

Cz. 2691

Grab 2.

Bildmessung und Luftbildwesen

019

Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie e. V.

Beilage

zu

Hef 6 der Allgemeinen
Vermessungs-Nachrichten

vom 15. März 1941



Hef 1

XVI

März 1941

Verlag: Herbert Wichmann, Berlin-Grünwald

Bildmessung und Luftbildwesen

Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie e. V.

XVI - 1941 - 1

Inhalt:

Gruener: Nachruf Prof. Dr.-Ing. R. Hegershoff	Seite 1
Aschenbrenner: Die Lichtverteilung in Luftbildern	Seite 5
Martin: Das Rheinisch-Westfälische Kataster als Entzerrungsunterlage	Seite 19
Fuchs: Neuerdings wieder terrestrische Photogrammetrie und ihr Nutzen für den Ingenieurbau	Seite 33
Burkhardt: Buchstaben als Sinnzeichen für Paßpunkte, ein Vorschlag	Seite 36
Förstner: Punktbezeichnung bei Paßpunktbestimmung im Gelände	Seite 37
Burkhardt: Tafeln zur Planung von Senkrechtaufnahmen	Seite 41
Vereinsnachrichten	Seite 44
Hochschulnachrichten	Seite 44

Bildmessung und Luftbildwesen erscheint viermal im Jahre.

Bezug durch die Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie e. V.
oder als Beilage der Allgemeinen Vermessungs-Nachrichten

(Verlag: Herbert Wichmann, Berlin-Grünwald)

Preis des Einzelheftes 2.50 RM.

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Hegershoff



▲ 24. Januar 1941

akt. S. 1193/64



Bildmessung und Luftbildwesen

Zeitschrift

der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie e. V.

Schriftwalter: W. Geßner, Berlin SW 29, Flughafen

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

Nachdruck nur mit ausdrücklicher Genehmigung gestattet

Aufsätze und Fachberichte für das nächste Heft bitten wir bis zum 1. Mai 1941 an Dir. Geßner zu senden

16. Jahrgang

März 1941

Heft 1

Nachruf

„Ich muß wirken, solange es Tag ist. Es kommt die Nacht, da keiner wirken kann.“ Diesen Ausspruch haben wir oft aus dem Munde eines Mannes vernommen, der berufen war, der Jugend als Lehrer, Freund und Wohltäter, der Wissenschaft als getreuer Verfechter neuer Erkenntnisse und der Technik als Pionier einer zukunftsverheißenden Entwicklung auf dem Gebiete der messenden Photographie voranzuleuchten.

Carl Reinhard Hugershoff wurde geboren am 5. 10. 1882 in Leubnitz bei Werdau in Sachsen als erstes Kind des Schlossermeisters Franz Albin Hugershoff und seiner Gemahlin Christiane, geb. Männel. Von 1889 bis 1894 besuchte er die Knabenbürgerschule und das Realgymnasium in Zwickau, anschließend die Drei-König-Schule in Dresden. Schon aus dieser Zeit kommt sein Entschluß, Topograph zu werden und in den großen Weiten unerforschter Länder die Erfüllung eines durch die Lektüre der Reiseromane Carl Mays und der Schilderung von Forschungsreisen entfachten Tatendranges zu finden. Ohne jemals Streber gewesen zu sein, bestand er als außergewöhnlich begabter Schüler 1903 die Reifeprüfung mit der Note „vorzüglich“. Anschließend immatrikulierte er sich als Studierender der Technischen Hochschule Dresden und bestand am 20. 12. 1906 die Diplomprüfung als Vermessungsingenieur „mit Auszeichnung“. Sein schon in der Primanerzeit hervorgetretenes Geschick, erworbenes Wissen weiter zu vermitteln und die Befähigung zu selbständiger wissenschaftlicher Betätigung ließen ihn Assistent bei Geheimrat Prof. Pattenhausen am Geodätischen Institut der Technischen Hochschule Dresden werden, als der er bereits am 24. 7. 1907 mit seiner Dissertation „Der Zustand der Atmosphäre als Fehlerquelle im Nivellement“ die Würde eines Dr.-Ing. erlangte. Kurz darauf schloß er sich als Erster Assistent der zweiten innerafrikanischen Expedition unter Frobenius an, der er bis zum Sommer 1909 angehörte. Am 13. 10. 1907 nahm ihn nach stürmischer Seefahrt in Dakar das Land seiner Sehnsucht auf und stellte ihn sogleich auf eine sehr harte Probe, die er unter Aufbietung zäher Energie, jedoch nicht ohne Gefährdung seiner Gesundheit, bestand. Während des Reiseweges, der ihn von Bamako aus im Gluthauch der innerafrikanischen Steppe durch die Flußgebiete des oberen Niger und der Woltanbenflüsse bis nach Lome in der deutschen Kolonie Togo führte, war er mit astronomischen Beobachtungen, geographischen und hydrographischen Arbeiten betraut. Seine Routenaufnahmen und das geodätische Ergebnis dieser mit außerordentlichen Strapazen, einer schweren Fiebererkrankung und einer Blinddarmoperation unter primitiven Verhältnissen begleiteten Arbeiten hat er später in „Beiträge zur Topographie des Westsudan“ dargestellt.

Nach seiner Genesung betrat er im Juni 1909 in Hamburg wieder deutschen Boden. Unverzüglich nahm er seine Tätigkeit als Assistent wieder auf und begann mit der wissenschaftlichen Auswertung seiner kolonialen Beobachtungen. Mit seiner Arbeit „Die periodischen Fehler barometrisch bestimmter Höhenunterschiede in der inneren Tropenzone“ habilitierte

er sich an der Technischen Hochschule Dresden als Privatdozent. In seiner Antrittsrede behandelte er das Thema „Die wirtschaftlichen Vermessungen und das Katasterwesen in ihrer geschichtlichen Entwicklung und Bedeutung“. Im Herbst des gleichen Jahres fand in der Bergkirche zu Oybin seine Trauung mit Meta Kreuziger, Tochter des Fabrikbesitzers Oskar A. Kreuziger in Leutersdorf (Oberlausitz), statt, in der er eine Lebenskameradin fand, die ihm in stillem häuslichen Wirken ein Heim schuf, das für ihn höchstes Glück und schönsten Ausgleich nach den vielen Arbeitsstunden eines jeden Tages bedeutete.

Seine Lehrtätigkeit begann mit einer Vorlesung mit Übungen über Katastervermessung. Sie wurde aber bereits im Frühjahr 1911 durch seine Ernennung zum außerordentlichen Professor an der Forstakademie Tharandt und Übernahme der Professur für reine Mathematik, Meteorologie, Waldwegebau und Vermessungskunde erweitert. Mit der Verlegung des Schwerpunktes seiner Tätigkeit nach Tharandt verlegte er auch ab 1913 seinen Wohnsitz dorthin. Seine Vorlesungen an der Technischen Hochschule Dresden behielt er jedoch bei und erweiterte sie bereits im Jahre 1911 durch Abhaltung der ersten Vorlesungen über Photogrammetrie. Seit Rückkehr von der Afrika-Expedition hatte sein besonderes Interesse dieser jungen Wissenschaft gegolten, auf deren praktischem Anwendungsgebiet er bald schöpferisch in Erscheinung treten sollte. Das Jahr 1912 brachte dem erst Dreißigjährigen bereits die Ernennung zum ordentlichen Professor an der Forstakademie sowie den Abschluß der Ergebnisse seiner afrikanischen Expeditionsarbeiten.

Mit Kriegsbeginn 1914 meldete er sich als Kriegsfreiwilliger und erkämpfte sich als bisher ungedienter Landsturmmann seinen Eintritt ins Heer, wurde aber sehr bald auf Grund seines bereits fest begründeten Rufes als Geodät und Wissenschaftler mit der Stelle eines Feldphotogrameters bei der Festungsvermessungsabteilung Posen beliehen. Im Februar 1915 ging er zur Front im Osten, nahm an den Stellungskämpfen von Lomza und Ostrolenka sowie bis Oktober 1916 an der Beresina teil. Während dieser Zeit entfaltete er eine lebhaftige Tätigkeit im Einbau von photogrammetrischen Kammern zur nächtlichen Festlegung von Mündungsfeuern sowie zur Aufnahme von Rundbildern und in der Herstellung von stereoskopischen Fesselballonaufnahmen, entwickelte die für den Feldgebrauch erforderlichen Auswerteverfahren und organisierte ihre praktische Ausführung, wobei frühzeitig die stereoskopische Ausmessung am Pulfrichschen Stereokomparator einen wichtigen Platz einnahm. Bereits 1915 bezog er die von einer Feldfliegerabteilung gelieferten Schrägaufnahmen von feindlichen Grabensystemen in sein Arbeitsprogramm ein und brachte die einfachen graphischen Methoden der Übertragung von Punkten aus dem Luftbild in die Karte zu erfolgreicher Anwendung. Seine das damalige Kriegsvermessungswesen revolutionierenden Methoden und die mit ihrer Entwicklung einhergehenden Vorschläge zur Schaffung neuer kriegstüchtiger Instrumente erregten sehr bald die Aufmerksamkeit der höheren Führung und fanden ihren Ausdruck in Ordensauszeichnungen, der Beförderung vom Beamtenstellvertreter zum Ingenieur der Flieger- und Luftschiffertruppen sowie seiner Versetzung zur Inspektion des Lichtbildwesens.

Hier beginnt für ihn eine sehr vielseitige Tätigkeit. Er stellt neue Vermessungstrupps auf und unterrichtet ihr Personal in den Methoden der Bildauswertung, besonders in seinen neuen Rechenverfahren zur Lösung des räumlichen Rückwärtseinschnittes. Er treibt seine theoretischen Entwicklungen vorwärts, macht neue Konstruktionsentwürfe für Komparatoren, Aufnahmekammern und für seinen ersten Bildmeßtheodoliten. Es bricht die Periode der Erkenntnis von der Bedeutung der Luftbildmessung für die Stellungskriegführung an. Durch den Kommandierenden General der Luftstreitkräfte gefördert, stehen ihm Mittel und Kräfte zur Erprobung seiner Neuerungen zur Verfügung. Eine Vermessungsabteilung unter Führung von Oberleutnant Cranz (vgl. Hugershoff-Cranz: „Grundlagen der Photogrammetrie aus Luftfahrzeugen“) erprobt sie im Juli 1917 erstmalig und erfolgreich im Feindgebiet der Westfront. Im Februar 1918 geht er selbst wieder zur Front, führt eine größere Anzahl von Feindflügen aus und überzeugt sich so persönlich von der Zweckmäßigkeit seiner Vorschläge.

Die neuen Luftbildmeßtrupps erwerben Anerkennung bei allen Waffengattungen sowie bei der höheren Führung. Inzwischen erreichen auch die Bildgeräte eine so weitgehende Vervollkommnung, daß auch die Aufnahmetechnik weitergebildet wird und die Herstellung von Schräg- und Senkrechtbildreihen sowie die systematische Bildauswertung auf stereoskopischem Wege ermöglicht werden. Der seit November 1915 für den Fronteinsatz bereite erste Messtersche Reihenbildner schafft mit der erstmaligen Verwendung von Filmbändern an Stelle der bisher üblichen Glasplatten weitere Möglichkeiten und trägt dazu bei, daß die anfänglich oft ablehnende Beurteilung der Hugershoffschen Methoden sich ins Gegenteil verkehrt.

Die verdiente Anerkennung gipfelt am 23. 7. 1918 in einer Erklärung des Kriegsvermessungschefs an den Kommandierenden General der Luftstreitkräfte, in der er sagt, daß durch Hinzuziehung der Hugershoffschen Verfahren (zu den auch von verschiedenen anderen Dienststellen und Erfindern entwickelten Methoden) in der kartenmäßigen Herstellung von Geländeeinzelheiten nach Lage und Höhe noch die Genauigkeit der Meßtischblätter der preußischen Landesaufnahme übertroffen werden kann, die im Maßstab 1 : 25 000 aufgenommen werden. Auf Grund eines Befehls von General Ludendorff sollten diese Methoden nicht nur an der gesamten Westfront verwendet werden, sondern auch in Nachkriegszeiten eine grundsätzliche Eingliederung im Aufbau des Kriegsvermessungswesens finden.

Noch aber fehlte die Verwirklichung der Automatisierung der Koordinatenbestimmung durch ein Auswertegerät, das die in unermüdlicher Arbeit vervollkommenen aber bisher unvermeidlich umfangreichen Rechenverfahren ersetzen sollte. Gedanklich existierte bei Hugershoff ein solches Gerät bereits seit Herbst 1917 in den ersten Entwürfen zum Autokartographen, einer Verbindung zweier Bildmeßtheodolite durch Hebelmechanismen, die die Gleichung des räumlichen Vorwärtseinschnittes automatisch lösen. (Grundlegendes D. R. P. Nr. 361 155.) Seine Verwirklichung blieb der Nachkriegszeit vorbehalten.

Unmittelbar nach seiner Entlassung aus dem Heeresdienst im Januar 1919 nahm Hugershoff seine Lehrtätigkeit an der Forstlichen Hochschule Tharandt wieder auf. Unter den neuerschaffenen Verhältnissen der Nachkriegszeit sind die nun folgenden Jahre zunächst angefüllt mit einem zähen Kampf um den Fortbestand seiner Methoden und die Fortentwicklung seiner Geräte. Der dem Zusammenbruch folgende Niedergang auf wirtschaftlichem Gebiet, unter dem auch manche beharrliche Initiative zu wanken begann, gefährdete den Bau neuer Instrumente und ihre Einführung in die Friedenswirtschaft. Es ist das Verdienst des Altmeisters der Filmkunst, Oskar Messter, und seines Sohnes E. O. Messter, im kritischen Augenblick durch vorausschauendes Eintreten mit finanziellen Mitteln und durch Gründung der Aerotopograph G. m. b. H. den in Dresden begonnenen Versuchen eine fast ungestörte Fortentwicklung gesichert zu haben. So konnte bereits 1920 die erste Ausführung eines zur Auswertung von terrestrischen und Luftaufnahmen dienenden automatischen Auswertegerätes, des Autokartographen, vollendet werden. Es wurde 1921 von der japanischen Regierung erworben und in Tokio aufgestellt. Die Anerkennung und Einführung im Heimatland hingegen erfolgten erst sehr viel später. Für viele Jahre blieb die Anwendung des Autokartographen auf deutschem Boden im wesentlichen auf eine amtliche Genauigkeitsprüfung beschränkt. Hingegen fanden dieses Gerät sowie die Arbeiten und Erfindungen Hugershoffs in den anschließenden Jahren 1924 bis 1928 eine stetig zunehmende internationale Beachtung. Die weiteren, mit zahlreichen Verbesserungen ausgestatteten, bei der Firma G. Heyde in Dresden gebauten Modelle des Autokartographen nahmen ihren Weg nach der Tschecho-Slowakei, nach Griechenland, Rumänien, und Vortragsreisen Hugershoffs begleiteten sie nach diesen Ländern. Es folgten Einladungen der Französischen Gesellschaft für Photographie und Kinematographie sowie des U. S. Geological Survey in Washington zu Vorträgen in diesen Ländern und sein Auftreten mit ständigen Beitragsleistungen gelegentlich der Kongresse der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie sowie seine Aufnahme in mehrere angesehene wissenschaftliche Vereinigungen des Auslandes.

Indessen hat sich auch sein Mitarbeiterstab erheblich erweitert. Zahlreiche neue Gedanken werden konstruktiv bearbeitet und praktisch ausgeführt. Hierzu gehören eine Vorrichtung zum Zeichnen von Stereokarten, eine Fräsvorrichtung zur Herstellung von Geländemodellen, neue Bauarten terrestrischer Aufnahmekammern mit feststehenden und neigbaren Bildebenen, die Umwandlung bestehender und von Hand bedienter Fliegerkammern von der Verwendung von Glasnegativen auf Filmbänder, die Entwicklung von Fortschaltmechanismen dieser Filmbänder in Filmkassetten, von automatischen Reihenbildkammern für senkrechte und gependelte Bildreihen bei gleichzeitiger Einführung quadratischer Bildformate, die frühzeitige Verwendung der Kleinformaten 12×12 cm und 6×6 cm mit kurzen Brennweiten von 13,5 cm und 6,5 cm, die der Entwicklung feinkörniger Emulsionen und Optiken von hohem Auflösungsvermögen vorausleiten, die Einführung neuer Bewegungselemente (rotierende Spirale mit veränderlicher Ganghöhe und rotierender Glaswürfel) in optisch-mechanischen Überdeckungsreglern, schließlich die aufsehenerregende Erfindung eines neuen Universalauswertegerätes mit optisch-mechanischer Lösung, das 1926 auf dem Kongreß der Int. Gesellschaft für Photogrammetrie in Berlin der Öffentlichkeit als „Aerokartograph“ vorgestellt wurde. Es brachte gleichzeitig die einschneidende Neuerung des optischen Bildwechsels als Voraussetzung für eine rationelle Lösung des Bildanschlusses und des Aero-triangulationsverfahrens. An diese Kette unaufhörlicher Fortschritte schloß sich eine Zahl von Erfindungsgedanken im Bereich optisch-geodätischer Instrumente: der halbautomatische und später der vollautomatische Stereotachygraph, ein stereotelemetrischer Meßtisch für großmaßstäbliche topographische Aufnahmen und kontinuierliche Schichtlinienzeichnung im Anblick des Geländes; ein selbstreduzierendes Dreibildtachymeter; ein neuartiger Stereokomparator; ein Kammerprüftheodolit; der Flugwegzeichner „Quo Vadis“, ein optisch-mechanisches Kartiergerät zur Aufzeichnung des Kursweges während des Fluges; das Aerotachymeter zur optisch-mechanischen Bestimmung der Fluggeschwindigkeit über Grund; der Aerosimplex, ein Vorläufer zum Aeroprojektor Multiplex, bei dem erstmalig ein Verkleinerungsprozeß zwischen Luftbildnegativ und Auswertepositiv erfolgreich eingeschaltet wurde; ein Übungsgerät für Bombenabwurf sowie verschiedene Ausführungen von halbautomatischen Entzerrungsgeräten und Verkleinerungsgeräten. Schon bis zum Sommer 1931 sind auf die in diesen Geräten verkörperten Erfindungsideen weit über 100 Patente im In- und Ausland erteilt worden.

Das photogrammetrische Schrifttum erfährt eine mannigfaltige Bereicherung durch Veröffentlichungen, die sich mit der Beschreibung neuer Geräte, mit Genauigkeitsuntersuchungen, mit theoretischen Entwicklungen und methodischen Neuerungen sowie mit den Arbeitsergebnissen befassen, die bei der praktischen Anwendung seiner Geräte erzielt wurden und die Wirtschaftlichkeit der neuen Methoden klarstellen. 1930 erscheint als 7. Band des Handbuches der wissenschaftlichen und angewandten Photographie unter dem Titel „Photogrammetrie und Luftbildwesen“ eine meisterhafte Darstellung des damaligen Standes des gesamten Wissensgebietes. Mit dem Zusammenschluß der Aerotopograph G. m. b. H. mit der Bildmeßabteilung der Firma Carl Zeiss in Jena, die in diesen Zeitabschnitt fällt, wird Hegershoff auch wissenschaftlicher Mitarbeiter der Firma Carl Zeiss. In der Folgezeit widmet er sich im Zusammenhang mit seiner Tätigkeit als Dozent der Forstlichen Abteilung der Technischen Hochschule der Anwendung der Photogrammetrie, besonders der rasch in alle Bezirke der Technik, des Verkehrs und der Forschung eindringenden Nahphotogrammetrie. Auf forstlichem Gebiete betreibt er ihre Nutzbarmachung für die Waldwirtschaft und Massenermittlung, für Wachstums- sowie erbbiologische Forschung im Bereich der Botanik und Zoologie.

Groß sind die Aufgaben gewesen, die er als Lehrer und Jugenderzieher in kritischer Zeit, als Vorstand der Forstlichen Abteilung Tharandt der Technischen Hochschule und nach Übersiedlung nach Dresden und Übernahme des Geodätischen Institutes der Technischen Hochschule als Direktor des Institutes für Vermessungswesen und Photogrammetrie sowie des Institutes für Forstliche Luftbildmessung, schließlich als Mitglied der Hermann-Göring-Akademie für Forstwissenschaft zu lösen hatte. Noch größer aber erscheinen die Pflichten

und Opfer, die er freiwillig auf sich nahm, als die wiederaufbauenden politischen Kräfte Deutschland zu einer neuen Zukunft erweckten. Im Jahre 1930 wurde er Mitglied der NSDAP. Seit Beginn des Jahres 1932 war er glühender Vorkämpfer und Kamerad im NS.-Lehrerbund und in der NS.-Studentenkampfhilfe. In der SA. begann er als Motorfahrer und durchlief alle Rangstufen bis zum Sturmhauptführer im NSKK., für die Dozentschaft wurde er Gebietsführer des Gebietes Mitte im NS.-Dozentenbund.

Bezeichnend für seine grenzenlose Opferbereitschaft ist es, daß er sich freiwillig nochmals zum Heeresdienst meldete, als der Führer das Reich zum großen Daseinskampf im September 1939 aufrief. Als Ing.-Offizier nahm er in einer Vermessungsabteilung am Polenfeldzug teil, dessen Höhepunkt für ihn die Belagerung und Beschießung von Warschau bildete, an der er durch Schaffung eines Festpunktnetzes für die Einmessung von Batteriestellungen aktiv beteiligt war. Auch an den Vorbereitungsarbeiten, die seiner Vermessungsabteilung während des Winters 1939/40 in den Bunkern des Westwalles zufielen, nahm er regen Anteil, doch wurde er von seiner Hochschule aus dem Feld zurückgerufen, um sich restlos den großen Aufgaben der Nachwuchsheranbildung auf seinem Spezialgebiete widmen zu können.

Inmitten einer so umfassenden und in mitreißendem Schwung bewältigten Tätigkeit erlosch die Kraft seines Körpers rasch und unvermutet nach kurzer Krankheit im 59. Lebensjahr, zu einem Zeitpunkt, als ihm in hoher Anerkennung seiner Leistungen um Jugend und Reich, Wissenschaft und Technik, die Berufung zu höheren Würden noch bevorstand.

Eine Würdigung der Persönlichkeit Hugershoffs und seines wissenschaftlichen Wirkens wird im nächsten Heft dieser Zeitschrift zugleich mit einem Verzeichnis der von ihm veröffentlichten Arbeiten und einer Liste seiner Patente folgen. Heinz Gruner.

Die Lichtverteilung in Luftbildern

Von Flieger-Oberstabsingenieur Dr.-Ing. C. Aschenbrenner, Berlin.

Das Objektiv einer Luftbildkammer entwirft von einem Geländeausschnitt im Augenblick der Belichtung auf der photographischen Schicht wie auf einen Projektionsschirm ein Bild, das in seinen einzelnen Teilen verschieden hell ist. Das Verhältnis der Schirmbildhelligkeit eines Bildteilchens zu seiner Umgebung ist die maßgebende Größe für den nach der Entwicklung an dieser Stelle des Films auftretenden Schwärzungsunterschied und damit für den gesamten Aufbau des Bildes.

