

Die Flugtechnik im Dienste des Vermessungswesens.

Von Hauptmann Theodor Scheimpflug.

I. Einleitung.

Jeder technische Fortschritt ist das notwendige Ergebnis des Kulturzustandes der Menschheit in dem Zeitpunkte, wo er zum ersten Mal in die Erscheinung tritt. Der Entdecker oder Erfinder, d. h. die Persönlichkeit, die den Fortschritt sinnfällig verkörpert und durch ihre persönliche Tätigkeit tatsächlich ausgelöst hat, ist stets ein Kind seiner Zeit und ohne die vielfältigsten Beziehungen zu seiner Umgebung und zu dem Boden, aus dem er entsprossen ist, gar nicht denkbar.

Der geistige Arbeiter, der dies vergißt, wird zum unfruchtbaren Phantasten.

Dadurch wird es auch erklärlich, daß jeder neue Erfindungsgedanke, der irgend einem begabten Kopfe entsprungen ist, eine gewisse Zeit braucht, bis er praktisch zur Geltung kommt, denn er kann nur in dem Maße praktisch zur Geltung kommen, als er von der Mitwelt erfaßt und begriffen und damit zum Gemeingut der Allgemeinheit wird. Das braucht natürlich Zeit; aber wenn es geschehen ist, ist damit auch die Grundlage für weitere Fortschritte gegeben und die Arbeit des Einzelnen wirkt dann für die Allgemeinheit weiterhin befruchtend.

Jeder technische Fortschritt ist daher einerseits Produkt und Ergebnis der bisherigen Kulturarbeit, andererseits Grundlage und Werkzeug der künftigen Kulturarbeit.

Das Sammelwerk, zu dem ich hiemit mein Scherflein beitrage, hat sich das Ziel gesetzt, einen Überblick über den heutigen Stand der Flugtechnik zu geben. Niemand wird bestreiten, daß die Flugtechnik im größten Stile ein derartiger technischer Fortschritt ist wie ich ihn vorhin angedeutet habe.

Meine Aufgabe ist es, zu zeigen, daß sie das im speziellen auch für das Vermessungswesen ist, nur tritt hier scheinbar eine Umkehrung ein; denn die Flugtechnik hat bisher vom Vermessungswesen wenig empfangen, es sei denn, daß man die Benützung der jetzigen Karten dahin rechnen würde; wohl aber dürfte sie in hohem Maße anregend und befruchtend auf das Vermessungswesen wirken.

Wie ein anderes Kapitel dieses Buches zeigt, zwingt uns die Flugtechnik, um aus den Karten den entsprechenden Nutzen ziehen zu können, an das Kartenwesen höhere Anforderungen zu stellen, als man bisher zu stellen gewohnt war. Andererseits gibt die Flugtechnik, wie ich jetzt in meinem Kapitel zeigen werde, uns auch die Mittel an die Hand, unsere Karten in der gewünschten Weise zu vervollkommen, und sie zu Werkzeugen zu machen, die auch den Bedürfnissen der Luftschiffer entsprechen.

Aber noch mehr!

Indem die Flugtechnik diesen Fortschritt gebieterisch verlangt, steigert sie auch das technische Können des Vermessungswesens in einer Weise, daß Ziele, die bisher Utopien waren, in greifbare Nähe gerückt erscheinen. — — —

Doch auch das Vermessungswesen ist einstweilen nicht untätig geblieben, sondern der Flugtechnik auf halbem Wege entgegengekommen. Eine neue Technik ist im Entstehen begriffen, welche es durch umfassende Verwendung der Photographie ermöglicht, die Vermessung weiter Gebiete, die bisher nur durch das Zusammenarbeiten sehr vieler intensiv geschulter Menschenkräfte bewältigt werden konnte, in Zukunft mit Hilfe von Maschinen, d. h. fabriksmäßig zu betreiben, mit allen den Konsequenzen, die solch ein Wandel erfahrungsgemäß nach sich zieht.

Die theoretischen und praktischen Grundlagen dieser Technik sind, wie meistens in solchen Fällen, das Werk eines Einzelnen und von den offiziellen Faktoren noch wenig beachtet.

Die Bedürfnisse der Flugtechnik werden aber notwendig dazu führen, diese neue Technik auch im großen in Anwendung zu bringen, und damit dem Vermessungswesen einen großen Dienst leisten.

II. Historisches.¹⁾

Das Kartenwesen der Griechen reicht weit zurück. Schon im sechsten Jahrhundert vor Christi finden wir die erste Karte, die Erde als eine flache Scheibe darstellend, die vom Ozean umgeben ist.

