenfassend zu sagen: Die Rheinische Provinzialverwaltung (Landesplanung der Rheinprovinz) hat mit Unterstützung von Reich und Staat und in planmäßiger Zusammenarbeit mit den örtlichen Stellen in Ergänzung der im Norden der Provinz bereits vorhandenen Aufnahmen die Herstellung des entzerrten Luftbildplanes 1:5000 für wichtige Wirtschaftsgebiete in die Wege geleitet. Bei der Herstellung der Reichswirtschaftskarte im Süden der Provinz hat sich die Rheinische Provinzialverwaltung mit Erfolg um Vereinheitlichung und überörtliche Gesichtspunkte bemüht. — Neben der Senkrechtaufnahme wurde die Schrägaufnahme und ihre Verwendung für die verschiedensten Zwecke, und zwar insbesondere für siedlungstechnische Aufgaben, für Umlegungen, für Denkmalspflege, Natur- und Landschaftsschutz, geschichtliche Landeskunde und archäologische Forschung, planmäßig gefördert.

Bei allen diesen Arbeiten muß mit Dank die überaus wertvolle Unterstützung durch die Luftbildstelle des preußischen Ministeriums für Handel und Gewerbe, durch den Oberpräsidenten in Koblenz, durch das Reichsamt für Landesaufnahme, das Reichsverkehrsministerium, die Rheinstrombauverwaltung, den Vermessungskommissar der Rheinprovinz und die Katasterverwaltungen der Regierungen sowie die angenehme Zusammenarbeit mit den Luftbildfirmen besonders hervorgehoben werden.

Insgesamt ist zu sagen, daß eine derartige provinzielle Zusammenfassung aller mit der Luftphotographie und -photogrammetrie zusammenhängenden Fragen und Aufgaben sich bewährt hat. Es ist in Deutschland ganz überwiegend nur eine Frage der Organisation und Initiative, daß die überaus wertvollen Hilfsmittel, die uns in der Luftphotographie und ihrer hochentwickelten wissenschaftlich-vermessungstechnischen Auswertung zur Verfügung stehen, in genügendem Umfange ausgenutzt werden.

Der unregelmäßige und systematische Fehler der räumlichen Doppelpunktseinschaltung und Aerotriangulation¹

Von R. Finsterwalder, Hannover.

Die Entwicklung der Photogrammetrie ist andere Wege gegangen als die meisten übrigen Zweige der Technik; bei ihr wurde nämlich zuerst die Theorie mit gewisser Vollständigkeit ausgebaut, dann erst erfolgten die großen praktischen Erfindungen, die im Bau der modernen räumlichen Auswertegeräte ihre Auswirkung gefunden haben. Diese Auswertegeräte sind Wunderwerke der Technik: sie haben sich in rascher Entwicklung immer mehr vervollkommen lassen und werden bereits vielerorts erfolgreich in der Praxis verwendet. Andererseits aber hat die rasche, sich im letzten Jahrzehnt fast überstürzende Entwicklung der neuen Instrumente zur Folge gehabt, daß sie in mander Hinsicht zu wenig durchforscht wurden und man ihnen deshalb in wissenschaftlichen Kreisen zum Teil noch skeptisch gegenübersteht. Heute scheinen die Erfindungen im wesentlichen abgeschlossen zu sein, und es ist Zeit, einen klaren, wissenschaftlichen Boden zu gewinnen als Grundlage für die praktische Arbeit. Die geodätisch-wissenschaftliche Forschung hat deshalb einzusetzen und unter diesem Gesichtspunkt will ich das gestellte Thema behandeln.

Ausgehen möchte ich von einer historischen Betrachtung, nämlich von der ersten geodätisch-wissenschaftlichen Arbeit über die Doppelpunktseinschaltung, der Abhandlung von S. Finsterwalder „Die Grundaufgabe der Photogrammetrie und ihre Anwendung auf Ballonaufnahmen“, die im Jahre 1903 in den Abhandlungen der Bayerischen Akademie der Wissenschaften erschienen ist. Diese Arbeit beginnt mit der wichtigen Feststellung, daß die gegenseitige Orientierung zweier photographischer Aufnahmen, die das gleiche Gelände darstellen, aus den Bildern selbst nicht exakt lösbar ist, selbst dann nicht, wenn die eine Aufnahme bereits gegen die Basis orientiert ist und nur die Orientierung der anderen Aufnahme gesucht wird. Der Verfasser zieht daraus den Schluß, daß man sich mit einer Näherungslösung begnügen müsse, und führt eine solche in der folgenden Abhandlung vor. Als Geodäten schreckt uns eine Näherungslösung nicht, im Gegenteil, wir benützen derartige Lösungen häufig; zum Beispiel, wenn es sich um die Ausgleichung vermittelnder Beobachtungen handelt, legen wir ihr immer Näherungslösungen zugrunde. Dadurch, daß damals der in diesem Fall unfruchtbare exakt mathematische Weg verlassen und zu dem Mittel einer praktisch brauchbaren

¹ Vortrag, gehalten vor der Ortsgruppe Berlin der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie.

Näherungslösung gegriffen wurde, ist die Aufgabe der Doppelpunktseinschaltung in den Gesichtskreis der Geodäsie gerückt und wir benutzen seitdem stets Methoden, die der damaligen Lösung grundsätzlich gleichen. S. Finsterwalder legte damals die gegenseitige Orientierung durch die von Hauck eingeführten Kernpunkte fest, das sind die Durchstoßpunkte der Standlinie (Kernachse) mit den Bildebenen. Mit Hilfe einer vorläufigen Lage der Kernpunkte werden an jedem Standpunkte mittels der Bildpunkte und dem optischen Mittelpunkt die Keilwinkel zwischen den Kernebenen (diese sind durch die Kernachse und die Bildpunkte bestimmt) berechnet. Die Keilwinkel zwischen denselben Kernebenen sollten bei der Rechnung am rechten und linken Standpunkt gleich sein. Da die gegenseitige Orientierung nur näherungsweise angenommen wurde, sind die Keilwinkel zunächst nicht gleich, die zwischen ihnen bestehenden Differenzen können aber durch Aenderung der Orientierungselemente bzw. der Lage der Kernpunkte auf dem Wege einer Ausgleichung zu einem Minimum gemacht und dadurch die günstigsten Werte für die gegenseitige Orientierung gefunden werden. Jeder Bildpunkt ermöglicht die Aufstellung einer Bestimmungsgleichung; da fünf Bildpunkte zur eindeutigen Bestimmung der Orientierungselemente nötig sind, liefert jeder weitere eine Ueberbestimmung, sodaß Ueberbestimmungen in theoretisch fast unbeschränkter Zahl gewonnen werden können. Aus der Ausgleichung geht auch der mittlere Fehler der gegenseitigen Orientierung hervor. Dann folgt die Wiederherstellung des Raummodells, seine Einpassung auf gegebene Festpunkte und schließlich die Kontrolle der ganzen Punktreakonstruktion auf Grund von unabhängigen Kontrollmessungen im Felde.

Diese Arbeit von 1905 ist auch heute in vieler Hinsicht vorbildlich, und man darf wohl sagen, daß seitdem nie wieder eine so eingehende Untersuchung der räumlichen Doppelpunktseinschaltung bis in alle einzelnen Konstruktionsvorgänge, und zwar in theoretisch und praktisch gleich gründlicher und klarer Weise, durchgeführt worden ist. Diese Feststellung soll aber keinen Vorwurf für spätere Arbeiten auf diesem Gebiet enthalten, denn seit jener Zeit ist zwischen die Theorie und ihre praktische Anwendung ein wichtiges Zwischenglied getreten, nämlich die bereits eingangs erwähnten räumlichen Auswertegeräte, die aus einer großen Anzahl optischer und mechanischer Teile bestehen, deren Zusammenwirken dem Außenstehenden nicht bis ins einzelne erkennbar ist. Man muß die Kenntnis, die wir von den Auswertegeräten haben, als sehr dürftig bezeichnen, wenn wir daran denken, wie genau und bis ins einzelne wir die Eigenschaften unserer klassischen geodätischen Arbeitsgeräte kennen. Es rührt dies daher, daß die Auswertegeräte erst in verhältnismäßig wenigen Exemplaren vorhanden sind, sodaß die Wissenschaftler nur selten Gelegenheit hatten, aus eigener Anschauung und Erfahrung die neuen Apparate kennenzulernen und sich ein sicheres Urteil über ihre Leistungsfähigkeit zu bilden. Nur eigenes Studium am Objekt kann bei der Neuartigkeit der Apparate und der durch sie bedingten Verfahren unsere Kenntnis vertiefen.

Ich habe vor einiger Zeit eine theoretische und die Auswertegeräte absichtlich abstrahierende Untersuchung über den „Unregelmäßigen Fehler der räumlichen Doppelpunktseinschaltung“² veröffentlicht; wenn ich heute über weitergehende Untersuchungen und vor allem über erste praktische Versuche, die auch den Einfluß der Auswertegeräte berücksichtigen, berichten darf, so danke ich dies vor allem der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft und Professor Gast. Denn die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft hat auf Antrag von Prof. Gast einen Aerokartographen Heydescher Konstruktion (1927) beschafft, der nun am Geodätischen Institut der Technischen Hochschule Hannover aufgestellt ist. Dort konnte ich an diesem Instrument selbst Arbeiten ausführen und Erfahrungen sammeln, über deren Ergebnis ich hier berichten will. Für meine Untersuchungen wesentliche Grundlagen lieferte besonders in theoretischer Hinsicht das Buch „Ferienkurs in Photogrammetrie“, S. 14–54, von O. v. Gruber. Doch muß ich von vornherein bitten, nicht allzuviel und vor allem nicht allgemein gültige Ergebnisse zu erwarten, denn die an einer Stelle erzielten Ergebnisse sind zu sehr abhängig von den speziellen Eigenschaften des benützten Auswertegeräts und der persönlichen Eignung und Uebung des Beobachters. Meine Ausführungen sollen deshalb in erster Linie Anregung und Richtung geben für ähnliche Arbeiten auf diesem Gebiet, sie sollen auch zugleich Fragen sein an alle, die auf diesem Gebiet bereits Erfahrungen gesammelt haben.

Grundsätzlich darf man über photogrammetrische Fehleruntersuchungen sagen, daß es nicht genügt — wie es bisher oft geschah —, wenn über das Ergebnis nur bemerkt wird, daß es „genügend genau“ war. Ich möchte noch weitergehen und sagen, daß es

² Allgem. Vermess.-Nachr. Nr. 41 bis 43. 1932.

im allgemeinen nicht genügt, über die Genauigkeit des schließlichen Endergebnisses zahlenmäßige Angaben zu machen, sondern daß möglichst die Fehlerfortpflanzung durch alle Zwischenvorgänge untersucht und in ihrem Einfluß auf das Endergebnis nachgewiesen werden soll.

Die gegenseitige Orientierung.

Die theoretische Lösung der gegenseitigen Orientierung soll hier nur ganz kurz behandelt werden. Es ist bei der theoretischen Lösung anzustreben, daß sie möglichst Rücksicht nimmt auf die heute ganz allgemein übliche praktische Herstellung der gegenseitigen Orientierung auf optisch-mechanischem Wege. Bei diesem Verfahren werden Höhenparallaxen gemessen und durch systematisches Verändern der Orientierungselemente zum Verschwinden gebracht. Die Höhenparallaxen sollen auch in die theoretischen Lösungen als Messungsgrößen eingeführt werden. So einfach die Höhenparallaxen bei der Doppelbildbetrachtung benutzt werden können, so schwer sind sie exakt zu definieren. Ihre Größe ist abhängig von den Eigenschaften, besonders der Vergrößerung des Betrachtungssystems, das bei den einzelnen Gerätetypen recht verschieden ist. Bei den meisten Auswertegeräten sind sie tatsächlich Vertikalparallaxen, die man sich durch Fehler $dy_A - dy_B$ der senkrecht zur Basis orientierten Ordinaten y_A und y_B der beiden Bilder entstanden denken kann. Die Höhenparallaxen können durch Berücksichtigung der Vergrößerung leicht auf diese linear auf den Bildern gemessenen Größen zurückgeführt und zur Lösung der gegenseitigen Orientierung benutzt werden. Man hat dabei den großen Vorteil, in einfachster Weise die beiden Hauptfehlerquellen bei der Doppelpunkteinschaltung, nämlich das „Korn“ der photographischen Emulsion und die Verzeichnungsdifferenzen der Objektive, berücksichtigen zu können. Das Korn der Emulsion hat einen unregelmäßigen Fehler der Bildkoordinaten zur Folge, der an allen Stellen des Bildes gleich groß ist. Die Verzeichnungsdifferenz der Objektive, die, wie wir sehen werden, den zweitwichtigsten Fehlereinfluß darstellt, wird im allgemeinen auch als linearer Fehler der polaren Bildkoordinaten angegeben, er ist über das Bild verschieden groß, jedoch systematisch verteilt.

In meiner bereits erwähnten Abhandlung über den unregelmäßigen Fehler der Doppelpunkteinschaltung habe ich eine Näherungslösung für die gegenseitige Orientierung angegeben, in der die im vorigen kurz definierten Höhenparallaxen als Messungsgrößen zugrunde gelegt sind.

Die Fehlergleichungen lauten bei dieser Lösung:

$$\begin{aligned}
 dp_1 &= \frac{\partial y_{A1}}{\partial \varphi_A} d\varphi_A - \frac{\partial y_{B1}}{\partial \varphi_B} d\varphi_B + \frac{\partial y_{A1}}{\partial \omega} d\omega + \frac{\partial y_{A1}}{\partial K_A} dK_A - \frac{\partial y_{B1}}{\partial K_B} dK_B \\
 dp_2 &= \frac{\partial y_{A2}}{\partial \varphi_A} d\varphi_A - \frac{\partial y_{B2}}{\partial \varphi_B} d\varphi_B + \frac{\partial y_{A2}}{\partial \omega} d\omega + \frac{\partial y_{A2}}{\partial K_A} dK_A - \frac{\partial y_{B2}}{\partial K_B} dK_B \\
 &\vdots \\
 dp_n &= \frac{\partial y_{An}}{\partial \varphi_A} d\varphi_A - \frac{\partial y_{Bn}}{\partial \varphi_B} d\varphi_B + \frac{\partial y_{An}}{\partial \omega} d\omega + \frac{\partial y_{An}}{\partial K_A} dK_A - \frac{\partial y_{Bn}}{\partial K_B} dK_B
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

dp sind die gemessenen Höhenparallaxen. Die Orientierungsunbekannten:

- $d\varphi_A$ und $d\varphi_B$ die Verschenkungen der linken bzw. rechten Kammer,
- $d\omega$ die Neigungsdifferenz der Aufnahmeachsen,
- dK_A bzw. dK_B die Verkantungen der beiden Aufnahmen

sollen bestimmt werden. Die Näherungswerte der Verkantungen sind Null, da wir von orientierten Bildordinaten ausgehen, die annähernd senkrecht zur Basis stehen. Berechenbar sind die partiellen Differentialquotienten

$$\frac{\partial y_A}{\partial \varphi_A}, \frac{\partial y_B}{\partial \varphi_B}, \frac{\partial y_A}{\partial \omega}, \frac{\partial y_A}{\partial K_A}, \frac{\partial y_B}{\partial K_B}$$

Sie können mit Hilfe vorläufiger Werte der orientierten Bildkoordinaten leicht bestimmt werden.

Man hat also ein lineares Gleichungssystem mit fünf Unbekannten. Diese sind eindeutig bestimmt, wenn fünf Höhenparallaxenmessungen dp vorliegen; sind die Höhenparallaxen an mehr als fünf Stellen gemessen, kann eine Ausgleichung stattfinden.

Den mittleren Fehler einer Höhenparallaxenmessung dp können wir theoretisch näherungsweise angeben, er ist in erster Linie von dem Auflösungsvermögen der benutzten Emulsion abhängig³, und zwar unter Zugrundelegung monokularer Meßgenauigkeit, die normalerweise halb so groß ist als die stereoskopische. Da wir das Auflösungsvermögen der Fliegeremulsionen nicht genau kennen, muß der mittlere Fehler einer Höhenparallaxenmessung grundsätzlich offengelassen werden. Wir setzen ihn in die theoretische Untersuchung zunächst mit $m = \pm 0,05$ mm ein und wollen ihn nach den Ergebnissen der praktischen Untersuchung abändern. Es ist ein großer Mangel, daß bisher noch keine eingehenden Versuche unternommen worden sind, diesen grundlegenden Wert zu bestimmen. Wir müssen uns deshalb vorläufig mit der angegebenen Schätzung begnügen.

Wenn wir auf diese Weise in unserem Gleichungssystem 1 einen mittleren Fehler für unsere Messungsgrößen dp vorliegen haben, fällt es nicht mehr schwer, auch die Fehler der Orientierungsunbekannten $d\varphi_A$, $d\varphi_B$, $d\omega$, dK_A , dK_B zu bestimmen. Sie ergeben sich aus dem mittleren Fehler m der Höhenparallaxenmessung durch Multiplikation mit den quadratischen Gewichtskoeffizienten, die sich in einfacher, bekannter Weise aus der Auflösung der Gleichungen (1) mittels unbestimmter Koeffizienten er rechnen.

Wirklich nutzbar werden unsere Betrachtungen erst dann, wenn wir konkrete Aufnahmeverhältnisse zugrunde legen und zahlenmäßig in der angegebenen Weise die Fehler bestimmen. Als einfachster Fall kommen zunächst parallele Senkrechtaufnahmen mit 60 Prozent Ueberdeckung in Frage, einem Verhältnis von Flughöhe zu Basis gleich 5 : 1, Plattenformat 18/18 cm mit einer Bildweite $f = 200$ mm.

Werden, wie das allgemein üblich ist, in den sechs Randpunkten M, N, P, Q, O_A, O_B Höhenparallaxen dp gemessen, so lauten die Gleichungen für die Orientierungsverbesserungen des Systems (1) unter Einsetzung aller Zahlenwerte für die sechs Randpunkte folgendermaßen⁴:

$$\begin{aligned} \text{M: } dp &= 0 \quad d\varphi_A + 26,7 \, d\varphi_B - 232 \, d\omega + 0 \, dK_A + 66,67 \, dK_B \\ \text{N: } dp &= -26,7 \, d\varphi_A - 0 \, d\varphi_B - 232 \, d\omega + 66,67 \, dK_A + 0 \, dK_B \\ \text{O}_A: dp &= 0 \quad d\varphi_A - 0 \, d\varphi_B - 200 \, d\omega + 0 \, dK_A + 66,67 \, dK_B \\ \text{O}_B: dp &= 0 \quad d\varphi_A - 0 \, d\varphi_B - 200 \, d\omega + 66,67 \, dK_A + 0 \, dK_B \\ \text{P: } dp &= 0 \quad d\varphi_A - 26,7 \, d\varphi_B - 232 \, d\omega + 0 \, dK_A + 66,67 \, dK_B \\ \text{Q: } dp &= +26,7 \, d\varphi_A - 0 \, d\varphi_B - 232 \, d\omega + 66,67 \, dK_A + 0 \, dK_B \end{aligned} \quad (2)$$

Nehmen wir an, daß die Höhenparallaxen, wie bereits erwähnt, mit einem mittleren Fehler von $m = \pm 0,05$ mm gemessen werden können, so ergeben sich daraus die Orientierungsfehler, wenn die Messungen auf Grund einer vorläufigen gegenseitigen Orientierung der Aufnahmen stattfanden:

$$\begin{aligned} \text{Verschwenkungsfehler: } m\varphi_A &= m\varphi_B = \pm 2',74 \\ \text{Neigungsfehler: } m\omega &= \pm 2',8 \\ \text{Verkantungsfehler: } mK_A &= mK_B = \pm 9',3 \end{aligned}$$

Diese Fehler sind überraschend hoch: es fällt uns dies besonders bei einem Vergleich mit der inneren Genauigkeit der benutzten Strahlenbündel auf, denn diese beträgt angenähert

$$\frac{m}{f} = \frac{0,05 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} = \text{rd. } 0,5'$$

Die Orientierungsfehler sind also fünf- bzw. sechs- bzw. 18mal so groß wie die innere Genauigkeit der Strahlenbündel.

Praktischer Versuch mit dem Aerokartographen.

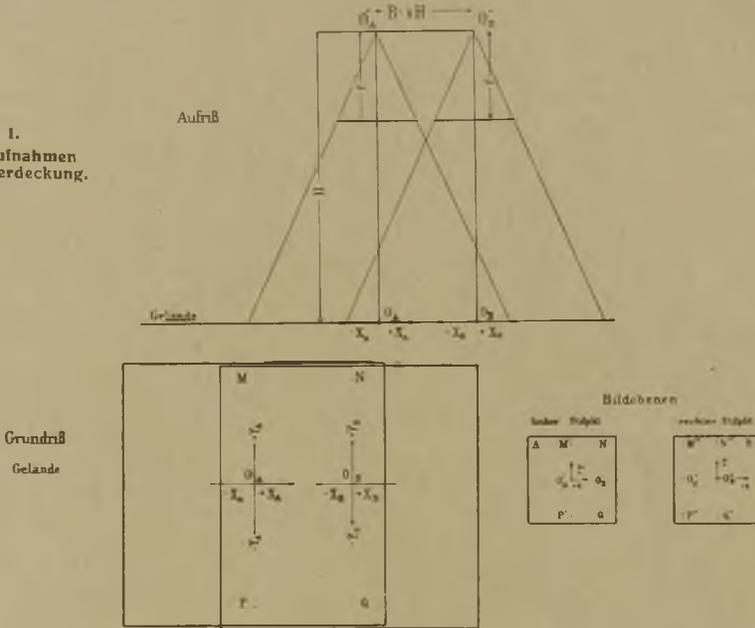
Um die Richtigkeit der im vorigen angeführten Gedankengänge nachzuprüfen, wurden am Aerokartographen die gegenseitige Orientierung einer Doppelaufnahme 25mal vorgenommen und jedesmal die Werte der Orientierungsgrößen zahlenmäßig notiert. Besonders wurde darauf geachtet, daß die einzelnen Einpassungen völlig unabhängig

³ Bei der Verwendung von Films kommt dazu der Betrag der unregelmäßigen Filmschrumpfung.

⁴ Siehe die Ableitung in „Der unregelmäßige Fehler der Doppelpunkteinschaltung“ Allgem. Vermess.-Nachr. 1932.

voneinander waren. Es wurden zu diesem Zweck nicht nur nach jeder Einpassung die gegenseitige Orientierung vollständig zerstört, sondern auch die Basiskomponenten um kleine Beträge geändert sowie die an sich beliebige Neigung der einen Kammer jedesmal mit einem anderen Betrag eingestellt. Als Aufnahmen wurden nicht Luftaufnahmen benutzt, sondern terrestrische, die aber den Fall paralleler Senkrecht-

Abb. 1.
Senkrechtaufnahmen
mit 60% Ueberdeckung.



aufnahmen in geeigneter Weise nachahmen; die Aufnahmeachsen wurden horizontal von einer Brüstung auf eine gegenüberliegende, 15 m entfernte glatte Hausfront gerichtet. Die Werte der gegenseitigen Orientierung konnten auf diese Weise auch direkt gemessen werden, was den großen Vorteil hatte, daß die am Aerokartographen erhaltenen Orientierungselemente mit ihren wirklichen Werten verglichen werden konnten.

Tabelle 1.

Orientierungsfehler einer Einpassung. Aufnahme-Format 15/18 cm, 60% Ueberdeckung nach Längsseite, $f=180$ mm.

	Theoretisch $m = \pm 0,03$	Aus 25 unabh. Einpassungen	Theoretisch $m_0 = \pm 0,04$ mm
	1	2	3
$m\varphi_A$	$\pm 4',0$	$\pm 6',5$	$\pm 5',2$
$m\varphi_B$	$\pm 4',0$	$\pm 7',1$	$\pm 5',2$
$m\omega$	$\pm 5',3$	$\pm 6',9$	$\pm 7',0$
mK_A	$\pm 17'$	$\pm 20'$	$\pm 22',5$
mK_B	$\pm 17'$	$\pm 21'$	$\pm 22',5$

Da die erwähnten Aufnahmen das Format 15/18 cm hatten, das nach der Längsseite des Bildformats überdeckt war, und die Bildweite 18 cm betrug, so weichen die auf Grund eines Auflösungsvermögens von $m = \pm 0,05$ mm errechneten mittleren Orientierungsfehler von den vorhin unter etwas anderen Voraussetzungen bestimmten Werten etwas ab. Sie sind in Spalte 1 der Tabelle 1 angeführt.

Jede der 25 Einpassungen ergab für die einzelnen Orientierungselemente Werte, die mittels der Teilkreise des Aerokartographen bestimmt und dann gemittelt wurden.

Aus den Abweichungen gegen die Mittel konnten die mittleren Fehler der einzelnen Orientierungselemente für eine Einpassung berechnet werden, sie sind in Spalte 2 zusammengestellt.

Aus den durch den Versuch erhaltenen Orientierungsfehlern Spalte 2 kann gefolgert werden:

1. Die Unsicherheit der gegenseitigen Orientierung (Spalte 2) ist größer als die theoretisch für das Auflösungsvermögen $m = 0.03$ mm errechnete (Spalte 1). Wird jedoch ein Auflösungsvermögen von 0.04 mm zugrunde gelegt (Spalte 3), so stimmen die theoretischen mit den praktisch erhaltenen Werten gut überein, nur die Verschwenkungsfehler sind gegen die theoretisch erhaltenen um 20 Prozent zu groß.

2. Da zur Aufnahme Topoplatten mit sehr feinem Korn und einem Auflösungsvermögen von $m = rd. 0.015$ mm verwendet worden waren, so ist in diesem Fall offenbar nicht das Auflösungsvermögen der Emulsion, sondern das der Optik für die Genauigkeit der Orientierung maßgebend. Das letztere ist für das ganze Bildfeld nicht ganz konstant; damit erklärt sich auch die etwas zu große Unsicherheit der Verschwenkungen, da diese auf Grund von Messungen in den Bildecken bestimmt werden, wo die Bildschärfe geringer ist als in kleinerer Entfernung vom Hauptpunkt.

Im großen und ganzen kann von einer guten Uebereinstimmung der Theorie mit der Praxis gesprochen werden.

Es soll hier noch kurz darauf hingewiesen werden, daß eine genauere Untersuchung der hier nicht näher aufgeführten Fehlerreihen das Vorhandensein von systematischen Fehlern ergeben hat; sie sind durch sprungweise, nach vier bis fünf Einpassungen aufgetretene Änderungen in der Höhenwinkelübertragung des Aerokartographen zu erklären. Die Höhenwinkelübertragung erfolgt mit einem Hebelarm von nur 8 cm Länge, sodaß kleine Materialänderungen des sehr zart gebauten, aus mehreren verschiedenen beweglichen Teilen bestehenden Uebertragungssystems schon merkbaren Einfluß auf die Höhenparallaxen ausüben können. Untersuchungen darüber, ebenso wie über alle Teile des Aerokartographen, werden derzeit von Vermessungsassessor Kuhlmann am Geodätischen Institut der Technischen Hochschule Hannover angestellt und wohl in Bälde veröffentlicht.

Charakterisierung der optisch-mechanischen Orientierung.

Man war bisher der Meinung, daß die gegenseitige Orientierung auf optisch-mechanischem Wege ein außerordentlich feiner und genauer Vorgang sei. Diese Meinung führte z. B. dazu, Vorrichtungen zu treffen, um bei der Aerotriangulation eine in einem Raummodell gewonnene Orientierung ohne die geringste Veränderung in das folgende Raummodell zu übertragen⁵. Um sehr genau arbeiten zu können, wurde auch der Beobachtersitz an den Auswertegeräten so angeordnet, daß der Beobachter während der Betrachtung des Raumbildes feinste Korrekturen an den Orientierungselementen anbringen kann. Man findet ferner in der Literatur vielfach Hinweise darauf, daß es nicht möglich ist, die Orientierungselemente an den entsprechenden Skalen zahlenmäßig so genau einzustellen, wie dies mit Rücksicht auf die erforderliche Genauigkeit der gegenseitigen Orientierung nötig wäre⁶.

Haben wir nun auf Grund unserer Ergebnisse diese frühere Ansicht über die hohe Genauigkeit der gegenseitigen Orientierung zu ändern? Wir haben doch gefunden, daß die Orientierungsfehler recht groß sind und ein Vielfaches der Fehler in den ursprünglichen Strahlenbündeln betragen! Man könnte doch auch sicher die Einstellungen für die Orientierungselemente so gestalten, daß eine Genauigkeit bei der Verschwenkung und Neigung von rund 3', bei der Verkantung von rund 10' eingehalten werden kann. Die Antwort auf die obige Frage lautet: ja und nein!

A e n d e r n müssen wir unsere Meinung insofern, als es z. B. nicht nötig wäre, bei der Aerotriangulation die Aufnahme-richtungen bei dem Uebergang von einem Raummodell in das nächste völlig fehlerfrei zu übertragen; da die Unsicherheit der gegenseitigen Orientierung mehrere Minuten beträgt, wäre bei der Uebertragung der Aufnahme-richtung ein Fehler von einer Minute durchaus erträglich, und dieser Fehler könnte wohl auch ohne die erwähnten besonderen Einrichtungen an den Auswertegeräten eingehalten werden.

⁵ Z. B. Umschalteprismen am Aerokartographen, DRP. 459 863. R. Hugershoff, Photogrammetrie und Luftbildwesen. Springer, 1930, S. 102, Abb. 121 u. 122.

⁶ Z. B. ebenda, S. 201.