Um die Helligkeit eines vom Objektiv auf die Bildschicht projizierten Bildelementes ihrem Betrag nach kennenzulernen, verfolgen wir den Weg, den das auf das Gelände fallende Tageslicht bis zum Auftreffen auf die Schicht zurücklegt. Es wird zuerst an einem Flächenteilchen des Geländes nach allen Seiten hin zurückgeworfen; ein schmales Bündel dieses zurückgeworfenen Lichtes durchsetzt das Objektiv und wird von diesem auf ein kleines Flächenteilchen der photographischen Schicht gesammelt, das wir das Bild des Geländeteilchens nennen, von dem die Strahlung ausging.

Jede Wirkung, die von einem Körper auf einen anderen ausgeübt wird, hat ihre Ursache in der Übertragung von Energie. So ist auch der Lichteindruck im Auge oder auf der photographischen Schicht eine Wirkung der in den bilderzeugenden Lichtbündeln übertragenen strahlenden Energie. Man könnte diesen von einem leuchtenden Gegenstand ausgehenden Energiestrom in den üblichen physikalischen Maßeinheiten ausdrücken, also z. B. in Watt oder Pferdestärken. Die Wirkung des Lichtes auf das Auge ist aber nicht nur vom Energieinhalt der Strahlen abhängig, sondern auch noch von der Form, in der diese Energie dargeboten wird, d. h. von der Wellenlänge der Strahlung. So wird z. B. von unserem Auge eine rote Lichtquelle (Signallight) dunkler empfunden als eine gelbe, die mit gleicher physikalischer Energie (in Watt) strahlt, weil strahlende Energie in der Form „rot“ von der

Empfangseinrichtung (Sehorgane, Bromsilberschicht) geringer bewertet wird als in der Form „gelb“.

Man hat deshalb für die Beschreibung von Lichterscheinungen, d. h. für die Lichtmeßkunst (Photometrie), besondere Maßeinheiten festgesetzt, die dieser unterschiedlichen Bewertung der Strahlungsleistung durch den Strahlungsempfänger (Auge) Rechnung tragen. Mit diesen photometrischen Größen wollen wir uns kurz so weit vertraut machen, wie es für die Weiterführung unserer Untersuchungen nötig ist¹.

Eine Lichtquelle beschreiben wir durch Angabe ihrer Lichtstärke (I). Diese kennzeichnet die Lichtabgabe nach einer bestimmten Richtung (ε) im Vergleich zu einer Normlichtquelle² und wird ausgedrückt in Kerzen. Eine Lichtquelle erscheint dem Auge um so heller, je größer ihre Lichtstärke im Verhältnis zu ihrer scheinbaren Fläche ist. Unter scheinbarer Fläche versteht man die Projektion der leuchtenden Fläche in die betrachtete

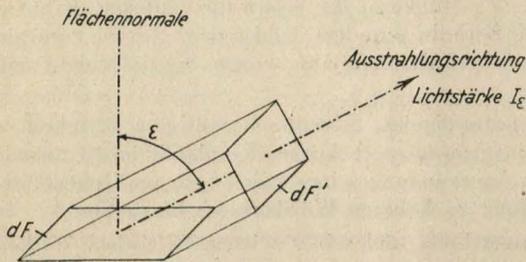


Abb. 1. Das leuchtende Flächenelement dF , z. B. ein Stückchen glühendes Metallblech, leuchte in der Richtung ε gegen seine Normale mit der Lichtstärke I_ε . Seine scheinbare Größe in dieser Richtung ist $dF' = dF \cdot \cos \varepsilon$, seine Leuchtdichte

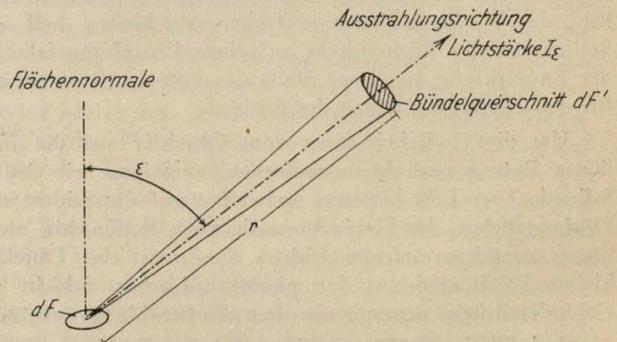
$$B = \frac{I_\varepsilon}{dF'} = \frac{I_\varepsilon}{dF \cdot \cos \varepsilon}$$

Ausstrahlungsrichtung (Abb. 1). Das für die Helligkeitsempfindung des Auges maßgebende Verhältnis (Lichtstärke) : (scheinbare Größe der leuchtenden Fläche) heißt Leuchtdichte (B); es ist also

$$B = \frac{I_\varepsilon}{dF \cdot \cos \varepsilon} \quad (1)$$

Die in einem Lichtbündel strömende Lichtenergie heißt Lichtstrom (Φ). Dieser ist bei schlanken Lichtbündeln und kleinen Lichtquellen gleich dem Produkt aus der Licht-

Abb. 2. Das leuchtende Flächenelement dF sendet nach dem (senkrecht zur Ausstrahlungsrichtung geführten) Bündelquerschnitt dF' den Lichtstrom $d\Phi = I_\varepsilon \cdot \frac{dF'}{r^2}$. Das Verhältnis $\frac{dF'}{r^2}$ heißt der Raumwinkel des Lichtbündels.



stärke in der betrachteten Richtung und dem durchstrahlten Raumwinkel (ω). Der Raumwinkel ist ein Maß für die „Öffnung“ des Lichtbündels und gleich dem Verhältnis eines Querschnittes durch das Lichtbündel zum Quadrat seiner Entfernung von der Lichtquelle (Abb. 2).

¹ Eine ausführliche Darstellung gibt das Normblatt DIN 5031, Grundgrößen, Bezeichnungen und Einheiten in der Lichttechnik.

² Bis vor kurzem war in Deutschland als Normlichtquelle die sogenannte Hefner-Lampe gebräuchlich, deren Lichtstärke in horizontaler Richtung als Einheit diente (Hefner-Kerze, HK). Die seit 1941 an ihrer Stelle international eingeführte „Neue Kerze“ (NK) hat nahezu die gleiche Lichtstärke. Die Umstellung auf die neue Lichtstärkeneinheit ist im Gange.

Bei der Betrachtung weit geöffneter Bündel oder ausgedehnter Lichtquellen, z. B. des Tageshimmels, denkt man sich den Gesamtlichtstrom zusammengesetzt aus einer Anzahl von Teillichtströmen, die nach den Regeln der Integralrechnung summiert werden. Der Lichtstrom wird gemessen in Lumen (lm), d. h. Kerzen \times Raumwinkel.

Die für auf treffendes Licht kennzeichnende Größe ist die von ihm hervorgerufene Beleuchtungsstärke (E), d. h. der auf die Flächeneinheit einströmende Lichtstrom. Die Beleuchtungsstärke wird gemessen in Lux (lx), d. i. Lumen je Quadratmeter der beleuchteten Fläche. Es besteht also die Gleichung

$$E = \frac{\Phi}{F} \tag{2}$$

Eine vom Licht getroffene Fläche wirft wieder Licht zurück und wird dadurch ihrerseits zur Lichtquelle (Fremdstrahler). Ist die Oberfläche der beleuchteten Fläche matt, so wirft sie das Licht so zurück, daß ihre Leuchtdichte nach allen Richtungen gleich groß ist. Wirft sie alles auftretende Licht verlustlos wieder zurück, d. h. ist der von ihr nach allen Seiten ausgestrahlte Gesamtlichtstrom gleich dem auf sie auftreffenden Lichtstrom, so nennt man sie ideal weiß. Die Leuchtdichte eines mit der Beleuchtungsstärke von n Lux beleuchteten, ideal weißen Flächenelementes beträgt $\frac{n}{\pi}$ Kerzen je Quadratmeter.

Zur Ableitung dieser Bezeichnung denkt man sich um das Flächenelement dF , das mit der Beleuchtungsstärke $E = n$ Lux beleuchtet wird, eine Halbkugel mit dem Halbmesser r gelegt (Abb. 3). Seine Leuchtdichte habe den bisher noch unbekanntem Wert $x \frac{\text{Kerzen}}{\text{m}^2}$. In einer gegen die Flächennormale um den Winkel ε geneigten Richtung strahlt es mit einer

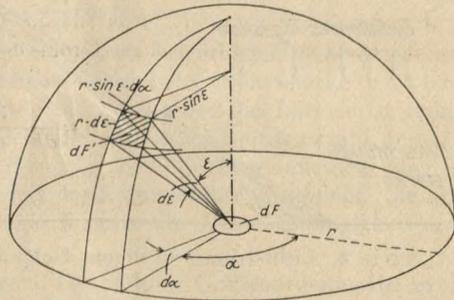


Abb. 3. Berechnung des von dem beleuchteten Flächenelement dF zurückgestrahlten Lichtstroms.

Lichtstärke $I_\varepsilon = x \cdot dF \cdot \cos \varepsilon$ [gemäß Formel (1)]. Der Teillichtstrom $d\Phi'$ nach dem Flächenelement dF' der Halbkugel beträgt somit (siehe Text zu Abb. 2):

$$d\Phi' = I_\varepsilon \cdot \frac{dF'}{r^2} = x \cdot dF \cdot \cos \varepsilon \cdot \frac{dF'}{r^2}.$$

Das Flächenelement dF' hat die Seiten $r \cdot d\varepsilon$ und $r \cdot \sin \varepsilon \cdot da$, sein Flächeninhalt ist also $dF' = r^2 \cdot \sin \varepsilon \cdot d\varepsilon \cdot da$.

Durch Einsetzen dieses Wertes für dF' erhält man für den zurückgestrahlten Teillichtstrom

$$d\Phi' = x \cdot dF \cdot \sin \varepsilon \cdot \cos \varepsilon \cdot d\varepsilon \cdot da.$$

Durch Einsetzen dieses Wertes für dF' erhält man für den zurückgestrahlten Teil-

$$\begin{aligned} \Phi' &= x \cdot dF \int_{\varepsilon=0}^{\pi/2} \int_{\alpha=0}^{2\pi} \sin \varepsilon \cos \varepsilon \cdot d\varepsilon \cdot da = x \cdot dF \cdot 2\pi \int_{\varepsilon=0}^{\pi/2} \sin \varepsilon \cos \varepsilon \cdot d\varepsilon = \\ &= x \cdot dF \cdot 2\pi \cdot \frac{1}{2} = x \cdot dF \cdot \pi. \end{aligned}$$

Der einfallende Lichtstrom Φ ergibt sich aus Formel (2) zu

$$\Phi = E \cdot dF = n \cdot dF$$

Aus der Bedingung zurückgestrahlter Lichtstrom = einfallender Lichtstrom, also $\Phi' = \Phi$, folgt:

$x \cdot dF \cdot \pi = n \cdot dF$; hieraus ergibt sich

$$x = \frac{n}{\pi}.$$

Die ideal weiße Fläche, die alles auftreffende Licht verlustlos wieder zurückstrahlt, ist ein gedachter Grenzfall. In Wirklichkeit wird nur ein Teil des auftreffenden Lichtes zurückgeworfen, der Rest wird von der beleuchteten Fläche verschluckt (absorbiert). Das Verhältnis von zurückgeworfenem zu aufgestrahltem Lichtstrom heißt Reflexionszahl (Rückwurfzahl) und wird mit ϱ bezeichnet. Ähnlich bezeichnet man beim Durchgang des Lichtes durch lichtdurchlässige Körper (Linsen, Filter) das Verhältnis des durchgelassenen zum auftreffenden Lichtstrom mit Durchlaßzahl (τ). Bei der Reflexion an rauhen Körperoberflächen und beim Durchgang durch Glas u. ä. tritt also immer ein Lichtverlust ein.

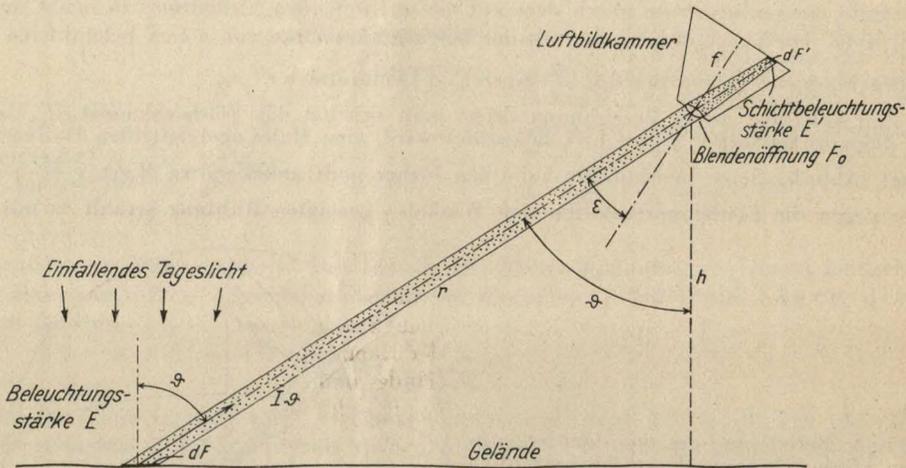


Abb. 4. Lichtstrom von einem Geländeteilchen dF nach seinem Bilde dF' .

Nach dieser Klarstellung der wichtigsten photometrischen Grundbegriffe wenden wir uns nun dem Vorgang bei der Aufnahme eines Luftbildes zu. Ein Flächenelement dF des für die folgende Durchschnittsbetrachtung als eben angenommenen Geländes (Abb. 4) wird von dem einfallenden Tageslicht mit der Beleuchtungsstärke E Lux beleuchtet. Es strahlt — als matte Oberfläche mit der Rückwurfzahl ϱ betrachtet — nach allen Seiten mit der Leuchtdichte $B = \frac{E \cdot \varrho}{\pi} \frac{\text{Kerzen}}{\text{m}^2}$, seine Lichtstärke in der Richtung ϑ auf das Objektiv der Luftbildkammer zu beträgt somit nach Formel (1)

$$I_{\vartheta} = \frac{E \cdot \varrho}{\pi} \cdot dF \cos \vartheta. \quad (3)$$

Der von dem Geländeelement dF zum Objektiv gelangende Lichtstrom Φ ergibt sich also (nach Abb. 2) zu

$$\Phi = I_{\vartheta} \cdot \frac{F_0 \cdot \cos \varepsilon}{r^2}; \quad (4)$$

hierin bedeutet F_0 die Fläche der Blendenöffnung des zunächst als flache Linse gedachten Objektivs, $F_0 \cos \varepsilon$ also den Querschnitt durch das in das Objektiv eintretende Lichtbündel. Den Durchmesser der Blendenöffnung pflegt man als Bruchteil der Objektivbrennweite f auszudrücken in der Form $d = \frac{f}{\varkappa}$; \varkappa nennt man die Öffnungszahl (z. B. 4,5 oder 6,3 usw.).

Mit der Öffnungszahl läßt sich die Blendenöffnung ausdrücken durch die Beziehung

$$F_0 = \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{f^2 \pi}{4 z^2}, \tag{5}$$

Durch Einsetzen der Formeln (5) und (3) in Formel (4) erhält man für den in das Objektiv eindringenden Lichtstrom

$$\Phi = \frac{E \cdot \varrho}{\pi} dF \cos \vartheta \frac{f^2 \pi}{4 z^2 \cdot r^2} \cos \varepsilon = E_0 \frac{dF \cos \vartheta}{r^2} \frac{f^2}{4 z^2} \cos \varepsilon. \tag{6}$$

Beim Durchtritt durch das Objektiv wird der Lichtstrom durch teilweise Absorption im Glas und Reflexion an den Glas-Luftflächen geschwächt. Er beträgt hinter dem Objektiv nur mehr

$$\Phi' = \Phi \cdot \tau \quad (\tau = \text{Durchlaßzahl des Objektivs}).$$

Der Lichtstrom Φ' fällt nach der Brechung der Strahlen im Objektiv auf das Element dF' der photographischen Schicht, das wir als Bild des Flächenelementes dF im Gelände bezeichnen. Die an der Stelle dF' erzeugte Beleuchtungsstärke E' (Schichtbeleuchtungsstärke) beträgt nach Formel (2)

$$E' = \frac{\Phi'}{dF'} = \frac{\Phi \cdot \tau}{dF'} = E_0 \tau \frac{dF \cos \vartheta}{dF' \cdot r^2} \frac{f^2 \cos \varepsilon}{4 z^2}. \tag{7}$$

Für die Größe des Flächenelementes dF' ergibt das Gesetz der perspektiven Abbildung³, wie aus Abb. 4 unmittelbar abgelesen werden kann:

$$\frac{dF \cos \vartheta}{r^2} = \frac{dF' \cos \varepsilon}{(f/\cos \varepsilon)^2} = \frac{dF' \cdot \cos^3 \varepsilon}{f^2}. \tag{8}$$

Setzt man diesen Wert in Gleichung (7) ein, so erhält man für die Schichtbeleuchtungsstärke

$$E' = E_0 \tau \frac{1}{4 z^2} \cos^4 \varepsilon. \tag{9}$$

Diese wichtige Beziehung sagt aus, daß die von einem beleuchteten Geländeteilchen in der Bildebene der Luftbildkammer hervorgerufene Schichtbeleuchtungsstärke *unabhängig* ist von der Flughöhe und von der Neigung der Kammer gegen das Lot; sie ist vielmehr nur abhängig von der Beleuchtungsstärke des Geländes und seiner Rückwurfzahl, ferner von der Durchlaßzahl und der Öffnungszahl (der „Blende“) des Objektivs, außerdem aber noch von dem Winkel ε , den das abbildende Bündel mit der Kammerachse einschließt. Sie nimmt mit wachsendem Winkel ε nach der 4. Potenz seines Kosinus ab. Diese Abhängigkeit nennt man das Lambertsche Gesetz.

Um eine Vorstellung davon zu bekommen, von welcher Größenordnung die in der Gleichung (9) auftretenden Werte in der Praxis des Luftbildwesens sind, wollen wir eine Abschätzung der einzelnen Glieder vornehmen. Es beträgt z. B. die Beleuchtungsstärke E bei gutem Bildwetter im Sommer etwa 80 000 Lux, die Rückwurfzahl ϱ für eine helle Wiese⁴ etwa 6%. Die Durchlaßzahl τ ergibt sich aus der Absorption im Glas (etwa 5%) und der Reflexion an sechs bis acht Glasluftflächen (je etwa 4%) zu rund 70%. Für die Öffnungszahl z wählen wir als Beispiel 4,5 und für ε den Wert Null, d. h. wir betrachten die Schichtbeleuchtungsstärke in Bildmitte (E'_0). Setzt man diese Werte in Gleichung (9) ein, so erhält man für die Schichtbeleuchtungsstärke

$$E'_0 \sim 80\,000 \cdot 0,06 \cdot 0,70 \cdot \frac{1}{4 \cdot 4,5^2} \sim 42 \text{ lx}.$$

Die allgemeine Abnahme der Schichtbeleuchtungsstärke von der Bildmitte nach dem Rande zu wird in der praktischen Photographie allgemein als *Lichtabfall* bezeichnet. Dieser Lichtabfall setzt sich aus mehreren Anteilen zusammen, die verschiedene physikalische Ursachen haben. Der Anteil des Lichtabfalls, der gemäß Gleichung (9) der 4. Potenz des

³ Hier soll nur von der Abbildung durch Objektive im üblichen Sinne die Rede sein, d. h. von Linsenfolgen, die die geometrischen Gesetze der perspektiven Abbildung ohne nennenswerte Abweichung (Verzeichnung) praktisch verwirklichen.

⁴ Nach Messungen von Schimpf [1] (siehe Schrifttumsverzeichnis am Schluß).

Kosinus des Einfallswinkels ϵ proportional ist, soll als Lambertabfall bezeichnet werden. Seinen Verlauf zeigt Abb. 5. Man sieht hieraus, daß der Lichtverlust durch den Lambertabfall mit wachsendem Einfallswinkel ϵ rasch zunimmt. Damit ist der an sich oft sehr erwünschten Erweiterung des Bildfeldes von Luftbildkammern bald eine natürliche Grenze gesetzt, weil die allgemeine Beleuchtungsstärke gegen die Bildränder zu sonst so gering wird, daß bei den notwendigen kurzen Belichtungszeiten kein brauchbares photographisches Bild mehr entsteht.

Bei der Ableitung der Gleichung (9) hatten wir angenommen, daß das Objektiv eine flache Linse sei, die wie eine kreisförmige ebene Öffnung das einfallende Lichtbündel be-

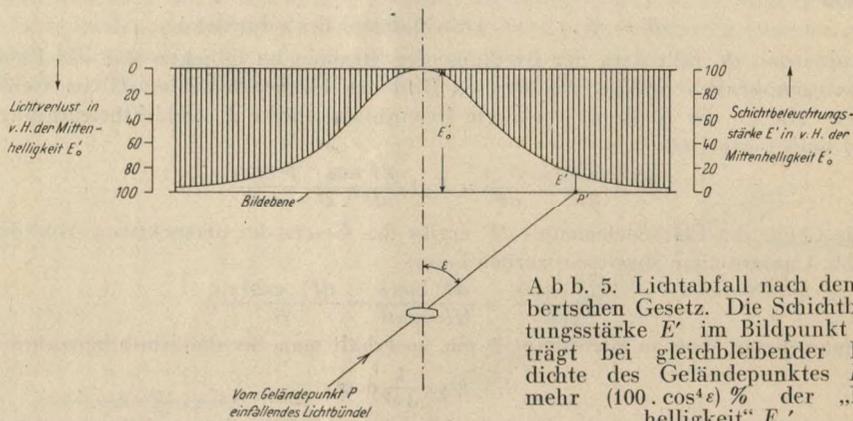


Abb. 5. Lichtabfall nach dem Lambert'schen Gesetz. Die Schichtbeleuchtungsstärke E' im Bildpunkt P' beträgt bei gleichbleibender Leuchtdichte des Geländepunktes P nur mehr $(100 \cdot \cos^4 \epsilon) \%$ der „Mittenhelligkeit“ E_0' .

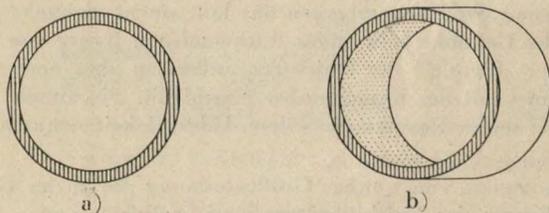


Abb. 6. Abschattung. Anblick der Objektivöffnung: a) von der Bildmitte, b) von einem seitlich gelegenen Bildpunkte aus.