Zur Zeit des Aristoteles erkannten die Griechen die Kugelgestalt der Erde und versuchten auch bereits deren Größe abzuschätzen. Den Höhepunkt erreichten die geographischen Kenntnisse der Griechen im fünften Jahrhundert nach Christi. Der sinnfällige Ausdruck dieser Kenntnisse war das Kartenwerk des Ptolemäus.

Aus dieser Zeit stammt auch die Erfindung der stereographischen Projektion und der Kegelprojektion.

Ebenso hatten die Römer den militärischen Wert der Karten erkannt und zogen großen Nutzen aus ihnen bei ihren fortwährenden Kriegen.

In der Zeit der Völkerwanderung gingen alle diese Errungenschaften wieder verloren, sowohl die Kenntnis von der Kugelgestalt der Erde, als die Kunst der Kartenherstellung. Der einzige Hort des geographischen Wissens während dieser Zeit von 800 bis 1500, während welcher auch der Islam seine Blütezeit aufwies, waren die Araber, welche auch das Kartenwerk des Ptolemäus wie einen Schatz behüteten.

Erst nach und nach entwickelte sich unter den Völkern des Abendlandes sozusagen eine neue Kultur. Schon um das Jahr 1000 herum entdeckten die Normannen auf ihren Wikingerfahrten Island und Grönland und wurden sogar bis nach Nordamerika verschlagen. Ihre Entdeckungen wurden jedoch in Südeuropa schwerlich bekannt.

Während früher in den Klöstern meistens nur lateinische Klassiker studiert worden waren, griff im 13. Jahrhundert der Dominikaner und Regensburger Erzbischof Albertus Magnus auf die Griechen zurück und brachte dadurch die Aristotelischen Lehren wieder weiteren Kreisen zur Kenntnis, wodurch die Lehre von der Kugelgestalt immer mehr und mehr an Boden gewann.

Außerdem war von Sizilien aus, durch die enge Berührung, in der die Italiener mit den Arabern standen, das Kartenwerk des Ptolemäus wieder im Abendland bekannt geworden.

Im 14. Jahrhundert endlich bekam die Kartenherstellung durch die Entdeckung des Kompasses den ersten großen, neuen Impuls. Es entstanden die Kompaßkarten der Italiener, die speziell für das Mittelmeer ganz ausgezeichnet waren. Sie ergaben sich aus den mit dem Kompaß gemessenen Richtungen und geschätzten Distanzen. Durch den Kompaß war den Seeleuten aber auch das nötige Werkzeug in die Hand gegeben, um mit ihren Seereisen kühner und kühner zu werden.

Es begann das Zeitalter der Entdeckungen, der Wettlauf zwischen den Spaniern, Genuesen und Portugiesen, Indien und Ostasien auf dem Seeweg zu erreichen.

Was die Portugiesen durch Umsegelung von Afrika anstrebten und auch erreichten, wollte Kolumbus, gestützt auf seine Überzeugung von der Kugelgestalt der Erde, durch einfache Überquerung des Atlantischen Ozeans erreichen und entdeckte dadurch Amerika.

Die Deutschen, später die Holländer, waren es, welche die so gewonnenen Erkenntnisse wissenschaftlich zu vertiefen trachteten. Martin Behaim machte den ersten Erdglobus. Die Projektionslehre wurde speziell von Mercator wissenschaftlich bearbeitet und entwickelte sich mehr und mehr. Die schon zur Zeit des Ptolemäus verwendeten Projektionsarten wurden wieder hervorgeholt und vielfach verbessert, zahlreiche neue Projektionsarten wurden erfunden. Darunter die berühmte Mercator-Projektion, die noch heute beinahe allen Seekarten zugrunde liegt. Es begannen im 16. Jahrhundert die ersten tastenden Versuche einer auf Messungen von Distanzen, Kompaß-Richtungen und astronomischen Positionen aufgebauten Aufnahme der Schweiz, Lothringens, Sachsens, Flanderns, Bayerns und Preußens. Speziell Sachsen gebührt das Verdienst der ersten regelrechten Landesaufnahme.

Diese Landes-Aufnahmen zeigten aber noch ganz den Charakter von *à la vue*-Zeichnungen, d. h. sie stellten die Gegenden so dar, wie man sie von Aussichtspunkten aus zu sehen pflegt. Mit dem wachsenden Umfang des darzustellenden Terrains stieß dies aber auf immer größere Schwierigkeiten und verursachte ganz wunderliche Verzeichnungen.

Im wesentlichen konnte man beobachten, daß der Augpunkt der Darstellung mit dem Fortschreiten der Zeichentechnik mehr und mehr in die Höhe rückte.