Andererseits müssen wir aber unbedingt an unserer bisherigen Meinung, wonach die gegenseitige Orientierung auf optisch-mechanischem Wege ein sehr feiner Vorgang ist, auch jetzt festhalten. Während nämlich der absolute Fehler der gegenseitigen Orientierung ziemlich groß ist — die weiter oben festgestellten Fehler entsprechen diesem absoluten Fehler —, dürfen die relativen Fehler innerhalb einer Einpassung nur erheblich geringere Werte aufweisen, wenn wirklich ein höhenparallaxenfreies Raumbild entstehen soll. Durch eine Einpassung wird eine Kombination von Orientierungselementen bestimmt, die einander durchaus mit der hohen Genauigkeit zugeordnet sind, die man bisher der gegenseitigen Orientierung überhaupt zuschrieb. Am besten können wir uns diese Tatsache durch einen Vergleich mit einer Ausgleichung klarmachen, wie sie übrigens auch hier, wenn auch in etwas anderer als der normalen Form, vorliegt. Haben wir z. B. auf trigonometrischem Wege Neupunkte zwischen Ausgangspunkte einzuschalten, die ungünstig liegen (z. B. gefährlicher Kreis beim Rückwärtsschnitt), so wird sich diese ungünstige Lage darin ausdrücken, daß die Koeffizienten der Fehlergleichungen zwar von normaler Größe, aber für einzelne Unbekannte wenig verschieden sind. Die Unbekannten lassen sich dann schlecht voneinander trennen und erhalten dementsprechend große mittlere Fehler, auch wenn die Genauigkeit der Beobachtungen hoch war. Wenn wir am Schluß der Ausgleichung deren Kontrolle vornehmen würden, indem wir die ermittelten Verbesserungen in die Fehlergleichungen einsetzen, so müßten wir diese Verbesserungen mit viel höherer Genauigkeit, als ihrem großen mittleren Fehler entspräche, einsetzen, weil sich sonst die übrigbleibenden Beobachtungsfehler mit Rücksicht auf die hohe Beobachtungsgenauigkeit viel zu groß ergäben. Auch hier sind die Unbekannten einander mit viel höherer Genauigkeit zugeordnet, als ihrem mittleren Fehler entspricht. Das eben Gesagte läßt sich ohne weiteres auch auf unser Gleichungssystem (2) anwenden. Denn auch in diesem Falle haben die Koeffizienten von $d\omega$ einerseits und dK_A und dK_B zusammen andererseits ähnliche Größe, sodaß sich diese Unbekannten schlecht voneinander trennen lassen⁷. Daraus ist ihr großer mittlerer Fehler zu erklären. Daß die relativen Fehler innerhalb einer Kombination erheblich geringer sein müssen, ergibt sich ohne weiteres, wenn wir die Orientierungsverbesserungen $d\varphi_A$, $d\varphi_B$, $d\omega$, dK_A , dK_B mit ihrem mittleren Fehler in die Gleichungen (2) einsetzen. Greifen wir die 1. Gleichung für M heraus, so würde z. B. ein Fehler von $m\omega = \pm 5'$ allein eine Höhenparallaxe von

$$dp = 252 \cdot m\omega = 252 \frac{5'}{5458} \approx 0,2 \text{ mm}$$

hervorrufen, die 6,5mal so groß wäre als der zulässige Grenzfehler $m = 0,05 \text{ mm}$ der Höhenparallaxen. Da in Gleichung für M drei Orientierungsfehler zur Höhenparallaxe in annähernd gleicher Weise beitragen, so darf jeder Orientierungsfehler nur etwa $\frac{0,05 \text{ mm}}{1,5}$

zur Höhenparallaxe beisteuern; daraus ergibt sich aus Gleichung (2) M als Bedingung für die Freiheit von merkbaren Höhenparallaxen in M, daß die relativen Fehler der Orientierungselemente folgende Beträge nicht übersteigen dürfen:

$$\mu\varphi_A = \mu\varphi_B = \pm 2',2$$

$$\mu\omega = \pm 0',25$$

$$\mu K_A = \mu K_B = \pm 0',9.$$

Besonders $d\omega$ und dK müssen also mit sehr hoher relativer Genauigkeit bestimmt werden, damit ein höhenparallaxenfreies Raumbild entsteht. Daraus geht hervor, daß die gegenseitige Orientierung mit sehr großer innerer Genauigkeit erfolgen muß. Daß die absoluten Fehler trotzdem recht erheblich sind, zeigt, wie ungünstig bei den verhältnismäßig schwach geöffneten Strahlenbündeln unserer normalen Kammern⁸ die geometrischen Verhältnisse für die gegenseitige Orientierung sind. Trotz hoher Meßgenauigkeit werden nur unsichere Resultate erzielt.

Rechnerische oder optisch-mechanische Bestimmung der Orientierung?

Die Bestimmung der gegenseitigen Orientierung auf optisch-mechanischem Wege erreicht durch systematisches Probieren mittels der Auswertegeräte annähernd dasselbe, wie eine rechnerische Ausgleichung der Gleichungen (2) nach der Methode der kleinsten

⁷ Noch deutlicher würde dies werden, wenn statt der Unbekannten dK_A und dK_B die Verkantungsdifferenz $dK_A - dK_B$ und die gemeinsame Verkantung dK eingeführt würden.

⁸ Geometrisch erheblich günstiger sind weitwinklige Aufnahmen mit Koppelkammern oder der Panoramenkammer von Aschenbrenner.

Quadrate. Es taucht deshalb die Frage auf, ob es nicht zweckmäßiger wäre, statt der optisch-mechanischen Bestimmung der Orientierungselemente eine solche durch Auflösung der Gleichungen (2) nach dem Gaußschen Algorithmus auszuführen. Diese Frage ist um so naheliegender, als die optisch-mechanische Einpassung ein umständliches Probieren voraussetzt, ein oftmaliges Messen kleinster, am Rande der Feststellbarkeit liegender Höhenparallaxen, die in unkontrollierbarer Weise immer wieder auftreten können, bis endlich nach $\frac{1}{2}$ - bis $1\frac{1}{2}$ stündiger anstrengender Arbeit ein höhenparallaxenfreies Raumbild erzielt ist. Erheblich klarer und weniger anstrengend wäre zweifellos eine rechnerische Lösung, bei der in den sechs Randpunkten einmalige Höhenparallaxenmessungen vorzunehmen, die Koeffizienten der Fehlergleichungen für diese Punkte zu bestimmen und dann die Gleichungen nach dem Gaußschen Algorithmus aufzulösen wären. Theoretisch wäre dieser rechnerische Weg zweifellos dem etwas unerfreulichen Probieren im anderen Falle vorzuziehen. Damit dies auch praktisch so sein könnte, müßten folgende Bedingungen erfüllt werden:

1. Die Höhenparallaxen müßten zahlenmäßig gemessen werden können. Werden sie als lineare Größen der Bilder eingeführt, könnte man sich zu diesem Zweck ein feines Quadratnetz auf eine Platte aufgelegt oder auch die Meßmarke mit einem Maßstab versehen denken, wobei dann noch die verschiedene Vergrößerung der Bilder und der Meßmarke berücksichtigt werden müßte. Dies würde keine prinzipiellen Schwierigkeiten bereiten.

2. Die errechneten Orientierungselemente müßten mit großer Genauigkeit am Auswertegerät eingestellt werden können, die der vorhin bestimmten hohen inneren Genauigkeit innerhalb einer Einpassung entspricht.

3. Der Bildflug müßte so ausgeführt sein, daß bei allen Bildern eine möglichst gleichmäßige Ueberdeckung vorhanden ist, sodaß die Koeffizienten der Fehlergleichungen (2) annähernd gleich sind und nicht jedesmal neu berechnet zu werden brauchen.

Unter diesen Voraussetzungen wäre es möglich, daß die rechnerische Bestimmung der gegenseitigen Orientierung erheblich wirtschaftlicher ist als die optisch-mechanische, und mit Rücksicht auf ihre sonstigen Vorzüge wäre es denkbar, daß die rechnerische Lösung die Methode der Zukunft ist.

Die Genauigkeitssteigerung der gegenseitigen Orientierung durch überschüssige Messungen.

Es ist bekanntlich eine Eigenheit der Aufgabe der gegenseitigen Orientierung, daß ohne Zuhilfenahme äußerer Messungen allein aus den Bildern theoretisch beliebig viele Ueberbestimmungen gewonnen werden können. In allen theoretischen Abhandlungen der früheren Zeit ist auf die Bedeutung dieser Ueberbestimmungen für die erreichbare Genauigkeit hingewiesen worden. Auffallenderweise schweigen sich die letzten drei großen photogrammetrischen Werke von Gast, Gruber und Hugershoff⁹ über diesen Punkt ganz aus. Es scheint so, als ob praktisch eine Genauigkeitssteigerung durch solche überschüssige Messungen nicht in merklichem Maße möglich sei. Aus meiner Erfahrung möchte ich selbst der Meinung Ausdruck geben, daß überschüssige Messungen bei der optisch-mechanischen Einpassung nicht fruchtbar verwendet werden können. Wir beobachten bei der Einpassung im allgemeinen an den sechs Randpunkten der Fig. 1 und benützen dabei eine Ueberbestimmung. Aus dem im vorigen Abschnitt über das optisch-mechanische Einpaßverfahren Gesagten geht bereits hervor, wie anstrengend und langwierig der Einpassungsvorgang bei Berücksichtigung von diesen sechs Punkten ist. Meinem Empfinden nach ist es ausgeschlossen, beim optisch-mechanischen Probierverfahren wirklich unabhängige Messungen an mehr als sechs Stellen zu berücksichtigen. Das bereits erwähnte Schweigen in der neueren Literatur zu diesem Punkt scheint mir auch darauf hinzuweisen, daß die Genauigkeitssteigerung durch Ueberbestimmungen in der Praxis tatsächlich nicht erreicht werden konnte.

Eine Genauigkeitssteigerung der gegenseitigen Orientierung kann jedoch auf anderem Wege erzielt werden. Ich habe davon gesprochen, daß wir am Aerokartographen eine Einpassung 25mal in unabhängiger Weise wiederholt haben. Das Mittel aus diesen 25 Einpassungen ist tatsächlich fünfmal so genau wie eine einzige Einpassung und man hat so also eine Möglichkeit, wenn auch auf recht umständliche Weise, die Genauigkeit zu steigern. In manchen Fällen, zum Beispiel beim ersten und letzten Raummodell einer Aerotriangulation, ist eine solche Möglichkeit jedoch vielleicht wichtig.

⁹ P. Gast, Vorlesungen aus Photogrammetrie, Leipzig 1930. O. v. Gruber, Ferienkurs in Photogrammetrie, Stuttgart 1930. R. Hugershoff, Photogrammetrie, Wien 1930.

Ein anderer Weg der Genauigkeitssteigerung wäre unter Benutzung des rechnerischen Verfahrens denkbar. Man könnte in den sechs Randpunkten der Abb. 1 und deren unmittelbarer Nähe die Höhenparallaxenmessungen häufen und so erheblich genauere Werte als bei einmaliger Messung erhalten; diese könnten dann in die Ausgleichung eingeführt werden und müßten ein entsprechend genaueres Resultat ergeben.

Die Höhenfehler des Raummodells.

Bezüglich der Höhenfehler des Raummodells möchte ich hier im wesentlichen auf den betreffenden Abschnitt meiner Abhandlung „Der unregelmäßige Fehler der räumlichen Doppelpunkteinschaltung“¹⁰ hinweisen und nur des Zusammenhanges wegen das Wichtigste erwähnen. Leider sind unsere Versuche am Aerokartographen in Hannover noch nicht so weit gediehen, daß ich über praktische Ergebnisse berichten könnte¹⁰.

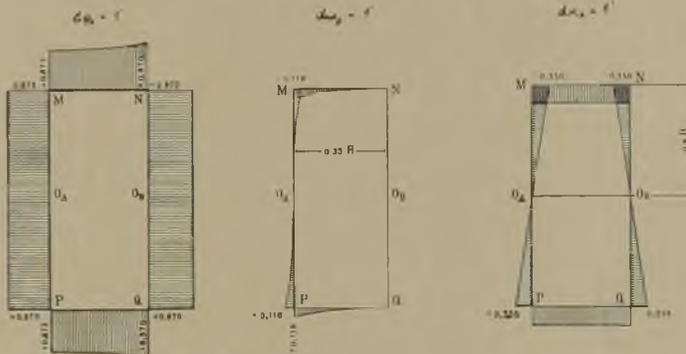


Abb. 2. Höhenfehler in ‰ von H, hervorgerufen durch Orientierungsfehler $d\varphi = d\omega - d\kappa = \epsilon$. (Die positiven Höhenfehler sind nach außen, die negativen nach innen aufgetragen.)

Die Möglichkeit, von Fehlern der Orientierung auf Höhenfehler des Raummodells überzugehen, verdanken wir einer wichtigen, durch O. v. Gruber abgeleiteten Formel (Ferienkurs in Photogrammetrie, S. 47/48). Die Formel führe ich hier in der vereinfachten, für parallele Senkrechtaufnahmen gültigen Form an.

$$dH = \frac{H}{B} \left[H \cdot \left(1 + \frac{x^2}{f^2} \right) d\varphi + \frac{x \cdot y}{f^2} d\omega + H \cdot \frac{y}{f} \cdot d\kappa \right] \quad (3)$$

Das heißt, daß Verschwenkungsfehler das Raummodell nach einem parabolischen Zylinder verbiegen und außerdem eine konstante Höhenänderung zur Folge haben (Abb. 2), daß ein Neigungsfehler eine hyperboloidförmige Verbiegung der Geländeebene bewirkt, während ein Verkantungsfehler die Geländeebene zwar nicht verbiegt, aber schrägstellt.

Die Höhenfehler, die durch die früher angegebenen absoluten Fehler der gegenseitigen Orientierung hervorgerufen werden, sind recht hoch, sie betragen infolge Verschwenkungs- und Verkantungsunsicherheit je rd. 3 ‰ v. H., infolge Neigungsunsicherheit 0,3 ‰ von H. Glücklicherweise werden diese Fehler bei der Einpassung des Raummodells auf Paßpunkte und bei der Aerotriangulation zum größten Teil unschädlich, es bleiben nur die Verbiegungen wirksam. Die auf der Orientierungsunsicherheit beruhenden Höhenfehler betragen dann bei parallelen Senkrechtaufnahmen etwa 0,4 ‰ der Höhe. Die große Unsicherheit der gegenseitigen Orientierung überträgt sich also nur zu einem kleinen Teil auf die Höhenbestimmung.

Dies wird dann besonders klar, wenn die innere Genauigkeit der Höhenbestimmung zum Vergleich herangezogen wird, das sind die Fehler, welche allein durch die stereoskopische Meßgenauigkeit bei der Höhenbestimmung bedingt sind. Diese inneren Fehler der Höhenbestimmung betragen rd. 0,2 ‰, sie sind also nur halb so groß als die durch die Orientierungsunsicherheit bedingten Fehler der Höhen. — Für die praktische Verwendung der Doppelpunkteinschaltung ist dies äußerst wichtig und erfreulich, für Fehleruntersuchungen dagegen entsteht insofern eine Schwierigkeit, weil man schwer feststellen kann, ob die Höhenfehler lediglich in der stereoskopischen Meß-

¹⁰ Inzwischen sind diese Versuche vorgeschritten und haben ergeben, daß zwischen Orientierungs- und Höhenfehlern ein praktisch feststellbarer und verwertbarer Zusammenhang besteht, der der Formel 3 entspricht. Näheres darüber wird in der bereits erwähnten Arbeit von Kuhlmann mitgeteilt werden.

genauigkeit begründet sind oder ihre Ursache in Orientierungsfehlern haben. Deshalb ist es für Fehleruntersuchungen wichtig, auch die Unsicherheit der Orientierungselemente direkt zu untersuchen, denn deren große Fehler sind gleichsam sehr empfindliche Indikatoren für den auf der Orientierungsunsicherheit beruhenden Teil der Höhenfehler.

Einfluß von Fehlern der Optik.

Wer frühere Veröffentlichungen über Arbeiten, die mit dem hannoverschen Aerokartographen durchgeführt wurden, gelesen hat, z. B. den Aufsatz von Prof. Gast über die Aufnahme des Ramesseums¹¹, der weiß von Schwierigkeiten, die dabei aufgetreten sind, und wird sich vielleicht wundern, daß ich heute überhaupt positive Ergebnisse mitteilen konnte. Die Schwierigkeiten bestanden seinerzeit vor allem darin, daß es nicht möglich war, bei der Einpassung von terrestrischen Stereoaufnahmen weder unter Zurendelegung gemessener Orientierungselemente noch auf andere Weise ein höhenparallaxenfreies Raumbild zu erzielen. Die Schwierigkeiten wurden schon damals auf die Optik zurückgeführt; wir vermuteten, daß die Brennweite der Objektive in den Bildträgern zu sehr von der Bildweite der Aufnahmekammer abwich. Doch war dies

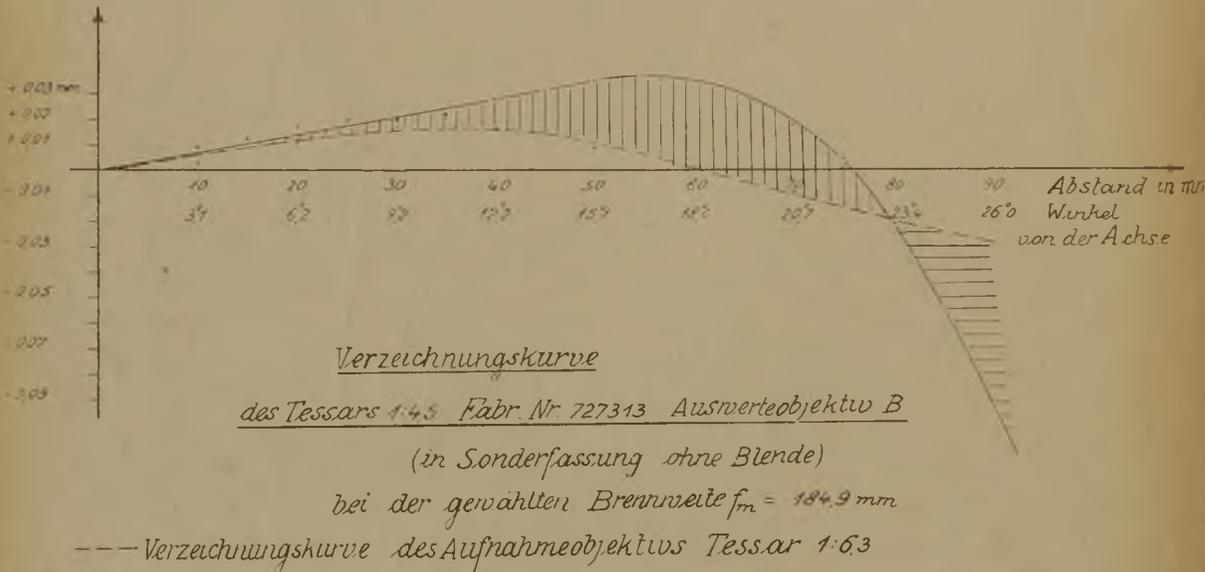


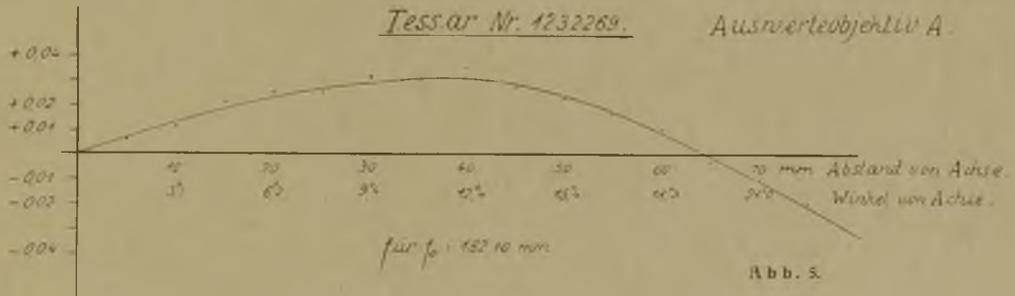
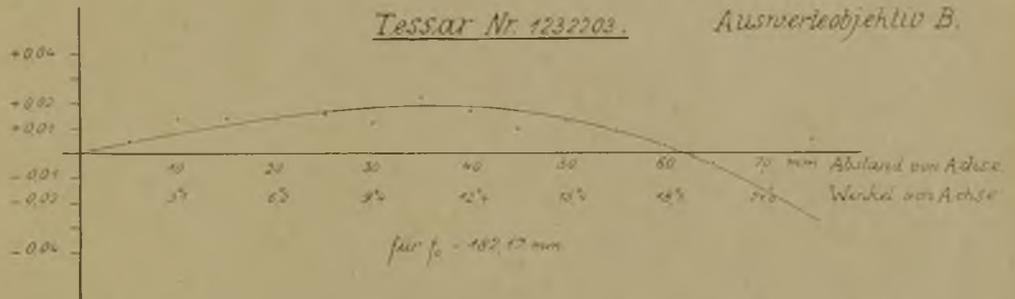
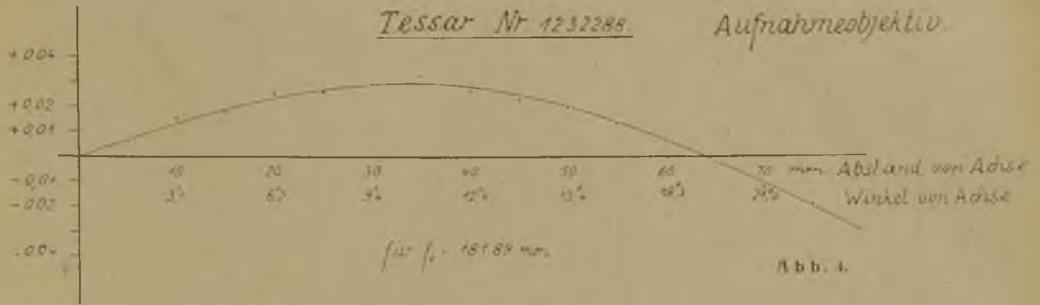
Abb. 3.

nicht der wahre Grund. Weitere Untersuchungen ließen schließlich keinen Zweifel darüber, daß Verzeichnungsdifferenzen zwischen Aufnahme- und Auswertobjektiv die Ursache der Schwierigkeiten sein mußten. Die Objektive waren zwar vom nämlichen Typ, nämlich Tessare von Zeiss, aber das Öffnungsverhältnis des Aufnahmeobjektivs war 1:6,8, das der Bildträgerobjektive im Aerokartographen 1:4,5. Nun war es außerordentlich schwer, ja für unsere Hilfsmittel fast unmöglich, die Objektive des Aerokartographen zu prüfen. Wenn ich hier doch über ein Ergebnis berichten kann, so verdanken wir das der Firma Zeiss-Aerotopograph, die in zuvorkommender Weise die Prüfung der Objektive vornahm.

Abb. 3 zeigt nun die Verzeichnungskurven der beiden Objektive, die in der Tat erheblich voneinander abweichen.

Als Ordinaten sind in Abb. 3 die Beträge aufgetragen, um die ein Punkt durch die Verzeichnung in der Bildebene in radialer Richtung verschoben wird. Bei Ausmessung nach dem Koppeschen Prinzip ist nur die Differenz zwischen den beiden Verzeichnungen (in Abb. 3 das schraffierte Stück zwischen den beiden Kurven) wirksam. Die Verzeichnungsdifferenz macht bei 60 mm Hauptpunktabstand +0,04 mm, bei 90 mm Abstand -0,06 mm aus. Besonders würde die Verzeichnungsdifferenz bei noch größerem

¹¹ Z. f. Vermess.-Wes. 1932, Heft 1, S. 3-14.



Hauptpunktsabstand interessieren, da bei der Doppelpunkteinschaltung vor allem die Eckpunkte der Bilder benutzt werden, die beim Format 13/18 cm rd. 100 mm vom Hauptpunkt entfernt sind. In unserem Fall würde bei entsprechender Extrapolation der Verzeichnungskurven ein Verzeichnungsbetrag von etwa $-0,12 \text{ mm}$ bei 100 mm Randabstand auftreten. Von diesen Verzeichnungsfehlern liefern die Komponenten in der y-Richtung (senkrecht zur Basis) Beiträge zu den Höhenparallaxen. Diese übersteigen das Auflösungsvermögen der Platten um ein Vielfaches und machen bei richtig orientierten Bildern eine Auswertung unmöglich. Die Firma Zeiss hat uns daraufhin Tessare gleicher Öffnung überlassen, deren Verzeichnungskurven (Abb. 4 und 5) nur bei 40 mm Hauptpunktsabstand um $0,01 \text{ mm}$ voneinander abweichen. Nach Montierung dieser Objektive war eine parallaxenfreie Auswertung möglich.

Bei genauerer Betrachtung der Abb. 4 und 5 sehen wir ohne weiteres, daß auch bei diesen ausgesuchten Objektiven die Verzeichnungen um merkbare Beträge abweichen, leider fehlt die Möglichkeit, größere Randabstände als 70 mm genauer zu untersuchen, da auch diese Verzeichnungskurven vorzeitig abbrechen. Objektive sind jedenfalls, auch wenn es sich um solche desselben Typs und derselben Öffnung handelt, Individuen, die sich, wenn auch wenig, untereinander unterscheiden und deren Eigenschaften man für Zwecke der Aerotriangulation genau kennen muß.



Da wir praktisch immer mit Verzeichnungsdifferenzen rechnen müssen, ist es noch nötig, den Einfluß größerer und kleinerer Verzeichnungsdifferenzen auf die Doppelpunktseinschaltung zu untersuchen.

Zu diesem Zweck seien die Verzeichnungsdifferenzen der Abb. 5, parallele Senkrechtaufnahmen, Bildformat 15/18 cm und 60prozentige Ueberdeckung nach dem Längsformat vorausgesetzt. Abb. 6a zeigt die Ordinatenfehler dy_A und dy_B , die im rechten bzw. linken Bild auftreten und sich bei der Doppelbildbetrachtung zu den Höhenparallaxen $dp - dv_A - dy_p$ überlagern (Abb. 6b). Bei dem optisch-mechanischen wie bei dem rechnerischen Verfahren der gegenseitigen Orientierung sucht man die in den sechs Randpunkten auftretenden Höhenparallaxen möglichst klein zu machen und erreicht dies auch in diesem Fall durch eine zusätzliche Korrektur der Verschwenkungen $d\varphi_A - d\varphi_B$. Die Wirkung dieser Höhenkorrektur¹² ist in Abb. 6c aufgezeichnet, sie überlagert sich mit den Verzeichnungshöhenparallaxen der Abb. 6b, sodaß als restliche Höhenparallaxen die in Abb. 6d angegebenen übrigbleiben. Es ist also bei den vorliegenden Verzeichnungen zwar möglich, für die sechs Randpunkte durch zusätzliche Verschwenkungskorrektur die Höhenparallaxen zu beseitigen, an anderen Stellen aber treten doch noch Höhenparallaxen auf, die durch keine Korrektur kompensierbar sind.

Es ist aber auch denkbar, daß bei anderer Gestalt der Verzeichnungskurven die Verzeichnungshöhenparallaxen durch Verschwenkungskorrektur ganz beseitigt werden

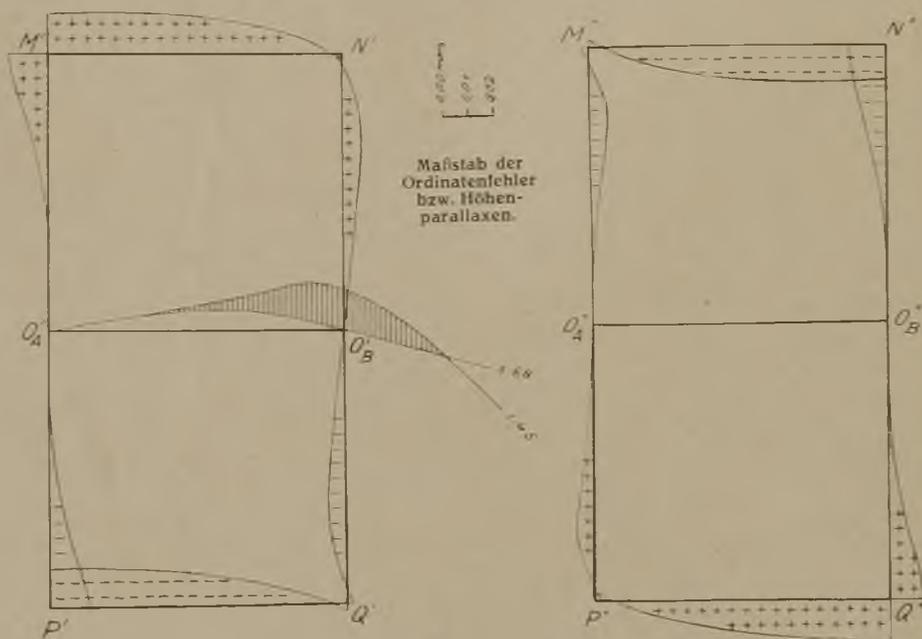


Abb. 6a. Ordinatenfehler infolge Verzeichnungsdifferenz zwischen Aufnahmeobjektiv 1:6,8 u. Auswertobjektiv 1:4,5. Die Ordinatenfehler sind senkrecht zum Bildrand aufgetragen.

Linkes Bild rechte Hälfte.
 O'_A = Hauptpunkt des linken Bildes.

Rechtes Bild linke Hälfte.
 O'_B = Hauptpunkt des rechten Bildes.

können. Dieser letztere Fall scheint bei der von W. Kuny bearbeiteten Aerotriangulation¹³ vorgelegen zu haben. Das durch die Aerotriangulation gewonnene Geländemodell wies zunächst eine parabelförmige Aufkrümmung auf, die durch eine Verzeichnungsdifferenz entstanden sein kann: diese mußte sehr groß, ähnlich wie in Abb. 6b, angenommen werden. Anscheinend war aber in diesem Fall der Einfluß der Verzeichnungsdifferenz durch eine zusätzliche Verschwenkung ganz kompensiert, sodaß keine Höhenparallaxen übriggeblieben waren, denn der unregelmäßige Höhenfehler, der nach Abzug der syste-

¹² Siehe dazu O. von Gruber, Ferienkurs in Photogrammetrie, S. 34, und R. Finsterwalder, Der unregelmäßige Fehler der räumlichen Doppelpunktseinschaltung, Allg. Vermess.-Nachr. 1932, Nr. 42, Abb. 4.

¹³ Festpunktslose räumliche Triangulation aus Luftaufnahmen, von W. Kuny, Stuttgart 1932.

matischen verblieb, erwies sich als sehr klein, er betrug über eine Strecke von 6 km nur 0,6 Promille der Flughöhe. Leider konnte Kuny die Verzeichnungskurven der benutzten Objektive nicht mitteilen, sodaß ein direkter Beweis für die von ihm gegebene Erklärung nicht möglich war.

Es sind folgende Fälle eines Verzeichnungseinflusses denkbar:

1. Die Verzeichnungsdifferenzen sind groß (0,05 mm bis 0,10 mm bei Bildweite $f = 200$ mm), sie sind so gestaltet, daß die dadurch hervorgerufenen Höhenparallaxen durch zusätzliche Korrektur der Verschwenkungen nur in den sechs Randpunkten (Abb. 6)

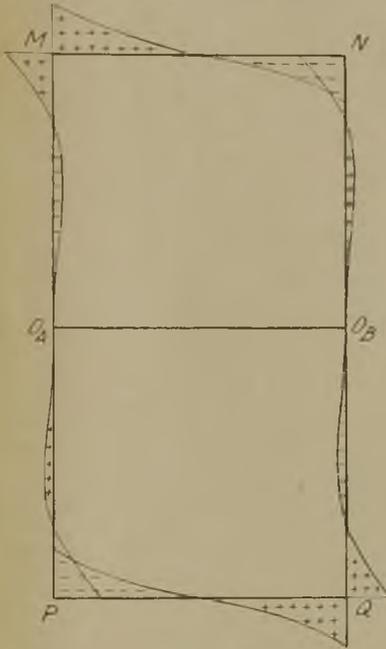


Abb. 6b.
Höhenparallaxen im doppelt überdeckten Bildfeld, entstanden durch Überlagerung der Teilbilder 6a.