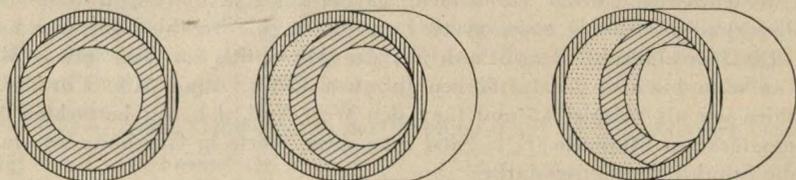


Abb. 7. Verringerung der Abschattung durch Ablenden des Objektivs.

grenzt. Diese einfache Vorstellung ist jedoch für Objektive mit größerem Öffnungsverhältnis und Bildfeld, wie sie im Luftbildwesen verwendet werden, nicht mehr aufrechtzuerhalten. Der röhrenähnliche Aufbau solcher Objektive bedingt vielmehr, daß schräg zur Achse einfallende Lichtbündel durch die Fassung zum Teil abgeschattet werden. Die Objektivöffnung erscheint in diesem Fall vom Bildpunkt aus gesehen nicht mehr kreisförmig, wie es bei einer einfachen Linse der Fall wäre, sondern zu einem Kreiszweieck verengt (Abb. 6), und zwar um so mehr, je schräger die Strahlen das Objektiv durchsetzen. Diese Abschattung stellt also einen zusätzlichen, ebenfalls von der Bildmitte zum Bildrand wachsenden Lichtverlust dar. Ihre Größe hängt von der Bauart des Objektivs ab, während der Lambertabfall

ganz allgemein gilt und somit die unterste Grenze angibt, die der Lichtabfall auf jeden Fall erreichen muß. Die Abschattung ist bei voller Objektivöffnung am größten. Bei abgeblendetem Objektiv setzt sie erst bei größeren Einfallswinkeln ein, wie Abb. 7 schematisch zeigt.

Der Lichtabfall in der Luftbildkammer setzt sich also aus Lambertabfall und Abschattung zusammen. Weitere Anteile, wie sie durch die Zunahme der Reflexion an den Glasluftflächen und des Lichtweges im Glase bei schrägem Strahleneinfall verursacht werden, sollen als praktisch unerheblich hier nicht weiter berücksichtigt werden.

Für zwei im Luftbildwesen sehr gebräuchliche Objektive der Zeisswerke, nämlich das Orthometar $f : 4,5$ und das Topogon $f : 6,3$, ist in Abb. 8 der Lichtabfall⁵ in einem Haupt-

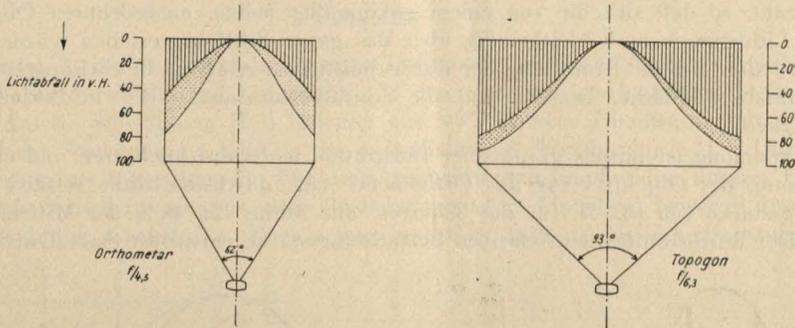


Abb. 8. Lichtabfall bei zwei gebräuchlichen Luftbildobjektiven (auf gleiche Brennweite bezogen). = Lambertabfall, = Abschattung.

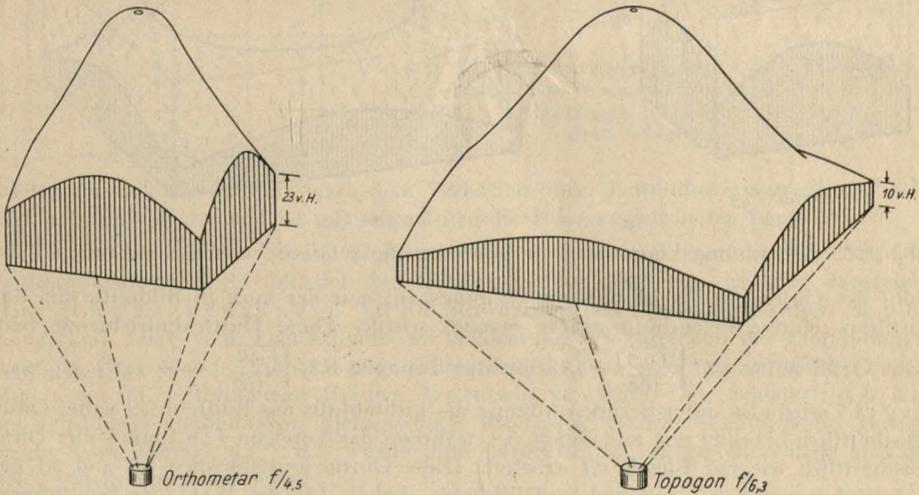


Abb. 9. Beleuchtungskuppen von zwei gebräuchlichen Luftbildobjektiven.

schnitt durch die Bilddiagonale dargestellt. Die Verteilung der Beleuchtungsstärke über das ganze Bildfeld (gleichmäßig helles Gelände vorausgesetzt) erhält man, wenn man sich die Kurven der Abb. 8 um die optische Achse gedreht denkt. Es entstehen dann Umdrehungskörper von der Form einer über der Bildmitte sich erhebenden Kuppe, die sehr anschaulich zeigen, wie die Beleuchtungsstärke gegen die Ränder und Ecken des Bildes abnimmt (Abb. 9).

⁵ Nach Traenkler [2].

Es soll deshalb die durch den Lichtabfall hervorgerufene charakteristische Verteilung der Beleuchtungsstärke auf der Bildschicht kurz die „Beleuchtungskuppe“ genannt werden. Sie hat in Bildmitte die Höhe 100 v.H., d.h. die Mittenhelligkeit ist die Bezugsgröße für den Lichtabfall. Die Randwerte der Beleuchtungskuppen sind in Abb. 9 für die beiden Objektivmuster zum Vergleich eingetragen.

Aus der unterschiedlichen Form der beiden in Abb. 9 dargestellten Beleuchtungskuppen ist ohne weiteres zu erkennen, daß die übliche Angabe des Öffnungsverhältnisses nicht genügt, um zwei Objektive verschiedener Bauart und mit verschiedenem Gesichtsfeld bezüglich der benötigten Belichtungszeit zu vergleichen. Eine zuverlässigere Angabe der praktischen „Lichtstärke“ eines Objectives erhält man, wenn man sich seine Beleuchtungskuppe eingeebnet denkt, so daß sich die von einem gleichmäßig hellen, ausgedehnten Objekt eingestrahlte Lichtenergie auch gleichmäßig über das ganze Bildfeld verteilen würde. Photometrisch bedeutet dies die Ermittlung der durchschnittlichen relativen Beleuchtungsstärke für die ausgenutzte Bildfläche, bezogen auf die Schichtbeleuchtungsstärke in Bildmitte (die Mittenhelligkeit).

Die Berechnung ist mittels graphischer Integration leicht durchzuführen und ergibt bei voller Öffnung des Objectivs für das Orthometar eine durchschnittliche relative Schichtbeleuchtungsstärke von 60,5 %, für das Topogon eine solche von 48 % der Mittenhelligkeit (Abb. 10). Der durchschnittlichen relativen Beleuchtungsstärke entspricht eine „Durchschnitts-

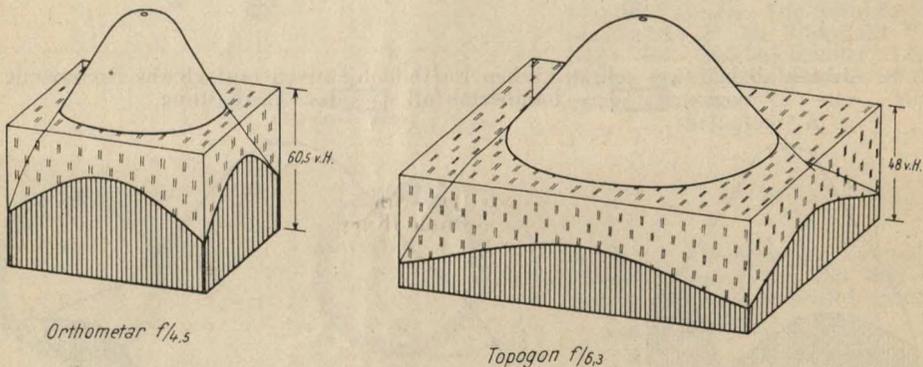


Abb. 10. Beleuchtungskuppe und durchschnittliche relative Schichtbeleuchtungsstärke.

blende“ des Objectivs. Es ist dies die Öffnungszahl, mit der auch in Bildmitte die durchschnittliche relative Beleuchtungsstärke erzeugt würde. Diese Durchschnittsblende beträgt für das Orthometar $4,5 / \sqrt{\frac{60,5}{100}} = 5,8$, für das Topogon $6,3 / \sqrt{\frac{48}{100}} = 9,1$. Mit dem Orthometar $f : 4,5$ wird also unter Berücksichtigung des Lichtabfalls das Bildfeld bei voller Öffnung durchschnittlich belichtet wie mit Blende 5,8, während das Topogon $f : 6,3$ mit voller Öffnung durchschnittlich wie mit Blende 9,1 arbeitet. Diese Durchschnittsblendens 5,8 und 9,1 geben dem Luftphotographen einen viel verlässlicheren Anhalt für die Wahl der Belichtungszeit und den Vergleich beider Objectivtypen bezüglich ihrer „Lichtstärke“ als die nur für die Bildmitte geltenden Öffnungszahlen 4,5 und 6,3.

Das photographische Bild entsteht nun dadurch, daß durch Öffnen des Verschlusses für eine kurze Zeitspanne — die Belichtungszeit (t) — das Licht an jeder Stelle des vom Objectiv entworfenen Projektionsbildes gemäß der dort herrschenden Beleuchtungsstärke E' auf die photographische Schicht einwirkt. Die Größe dieser Wirkung ist abhängig von dem Produkt aus Beleuchtungsstärke und Belichtungszeit ($E' \cdot t$), das Belichtung genannt und in Luxsekunden (lxsek.) ausgedrückt wird. Die Belichtung ist vergleichbar einer Arbeitsgröße, die ja auch in Wattsekunden ausgedrückt werden kann. Sie ruft im

Feingefüge der photographischen Schicht Veränderungen hervor, die entsprechend der Beleuchtungsstärke abgestuft sind und ein zunächst unsichtbares (latentes) Bild darstellen. Durch das Entwickeln der Schicht wird das latente Bild sichtbar gemacht — es entsteht das photographische Negativ, das aus verschiedenen abgestuften Grautönen aufgebaut ist.

Um die Graustufen des photographischen Bildes mit der Helligkeitsabstufung (richtiger Leuchtdichteabstufung) im Gelände vergleichen und damit den Vorgang der photographischen Abbildung genauer beschreiben zu können, müssen wir ein Maß für die vom Licht (einschließlich der nachträglichen Entwicklung) auf der photographischen Schicht hervorgebrachte Wirkung festsetzen. Die belichtete Schicht ist nach der Entwicklung verschieden stark geschwärzt. Zur zahlenmäßigen Feststellung dieser Schwärzung (S) dient die Beziehung

$$S = \lg \frac{J_0}{J} ; \tag{10}$$

hierin bedeutet J_0 die von einer bestimmten Lichtquelle an einer völlig ungeschwärzten Stelle des Films durchgelassene Lichtenergie, J den von der geschwärzten Stelle durchgelassenen Anteil. Schwärzung Null bedeutet also vollkommene Durchsichtigkeit; ein Bildelement mit der Schwärzung 1 läßt $1/10$ des auftreffenden Lichtes hindurch. Die Darstellung der Schwärzung als logarithmische Funktion entspricht der Empfindung unseres Gesichtsinnes: Gleiche Schwärzungsunterschiede (in logarithmischen Einheiten) bewertet unser Auge als gleichabständige Graustufen. Ebenso wird natürlich auch die Helligkeitsabstufung von

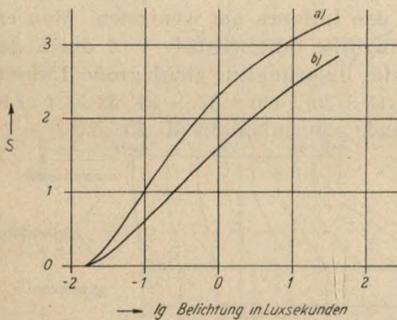


Abb. 11. Schwärzungskurven von Fliegerfilm für normale (Kurve a) und weiche (Kurve b) Entwicklung. Aufgetragen ist die „Schwärzung über dem Schleier“.

Einzelheiten im Gelände beurteilt nach dem Verhältnis ihrer Leuchtdichte bzw. ihrer Rückwurfzahl, was gleichbedeutend ist mit dem Unterschied der zugeordneten Logarithmen.

Der Zusammenhang von Schwärzung und Belichtung ist stark von den Eigenschaften der photographischen Schicht und der Art der Entwicklung abhängig. Er wird dargestellt durch eine Schwärzungskurve, die die Schwärzung (als Empfindungsstufen im Bild) in Abhängigkeit zeigt vom Logarithmus der Belichtung (entsprechend der Empfindungsabstufung im Gegenstand). Abb. 11 zeigt Schwärzungskurven eines neuzeitlichen Fliegerfilms, der in der im Luftbildwesen üblichen Art entwickelt wurde. Der „Schleier“, d. h. eine von der Belichtung unabhängige, gleichmäßige, die ganze Schicht überlagernde geringe Schwärzung (vom Betrage 0.1... 0.2) wurde nicht berücksichtigt, dargestellt wurde also die nutzbare „Schwärzung über Schleier“.

Die Abstufung der Helligkeitswerte im Objekt entspricht der Abstufung der Reflexionszahlen ρ . Für diese hat man durch Messung [1] etwa folgende Werte gefunden:

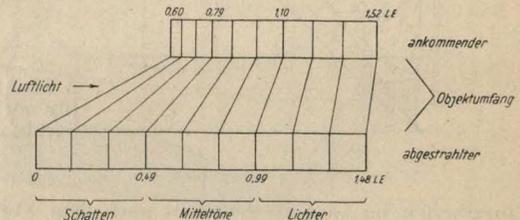
dunkle Stelle im Wald (extrapoliert)	1 %
Wald im Durchschnitt	2 %
Wiese im Durchschnitt	6 %
heller Sandweg etwa	25 %
heller Kalkfels etwa	30 %

Der Leuchtdichteumfang (Helligkeitsumfang) des Geländes als Objekt für das Luftbild beträgt also unter durchschnittlichen Verhältnissen etwa 1 : 30. Wir bezeichnen diesen Um-

fang forthin als abgestrahlten Objekumfang. Zur Untersuchung des Abbildungsvorganges teilen wir diesen Umfang von $1:30 \cong 1,48$ L. E. (logarithmische Einheiten) in neun empfindungsgleiche Stufen; ihre Leuchtdichten verhalten sich also wie $1:1,46$, entsprechend einem Schritt von $0,165$ L. E. Den gesamten Objekumfang von neun Stufen teilen wir zur Übersicht in drei „Tonwertgruppen“, nämlich Schatten (Stufe 1–3), Mitteltöne (4–6) und Lichter (7–9). Eine „richtige“ Tonwertwiedergabe durch die Photographie müßte diese Helligkeitsstufen im gleichen Abstand wiedergeben.

Zum Objektiv der Luftbildkammer gelangt nun aber nicht nur das von den Flächen- teichen des Geländes zurückgestrahlte Licht, sondern auch das von den Schwebeteilchen in der Luftschicht zwischen Gelände und Objektiv zurückgeworfene Streulicht, das Luftlicht. Nehmen wir als Beispiel für einen verhältnismäßig klaren Tag an, es betrage 3 % des auf das Gelände einfallenden Tageslichtes. Dann gelangt also von jeder Stelle des Geländes nicht nur der ihrer Reflexionszahl entsprechende Lichtstrom zum Objektiv der Luftbildkammer, sondern zusätzlich noch ein vom Luftlicht herrührender, der der „Reflexionszahl“ 3 % des Luftlichtes entspricht und sich dem „Geländelicht“ überlagert. Die niedrigste Stufe des vorhin beschriebenen Objekumfangs beträgt also statt 1 % jetzt $1+3 = 4\%$, die höchste nicht mehr 30 %, sondern $30+3 = 33\%$. Der am Objektiv der Luftbildkammer ankommende Objekumfang ist also von $1:30$ auf $4:33$ oder $1:8,25$ verringert worden. Dieses Zusammendrängen des Objekumfangs durch das Luftlicht erfolgt jedoch nicht gleichmäßig, sondern in den Schatten am stärksten, in den Lichtern am wenigsten. Man erkennt dies leicht, wenn man beachtet, daß die ursprüngliche Schattenstufe $1:2$ durch das Luftlicht zu $(1+3):(2+3) = 1:1,25$ wird, während die ursprünglich gleich große Lichterstufe $15:30 (= 1:2)$ durch das Luftlicht das Verhältnis $(15+30):(30+3) = 18:33 = 1:1,83$

Abb. 12. Verkleinerung und Verzerrung des Objekumfangs durch das Luftlicht. Die Deformation der ursprünglich als Quadrate dargestellten Stufen in Rechtecke zeigt anschaulich das Maß der Verzerrung durch das Luftlicht.



annimmt. In Empfindungsstufen ausgedrückt, wird durch das Luftlicht im tiefsten Schatten eine Stufe von $0,3$ L. E. auf $0,1$ L. E. herabgedrückt, in den höchsten Lichtern nur von $0,3$ L. E. auf $0,26$ L. E. Der ankommende Objekumfang wird also durch das Luftlicht gegenüber dem abgestrahlten Objekumfang nicht nur verringert, sondern auch verzerrt. Abb. 12 veranschaulicht diese Tatsache an dem in neun gleiche Stufen eingeteilten abgestrahlten Objekumfang von $1:30$.

Die durch das Luftlicht verzerrte „Tonleiter“ der Helligkeitsstufen im Gelände wird nun vom Objektiv auf den Film projiziert und dort durch die Belichtung und nachfolgende Entwicklung in eine neue „Tonleiter“ umgesetzt, die den abgebildeten Objekumfang darstellt. Man kann ihn zeichnerisch mit Hilfe der Schwärzungskurve bestimmen, indem man (Abb. 13) die Tonleiter des ankommenden Objekumfangs an einer beliebigen, durch die Belichtungszeit wählbaren Stelle anlegt. Ihre einzelnen Stufen stellen Belichtungswerte in logarithmischen Einheiten dar. Zu diesen Belichtungswerten liefern die Ordinaten der Schwärzungskurve die zugehörigen Schwärzungen. Projiziert man alle Schwärzungswerte nach rechts auf die zur höchsten Stufe gehörige Ordinate, so entsteht die Tonleiter des abgebildeten Objekumfangs senkrecht unter der bei einer bestimmten Belichtungszeit erzielten Maximalschwärzung S_{max} . Man erkennt aus der Abbildung, daß der abgebildete Objekumfang je nach der Steilheit (dem „Gamma“) der Schwärzungskurve, die ja durch die Entwicklung beeinflusst werden kann (vgl. Abb. 11), gegenüber dem ankommenden Objekt-

umfang auseinandergezogen oder zusammengedrängt wird, daß aber die durch das Luftlicht hervorgerufene charakteristische Verzerrung, die Verminderung der Kontraste in den Schatten, erhalten bleibt und durch die leicht S-förmige Gestalt der Schwärzungskurve eher noch weiter verschlechtert wird. Abb. 14 zeigt, welche typische Form die Schwärzungskurve

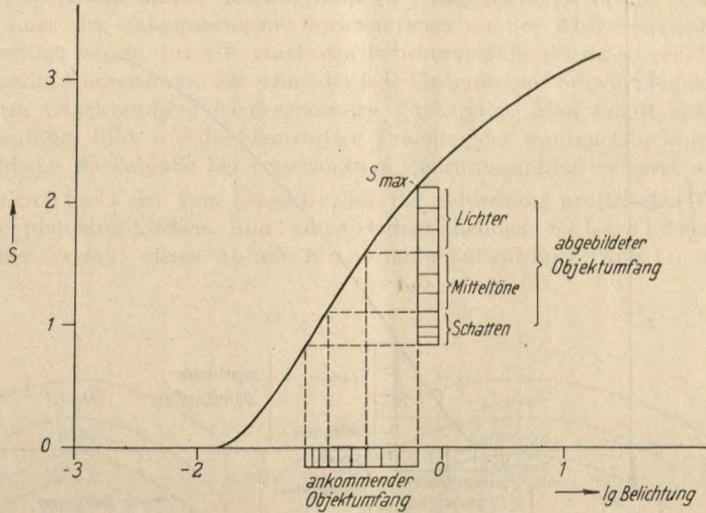


Abb. 13. Bestimmung des abgebildeten Objektumfangs aus der Schwärzungskurve.

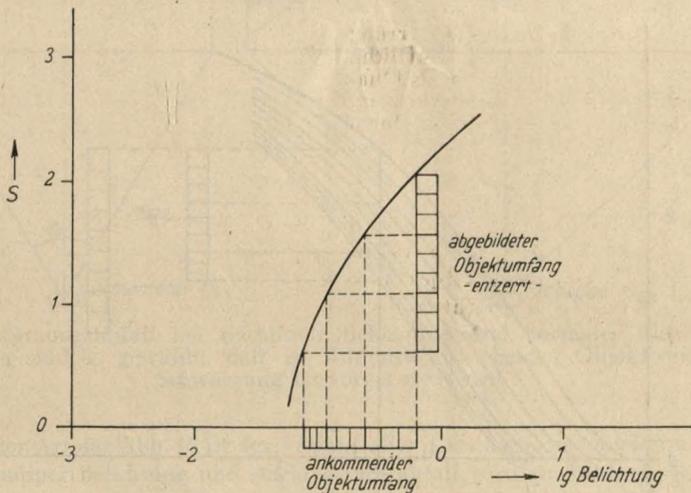


Abb. 14. Typische Form einer Schwärzungskurve, durch die die Verzerrung der Tonstufen durch das Luftbild kompensiert (entzerrt) würde.

eines Fliegerfilms haben müßte, um diese Verzerrung durch das Luftlicht im photographischen Prozeß wieder auszugleichen. Leider scheint zur Zeit keine Möglichkeit zu bestehen, dieses schwierige photochemische Problem unter gleichzeitiger Wahrung der sonst für einen guten Fliegerfilm erforderlichen Eigenschaften zu lösen.