Endgültig überwunden wurden diese Schwierigkeiten aber erst durch drei Erfindungen, die um diese Zeit nahezu gleichzeitig gemacht wurden und durch welche erst die Grundlagen zu einem regelrechten Vermessungswesen, wie wir es heute kennen, geschaffen

wurden. Es war das die Erfindung des Meßtisches durch Prätorius in Nürnberg im Jahre 1590, die 10 Jahre später erfolgte Erfindung des Fernrohres durch einen Holländer unbekannten Namens, welche sehr bald darauf durch Galilei und Kepler bedeutend verbessert und 1640 durch Gascoignes Fadenkreuz zum Zielinstrument wurde, und endlich die Erfindung der Triangulierung durch Willibrord Snellius in Leyden und deren sofortige versuchsweise Anwendung zur Messung der Länge eines Meridiangrades (1617).

Diese Erfindungen konnten aber nicht sofort ihre Wirkung äußern, weil die religiösen Streitigkeiten den politischen Horizont verdüstert hatten und bald darauf der 30jährige Krieg ausbrach, der Deutschland kulturell um mehr als 100 Jahre zurückwarf.

Erst viel später mit Cäsar und Jaques Cassini, die 1750 bis 1793 die große Triangulierung von Frankreich und die darauf begründete große topographische Aufnahme dieses Landes vollendeten, beginnt die Zeit der großen systematischen Landesaufnahmen, indem nach und nach die anderen Staaten Europas dem Beispiel Frankreichs folgten. Bemerkenswert ist hierbei, daß die französischen Karten und alle späteren bereits in streng orthogonaler Projektion entworfen waren, u. zw. bei den Franzosen*) meist mit schiefer Beleuchtung, bei den systematischeren Deutschen sehr bald mit senkrechter Beleuchtung.

Wenig später, in den letzten Jahren des 18. Jahrhunderts, begründete der sächsische Major Lehmann die klassische Schraffenmethode. Nahezu gleichzeitig oder sogar etwas früher führte der Franzose Ducarla die Schichtenpläne in Frankreich ein. Beide Systeme, heute meist in Kombination, bilden noch jetzt die Grundlage der meisten offiziellen Kartendarstellungen.

In der Mitte der fünfziger Jahre verdanken wir der Initiative des Franzosen Laussedat die Anfänge der Photogrammetrie. Sobald sich die Photogrammetrie vom Boden erhebt und zur Ballonphotogrammetrie wird, führt sie logisch zur Einführung der Photokarte, um so mehr, als die Luftschiffahrt immer mehr und mehr auf Ähnlichkeit und Vergleichbarkeit der Karten mit dem von oben gesehenen Bilde dringen wird.

III. Heutiger Stand des Vermessungswesens und Schwierigkeiten einer Vermessung der ganzen Erde nach dem bisherigen Stande der Technik.

Die Kartenwerke und Atlanten, die wir heute haben, sind derart künstlerisch ausgeführt, daß der Laie den Eindruck bekommt, als wenn die Vermessung der Erde bereits eine abgeschlossene Tatsache wäre. Dem ist aber leider nicht so.

Eine exakte Landesvermessung existiert eigentlich nur in Europa und in Ostindien und fehlt selbst in Europa in der Türkei, in einem großen Teile von Spanien und den

*) Außer in der Cassinischen Karte selbst, bei der nur wenige Blätter mit schiefer Beleuchtung ausgeführt sind.

nördlichsten Teilen von Rußland. Ferner sind schon ziemlich weit vorgeschrittene Vermessungsarbeiten im Zuge: in Britisch-Nordamerika, in der Union, in Mexiko und in Japan. Weiters ist ein Gradmessungsnetz geplant, welches ganz Afrika in nordsüdlicher Richtung durchziehen soll und anschließend daran wurden topographische Aufnahmen in Afrika, speziell seitens der Engländer und der Deutschen in ihren Kolonien schon vielfach begonnen.

Die Bestrebungen der wissenschaftlichen Geographen, betreffend eine Weltkarte im einheitlichen Maßstabe 1:1 Million, haben diesen Vermessungen einen neuen kräftigen Impuls gegeben.

Außerdem hört man von Aufnahmsbestrebungen in Chile, Argentinien und in Hinterindien.

Endlich müssen aus technischen Gründen Vermessungen überall dort durchgeführt werden, wo eine Eisenbahn oder ein Kanal oder ein sonstiges größeres technisches Objekt geschaffen werden soll.

Einen weiteren wichtigen Behelf für ihre Darstellungen verdanken die Kartographen den Bestrebungen aller seefahrenden Nationen, für die Zwecke der Schifffahrt gute Seekarten zu schaffen.