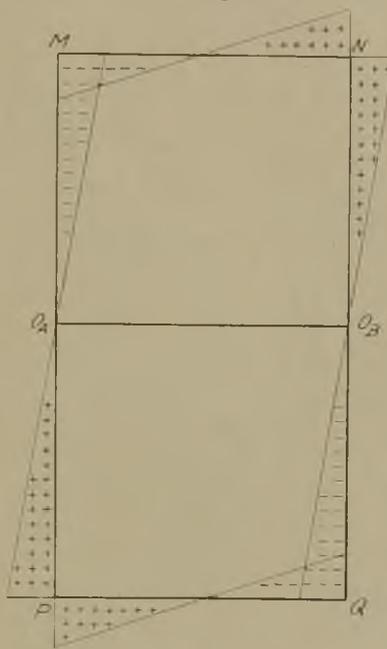


Abb. 6c.
Höhenparallaxen im doppelt überdeckten Bildfeld infolge Verschwenkungskorrekturen $d\varphi_A = -7^\circ$ und $d\varphi_B = +7^\circ$.

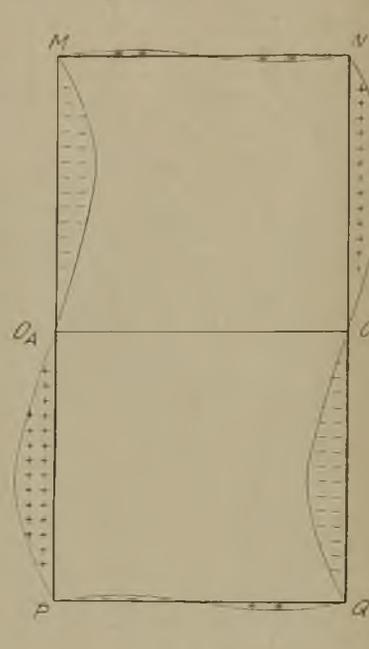


Abb. 6d.
Resthöhenparallaxen infolge Verzeichnung (Abb. 6b) bei Kompensation durch Verschwenkungskorrekturen (Fig. 6c) in den 6 Randpunkten O_A, O_B, M, N, P, Q .

beseitigt werden. In diesem Falle ist eine Auswertung nicht oder nur teilweise möglich, auch ist die gegenseitige Orientierung im allgemeinen mit großen Fehlern behaftet. Dieser Fall trat beim hannoverschen Aerokartographen ein, als mit Aufnahmeobjektiv 1:6,8 aufgenommene Aufnahmen mit Bildträgerobjektiven 1:4,5 ausgewertet werden sollten.

2. Die Verzeichnungsdifferenzen sind groß (wie unter 1.), jedoch so verteilt, daß die daraus resultierenden Höhenparallaxen durch Verschwenkungskorrekturen (Konvergenz) beseitigt werden können. Das Geländemodell erleidet dann durch diese zusätzliche Korrektur eine Aufbiegung nach einem parabolischen Zylinder, die bei Aerotriangulation systematischen Charakter hat und bei dem von Kuny untersuchten Fall auf 5 km einen Höhenfehler von etwa 15 Meter bewirkte. Nach Beseitigung des systematischen Fehlers ist eine einwandfreie Ausarbeitung möglich.

3. Kleine Verzeichnungsdifferenzen (0,01 bis 0,05 mm), s. Abb. 5, dürften unter allen Umständen zu erwarten sein, auch wenn die Ausmessung nach dem Koppeschen Prinzip unter Benützung gleicher Objektive vom selben Typ und derselben Öffnung erfolgt. Solche Verzeichnungsfehler lassen sich immer durch eine kleine zusätzliche Konvergenzkorrektur beseitigen, die bei einem einzigen Raummodell keine spürbaren Folgen hat, sondern erst bei der Aerotriangulation über größere Strecken als Aufbiegung des Geländemodells nach einem parabolischen Zylinder wirksam wird. Wenn die Verzeichnungsfehler bekannt sind, so können diese Aufbiegungsfehler leicht im vorhinein berechnet und berücksichtigt werden.

Richtlinien für Untersuchung einer Aerotriangulation.

Trotzdem ich nicht in der Lage bin, praktische Ergebnisse und eigene Erfahrungen über Aerotriangulationen mitzuteilen, so möchte ich doch hier einige Richtlinien mitteilen, die sich aus den bisherigen Ausführungen ergeben.

Eine Aerotriangulation überbrückt im allgemeinen einen festpunktlosen Geländeabschnitt und wird am Anfang und Ende auf vorgegebene Punkte eingepaßt. Damit nun diese Einpassung am Anfang und am Ende einen möglichst festen Rahmen abgibt, an dem die überbrückenden Raummodelle sicheren Halt finden, sollten das erste und letzte Raummodell durch mehrfach unabhängig wiederholte gegenseitige und absolute Orientierung besonders genau hergestellt und eingepaßt werden. Die eigentliche Aerotriangulation sollte zweimal unabhängig ausgeführt und alle Orientierungselemente und Aufnahmerichtungen der einzelnen Einpassungen notiert werden. Die Unterschiede der Orientierungselemente und Aufnahmerichtungen bei den beiden Arbeitsvorgängen ließen dann wertvolle Schlüsse auf die unregelmäßigen Fehler der gegenseitigen Orientierungen und Raummodelleinpassungen zu. Von besonderem Interesse wären Feststellungen darüber, ob zwischen den beiden Durchmessungen der Aerotriangulation systematische Abweichungen bestehen. Einen wichtigen Anhalt für das Vorhandensein systematischer Fehler, die beiden Durchmessungen gemeinsam sind, gibt natürlich der Höhenabschluß, aber noch sicherer und deutlicher würde der Vergleich der aus der Aerotriangulation gewonnenen letzten Aufnahmerichtungen mit den entsprechenden Werten des letzten Raummodells sein, dessen gegenseitige Orientierung mehrfach wiederholt, das ferner mit großer Sorgfalt auf die am Ende vorgegebenen Punkte eingepaßt ist. — Werden nachträglich zu Kontrollzwecken Paßpunkte auf dem überbrückten Gelände angegeben, so sollte auch wieder versucht werden, nicht bloß die Höhen zu kontrollieren, sondern auch die Aufnahmerichtungen, indem eines oder mehrere der Zwischenraummodelle eine absolute Orientierung auf Grund der neuen Paßpunkte erhalten. Werden tatsächlich systematische Fehler festgestellt, so sind sie im allgemeinen auf Verzeichnungsdifferenzen der benützten Objektive zurückzuführen. Es wäre dann aber unter allen Umständen nötig, den Einfluß dieser Verzeichnungsdifferenzen auf die gegenseitige Orientierung, die Aufnahmerichtungen und die Höhen auf Grund von Verzeichnungskurven der Objektive nachzuweisen.

Die Anregung zu diesen Hinweisen hat die mehrfach erwähnte, vom Beirat für Vermessungswesen veranlaßte, von W. Kuny durchgeführte Aerotriangulation gegeben, bei der ein systematischer Höhenfehler aufgetreten ist. Dieser Höhenfehler wurde auf Verzeichnungsdifferenzen zurückgeführt, aber nicht auf Grund der Verzeichnungskurven für die Objektive nachgewiesen, auch wurden die Aufnahmerichtungen nicht untersucht, sodaß man doch letzten Endes keinen sicheren Einblick in die Fehlerverhältnisse gewinnen kann. Mit dieser Feststellung will ich aber keine Kritik an der Kunyschen Arbeit üben, denn wir müssen Kuny außerordentlich dankbar sein, weil er uns als erster wirklich davon überzeugt hat, daß eine Aerotriangulation praktisch überhaupt möglich ist.

Die vorstehenden Ausführungen, in denen im wesentlichen von Fehlern der wichtigsten photogrammetrischen Methoden die Rede war, mögen dazu angetan sein, den Verfasser als Skeptiker oder negativen Kritiker zu charakterisieren. Dem ist nicht so, denn Fehleruntersuchungen führen zur klareren Erkenntnis der Methoden und ihrer Möglichkeiten, sie helfen, den sicheren Boden zu schaffen für den Fortschritt und die sachgemäße Anwendung der Photogrammetrie. Als Ergebnis hat sich in unserem Fall bei der Doppelpunktseinschaltung und Aerotriangulation gezeigt, daß die geometrischen Verhältnisse für Aufnahmen mit schwach geöffneten Strahlenbündeln ungünstig sind. Allein der unregelmäßige, im wesentlichen durch das Korn der photographischen Emulsion bedingte Fehler erzeugt eine erhebliche Unsicherheit der gegenseitigen Orientierung. Diese Unsicherheit wird zwar für die aus Luftaufnahmen gewonnenen Höhen nur zum Teil wirksam, bestimmt aber trotzdem noch die Genauigkeit der Auswertung. Voraussetzung für ein brauchbares Auswertegerät ist, daß keiner seiner Fehlerinflüsse an den des Emulsionskorns heranreicht; deshalb werden an die mechanischen und optischen Teile dieser Geräte hohe Anforderungen gestellt. Besonders die Aufnahme- und Auswertobjektive müssen frei von merkbaren Verzeichnungsdifferenzen sein. Auf jeden Fall wird die Aufgabe der Aerotriangulation nur dann lösbar sein, wenn alle Fehler, die in den Instrumenten und der Art der Auswertung begründet sind, auf das mit heutigen Mitteln überhaupt erreichbare kleinste Maß herabgedrückt werden.

Gegenwärtiger Stand und Aussichten der Photogrammetrie als Hilfsmittel der Forstvermessung und Forsttaxation

Von R. Huger shoff in Dresden.

(Fortsetzung u. Schluß.)

Für ausgesprochen ebene Teile des Aufnahmegebietes kann man das Entzerrungsverfahren zur Beschaffung eines Lageplanes benutzen. Der dabei zunächst entstehende „Luftbildplan“ ergibt mit entsprechender Beschriftung [12] unmittelbar eine Bestandeskarte von besonderem Charakter. Im allgemeinen aber dürfte es sich



Abb. 8. Stereotachymetrisch aufgenommen.

empfehlen, den Bildplan nur als Ergänzung der Bestandesbeschreibungen³ zu verwenden [10], zumal er ja nur für die flachen Teile größerer Waldgebiete verwendbar ist und letztere doch ein einheitliches Kartenwerk verlangen. Die Grundlage für das letztere ist stets eine „Signaturenkarte“, wie sie ganz allgemein die Kartiermaschinen, z. B. Aerokartograph und Stereoplanigraph, liefern; für ebenes Gelände erhält man sie aus dem Luftbildplan durch Nadziehen der Wege, Wasserläufe, Bestandesgrenzen usw. mit Tusche und darauffolgender Entfernung der photographischen Einzelheiten mittels eines Abschwächers [8].

Die durch das photogrammetrische Verfahren nicht erfaßten oder erfaßbaren Geländeteile werden am besten durch geeignet angeordnete Bussolenzüge aufgenommen, oft zweckmäßig mit freihändiger Messung der Polygonseiten mittels eines Standlinienentfernungsmessers. Für die Kartierung von Lücken in freiem Gelände empfiehlt sich die Verwendung der stereoskopischen Tachymetrie.

³ Die durch die Umbildung vielfach verlorengegangenen Einzelheiten des Bewuchses ersieht man besser aus den Bildabzügen der Originalaufnahmen bzw. aus der Stereokartothek (Bildmessg. u. Luftbildwes. 1/1933, S. 3-6).

C. Die Forsttaxation nach Luftbildaufnahmen.

Eine Forsttaxation auf photographischer bzw. photogrammetrischer Grundlage gliedert sich in Ausscheidung und Berechnung der Flächen, ebene und räumliche Messungen an Baum und Bestand, Ableitung von Messungsfunktionen und endlich Berechnung der Holzmassen.

I. Ausscheidung und Berechnung der Flächen.

Die Ausscheidung ist an Bildabzügen der (nahezu senkrechten) Originalaufnahmen und mit Benutzung des Stereoskopes vorzunehmen; sie gliedert sich in eine allgemeine Ausscheidung — Trennung der Flächen nach Wald, Acker, Wiese, Gewässer und Wege — und bezüglich der Waldgebiete in eine spezielle Ausscheidung (Laub- und Nadelwald, jeweils geschieden nach Arten und Altersstufen). In welcher ausgedehntem Maße derartige Ausscheidungen möglich sind, wurde bereits oben gezeigt.

Die ausgeschiedenen Flächen werden mit hartem Bleistift oder mit Tuschelinien unfahren und bei der Kartierung des Raummodells entsprechend berücksichtigt. Handelt es sich ausschließlich um eine Taxation und weist das Gelände nicht allzu beträchtliche Höhenunterschiede auf, so genügt es bisweilen, die den Einzelflächen zukommenden Flächenzahlen mit Hilfe des Planimeters unmittelbar aus den Bildabzügen zu entnehmen. Man erhält auf diese Weise eine relative Flächenberechnung (Flächenanteile in Prozenten der Gesamtfläche); die infolge von Flughöhendifferenzen entstandenen Maßstabsdifferenzen der aufeinanderfolgenden Einzelaufnahmen werden dadurch eliminiert, daß man durch Messung identischer Flächen in den Folgebildern Reduktionsfaktoren ermittelt, durch welche die Flächenanteilprozentage auf die gleiche Einheit bezogen werden.

Ist eine Kartierung des Gebietes bereits vorhanden, so werden die ausgeschiedenen Parzellen nach Reduktion der Grenzfiguren auf den Kartenmaßstab mittels der Kartiermaschine in die Karte übertragen. Für flache Gebietsteile kann die Reduktion mit dem Pantographen oder mit dem Umbildegerät vorgenommen werden; in letzterem Falle werden die auf Pauspapier übertragenen Grenzlinien unmittelbar auf die Karte projiziert und hier nachgezogen. Die Berechnung der Flächen geschieht auch hier mit dem Planimeter.

II. Ebene und räumliche Messungen an Baum und Bestand.

Die Ermittlung der Holzmasse eines Bestandes setzt die Kenntnis verschiedener Größen voraus, die nur zum Teil einer direkten Messung zugänglich sind.

Unmittelbar festzustellen ist zunächst die Anzahl der Stämme auf den Teilflächen. Die Zählung erfolgt im Stereoskop und zwar zweckmäßig mit Benutzung der Mikroskopokulare (Abb. 2). Hierbei ist eine Erfassung aller im Kronendach überhaupt erscheinenden Wipfel auch bei dichterem Kronenschluß möglich, falls das Verhältnis der Basis zur Flughöhe genügend klein (etwa 1 : 5, entsprechend einer Ueberdeckung von etwa 80 Prozent) war. Die Erfahrung hat gezeigt, daß die ausfallenden „unterdrückten“ Stämme solche mit Brusthöhendurchmesser unter 10 cm sind. — Mit der Kartiermaschine ermittelt man die Stammzahl am besten an Hand der „Wuchsraumprofile“ (siehe unten).

Direkt meßbar sind auch (maximale) Kronendurchmesser. Die Feststellung ihrer absoluten Größe im Stereoskop (mit Mikrometerskala im Mikroskopokular) oder Stereokomparator setzt freilich die Kenntnis des Bildmaßstabes voraus, der durch die bekannte Lage von Festpunkten bestimmt wird. In gebirgigem Gelände wird am besten eine Kartiermaschine benutzt, die ja hier auch für die Planherstellung unentbehrlich ist. Die Genauigkeit eines einzelnen photogrammetrisch bestimmten Kronendurchmessers — ± 25 cm [14] — ist nicht geringer als eine Messung von fester Erde aus, soweit hier eine solche überhaupt möglich ist.

Mit der Kartiermaschine erhält man auch durch einfaches Umfahren der Lücken⁴ zwischen den einzelnen Kronen die Horizontalprojektion der gesamten Kronenfläche, die dann planimetriert werden kann [14].

Von besonderer Wichtigkeit ist die Tatsache, daß sich auch die Höhe der Bäume im Raumbild messen läßt [22, 6]. Die Messung — für die am besten die Kartiermaschine zu benutzen ist — geschieht durch Aufsetzen der Raummarke auf Baumspitze und Erdboden; die Differenz der entsprechenden Ablesungen am Höhenzählwerk der Maschine ergibt unmittelbar die Baumhöhe mit einer Genauigkeit [14] von etwa ± 25 cm bei einem Bildmaßstab von 1 : 10 000. — Benützt man den Stereokomparator, so finden sich aus den

⁴ Das geschieht am besten unter Herbeiführung des pseudostereoskopischen Effektes, wobei die Lücken als isolierte Flächenstücke über dem Bestande zu schweben scheinen.



Abb. 9. Kartierung der Kronenfläche im Autokartographen.

Differenzen der Parallaxen für Baumspitze und Boden die Baumhöhen in zunächst unbekanntem Maßstab; sie lassen sich, ähnlich wie hinsichtlich der Kronendurchmesser ausgeführt wurde, nach Feststellung des Bild- bzw. Modellmaßstabes in absolute Höhenzahlen verwandeln. Da allerdings eine exakte gegenseitige und absolute Orientierung der Meßbilder im Stereokomparator nicht zu erreichen ist, so sind die hier gemessenen Höhen mit gewissen Projektionsfehlern behaftet, die aber im allgemeinen auf das Taxationsergebnis von geringem Einfluß sind.

Voraussetzung für die Höhenmessung eines Baumes ist die Sichtbarkeit des Bodens in seiner näheren Umgebung. Das ist stets der Fall an Wegrändern, Bestandesgrenzen, Kahl- und Anhiebs, bei angrenzenden Wiesen, Feldern und Wasserflächen und an Windbruchlöchern, also an Bestandesunterbrechungen, die selbst im Urwald vorhanden sind. Es ist dagegen selbstverständlich, daß inmitten dichter bestockter Bestände nicht

jeder einzelne Baum gemessen werden kann. Das ist aber für eine Holzvorratsermittlung auch nicht erforderlich: es genügt hier im allgemeinen die Messung einer genügenden Anzahl von zweckmäßig ausgewählten Einzelstämmen, aus deren Höhe sich dann die (arithmetische) Bestandesmittelhöhe ergibt. Eine solche läßt sich auch dann angeben, wenn der Erdboden nicht unmittelbar neben den gemessenen Baumspitzen einstellbar ist; man findet sie hier als Differenz der mittleren Spitzenhöhe und der an Grenzen und Bestandeslücken⁵ gemessenen mittleren Geländehöhe [14, 21].

In lockeren Beständen läßt sich die Feststellung der mittleren Bestandeshöhe — einschließlich der Stammzählung — sogar mechanisch durch Kartierung von „Wuchsräumprofilen“ vornehmen. Das geschieht durch Entlangführen der Raummarke an Kronen und Erdboden längs zwangsläufig eingehaltener paralleler und gleichabständiger Geraden. Die automatische Aufzeichnung der Markenbewegung gibt ein Profil der Bestandsdecke und (stellenweise) des Bodens. Das Verfahren ist ein ausgezeichnetes Hilfsmittel zur raschen Ermittlung der Stammzahl und Stammhöhe nach dem Prinzip der Lincartaxation, wobei die Linien beliebig eng gewählt werden können.

IV. Ableitung von Funktionen der direkten Messungen.

Von den im Luftbild oder Raummodell gemessenen Größen sind für eine Bestandesermittlung nach den bisher üblichen terrestrischen Verfahren nur Stammzahl und Baumhöhe unmittelbar verwendbar; diese Größen sind aber nicht ausreichend für eine Volumenbestimmung. Man bedarf hierzu vielmehr neben gewisser Proportionalitätsfaktoren (Schlußgrade, Formzahlen) auch eines Stammdurchmessers (Brusthöhendurchmesser) und — wenn man möglichst unabhängig werden will von Messungen am lebenden Bestand selbst — der Feststellung des Bestandesalters und der Bodengüte. Da nun zwischen den hiernach noch gesuchten und den bereits gemessenen Größen (nämlich Stammzahl, Stammhöhe, Kronendurchmesser und Kronenflächen) biologisch-gesetzmäßige Zusammenhänge zweifellos bestehen, so muß es gelingen, die ersteren aus den letzteren herzuleiten. Das kann natürlich nur durch ausgedehnte Spezialuntersuchungen geschehen, für die aber schon wesentliche Vorarbeiten geleistet sind.

Aus der Gesamtkronenfläche (s. o.) läßt sich der Kronenschlußgrad, als Verhältnis der Kronenfläche zur Bestandesfläche, ohne weiteres sehr genau ableiten [14]. Häufig genügt schon die unmittelbare Schätzung dieses Verhältnisses, die, mit Rücksicht auf den im Stereoskop gegebenen umfassenden Ueberblick, wesentlich zuverlässiger ist als die übliche „Okularschätzung“ beim Begehen des Bestandes.

Der Kronenschlußgrad läßt nicht immer — wie z. B. bei Laubholz, wegen des Laubabfalles — einen sicheren Rückschluß auf die Bestockungsdichte zu. Man wird also gelegentlich die Bestimmung des Stammzahl-Schlußgrades vorziehen, der sich als Verhältnis der tatsächlich vorhandenen Stammzahl zur „normalen“ Stammzahl ergibt. Die letztere ist aus Ertragstafeln zu entnehmen, falls Alter und Bodenklasse des Bestandes bekannt sind (s. u.).

An dieser Stelle sei auch auf die Möglichkeit zur Errechnung einer „mittleren Kronengrundfläche“ hingewiesen; sie ist der Quotient aus der gesamten Kronenfläche und der Stammzahl.

Ein wertvoller Vorschlag [14, 9] betrifft schließlich die Einführung der „Kronenflächen-Mittelhöhe“, die (in Analogie zur „Grundflächen-Mittelhöhe“) das allgemeine arithmetische Mittel der Höhen darstellt, mit den entsprechenden Kronengrundflächen als Gewichten.

Bei der terrestrischen Bestimmung des Stammvolumens spielt die (Brusthöhen-) Formzahl eine Rolle, das ist das Verhältnis von wahren Stammvolumen zu dem aus der Stammquerschnittfläche in Brusthöhe und der Baumhöhe berechneten Zylinderinhalt. Da im Luftmeßbild nicht die Querschnittfläche des Stammes, wohl aber die Grundfläche der Krone gemessen werden kann, so wird man versuchen, eine „Kronenflächen-Formzahl“ zu finden, die, mit der Höhe des Baumes und seinem Kronengrundriß multipliziert, das Stammvolumen ergibt. Für die Kiefer wurde der Zusammenhang dieser Formzahl mit dem Alter und der Bodenklasse des Bestandes bereits untersucht [21].

Wohl noch näher liegt es, für die vorliegende Aufgabe festzustellen, welcher gesetzmäßige Zusammenhang zwischen dem im Luftbild meßbaren Kronendurchmesser k und dem Brusthöhendurchmesser d besteht, zumal solche Untersuchungen für andere Zwecke

⁵ Die Einstellung der Lücken geschieht auch hier wieder nach Vertauschung des Strahlenganges für die beiden Augen des Beobachters.

bereits früher vorgenommen wurden⁶. Neuere Untersuchungen [14, 21], ebenfalls für die Kiefer, ergaben eine einfache Proportionalität zwischen k und d und zwar anscheinend unabhängig von Alter, Bonität und wohl auch Schlußgrad. Der Proportionalitätsfaktor war im Mittel etwa 14.

Keineswegs aussichtslos erscheint eine wenigstens für generelle Taxationen genügende Bestimmung des Bestandesalters aus den Luftraumbildern [14, 9]. Es zeigt sich nämlich, daß das Verhältnis von Kronendurchmesser zu Baumhöhe abhängig ist von Alter, Standort und Schlußgrad. Danach wäre das Bestandesalter eine Funktion der Mittelhöhe, des Schlußgrades und des Verhältnisses von Kronendurchmesser zu Baumhöhe. Zur Kontrolle könnte die mit dem Alter veränderliche Struktur des Kronendaches (S. 77) herangezogen werden. Damit aber dürfte es möglich sein, auch hinsichtlich der

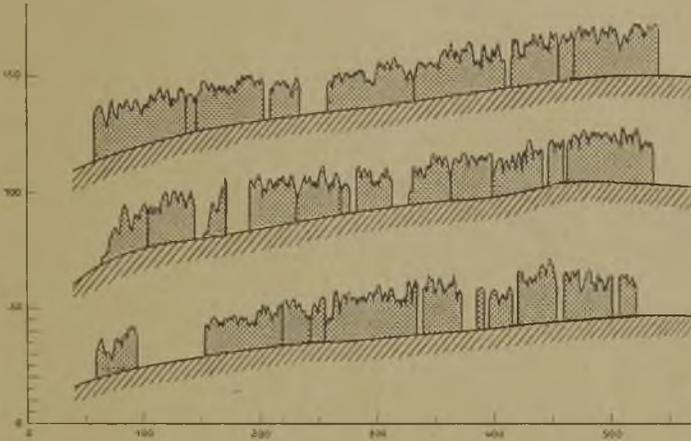


Abb. 10. Automatisch gezeichnete Wuchsräumeprofile.

Bodenklasse bzw. Standortsgüte allein aus dem Befunde am Raummodell wichtige Schlüsse zu ziehen, da ja die Beziehung zwischen Bonität einerseits und Bestandesalter und Mittelhöhe andererseits wenigstens für die bisher bewirtschafteten Holzarten bekannt ist.

Schließlich mag darauf hingewiesen werden, daß Untersuchungen im Gange sind zur Ermittlung von „Dichtezahlen“; die das Verhältnis von Wuchsräume und Holzmasse angeben.

IV. Berechnung der Holzmassen.

Mit den eben zusammengestellten Unterlagen ist es nun leicht, die Holzmasse eines Bestandes zu ermitteln. Es bieten sich hierzu im wesentlichen vier verschiedene Verfahren, die im Bedarfsfall zur Sicherung des Ergebnisses auch gleichzeitig angewandt werden können.

a) Massentafelverfahren. Es geht aus von den bekannten — für tropische Nutzhölzer allerdings erst aufzustellenden — Massentafeln und ersetzt hierin auf Grund der oben angedeuteten Beziehung den Brusthöhendurchmesser durch den Kronendurchmesser [21, 14]. Gemessen werden die letzteren und die zugehörigen Höhen. Ein unter ungünstigen Umständen durchgeführter Versuch [21] — Aufnahmen mit Handkammer und damit zu großem Basisverhältnis, bei noch ungenügendem Material für die Reduktion der Kronendurchmesser auf Brusthöhendurchmesser — ergab eine Abweichung von etwa —6 Prozent gegenüber der terrestrisch bestimmten Masse.

b) Kronenflächenverfahren. Hier ergibt sich die Masse als Produkt der gesamten Kronenfläche des Bestandes, der (arithmetischen) Bestandesmittelhöhe und der Kronenflächenformzahl, die — wie oben erwähnt — eine Funktion des Alters und der

⁶ Heck, Beiträge zur forstl. Zuwachskunde. Forstwissenschaftliches Zentralblatt 1924. Kraft, Lehre von den Durchforstungen . . . Hannover 1884. Martin, Forstliche Statik, 2. Aufl., Berlin, 1905.

Standortsklasse ist. Für einen Versuch [21] wurde das Alter terrestrisch bestimmt, wonach sich dann die Standortsklasse als Funktion dieses Alters und der Mittelhöhe ergab. Der unter den gleichen ungünstigen Verhältnissen durchgeführte Versuch ergab eine Abweichung gegen den Sollwert von etwa -7 Prozent.

c) Ertragstafelverfahren. Bei ihm wird die (arithmetische) Bestandesmittelhöhe, der Kronenschlußgrad und die Stammzahl gemessen; aus dem Verhältnis der mittleren Kronengrundfläche zur Bestandesmittelhöhe, dieser selbst und dem Schlußgrad ergibt sich das Alter, das wiederum mit der Bestandesmittelhöhe aus der Ertragstafel die Bodenklasse finden läßt. Auf Grund dieser Daten und der aus der Kronenfläche abgeleiteten Stammgrundfläche ergibt dann die Ertragstafel die „Normalmasse“, die mit dem Schlußgrad auf die tatsächliche Masse zu reduzieren ist. Ein Versuch nach einem etwas abgeänderten Verfahren [21] und mit terrestrischer Altersbestimmung ergab eine Abweichung gegenüber dem Sollwert um etwa -8 Prozent. Die Abweichung ist hier darauf zurückzuführen, daß sich die benutzten Formzahlen auf „Grundflächenmittelhöhen“ beziehen, während zur Massenberechnung arithmetische Mittelhöhen verwendet werden mußten. Genauere Resultate ließen sich sicher durch Benutzung der „Kronenflächenmittelhöhe“ erzielen, deren Bestimmung (s. o.) praktisch schwierig ist, falls sämtliche Bäume des Bestandes zur Massenermittlung herangezogen werden. Das ist aber nicht notwendig, es dürfte vielmehr genügen und unter Umständen sogar zuverlässiger sein, in jedem Bestande nur eine geringe Anzahl von Bäumen, die aber schätzungsweise den mittleren Kronendurchmesser haben und gut meßbar sind, der Bestimmung der Bestandesmittelhöhe zugrunde zu legen. — Aehnliche „Probestamm“-Verfahren können natürlich auch bei den Methoden a und b angewandt werden.

d) Profilverfahren. Das arithmetische Mittel der planimetrisch gefundenen Flächen benachbarter Wuchsraumprofile (Abb. 10), multipliziert mit dem Profilabstand, ergibt den Wuchsraum. Das Produkt von Wuchsraum und Dichtezahl (s. o.) liefert die Masse.

Es unterliegt schon nach den vorliegenden vorläufigen Resultaten keinem Zweifel, daß die luftphotogrammetrische Massenermittlung der bei Forsteinrichtungsarbeiten in Kulturländern üblichen Massenschätzung als gleichwertig angesehen werden kann und hier eine besondere Bedeutung gewinnt wegen der von verschiedenen Seiten geforderten periodischen Vorratsaufnahme. In jeder Beziehung überlegen aber ist die neue Methode der terrestrischen für die Taxation und Einrichtung neu zu erschließender Gebiete.