Verringert sich die Belichtung des ankommenden Objektumfangs — z. B. durch Wahl einer zu kurzen Belichtungszeit, durch geringe Beleuchtungsstärke des Geländes oder infolge

des Lichtabfalls —, so kann der Fall eintreten, daß die Schichtbeleuchtungsstärke der lichtschwachen Schattentonwerte nicht mehr hinreicht, um auf der Schicht überhaupt noch eine Schwärzung hervorzurufen. Es ist dies der Fall der Unterbelichtung (Abb. 15), der bei Luftbildern aus zwei Gründen besonders gefährlich ist. Einmal sind ja durch das Luft-

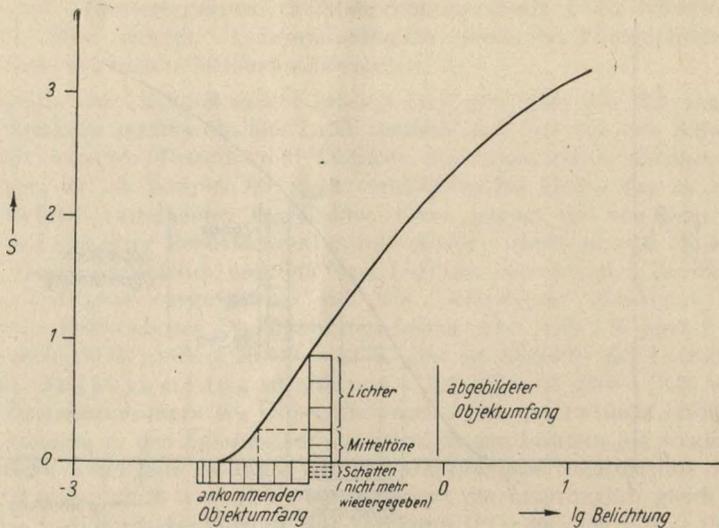


Abb. 15. Abgebildeter Objektumfang bei Unterbelichtung. Die Schattentöne werden von der Photographie nicht mehr wiedergegeben.

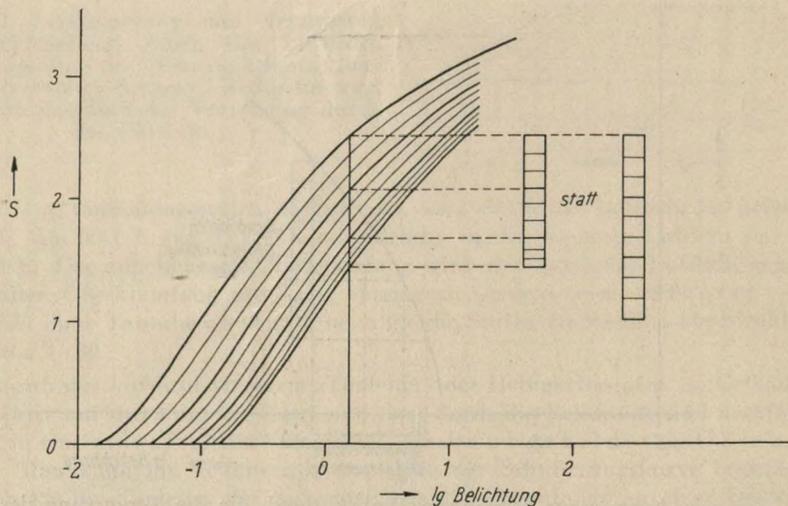


Abb. 16. Verlauf der durch Luftlicht und photographische Wiedergabe verzerrten Helligkeitsstufen des abgestrahlten Objektumfangs. Zur Veranschaulichung ist eine der durch jede Ordinate bestimmten Tonleitern rechts nochmals besonders herausgezeichnet.

licht im ankommenden Objektumfang die Schattentöne sehr stark zusammengedrängt, so daß schon bei Unterdrückung einer kleinen Stufe des ankommenden Objektumfangs ein verhältnismäßig großer Teil des abgestrahlten „wahren“ Objektumfangs, also eine beträchtliche Anzahl „wirklicher“ Details, im photographischen Bild überhaupt nicht mehr dar-

gestellt wird. Zweitens liegen unter normalen Verhältnissen beim Luftbild die bildwichtigen Einzelheiten zum größten Teil in den Schatten und Mitteltönen, während die Lichter meist inhaltlich unerheblich sind und außerdem flächenmäßig nur einen geringen Bruchteil des ganzen Bildes ausmachen.

Führt man die Konstruktion des abgebildeten Objektfangs, die in Abb. 13 für nur eine mögliche Lage des ankommenden Objektfangs an der Abszissenachse der Belichtungen durchgeführt wurde, für alle möglichen Belichtungsfälle durch, so erhält man die in Abb. 16 dargestellte Kurvenschar. Sie schneidet jede Ordinate der Schwärzungskurve in einer den abgebildeten Objektfang wiedergebenden Punktreihe. Man erhält auf diese Weise ein sehr anschauliches Bild, wie die neunstufige Tonleiter des wahren Objektfangs durch die photographische Wiedergabe bei verschiedenen Belichtungszeiten verzerrt wird.

Der Lichtabfall des vom Objektiv auf die Bildschicht projizierten Geländebildes verursacht im photographischen Bild einen entsprechenden Schwärzungsabfall. Abb. 17 zeigt den Verlauf dieses Abfalls für normale Entwicklung (Abb. 11) und reichliche

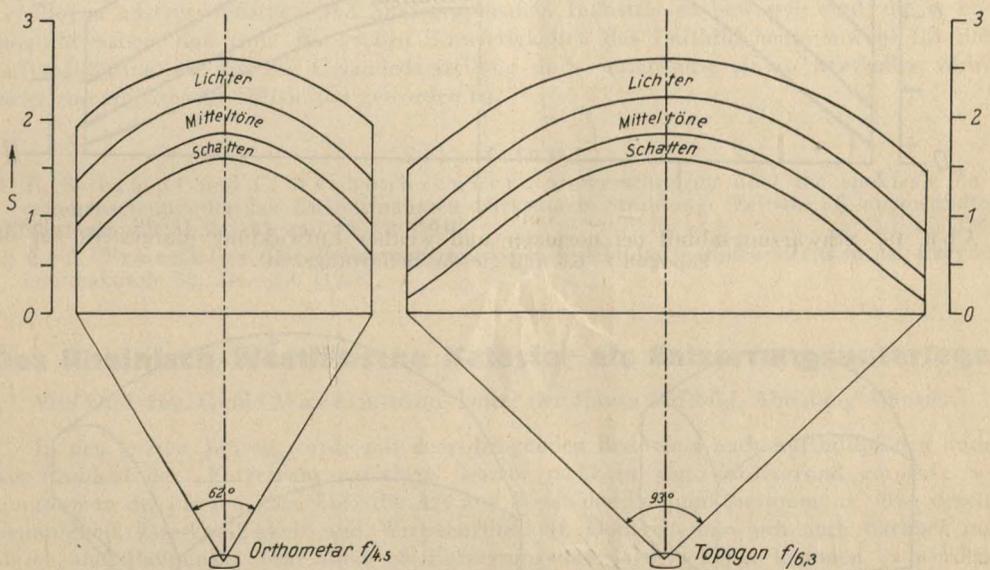


Abb. 17. Schwärzungsabfall bei reichlicher Belichtung und normaler Entwicklung. Die Belichtungszeiten sind so gewählt, daß in Bildmitte bei beiden Objektiven die gleiche Schwärzung hervorgerufen wird.

Belichtung. In der Art der Abb. 16 ist der Verlauf aller Tonstufen des Objektfangs wiedergegeben. Bei knapper Belichtung und starkem Lichtabfall wird am Bildrand nicht mehr der ganze Objektfang wiedergegeben, es tritt dann in den äußeren Bildteilen der gefürchtete Verlust an Schattentönen auf. Die (in der Kopie) allgemein zu dunkle Wiedergabe der äußeren Bildteile infolge des Schwärzungsabfalls im Negativ kann wohl durch Kunstgriffe einigermaßen ausgeglichen werden. Bekannte Mittel hierfür sind stärkere Beleuchtung der Negativmitte durch verstellbare Lampen oder Blenden im Kopiergerät, „Abwedeln“ der äußeren Bildteile, verlaufende Einfärbung mit Lasurfarben (z. B. Neucocain) u. ä. Die Verkürzung des abgebildeten Objektfangs am Bildrand gegenüber der Bildmitte bei knapper Belichtung — noch weniger natürlich das Ausfallen von Schattentönen bei Unterbelichtung — kann jedoch durch kein Mittel beim Kopieren wieder rückgängig gemacht werden. Bei starkem

Lichtabfall sehen daher die äußeren Bildteile gegenüber der Mitte immer mehr oder weniger flau und kraftlos aus. Sie erscheinen deshalb häufig als weniger „scharf“, obwohl die Ursache für diesen Eindruck oft nicht so sehr die geringere Abbildungsschärfe des Objektivs als der

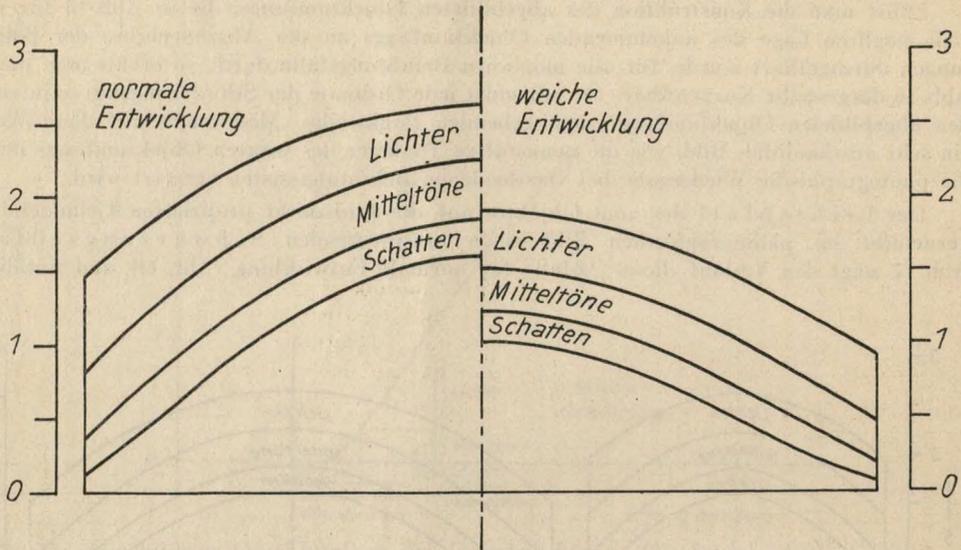


Abb. 18. Schwärzungsabfall bei normaler und weicher Entwicklung (dargestellt für das Topogon $f/6,3$ und gleiche Belichtungszeit).

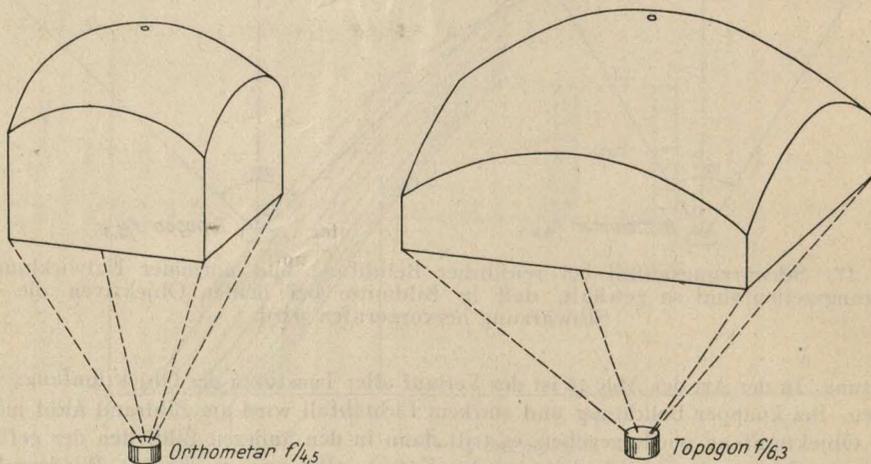


Abb. 19. Schwärzungskuppen für die Mitte des abgestrahlten Objektfangs ($\varrho = 5,5\%$). Belichtungen und Entwicklung wie in Abb. 17.

geringere Kontrast ist. Flaue, kontrastlose Bilder sind auch bei bester „optischer“ Schärfe für den Beschauer „unscharf“, weil ihm durch das enge Zusammendrängen der Helligkeitsunterschiede die Unterscheidung von Einzelheiten in ähnlicher Weise erschwert wird wie durch das Verwischen der Konturen bei „unscharfer“ optischer Abbildung.

Der Schwärzungsabfall kann gemildert werden durch weiche Entwicklung (Ausgleichsentwicklung). Das Ergebnis zeigt Abb. 18. Weiche Entwicklung bringt immer einen gewissen Verlust an Tonstufen mit sich. Man wendet sie hauptsächlich an, um die Durchsichtsbetrachtung des Negativs (z. B. in Ausmeßgeräten) dadurch zu erleichtern, daß hohe, schlecht durchsichtige Schwärzungen vermieden werden, zweitens, um die Kopierbarkeit der Negative zu verbessern. Weiche Negative haben einen kleinen abgebildeten Objektumfang; der große abgebildete Objektumfang eines normal oder gar kräftig entwickelten Luftbildnegativs kann von den Kopierpapieren meist nicht mehr ganz wiedergegeben werden.

Die Verteilung des Schwärzungsabfalls über das ganze Bildfeld veranschaulicht die Schwärzungskuppe, die in Abb. 19 für die Mitte des abgestrahlten Objektumfangs ($\varrho = 5,5\%$) und die der Abb. 17 zugrunde gelegten Belichtungen dargestellt ist.

Die vorstehende ausführliche Darstellung der Lichtverteilung in Luftbildern bezweckt in erster Linie, die Benutzer von Luftbildern auf die gegebenen Grenzen der photographischen Abbildung hinzuweisen und zu verhindern, daß unbillige Forderungen an die Bildgüte gestellt werden. Es sollte gleichzeitig das Verständnis dafür vertieft werden, wie hoch die Leistungen unserer optischen und photographischen Industrie zu bewerten sind, die es ermöglicht haben, daß trotz der großen Schwierigkeiten das Luftbild heute sowohl für die Luftaufklärung wie für die Geländedarstellung und -vermessung ein so wertvolles, nicht mehr zu entbehrendes Hilfsmittel geworden ist.

Schrifttum.

- [1] R. Schimpf und C. Aschenbrenner: Untersuchungen über die spektrale Zusammensetzung der bei Luftaufnahmen wirksamen Strahlung. Zeitschr. f. angewandte Photographie II, 41—45 und 49—51 (1940).
- [2] C. A. Traenkle: Die Belichtungszeiten bei Luftbildaufnahmen. Zeitschr. f. Instrumentenkunde 58, 241—250 (1938).

Das Rheinisch-Westfälische Kataster als Entzerrungsunterlage

Von Dipl.-Ing. Guido Martin, techn. Leiter der Hansa Luftbild, Abteilung Münster.

In den letzten Jahren wurde mit dem dringenden Bedürfnis nach Luftbildplänen auch das Problem der „Entzerrungsunterlage“ immer mehr in den Vordergrund gerückt. So konnte man des öfteren lesen über die Art und Weise der Paßpunktbestimmung, über deren Genauigkeit, Zweckmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit. Doch ist man sich auch darüber im klaren, daß Paßpunkte nicht allein als Entzerrungsunterlage in Frage kommen, es werden vorteilhaft z. B. auch Katasterpläne oder andere Pläne und Karten verwendet, allerdings nur, sofern sie einer neueren Messung entnommen sind und ein Koordinatennetz enthalten.

Wird heute eine Behörde oder Dienststelle vor die Aufgabe gestellt, schnell, billig und doch einwandfreies Planmaterial zu beschaffen, und faßt sie den Entschluß zur Auftragserteilung von Bildplanarbeiten, dann muß gleichzeitig auch die Frage nach dem Vorhandensein bzw. nach der Beschaffung der dazu erforderlichen Entzerrungsunterlagen im engen Einvernehmen zwischen Auftraggeber und Hansa Luftbild geklärt werden¹.

Die einfachste Beschaffung der Unterlagen bietet sich beim Vorhandensein von Blättern der deutschen Grundkarte, der Katasterplankarte oder von Katasterkarten einer Neumessung, da diesen bereits das Gauß-Krügersche Koordinatennetz zugrunde gelegt ist. Trifft

¹ Einige Hinweise hierfür in „Luftbild und Luftbildmessung“ Nr. 17, S. 45, für die Praxis leicht verständlich zusammengefaßt und auf das Wichtigste beschränkt, werden in vielen Fällen dem Auftraggeber, der die vertragliche Verpflichtung zur Lieferung geeigneter Unterlagen übernimmt, entsprechende Anhaltspunkte für die Beurteilung in die Hand geben.

letzteres nicht zu — und dies ist meist der Fall — dann wäre wohl die Paßpunktbestimmung am Platze².

Nur allzuoft, für uns Luftbildner „leider“, muß die unmittelbare Paßpunktbeschaffung umgangen werden, da sowohl die terrestrische Einmessung wie auch die Bestimmungen durch Bildtriangulation zusätzliche Kosten verursachen und des öfteren dazu geeignet sind, das Zustandekommen größerer Bildplanarbeiten zu verhindern oder zumindest erheblich zu verzögern. Vielfach wird dann in solchen Fällen das Meßtischblatt als Entzerrungsunterlage verwandt, das jedoch auf Grund seiner Eigenart als topographische Karte 1 : 25 000, dazu nach einer für diese Zwecke erforderlichen fünffachen Vergrößerung die Einhaltung der für die Bildpläne 1 : 5000 geforderten Genauigkeit (Höchstfehler 1 mm) zu garantieren nicht immer und überall in der Lage sein kann.

Eine andere Möglichkeit, eine wirklich gute Entzerrungsunterlage zu schaffen, bildet die Verwendung von altem Planmaterial aus den ersten Anfängen des Katasters der Jahre 1820 bis 1835, also des sogenannten Urkatasters. Auf dieses alte Kataster wird man im Rheinland und in Westfalen des öfteren zurückkommen müssen, da man vor allem hier die Karten alter Katasteraufnahmen vom Anfang des 19. Jahrhunderts vorherrschend findet, dazwischen zerstreut kleinere Gebiete, z. T. Einzelgemeinden, mit neuerem Kataster. Die Abbildungen 3 und 5, Ausschnitte von Bildplanaufträgen aus dem Mosel- und Siegtal, geben ein eindrucksvolles Bild dieser für unsere Zwecke ungünstigen Mischung von Katastermaterial. Da die Verwendung dieser alten Katasterpläne als Entzerrungsunterlage, bzw. die Umformung und die Bereitstellung dieser Karten als Entzerrungsunterlage von seiten des Auftraggebers im allgemeinen jedoch auf verhältnismäßig große Schwierigkeiten stößt, soll im folgenden gezeigt werden, wie die Hansa Luftbild bei einer Reihe derartiger Versuchs- und Untersuchungsarbeiten allmählich gewisse Erfahrungen gesammelt und daraus folgernd sich die entsprechenden Methoden angeeignet hat, aus „anscheinend“ unbrauchbaren und veralteten Katasterkarten eine einwandfreie Entzerrungsunterlage zu schaffen. Außerdem soll dies eine Anregung bilden für weitere derartige Untersuchungen, die im Interesse einer wirtschaftlichen Gestaltung der Luftbildmessung als äußerst erstrebenswert erscheinen. Ich möchte dabei an eine Veröffentlichung von A. Pfitzer erinnern in Zeitschrift für Vermessungswesen 1913, Heft 1 „Zur Geschichte des Rheinisch-Westfälischen Katasters“. Es ist dort u. a. zu lesen: „Auch werden viele Landmesser im Rheinland und Westfalen nicht nur den Wunsch, sondern oft geradezu das praktische Bedürfnis haben, sich über die ganze Anlage des Urkatasters und seinen ursprünglichen wahren Wert zu unterrichten, und sie vermissen eine ausführliche, geschichtliche Darstellung des Katasters, dessen Fortführung und Verwaltung heute noch zu einem sehr großen Teile Hauptaufgabe ihrer beruflichen Tätigkeit ist.“

Dieser obengenannten Veröffentlichung, ferner dem Werk „Das deutsche Vermessungswesen“ von Dr. W. Jordan und K. Steppes wurden die verschiedenen geschichtlichen Angaben entnommen, deren Kenntnis ich für die Beurteilung der Zusammenhänge der nachfolgend aufgeführten Arbeiten voraussetzen mußte.

Nachdem durch den Frieden von Lunéville im Jahre 1801 das linke Rheinufer französisch geworden war, begann sich der damalige französische Vorsprung in geodätischer Hinsicht auch auf diese Gebiete auszuwirken. Es wurde bald eine umfangreiche Parzelleraufnahme eingeleitet, entsprechend dem 1811 erlassenen: „Recueil Methodique des Lois, decrets, reglements instructions et décisions sur le Cadastre de la France.“ Nach Jordan-Steppes, „Das deutsche Vermessungswesen“, wurde darin bestimmt, „daß in jeder Gemeinde eine Standlinie zu messen und nach der Magnetonadel zu orientieren sei. Von der Basis ausgehend,

² Näheres über die Art der Bestimmung, über die Anzahl und Auswahl der Punkte, ob terrestrisch einzumessen oder durch Bildtriangulation auf photogrammetrischem Wege zu bestimmen, dies alles war bereits der Gegenstand früherer Abhandlungen, so z. B. in „Luftbild und Luftbildmessung“ Nr. 12, S. 14; Nr. 17, S. 11, 18, 29 und 32.

seien zunächst die Seiten des die Gemeinde überspannenden Dreiecksnetzes und danach die rechtwinkligen Abstände der Dreieckspunkte vom Meridian und Parallel des Kirchturms der Gemeinde zu berechnen“. Nach diesen Bestimmungen erfolgte also zunächst die Katasteraufnahme der damals französischen linksrheinischen Gebiete. Nachdem dann im Jahre 1815 auch linksrheinische Gebiete, wie z. B. die heute linksrheinischen Gebiete der Rheinprovinz, wieder an Deutschland kamen, wurde durch Kabinettsorder vom 26. Juli 1820 bestimmt, daß nach denselben Grundsätzen auch die rechtsrheinischen Teile der westlichen Provinzen aufgenommen werden sollten.