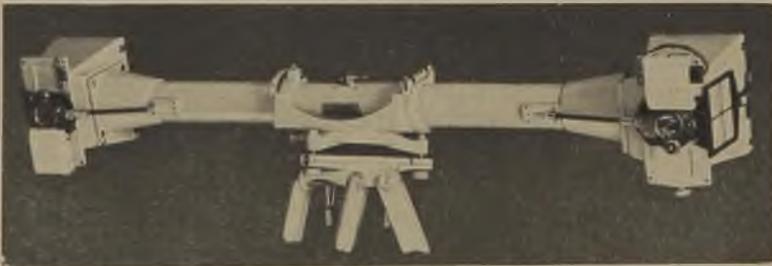


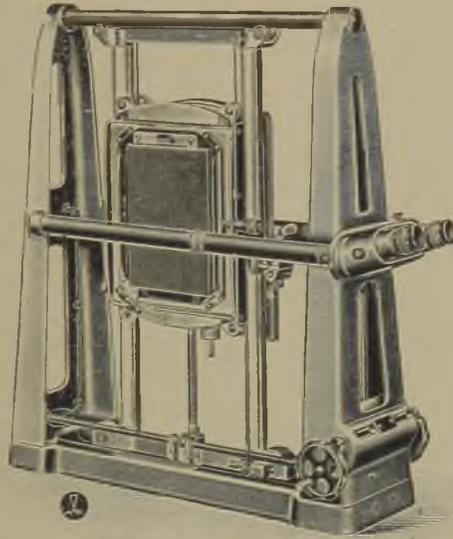
Abb. 11. Stereometerkammer.

D. Messungen am Bestand mittels terrestrischer Photogrammetrie.

Für die rasche und genaue Ermittlung beliebiger Maße an einzelnen Stämmen liegt ein großes Bedürfnis vor: so ist die Kenntnis der Stammdurchmesser in verschiedenen gemessenen Höhen unerlässlich für die Aufstellung von Massentafeln, für die Ermittlung des Zuwachses als Folge von bestimmten Behandlungsmaßnahmen und für gewisse Formuntersuchungen. Eine sichere Bestimmung der Kronenausmaße in Verbindung mit den eben angegebenen Messungen bildet die Voraussetzung z. B. für die Feststellung der bereits erwähnten wichtigen Beziehungen zwischen Kronenentwicklung und Schaftformzahl, bzw. zwischen Kronendurchmesser und Brusthöhendurchmesser. Daß für die Feststellung aller dieser Maße nur stehende Stämme in Frage kommen, ist hinsichtlich der angedeuteten Zuwachs- und Kronenuntersuchungen selbstverständlich; aber auch für die Aufstellung einer Massentafel wäre die Fällung einer zur Erzielung

eines sicheren Resultates genügenden Anzahl von Stämmen im allgemeinen eine unerträgliche⁷ Forderung.

Alle bisher für diese Aufgaben angegebenen Messungsmethoden haben, einschließlich eines photographischen Einzelbildverfahrens [52], nicht befriedigt. Sie alle werden mit ausgezeichnetem Erfolg ersetzt durch die Stereophotogrammetrie, wobei allerdings — vor allem mit Rücksicht auf den Einfluß des Windes, aber auch zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit und der Genauigkeit des Verfahrens — die erforderlichen beiden Einzelaufnahmen nicht nacheinander [24], sondern gleichzeitig gemacht werden mit Hilfe einer speziellen Doppelkammer („Stercometerkammer“). Sie stellt eine starre Verbindung von



A b b. 12. Stereokomparator.

zwei Aufnahmekammern dar. Die Verschlüsse werden mechanisch gespannt und, mit Taschenbatterien als Stromquelle, elektrisch ausgelöst. Die Verbindung der Kammern geschieht durch ein in Ringen gelagertes Metallrohr, sodaß die Kammern gemeinsam nach oben und unten gekippt werden können. Damit und in Verbindung mit den vertikal verschiebbaren Objektiven wird die Aufnahme auch hoher Bäume aus kurzer Entfernung möglich. Die Verbindungslinie der Objektivmittelpunkte ist genau parallel zur Drehachse des „Basisrohres“; die Kammerachsen haben einen Abstand von 1000 mm und sind exakt rechtwinklig zur Drehachse des Rohres. Infolgedessen ergibt jedes Aufnahme-paar ohne jede Messung im Gelände ein ohne weiteres ausmeßbares Raummodell von genau bekanntem Maßstab.

Die Ausmessung dieses Raummodelles wird vorteilhaft mit dem Stereokomparator durchgeführt, der hier auch bei geneigten Aufnahmen mit Hilfe der bekannten einfachen Formeln die Raumkoordinaten aller irgendwie einstellbaren Punkte des Schaftes oder der Krone berechnen läßt, wobei die Durchmesserbestimmung besonders einfach ist [28]; die Genauigkeit der letzteren — der mittlere Fehler einer Messung beträgt ± 4 mm — ist ebenso groß wie die der Klappung unter Benutzung von Leitern; damit aber ist die Ueberlegenheit der stereoskopischen Messung gegenüber dem bisher genauesten, weil direkten Verfahren bewiesen. Denn abgesehen von den mit ihm verbundenen Gefahren erfordert letzteres nach sorgfältiger Feststellung [28] 80 bis 90 Prozent mehr Feldarbeitszeit als das photogrammetrische Verfahren; das gilt auch dann, wenn man zur Erzielung von „vergliehenen“, also von dem Einfluß der elliptischen Querschnittsform praktisch freien Durchmessern den Stamm aus zwei rechtwinklig zueinanderstehenden Richtungen

⁷ Vgl. hierzu Thar. Forstl. Jahrbuch 83 (1932) S. 189.

photographiert. Ein besonderer Vorteil liegt darin, daß mit einer Aufnahme ohne jede Mehrarbeit im Felde meist eine ganze Gruppe von Bäumen der Ausmessung zugänglich wird.

Stammdurchmesser und Länge der im Stereogramm gemessenen Stammabschnitte zwischen den Meßstellen führen zur „sektionsweisen“ Kubierung; sie ist die genaueste Methode der Volumenbestimmung, die eine zuverlässige Zuwachsbestimmung durch Wiederholung der Aufnahmen auch in kürzeren Zeiträumen zuläßt.

Die Auftragung der Raumkoordinaten der Durchmesser-Endpunkte [28] ergibt Vertikalprofile der Stämme, durch welche die wahre Stammform natürlich viel besser zum Ausdruck gebracht wird, als durch die bekannte schematische Profildarstellung auf Grund sogenannter Stammanalysen.

Derartige Profile können auch zur Volumenbestimmung Verwendung finden⁸; G. Müller empfiehlt hierzu „Flächen-Formzahlen“, die ebenso wie andere bekannte Proportionalitätsfaktoren aus den Profilen unmittelbar abgeleitet werden können⁹.

Das stereoskopische Verfahren, das selbstverständlich auch auf beliebig gekrümmte Bäume anwendbar ist, ergibt — als einzige aller bisherigen Methoden — den genauen Verlauf der Baumachse im Raume; es stellt damit eine exakte Untersuchungsmethode z. B. der Wirkung von Tropismen und Druckschäden dar [28].

Dem photogrammetrischen Verfahren allein vorbehalten ist schließlich noch, wie schon erwähnt, die Bestimmung der Kronenausmaße; es gestattet — auf Grund von Aufnahmen aus entgegengesetzten Richtungen — die Konstruktion von Grund- und Aufriß der Kronen [28], und zwar bei verschiedenen Abständen der Rifebenen.

Aus dem Kronengrundriß lassen sich, neben der Anpassung des Baumes an den Wuchsraum, die Kronenflächenformzahl (S. 73) und das Verhältnis von maximalem Kronendurchmesser zum Brusthöhendurchmesser ableiten. Werte, die, wie oben gezeigt

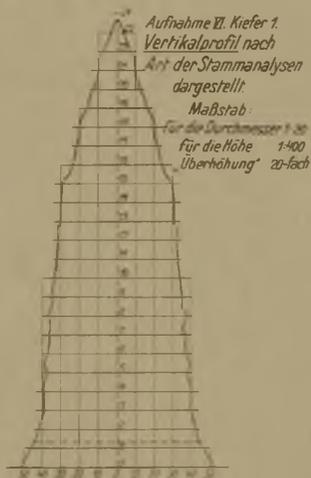


Abb. 13. Stammanalyse der bisher üblichen Art

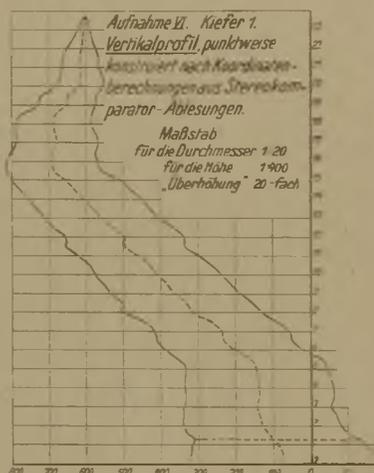


Abb. 14. Stereophotogrammetrische Stammanalyse.

wurde, von grundlegender Wichtigkeit sind für die Ermittlung von Bestandsmassen aus Luftbildaufnahmen. Aus dem Kronenaufriß ergeben sich u. a. Astwinkel, Verlauf der Mantellinien und Derm- und Reisholzmasse der Krone. Aus Grund- und Aufriß gemeinsam finden sich Kronenvolumen und Kronenoberfläche, welche letztere wichtig ist zur Feststellung der „Assimilationsfläche“.

⁸ Mathiesen, H., Die Längsdurchschnittsfläche eines liegenden Stammes als Faktor zur Bestimmung seines Kubikinhaltes. Ülikooli Opmetskonna Väljaanne, Dorpat 1925 (Estländisch, mit deutschem Referat).

⁹ Die hier punktwise konstruierten Profile lassen sich auch mechanisch, in kontinuierlicher Zeichnung und damit rasch und besonders sicher gewinnen durch Auswertung der Stereogramme in einer der oben erwähnten Ausmeßmaschinen. Hier entsprechen die horizontalen bzw. vertikalen Profile den Geländeschichtlinien bei Aufnahmen mit horizontalen bzw. vertikalen Kammerachsen. Durch entsprechende Schaltung der Antriebsorgane des Zeichenstiftes können dabei die Durchmesser der Aufrißprofile in stark vergrößertem Maßstab wiedergegeben werden.

Auch für statische (Festigkeits-)Untersuchungen bilden Form und Größe der Krone und ihre Lage zum Stamm eine wichtige Grundlage: Kronen- und Schaftaufnahmen bei Windstille und verschiedenen Windstärken werden künftige Ausgangspunkte für weitere derartige Studien sein [28].

Schließlich sei darauf hingewiesen, daß sich die Stereometerkammer als wertvolles Hilfsmittel erweisen wird zu Wachstumsmessungen an Versuchsbeeten, z.B. für die Zwecke der Samenkontrolle.

Der dringenden Forderung, die Meßbildaufnahme und ihre wirtschaftliche und wissenschaftliche Verwertung in den Lehrplan der forstlichen Hochschule einzuführen, ist erstmals Rechnung getragen an der Forstlichen Abteilung Tharandt der Technischen Hoch-



Abb. 15. Grundriß einer Kiefernkrone.



Abb. 16. Aufriß einer Kiefernkrone.

schule Dresden. Hier werden — im Rahmen des Instituts für ausländische und koloniale Forstwirtschaft, dessen geodätischer Abteilung die Mehrzahl der beschriebenen Instrumente dank besonderem Entgegenkommen der Zeiss-Aerotopograph G. m. b. H. zu Ausbildungs- und Probevermessungszwecken zur Verfügung stehen — entsprechende Kurse und Übungen abgehalten.

Literatur über forstliche Anwendung der Photogrammetrie.

A. Luftbild und Luftbildmessung:

1. Dock, H.: Die terrestrische und Luftphotogrammetrie und ihre Bedeutung für die Forstwirtschaft. Zentralbl. f. d. ges. Forstwesen. Wien 1925.
2. Dock, H.: Stereophotogrammetrie für Zwecke der Forstvermessung. II. Int. Kongreß f. Photogrammetrie. Berlin 1927.
3. Dost, Ali Khan: Die Forstwirtschaft in Hyderabad (Deccan) mit Vorschlägen zu ihrer Weiterentwicklung. (Dissertation Tharandt.) Komotau 1931.
4. Hilf, H. H.: Die Bedeutung des Luftbildes für die Forstwirtschaft. Wochenschr. Silva 1925. S. 395.
5. Heske, F.: Probleme der Forstwirtschaft in unentwickelten Ländern als Lehr- und Forschungsgebiet. Th. Forstl. Jahrb. 1931. S. 797.
6. Hegershoff, R.: Ueber die Durchführung forstlicher Vermessungen mit Hilfe des Luftbildes. Wochenschr. Silva 1925. S. 395.
7. Hegershoff, R.: Die Luftbildmessung und ihre Bedeutung für das Wirtschaftsleben. Düsseldorf Geogr. Vorträge. Breslau 1927.
8. Hegershoff, R.: Photogrammetrie und Luftbildwesen (Bd. VII des Handb. der wissenschaftl. und angewandten Photographie). Wien 1930.

- 8a. H u g e r s h o f f, R.: Photogrammetr. Vorratsermittlung. Th. Forstl. Jahrb. 1955.
- 8b. J a c o b s, M. R.: Die Luftbildaufnahme im Dienste der Forsteinrichtung mit Vorschlägen zu ihrer Weiterentwicklung, insbesondere in unentwickelten Ländern. Dissertation Tharandt, Tharandt 1952. (Mit ausführlichem Nachweis ausländischer Literatur.)
9. K r u t z s c h, H.: Das Luftbild im Dienste der Forsteinrichtung (mit einem Referat über eine unveröffentlichte Arbeit — Diplomarbeit Tharandt — von A. Ristow „Ueber Bestimmung der Bestockungsdichte und der Bestandesmittelhöhe aus Luftmeßbildern“). Th. Forstl. Jahrbuch 1925. S. 97.
10. K r u t z s c h, H.: Das Flugzeug im Dienste der Forstwirtschaft. Allg. Forst- und Jagdz. 102 (1926). S. 179.
11. M i l a n o w i t s c h, D.: Aus der Praxis der Luftphototaxation. Z. „Forstwirtschaft, Forstindustrie und Heizmaterialwesen“ (russisch) 51 (1926).
12. R e b e l, N.: Das Flugbild im Dienste der Forsteinrichtung. Bericht über die 21. Hauptversammlung des D. Forstvereins (1924) und Allg. Forst- u. Jagdz. 1924. S. 20.
13. R e b e l, N.: Das Flugzeug im Dienste der Forstwirtschaft. Allg. Forst- u. Jagdz. 1926 (vgl. hierzu Krutzsch, 10).
14. R i s t o w, A.: siehe Krutzsch, 9.
15. S l a w i k, K.: Forstvermessung mittels Luftbilds (Wiedergabe eines Gutachtens des staatlichen Forsteinrichtungsamtes in Dresden). Allg. Verm.-Nachr. 1929. S. 198.
16. W e i s s k e r, A.: Stand und Entwicklungsmöglichkeiten der forstlichen Luftbildauswertung. Allg. Forst- u. Jagdz. 1927.
17. W i l s o n, E.: Ueber die Herstellung von Karten und Aufnahme von Wäldern aus der Luft. Mitt. der schwed. Versuchsanstalt, Heft 5/6 1925. S. 185.
18. W o d e r a, H.: Die Stereophotogrammetrie und insbesondere die Luftstereophotogrammetrie im Dienste der Bodenkultur, vor allem der Forsteinrichtung. Wiener Allg. Forst- u. Jagdz. 1925
19. W o d e r a, H.: Photogrammetrie und Forstvermessung. Oesterr. Z. f. V. 1928.
20. W o d e r a, H.: Ueber einige Fragen, betreffend die Forsteinrichtung im Gebirge. Th. Forstl. Jahrb. 82 (1931). S. 755.
21. Z i e g e r, E.: Ermittlung von Bestandesmassen aus Flugbildern mit Hilfe des Hegershoff-Hevdeschins Autokartographen. Mitt. a. d. Sachs. Forstl. Versuchsanstalt III. 5. Berlin 1928. (Dissertation Tharandt).
22. Z i e r a u, E. (in Gemeinschaft mit H u g e r s h o f f, R.): Photogrammetrie und Forstwirtschaft, Dresden 1920 (Manuskriptdruck).

B. Terrestrische Photogrammetrie:

23. D o c k, H.: Ueber Versuchsaufnahmen zur Erprobung der stereophotogramm. Meßmethode zum Zwecke der Forstvermessung. Int. Arch. f. Phot. 1915.
24. D o c k, H.: Studien über die Anwendung der Stereophotogrammetrie zu forstlich-geodätischen Zwecken. Zentralbl. f. d. ges. Forstwesen. Wien 1915.
25. D o c k, H.: Die Stereophotogrammetrie und ihre Bedeutung für die Forstwirtschaft. Zentralbl. f. d. ges. Forstwesen. Wien 1925.
26. H u g e r s h o f f, R.: Die Photogrammetrie und ihre Bedeutung für das gesamte Forstwesen. Th. Forstl. Jahrb. 1911. S. 125.
27. K o b s a, R.: Die Photogrammetrie usw. im Dienste des Forstbetriebseinrichters. Oesterr. Vierteljahresschrift f. Forstw. 1892.
28. M ü l l e r, G.: Stereophotogrammetrische Messungen am Bestande. Mitt. a. d. Sachs. Forstl. Versuchsanstalt, Abtlg. f. Ertragskunde, Berlin 1951. Th. Forstl. Jahrb. Bd. 82 I. Ergänzungsheft. (Dissertation Tharandt).
29. P o l l a c k, V.: Ueber photogr. Meßkunst. Wien 1891.
30. W a n g, F.: Die Anwendung der Photogrammetrie im Forsthaushalt. Oesterr. Forstz. 1892.
31. W a n g, F.: Die Photogrammetrie oder Bildmeßkunst im Dienste des Forsttechnikers. Laibach 1895.
32. W e b e r, J.: Holzmassenermittlungen am stehenden Stamm auf Grund photographischer Aufnahmen. Gießen 1902 (Dissertation Gießen).
33. W o d e r a, H.: Terrestrische Stereophotogrammetrie für Forstzwecke. Hitschmann, Vademekum. Wien 1929 und Wappes, Wald und Holz. Neudamm 1951 (hier auch eine Uebersicht von H. Dock: Allgemeines über stereophotogramm. Aufnahmen).

Kann die Photogrammetrie aus der Luft als Hilfe bei großmaßstäblichen Neumessungen herangezogen werden?

Von Hans Richter, Photogrammeter.

Wenn hier die Photogrammetrie, besonders die aus der Luft, in Verbindung gebracht wird mit Stadt- oder Katasterneumessungen, so ist dabei nicht daran gedacht, die alten Methoden zu verdrängen, sondern das Luftbild nur da einzusetzen, wo es möglich ist, d. h. wo Zeit und Kosten gespart werden können.

Die heute auch von Außenstehenden allgemein anerkannte Leistungsmöglichkeit der Photogrammetrie aus der Luft für großmaßstäbliche Karten geht bis zu dem Maßstab 1:2000, während über den Wert der Ausmessungen größeren Maßstabes, z. B. 1:1000, noch starke Meinungsverschiedenheiten herrschen. Während die mit der Materie tatsächlich vertrauten Fachleute die Ausmessung 1:1000 in Form einer topographischen Karte schon seit längerer Zeit ausführen, wird von anderen Seiten der Wert solcher Karten noch stark bezweifelt. Sachliche Kritiken über Inhalt und Genauigkeit der Auswertungen 1:1000 können zum Zwecke der Weiterbildung der Methode nur erwünscht sein.

Die Auswertung der großmaßstäblichen Karten, z. B. 1:1000, erfordert ganz andere Erfahrungen, als sie für kleinmaßstäbliche Auswertungen vorhanden sein müssen. Diese wichtigen Erfahrungen mußten erst im Laufe einer größeren Arbeit gesammelt werden. Es gehört deshalb in erster Linie unser Dank den Auftraggebern, die es ermöglicht haben, die Methode für großmaßstäbliche Ausmessungen auszubilden. Änderungen der Arbeitsweise lassen sich nicht immer sofort durchführen, z. B. wenn sich für die Befliegung neue Erfahrungen ergeben, aber das Bildmaterial für das ganze Gebiet schon vorhanden ist.

Auf jeden Fall haben die Erfahrungen gezeigt, daß die Photogrammetrie aus der Luft bedeutend mehr leisten kann, als man bisher angenommen hatte. Man begnügte sich nicht mit dem weiteren Ausbau der Erfahrungen für das Erreichte, sondern versuchte nun weitere Gebiete für das Luftbild zu erschließen. Es ist erklärlich, daß man dabei immer wieder an das wichtigste Gebiet, die Katastervermessung, denkt. In Deutschland ist es bisher nicht möglich gewesen, auch nur versuchsweise das Luftbild hier anzuwenden. Das liegt wohl nicht daran, daß die Photogrammetrie aus der Luft sich nicht für diese Art der Vermessung eignet, sondern lediglich die bestehenden Bestimmungen stehen jeder Anregung in diesem Sinne entgegen. Nur in einem Falle wäre heute schon bei Beibehaltung der Anweisungen eine direkte Verwendung des Luftbildes möglich. Nämlich als Vorriß. Ueber Art der Verwendung und die Wirtschaftlichkeit wird weiter unten geschrieben werden.

Der hierunter teilweise wiedergegebene Erlaß gestattet heute schon eine Anwendung von Luftbildern im Rahmen der Katasterneumessung.

Abschnitt aus dem F.M.-Erlaß K. V. 2. 5102:

„Die Vorrisse sind dazu bestimmt, einen klaren bildlichen Identitätsnachweis der der Neumessung unterliegenden Grundstücke im alten und neuen Kataster und den Nachweis ihrer Eigentumsverhältnisse nach dem Grundbuche zu gewähren, die zwischen der Örtlichkeit und der bisherigen Gemarkungskarte bestehenden Abweichungen der Eigentums-grenzen usw. darzustellen und bei der Zurückführung des Grundbuches auf das neue Kataster als Anhalt zu dienen. Auf die Anfertigung von Vorrissen kann daher auch für die Gebiete, die in der Gemarkungskarte als „Ungetrennte Hofräume“ dargestellt sind, nicht verzichtet werden. Auch in diesen Fällen müssen die Vorrisse usw.

Die Vorrisse von den „Ungetrennten Hofräumen“ sind, soweit die Katasterkarte keine ausreichende Unterlage für die Anfertigung bildet, nach sonstigen geeigneten Karten (Lagepläne, Stadtpläne, Meßtischblätter u. dgl.) oder auf Grund einfacher örtlicher Erkundung zu zeichnen usw.“

Eine weitere Verwendung der Photogrammetrie als solche auf diesem Gebiete in Deutschland gestattet die bestehende Anweisung nicht. Diese Anweisungen sind aber heute maßgebend für jede Neumessung.

Allerdings könnte man sich auf den Standpunkt stellen, daß die Verwendung des Luftbildes bzw. der Luftbildvermessung auch im Rahmen dieser Anweisungen durchaus möglich ist. Die Anweisung VIII gestattet zur Herstellung der Katasterkarten die Verwendung vorhandener Karten. Ihr Abschnitt II, der diesen Fall behandelt, trägt folgenden Titel:

„Herstellung der Gemarkungskarten und der Kataster unter Benutzung vorhandener Karten und Vermessungsregister, ausschließlich solcher, die auf einem Auseinander-setzungsverfahren usw. beruhen.“

Der § 168 befaßt sich mit der Art der Karten und den Vorschriften für ihre Benutzung. Danach „... können zur Erneuerung der Katasterkarten und Bücher auch andere vorhandene Karten benutzt werden, sei es, daß sie sich im Besitze von Behörden, Kreditinstituten, Gemeinden, sei es, daß sie sich im Besitze von Privatpersonen befinden“. Die weiteren Abschnitte befassen sich unter anderem mit der Prüfung dieser Karten. Wollte man also hier die Luftbildvermessung einschleusen, so käme es nur darauf an, ob die so hergestellten Rohpläne den vorgeschriebenen Prüfungen standhalten. Da sich meine Arbeit lediglich mit der Leistungsfähigkeit der Methode befaßt, so soll diese Tatsache nur ergänzt werden.

In einem Vortrag hat nun Herr Geheimrat Dr.-Ing. Suckow drei Forderungen aufgestellt, die ein Kataster, das allen Anforderungen entsprechen will, erfüllen muß. Diese Forderungen lauten:

1. Das Kataster muß so beschaffen sein, daß es sich ohne Schwierigkeiten zu Uebersichtskarten — und zwar kommt hier der Maßstab 1:5000 in Betracht — zusammenfassen läßt.
2. Das Kataster muß vollständig sein und sich in Uebereinstimmung mit der Oertlichkeit befinden, also auf dem laufenden sein.
3. Das Kataster muß geometrisch genau sein, so genau, daß man alle Eigentums-
grenzen auf wenige Zentimeter genau feststellen kann.

Herr Geheimrat Dr.-Ing. Suckow hat nun für einen bestimmten Bezirk das bestehende Kataster daraufhin untersucht, wie weit es diesen drei Forderungen entspricht, und ist dabei zu dem Ergebnis gekommen, daß schon die einfachste Forderung, die des Punktes 1, in dem betreffenden Gebiet nur beschränkt möglich ist.

Zu Punkt 2 sagt er:

„Was den Punkt 2 anbelangt, ob die Katasterkarten topographisch vollständig sind, also alle Grenzen, Eisenbahnen, Wege, Gräben, Gebäude und Kulturarten dem heutigen Bestande entsprechend nachweisen, so ist leider festzustellen, daß dies nicht der Fall ist. Wenn die Katasterkarte den Bedürfnissen der Wirtschaft und der öffentlichen Verwaltung genügen will, so muß sie topographisch vollständig sein. Leider ist die Katasterkarte im Laufe der Jahrzehnte mehr und mehr zur reinen Grundeigentumskarte geworden und erfüllt nicht mehr das, was man von einer Wirtschaftskarte verlangt. Sie weist wohl alle Eigentums-
grenzen nach, aber nicht alle Gebäude und hinsichtlich der Kulturarten ist sie ebenfalls nicht auf dem laufenden. Dies ist ein schwerer Mangel, der sich bei vielen Gelegenheiten bemerkbar macht und der behoben werden muß. Das Finanzministerium ist bemüht, diesen Mangel zu beseitigen, aber es wird doch eine Reihe von Jahren vergehen, bis die Katasterkarte mit der Oertlichkeit übereinstimmt und auch als Wirtschaftskarte angesprochen werden kann.“

Bei der Besprechung des Punktes 3 gibt er an, daß in dem betreffenden Gebiet nur elf Prozent des Katasters einwandfrei und für alle Zwecke brauchbar sind.

Alle Mängel, die das Kataster gegenüber diesen Forderungen aufweist, führt Herr Suckow darauf zurück, daß der Verwaltung nicht genügend Mittel zur Verfügung gestellt worden sind.

Ob es überhaupt finanziell möglich ist, in absehbarer Zeit eine Neumessung nur der notwendigsten Gebiete in Deutschland durchzuführen, soll hier nicht untersucht werden. Herr Suckow zeigt nun in seinem Vortrag, wie der preussische Staat die Schaffung eines durchweg einwandfreien Katasters durch allmähliche Erneuerung durchführen will. Wann auf diesem Wege mit dem Vorhandensein eines in sich geschlossenen, den drei Forderungen entsprechenden Katasters gerechnet werden kann, läßt sich wohl nicht ausrechnen.

Aber gerade die Not der Zeit und das durch sie in den Vordergrund gerückte Siedlungs- und Arbeitsbeschaffungsproblem (Wasser- und Straßenbau usw.) verlangen ein starkes und gesundes Kataster. Die Durchführung eines großzügigen Arbeitsprogramms und somit eine beschleunigte Hilfe für eine große Zahl Arbeitsloser kann auf keinen Fall behindert oder verzögert werden durch kartographische Vorarbeiten.

Es besteht z. B. die Anregung, ein großmaßstäbliches Kartenwerk zu schaffen, das einen rein bodenwirtschaftlichen Zweck haben soll. Ein solches Kartenwerk hat bestimmt einen ungeheuren Wert, der nicht nur dem betreffenden Wirtschaftszweig, sondern dem ganzen Volk zugute käme. Aber es ist natürlich nicht möglich, diese Karte selbständig und unabhängig von anderen Kartenwerken zu schaffen. Ferner ist und wird für viele Teile in Deutschland die „Topographische Grundkarte 1:5000“ hergestellt. Die dafür aufgewendeten Kosten kommen nur diesem einen beabsichtigten Zweck zugute. Wäre in Deutschland ein Kataster vorhanden, wie es Herr Geheimrat Suckow in seinen drei Punkten fordert, so ließe sich in jedem Falle und für alle Zwecke daraus das gewünschte Spezial-Kartenwerk schaffen. In diesem Falle ist an der Herstellung eines



Abb. 1.

solchen vollkommenen Katasters nicht nur die Katasterverwaltung interessiert, sondern das Interesse und, was das wichtigste ist, die Kosten verteilen sich noch auf andere Stellen.

Um nun zu vermeiden, daß Doppelarbeit durch Schaffung von Spezialkartenwerken geleistet wird, müßte ein solches Kartenwerk, das als Grundlage allen Ansprüchen gerecht wird, geschaffen werden. Die Erreichung eines solchen Zieles wird aber in absehbarer Zeit verhindert, weil Kosten und Zeitdauer der alten Methode es nicht zulassen. Es ist also nötig, wenn etwas geschehen soll, die bisher angewandten Verfahren zu ändern, d. h. eine Methode zu finden, die ein solches Kartenwerk bei erträglichen Kosten schaffen kann. Ueber die Notwendigkeit überhaupt, heute in größerem Umfange Neumessungen vorzunehmen als bisher, braucht wohl nicht noch geschrieben werden. Die Schwierigkeiten, weshalb sie nicht ausgeführt werden, liegen lediglich in dem bisher angewandten Verfahren. Wimmer¹ sagt im Vorwort zu seinem Buch darüber:

„ Das gebräuchliche Verfahren verbürgt bei sachgemäßer Durchführung eine durchaus hinreichende Genauigkeit, bedingt jedoch, insbesondere bei schwierigen Verhältnissen, einen nicht unerheblichen Zeit- und Arbeitsaufwand.

Diesen Aufwand — ohne Minderung des rechtlichen und geometrischen Wertes — zu verringern, und zwar durch erleichternde gesetzliche Bestimmungen und weitere Ausgestaltung und Vereinfachung des gesamten Verfahrens, auch durch Heranziehung und Herausbildung eines festen Stammes geschulter landmesserischer und technischer Kräfte, die vornehmlich für Katasterneumessungen bestimmt sind und somit im Bedarfsfalle jederzeit eingesetzt werden können, ferner durch Verwendung aller neuzeitlichen technischen Hilfsmittel und durch weitere Vervollkommnung unserer geodätischen Instrumente, ist eine Aufgabe, von deren Lösung in Zukunft die Durchführung umfangreicher, große Gebietsteile umfassender Katasterneumessungen abhängen wird ”

¹ Wimmer: „Die neueren preußischen Katasterneumessungen.“

Ein solches neuzeitliches technisches Hilfsmittel will nun die Photogrammetrie sein. Ich will durch meine Arbeit versuchen, Klarheit darüber zu schaffen, ob sie ein solches Hilfsmittel sein kann und darf.