Eine wesentliche Änderung und auch bereits schon Vereinheitlichung erfuhren die Katasteraufnahmen dann durch die am 12. März 1822 erlassene „Instruktion über das Verfahren bei Aufnahme des Katasters von ertragsfähigem Grundeigentum in den rheinisch-westfälischen Provinzen der preußischen Monarchie“. Nach Jordan-Steppes wurde darin bestimmt, daß die Detailnetze durch Netze höherer Ordnung verbunden sowie die Dreiecksseiten aus Seiten I. Ordnung abgeleitet und nach diesen orientiert werden sollten (s. Abb. 1). Es wurden ferner rechtwinklige Koordinaten berechnet für Punkte I. Ordnung, bezogen auf den Kölner Dom und dessen Meridian, für die Punkte II. bis IV. Ordnung, bezogen auf die Parallele zum Meridian von Köln durch einen in dem Distrikt liegenden Punkt I. Ordnung als Abszissenachse. Die berechneten Koordinaten wurden ohne Berücksichtigung der Erdkrümmung durch Addition zu denen des Ausgangspunktes auf Köln-Dom bezogen. Dadurch entstanden allerdings immer noch eine große Zahl von Koordinatensystemen. Die Punkte im Übergang zweier Systeme erhielten zwangsläufig zwei voneinander verschiedene Abstände vom Meridian und Perpendikel des Kölner Domes (da die Berechnung ja in der Ebene erfolgte). Dieser hier genannte Ausgangspunkt „Köln-Dom“ war dem noch zu nennenden Tranchotschen linksrheinischen Dreiecksnetz entnommen. „Seine Länge und Breite und das Azimut einer anschließenden Dreiecksseite waren“ — nach Pfitzer — „mittels seiner auf die Sternwarte zu Paris und deren Meridian berechneten rechtwinkligen Koordinaten ermittelt worden. Auf diese Werte gründet sich die geographische Orientierung der sämtlichen alten Flurkarten von Rheinland-Westfalen.“

Entsprechend den neueren Bestimmungen von 1822 trat also jetzt die Forderung auf nach einer einheitlichen Triangulation, zumindest I. Ordnung. Wohl waren bereits in verschiedenen Gegenden in Nordwestdeutschland, Holland und Frankreich trigonometrische Netze gelegt, so z. B. gegen Ende des 18. Jahrhunderts in nördlichen Teilen von Westfalen durch Generalmajor von Lecop für militärische Zwecke, doch diese konnten für die Zwecke der Katasteraufnahmen auf Grund unzureichender Genauigkeit nicht verwendet werden. Als erste Triangulationen, speziell für die Parzelleraufnahme, können gewiß die des Großherzogtums Berg in den Jahren 1805 und 1806 genannt werden (Berg = rechtsrheinische Teile der heutigen Rheinprovinz mit der Hauptstadt Düsseldorf), und daran anschließend die hessische Triangulation des damaligen Herzogtums Westfalen (ungefähr der heutige Regierungsbezirk Arnsberg, damals unter hessischer Oberhoheit). Auf der linken Rheinseite ließ die französische Regierung, wie bereits erwähnt, durch den Oberst Tranchot ein Dreiecksnetz messen, das in den Jahren 1817 bis 1820 durch General von Müffling durch Messung von 15 Dreiecken mit der Seeberger Basis (in Thüringen) verbunden wurde. Als dann nördlich daran anschließend an die Dreieckskette von v. Müffling die hannoversche Triangulation durch Carl Friedrich Gauß begonnen wurde, war also zur Zeit der im Jahre 1822 erlassenen neuen Bestimmungen ein geschlossener Rahmen bereits vorhanden. Betrachten wir jedoch diese Zusammensetzung einzelner verschiedener Triangulationsnetze, so muß festgestellt werden, daß dadurch tatsächlich die Forderung einer einheitlichen Zusammenfassung für die Zwecke der im Jahre 1822 erlassenen Bestimmungen noch nicht als erfüllt betrachtet werden kann. Die Ausgleichung der einzelnen Netze war auf Grund der verschiedenen Regierungen und verschiedenen Bearbeiter auch nach verschiedenen Gesichtspunkten durchgeführt. Die Notwendigkeit einer einheitlichen Ausgleichung wurde immer dringender.

Um diese Zeit (ab 1824) begann dann der Katastergeometer Johann Jakob Vorlaender in Minden mit den Vorarbeiten zum ersten einheitlich ausgeglichenen Dreiecksnetz. Dieses Dreiecksnetz I. und II. Ordnung war fertig berechnet und wurde veröffentlicht im Jahre 1835. Es erstreckte sich über die Regierungsbezirke Minden, Münster und z. T. Düsseldorf und hatte Anschluß an die hannoverschen und kurhessischen Dreiecksnetze. Außerdem wurden in Zusammenhang mit der Detailaufnahme nunmehr weitere Einzelnetze berechnet und auch ausgeglichen.

In Preußen führte der allgemeine Wunsch nach einer einheitlichen und ausgedehnteren Triangulation im Jahre 1865 zur Erweiterung der bisherigen „Trigonometrischen Abteilung des Generalstabes“ in ein „Büro der Landestriangulation“, verbunden mit dem Großen Generalstab. Am 1. Januar 1875 endlich erfolgte dann, vor allem auf Betreiben von General Baeyer nach einer Vereinheitlichung des gesamten preußischen Vermessungswesens, die Gründung der „Königlich Preußischen Landesaufnahme“. Als eine der gesetzlich festgelegten Aufgaben dieser neuen Institution galt nunmehr die einheitliche Triangulation des gesamten Staatsgebietes. Daran anschließend folgte später auch die Überprüfung und bei Bedarf die Erneuerung der vor 1875 bestimmten Dreiecksketten. Die inzwischen allgemein bekannt gewordenen Katasteranweisungen VIII und IX vom 25. 10. 1881 wurden vom damaligen Generalinspektor des Katasters Dr. Friedrich Gustav Gauß aufgestellt. Diese enthalten die Vorschriften über Karten- und Büchererneuerungen sowie über die trigonometrischen und polygonometrischen Arbeiten.

Nach Beschluß des Zentralkomitees der Vermessungen im preußischen Staate vom 29. 12. 1879 wurde die Vorschrift erlassen, daß „jede im Auftrage oder unter der Leitung von Staatsbehörden ausgeführte Spezialvermessung (Neumessung), die in geschlossener Lage einen Flächenraum von 100 ha oder mehr umfaßt“ an die Detailtriangulation der Landesaufnahme oder eine sonst erreichbare anzuschließen ist. So erklärt es sich, daß die neuerdings erfolgten Neumessungen, also die Katasteraufnahmen aus den 90er Jahren des vorigen Jahrhunderts und später alle an das Einheitstriangulationsnetz des preußischen Staates angeschlossen sind. Sie alle enthalten das kongruente Soldnersche Koordinatensystem, das für Preußen in 40 Einzelsysteme aufgeteilt war. Die Einführung der heute allgemein gebräuchlichen konformen Gauß-Krügerschen Koordinatensysteme erfolgte erst im Jahre 1917.

Unter Berücksichtigung dieser Entwicklungsgeschichte betrachten wir nun drei verschiedene Beispiele näher insbesondere aber dahingehend, inwieweit die alten Katasterpläne in das den Bildplänen zugrunde zu legende Gauß-Krügersche Netz eingepaßt werden können. Es ist zu untersuchen, wie die Erlasse ausgeführt wurden und welche Verschiedenheiten in der Befolgung dieser Erlasse bei der Urmessung in verschiedenen Bezirken sich entwickelt haben. Sofern sich im Laufe der etwa 110 bis 120 Jahre das Grundstücksliniennetz sowie das topographische Bild der Landschaft auch geändert hat, so tritt dies hierbei weniger störend in Erscheinung, da wir bei der Entzerrung je eines Bildabzuges (z. B. für den Entzerrungsmaßstab 1 : 5000 im Aufnahmemaßstab 1 : 7500 = ca. 1,8 qkm) noch genügend Anhaltspunkte im Wegenetz und in verschiedenen beibehaltenen Flurgrenzen finden können.

Gebiet Lippe.

Die alten Katasterpläne der Urmessung aus den Jahren 1820 bis 1835 sollten für die Entzerrung von Bildplänen 1 : 2500 Verwendung finden. Hier konnten wir den reichen Erfahrungen, die bei der Katasterverwaltung der Regierung Münster bereits durch eingehende Untersuchung der alten Messungsakten verschiedener Gemeinden für die Herstellung der Katasterplankarte gesammelt wurden, entnehmen, daß eine einwandfreie Einpassung dieses Katastermaterials in das den Bildplänen zugrunde zu legende Gauß-Krügersche Netz nicht möglich ist. Dem inneren Aufbau dieser Unterlagen entsprechend kann bei bewußter Umgehung kleiner Verschiedenheiten in dem Aufbau der Vermessungswerke der verschiedenen

Bezirke folgendes verallgemeinernd über das alte Kataster Westfalens, etwa 1820 bis 1835, gesagt werden:

Entsprechend dem Erlaß von 1822 wurde bei der trigonometrischen Aufnahme zunächst ausgegangen von einer Basis, die teilweise noch selbst gemessen oder aber meist

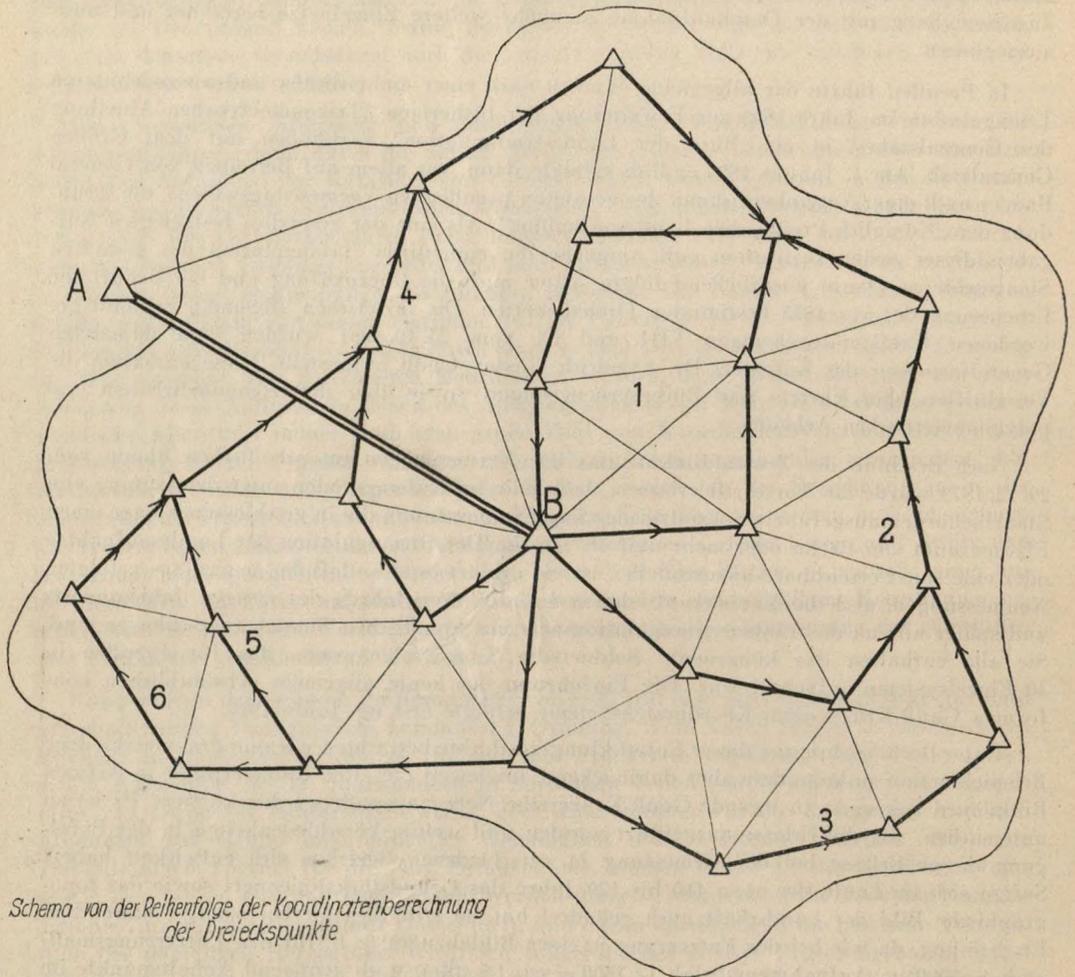
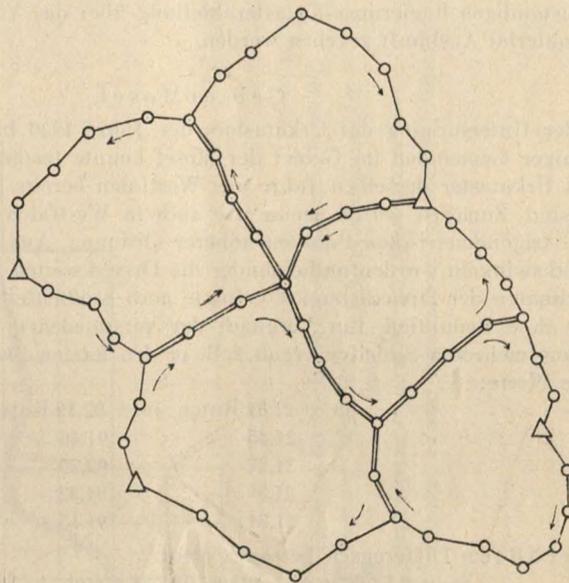


Abb. 2a

aus zwei bekannten Punkten einer Triangulation höherer Ordnung abgeleitet wurde. Daran anschließend erfolgte die Berechnung der Dreiecksseiten aus den gemessenen Winkeln. Für die Berechnung der Koordinaten wählte man sich einen trigonometrischen Punkt etwa in der Mitte der Gemeinde gelegen und legte von diesem ausgehend eine Schleife über verschiedene trigonometrische Punkte zum Ausgangspunkt zurück (s. Schema Abb. 2). Dieser Schleife fehlte jegliche Sicherheit; sie pendelte sozusagen um ihren Ausgangspunkt. Die Koordinaten der folgenden trigonometrischen Punkte wurden dann ebenfalls in Zügen berechnet, ausgehend vom Ausgangspunkt und in den ersten (bzw. vorhergehenden) Zug mit all seinen Unsicherheiten und Fehlern eingebunden. Den sich ergebenden Abschlußfehlern entsprechend wurden Reduktionen angebracht. Die Lage und Berechnung der Polygonzüge war

ähnlich. Es waren geschlossene Schleifen rund um eine Flur, ausgehend von einem trigonometrischen Punkt und zu diesem auch wieder zurückkehrend. So erklärt es sich, daß Polygonpunkte an Flurgrenzen zwei, drei oder sogar vier verschiedene Werte haben, die nach Schroeder (Münster) bis zu einer Rute und noch mehr voneinander abweichen. Jede Flur hat ihr eigenes Koordinatensystem. Selbst Dreieckspunkte, die in der Nähe einer solchen Schleife inmitten der Flur liegen, blieben unberücksichtigt. Es ist also auch nicht möglich, eine Flur



Schema vom Aufbau und der Berechnung des Polygonnetzes

Abb. 2b

an Hand der Dreieckspunkte in das Gauß-Krügersche Koordinatensystem umzuformen. Da die Zusammenfügung der Katasterpläne zur einheitlichen Entzerrungsunterlage ihrem Sinne nach gleichbedeutend ist mit der Schaffung der Katasterplankarte, kann man wohl für die Verwendung als Entzerrungsunterlage wie auch für die Schaffung der Katasterplankarte den Grundsatz festhalten, daß dieses Katastermaterial für die genannten Zwecke unbrauchbar ist, es sei denn, daß für jede Flur einige Paßpunkte eingemessen werden. Dann aber genügen uns auch diese Punkte schon als Entzerrungsunterlage und auf die Verwendung des Katasters kann für Entzerrungszwecke verzichtet werden.

Außer diesem alten unbrauchbaren Kataster der Jahre 1820 bis 1835 finden wir dann in Westfalen ab etwa 1850 schon einwandfreies, unseren Anforderungen genügendes Katastermaterial, das an die neuen Triangulationen angeschlossen wurde, größtenteils an das einheitlich ausgeglichene Netz von Vorländer. Diese Pläne weisen zwar noch eine gewisse Verschiebung auf gegenüber dem Netz des Reichsamtes für Landesaufnahme, sie können jedoch mittels identischer Punkte ohne Schwierigkeit einwandfrei in das Gauß-Krügersche Netz umgeformt werden.

Es ist das Verdienst von Regierungs- und Vermessungsrat Schroeder, für ganz Westfalen die Aufteilung nach brauchbarem und unbrauchbarem, an das Netz des Reichsamtes für Landesaufnahme angeschlossenem und nicht angeschlossenem Kataster zusammengestellt zu haben unter gleichzeitiger Angabe der jeweilig vorliegenden trigonometrischen Koordinaten-

werte, die für die Umformung der alten Katasterpläne benötigt werden. In diesen Übersichten wird das vorliegende Kartenmaterial aufgeteilt in vier Gruppen:

1. unbrauchbares Kataster der Jahre 1820 bis 1835 (s. Abb. 2);
2. brauchbares Kataster ab 1870, an das Netz des RfL. noch nicht angeschlossen;
3. Neumessung nach 1890, an das Netz des RfL. angeschlossen (Soldner-Netz);
4. Neumessung mit Gauß-Krügerschen Koordinaten (z. B. Umlegungen jüngeren Datums).

So kann vor Inangriffnahme größerer Bildplanarbeiten in Westfalen sofort von der jeweils zuständigen Regierungs-Katasterabteilung über das Vorhandensein von brauchbarem Katastermaterial Auskunft gegeben werden.

Gebiet Mosel.

Bei der Untersuchung des Urkatasters der Jahre 1820 bis 1835 der trig. und polygon. Akten einiger Gemeinden im Gebiet der Mosel konnte festgestellt werden, daß hier gegenüber dem Urkataster derselben Jahre aus Westfalen bereits beachtliche Fortschritte zu verzeichnen sind. Zunächst wurde genau wie auch in Westfalen eine Basis errechnet aus zwei gegebenen trigonometrischen Punkten höherer Ordnung. Aus dieser Basis und den gemessenen Dreieckswinkeln wurden nacheinander die Dreiecksseiten berechnet. Auch die Ermittlung der Koordinaten der Dreieckspunkte erfolgte noch größtenteils in Schleifen um einen Punkt pendelnd ohne Reduktion. Ein Vergleich der verschiedenen Werte eines trigonometrischen Punktes aus mehreren Schleifen ergab z. B. in den letzten Stellen folgende voneinander abweichende Werte:

in y 21,81 Ruten, in x 92,19 Ruten	
21,45	91,46
21,37	92,29
21,36	91,32
21,31	91,45

Die größten Differenzen betragen also:

in y 0,5 Ruten = 1,9 m; im Maßstab 1 : 5000 0,4 mm,
in x 0,97 Ruten = 3,7 m; im Maßstab 1 : 5000 0,75 mm.

Auch diese größten Differenzen lassen sich an der Mosel mit Höhenunterschieden bis zu 300 m im Entzerrungsmaßstab 1 : 5000 noch ertragen. Die Mittelwerte liegen ja wesentlich günstiger.

Die Punkte niederer Ordnung wurden dann teilweise schon durch einfache Verbindung dieser Schleifen höherer Ordnung in Form von Polygonzügen gewonnen. Die Polygonzüge selbst in diesen untersuchten Moselgemeinden wurden aber schon verbindend zwischen die Dreieckspunkte gelegt, ähnlich der heute üblichen Methode, und die Abschlußfehler ausgemittelt. Als Entzerrungsunterlage lassen sich diese Urkatasterpläne also ohne weiteres schon verwenden, allerdings muß jeder Meßbezirk, Bürgermeisterei bzw. Gemeinde, getrennt für sich mit gesondertem Koordinatensystem eingepaßt werden, denn die Basis lag oft abseits des Katasterbezirkes, dieser hatte des öfteren äußerst ungünstige Formen, so daß infolge der Fehlerfortpflanzung sowohl im Maßstab als auch in Verschiebung oder Drehung in den der Basis abgewandt gelegenen Stellen sehr große Fehler eintreten mußten. Sie würden sich bei durchgehender Umformung im Übergang zweier Bürgermeistereien störend bemerkbar machen, z. T. in Größen bis zu 15 und 20 m. Sind in einer Bürgermeisterei mehrere identische Punkte vorhanden, d. h. sind von mehreren Punkten mit Kölner-Ruten-Koordinatenwerten auch gleichzeitig die Gauß-Krüger-Werte des RfL. bekannt, dann wird die Bürgermeisterei nach den später noch zu nennenden Umrechnungsformeln in das Gauß-Krügersche Netz umgeformt und eingepaßt. In Abb. 3, einem Ausschnitt eines Bildplanauftrages 1 : 5000 im Moselgebiet, sind die einzelnen Meßbezirke durch gestrichelte Linien getrennt dargestellt, in der nördlichen Hälfte durchweg Einzelgemeinden aus den Jahren 1825—1830, weiter südlich Bürgermeistereien, umfassend mehrere Gemarkungen, alle von

system und die Kontofotien der betreffenden Gemeinde näherungsweise festgelegt. Dann konnte man an den Übergängen zu kleineren Neumessungsgebieten mit an die trig. Punkte des RfL. angeschlossenen Soldnerschen Katasterunterlagen, so z. B. entlang des ganzen Mosellaufes, zu den Karten der Rheinstrombauverwaltung (jetzt Wasserstraßendirektion) mit eingetragenen Soldner-Fleckert-Netz, die restlichen Verschiebungsdifferenzen feststellen. Ferner beobachtete man auch in den Übergängen der einzelnen aneinanderstoßenden Gemeinden evtl. noch notwendige Verschiebungskorrekturen. Leider waren die zur Verfügung gestellten Kontofotien durch starken Papiereingang verhältnismäßig schlecht aneinanderzupassen, so daß kleinere, allerdings nur noch unbedeutende Unstimmigkeiten vor allem auch innerhalb der Gemeinden (herrührend von dem nicht ausgeglichenen Dreiecksnetz) kaum mehr erkannt werden konnten.

Gebiet Sieg.

Einen weiteren Fortschritt in der Entwicklung der Katasteraufnahme können wir im Gebiet Sieg feststellen. Wenn der innere Aufbau auch noch hinter dem einer modernen Neumessung zurückstehen muß, so ist er diesem doch in gewissem schon recht ähnlich. Auch aus diesem Gebiet haben die Messungsakten zweier Bürgermeistereien vorgelegen. Abb. 4 zeigt einen Ausschnitt aus dem trigonometrischen und polygonometrischen Netz der einen dieser Bürgermeistereien. Von der als gegebene Basis betrachteten Strecke zwischen zwei bekannten trigonometrischen Punkten höherer Ordnung B und K wurden zunächst wieder nacheinander die Dreiecksseiten berechnet. Die Berechnung der Koordinaten der trigonometrischen Punkte erfolgte jetzt schon in mehr oder weniger gestreckten Zügen zwischen zwei bekannten Punkten, zunächst den beiden Basisendpunkten, dann zwischen diesen und Neuberechneten Punkten. Die Züge 1—4 des Hauptnetzes wurden jeweils gemittelt, und die Koordinaten doppelt gerechneter Punkte im Hauptnetz gegenseitig in Übereinstimmung gebracht. Dann folgte die Koordinatenberechnung der restlichen trigonometrischen Punkte ebenfalls durch Aneinanderreihen zu geschlossenen Zügen zwischen bekannten trigonometrischen Punkten. Auch das Polygonnetz wurde nach denselben Grundsätzen gelegt, zunächst die Hauptzüge zwischen trigonometrische Punkte, dann die Nebenzüge zwischen trigonometrische Punkte und Polygonpunkte der Hauptzüge. Die Netzanlage entspricht also etwa der heutigen, nur die Form der Polygonzüge war zum Teil noch verhältnismäßig ungünstig.