Der Gedanke, ein solches Grundkartenwerk in Deutschland zu schaffen, ist schon des öfteren erörtert worden, auch der Gedanke, dafür die Photogrammetrie aus der Luft zu benutzen. Aber immer ist der Gedanke bzw. die Anregung auf starke Schwierigkeiten gestoßen, weil man annahm, das Luftbild will die alten Methoden restlos verdrängen, und weil über die Leistungsfähigkeit der Luftbildmessung für großmaßstäbliche Pläne und Karten nicht die notwendige Klarheit herrschte. Die Ablehnung für die hier beschriebenen Arbeiten hat sich bis heute erhalten. Man kann diese Ablehnung verstehen, wenn man sich die bisher erfolgten Vorschläge ansieht. Solche Vorschläge sind in den Jahren nach dem Kriege verschiedentlich gemacht worden. Einen Mangel haben aber alle Vorschläge gemeinsam. Es ist nie in ihnen hervortretend klargemacht worden, daß die Luftbildvermessung nie eine in sich abgeschlossene Methode sein kann und auch nicht sein will, sondern immer nur Hilfsmittel innerhalb der ganzen Vermessung sein wird.

Es soll hier kurz auf einige Anregungen und Vorschläge eingegangen werden.

Schon im Jahre 1918, noch während des Krieges, fand eine amtliche Aussprache statt. Aus dem beigegebenen Auszug aus dem Bericht über die Verhandlungen der „Obersten militärischen Vermessungsstelle im Deutschen Reiche und seinen Schutzgebieten“ während der ersten Gesamtsitzung vom 25. Februar bis 1. März 1918 geht einmal die eindeutige Ablehnung hervor und weiter, daß diese Ablehnung berechtigt war, weil die vorausgegangenen Anregungen tatsächlich kein anderes Ergebnis zuließen. Auf der anderen Seite darf man aber nicht vergessen, daß das Luftbild damals tatsächlich noch nicht in der Lage war, ein wichtiges Hilfsmittel in der Neumessung zu werden, es konnte lediglich als Vorriß Verwendung finden. Dieser Umstand ist aber auf der Tagung gar nicht untersucht worden. Die Ablehnung erfolgte auf Grund von Anregungen, die heute, trotzdem die derzeitigen Luftbildmeßmethoden den damaligen ganz bedeutend überlegen sind, noch nicht zutreffen.

Auszug aus dem Bericht über die Verhandlungen der „Obersten militärischen Vermessungsstelle im Deutschen Reiche“,
Februar 1918.

„. . . . Es ist sehr erwünscht, daß wir uns darüber einigen, ob die Landesvermessungsbehörden für ihre katastermäßigen Aufnahmen die Lufttriangulierung an Stelle der Triangulierung von festen Standpunkten treten lassen können oder nicht.“

„. . . . Das ist ausgeschlossen! Wir fordern engere Genauigkeitsgrenzen. Zu Triangulierungen dritter und vierter Ordnung kann die Lufttriangulierung nicht verwendet werden.“

„Niemand hat sich dafür ausgesprochen. Für Grundstücksmessungen lehnen die Herren das Verfahren ab. Es kann bemängelt werden, daß diese Sache zur Sprache gebracht worden ist, aber es war notwendig, weil die Katastermessung die Grundlage für die Topographie bilden soll, weil die rein militärische Aufnahme sich auf diese Grundlage stützt. Daher war zur Sprache zu bringen, ob diese Grundlagen damit geschaffen werden können oder nicht.“

Im Jahre 1922 brachte Herr Dr. Gürtler eine Genauigkeitsuntersuchung von photogrammetrisch bestimmten Koordinaten zum Zwecke der Katastervermessung heraus. Der Stand der damaligen Methode verlangte aber für die Ermittlung der Koordinaten eine sehr zeitraubende und mühsame Rechenarbeit, sodaß Herr Dr. Gürtler zugeben muß: „. . . . daß diese Methode nicht wirtschaftlich ist und die Kosten mit Rücksicht auf den großen Zeitaufwand, der durch die Rechenarbeit bedingt ist, derart hohe werden,“.

Ein weiterer Vorschlag wird gemacht von A. Abendroth (Nr. 5 der Vermessungstechn. Rundschau 1927). Er befaßt sich in seiner Arbeit mit der Verwendungsmöglichkeit des Luftbildes für Fortschreibungen und Teilungen.

Eine Erwiderung auf die Anregung von Abendroth erfolgte in dem folgenden Heft der gleichen Zeitschrift.

Einen tatsächlichen Schritt weiter brachte uns erst die Ausbildung der voru schon angeedeuteten großmaßstäblichen Auswertungen 1 : 1000 (Abb. 1) mit Hilfe der modernen Stereo-Auswertegeräte.

Erst nach Vorhandensein der damit gesammelten grundlegenden Erfahrungen konnte man daran denken, die Ausmeßgenauigkeit und somit Verwendungsmöglichkeit zu steigern. Die hier weiterhin beschriebenen Versuche sind solche Schritte.

(Fortsetzung folgt.)

Die Vermessung großer Gebiete in kleinen Maßstäben

Von Otto L a c m a n n.

Die Frage der Vermessung großer Gebiete in kleinen Maßstäben hat Dr.-Ing. Gürtler in einem Vortrag behandelt, den er im vorigen Jahre in der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin hielt. Der Vortrag wurde veröffentlicht in der Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde 1952, Heft 9/10, und fand eine Entgegnung durch Dipl.-Ing. Heß in einem Aufsätze, der als Beilage zu „Bildmessung und Luftbildwesen“ 1953, Heft 1, den Beziehern dieser Zeitschrift zugestellt wurde. Da beide Autoren in den genannten Veröffentlichungen sowie in durch diese hervorgerufenen un veröffentlichten Stellungnahmen zu recht gegensätzlichen Beurteilungen der bei der Vermessung großer Gebiete in kleinen Maßstäben anzuwendenden Verfahren kommen, schien es wünschenswert, daß der Fragenkomplex von dritter Seite noch einmal zusammengefaßt behandelt werde.

Bei der luftphotogrammetrischen Aufnahme kleinmaßstäblicher Karten kommt es unter normalen Verhältnissen darauf an, die Gesamtarbeit so anzulegen, daß der gewünschte Erfolg — wenn auch unter Verzicht auf Forderungen, die nur bei Karten höchster Genauigkeit ihre Berechtigung haben — mit einem Mindestaufwand an Mitteln herbeigeführt wird. Bei Verwendung der üblichen Einbildaufnahmegeräte aus Höhen bis zu 6000 m ist dies weder bei Schräg- noch bei Senkrechttaufnahmen der Fall. Senkrechtaufnahmen sind zwar sehr bequem mit großer Genauigkeit auszuarbeiten, gestatten bei verhältnismäßig großem, in den einzelnen Bildteilen nahezu gleichem Bildmaßstab einen guten Einblick in das Gelände und können leicht zur Durchführung von Paßpunktbestimmungen mittels Bildtriangulation herangezogen werden; die in einem Meßbild enthaltene Geländefläche ist aber bei den zur Zeit verfügbaren Bildwinkeln klein, es müssen auf zahlreichen kostspieligen Flügen eine große Anzahl von Aufnahmen gemacht werden, die wiederum die Schaffung zahlreicher Paßpunkte zwecks Ermittlung der äußeren Orientierung und umfangreiche Einpaßarbeiten am Auswertegerät erfordern. Die in Schrägaufnahmen enthaltene Geländefläche ist bei uneinheitlichem Bildmaßstab zwar größer und erreicht ihr Maximum, wenn der sichtbare Horizont gerade am Bildrand erscheint. Die Auswertung solcher Aufnahmen ist aber im allgemeinen schwieriger, und es können, zumal bei flach gehaltenen Aufnahmen, uneingesehene Räume auftreten. Daß sich aber mit den üblichen Schrägeinzelaufnahmen — wenn man vielleicht von der Aufnahme stark gebirgiger Küstenpartien absieht — kein wirtschaftliches Optimum erzielen läßt, geht schon daraus hervor, daß zwar für jeden Aufnahmeort die äußere Orientierung (wozu auch die Festlegung des Standorts gehört) bestimmt werden muß, daß aber die Kenntnis der so ermittelten Bestimmungsstücke nur dazu verwendet wird, um den verhältnismäßig kleinen auf der Einzelaufnahme enthaltenen Ausschnitt aus dem gesamten von demselben Aufnahmeort aus photogrammetrisch erfassbaren Gebiete zu kartieren.

Nach Darstellung dieser einfachen Verhältnisse lassen sich auch leicht die Möglichkeiten überblicken, die zur Ueberwindung der genannten Schwierigkeiten bei der Herstellung kleinmaßstäblicher Karten zur Verfügung stehen.

1. Zunächst bietet sich die Möglichkeit, das mit Senkrechttaufnahmen erfaßte Gebiet unter Beibehaltung von Brennweite und Bildformat dadurch zu erweitern, daß die Aufnahmen aus größeren Höhen gemacht werden, wobei die aufgenommene Fläche quadratisch mit der Flughöhe über dem Gelände wächst. Das Verfahren weist die oben den Senkrechttaufnahmen zugesprochenen Vorteile auf, hat aber den Nachteil, daß das Arbeiten in großen Höhen sehr große physische und psychische Anforderungen an die Besatzung stellt, daß über etwa 6000 m die Verwendung von Atmungsgeräten notwendig wird, und daß nicht jedes an und für sich für photogrammetrische Zwecke brauchbare Flugzeug die großen Höhen aufzusuchen vermag. Das letzte Wort ist indessen hier noch nicht gesprochen, insbesondere ist es denkbar, daß für solche Zwecke einmal ein Flugzeug geschaffen wird, bei dem wie beim Stratosphärenflugzeug in dem von der Außenluft abgeschlossenen Arbeitsraum künstlich normaler Luftdruck und eine den Verhältnissen auf der Erdoberfläche entsprechende Zusammensetzung der Luft herbeigeführt wird. Für den Augenblick scheidet diese Lösung der Frage noch aus, weshalb nicht näher auf sie eingegangen werden soll.

2. Eine zweite heute gleichfalls noch nicht praktisch durchführbare Möglichkeit besteht in der Herstellung von Senkrechttaufnahmen aus der üblichen Flughöhe unter Verwendung von Weitwinkelobjektiven, sobald die von Dr. Gürtler genannten Schwierigkeiten (hinreichende Verzeichnungsfreiheit, ausreichende Lichtstärke) überwunden sein werden. Die überraschenden Fortschritte, die seit der Schaffung feinkörniger höchstempfindlicher Emulsionen in den letzten Jahren zunächst in Laboratorien gemacht wurden, lassen mich diese Art der Lösung des Problems nicht so ungünstig beurteilen,

wie es Dr. Gürtler getan hat. Da die Verwendung von Weitwinkelobjektiven die Gesamtarbeit in hohem Maße vermindert und wesentlich einfachere Aufnahme- und Auswertegeräte erfordert, dürfte dieses Verfahren auch dann schon von Nutzen sein, wenn sich zunächst ein etwas kleinerer Bildwinkel als 150 Grad erzielen läßt, wodurch die Lösung der Aufgabe wesentlich vereinfacht wird.

5. Solange die unter 1. und 2. genannten Möglichkeiten noch nicht spruchreif sind, kommt als alleinige Lösung die in den Abhandlungen von Dr. Gürtler und Dipl.-Ing. Heß behandelte Verwendung gekoppelter Aufnahmekammern in Betracht, bei denen gleichzeitig mehrere Kammern von bekannter innerer und gegenseitiger Orientierung ausgelöst werden, die zusammen ein großes Bildfeld erfassen. Dabei können beim Bau solcher Koppelkammern zwei Wege beschritten werden:

a) Es können sämtliche Aufnahmen in ein und derselben Bildebene und damit auf ein und demselben Emulsionsträger entworfen werden, indem man die Adsen der verschiedenen, zweckmäßig gleichbrennweitigen Objektive senkrecht zu dieser Ebene ausrichtet und vor den Objektiven (gegebenenfalls mit Ausnahme eines Objektivs) Prismen anbringt, die den Aufnahmestrahlen im Dingraum die gewünschte gegenseitige Lage geben.

b) Es werden mehrere Einzelkammern starr so miteinander verbunden, daß ihre Aufnahmerichtungen die gewünschte gegenseitige Lage besitzen. Jedem Objektiv kommt eine besondere Bildebene zu. Die zu einer Koppel gehörigen Meßbilder sind nicht durch einen gemeinsamen Emulsionsträger miteinander verbunden.

Die Anordnung a) wurde von Photogrammetrie G. m. b. H. München, bei der Konstruktion ihrer Panoramakammer gewählt, während die Anordnung b) den Koppelkammern von Zeiss-Aerotopograph, Jena, zugrunde liegt. Das erste Konstruktionsprinzip gestattet die Herstellung eines leicht zu handhabenden Sonder-Entzerrungsgeräts, wie es in der Umbildkammer der Photogrammetrie G. m. b. H. vorliegt. Ein Nachteil dieses Prinzips kann darin erblickt werden, daß es sich nur anwenden läßt, wenn die Objektivbrennweiten entsprechend dem angestrebten Kartenmaßstab und Verwendungszweck klein gehalten werden dürfen, da sich andernfalls die Gesamtheit der Bilder einer Koppel nicht mehr in einem handlichen Bildformat vereinen läßt. Bei Verwendung von Film macht sich außerdem zwecks Eliminierung der gleichmäßigen Schrumpfung ein Umphotographieren auf Glasplatten erforderlich, das indessen ohnehin notwendig ist, wenn positive Bildpläne ohne Verwendung eines Umkehrverfahrens erhalten werden sollen.

Nach Anordnung b) gebaute Koppelkammern unterliegen bezüglich der Brennweite kaum einer Einschränkung, mit ihnen gemachte Aufnahmen sind bereits heute auch ohne photographische Umbildung auswertbar. Dagegen sind sie sperriger, sie umfassen — wenigstens in der zur Zeit vorliegenden Ausführung — einen kleineren Gesamtbildwinkel als die Panoramakammer, ihre photographische Entzerrung auf eine gemeinsame Ebene ist etwas umständlicher.

Die Frage, welcher Bauart der Vorzug zu geben ist, dürfte sich nur von Fall zu Fall beantworten lassen. Maßgebend dürfte dabei meines Erachtens in erster Linie sein, ob eine größere Brennweite für die Lösung der Aufgabe erforderlich ist oder nicht, dies hängt aber wiederum von dem Charakter der aufzunehmenden Gegend, von den an die Karte zu stellenden Anforderungen und insbesondere davon ab, ob und mit welcher Genauigkeit die Höhenverhältnisse zur Darstellung kommen sollen. Auch wird die Frage unter Umständen anders beantwortet werden müssen, wenn es sich nur darum handelt, Unterlagen für eine Bildtriangulation oder für die Planung von Bildflügen zu gewinnen.

Bei der Auswertung der Bildkoppeln sind gleichfalls zwei Verfahren zu unterscheiden:

a) Die erhaltenen Aufnahmen werden auf die (bei der vorliegenden Frage praktisch) einer Senkrechtaufnahme entsprechende Ebene gemeinsam entzerrt und die so photographisch festgehaltenen Resultate wie Weitwinkelsenkrechtaufnahmen als Einzelbilder durch Entzerrung oder als Bildpaare in entsprechenden Kartierungsgeräten ausgewertet.

β) Es besteht aber auch die Möglichkeit, die Koppelaufnahmen unter Verwendung einer auf das Aufnahmegerät abgestimmten Mehrfachauswertkammer ohne vorhergehende photographische Umbildung binokular (gegebenenfalls auch monokular) in einem entsprechend eingerichteten Kartierungsgerät (etwa dem Stereoplanigraphen) auszuwerten.

Ueber die bei der Herstellung kleinmaßstäblicher Karten bisher erzielten Ergebnisse und Erfahrungen ist in der Öffentlichkeit nur wenig bekanntgeworden, und auch dieses Wenige ist oft recht anfechtbar.

Aus Frankreich stammende Fehlerangaben wie 250 m in 100 km Entfernung von der Basis besagen nicht viel mehr als die Gürtlersche Mitteilung, daß man heute in der Lage sei, 5000 bis 10000 qkm innerhalb vier Wochen mit einem dichten Dreiecksnetz

Mittlere Koordinaten- und Punktfehler.

Nr.	Nadir- zug	Rechenvorgang	M_y	M_x	M_P	Anzahl der bei	
						der Ein- passung	der Bestimmung d. mittl. Fehlers verwendeten Punkte
1	I	Koordinatenumformung auf Anfangs- und Endbasis	$\pm 40m$	$\pm 44m$	$\pm 60m$	4	24
2	I 1. Hälfte	Koordinatenumformung auf je eine Basis am Anfang und in der Mitte des ganzen Zuges	$\pm 17m$	$\pm 17m$	$\pm 24m$	4	18
3	I 2. Hälfte	Koordinatenumformung auf je eine Basis in der Mitte und am Ende des ganzen Zuges	$\pm 15m$	$\pm 12m$	$\pm 19m$	4	10
4	II	Koordinatenumformung auf Basis am Anfang und Ende des Zuges	$\pm 48m$	$\pm 77m$	$\pm 91m$	4	24
5	III	"	$\pm 25m$	$\pm 53m$	$\pm 59m$	4	24
6	IV	"	$\pm 60m$	$\pm 96m$	$\pm 114m$	4	21
7	V	" ¹	$\pm 123m$	$\pm 65m$	$\pm 139m$	4	15
8	VI	" ¹	$\pm 85m$	$\pm 52m$	$\pm 99m$	4	20
9	VII	" ¹	$\pm 24m$	$\pm 47m$	$\pm 53m$	4	18
10	I, II, III,	Durch Koordinatenumformung auf 4 Punkte aufgepaßt	$\pm 32m$	$\pm 31m$	$\pm 44m$	4	51
11	I, II, III	Durch Koordinatenumformung auf alle Punkte mit 2 Ausnahmen aufgepaßt	$\pm 12m$	$\pm 14m$	$\pm 18m$	46	46
12	VI, VII	Durch Koordinatenumformung auf 4 Punkte aufgepaßt	$\pm 22m$	$\pm 28m$	$\pm 36m$	4	23
13	VI, VII	Durch Koordinatenumformung auf alle Punkte aufgepaßt	$\pm 12m$	$\pm 11m$	$\pm 16m$	23	23
14	IV	Durch Koordinatenumformung auf alle Punkte aufgepaßt	$\pm 20m$	$\pm 28m$	$\pm 35m$	21	21
15	IV	Durch Koordinatenumformung auf alle Punkte mit 3 Ausnahmen aufgepaßt	$\pm 15m$	$\pm 21m$	$\pm 26m$	18	18
16	V	Durch Koordinatenumformung auf alle Punkte aufgepaßt	$\pm 38m$	$\pm 30m$	$\pm 49m$	16	16
17	V	Durch Koordinatenumformung auf alle Punkte mit 4 Ausnahmen aufgepaßt	$\pm 19m$	$\pm 19m$	$\pm 26m$	12	12
18	VI	Durch Koordinatenumformung auf alle Punkte aufgepaßt	$\pm 10m$	$\pm 18m$	$\pm 21m$	21	21
19	VI	Durch Koordinatenumformung auf alle Punkte mit 2 Ausnahmen aufgepaßt	$\pm 9m$	$\pm 10m$	$\pm 14m$	19	19
20	VII	Durch Koordinatenumformung auf alle Punkte aufgepaßt	$\pm 9m$	$\pm 16m$	$\pm 18m$	18	18
21	I—VII	Durch Koordinatenumformung auf alle Punkte aufgepaßt	$\pm 31m$	$\pm 44m$	$\pm 54m$	77	77
22	I—VII	Durch Koordinatenumformung auf alle Punkte mit 2 Ausnahmen aufgepaßt	$\pm 33m$	$\pm 40m$	$\pm 52m$	75	75

¹ Bei dieser Berechnung sind einige schlecht stimmende Punkte von vornherein weggelassen. (Identifizierungsfehler?)

zu überdecken, wenn nicht gleichzeitig eine Angabe über den hierfür erforderlichen Einsatz an Personal und Geräten gemacht wird. Auch erscheinen mir auf einhalb Prozent genaue Gewinnberechnungen heute noch verfrüht, zumal wenn gleichzeitig die kaum haltbare Angabe gemacht wird, daß die Arbeit der Paßpunktbestimmung sich auf ein Zwanzigstel vermindere, wenn die Anzahl der über ein ausgedehntes Gebiet verteilten Paßpunkte auf ein Zwanzigstel reduziert werde. Desgleichen haben ungenügende Angaben Gürtlers über die genaueren Verhältnisse, die bei der Konstruktion der Schichtlinienkarte „Dijon“ vorlagen, dazu geführt, daß Heß in seinem Aufsatz zu dem offenbar unrichtigen Resultat kam, daß für die Aufnahme eines Gebietes von 100 000 qkm eine Auswertezeit von 20 Jahren erforderlich sei. Vergleichenden Wirtschaftlichkeitsrechnungen, bei denen die seitliche Ueberdeckung der Flugstreifen in Prozenten ihrer Breite angegeben wird, messe ich gleichfalls wenig Bedeutung zu.

Kleinmaßstäbliche, unter Verwendung der Zeisschen Vierfachkammer hergestellte Karten sind bisher noch nicht veröffentlicht worden. Indessen sei auf die von Prof. Dr. von Gruber durchgeführte und veröffentlichte Ausarbeitung der Schrägaufnahmen hingewiesen, die Dipl.-Ing. Basse gelegentlich der Arktisfahrt des Luftschiffes „Graf Zeppelin“ mit dem Zeisschen Zweifachreihenbildner gemacht hat. Wenngleich diese Arbeit eine eingehende Untersuchung der aufgetretenen Fehler nicht gestattet, so kann doch gesagt werden, daß eine gleichwertige mit Höhenschichtlinien versehene Karte aus den gleichzeitig mit der Panoramakammer hergestellten Aufnahmen zur Zeit jedenfalls sich nicht herstellen läßt, wie m. E. überhaupt die Verhältnisse bei der in geringer Höhe geflogenen Arktisfahrt des „Graf Zeppelin“ für die Panoramakammer als Meßgerät denkbar ungünstig waren, während die bildmäßige Wirkung der mit dieser Kammer gemachten Weitwinkelaufnahmen wie bekannt außerordentlich gut ist.

Aus Panoramakameraaufnahmen lassen sich nach Heß Richtungen zur Nadirtriangulation mit einem mittleren Fehler von $\pm 5'$ entnehmen. Die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt, Berlin-Adlershof, ermittelte hierfür auf Grund der bei der unten genannten größeren Nadirpunkttriangulation in der Gesamtheit aller Rauten aufgetretenen Widersprüche den günstigeren Wert von $\pm 5c$.

Ueber die Genauigkeit, die bei der im Jahre 1950 mit der Panoramakammer durchgeführten, sich über ein Gebiet von etwa 8000 qkm erstreckenden Nadirpunkttriangulation erzielt wurde, seien weiterhin einige Angaben gemacht. Es sei darauf hingewiesen, daß es sich dabei um Versuche handelte, die im Auftrage des Reichsverkehrsministeriums zur Erprobung der kurz vorher fertiggestellten Panoramakammer unter Aufsicht der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt durchgeführt wurden und zu Erkenntnissen führten, die ihren Niederschlag in den neueren Ausführungsformen der Panoramakammer fanden, sodaß anzunehmen ist, daß die Genauigkeit künftiger Arbeiten sich steigern wird.

Aus dem umfangreichen Material teile ich in der Tabelle Seite 85 die sich aus einem Vergleich mit der bayerischen Katasterkarte 1:5000 ergebenden mittleren Koordinaten- und Punktfehler mit, die einen guten Einblick in die bei jedem einzelnen Nadirzug auftretenden Fehler geben. Nicht mitgeteilt wurden lediglich einige wenige, sich auf das gleiche Ausgangsmaterial stützende Rechenversuche, die mit Punktfehlern zwischen ± 52 m und ± 105 m keine neuen Erkenntnisse vermitteln, oder bei denen bis heute noch nicht geklärte anormale Verhältnisse vorlagen (unzweckmäßige Anlage der Rechnung? Rechenfehler?). Die ungefähre Länge jedes der Züge I—VII betrug reichlich 70 km.

Luftbildmessung in Finnland

Von Ing. Hauptmann K. G. Löfström, Helsingfors.

Die ersten Versuche mit Luftbildmessung in Finnland wurden im Jahre 1927 gemacht. Es galt hauptsächlich, die Herstellung von topographischen Karten 1:20 000 zu beschleunigen und zu verbilligen. Dabei handelt es sich um ziemlich flaches, zum größten Teil bewaldetes Gelände, für das ein geodätisches Netz von I. bis III. Ordnung vorhanden war.

Zunächst wurde ein Gebiet von 5×7 km versuchsweise im Maßstab 1:10 000 aufgenommen. Für jede Aufnahme wurden vier Paßpunkte geodätisch aufgenommen, und auf Grund dieser Punkte wurden die Aufnahmen in üblicher Weise entzerrt und zum Bildplan zusammengefügt. Bei der Ausführung dieser Probearbeit zeigte sich, daß die Auswahl deutlich erkennbarer und geeignet liegender Punkte im waldigen Gelände sehr schwierig und zuweilen fast unmöglich war. Ferner war das Einmessen der Punkte sehr mühsam und kostspielig, weil Türme und Signale gebaut werden mußten, um das bewachsene und flache Gelände überblicken zu können. Auch das Eintragen der vielen Paßpunkte und die eigentliche Entzerrungsarbeit wurden als recht zeitraubend empfunden. Die übliche Entzerrungsmethode nach Paßpunkten erfüllte also unter den ge-

gebenen Verhältnissen nicht die in sie gesetzten Erwartungen, und die erwünschte Beschleunigung und Verbilligung der Kartierungsarbeit wäre damit kaum zu erreichen gewesen.

Nach einigen Versuchen gelang es im Jahre 1928, ein neues Verfahren auszuarbeiten, das die Entzerrung von Luftbildern ohne Paßpunkte ermöglichte und nur ein weitmaschiges Festpunktnetz als Grundlage zur Herstellung des Bildplanes erforderte¹.

Das neue Verfahren gründet sich darauf, daß gleichzeitig mit jedem Geländebild die Nadirlage der Aufnahmen durch besonders aufgenommene Horizontabbildungen bestimmt wird, wobei man eine Genauigkeit von $\pm 10-20'$ erreicht. Auf Grund der bekannten Nadirlage werden die Entzerrungswinkel in einfacher Weise berechnet, und die Aufnahmen können im gewünschten Maßstab entzerrt werden, wenn nur eine Strecke (Basis) in jeder Aufnahme bekannt ist. Weiter gelingt es durch Verwendung eines Spezial-Statokops², das pro Meter Höhenabweichung von einer gewählten Nullhöhe einen Ausschlag von 1 mm anzeigt, alle Aufnahmen eines Fluges aus gleicher Höhe zu machen, sodaß also bei gleicher Mittelhöhe des Geländes alle diese Aufnahmen mit einem gemeinsamen, durch bekannte Strecken in einer einzigen Aufnahme bestimmten Vergrößerungsverhältnis im gewünschten Maßstab entzerrt werden können.

Das neue Verfahren gründet sich darauf, daß gleichzeitig mit jedem Geländebild die zur Anwendung gekommen, wobei sich die Horizontbildmessung und das Statokop als völlig zuverlässig erwiesen haben. In dieser Zeit sind jährlich etwa 1500 qkm Bildplan im Maßstab 1 : 20 000 hergestellt worden.

Seit drei Jahren werden Reihenbildmeßkammern einer Sonderbauart der Firma Zeiss-Aerotopograph G.m.b.H., Jena, verwendet. Bei diesen Kammern können auf einem Filmband etwa 500 Aufnahmen gemacht werden, was im verwendeten Maßstab 1 : 20 000 bei 60 % stereoskopischer Ueberdeckung etwa 400-600 qkm Nutzfläche entspricht. Für die Herstellung der Bildpläne ist ein Festpunktnetz von 3-5 km Seitenlänge erforderlich.

Das Auswerten der Horizontaufnahmen und die Bestimmung der Entzerrungswinkel geht sehr rasch. Man braucht dazu für 100 Aufnahmen etwa 12-18 Stunden. Auf Grund der bekannten Entzerrungsfaktoren können je Stunde etwa 50 entzerrte Abzüge von zwei Personen angefertigt werden, wobei ein selbstfokussierendes Entzerrungsgerät der

1. Personalkosten der Luftbildabteilung:

	pro Jahr	Fmk
2 Ingenieure		100 000.—
1 Phototechniker	„ „	36 000.—
2 Meßtechniker	„ „	60 000.—
2 Gehilfen	„ „	48 000.—

Fmk 244 000.—

2. Zinsen und Abschreibungen der Gerätekosten (15 %):

1 Reihenbildmeßkammer	}	Fmk 700 000.—
1 Entzerrungsgerät		
Verschied. Zubehörgeräte		

15% Fmk 105 000.—

3. Aufnahmekosten für 5500 qkm in 1 : 20 000:

10 Aerofilme 18 cm x 60 m	Fmk 40 000.—
Photopapier und Chemikalien	„ 8 000.—
50 Flugstunden à Fmk 1 500.—	75 000.—

Fmk 123 000.—

4. Herstellungskosten von 5500 qkm Bildplan

(Zusammenstellung in 1 : 15 000, daher Reproduktion in 1 : 20 000):

Photopapier und Chemikalien	Fmk 15 000.—
Reproduktionsplatten usw.	„ 20 000.—

Fmk 35 000.—

Summe: Fmk 507 000.—

Gesamtkosten pro 1 qkm Bildplan 1 : 20 000: Fmk 145.—

¹ Siehe auch B. u. L. 1932, Heft 3, „Die Entzerrung von Luftbildern durch Horizontbildvermessung und Verfahren zur Herstellung von Luftbildern“ von Ing. Hauptmann K. G. Löfström, Helsingfors.

² Gebaut von Dr. V. Väisälä, Helsingfors.

Zeiss-Aerotopograph G.m.b.H. verwendet wird. Unter Verwendung des neuen Verfahrens wird also die Herstellung von Bildplänen rasch und billig. Es ist auf Seite 87 noch eine Kostenaufstellung gegeben, die für die Herstellung von Bildplänen 1:20 000 bei einer jährlichen Produktion von 3500 qkm auf Grund der mehrjährigen Erfahrungen in Finnland geschätzt ist. Nicht aufgeführt sind dabei die Kosten für das geodätische Netz, die an sich verhältnismäßig gering sind, da nur ein Netz von 5 bis 5 km Seitenlänge benötigt ist³.