Wenn wir hier analog der Unterlagenvorbereitung aus dem Moseltal ebenfalls getrennt nach Bürgermeistereien mittels identischer Punkte die Koordinatennetze in das Gauß-Krügersche Netz umformen, dann ersehen wir bereits aus dem Aufbau des trigonometrischen und polygonometrischen Netzes, daß die Differenzen innerhalb der Bürgermeistereien für unsere praktischen Zwecke völlig belanglos sein müssen. Außerdem handelt es sich hier, wie aus Abb. 5 ersichtlich, durchweg um größere Messungsbezirke, um Bürgermeistereien mehrerer Gemarkungen, und die dazwischen gestreuten Neumessungsgebiete sind hier schon wesentlich reichlicher als im Gebiet der Mosel.

Wie wir nun auf obige Art und Weise den inneren Aufbau und die Zusammenhänge des Rheinisch-Westfälischen Katasters mit der geschichtlichen Entstehung überprüft haben, so konnten wir auch feststellen, daß die Verwendung dieses alten Katasters als einwandfreie Entzerrungsunterlage, wenn sie auch etwas umständlicher ist und mehr Arbeit macht, so doch keineswegs Schwierigkeiten verursacht. Im Jahre 1929, Heft 15 und 16, erschien in „Allgemeine Vermessungs-Nachrichten“ ein Aufsatz von P. Gorlt (Solingen), betitelt: Luftbildentzerrung auf Grund vorhandener Planunterlagen unter spezieller Berücksichtigung der Rheinisch-Westfälischen Katasterverhältnisse. Es wird darin ein Verfahren beschrieben, das Netz des Rheinisch-Westfälischen Urkatasters durch eine Parallelverschiebung an das Netz der Landstriangulation anzupassen. Eine zusätzliche Drehung und Maßstabsänderung des Urnetzes wurde dabei umgangen, hätte jedoch gewiß eine weitere Verbesserung der Netzanpassung zur Folge haben müssen. Diese Methode mag wohl schon für eine einzelne Bürger-

meisterei = Triangulationsbezirk, wie in dem ersten Teil (Tabelle I, a und b) für Stadtbezirk Solingen beschrieben, als Näherungsverfahren zum Zweck der Entzerrungsunterlagen-Beschaffung für den Maßstab 1:5000, genügen. Dennoch wäre im Vergleich zu den oben beschriebenen drei Beispielen eine Zusammenfassung eines größeren Arbeitsgebietes, also mehrere Triangulationsbezirke, wie es im zweiten Teil (Tabelle II, a und b) gezeigt wird,

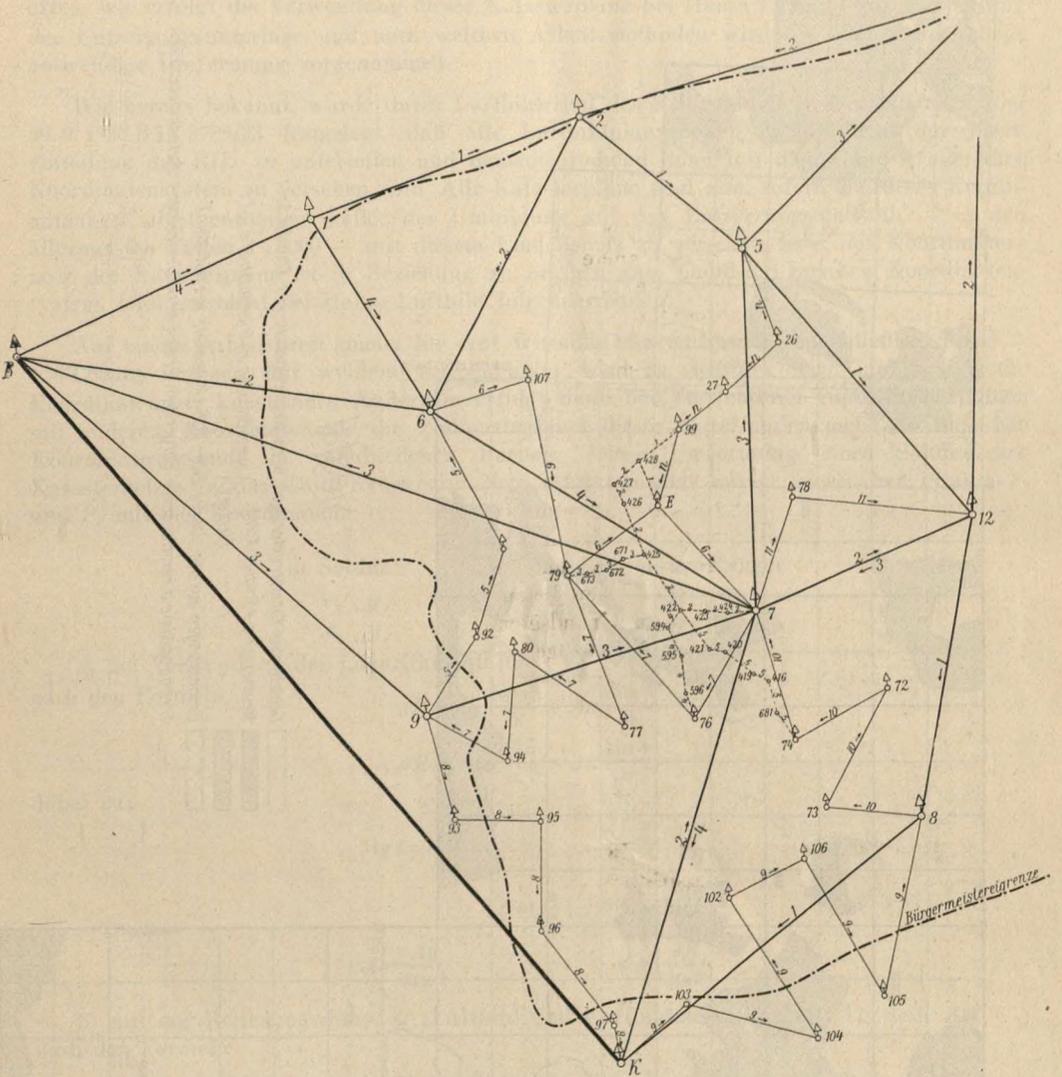


Abb. 4

doch wohl nicht zu empfehlen. Die beschriebene Parallelverschiebung, gewonnen aus dem arithmetischen Mittel der x - und y -Differenzen zwischen den Koordinaten der Urtriangulation und denen der Landstriangulation, beseitigt wohl die „scheinbar“ größten Differenzen. Diese können, wie Gorlt auch schreibt, einmal von der Verschiedenheit des jeweiligen Nullpunktes von Köln-Dom herrühren (die ursprünglich als Nullpunkt benützte Spitze des Domchores wurde abgebrochen), sie dürfte andererseits aber auch in den verschiedenen

geographischen Koordinaten des Ausgangspunktes ihre Ursache haben (die Koordinatenwerte des Nullpunktes wurden zur Zeit der Urmessung, wie bereits erwähnt, dem Tranchotschen linksrheinischen Dreicksnetz entnommen). Die übrigen Fehler, begründet in dem zum Teil

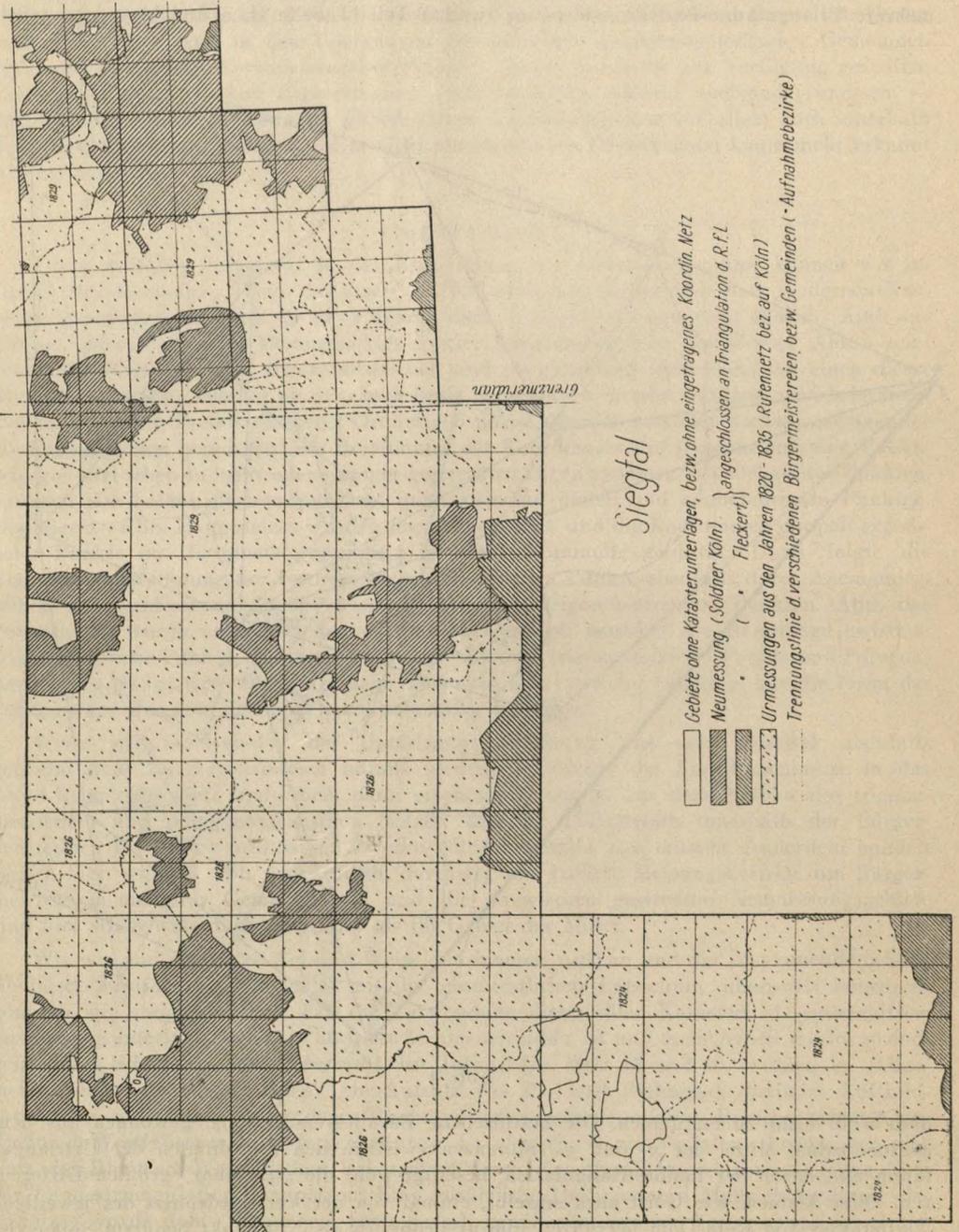


Abb. 5

noch eigenartigen Aufbau und der Berechnungsart des damaligen trigonometrischen und polygonometrischen Netzes, bleiben jedoch dabei unberührt. Sie zeigen sich auch nicht in den in Tabelle II aufgezählten trigonometrischen Punkten, sondern machen sich vielmehr in den Übergangsstellen verschiedener Bürgermeistereien bemerkbar.

Zur abschließenden Betrachtung dieser Arbeitsbeispiele bleibt jetzt nur noch die Frage offen, wie erfolgt die Verwendung dieser Katasterpläne bei Hansa Luftbild zur Herstellung der Entzerrungsunterlage und nach welchen Arbeitsmethoden wird die oben beschriebene notwendige Umformung vorgenommen.

Wie bereits bekannt, wurde durch Luftbilderlaß des Reichsministers der Luftfahrt vom 29. 9. 1933 B IV 3789/33 festgelegt, daß alle Luftbildplanarbeiten entsprechend der Blatteinteilung des RfL. zu unterteilen und dementsprechend dann mit dem Gauß-Krügerschen Koordinatensystem zu versehen sind. Alle Katasterpläne sind also, sofern sie dieses Koordinatennetz nicht enthalten, außer der Umbildung auf den Entzerrungsmaßstab — in den allermeisten Fällen 1 : 5000 — mit diesem Einheitsnetz zu versehen, bzw. das Koordinatennetz der Katasterpläne ist in Beziehung zu bringen zum Gauß-Krügerschen Koordinatensystem. Dies geschieht bei Hansa Luftbild folgendermaßen:

Auf einem Arbeitsbrett (meist für acht Wirtschaftskartenformate einschließlich Rand = $1 \times 1,80$ m) bezogen mit weißem Zeichenpapier wird in Schwarz das Gauß-Krügersche Koordinatennetz konstruiert. Außerdem erfolgt dann bei Verwendung von Katasterplänen mit anderem Koordinatennetz die Einkonstruktion dieser betreffenden meist Soldnerschen Koordinatensysteme in verschiedenen Farben. Diese Umformung eines Soldnerschen Katasternetzes in das Gauß-Krügersche Netz erfolgt mittels zweier identischer Punkte P_1 und P_2 mit den Koordinaten:

in Soldner

$$\begin{array}{l} x_1 \quad y_1 \\ x_2 \quad y_2 \end{array}$$

in Gauss-Krüger

$$\begin{array}{l} H_1 \quad R_1 \\ H_2 \quad R_2 \end{array}$$

a) bei Verwendung der Logarithmentafel

nach den Formeln:

$$\Delta H = \Delta y \frac{\sin \alpha}{v} + \Delta x \frac{\cos \alpha}{v}$$

$$\Delta R = \Delta y \frac{\cos \alpha}{v} - \Delta x \frac{\sin \alpha}{v}$$

dabei ist:

$$\alpha = t - t'$$

$$\operatorname{tg} t = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

$$\operatorname{tg} t' = \frac{\Delta R}{\Delta H}$$

$$v = \frac{s}{s'}$$

$$s = \frac{\Delta y}{\sin t}$$

$$s' = \frac{\Delta R}{\sin t'}$$

b) mit der Rechenmaschine (s. „Luftbild und Luftbildmessung“, Heft 17, Seite 31) nach den Formeln

$$\Delta H = \Delta y (v \sin \alpha) + \Delta x (v \cos \alpha)$$

$$\Delta R = \Delta y (v \cos \alpha) - \Delta x (v \sin \alpha)$$

dabei ist:

$$(v \sin \alpha) = \frac{vx - vy}{\left(\frac{\Delta x}{\Delta y} + \frac{\Delta y}{\Delta x} \right)}$$

$$(v \cos \alpha) = vy + \frac{\Delta x}{\Delta y} (v \sin \alpha)$$

$$\text{oder} = vx - \frac{\Delta y}{\Delta x} (v \sin \alpha)$$

$$(\alpha = t - t'; \text{ siehe unter } \alpha)$$

$$vy = \frac{\Delta R}{\Delta y}$$

$$vx = \frac{\Delta H}{\Delta x}$$

ΔH und ΔR bedeuten dann die Koordinatenunterschiede in Gauß-Krüger zwischen einem bekannten Ausgangspunkt — einem der identischen Punkte — und einem gesuchten Neupunkt, etwa einem Eckenwert mit glatten Soldner-Werten. Die Umrechnungswerte, die aus einem Paar identischer Punkte bestimmt werden, errechnet man sich zweckmäßig zur Kontrolle noch aus einem zweiten Punktpaar. Ebenso kann man sich die ΔH und ΔR von zwei verschiedenen Ausgangspunkten berechnen³.

Es bedarf keiner weiteren Erklärung, daß nach denselben Formeln auch die Blattecken der Grundkarten in Soldner umgerechnet werden können.

Auf diese Weise berechnet man sich beliebig viele identische Punkte beider Koordinatensysteme für jeweils ein Arbeitsbrett und konstruiert mittels dieser Punkte, wie bereits erwähnt, in das Gauß-Krügersche das gewünschte, den Katasterkarten zugrunde gelegte Soldnersche Koordinatensystem. Die vom Auftraggeber gelieferten Kontofotien, bzw. die von uns nach den vom Auftraggeber leihweise zur Verfügung gestellten Katasterplänen hergestellten Reproduktionsabzüge im Bildplanmaßstab werden dann entsprechend dem diesen zugrunde gelegten Netz auf das entsprechende des Arbeitsbrettes aufgeklebt. Die Zusammenfügung aller dieser Katasterunterlagen ergibt dann die für die Entzerrung erforderliche einheitliche Unterlage, denn das Gauß-Krügersche Koordinatennetz wurde ja als Ausgangsnetz aufgetragen und kann nun jederzeit auf die Entzerrungsunterlage bzw. auf den fertigen Bildplan aufgetragen werden.

Zusammenfassung.

Wenn ich abschließend nochmals kurz zur Verwendbarkeit des untersuchten Rheinisch-Westfälischen Katasters allgemein zurückkehre, dann möchte ich zusammenfassend darauf hinweisen, daß sich diese Untersuchungen lediglich auf wenige Gemeinden bzw. Bürgermeistereien erstrecken konnten. Es ist nicht ausgeschlossen — oder vielmehr sogar wahrscheinlich — daß außer diesen drei typischen Beispielen auch noch andere interessante Fälle aufzufinden sind, wenn sie auch in ihrer Hauptstruktur einander in vielem gleich sind. Wie bereits eingangs erwähnt, wäre es gewiß von großem Interesse, auch in anderen Gebieten den inneren Messungsaufbau verschiedener Gemeinden des Rheinisch-Westfälischen Katasters kennen zu lernen. Die Verwendung des alten Katasters ähnlich dem des Mosel- oder noch mehr des Siegtales als Entzerrungsunterlage nach dem oben geschilderten Verfahren, also seinem inneren Aufbau und seiner geschichtlichen Entstehung entsprechend, ist jedenfalls als einwandfrei zu bezeichnen. Wenn die beschriebene Mehrarbeit für die Umformung nach einzelnen Bürgermeistereien auch etwas umfangreich erscheinen mag, so steht sie doch nicht im Vergleich zu der damit geschaffenen einwandfreien Entzerrungsunterlage.

Zum Schluß dieser kurzen Betrachtung möchte ich nicht verfehlen, Herrn Regierungs- und Vermessungsrat Schroeder für seine unermüdete Unterstützung bei der Beschaffung und Untersuchung der Katasterwerke herzlichst zu danken.

³ Diese Umformung von Punkten von einem Koordinatensystem in ein anderes kann nach O. Krieger in „Allgemeine Vermessungs-Nachrichten“ 1937, Heft 18, Seite 409, auch auf graphischem Wege mit hinreichender Genauigkeit nach der Methode von Hohenner erfolgen.

Neuerdings wieder terrestrische Photogrammetrie und ihr Nutzen für den Ingenieurbau

Von F. Fuchs, München.

Wenn heute die terrestrische Photogrammetrie wieder in größerem Umfange praktische Anwendung findet, so ist diese Belebung eines früher vielseitig angewendeten und bewährten Vermessungsverfahrens nicht etwa auf wesentliche technische Neuerungen zurückzuführen, sondern in erster Linie durch die steigende Nachfrage nach Planungsunterlagen für bautechnische Projekte verursacht. Denn seit den Jahren, in denen sich der Lebensraum Großdeutschlands weitete und Planungen größten Ausmaßes in Angriff genommen werden, häufen sich die Aufgaben und verkürzen sich die Fertigstellungstermine in einem Ausmaß, daß nur der volle Einsatz der technisch bestgeeigneten Mittel die ständig steigenden Ansprüche zu erfüllen vermag.

Die langen Trassen der Reichsautobahnen, besonders die im gebirgigen Gelände verlaufenden Strecken, die Großkraftanlagen in unseren Alpen mit den zugehörigen Speicherscen, Sperrmauern, Stollen, Kraftwerken und Hochspannungsleitungen, die Meliorationen versumpfter Gebiete in den Tälern des Hoch- und Mittelgebirges, die Neugestaltung der Städte, der Abbau unserer heimischen Bodenschätze und schließlich die Anlagen der Rüstung öffneten auch der Vermessung ein Arbeitsgebiet, auf dem heute die terrestrische Photogrammetrie ausgedehnte Anwendung findet.

Die Photogrammetrie G. m. b. H., München, als Nachfolgerin der Stereographik G. m. b. H. hatte neben der Luftphotogrammetrie das Sondergebiet der terrestrischen Photogrammetrie auch in den Jahren beschränkter Arbeitsmöglichkeiten gepflegt und war deshalb in der Lage, gestützt auf einen Stamm erfahrenen Fachpersonals und hochwertige Geräte, diesen Zweig ihres Betriebes rasch den wachsenden Anforderungen entsprechend auszubauen.

Die an das Unternehmen herantretenden Aufgaben betreffen in erster Linie die Erstellung von Höhenschichtlinienplänen in großen Maßstäben, wie sie für die Planung von bautechnischen Projekten benötigt werden. An solche Pläne werden hinsichtlich Höhengenaugigkeit meist erhebliche Ansprüche gestellt, zumal, wenn die Unterlagen nicht nur für die Projektierung der Bauwerke, sondern auch für die Ermittlung und Abrechnung der Massenbewegungen verwendet werden.

Die Maßstäbe derartiger Pläne bewegen sich zwischen 1 : 500 und 1 : 5000. Für hochwertige Bauwerke, wie Kraftwerke, Talsperren, Brücken usw. wird vorzugsweise der Maßstab 1 : 500, für Trassen der Reichsautobahnen fast ausschließlich 1 : 1000, für Stauräume, Stollenrassen u. ä. 1 : 2000 bis 1 : 5000 angewendet. Eine Sonderstellung nimmt der in der Ostmark noch vielfach gebräuchliche Katastermaßstab 1 : 2880 ein, der für Meliorationsarbeiten und Wasserkraftanlagen, die in großem Umfange in die Besitzverhältnisse eingreifen, die Grundlage bildet.

Die Abstände der Höhenschichtlinien betragen je nach Maßstab und Geländeneigung 1 m bis 5 m und werden bei Plänen für Meliorationen bis auf 0,25 m verringert.

Die Anforderung an die Höhengenaugigkeit ist dementsprechend sehr groß und beträgt für die Geländedarstellung meistens 1 dm, mitunter sogar weniger.

Die Begrenzung der Aufnahmegebiete ist den bautechnischen Erfordernissen angepaßt und deshalb immer unregelmäßig, so daß die Voraussetzungen für Aufnahmen größerer Gebiete und deren Darstellung auf lückenlosen, zusammenhängenden Blättern nicht gegeben sind.

Diesen angeführten Bedingungen, nämlich

1. große Maßstäbe,
2. sehr große Höhengenaugigkeit,

3. unregelmäßige Begrenzung und verhältnismäßig geringer Umfang der einzelnen Aufnahmegebiete,

vermag gerade die terrestrische Photogrammetrie bestens zu entsprechen.

Es ist naturgemäß nicht zu erwarten, daß über ein so ausgereiftes Verfahren und die seit Jahren bewährten Geräte wesentliche Neuheiten mitzuteilen sind. Immerhin seien einige praktische Erfahrungen angeführt, die in dem Bestreben, möglichst rationell zu arbeiten, gemacht wurden.

Die Vorbereitung einer terrestrischen photogrammetrischen Aufnahme durch eine eingehende und alle Möglichkeiten berücksichtigende Erkundung ist entscheidend für eine glückliche Lösung der gestellten Aufgabe:

Der Ingenieur, der sein Bauwerk auf den zu liefernden Plänen entwerfen soll, weiß in der Regel wohl sehr genau, welche Forderungen er an seine Projektierungsunterlagen zu stellen hat, ohne daß ihm die Möglichkeiten zur Erfüllung seiner Wünsche, zumal wenn es sich um das Sondergebiet der terrestrischen Photogrammetrie handelt, in allen Einzelheiten bekannt sein können. Andererseits soll der aufnehmende Ingenieur die bautechnischen Notwendigkeiten verständnisvoll berücksichtigen, wozu die Kenntnis der Grundlagen des Ingenieurbauwes seitens des Photogrammeters vorhanden sein sollen. Es ist deshalb notwendig, daß vor der Festlegung der Bedingungen der Bauingenieur dem Vermessungsfachmann seine Absichten darlegt und der Vermessungsfachmann aus den gegebenen Geländebedingungen heraus eine Vermessung aufbaut, die durch Heranziehung der jeweils bestgeeigneten Verfahren mit einem Minimum an Aufwand das vom Bauingenieur gesteckte Ziel erreicht.

Die Klärung der Bedingungen für Ingenieurbau und Vermessung vollzieht sich zweckmäßigerweise im Rahmen einer gemeinsamen Geländebesichtigung, wobei die nun einmal unveränderlichen Gegebenheiten des Geländes mit den bautechnischen Notwendigkeiten einerseits und den Möglichkeiten der Vermessung andererseits in Einklang zu bringen sind.

Die eigentliche Erkundung, die in der Auswahl der Aufnahmestandlinien und der Paßpunkte und ihrer gegenseitigen Verknüpfung besteht, ist insofern reizvoll, weil jedes Gelände immer wieder neue Aufgaben stellt.

Die Auswahl der Standlinien, die vor allen anderen meßtechnisch bedingten Maßnahmen den Vorrang hat, sodann die Verteilung der Paßpunkte, der Zusammenschluß des Ganzen und gegebenenfalls noch der Anschluß an ein bestehendes Vermessungssystem soll in einer klaren, für die Beobachtung und Berechnung möglichst einfachen, ungünstige Fehlerfortpflanzung ausschließenden Form erfolgen. Die Lösung ist um so glücklicher, je weniger man von der früher fast ausschließlich betriebenen Zweiteilung, nämlich trigonometrisches Netz einerseits und Bestimmung der Standpunkte durch Rückwärtsschnitt andererseits, Gebrauch macht. Dieses Verfahren war berechtigt, solange die Erdbildmessung für topographische Kartierung in kleinen Maßstäben, gestützt auf eine getrennte Triangulation, verwendet wurde. Bei bautechnischen Aufnahmen in großen Maßstäben aber kann wegen der verhältnismäßig kurzen Entfernungen in vielen Fällen erreicht werden, daß einer der beiden Photostandpunkte gleichzeitig als Punkt des Dreiecksnetzes dient.

Als Hilfsmittel für die Erkundung kann insbesondere der noch nicht so erfahrene Aufnahmeingenieur das dreiteilige Erkundungsprisma nach Aschenbrenner zur Ermittlung von Basisrichtung und Bildbereich benutzen, ferner ein Taschenaneroïd zur Feststellung der oberen und unteren Aufnahmegrenzen, soweit diese vom Auftraggeber in Form von Höhenzonen vorgeschrieben sind.

Der Signalisierung der Paßpunkte und der Steigerung der Kontrastwirkung gegenüber dem Hintergrund durch Farbanstrich ist besonderes Augenmerk zuzuwenden.

Für Bauprojekte werden in der Regel zusätzliche Messungen verlangt, die für die eigentliche Geländeaufnahme nicht notwendig sind, wie z. B. Achspunkte von Trassen, oder Talsperrren, Bezeichnungen des Stauspiegels und des Endes des Rückstaus, Höhenanschlüßpunkte, dauerhafte Vermarkungen für die spätere Absteckung usw. Diese Messungen sind in geschickter Weise mit den für die photogrammetrischen Stand- und Paßpunkte notwendigen Bestimmungen zu vereinigen.

Die Messungen selbst erfolgen in der Regel durch Triangulation, wobei die Höhen der Stand- und Paßpunkte durch trigonometrische Höhenmessung bestimmt werden, ein Verfahren, das bei sorgfältiger Handhabung und vor allen Dingen einwandfreier Signalisierung stets die Genauigkeit von wenigen cm liefert, die den großmaßstäblichen Schichtlinienplänen entspricht. Dagegen sind Höhenbestimmungen, deren Genauigkeit über das für die Geländedarstellung erforderliche Maß hinausgehen und beispielsweise der Absteckung von Trassen, der Bestimmung des Gefälles von Wasserläufen usw. dienen, in der herkömmlichen Weise mittels Nivellement vorzunehmen.

Bei langgestreckten Trassen- und Stollenbändern in einem für Triangulation ungünstigen Gebiet, z. B. in engen, gewundenen Tälern mit großen Höhenunterschieden, hat sich die Messung von Polygonzügen in der Talsohle und die Bestimmung der Photostandpunkte auf dem einen und der Paßpunkte auf dem gegenüberliegenden Hang mittels Vorwärtsschnitt von Polygonpunkten aus gut bewährt. Voraussetzung ist allerdings eine sorgfältige Richtungs- und Längenmessung des Zuges mit Zwangszentrierung und Meßband oder Präzisionsdistanzmesser, wozu noch die Richtungsanschlüsse über seitwärts liegenden Punkten günstige Kontrollen ergeben, so daß auch bei sehr langen Zügen eine Längengenauigkeit zwischen $1/5000$ und $1/10000$ eingehalten werden kann, wie der Vergleich mit trigonometrischen Punkten des Landesnetzes gezeigt hat.

Von der heute gegebenen Möglichkeit, auch Aufnahmen mit geneigten optischen Achsen herzustellen, wird nur in unumgänglich notwendigen Fällen Gebrauch gemacht, weil für die Auswertung ein kompliziertes und entsprechend teureres Gerät notwendig ist und außerdem das beliebte „Schneiden“ von Paßpunkten aus den Aufnahmen, wie es mit dem Stereoautographen in einfacher Weise geschieht, erschwert ist. Beide Umstände drücken auf die Wirtschaftlichkeit.

Als Aufnahmematerial wird außer der bewährten orthochromatischen neuerdings auch die panchromatische Topo-Platte der Firma Perutz, München, verwendet. Um die Vorteile, die die letzte Emulsion besonders bei dunstigem Wetter bietet, voll ausnützen zu können, ist die Verwendung entsprechender Farbfilter zweckmäßig, deren Austausch aber noch nicht bei allen Kammertypen möglich ist.

Von den bekannten Vorteilen des Verfahrens erfreut sich heute außer der großen Genauigkeit und Formentreue in erster Linie die Schnelligkeit besonderer Wertschätzung. Um diese allerdings voll zur Auswirkung zu bringen, ist es nötig, daß bereits bei der Aufnahme etwa verbleibende Lücken, sei es infolge sichttoter Räume, sei es infolge Bewachsung, berücksichtigt werden, indem diese entweder von vornherein durch Einzelpunktmessung ergänzt oder die Messungsgrundlagen und Anschlußpunkte zur Lückenschließung nach Beendigung der Auswertung vorbereitet werden.

Die Schließung der Lücken wird fast stets mittels Tachymetrie ausgeführt. Der Umfang bewegt sich in sehr weiten Grenzen, so daß bei manchen Aufnahmegebieten die photogrammetrisch erfassbare Fläche kleiner ist als die tachymetrisch zu bearbeitende. Aber auch in solchen Fällen empfiehlt sich der Einsatz der terrestrischen Photogrammetrie, weil jeder Hektar, aus photogrammetrischen Aufnahmen gemessen, Vorteile bringt.

Für die Rechenarbeiten werden übersichtliche und Kontrollen ermöglichende Formulare sowie leistungsfähige Rechenmaschinen eingesetzt.

Bei der Auswertung der Stereoaufnahmen auf optisch-mechanischem Weg mit den bekannten Auswertegeräten soll gerade die von der Stereophotogrammetrie gebotene Möglichkeit einer vollständigen Darstellung des Grundrisses ausgenützt werden, weil eine reichhaltige Situation die Orientierung im Gelände und die Übertragung der Bauwerke ins Gelände wesentlich erleichtert.

Die bekannte Formentreue stereophotogrammetrischer Schichtlinienpläne, wie sie mit keinem anderen Verfahren erreichbar ist, kommt einem neuen Verfahren der Massenermittlung zugute.

Es handelt sich hier um die Gahn'sche Arbeitsmethode¹, die auf die Verwendung von Querprofilen fast ganz verzichtet und an ihre Stelle ein sinnreiches Verfahren der Geländeverschnidung mittels Böschungsmaßstäben und die Planimetrierung der außerordentlich rasch und genau zu ermittelnden Flächen von Horizontalabschnitten durch den Erdkörper setzt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die terrestrische Photogrammetrie heute für Geländeaufnahmen in großen Maßstäben ihre alte Geltung nicht nur beibehalten hat, sondern durch Anpassung an die Erfordernisse der bautechnischen Planung ausgedehnte Anwendung findet. Sie liefert hochwertige Pläne und hat den heute besonders geschätzten Vorteil der Schnelligkeit. Hierzu kommt, daß das photogrammetrische Verfahren weniger Arbeitskräfte als die herkömmlichen Vermessungsmethoden benötigt. Damit ist eine Forderung unserer Wirtschaft, nämlich die Steigerung der Leistung jeder Arbeitskraft und der Einsatz des vollkommensten Werkzeuges erfüllt.

Buchstaben als Sinnzeichen für Paßpunkte, ein Vorschlag

Von Rudolf Burkhardt, Berlin.

Für die richtige Auffassung der Paßpunkte sind neben entsprechenden Nummern und Skizzen genaue Beschreibungen erforderlich.

Eine Vereinfachung kann hier durch Einführung bestimmter Buchstaben für bestimmte Arten von Paßpunkten erzielt werden.

Für diese Vereinfachung spricht, daß naturgemäß nur eine geringe Auswahl von Gegenständen als Paßpunkt verwendbar ist, und daß es möglich ist, Buchstaben und Zeichen zu finden, die einerseits möglichst durch ihre Form den Gegenstand beschreiben, andererseits mit der Schreibmaschine geschrieben werden können. Auch würde sie eine Vereinheitlichung der Auffassung herbeiführen und Fälle ausschließen, bei denen Auswerter und Paßpunktbestimmer grundsätzlich anderer Meinung sein müssen.

Anlaß für solche Fälle ist die Betrachtungsrichtung. Die flache seitliche Betrachtung im Felde erleichtert die Bildung von Fluchten und Schnitten, während eine Schätzung von Mitten u. ä. stets Täuschungen unterworfen ist. Bei der Auswertung dagegen ist die senkrechte Betrachtung gerade für die Mitteneinstellung günstig. Deshalb sind im Gelände, z. B. bei Wegekreuzungen, die Mitten möglichst als Schnitt der Wegeachsen zu fluchten.

Schließlich trägt eine Vereinfachung der Paßpunktbezeichnungen zu einer wesentlichen Verringerung des dafür in den verschiedenen Formularen erforderlichen Raumes bei. Im folgenden werden daher einfache Buchstaben als Sinnzeichen für Paßpunkte vorgeschlagen. Entsprechend den allgemeinen Punktbezeichnungen wählen wir dabei große Buchstaben; nur für die nähere Bezeichnung der Höhe werden kleine Buchstaben benutzt.

¹ A. Gahn: Neue Arbeitsweise mit der Raumvorstellung im Erdbau, in „Die Straße, Die Autobahn“, 1/2, 1941; Berlin.

Wir schlagen vor:

1. *Allgemeine Punktbezeichnung, falls erforderlich:*

- A = besonders signalisierter Punkt;
 \bar{f} = gefluchteter Punkt;
 z. B. N = Nordecke
 (entsprech. die anderen Himmelsrichtungen, z. B. SW = Südwestecke);
 z. B. N = Nordmitte (andere Himmelsrichtungen entsprechend);
 z. B. (N) = nördlich gelegen von ... (andere Himmelsrichtungen entsprechend);
 L = Winkel,
 T = Einmündung,
 X = Kreuzung,
 Y = Gabel
- } Mitte (Schnitt der Achsen)

2. *Besondere Punktbezeichnungen, gegebenenfalls den allgemeinen anzufügen:*

- TP = Trigonometrischer Punkt
 (evtl. TPK = Trigonometrischer Punkt, Kirchturm Spitze, Knopf);
 K = Kirche, nicht als TP ;
 H = Haus,
 B = Baum,
 D = Damm,
 E = Eisenbahn,
 G = Graben, Fluß,
 I = Brücke,
 M = Mauer,
- } Mitte, falls keine nähere Bezeichnung
- Sch = Fabrikschornstein, Mitte
 Sp = Spitzdach, Mitte
 V = Verkehrsweg
 Z = Zaun, Hecke

3. *Für die Bezeichnung der Höhe ist stets anzufügen:*

- h , wenn die Spitze oder Oberkante,
 r , wenn der Rand und
 b , wenn der Boden oder der Fußpunkt maßgebend ist.

Wir fügen noch einige Beispiele hinzu:

- NMh = Nordecke einer Mauer, Oberkante;
 $NLMh$ = Mitte einer nach Norden zeigenden Mauerecke, Oberkante;
 $\bar{N}Hb$ = Nordgiebel eines Hauses, Bodenhöhe;
 IE/V = Überführung einer Eisenbahn über einen Weg, Mitte.

Punktbezeichnung bei Paßpunktbestimmung im Gelände

Von Rudolf Förstner, Berlin.

Die geordnete Paßpunktbestimmung und deren häusliche Bearbeitung machen es notwendig, auf eine einheitliche Bezeichnung der im Felde bestimmten Punkte, wenigstens in ihren Grundzügen, hinzuwirken. Als Grundbedingung für eine Vereinheitlichung darf nicht nur gelten, daß jeder Punkt eine geeignete Nummer bekommt, sondern, daß aus der Punktbezeichnung auch sofort Rückschlüsse auf deren Bestimmungsart im Felde gezogen werden können. Die Vorteile können kurz wie folgt zusammengefaßt werden:

1. Die Verständigung zwischen Beobachter und Erkunder beim Meßvorgang verlangt eine einheitliche Begriffsbezeichnung. Beim Eintragen der bestimmten Punkte in die Bilder werden ständige Rückfragen und Verwechslungen vermieden.

Punktbezeichnung bei Paßpunktbestimmung im Gelände.

Lfde. Nr.	Bezeichnung	Nähere Erklärung	Stammbezeichnung	Unternummern (Punktnummern)	Beispiele
1	<i>Trigonometrische Punkte</i>	Auch Aufnahmepunkte (A.-P.)	Nach Karteiblatt	—	Gerolstein I Niederprüm NW II
2	<i>Polygonzüge</i>				
a)	Hauptzüge	Mit festem Koordinatenan- und -abschluß	Hunderter-Ziffern (100, 200, 300 ...)	Mit dem Zuge fortlaufend 1, 2, 3, ...	Zug 1: 101, 102, 103, ... Zug 2: 201, 202, 203, ...
b)	Nebenzüge	Ohne festen Koordinatenabschluß (teilweise Kontrolle trotzdem möglich)	Große Buchstaben A, B, C ... (nicht die Buchstaben V, R, P)	Mit dem Zuge fortlaufend 1, 2, 3, ...	Nebenzug 1: A1, A2, A3 Nebenzug 2: B1, B2, B3
3	<i>Eingeschnittene Punkte</i>				
a)	Vorwärtseinschnitt	Auch Seitwärts- und kombinierte Einschnitte	Großer Buchstabe V	Mit der Messung fortlaufend 1, 2, 3, ...	V1, V2, V3, ...
b)	Rückwärtseinschnitt	—	Großer Buchstabe R	Wie bei 3 a)	R1, R2, R3, ...
4	<i>Beipunkte:</i>				
a)	zu 1	(Polar an die Hauptpunkte angeschlossene Punkte (auch wenn die Punkte durch 2. Vorwärtsstrahl kontrolliert sind und als V.-E. gerechnet wurden))	Großer Buchstabe P	Wie bei 3 a) und 3 b)	P1, P2, P3, ...
b)	zu 2 und 3		Nummer des Hauptpunktes (Standpunkt)	Kleine Buchstaben a, b, c, ...	301 _a , 301 _b , 301 _c , ... A1 _a , V2 _a , R3 _a , ...
5	<i>Hilfsbasen</i>	Bei trigonometrischer Streckenmessung. Auch Punktbezeichnung, wenn Basispunkt ausnahmsweise Standpunkt ist.	Kleiner Buchstabe b vor die Nummer des Basisstandpunktes	Indexstriche ' " (falls auf einen Standpunkt verschiedene Basen gemessen werden)	b ₁₀₁ , b' ₂₀₂ , b'' ₂₀₂ b _{A1} , b _{303a}

2. Wenn es auch zweckmäßig ist, daß der Beobachter bzw. Truppführer die häuslichen Bearbeitungen beaufsichtigt, so werden sich doch die Fälle nicht vermeiden lassen, bei denen die Verantwortung für diese Aufgabe einem anderen übertragen werden muß. Ein fremder Bearbeiter wird sich in den Feldbüchern schneller und leichter zurechtfinden, wenn ihm Grundbegriffe geläufig sind und sorgfältige Unterlagen übergeben werden.
3. Über die Güte einer Punktbestimmung entscheidet der Auswerter. Fehler und sonstige Unstimmigkeiten werden sich nie vermeiden lassen, sie lassen sich aber auf ein Mindestmaß reduzieren. Als Hilfsmittel soll dem Auswerter die Punktbezeichnung dienen und ihm sofort die Möglichkeit geben, über die etwaigen Fehlerquellen sich selbst ein Bild zu machen bzw. ihn über das Punktgewicht aufzuklären.

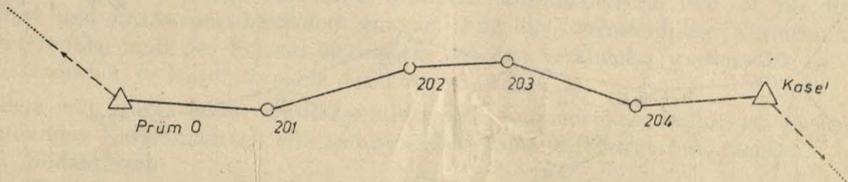
Entsprechend der Art der Punktbestimmung wurden von mir folgende Bezeichnungen ausprobiert und angewandt, wobei ich vorausschicken möchte, daß sich die entsprechende Art der Bestimmung vorher an Hand des Meßtischblattes, des Luftbildes und bei der Messung im Anblick des Geländes meist voraussagen läßt. Einzelne kleine Abweichungen sind belanglos.

Erläuterungen.

Zu 1: Trig. Punkte. Auch A. P. erhalten die Bezeichnung wie im Karteblatt des R.L.

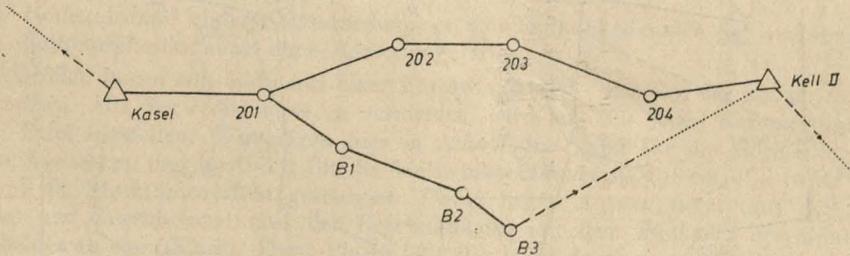
Zu 2 a: Hauptpolygonzüge. Jeder einzelne Zug erhält eine Kennziffer, und zwar fortlaufend 100, 200; die Zugpunkte werden durchlaufend mit „1“ beginnend aufwärts numeriert:

also Zug: 101, 102, 103, ...
 Zug: 201, 202, 203, ...



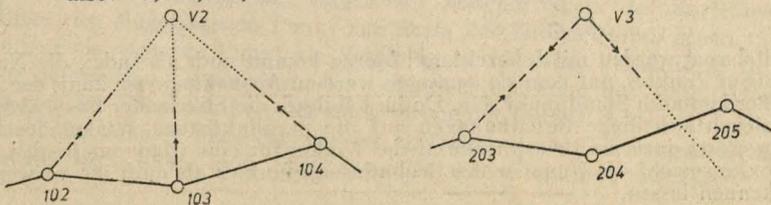
Zu 2 b: Nebenzüge können eine, oder zwei Abschlußvisuren zur Kontrolle haben. Kennziffer große Buchstaben fortlaufend: A, B, C, ...; Zugpunkte wie bei 2 a;

also Nebenzug 1: A₁, A₂, A₃, ...
 Nebenzug 2: B₁, B₂, B₃, ...

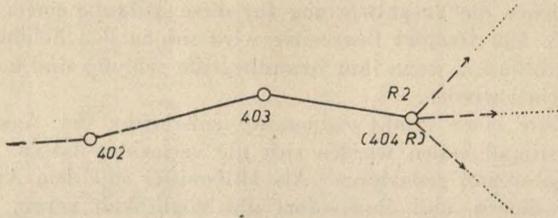


Zu 3 a: Vormartseinschnitte werden mit großem Buchstaben V bezeichnet und mit fortlaufender Numerierung bei der Messung versehen;

also: V1, V2, V3, ...



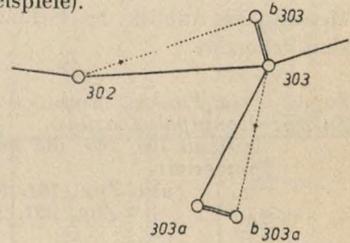
Zu 3 b: Als Rückwärtseinschnitte können auch Zugabschlüsse gelten. Sie werden mit großen Buchstaben *R* bezeichnet. (Vgl. z. B. R_2 oder eventuell als $404 R$.)