Die Genauigkeit des Bildplanes hängt von der Dichte des Festpunktnetzes ab, und die Anzahl der Festpunkte muß deshalb jeweils nach den gegebenen Verhältnissen und nach den gestellten Anforderungen gewählt werden. Jedenfalls aber wird die erforderliche Festpunktdichte immer wesentlich geringer sein, als wenn die Punkte auch für die eigentliche Entzerrungsarbeit verwendet werden müßten.

„Um Mißverständnissen vorzubeugen“

Nachwort zu I und II (B. u. L. 1955, Heft 1).

Von O. v. Gruber.

In bezug auf den unter vorstehender Ueberschrift in B. u. L. erschienenen Artikel teilt mir Herr Dr. Zeller mit, daß er einerseits die Fußnote 4 von Seite 55, andererseits die Worte „eine etwas merkwürdige Disposition einer Flugaufnahme, aber immerhin chacun à son goût“ als persönliche Kränkungen empfinde. Insbesondere glaubt er, aus Fußnote 4 den Vorwurf „Diebstahl geistigen Eigentums“ herauslesen zu sollen. Demgegenüber erkläre ich ausdrücklich, daß in der Fußnote nur die immerhin auffällige Duplizität gleicher Ideen festgestellt werden sollte. Herrn Zeller den Vorwurf des Diebstahls geistigen Eigentums zu machen, lag mir selbstverständlich völlig fern. Ich nehme gern davon Kenntnis, daß Herr Zeller die betreffenden Gasserschen Patente nicht kennt.

Hinsichtlich der Kritik von Herrn Zellers Disposition einer Flugaufnahme bitte ich ihn, die unnötige Schärfe in der Form verzeihen zu wollen.

Es scheint nötig, auch zu Fußnote 1 auf Seite 54 eine Erklärung abzugeben: In dieser Fußnote wurde, wie auch aus der zitierten Quelle sofort zu entnehmen ist, ausschließlich die Erklärung für *ignoratio elenchi* als technischen Ausdruck für **unbewusste** Verknennung des Streitpunktes gegeben. Ich habe selbstverständlich niemals die Absicht gehabt, diesen technischen Ausdruck in beleidigender Deutung zu verwenden.

O. v. Gruber.

Entgegnung an Professor von Gruber.

Von Dr. M. Zeller, Eidg. Techn. Hochschule, Zürich.

In Heft 1/1955 dieser Zeitschrift hat Prof. v. Gruber Behauptungen aufgestellt, die — „um Mißverständnissen vorzubeugen“ — richtiggestellt werden müssen.

Die persönlichen Angriffe des Herrn v. Gruber sind in einer mündlichen Auseinandersetzung mit ihm in der Sitzung der Schweiz. Gesellschaft für Photogrammetrie vom 6. Mai und in einer daran anschließenden Besprechung erledigt worden, sodaß ich diesbezüglich auf die vorstehende Erklärung des Herrn v. Gruber verweisen kann.

I.

Den Ausdruck „Folgebildanschluß“ in Nr. 6/7 1952 der „Schweiz. Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik“ habe ich als Sammelbegriff angewendet. Im übrigen scheint mir der meinerseits gebrauchte Ausdruck „Schwesterplattenpaare“ oder auch Schwesterbildpaare (bei Verwendung von Filmen) bei der Doppel- oder Dreifachkammer bedeutend charakteristischer als „Teilbilder“.

Im Gegensatz zu der Behauptung v. Grubers auf Seite 54 habe ich das Wort „Folgebildanschluß“ für die Berechnung der Einstelldaten der Schwesterplattenpaare gar nicht angewendet. Diese Orientierung der Schwesterplattenpaare möchte ich aber auch nicht, wie v. Gruber es tut, mit „Teilbildanschluß“ bezeichnen.

Die Anwendung von Mehrfachkammern bei der „Methode der unabhängigen Bildpaare“ ist in der Literatur in der von mir vorgeschlagenen Weise bisher nicht erörtert worden. Es sei aber zugegeben, daß der Ausdruck „Folgebildanschluß“ in diesem Falle nicht am Platze ist, doch möchte ich ebenso entschieden den Vorschlag v. Grubers ablehnen, da es sich nicht um Teilbilder, sondern um Bildpaare handelt, die ich zur Charakterisierung mit dem Namen Schwesterplattenpaare (oder Schwesterbildpaare) bezeichnet habe.

³ 100 Fmk = RM. 6.30.

Irgendeinen Vergleich mit den Methoden am Stereoplanigraphen, die v. Gruber erwähnt, habe ich nicht angestellt. Es war dies auch nicht beabsichtigt. Jedenfalls ist aber nach der Mitteilung v. Grubers in Heft 4/1951 und nach seiner ausdrücklichen Bestätigung in Heft 1/1955 Seite 35 die „Zeiss-Aerotopograph-Zweifach-Reihen-kammer“ nicht in der Weise angewendet worden, wie ich es für die Doppel- oder Dreifach-kammer Wild bei Schrägaufnahmen vorgeschlagen habe.

v. Grubers Fußnote 4 auf Seite 35 bezüglich eines Gasserschen D. R. P. könnte den Eindruck erwecken, als ob ich mich für Abb. 5 auf Seite 144 meiner Ausführungen jener Gasserschen Patentzeichnung bedient hätte. Um Mißverständnissen vorzubeugen, die v. Gruber durch seine Fußnote aufkommen läßt, möchte ich betonen, daß ich die angezogene Patentschrift Gassers nicht kenne, und daß der betreffende Flugplan von mir persönlich entworfen wurde. Irgendwelche Priorität beanspruche ich jedoch nicht.

Mein Hinweis auf die Erfahrungen der Arktisexpedition bezieht sich lediglich auf die auswertbare Maximaldistanz von rund 50 km. Um Mißverständnissen vorzubeugen, ist es notwendig, nicht nur nackte Zahlen zu interpretieren, sondern die in meinem Aufsatz nicht weiter ausgeführten Möglichkeiten ebenfalls zu beachten. Herrn v. Gruber ist es aber entgangen, daß die auf Seite 146 dargelegte Disposition nur für die entferntesten Gebiete gilt und daß zur Aufnahme nähergelegenen Geländes selbstredend der Fortschritt von etwa 20 km entsprechend reduziert werden muß. Der durch v. Gruber in seiner Fußnote 5 auf Seite 35 gesuchte Grund meiner für ihn unverständlichen Disposition ist also unrichtig.

II.

Wie aus dem Wortlaut meiner Ausführungen „Untersuchung der Richtungsfehler am Wild-Autographen“ in Heft 4/1952 dieser Zeitschrift hervorgeht, handelte es sich bei meinen Versuchen in erster Linie um terrestrische Photogrammetrie. (Der betr. Passus lautet: „... um damit zugleich den Genauigkeitsgrad der Justierung von Phototheodolit und Autograph zu prüfen...“) Luftauswertungen sind jedoch da erwähnt, wo auf die praktischen Erfahrungen hingewiesen wurde, welche die Untersuchungsergebnisse bestätigen. Seit 1928 werden an verschiedenen Wild-Autographen Luftaufnahmen für die Schweiz Grundbuchvermessung ausgewertet, die bereits eine Fläche von etwa 40 000 ha pro Jahr erreichen. (Außerdem werden jährlich in der Schweiz etwa 100 000 bis 120 000 ha terrestrische Aufnahmen an Wild-Geräten bearbeitet.)

Herr v. Gruber nennt meinen Hinweis auf Luftaufnahmen „falsche Verallgemeinerung“ und sucht eine Reihe Gründe, mit welchen er die Gültigkeit meiner Resultate für Luftauswertungen bestreiten will.

Um Mißverständnissen vorzubeugen, muß festgestellt werden, daß Herr v. Gruber mit der Konstruktion des Wild-Autographen nicht genügend vertraut ist. Abgesehen von den bisherigen guten Erfahrungen bezüglich der Genauigkeit luftphotogrammetrischer Auswertungen läßt die Konstruktion des Wild-Autographen erkennen, daß ergänzende Untersuchungen im Sinne v. Grubers keine größeren Fehler ergeben werden.

Daß v. Grubers Einwände auf unrichtigen Voraussetzungen beruhen, geht u. a. aus seiner ganz falschen Ansicht hervor, daß bei Aenderung der Okulardistanz beim Wild-Autographen „die Ziellinie des Beobachtungsfernrohres weit aus der Mitte der Austrittspupille des Auswertobjektives abgelenkt wird“. — Eine Ablenkung der Ziellinie tritt in diesem Falle überhaupt nicht ein.

Ebenso war, entsprechend der Konstruktion des Autographen, in meinen Untersuchungen die Einstellung von Differenzkippung nicht notwendig, da der Einfluß einer solchen Einstellung effektiv in der vertikalen Lenkerbewegung von $\pm 17^\circ$ mit berücksichtigt ist. Kleine, aber konstante seitliche Abweichungen der Ziellinie bei maximal einstellbarer Differenzkippung von $\pm 8^\circ$, die bei anormaler Brennweite als Richtungsfehler auftreten können, sind so gering (von der Größenordnung der tolerierten Abweichung des Hauptpunktes von seiner theoretischen Lage, d. i. ca. 50–100 μ), daß sie praktisch ohne jeden Einfluß bleiben. Vertikale Abweichungen der Ziellinie aus der Pupille des Kammerobjektives bewirken eine konstante und daher unschädliche Winkelabweichung, die höchstens vielleicht die Hälfte der tolerierten Differenz von ca. $\pm 3^\circ$ zwischen der Richtung der Ziellinie und der Kippung der Korrekturvorrichtung erreichen kann.

Einfache Ueberlegungen zeigen ferner und entsprechende Untersuchungen bestätigen, daß Abweichungen der Bildweite von der Brennweite bei Einstellung von Konvergenz wohl eine kleine, für alle Richtungen aber konstante Richtungs-differenz ergeben können, die weder bei der gegenseitigen und absoluten Orientierung von Luftaufnahmen, noch bei deren Aus-

wertung fehlerhaft wirkt¹. (Auch diese kleinen und konstanten Richtungs-differenzen werden, wie bei Differenzkipfung, verursacht durch geringe Abweichungen der Ziellinie aus der Pupille des Auswertobjektives.)

Die durch die Konstruktion bedingte, mit zunehmenden x -Werten wachsende Ablenkung der Ziellinie des Beobachtungsfernrohres aus der Mitte der Austrittspupille, die allein eine Verfälschung der Richtungen bewirken kann, ist übrigens bei den meinerseits mit ziemlich anormaler Bildweite durchgeführten Versuchen voll und ganz berücksichtigt.

Die kritische Betrachtung, die v. Gruber meinen Untersuchungen widmet, ist ferner geeignet, die Meinung aufkommen zu lassen, daß in bezug auf Brennweite doch noch relativ günstige Verhältnisse vorgelegen hätten. Ich muß dies verneinen, und zwar aus folgenden Gründen:

Eine Zusammenstellung der Fa. Wild für die Objektive der seit 1928 konstruierten 42 Fliiegerkammern und 20 Phototheodolite sowie für 38 Autographenobjektive zeigt, daß die größten Abweichungen vom Mittelwert der Brennweite (= 164,65 mm) 0,97 mm und 1,09 mm betragen, d. h. 0,59 bis 0,66 Prozent der Brennweite. 75 Prozent aller Objektive haben eine kleinere Abweichung als 0,4 Prozent der Brennweite.

Die Geräte der Eid. Techn. Hochschule weisen folgende Brennweiten auf:

Phototheodolit Nr. 104		164,48 mm	$df=0,41\%$ von f	} des Autogr. Nr. 20
„ Nr. 105		164,85 mm	$df=0,63\%$ von f	
„ Nr. 109		164,42 mm	$df=0,57\%$ von f	
Autograph Nr. 20	Kammer L	163,82 mm	} Mittel: 163,81 mm	
„ Nr. 20	„ R	163,80 mm		

Zu diesen Angaben ist zu bemerken, daß für die Aufnahmegeräte Objektive ausgesucht werden, die denjenigen der Autographen, an welchen die betreffenden Aufnahmen zur Auswertung kommen sollen, in bezug auf Brennweite möglichst ähnlich sind. — Von den Phototheodoliten der E. T. H. weisen Nr. 104 und 105 eine Abweichung der Objektivbrennweite von mehr als 0,4 Prozent gegenüber den Autographenobjektiven auf. Mit Rücksicht auf die erwähnte Auswahl muß dies als ziemlich anormal bezeichnet werden, sodaß meine diesbezügliche Angabe für die Verhältnisse beim Wild-Autographen durchaus zutreffend war.

v. Grubers Einwände sind demnach auf falschen Voraussetzungen aufgebaut und daher auch nicht maßgebend.

Schließlich sei, um Mißverständnissen vorzubeugen, auch noch die Frage der Auswertung von Filmen kurz gestreift. Eine gleichmäßige Filmschrumpfung, entsprechend etwa 0,5 Prozent der Brennweite, kann bei Wild-Geräten in einfachster Weise berücksichtigt werden. Wenn nämlich die Objektive der Meßkammern, die zur Verwendung von Filmen vorgesehen sind, entsprechend ausgewählt werden, so können die Brennweitenabweichungen auch bei Berücksichtigung der Filmschrumpfung sehr leicht innerhalb 0,5 Prozent der Brennweite gehalten werden, wobei dieselbe Meßkammer aber auch für Platten verwendbar ist.

Mit den vorstehenden Ausführungen dürfte also nachgewiesen sein, daß mein Hinweis auf die Gültigkeit meiner Resultate auch für Luftaufnahmen vollständig berechtigt ist, indem tatsächlich alle praktisch wirksamen Fehlerquellen durch meine Untersuchungen erfaßt worden sind.

Eine weitere theoretische Behandlung meiner unmittelbaren Beobachtungsergebnisse halte ich nicht für zweckmäßig, da hierbei die Konstruktionsbedingungen der verschiedenen Geräte unbedingt mitberücksichtigt werden müßten, wie z. B. das zur Erreichung einer bestimmten Genauigkeit minimal notwendige, aber für verschiedene Geräte ungleiche Verhältnis der Basis zur Flughöhe. — Außer den von mir untersuchten Fehlern instrumenteller Natur erlauben m. E. nur praktische Resultate, bei einwandfreien geodätischen Grundlagen und unter möglichst gleichen Verhältnissen (also gleiche Flughöhe, gleiches Basisverhältnis und gleicher Maßstab der Auswertungen), Schlüsse zu

¹ Die durch Konvergenzeinstellung bedingte, etwas veränderte Verteilung der systematischen Fehler findet nur in dem Betrage statt, welcher der möglichen Richtungs-differenz von ca. 35–70° entspricht (bei extrem anormaler Bildweite, d. i. $1 \pm ca. 0,7\%$). Sie ist also offensichtlich ohne jede praktische Bedeutung. Der variable Fehleranteil der systematischen Fehler bei Konvergenzeinstellung ist aber gegenüber den vorhandenen mit oder ohne Konvergenz von so kleiner Größenordnung, daß er gar nicht in Erscheinung tritt. Ferner ist noch zu erwähnen, daß die Korrektureinrichtung nur auf ca. $\pm 3'$ genau eingestellt sein muß, sodaß auch bei extremer Bildweitendifferenz eine zusätzliche Einstellung der Korrektureinrichtung absolut unnötig ist.

ziehen auf die Leistungsfähigkeit der verschiedenen photogrammetrischen Aufnahme- und Auswertegeräte.

Mit der Erklärung, daß die Stereoplanigraphen seit 1924 nach der durch v. Gruber genannten Methode untersucht bzw. geprüft würden, ist natürlich gar nichts bewiesen. Da die Fa. Zeiss ebenfalls kippbare Phototheodolite baut, wäre es von wissenschaftlichem Interesse, wenn authentische Zahlen für den Stereoplanigraphen über gleichartige Versuche, wie sie am Photogrammetrischen Institut der Eidg. Techn. Hochschule ausgeführt wurden, veröffentlicht würden. — Der mittlere Fehler des parallaktischen Winkels von nur $10''$ (gleich 0.0026 mm in der Negativebene) beim Wild-Autographen, welcher Fehler bei den relativ kurzen Basen in der terrestrischen Photogrammetrie ebenfalls wichtig ist, dürfte kaum unterboten werden.

Nach dem Wortlaut meiner Abhandlung wurde dieser parallaktische Winkelfehler untersucht, „um auch über die Differenzen der beiden Autographenkammern, namentlich in bezug auf Seitenparallaxe Aufschluß zu erhalten“. Die Absicht war, die Konstanz der Null-Justierung der Seitenparallaxe zu prüfen, nicht aber, den mittleren Fehler einer Seitenparallaxe bei Basiseinstellung zu ermitteln. Diese Untersuchung hat daher mit der Art der Aufnahmen (terrestrisch oder Luft) nichts zu tun. Das Resultat bildet jedoch eine zweckmäßige und gute Grundlage, um die Genauigkeit der Übereinstimmung der beiden Kammern in bezug auf Justierung bei verschiedenen Auswertegeräten miteinander vergleichen zu können. — Eine „falsche Verallgemeinerung“ konnte hier nur durch mißverständliche Auffassung meiner Absicht angenommen werden.

Um Mißverständnissen vorzubeugen, bedarf auch die Fußnote 7 auf Seite 56 der Richtigstellung, in welcher v. Gruber behauptet, daß die Fa. Wild auf Grund der von ihm (v. Gruber!) aufgestellten und 1950 veröffentlichten Konstruktionsbedingungen ihr Autographenmodell im folgenden Jahre umgebaut hätte und daß früher die Differenzkippung „falsch“ konstruiert gewesen sei.

Die frühere Näherungslösung Wilds wurde auf Grund eingehender Versuche an der E. T. H. verlassen, weil diese gezeigt hatten, daß diese Näherungslösung nur für etwa 80 Prozent aller in der Praxis auftretenden Aufnahmefälle in der Luftphotogrammetrie genügte. Die früheren Modelle sind daraufhin umgebaut worden, wobei selbstredend die der vorhandenen allgemeinen Kippung entsprechende einfachste Lösung gewählt worden ist. Es handelte sich also nicht um die Beseitigung eines konstruktiven Fehlers, wie v. Gruber behauptet, sondern um die Vervollkommnung einer genäherten Lösung, wie solche Verbesserungen z. B. auch der Stereoplanigraph C/4 gegenüber den drei früheren verbesserungsbedürftigen Modellen C/1, C/2 und C/3 aufweist.

Mit dieser Entgegnung hoffe ich, die Mißverständnisse beseitigt zu haben, die beim Laien nur Mißtrauen gegenüber den modernen Methoden und Geräten erwecken konnten, und die daher geeignet waren, die Entwicklung und Anwendung der Photogrammetrie zu hemmen.

Erwiderung auf die vorstehende Entgegnung des Herrn Dr. Zeller.

Von O. v. Gruber.

Persönliche Mißverständnisse aus Teil I und II meiner Veröffentlichung sind durch mein Nachwort erledigt. Im folgenden soll daher nurmehr auf die sachliche Seite von Herrn Dr. Zellers Entgegnung eingegangen werden.

In der Diskussion mit Herrn Zeller handelt es sich zunächst und wesentlich um die von mir aufgestellten Thesen zu seinen beiden Veröffentlichungen, während die verschiedenen Rand- und sonstigen Bemerkungen mehr oder weniger Abschweifungen sind.

I.

Hinsichtlich des Streitpunktes I besteht zwischen Herrn Zeller und mir volle Übereinstimmung darüber, daß es sich um drei wohl zu unterscheidende Begriffe handelt, von denen nur einer, nämlich das Hinzuorientieren eines nachfolgenden Bildes oder Bildkoppels, das einem nachfolgenden Standpunkt angehört, als „Folgebildanschluß“ bezeichnet werden soll. Darüber, wie die beiden anderen Begriffe zu benennen seien, besteht Meinungsverschiedenheit. Im einen Fall möchte Herr Zeller statt „Teilbildanschluß“ lieber „Orientierung von Schwesterbildern“ sagen, während er für den anderen Begriff selbst noch keine Bezeichnung vorschlägt, aber meine Benennung „Methode der unabhängigen Bildpaare“ oder vielleicht besser in diesem Fall „Bildkoppelpaare“ ablehnt. Vielleicht gelingt es dem Ausschuß für einheitliche Bezeichnungen in der Photogrammetrie, eine passende Benennung zu finden.

Zur Aufklärung eines Mißverständnisses wichtig erscheint mir die Erklärung Herrn Zellers, er habe das Wort „Folgebildanschluß“ für die Orientierung von Schwester-

plattenpaaren nicht angewendet, während der Wortlaut in seiner Arbeit (Schweiz. Z. f. V. u. K. 1952, S. 121, Z. 5—1 v. unten), wo er vom „sogenannten Folgebildanschluß quer zur Flugrichtung“ spricht, von mir und anderen gerade umgekehrt aufgefaßt worden war.

Zu meiner Kritik an Herrn Zellers Disposition für Schrägaufnahmen mit der Wild-Zweifachkammer seien Herrn Zellers eigene Worte aus der Schweiz. Z. f. V. u. K. 1952, S. 146 wiederholt: „Nehmen wir für Forschungszwecke die vorhergenannte Maximalentfernung von 50 km an, so beträgt die Basislänge etwa 6,5 km und der Fortschritt etwa 20 km. Letzterer ergibt pro Doppelplattenpaar eine Fläche von rund 600 qkm.“ Es schien mir hier das Mißverständnis möglich, als könnte unter Verwendung der Wild-Zweifachkammer „für Forschungszwecke“ ganz allgemein im Durchschnitt pro Doppelplattenpaar ein „Fortschritt von etwa 20 km“ mit „einer Fläche von 600 qkm“ erzielt werden.

Herrn Dr. Zellers Entgegnung zeigt in dankenswerter Weise, daß eine solche Auffassung mißverständlich wäre. Es wird also auch bei Verwendung einer Wild-Zweifachkammer der pro Doppelplattenpaar erreichbare Fortschritt und die damit erzielbare Fläche sich nach der zu erfassenden Minimalentfernung richten müssen. Legt man z. B. die gleichen Verhältnisse zugrunde wie bei der Arktisfahrt des Zeppelin, d. i. eine Flughöhe von 1000 bis 1200 m unter gleichzeitigem Einbau einer Panoramakammer für Senkrechtaufnahmen, so ergibt sich eine zu erfassende Minimalentfernung von etwa 2 km. Pro Doppelplattenpaar würde dann aber statt etwa 20 km ein Fortschritt von nur etwa 1—2 km erzielt werden können.

II.

Die These zu Streitpunkt II ging dahin, die von Herrn Zeller aus Richtungsuntersuchungen erhaltenen Resultate und die daraus gezogenen Schlüsse haben zunächst nur für terrestrische Aufnahmen Gültigkeit, dürfen aber nicht ohne weiteres für Luftaufnahmen verallgemeinert werden.

Zur Aufklärung von Mißverständnissen erscheinen mir aus Herrn Zellers Entgegnung vor allem zwei Mitteilungen wichtig: 1. Seine Mitteilung über die Brennweiten von Wild-Objektiven und die Angaben, in welcher Weise eine Filmschrumpfung gegebenenfalls unschädlich gemacht werden kann. 2. Seine Erklärung, daß die Untersuchung des Parallaxfehlers am Wild-Autographen mit der Genauigkeit der Messung parallaktischer Winkel, die von Null verschieden sind, weder für Aero- noch für Geo-Aufnahmen etwas zu tun hat.

Die erste Erklärung gibt nämlich die Bedingungen, unter denen die Untersuchungsergebnisse, die Herr Zeller hinsichtlich Richtungsmessungen aus einer terrestrischen Aufnahme gewonnen hatte, praktisch vielleicht auch für Luftaufnahmen gelten können, während die zweite Erklärung eine Anwendung der Ergebnisse für die Genauigkeit der Messung parallaktischer Nullwinkel, nicht „des parallaktischen Winkels“ schlechthin, auf Luftaufnahmen ausschließt, aber auch den nur bedingten Wert dieser Untersuchung für terrestrische Aufnahmen zeigt.

Als Bedingung dafür, daß die Ergebnisse von Herrn Zellers Richtungsuntersuchungen allgemeine Gültigkeit beanspruchen können, ergibt sich aus Herrn Zellers Ausführungen zunächst die Forderung, daß für die Wild-Apparatur zu den Aufnahmeobjektiven die Auswertobjektive jeweils sorgfältig ausgesucht werden, und daß bei Vorhandensein verschiedener Aufnahme- und Auswertapparaturen stets Sorge getragen wird dafür, daß Aufnahmen mit einer bestimmten Kammer nur mit den dazu passenden Auswertobjektiven ausgewertet werden. Hinsichtlich von Filmkammern kommt die weitere Forderung hinzu, daß die Bildweite der Aufnahmekammer entsprechend der Filmschrumpfung stets größer sein soll als die Brennweite der dazugehörigen Auswertobjektive. Wie groß die Differenz zwischen Aufnahmebildweite und Auswertbrennweite zur Erzielung einer bestimmten Genauigkeit sein darf, ist leider weder aus Herrn Zellers Artikel noch aus einer Entgegnung ersichtlich. Schon in dieser Beziehung scheinen also ergänzende Untersuchungen notwendig, zumal ja Herr Zeller hinsichtlich der X-Bewegung auf das Auftreten systematischer Fehler hinweist, diese systematischen Fehler zwar aus der mitgeteilten Zahlentabelle erkennbar sind, aber in dem als arithmetisches Mittel gebildeten Resultat nicht deutlich in Erscheinung treten.

Als Entgegnung auf meinen Einwand, es seien bei seinen Versuchen nicht „alle Jenkbaren Fehlerquellen“ erfaßt worden, weist Herr Zeller darauf hin, daß ich mich hinsichtlich einer der drei von mir aufgeführten Fehlerquellen geirrt habe. Er hat darin recht. — Hinsichtlich der beiden anderen Fehlerquellen sagt Herr Zeller aber, daß eine Ablenkung der Ziellinie aus der Pupillenmitte infolge von Konvergenzeinstellung oder von Differenzkipfung nur einen konstanten und deshalb praktisch unwirksamen Fehler bedeutet. Hinsichtlich der Differenzkipfung ist Herr Zeller außerdem der Ansicht, daß ihr Einfluß durch die Vertikalbewegungen des Lenkers mitberücksichtigt sei.

Demgegenüber ist festzustellen, daß die von mir genannten Fehlereinflüsse auf Grund weiterer Untersuchungen vielleicht vernachlässigt werden könnten, daß sie jedoch tatsächlich nicht nur denkbar, sondern durch die veröffentlichte Untersuchung auch noch nicht erfaßt sind. Hier erscheint mir eine ergänzende Untersuchung notwendig.

Die von mir gewünschten Untersuchungen mögen vielleicht nur theoretisches Interesse haben, und ich stimme Herrn Zeller gern zu, wenn er sagt, daß nur praktische Resultate als Vergleich für die Leistungsfähigkeit verschiedener Instrumente maßgebend sein sollen. Derartige praktische Resultate sind jedoch bis jetzt noch nicht veröffentlicht worden.

Hinsichtlich der praktischen Erfahrungen der Schweizerischen Grundbuchvermessung, auf die sich Herr Zeller beruft, liegen die Verhältnisse leider so, daß mit dem Wild-Autographen nach Herrn Zellers Angabe zwar seit 1928 Luftaufnahmen ausgewertet werden und Herr Zeller auch Angaben machen kann über die Fläche, die in den letzten Jahren mit Wild-Autographen aus Luftaufnahmen bearbeitet wurde, daß dagegen über die dabei erreichte Genauigkeit noch im Herbst 1951 (Schw. Z. f. V. u. K. S. 206) Herr Sturzenegger, der Verifikator für Uebersichtspläne der Schweizer Grundbuchvermessung, keinerlei Prüfungsergebnisse veröffentlichten konnte und auch bis heute keine Verifikationsergebnisse veröffentlicht vorliegen, wie ja auch Herr Zeller hierüber keine näheren Angaben macht. Umgekehrt wurden hinsichtlich der Auswertung von Luftaufnahmen durch den Zeiss-Stereoplanigraphen von Herrn Sturzenegger bereits 1951 eingehende Prüfungsergebnisse veröffentlicht. Es ist daher dringend erwünscht, daß auch für die Wild-Apparatur Verifikationsergebnisse von Luftaufnahmen möglichst bald veröffentlicht werden möchten. Die von Herrn Zeller angezogenen praktischen Erfahrungen der Eidgenössischen Grundbuchvermessung können also zur Zeit noch nicht als Beweis dafür gelten, daß die für terrestrische Aufnahmen gültigen Untersuchungen ohne weiteres auf Luftaufnahmen verallgemeinert werden dürfen, es sei denn, daß Herr Zeller an Erfahrungen denkt, die nicht veröffentlicht und mir nicht bekannt sind.

Herrn Zellers Erklärung über die Bedeutung des von ihm bestimmten mittleren Fehlers des parallaktischen Nullwinkels ist deshalb wertvoll und dankenswert, weil dadurch das Mißverständnis vermieden wird, als handle es sich um den mittleren Fehler der Messung eines parallaktischen Winkels schlechthin. So wie Herr Zeller seine Untersuchungen für den parallaktischen Nullwinkel angeordnet hat, werden ja in beiden Kammern nur identische Gitterpunkte verglichen, wobei die Lenker und sonstigen Mechanismen jeweils paarweise in genau gleicher Weise beansprucht werden. Fehler der Mechanismen oder Differenzen der Optik erscheinen also nur als Differenzfehler. Bei von Null verschiedenen parallaktischen Winkeln, insbesondere bei Luftaufnahmen, bei denen ja infolge der großen parallaktischen Winkel die Mechanismen vielfach entgegengesetzt beansprucht werden, treten dagegen die für die Messung wirksamen Fehler (Schlottern, Kleben, Verbiegungen usw.) erst eigentlich in Erscheinung. Der von Herrn Zeller angegebene mittlere Parallaxfehler von 10^{cc} , der nur für Nullparallaxen gilt, hat daher schon aus diesem Grunde keine weitergehende praktische Bedeutung.

Dazu kommt, daß bei Luftaufnahmen vielfach die parallaktischen Winkel aus Strahlen gebildet werden, von denen der eine einem der Bildmitte näheren Punkt entspricht als der andere (z. B. bei Nadirreihen). Die den verschiedenen Punktlagen entsprechenden verschiedenen systematischen Fehler bewirken aber dann, daß dem Autographen als solchem wesentlich größere Parallaxfehler anhaften als der von Herrn Zeller für den Parallaxwinkel Null bestimmte, vielleicht in der Größenordnung von 100^{cc} oder auch mehr.

Resultate praktischer Versuche werden auch hierüber Klarheit schaffen können, und um so mehr muß infolgedessen der Wunsch betont werden, die Eidgenössische Grundbuchvermessung möge doch Prüfungsergebnisse der Verifikation von Luftaufnahmen nicht nur für den Zeiss-Stereoplanigraphen, sondern insbesondere auch für den Wild-Autographen veröffentlichen.

Gegenüber diesen Klarstellungen über die wesentlichen Streitpunkte erscheint es nebensächlich, ob man die Konstruktion der Firma Wild für Differenzkipfung als „falsch“ oder nur als „vervollkommnungsbedürftige Näherungslösung“ bezeichnen will. Der Widerspruch, der zwischen den Angaben der Firma Wild in Prospekten oder in sonstigen Veröffentlichungen über die Leistungsfähigkeit dieser Einrichtung gegenüber den tatsächlich praktisch möglichen Leistungen bis 1951 bestand, wird dadurch nicht beseitigt.

„Um Mißverständnissen vorzubeugen.“

III. (Schluß.)

In letzter Zeit wurde von der Firma H. Wild, Heerbrugg, eine von Herrn E. Berchtold verfaßte Entgegnung verbreitet gegen den 1952 in B. u. L. erschienenen Artikel von Prof. W. Schermerhorn „Versuche zur Anfertigung von Katasterkarten im Maßstab 1:1000...“.

Diese Entgegnung enthält eine Reihe von irrtümlichen und mißverständlichen Behauptungen. Einzelne davon seien im folgenden richtiggestellt und zwar ohne weiteren Kommentar, nachdem inzwischen von Vertretern der Firmen H. Wild und C. Zeiss vereinbart worden ist, daß in Zukunft jeder Artikel, der ein von der anderen Firma erzeugtes Gerät berührt, vor Drucklegung gegenseitig vorgelegt wird, damit ähnliche Irrtümer und Mißverständnisse nicht erst verbreitet werden.

Herr Berchtold schrieb:

„Alle Benützer des Wild-Autographen rühmen das große Gesichtsfeld und die helle, klare Abbildung im Beobachtungsfernrohr, und niemand hätte bis heute dem optischen System irgendeines anderen Auswertegerätes den Vorzug gegeben. Hingegen ist der umgekehrte Fall eingetreten, daß Benützer des Planigraphen trotz der Beobachtung in Kernebenen (1) nach Bedienung des Wild-Autographen nicht mehr zu dem die Augen allzusehr beanspruchenden Stereoplanigraphen zurückkehren wollten (2). Seither ist allerdings die optische Einrichtung des Planigraphen verbessert worden (3). Entgegen allen bisherigen, nur theoretisch begründeten Vorzügen der Beobachtung in Kernebenen ergibt die praktische Erfahrung eindeutig (4), daß diese Bedingung nicht erfüllt sein muß.

Interessanterweise besorgt der Verfasser das Umzeichnen entzerrter Fliegerbilder unter Benützung eines gewöhnlichen Spiegelstereoskopes, das die beiden Bilder sicher nicht (5) in Kernebenen wiedergibt.“

Hinsichtlich der Orientierung des von zwei Aufnahmen gebildeten Raummodelles in bezug auf den Horizont als Ganzes durch Drehung um zwei Achsen ohne Zerstörung der vorher ausgeführten gegenseitigen Orientierung bei Zeiss-Stereoplanigraph und Wild-Autograph „sei festgestellt, daß die Priorität dieser Einrichtung dem Wild-Autographen (6) zukommt. Sie wurde im Jahre 1927 eingeführt und seither stets beibehalten. Der unbestreitbare Vorteil dieser Einrichtung, besonders bezüglich der Einfachheit und Raschheit für die äußere Orientierung des Raummodelles, hat die Firma Zeiss veranlaßt, den Planigraphen entsprechend umzubauen. Erst das Modell 1950 des Stereoplanigraphen weist diese vorher nur dem Wild-Autographen eigene (7) Umgestaltung auf“.

Richtig ist dagegen:

Zu (1): Die Modelle C/1 bis C/5 des Stereoplanigraphen waren nicht für automatische Beobachtung in Kernebenen eingerichtet.

Zu (2): Ausschließlich über das älteste Modell C/1 sind hinsichtlich der optischen Leistung Klagen geführt worden, wie aus B. u. L. 1950 S. 137 hervorgeht. Eine Äußerung, wie sie (1) unterstellt, ist an keiner Stelle gefallen.

Zu (3): Die wichtigste Verbesserung, die an Modell 1950 eingeführt wurde, ist gerade die vorher fehlende automatische Beobachtung in Kernebenen.

Zu (4): Gerade aus der praktischen Erfahrung heraus haben wegen der fehlenden automatischen Beobachtung in Kernebenen sowohl das Kgl. Ungarische Kartographische Institut wie auch die Photogrammetrie G. m. b. H. München, an ihren Stereoplanigraphen Modell C/1 Einrichtungen nachträglich angebracht, um die Amici-Prismen von Hand zusätzlich leicht so steuern zu können, daß Beobachtung in Kernebenen erfolgt.

Zu (5): Entzerrte Flugaufnahmen stellen den Normalfall der Stereophotogrammetrie dar. Jedes Stereoskop erlaubt daher, die Bilder in Kernebenen zu betrachten.

Zu (6): Die Orientierung durch gemeinsame Kippung um zwei Achsen ist erstmalig enthalten in dem D. R. P. 549 552 der Firma Carl Zeiss vom 30. Januar 1919. Dieses Patent betrifft eine Erfindung von C. Pulfrich. Es ist aber Herr Wild als damaligem Mitarbeiter der Firma Carl Zeiss bekannt geworden. Die Priorität der Erfindung kommt also der Firma Carl Zeiss zu, nicht Herrn Wild.

Zu (7): Die Orientierungsmöglichkeit durch gemeinsame Kippung um zwei Achsen ist außer in dem erwähnten Patent der Firma Carl Zeiss enthalten in den Patenten von Boykow D. R. P. 418 050 vom 8. Oktober 1919 und D. R. P. 584 520 vom 21. Dezember 1921. Während die Firma Wild erst seit 1927 von dieser Einrichtung Gebrauch macht, wurde sie nicht nur 1919 von C. Pulfrich bei dessen Planigraphenmodell verwandt, sondern auch von Boykow an dessen Triangulator 1926 öffentlich gezeigt.

Endlich schrieb Herr Berchtold in seiner Entgegnung gegen den Artikel von W. Schermerhorn mit Bezug auf die Vergleichstabelle B. u. L. 1952 S. 96, „daß beim Planigraphen und nur dort die Fehler der Einpassung und Punktauftragung in den gegebenen Zahlen nicht mehr enthalten sind“.

Richtig ist dagegen:

Die für den Stereoplanigraphen angegebenen Zahlen sind selbstverständlich aus den mittleren Fehlern m_x und m_v berechnet, in denen alle Fehler, auch die der Einpassung und Punktauftragung, enthalten sind.

Zum Schluß dieser Artikelreihe, die sich mit vielen Irrtümern und Mißverständnissen befassen mußte, darf vielleicht der Wunsch ausgesprochen werden, um Mißverständnissen vorzubeugen, möchte in Veröffentlichungen, abgesehen von dem Streben, logische Fehler zu vermeiden, versucht werden, daß Äußerungen jeweils so einzuschränken sind, daß nicht infolge irriger Auffassung der Anschein entstehen könnte, als ob mehr behauptet werden sollte, als der Autor nach bestem Wissen sagen kann und will.

O. v. Gruber.

Kleine Mitteilungen**Luftbildmessung in Griechenland.**

Mit zwei Aerokartographen der Firma Zeiss-Aerotopograph werden in Griechenland zur Zeit umfangreiche Auswertungen von Luftbildaufnahmen durchgeführt, vor allem in den Maßstäben 1:2000, 1:10 000 und 1:20 000. Dabei wird auch in weitem Maße zur Einsparung von geodätischen Festpunktmessungen von der Aerotriangulation Gebrauch gemacht, und zwar mit recht gutem Ergebnis. Es sind darüber in der nächsten Zeit eingehendere Veröffentlichungen auch über Genauigkeitsfragen und über Wirtschaftlichkeit zu erwarten.

Hilfsgeräte zu Mehrfachkammern.

Zu ihren Mehrfachaufnahmekammern hat die Firma Zeiss-Aerotopograph als Zubehör Sondergeräte, Koppeltransformer, ausgebildet, mit welchen die konvergenten Einzelbilder eines Bildkoppels unter gleichzeitiger Verkleinerung zu einer Aufnahme einheitlicher Perspektive in einfacher Weise umgebildet werden können. Abb. 1 zeigt den ZA.-Koppeltransformer zur Vierfachkammer. In das gegenüber der optischen Achse um den Konvergenzwinkel der Einzelaufnahmen gegen die Symmetrieachse des Koppels geneigte drehbare Gehäuse (auf der Abbildung links) wird die photographische Platte bzw. Film oder Photopapier eingelegt. Die umzubildenden Originalaufnahmen eines Koppels werden

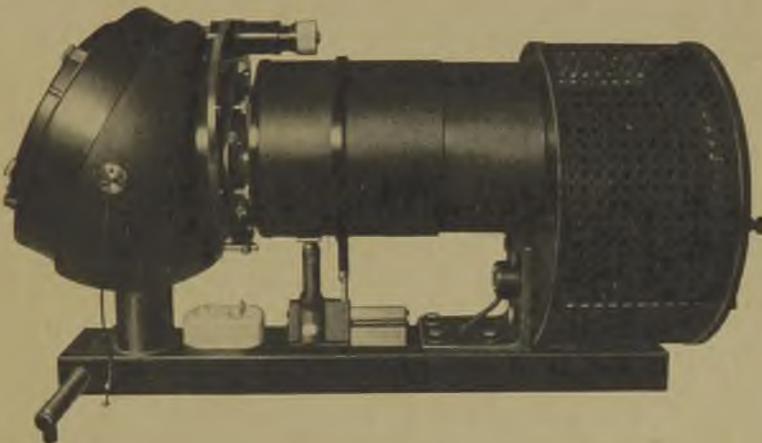


Abb. 1. ZA-Koppeltransformer zur Vierfachkammer.

in entsprechend ausgebildete Bildträgerrahmen eingelegt und mit diesen nacheinander an dem zum Ausgleich der Filmschrumpfung verstellbaren Rahmenhalter befestigt. Die Beleuchtung erfolgt über einen Kondensator durch eine Projektionsglühlampe, die in einem lichtdichten Lampengehäuse untergebracht ist. Durch Betätigen eines Zentralverschlusses wird nacheinander jede der vier Einzelaufnahmen belichtet, wobei jeweils mit dem Anlegen eines neuen Bildträgerrahmens das Plattengehäuse um $\frac{1}{4}$ Drehung weitergedreht wird. Beim Koppeltransformer zur Zweifachkammer wird das Plattengehäuse um 180° gedreht.

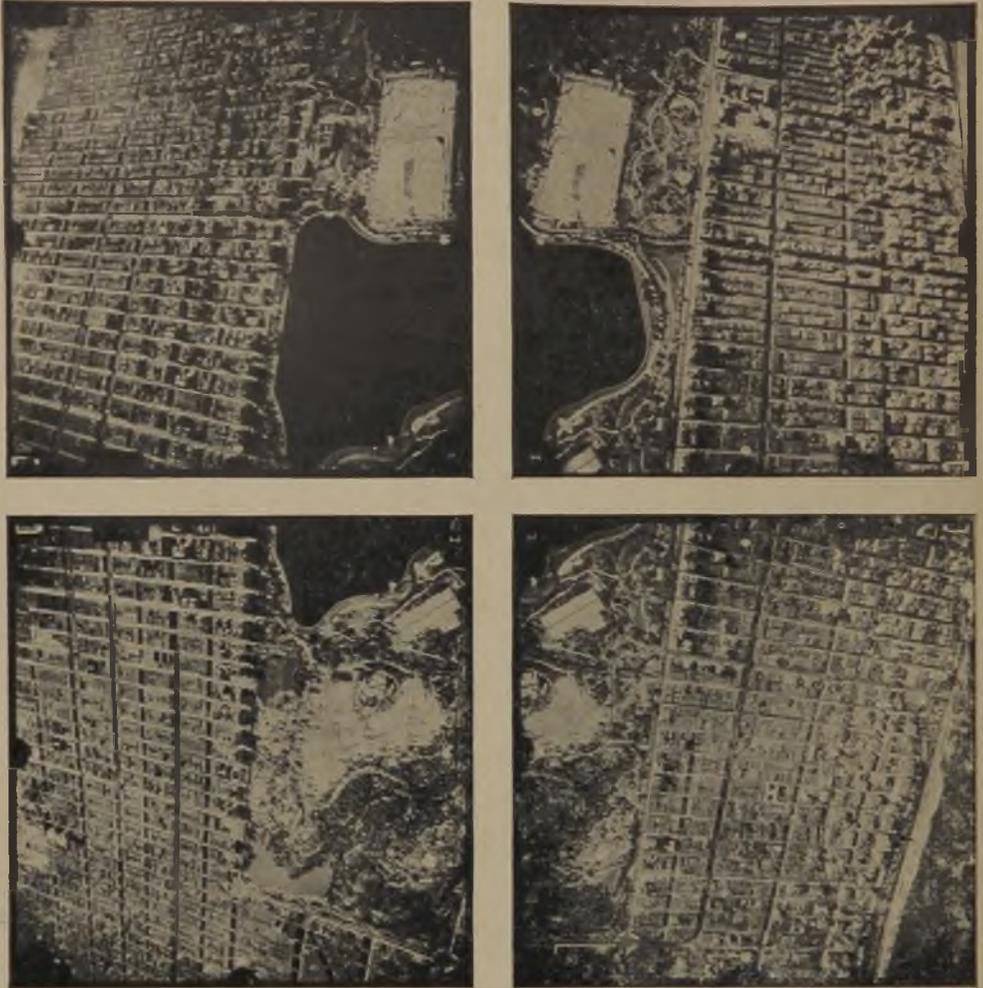


Abb. 2. Die vier Teilbilder eines Aufnahmekoppels der Vierfachkammer ($\frac{1}{6}$ natürliche Größe).

Die Einzelbilder einer Vierfachkammeraufnahme haben quadratisches Format 12 : 12 cm und überdecken sich streifenweise längs der Innenkanten. Abb. 2 zeigt die Einzelbilder einer Vierfachkammeraufnahme nebeneinander gelegt. Abb. 3 ist das Ergebnis der im Koppeltransformer vorgenommenen Umbildung dieser Einzelbilder. Diese Umbildung stellt eine Weitwinkelaufnahme mit einem mittleren Oeffnungswinkel von 84° dar. Die abgebildete Aufnahme wurde über New York aus etwa 2500 m Höhe gewonnen.

Die Verkleinerung im Koppeltransformer auf etwa die Hälfte des Aufnahmemaßstabs beim Vierbildtransformer erfolgt, damit man die umgebildeten Aufnahmekoppel in dem normalen Format 18 : 18 cm unmittelbar weiterverwenden kann, etwa im Radialkomparator oder nach entsprechender Entzerrung im Stereoplanigraph oder Aerokartograph. Wo ein Stereoplanigraph zur Verfügung steht, wird man allerdings vorziehen, zur stereoskopischen Auswertung unmittelbar die Originalteilbilder zu verwenden, die, in geeignete Sonderbildträger eingelegt, ohne weiteres ausgewertet werden können. Für Radialtriangulation und gegebenenfalls zur Unterstützung der Feldmeßtrupps sind aber die im Koppeltransformer umgebildeten Koppel in jedem Fall eine sehr wertvolle Ergänzung.

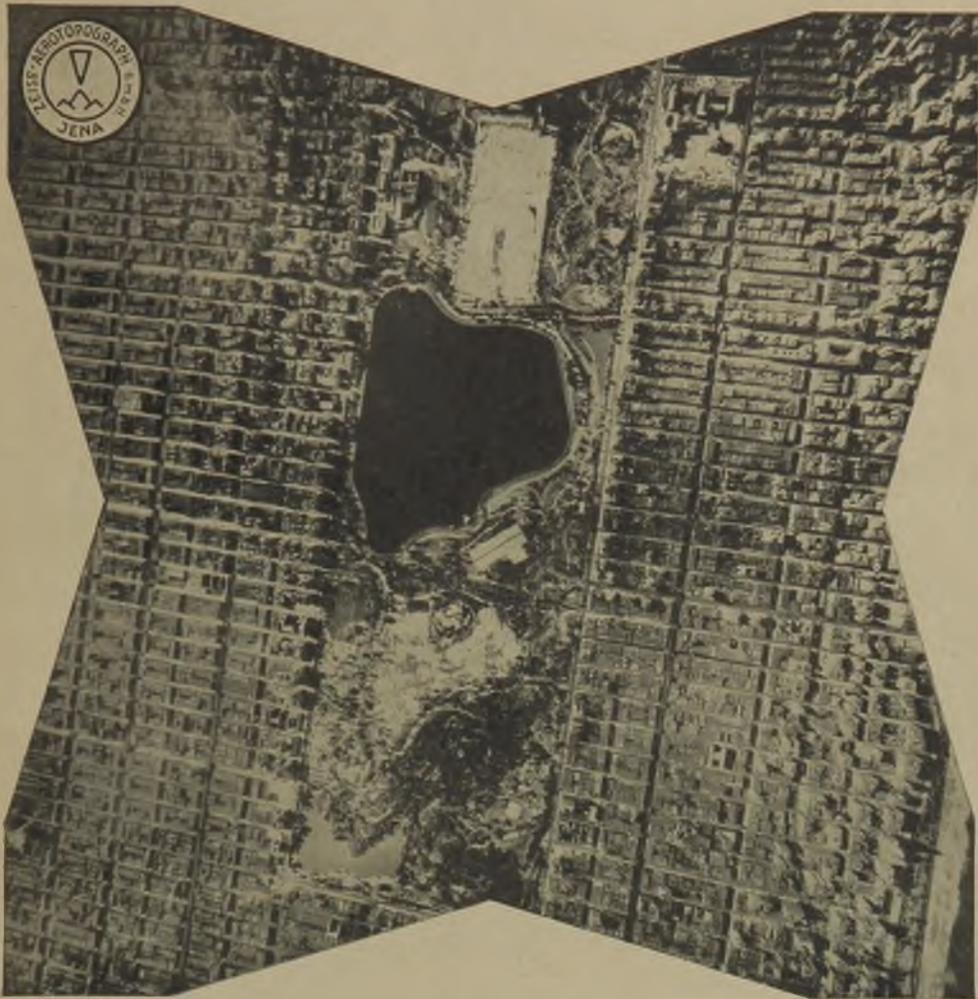


Abb. 3. Mit dem Koppeltransformer von dem Koppel Abb. 2 erzielte Umbildung in Originalgröße, unretuschiert.

Photogrammter mit Rollfilmkassette.

Es ist immer als Nachteil empfunden worden, daß bei photogrammetrischen Arbeiten die notwendigen photographischen Platten mit den zugehörigen Kassetten nicht nur viel Platz beanspruchen, sondern vor allem auch das Gewicht der Ausrüstung recht beträchtlich erhöhen und überdies wegen ihrer Zerbrechlichkeit immer ein Transportrisiko darstellen. Ganz besonders fallen diese Nachteile ins Gewicht bei Forschungsreisen in abgelegene und schwer zugängliche Gebiete, wobei immer die Forderung größtmöglicher Gewichtsparsnis bei kleinstem Platzbedarf auftritt. Die angestrebte Verwendung von Film verbot sich aus Genauigkeitsgründen, solange das Filmmaterial bei der photographischen Verarbeitung ungleichmäßigen Schrumpfungen unterworfen war, die Verzerrungen der Photogramme verursachten und eine genaue Auswertung unmöglich machten. Mit der in den letzten Jahren gelungenen Schaffung des Fliegervermessungsfilms, der nur eine gleichmäßige Schrumpfung durchmacht, sind diese Schwierigkeiten beseitigt, denn der Einfluß der Schrumpfung ist dann, wenn es sich um gleichmäßige Schrumpfung handelt, bei der Auswertung leicht zu berücksichtigen und auszuschalten. Die Firma Zeiss-Aerotopograph G. m. b. H., Jena, liefert daher neuerdings ihr bekanntes

kleines Photogrammometer nach R. Hugershoff auch in einer Ausführung, welche die Verwendung von Film gestattet. Das Instrument wird mit einer Rollfilmkassette geliefert, die Filmspulen für zwölf Aufnahmen aufnimmt. Das Planlegen des Films erfolgt durch Anpressen der Kassette an eine planparallele Glasplatte, welche an Stelle des für Platten üblichen Meßrahmens im Gehäuse der Kammer angebracht ist und die Meßmarken zur Festlegung der Bildvertikalen trägt. Die jeweilige Stellung des in einer Schlittenführung nach oben und unten verschiebbaren Objektivs bzw. die Horizontlage wird



Photogrammometer 9:12 cm
mit Rollfilmkassette,
Zeiss-Aerotopograph G. m. b. H., Jena.

durch optische Meßmarken auf der Aufnahme registriert. Die Rollfilmkassette ist leichter und nimmt weniger Platz ein als zwölf Einzelkassetten für Platten, wozu dann neben der weiteren Gewichtsersparnis durch den Filmvorrat gegenüber Platten noch der Vorteil kommt, daß das Laden und Entladen der Kassette in der üblichen Weise bei Tageslicht vorgenommen werden kann. Die Abbildung zeigt das Instrument mit ange-setzter Rollfilmkassette.

Bücherbesprechung

Ueber die photogrammetrische Ausrüstung des „Graf Zeppelin“ auf der Arktisfahrt 1951, über die Auswertungsmethoden und die bisherigen Ergebnisse aus dem gewonnenen Aufnahmematerial. Von O. v. Gruber. Sonderdruck aus dem Ergänzungsheft Nr. 216 zu Petermanns Mitteilungen: 10 Seiten Text, 2 große Kartenbeilagen, 5 Kartenskizzen, 1 Einbauskizze und 55 Photographien.

Einleitend berichtet Verfasser über die bei der Arktisfahrt 1951 mitgenommenen Aufnahmekammern, wobei er eingehend die Einrichtung der Aschenbrennerschen Panoramakammer und den Einbau der Zeiss-Aerotopograph-Doppelreihenmeßkammer beschreibt. An Hand einer Uebersichtsskizze sind die mit 625 Bildpaaren gedeckten Strecken von im ganzen 1578 km angegeben. Für die Auswertung wurde die Stereoausmessung benutzt. Als vorzügliche Beispiele dafür dienen die beigegebenen Karten im Dreifarbendruck, deren eine einen Teil von Nordland in 1 : 400 000 und deren andere als Ausschnitt hiervon den Matussewitsch-Fjord in 1 : 25 000 zeigt.

Interessant sind die Angaben über die Schwierigkeiten, die sich für die äußere, absolute Orientierung der Bildpaare zeigten, und wie sie überwunden wurden.

Während ein Teil dieser Angaben und einzelne der Bilder schon in anderen Aufsätzen von Prof. v. Gruber (vgl. B. u. L. 4/31 S. 146—154 und 4/32 S. 156—160) zu finden waren, sind die ausführlichen Angaben über die aus dem Bildinhalt festgestellten Erkundungen in geologischer, morphologischer und glazialer Richtung hier erstmalig veröffentlicht. Durch die zahlreichen Hinweise auf die einzelnen Bilder und Karten ermöglicht diese beachtenswerte Arbeit ein eingehendes Studium dieser höchst interessanten Einzelheiten.

Man bekommt einen Einblick, wie gerade auf solchen Erkundungsfahrten, die sonst nur einen flüchtigen Ueberblick ergeben würden, die Meßbildaufnahmen, welche am Auswertegerät das überflogene Gelände am räumlich erscheinenden Bilde eingehend durchforschen lassen, erst zu eingehenden wissenschaftlichen und nachprüfbaren Ergebnissen führen.

O. K.

Cours d'Urbanisme (Lehrgang für Städtebau), *technique des plans d'aménagement de Villes*, von Prof. René Danger, Paris: Verlag: Librairie de l'enseignement technique, Léon Eyrolles, Paris V, 3 rue Thénard; 358 Seiten (16,5 × 25) und 267 Abb.; Preis 90 frz. Fr.

In der Einführung weist der Ehrenpräsident der franz. Ges. f. Städtebau, Risler, auf die Bedeutung des Städtebaues und auf den Verfasser hin, der über 25 Jahre Kurse über dieses Gebiet abhielt und als Spezialist hierfür und als Geodät bekannt ist.

Das Werk selbst gliedert sich in vier Hauptteile: Im ersten gibt Danger nach Hinweis auf das zu behandelnde Gebiet und auf die diesbezügliche französische Gesetzgebung einen Ueberblick über die wichtigsten Unterlagen für solche Planungen. Hier behandelt er auch die Luftbildverwendung. Die Mitarbeit des Landmessers wird sich nicht vermeiden lassen, aber die Verwendung von Fliegerbildern ist auch für den Städtebauer zu empfehlen, da sie einen guten Ueberblick über Art und Zustand der Bebauung und viele wichtige Einzelheiten geben, welche den Strichkarten fehlen.

Der zweite Hauptteil handelt von der Entwicklung und Gestaltung der Städte (Form des Straßennetzes u. dgl.), wie diese ausgehend von der ersten Sefthaftmachung durch politische, kommerzielle, örtliche u. dgl. Verhältnisse bedingt sind.

Die wichtigsten städtischen Probleme füllen etwa 140 Seiten im dritten Hauptteil. Dies sind: 1. Wasserläufe, klimatische Verhältnisse, Geländegestaltung usw.; 2. Zu- und Abnahme der Bevölkerung, Warenaustausch, öffentliche Einrichtungen; 3. Verkehrsverhältnisse; 4. Gesundheitspflege und 5. Schönheit des Städtebildes.

Im vierten Hauptteil spricht Danger von der Herstellung eines Stadtbebauungsplanes. Ausgehend von den vermessungs- und ingenieurtechnischen sowie den architektonischen Grundlagen und den gesetzlichen Bestimmungen für Bauhöhe, Fluchtlinien, Freiflächen u. dgl. werden an den Beispielen von Aleppo und Auxeres die Aufstellung solcher Pläne, die Darstellungsart der Karten und die Gesichtspunkte für die behördliche Genehmigung der Planungen erörtert.

Ein Literaturverzeichnis, eine Zusammenstellung der einschlägigen französischen Gesetze und ein Inhaltsverzeichnis schließen sich an.

An einer großen Zahl sehr wirkungsvoller Bilder — unter denen auch Luftbilder zu finden sind — erläutert, gibt dieses von einem bedeutenden Fachmanne geschriebene Werk einen guten Ueberblick über dies für jeden Städtebauer und Stadtvermessungsbeamten besonders wichtige Gebiet und alle einschlägigen Fragen.

O. K.

Vereinsnachrichten

A. Internationaler Photogrammeter-Kongreß 1934.

Bei einer Sitzung der Geschäftsführung der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie und der anderen maßgebenden Pariser Herren am 28. April 1935 wurde bekanntgegeben, daß der Herr Präsident der französischen Republik, Lebrun, das Präsidium des Ehren-Komitees und Minister Painlevé die Leitung des Protektorats für den Kongreß und die Ausstellung 1934 gütigst angenommen haben.

In Abänderung früherer Absichten (B. u. L. 1932 S. 91, Abs. 4) wird der Kongreß Anfang Dezember 1934, in zeitlicher Verbindung mit der internationalen Luftfahrt-Tagung, stattfinden, wofür die Säle des Grand Palais auf den Champs Elysées zur Verfügung stehen.

In den **Ausstellungsausschuß** wurden gewählt: A. Balleyguier (Comp. aér. frç.). Paris, 4 rue Galilée, Präs.; Duchatellier (Soc. anon. Gallus), Vizepräs.; Mar.-Ing. Cordonnier, Schriftf.; ferner: Barmier (Chambre synd. d. Ind. et d. Com. fotogr.), Jarre (Geom.-Ver.), Lt. Jonicourt (Heer.-Verm.-A.), Luftbild-Ing. Lebelle (Luftf.-Min.), Prof. Lemoine (Konsv. f. Kunst u. Gew.), Chef-Ing. f. Hydrog. Volmat und je ein Vertreter des Handelsministeriums und der Luftfahrt-Industrie.

Der Kongreßausschuß setzt sich zusammen aus: Chef-Ing. Roussilhe, Paris XV, 4 rue de la porte d'Issy (Luftf.-Min.), Präs.; Ing. Lebelte (Luftf.-Min.), Schriftf.; ferner: Clerc (Ztschr. Science et Ind. photograph.), Danger (Journ. d. Géom. exp.), Gen.-Insp. Hubert (Kol.-Min.), Chef-Ing. Labussière (Ecole sup. d'Aéronaut.), Prof. Lemoine (Konsv. f. Kunst u. Gew.), Dir. Moreau (Luftbild-Ges.), Oberst Talon (Stereographik), Chef-Ing. Vingerot und je ein Vertreter des Heeresvermessungsamtes, des Hydrogr. Centr.-Amtes und der Luftfahrt-Industrie.

In die wissenschaftliche Kommission 2 (Luftbildaufnahme) wurden gewählt: Chef-Ing. Labussière, Paris, 52 Boulevard Victor (Präs.), Jarre (Vizepräs.), Badrincourt, Serv. d. Phot. aé. (Schriftf.), Chef-Ing. Frank (Berichterstatter).

Schreiben sind jeweils an die betreffenden Präsidenten zu richten.

Der Kongreß wird voraussichtlich sechs Tage (Montag bis Sonnabend) dauern. Zwei Generalversammlungen, eine Ausstellungs-Eröffnung, drei Besichtigungen techn. Institute, für jede wissenschaftliche Kommission eine besondere Ausstellungsführung und die Kommissionssitzungen sowie drei Exkursionen sind vorgesehen.

B. Frankreich.

Gelegentlich der internationalen Luftfahrt-Tagung (Salon) sprach Dr. Zeller (Zürich) im Pariser Aero-Club am 1. 12. 1952 über „Photogrammetrie“. Einleitend behandelte er die geometrischen Grundlagen der terrestrischen Stereophotogrammetrie und damit in der Schweiz ausgeführte Arbeiten. Dann ging er zur Luftbildverwendung über. Verschiedene französische Aufnahmegeräte, die Wild-Kammer (auch Doppelkammer mit Gummibandaufhängung) und die Aschenbrenner-Geräte zeigte er im Bilde. Anschließend sprach er über Entzerrung und die diesbezüglichen Geräte von Roussilhe und Zeiss und gab Beispiele von damit ausgeführten Arbeiten. Entsprechend behandelte er die stereoskopische Luftbildmessung und erwähnte, daß damit von der Schweiz, Landestopographie jährlich über 1000 qkm ausgewertet werden. Schließlich ging er auf die Bildtriangulation ein und auf die von der Münchener Photogrammetrie G.m.b.H. in Frankreich durchgeführten Vermessungen. Nach Dank des Vorsitzenden, General Perrier, sprach dann noch Herr Balleyguier, der Leiter der 1954 in Paris vorgesehenen Photogrammeter-Ausstellung, über diese.