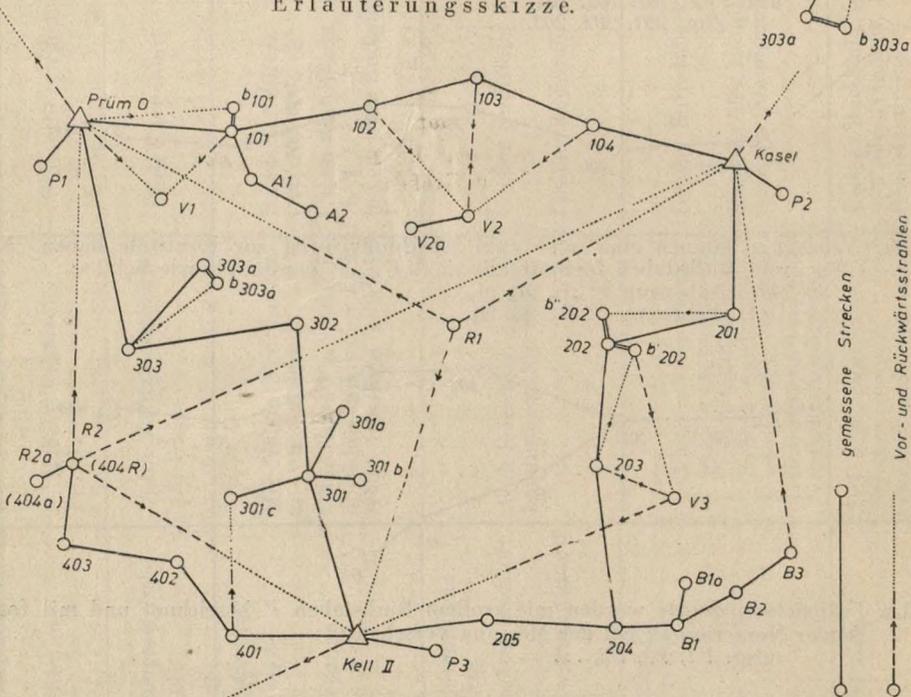
Zu 4 a: Diese Bezeichnung ist notwendig, da die an sich schon umfangreiche Punktbezeichnung der trig. Punkte keine weitere Steigerung zuläßt (Niederprüm NNWII a ist keine Punktbezeichnung mehr).

Zu 4 b: Beipunkte erhalten als Stammnummer die Nummer des Polygonpunktes (oder auch des eingeschnittenen Punktes), von dem aus sie angeschnitten sind. Die Unterscheidung *a, b, c* usw. wird als Index angehängt (vgl. Beispiele).

Also z. B. Strecke 302—303;
Standpunkt 302;
Basis steht bei 303;
somit parallaktischer Winkel: 302 — *b* 303,
303 — *b* 303 *a*
bzw.



Erläuterungsskizze.



Zu 5: Hilfsbasen werden mit *b* bezeichnet; hierzu kommt noch als Index die Nummer desjenigen Punktes, auf dem sie gemessen werden. Ausnahmsweise kann der Basispunkt außerdem noch Standpunkt sein. Da im Feldbuch die Strecke der Basis nicht erscheint, beziehen sich obige Bezeichnungen auf die parallaktischen Winkel der Basen. Im Gegensatz dazu muß der parallaktische Winkel für eine trigonometrisch zu messende Strecke sowohl die Nummer des Beobachtungspunktes als auch die verwendete Basis erkennen lassen.

Tafeln zur Planung von Senkrechtaufnahmen

Von Rudolf Burkhardt, Berlin.

Während Schrägaufnahmeflüge, die insbesondere einer kleinmaßstäblichen, extensiven Vermessung dienen, wohl stets eine besondere Planung erfordern, lassen sich für Senkrechtaufnahmeflüge leicht allgemeine Richtlinien und einfache Tafeln aufstellen.

Dabei tritt zunächst die Frage auf, ob eine Normalkammer (20/1818), oder ob eine Weitwinkelkammer (10/1818 oder 20/3030) verwendet werden soll. Entscheidend ist, daß bei gleichem Bildmaßstab die erforderliche Flughöhe bei der Normalkammer etwa doppelt so groß ist als bei der Weitwinkelkammer. Außerdem bringt das größere Basisverhältnis bei der Weitwinkelkammer eine genauere Höhenbestimmung.

Demzufolge wird man die Weitwinkelkammer für die mittel- und kleinmaßstäbliche Auswertung einsetzen, denn die Weitwinkelkammer bringt den erforderlichen kleinen Bildmaßstab bereits bei einer Flughöhe unterhalb der Gipfelhöhe des Flugzeuges. Außerdem werden bei der mittel- und kleinmaßstäblichen Auswertung die Genauigkeitsforderungen in bezug auf die Lage leichter eingehalten als für die Höhe, was gleichfalls für die Weitwinkelkammer spricht. Umgekehrt verhält es sich bei der großmaßstäblichen Auswertung. Hier liegt das Hauptgewicht auf der Lagegenauigkeit, da die Höhengenaugkeit ohne Mühe innerhalb der Fehlergrenzen liegt. Deswegen setzt man für die großmaßstäbliche Auswertung besser die Normalkammer ein. Die doppelt so große Flughöhe ermöglicht hier außerdem bei hügeligem Gelände eine bessere Innehaltung des Bildmaßstabes. Als Bildformate sind die beiden Formate 18×18 cm und 30×30 cm gebräuchlich. Dabei wird für die zivile Luftbildmessung vorwiegend das Format 18×18 cm benutzt. Das Format 30×30 cm bringt eine etwa dreifache Aufnahmeffläche und ist für Radialtriangulation und Entzerrung besonders günstig. Für die stereoskopische Ausmessung im Stereoplanigraphen muß das Format 30×30 cm zur Zeit verkleinert werden. Es ist daher etwas umständlicher zu handhaben als das Format 18×18 cm.

Nachdem nun nach diesen Gesichtspunkten die Kammer ausgewählt ist, liegen für einen bestimmten Kartenmaßstab alle anderen Größen des Bildfluges fest, nämlich:

1. Bildmaßstab;
2. Flughöhe;
3. Aufnahme- und Streifenabstand;
4. Bildfläche und Stereo-Neufläche;
5. Zeitfolge der Aufnahmen;
6. Höchstabstand und Mindestdurchmesser von Paßpunktsignalen bei ausführlicher Paßpunktbestimmung ohne Aerotriangulation.

Diese Größen lassen sich leicht aus einer Fluchtlinientafel ermitteln, die wir im folgenden beschreiben. Um Verwechslungen zu vermeiden, wird man für jeden Kammertyp eine besondere Tafel herstellen. Wir zeigen hier in Abb. 1 eine Tafel für die Normalkammer 18×18 cm, $f = 20$ cm, und in Abb. 2 für die Weitwinkelkammer 18×18 cm, $f = 10$ cm. Die Tafeln sind als Fluchtlinientafeln gezeichnet. Dabei liegen Ausgangswert (auf der Ausgangsskala) und Ergebniswert (auf der Ergebnisskala) mit dem Punkt O der Funktion zwischen beiden in einer Flucht. Diese Flucht läßt sich leicht durch eine Papierkante, Lineal usw. herstellen.

Die Tafeln zeigen links die Ausgangsskala, den Kartenmaßstab.

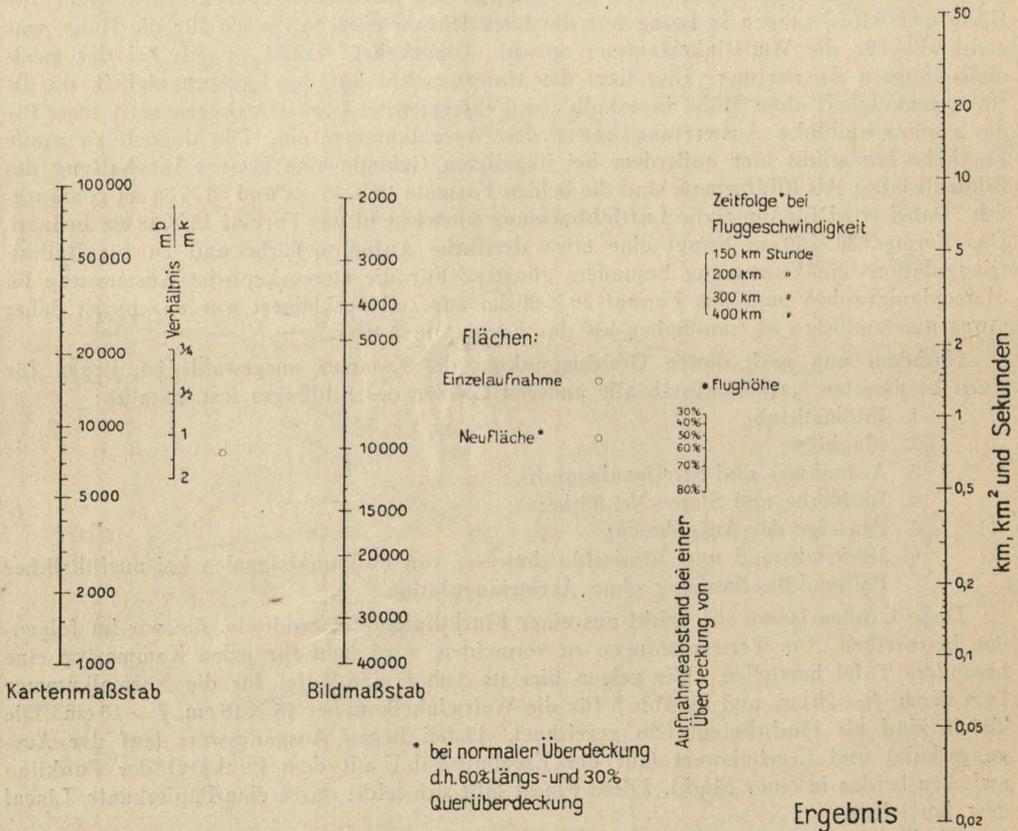
1. Den Bildmaßstab erhalten wir, indem wir von der Skala des Kartenmaßstabes geradlinig über den eingetragenen Punkt zur Skala des Bildmaßstabes gehen. Dabei ist dieser eingetragene Punkt als Vorschlag für deutsche Verhältnisse zu werten, der von der geforderten Genauigkeit, der Genauigkeitsleistung des Materials und der Geräte und von der Erkennbarkeit der noch verlangten Details in den Aufnahmen abhängt. Seine Lage kann je nach der mit der Zeit eintretenden Leistungssteigerung verbessert werden. Man kann auch gegebenenfalls eine Gleitkurve eintragen. Darüber

hinaus ist noch für bestimmte Verhältnisse $\frac{m_b}{m_k}$ eine Skala eingetragen, die den jeweiligen Fluchtpunkt liefert. Hat man so den günstigsten Bildmaßstab ermittelt, so ergeben sich aus diesem auf die gleiche Weise über den entsprechenden Funktionspunkt auf der Ergebnisskala rechts:

2. die Flughöhe über Grund in Kilometern;
3. der Aufnahmeabstand in der Flugrichtung in Kilometern und der Streifenabstand quer dazu in Kilometern. Dabei wird über die in Prozent angegebene Überdeckung in Flugrichtung (normalerweise 60 %) und quer dazu (normalerweise 30 %) gefluchtet.

Tafeln zur Planung von Senkrechtaufnahmen.

I. Tafel für Normalkammer 18 × 18 cm, f = 20 cm.



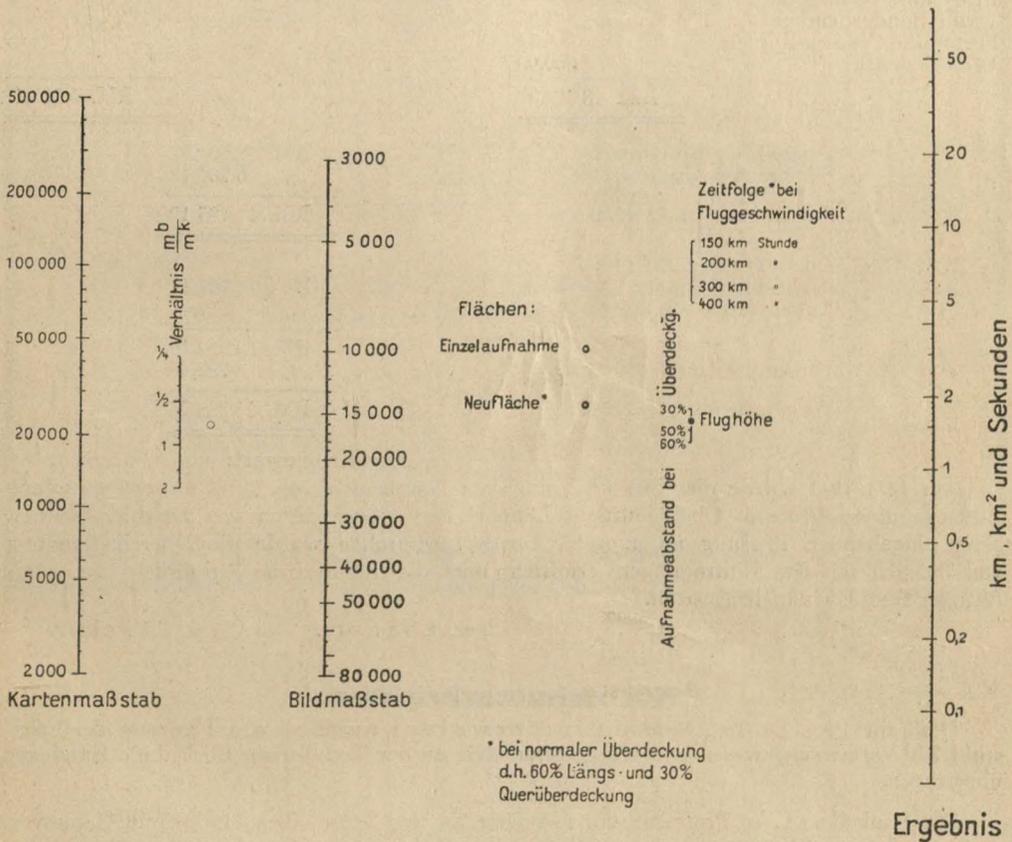
4. Die Bildfläche des Einzelbildes in Quadratkilometern ergibt sich über den entsprechend bezeichneten Funktionspunkt. Auch die Stereo-Neufläche in Quadratkilometern bei 60 % Längs- und 30 % Querüberdeckung können wir so ermitteln.
5. Für den Flug ist oft noch die Kenntnis der zeitlichen Aufeinanderfolge der Aufnahmen nötig. Diese finden wir in Flucht über die Skala der Fluggeschwindigkeit ebenfalls auf der Ergebnisskala in Sekunden. Dabei ist eine Überdeckung in der Flugrichtung von 60 % zugrunde gelegt.

6. Der Höchstabstand der Paßpunkte oder Signale bei einer ausführlichen Paßpunkbestimmung ohne Aerotriangulation entspricht etwa dem Aufnahmeabstand. Da der Flug in Deutschland zumeist in Ost-West-Richtung stattfindet, würden wir für den Ost-West-Abstand den Aufnahmeabstand und für den Nord-Süd-Abstand den Streifenabstand einsetzen können (vgl. unter 3). Der Mindest-Signaldurchmesser in Metern ergibt sich einfach aus der Formel:

$$d_{in\ m} \geq \frac{m_\beta}{10\ 000}$$

doch ließe sich auch ein entsprechender Punkt auf der Vertikalen durch den Funktionspunkt der Flughöhe eintragen.

II. Tafel für die Weitwinkelkammer 18 × 18 cm, f = 10 cm.



Abschließend wird noch auf den Vorteil der Fluchtlinientafeln hingewiesen, daß bei einer Änderung der Funktion nur der Funktionspunkt in seine Lage verändert zu werden braucht. Dies würde hier für die Funktion zwischen Bildmaßstab und Kartenmaßstab, für die Funktion zwischen Bildmaßstab und Stereo-Neufläche sowie der zeitlichen Aufeinanderfolge bei anderen als den eingesetzten Überdeckungen in Frage kommen. (Dabei entspricht eine konstante Vertikalverschiebung einer Multiplikation mit einer Konstanten, eine konstante Horizontalverschiebung einer Potenzierung mit einer Konstanten.)

Vereinsnachrichten

Um allen Mitgliedern einen kurzen Überblick über die Finanzlage der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie zu geben, wird nachstehender Kassenbericht vom 1. 1. bis 31. 12. 1940 zur Kenntnis gebracht.

Kassenbericht

für die Zeit vom 1. 1. 1940 bis 31. 12. 1940.

Einnahmen:	Ausgaben:
<i>Bestände am 1. 1. 1940:</i>	Mitteilungen — B. u. L. RM. 4 510,67
Kasse RM. 74,10	Sonderdrucke „ 1 226,05
Bank „ 12 010,49	Porto und Versandkosten „ 507,86
Postscheck „ 173,62	Drucksachen „ 363,35
Beiträge „ 5 878,67	Verschiedenes „ 101,25
Erlös aus Verkäufen von Mitteilungen „ 46,84	
Erlös aus Verkäufen von Sonderdrucken „ 1,35	
Porto und Versandkosten „ 9,32	
Verschiedenes „ 309,98	
RM. 18 504,37	RM. 6 709,18
Summe der Einnahmen RM. 18 504,37	
Summe der Ausgaben „ 6 709,18	
Bestand am 31. 12. 1940 RM. 11 795,19	
Zusammenstellung:	
Barbestände am 31. 12. 1940 RM. 11 795,19	
Außenstände am 31. 12. 1940 „ 217,—	
	RM. 12 012,19
Verbindlichkeiten „ 783,43	
Vermögen am 31. 12. 1940 RM. 11 228,76	

Der Kassenwart: gez. Geßner.

Am 14. 1. 1941 wurde die Kassenführung von den beiden von der Hauptversammlung 1939 ernannten Prüfern, Oberstleutnant Löhnert und Oberregierungsrat Dr.-Ing. Lüscher, einer eingehenden Prüfung unterzogen. Durch Stichproben wurde die Übereinstimmung von Belegen mit den Eintragungen ermittelt und die rechnerische Richtigkeit der sorgfältigen Buchführung festgestellt.

gez. Löhnert.

gez. Lüscher.

Hochschulnachrichten

Dem apl. Prof. Dr.-Ing. Richard Finsterwalder wurde als a. o. Professor der Lehrstuhl für Vermessungswesen und Photogrammetrie an der Technischen Hochschule Hannover übertragen.

Dr. Paul Gast, o. Professor der Geodäsie an der Technischen Hochschule Hannover, wurde auf seinen Antrag von den amtlichen Verpflichtungen entbunden.

Der durch photogrammetrische Arbeiten in der Arktis weit über die Grenzen Norwegens hinaus bekannt gewordene Direktor des Staatlichen Norwegischen Instituts zur Erforschung Svalbards und der Eismeergebiete, Dozent Adolf Hoel, wurde zum o. Professor an der Universität Oslo ernannt.

Dipl.-Ing. Rudolf Burkhardt erwarb an der Technischen Hochschule Berlin die Würde eines Doktor-Ingenieurs mit der Arbeit: „Untersuchungen zur Frage der Bildtrennung beim stereoskopischen Messen.“



Albrecht

Deutsches Schrifttum über Bildmessung und Luftbildwesen.

Herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie e. V., Berlin,

Ein Nachweis, nach Gebieten und Verfassern geordnet, einschließlich deutscher und österreichischer Patentschriften.

Aus dem Inhalt: Zusammenfassende Darstellungen der Bildmessung und ihrer Teilgebiete / Landesberichte / Grundlagen und Hilfswissenschaften / Aufnahme / Auswertung / Genauigkeit / Wirtschaftlichkeit / Anwendungsgebiete / Normung / Organisation der Bildmessung / Forschung / Ausbildung / Tagungen und Ausstellungen / Geschichtliches / Schrifttumsnachweise / Eingehendere Werbeschriften von Firmen / Verschiedenes / Anhang: Deutsche und österreichische Patentschriften / Verfasserverzeichnis / Nummernverzeichnis der Patentschriften.

160 Seiten, Format DIN B 5, mit etwa 2500 Angaben, in Halbleinenband . . . **7.50 RM**

Michael-Slawik

Gesamtinhaltsverzeichnis von 50 Jahrgängen der AVN. von 1889 bis 1938.

Ein praktisches Nachschlagewerk über vorhandenes Schrifttum auf allen Gebieten des Vermessungswesens. Systematisch nach Fachgebieten geordnet, über 5000 Titel- und Sachausgaben.

Vier Teile: Vermessungskunde / Das Vermessungswesen der Behörden / Die Träger des Berufes / Das Vermessungswesen des Reiches, der deutschen Länder und des Auslandes / mit 32 Unterabschnitten ermöglichen es, Abhandlungen usw. leicht zu finden. Drei abliche Verzeichnisse geben die Namen der Verfasser von Büchern, von Buchbesprechungen und die von Aufsätzen an.



158 Seiten, Format DIN B 5 in Halbleinenband **9.00 RM**

Herbert Wichmann, Verlag, Berlin-Grünwald

40

Finsterwalder, R.

Die Bedeutung der neuen photogrammetrischen Methoden für das Vermessungswesen.

Die Schrift gibt einen Überblick über die Bedeutung der Photogrammetrie für das Vermessungswesen, ihre Anwendungsmöglichkeiten und die Zukunftsentwicklung. 28 Seiten, Format DIN B 5, mit 9 Abbildungen **2.00 RM**

Gebirgskartographie, Alpenvereinskartographie und die ihr dienenden Methoden.

Das Werk unterrichtet Geodäten, Geographen, Militärs und andere kartographisch interessierte Kreise über die Entwicklung, die Arbeitsweise und den Stand der Gebirgskartographie. Mit Beiträgen von Ing. F. Ebster, Innsbruck; Dr. Karl Finsterwalder, Innsbruck; Geheimrat Prof. Sebastian Finsterwalder, München; Prof. O. v. Gruber, Jena, und Privatdozent Wilhelm Kuny, Stuttgart. Sammlung Wichmann, Band 3, 88 Seiten, Format DIN B 5, mit 19 Abbildungen und Kartenbeilagen, in Preßspandekel gebunden **4.00 RM**

Finsterwalder, S.

Photogrammetrische Aufsätze, Festschrift zum 75. Geburtstage.

Sie enthält dreizehn der wichtigsten und heute noch gültigen, grundlegenden Arbeiten des Gelehrten für die Photogrammetrie und die Landmessung, die bisher zerstreut und schwer zugänglich waren, nebst einer Einleitung von Professor O. v. Gruber, Jena, der die Lebensarbeit des Gelehrten würdigt. 208 Seiten, Format DIN B 5, mit 25 Abbildungen, in Halbleinenband **6.00 RM**

Nicolau-Bärlad

Die Photogrammetrie im Forstwesen.

dargestellt an der Waldwirtschaft der Karpathen- und Balkanländer.

Das Werk bringt neben einer Einführung in photogrammetrische Arbeitsmethoden eine Darstellung der forstwirtschaftlichen Verhältnisse der Karpathen- und Balkanländer und ihrer Kartenwerke. Es zeigt die Herstellung von Spezialkarten und behandelt eingehend die Anwendung der Photogrammetrie in Forstingenieurwesen, Forstbetrieb, Forstverwaltung und in der Forstwirtschaft. Insbesondere wird der gegenwärtige Stand der Forstvermessungen und Forsteinrichtungswerke, des forstlichen Transportwesens sowie der von Aufforstungswerken dargestellt und deren Vermessungen gezeigt. Ein besonderer Abschnitt gilt der Anwendung der Photogrammetrie in der Technik der Wildbachverbauung, die für alle Gebirgsländer (Frankreich, Italien, Spanien, Türkei usw.) von besonderer wirtschaftlicher Bedeutung ist.

Sammlung Wichmann, Band 9, 112 Seiten, Format DIN B 5, mit 31 Abbildungen, in Halbleinenband **7.50 RM**



Herbert Wichmann, Verlag, Berlin - Grunewald