Vortrag und Diskussion sind als Druckschrift: „La Photogrammétrie“ par prof. Zeller, Extrait des Journées techn. internat. de l'Aéronautique, erschienen (42 Seiten, 52 Abb.).

Im März 1955 erschien Nr. 2 des II. Jahrg. vom „Bulletin de Photogrammétrie“. Sie enthält zwei Aufsätze:

1. „La Photographie aérienne au service de l'Urbanisme colonial“ von André Balleyguier: Nach einem Ueberblick über die mannigfache Anwendung des Luftbildes in den französischen Kolonien (Militärkarten 1:20 000 z. B. in den Kolonien Marokko und Syrien, als Hilfsmittel für Städtebau und Siedlung, für archäologische Forschungen u. dgl.) erörtert Verfasser, wie das Luftbild die geschichtliche Entwicklung von Städten (z. B. Tunis und Algier) erkennen läßt und über ihren derzeitigen Zustand die beste Auskunft gibt. Während hierfür auch Schrägaufnahmen zu verwenden sind, werden für die Planherstellung Senkrechtaufnahmen verwandt. Schon vorläufige (aus Originalabzügen zusammengestellte) Luftbildskizzen (etwa 1:10 000 bis 1:20 000) sind für die Erkundung von Kolonialstädten von hoher Bedeutung. Nach terrestrischer Bestimmung eines Festpunktnetzes werden dann Steilaufnahmen größeren Maßstabes für exakte Luftbildpläne und zu stereoskopisch ausgewerteten Strichkarten 1:500 bis 1:5000 verwandt. Die Untersuchung der Bildpaare am Stereoskop läßt wichtige Einzelheiten feststellen, z. B. auch von Innenhöfen, die in mohammedanischen Ländern nicht betreten werden dürfen. Verfasser gibt an, wie in den französischen Kolonien die Luftbilder für Bebauungspläne alter und neuer Städte, für ländliche Siedlung, Parzelleneinteilung, Grenzbestimmung und Kataster verwandt werden. Er schließt mit dem Wunsch, durch Zentralisation noch weitere Verwendungsmöglichkeiten für das Luftbild in den Kolonien zu schaffen.

2. „Photographie aérienne et archéologie, recherches en Steppe syrienne“ von R. P. A. Poidebard. 1925—1951 hatte der Verfasser im Auftrage der Académie des Inscriptions et belles lettres, sowie der franz. geogr. Ges. in dem 750 km langen Wüstengebiet zwischen Bosra und dem Tigris das Luftbild zu archäologischen Studien verwandt. Poidebard erwähnt die im Kriege von Dr. Wiegand (Deutschland) in Südpalästina und im Sinai-Gebiet, von Oberstleutnant Beazelev (England) in Mesopotamien und von Léon Rey (Frankreich) bei Saloniki ausgeführten Altertumsforschungen mittels Luftbild, sowie die interessanten Arbeiten Crawfords in England. Nach Mitteilungen über die vorbereitenden Arbeiten gibt er einen Ueberblick über die angewandte Technik. Zunächst

hat er vom Flugzeug aus die Erkundungen in Karten eingetragen und Krokis gezeichnet. Danach wurden dann die Bildflüge angesetzt. Er hält es für günstig, wenn hierzu drei Fluginsassen (Pilot, Beobachter und Photograph) vorhanden sein können. Zunächst wird in etwa 1000 m Höhe geflogen, um einen Ueberblick zu gewinnen, aber dann möglichst tief (150—500 m), um möglichst viel Einzelheiten zu ermitteln. Denn bei möglichst schrägem Sonnenstand werden alte Anlagen, die man bisher vom Boden aus nicht finden konnte, erkennbar. Man muß Werkzeug mithaben, um bei Zwischenlandungen örtliche Untersuchungen und auch Ausgrabungen vornehmen zu können. Es gelang Poidebard so, die bisher unbekannte Lage der ausgedehnten römischen Grenzbefestigungen (Limes) mit ihren Kastellen, Lagern, Wasserleitungen usw. sowie byzantinische Befestigungen und Siedlungen, alte Karawanenstraßen u. dgl. wiederzufinden und davon (im Entzerrungsverfahren) Pläne herzustellen.

C. Lettland.

Am 11. Februar d. J. fand eine außerordentliche Hauptversammlung der Lettländischen Gesellschaft für Photogrammetrie anlässlich des 5jährigen Bestehens dieser Gesellschaft statt. An der Versammlung nahmen auch Vertreter einiger staatlicher Institutionen, anderer lettländischer Gesellschaften bzw. Vereine und ein Mitglied der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie (Herr Ing. R. v. Samson, Himmelstjerna) teil.

Der Eröffnung der Versammlung durch den Vorsitzenden, Prof. A. Buchholtz, folgten Begrüßungsansprachen von Vertretern der Vermessungsabteilung des Landwirtschaftsministeriums, der Geodätisch-Topographischen Abteilung des Armeestabes, des Geodätischen Instituts der Universität, des Vereins von Absolventen der ehem. Pleskauer Landmesserschule und des Lettländischen Geometervereins. Vom Ehrenpräsidenten der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie und Ehrenmitglied der Lettländischen Gesellschaft für Photogrammetrie Herrn Hofrat Prof. Dr. E. Dolezal und von der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie schriftlich eingegangene Begrüßungen wurden vom Vorsitzenden verlesen.

Auf Anregung des Vorsitzenden wurden Begrüßungsschreiben abgesandt an den Ehrenpräsidenten der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie, Herrn Hofrat E. Dolezal, und an den Präsidenten der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie, Herrn General G. Perrier.

Hierauf erstattete der Schriftführer, Herr Dozent J. Balodis, einen Bericht über die Entwicklung und die Tätigkeit der Lettländischen Gesellschaft für Photogrammetrie während der fünf Jahre ihres Bestehens. Aus diesem Bericht sei folgendes hervorgehoben. Die Mitgliederzahl ist von 14 bei der Gründung auf 35 im Jahre 1932 angewachsen. Darunter sind 3 Ehrenmitglieder (Hofrat E. Dolezal, General A. Auzans, Prof. A. Buchholtz) und 3 korporative Mitglieder (das Geodätische Institut der Universität, die Vermessungsabteilung des Landwirtschaftsministeriums, der Lettländische Geometerverein). In der Berichtszeit haben 5 Hauptversammlungen und 28 Vorstandssitzungen stattgefunden, und es sind 8 Vortragsabende veranstaltet worden.

Als Mitglied der Gruppe Norden steht die Lettländische Gesellschaft für Photogrammetrie in engeren Beziehungen mit den Schwestergesellschaften in Norwegen, Schweden, Finnland und Estland; desgleichen mit den Schwestergesellschaften bzw. photogrammetrischen Landesgruppen in Belgien, Dänemark, Deutschland, Frankreich, Holland, Italien, Oesterreich, Polen, der Schweiz, Spanien, der Tschechoslowakei, Ungarn. Mit einigen derselben wird ein regelmäßiger Austausch von Veröffentlichungen unterhalten.

In diesem Jahre hält Prof. A. Buchholtz einen Gratiskurs in Photogrammetrie für Mitglieder der Lettländischen Gesellschaft für Photogrammetrie und des Lettländischen Geometervereins ab, an dem sich ca. 25 Hörer beteiligen. In der Zeit vom Februar bis Ostern sind ca. 10 Vorträge über Acrophotogrammetrie vorgesehen; die terrestrische Photogrammetrie soll im Herbst d. J. behandelt werden.

Es folgte dann ein Bericht des Herrn Generals Auzans über photogrammetrische Arbeiten der Geodätisch-Topographischen Abteilung des Armeestabes. Im Auftrage dieser Abteilung sind von lettländischen Heeresfliegern aufgenommen worden:

1. in den Jahren 1930—1931 im Gebiet Salaspils-Stopini:
 - 120 Bilder im Maßstab 1 : 6 000 — 1 : 7 000,
 - 60 Bilder im Maßstab 1 : 10 000 — 1 : 11 000;
2. in den Jahren 1931—1932 im Gebiet Krustpils-Plavinas:
 - 150 Bilder im Maßstab 1 : 18 000 — 1 : 19 000,
 - 120 Bilder im Maßstab 1 : 12 500 — 1 : 13 000.

Die Bilder sind vermittels des im Besitz des Geodätischen Instituts der Universität befindlichen A.T.G.-Entzerrungsgeräts entzerrt und zur Herstellung topographischer Karten verwendet worden. Auf solche Weise sind bis jetzt angefertigt:

1. für das Gebiet Salaspils-Stopini 4 Kartenblätter 1 : 10 000 über insgesamt 64 qkm.
2. für das Gebiet Krustpils-Plavinas 4 Kartenblätter 1 : 25 000 über insges. 400 qkm.

Den Abschluß des Programms der Hauptversammlung bildete ein Vortrag von Prof. Buchholz über die photogrammetrischen Gesellschaften und ihre Bedeutung. In diesem Vortrag wurde auf den Zweck der photogrammetrischen Gesellschaften hingewiesen und das Arbeitsgebiet dieser Gesellschaften in allgemeinen Zügen umrissen. Besonders betont wurde, daß auch photogrammetrische Gesellschaften in kleinen Ländern trotz mancher erschwerender Umstände doch eine nicht nur für das eigene Land, sondern auch für die Allgemeinheit nützliche Tätigkeit entfalten können, indem sie die Ausführung photogrammetrischer Arbeiten und Versuche im eigenen Lande fördern und dadurch zugleich zur allgemeinen Entwicklung der Photogrammetrie beitragen.

D. Deutschland.

a) Gruppe Süddeutschland.

Die Gruppe Süddeutschland hat im verflossenen Winter zu vier Vorträgen in die Technische Hochschule München eingeladen. Der Besuch der Mitglieder und Gäste war ein erfreulich guter, sodaß festgestellt werden kann, daß die Luftbildmessung den Kreis der Interessenten zusehends erweitert. Die Leitung der Abende hatte Herr Geh. Rat Prof. Dr. Sebastian Finsterwalder.

Der erste Vortrag fand am 20. Januar d. J. statt. Es sprach Geh. Rat Prof. Dr. S. Finsterwalder über die Aufnahme weiträumiger Gebiete durch Luftphotogrammetrie. Der Vortragende berichtete über eine zweckmäßige Verbindung von astronomischer Ortsbestimmung auf der Erde mit Nadirketten aus Luftbildern, durch die beliebig ausgedehntes Gelände mit ausreichender Genauigkeit kartographisch aufgenommen werden kann. Es werden an günstigen Stellen über das Gelände verstreut Basen von einigen Kilometern Länge gemessen und ihre astronomischen Azimute bestimmt. Diese werden unter sich durch Nadirketten verbunden, deren Maßstab aus den Basislängen an ihren Enden und deren Richtung aus den Azimuten der Basen, die sie verbinden, überbestimmt und ausgeglichen wird. Aus solchen, der Länge und Richtung nach festgelegten Nadirketten wird dann ein weitmaschiges Netz von 50—50 km Seitenlänge gebildet, dessen Knotenpunkte in den Basismitten liegen. Dieses Netz dient als Grundlage für die Einzelvermessung, die der Lage nach durch Nadirstrahlen zwischen den Netzmaschen durchgeführt wird. Die schon mit den derzeitigen Hilfsmitteln erreichbare Genauigkeit ist auf etwa 1 : 400 im kleinen und 1 : 10 000 im großen zu schätzen. Sie kann voraussichtlich noch gesteigert werden. Der Hauptvorteil der Methode besteht darin, daß die Aufnahme an beliebig vielen Stellen begonnen werden kann und keiner über weite Entfernungen hin sichtbarer Signale bedarf.

Am 24. Februar folgten zwei Vorträge:

Zunächst sprach Dipl.-Ing. F. Fuchs über das Thema: Die Vorbereitung und Durchführung von Flugzeugaufnahmen. Er ging von der wirtschaftlichen Forderung, bei einer luftphotogrammetrischen Vermessung mit einem Minimum von Aufnahmen auszukommen, aus und behandelte zunächst die Wahl der Ueberdeckung und die Anordnung der Aufnahmen. Um das Flugzeug mit Sicherheit über die im voraus bestimmten Aufnahmepunkte zu führen und besonders bei Anwendung von Kamern mit normalem Gesichtsfeld sind Karten erforderlich. Wo diese nicht oder in unzureichender Ausführung vorhanden sind, werden die Flugpläne in kleinem Maßstab aus einigen Panoramakammer-(P.K.-)Aufnahmen durch genäherte Entzerrung derselben hergestellt um eine genaue Orientierung der Aufnahmen in größerem Maßstab zu ermöglichen. An einem Beispiel wurde gezeigt, daß auf Grund eines P.K.-Flugplans orientierte Streifen von Aufnahmen im Bildmaßstab etwa 1 : 8000 eine mittlere Abweichung von 50 m von der eingetragenen Fluglinie hatten, und daß mit der vorher bestimmten minimalen Anzahl von Aufnahmen das ganze Gebiet gleich beim ersten Flug lückenlos mit regelmäßig angeordneten Aufnahmen überdeckt werden konnte. Die Kosten für die Herstellung des P.K.-Flugplanes betragen nur einen Bruchteil der Kosten von Ergänzungsfügen zum Schließen von Lücken. An einer Reihe von Lichtbildern wurde gezeigt, wie ausgehend von einer detailarmen und veralteten Karte 1 : 100 000 der P.K.-Flugplan 1 : 25 000 hergestellt, wie dieser zur Orientierung der großmaßstäblichen Aufnahmen 1 : 8000 verwendet und schließlich der nach Punkten — die mittels Bildtriangulierung bestimmt worden waren — entzerrte Luftbildplan gewonnen wird. — Im zweiten Teil seiner Ausführungen behandelte der Vortragende die verschiedenen an ein Bildflugzeug zu stellenden Forderungen mit besonderer Berücksichtigung der bei Verwendung der P.K. sich ergebenden Bedingungen hinsichtlich Flugleistung, Orientierungsmöglichkeit und Einbau der P.K. Es wurde an Hand von Lichtbildern verschiedener Flugzeugtypen (Junkers W 35, Blériot 127, Bloch 70 u. a.) gezeigt, in welcher Weise der Einbau der

P.K. zu erfolgen hat, um den großen Bildwinkel der P.K. (140°) freizuhalten von störenden Konstruktionsteilen, wie Radern und Fahrgestell. Wasserflugzeuge mit Schwimmern, welche in unerschlossenen Gebieten — dem eigentlichen Arbeitsgebiet der P.K. — bei fehlenden Flugplätzen eingesetzt werden müssen, machen für den Einbau der P.K. eine Spezialeinrichtung erforderlich. Wie an dem Beispiel einer Junkers W 34 auf Schwimmern gezeigt wurde, wird die P.K. in einen absenkbaren Turm eingebaut, der während des Fluges heruntergekurbelt wird, bis die Schwimmer aus dem Gesichtsbild der Kammer verschwinden.

Im zweiten Vortrag behandelte Herr Dr. C. Aschenbrenner das Thema: Anwendung der Photogrammetrie auf verschiedene Aufgaben der Geländevermessung, dargestellt an neueren Arbeiten der G.m.b.H. Photogrammetrie München. Mit der Beschränkung auf den rein vermessungstechnischen Teil sind die der Photogrammetrie innewohnenden Möglichkeiten keinesfalls erschöpft. Gerade das Bildhafte, zumal in Verbindung mit Stereowirkung, bietet ein leicht und schnell erzielbares Mittel, um sowohl als Ergänzung einer vorhandenen Karte zugeordnet zu werden, als auch vor der eigentlichen Vermessung bereits wesentliche Feststellungen zu machen. Die Elastizität der photogrammetrischen Verfahren ermöglicht es, den verschiedenen an der Herstellung und dem Gebrauch von Karten interessierten Kreisen jeweils das zweckmäßigste Produkt zuzuführen.

Den räumlichen Eindruck photogrammetrischer Aufnahmen vermittelte die vorzüglich gelungene Projektion einer Reihe von Anaglyphenbildern, welche z. T. dasselbe Gelände in verschiedenen Aufnahmearten zeigten. Terrestrischen Stereoaufnahmen mit der starken Betonung des Vordergrundes und der Kulissenwirkung im Hintergrund folgten Flugzeugschrägaufnahmen, bei denen die ungleichartige Darstellung der verschiedenen Geländeabschnitte zwar weniger störend in Erscheinung trat, die aber doch noch beträchtliche Unterschiede des Maßstabes aufweisen. Ein anschließend gezeigtes Stereobild aus Senkrechtaufnahmen normalen Bildwinkels vermittelte den vorzüglichen Einblick in die Detailformen bei gleichzeitiger Darstellung in einheitlichem Maßstab, gibt aber keinen Aufschluß über die großen Zusammenhänge. Diese treten in sinnfälligster Weise auf den gezeigten Stereobildern der Panoramakammer-(P.K.-)Aufnahmen hervor, welche Flächen im Ausmaß von $20 \times 25 \text{ km} = 500 \text{ qkm}$ mit einem einzigen Bildpaar erfassen. Die P.K.-Raumbilder einer ausgedehnten Gebirgsstrecke mit den angrenzenden Tälern und einer Juralandschaft mit weitverzweigtem Teilsystem vereinigten den großen Ueberblick einer Schrägaufnahme mit dem Einblick ins Gelände, wie ihn die Senkrechtaufnahme liefert. Die P.K.-Raumbilder liefern in kurzer Zeit und mit geringem Arbeitsaufwand von großen Gebieten ungefähr maßhaltige Aufnahmen. Es ist dadurch die Möglichkeit gegeben, die Auswahl derjenigen Gebiete vorzunehmen, welche ihrer Bedeutung entsprechend für eine hochwertige Vermessung in Betracht kommen. Dieser Vorteil tritt besonders bei der Bearbeitung wenig erschlossener Gebiete hervor, wo die P.K.-Aufnahmen die Erkundung, Auswahl der zu vermessenden Gebiete und die Vermessung selbst ermöglichen.

In seinen Schlußausführungen gab der Vorsitzende, Geh. Rat Prof. Dr. Finsterwalder, in Uebereinstimmung mit den Ausführungen des Herrn Dr. Aschenbrenner der Auffassung dahin Ausdruck, daß die wertvollen Aufschlüsse über Geländegestaltung auf Grund von P.K.-Raumbildern in manchen Fällen zur Befriedigung des Bedürfnisses nach Karten hinreichen dürften, sodaß dort, wo bisher mangels anderer Methoden vermessen werden mußte, diese Arbeit gespart und auf diejenigen Gebiete konzentriert werden kann, von denen tatsächlich die genaue Karte gebraucht wird.

Am 15. März sprach Privatdozent Dr. Richard Finsterwalder, Hannover, über den „unregelmäßigen und systematischen Fehler bei der räumlichen Doppelpunkteinschaltung und Aerotriangulation“. Als Maß für die erreichbare Genauigkeit bei Ausmessung von Luftaufnahmen ist das durch das Plattenkorn beschränkte Auflösungsvermögen des erzielten Negativs anzusehen. Wird dieses mit $\pm 0,05 \text{ mm}$ angenommen, so ist bei Lösung der Doppelpunkteinschaltung unter der Voraussetzung von Aufnahmen mittels Einzelkammern von 200 mm Bildweite und 60 % Ueberdeckung theoretisch nur eine recht mäßige Genauigkeit der Elemente der gegenseitigen Orientierung zu erwarten, die zudem noch eine starke gegenseitige Abhängigkeit voneinander aufweisen. Um diese Verhältnisse praktisch zu untersuchen, wurde ein Plattenpaar, dessen gegenseitige Orientierung streng bekannt war, an einem Aerokartographen 25mal unabhängig gegenseitig orientiert und aus den Abweichungen der Einzelbestimmungen vom wahren Werte der mittlere Fehler der mechanisch-optischen Bestimmung eines Plattenpaares errechnet. Er erwies sich für diese empirische Bestimmung im ganzen etwas größer als der theoretische, aber das Verhältnis der mittleren Fehler der einzelnen Elemente stimmte gut mit der Theorie. Von erheblichem Einfluß erwies sich die Verzeichnungsdivergenz der Aufnahme-

und der Auswertelinien. Die mitgeteilten günstigen Ergebnisse konnten erst erzielt werden, nachdem beiderlei Linsen durch solche vom gleichen Typ ersetzt waren. Bei Luiseu verschiedenen Typs war eine restlose Beseitigung der Höhenparallaxen im Auswertegerät unmöglich. In der anschließenden Diskussion betonte Herr Dr. Aschenbrenner die Wichtigkeit dieser Untersuchungen für die photogrammetrische Praxis, die selber nicht in der Lage sei, solche eingehende und zeitraubende Arbeit zu leisten.

b) Jahresversammlung Essen 1955.

Das ausführliche (vorläufige) Programm der vom 11. bis 14. Oktober in Essen stattfindenden Jahresversammlung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie ist in B. u. L. 1/55, S. 47/48, veröffentlicht. Abdrucke hiervon werden auf Anforderung kostenlos vom Schriftführer, Oberregierungsrat O. Koerner, Berlin-Halensee, Karlsruher Str. 1, übersandt.

Die Teilnahmegebühr beträgt je Person 2 RM. Für den Besuch eines einzelnen Vortrages einschließlich Ausstellungsbesichtigung wird 1 RM. erhoben. Der Besuch der Ausstellung allein steht jedermann gegen eine Gebühr von 0,50 RM. frei. Schüler zahlen hierfür 0,20 RM.

c) Sprechabend über photographische Materialien

Es ist in Aussicht genommen, im November d. J. einen Sprechabend über photographische Materialien in Berlin abzuhalten. Näheres veranlaßt die Gruppe Berlin, Regierungsrat Dr. Lüscher, Berlin-Grünwald, Salzbrunner Str. 48.

d) Persönliches.

Am 1. 7. 1953 fand in der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg die Rektoratsübergabe an Prof. Dr. Dr.-Ing. e. h. Otto Eggert statt, der der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie als Vorstandsmitglied angehört und 1926—1950 Präsident der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie war.

Ehrung Dr. R. Finsterwalders.

Am 6. Mai d. J. hielt die Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin eine Festsitzung zum Gedenken des 100. Geburtstages von Ferdinand v. Richthofen, verbunden mit dem 105. Stiftungstag der Gesellschaft, ab. Die Feier fand ihren Abschluß in der Ehrung einer größeren Anzahl Gelehrter, die sich auf den weiten Gebieten der geographischen Forschung und Wissenschaft besonders erfolgreich betätigt haben. Bei dieser Gelegenheit wurde unserem Mitgliede, Herrn Privatdozent Dr. Richard Finsterwalder, Hannover, die Silberne Karl-Ritter-Medaille für seine photogrammetrischen Aufnahmen und Auswertungen in den zentralasiatischen Gebirgen verliehen. Wir sprechen dem verdienten Forscher unseren besonderen Glückwunsch zu dieser Auszeichnung aus.

Änderungen von Fernrufnummern des Vorstandes.

(Anschriften des Vorstandes vgl. B. u. L. 1952 S. 48.)

v. Langendorff (Vors.): Amt: B 1 Kurfürst 8191; Koerner (Schriftf.): Wohnung: J 7 Hochmeister 4961; Dr. Ewald: Amt (jetzt: Reichsministerium der Luftfahrt, Berlin W 8, Behrenstr. 68-70): A 2 Flora 0047.

e) Mitteilung.

Mit dem Heft 1/55 ging den Mitgliedern ein Aufsatz zu: Heß, Zur Vermessung großer Gebiete in kleinem Maßstabe. Diese Beilage gehörte nicht zum redaktionellen Teil, sondern war von der Zeiss-Aerotopograph G. m. b. H. gestiftet.

f) Rückständige Zahlungen.

Gemäß § 20 der Satzungen (vgl. B. u. L. 1927 S. 194) sind die vollen Jahresbeträge bis zum 1. April zu bezahlen. Es wird daher aufgefordert, noch rückständige Beiträge nunmehr umgehend zu begleichen.

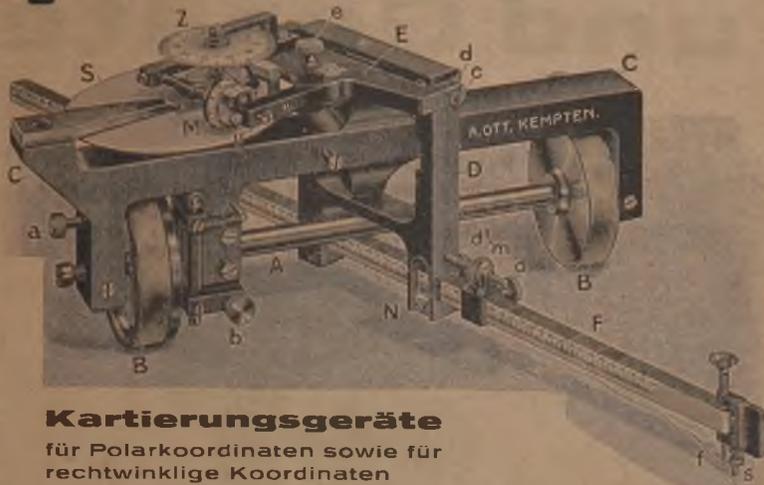
Die Höhe der Mitgliedsbeiträge beträgt: Korporativmitglieder 25 RM., Einzelmitglieder 10 RM., Studierende 5 RM.; der Jahresbezug von „Bildmessung“ (ohne Porto): 5 RM. (vgl. hierzu die Bekanntmachung in B. u. L. 1953 S. 192); der Jahresbezug aller Druckschriften der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie für Mitglieder anderer Landesgesellschaften: 15 RM.

Alle Zahlungen (oder etwaige Stundungsanträge) sind an den Kassierer, J. Unte, Berlin NW 21, Emdener Str. 50, zu richten oder zu überweisen an das Postscheckkonto: Berlin 28456, Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, Berlin NW 21, Emdener Str. 50



OTT - Scheibenrollplanimeter - Kompensationsplanimeter - Präzisionspantographen

Katalog
über
mathematische
Instrumente
kostenlos



Kartierungsgeräte
für Polarkoordinaten sowie für
rechtwinklige Koordinaten

A. Ott, Kempten-Allgäu



Gebr. Wichmann m. b. H.

Gegr. 1873

Vermessungs-Instrumente / Zeichengeräte / Bürobedarf
Technische Papiere

Nivellier-Instrumente / Theodolite / Bussolen

der Firmen **Hildebrand - Wichmann**, Freiberg i. Sa.

Pantographen / Planimeter / Winkelköpfe / Winkelspiegel
Winkelprismen / Tachymeter-Transporteure

Nivellierlatten / Meßlatten / Fluchtstäbe
Nichtrostende Stahlbandmaße / Wasserdichte Leinenbandmaße
Zeichenmaschine Kuhlmann, Typ Zm. III, 50% Zeitersparnis

Sonderprospekte frei / Vertreter der

Verkaufs-A. G. H. Wild's geodätische Instrumente



Berlin NW 7
Karlstr. 13-14

Breslau 1
Reuschestr. 13-14

Düsseldorf
Adlerstr. 78

Hamburg 1
Rathausstr. 13

Magdeburg
Alte Ulrichstr. 17.

Stettin
Scharlastr. 2

Stuttgart
Rotestr. 1

Kowno (Litauen)
Laisvès Alėja 50

Instrumente und Geräte

für das gesamte Vermessungswesen

Kompensations - Planimeter
Präzisions - Pantographen

von höchster Leistungsfähigkeit



Theodolite / Tachymeter / Bussolen / Nivellier-
instrumente / Meßtische / Kippregeln / Winkel-
prismen / Winkelspiegel / Nivellierlatten / Meß-
latten / Fluchtstäbe / Bandmaße (Leinen u. Stahl)
Zeichenpapiere auf Leinen gezogen u. kartoniert

R. Reiss G. m. b. H.

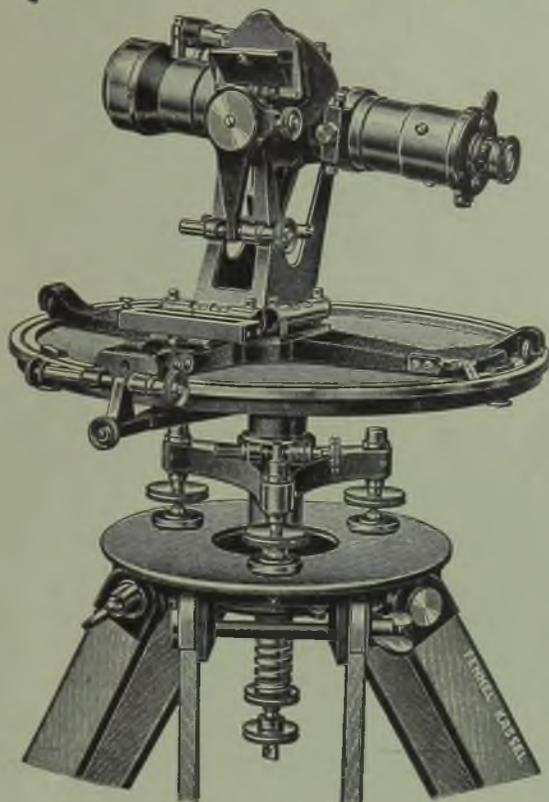
Fabrik technischer Artikel / Gegr. 1882

Liebenwerda (Provinz Sachsen)

Präzisionswerkstätten für geod. u. kartogr. Instrumente

Das beste Instrument zur Ergänzung von Luftbildaufnahmen und zur schnellen Bewältigung größerer topographischer Arbeiten ist der

Topometer Hammer-Fennel



Eine angesehene Gesellschaft für Luftbildaufnahmen schreibt hierüber folgendes:

Eine Arbeit, die mit früheren Instrumenten 10 Tage Feldarbeit und 20 Tage Zimmerarbeit erforderte, läßt sich mit dem Hammer-Fennelschen Topometer in 6 Tagen Feldarbeit und in 2 Tagen Zimmerarbeit durchführen

Alles Nähere durch

Otto Fennel Söhne

Werkstätten für geod. Instrumente

KASSEL Königstor 16



AGFA

**Aërochrom - Films
und -Platten
Aëropan - Films**

für Luftbild-Aufnahmen und
für die Aërophotogrammetrie

AGFA

Platten und Films

für die Reproduktionstechnik
Agfa-Papiere zur Auswertung
von Vermessungs-Aufnahmen

Verlangen Sie Spezial-Broschüren und Muster

I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
Agfa Abt. Reproduktionstechnik Berlin SO 36