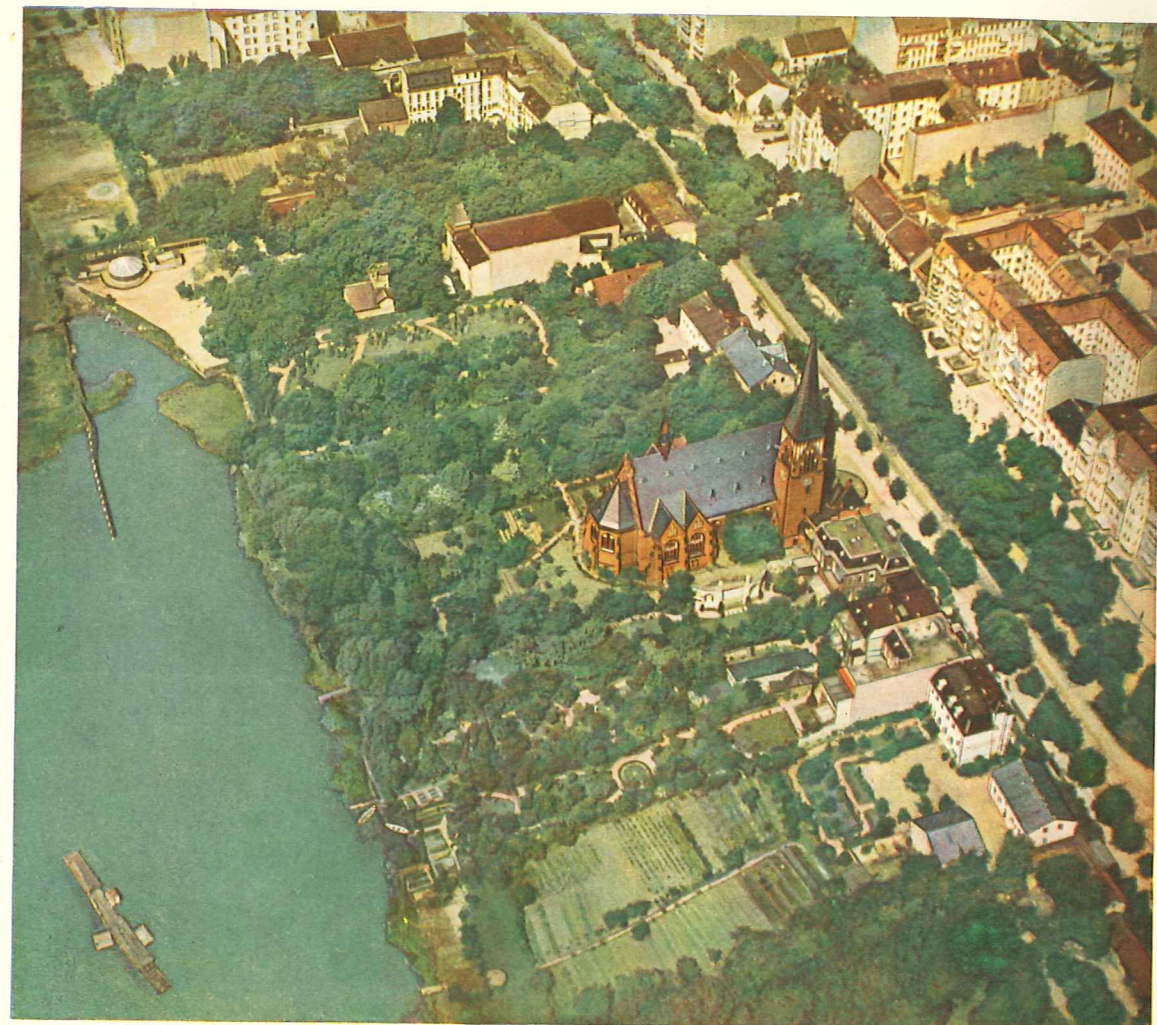
Die Folge davon ist, daß wir von allen Küstengebieten der Welt heute schon leidlich gute Karten haben und der Kartograph damit in der Lage ist, zum mindesten die Konturen der Kontinente richtig zu zeichnen.

Für das Innere Asiens, Afrikas, Südamerikas und Australiens stehen aber vielfach nur Routenaufnahmen und die Berichte von Forschungsreisenden sowie eine Unsumme stets sich häufenden statistischen und geographischen Materials zur Verfügung, das der Kartograph sichten, in Zusammenhang bringen und, so gut er kann, zeichnerisch verwerten muß.

Heutzutage aber, wo der Verkehr alle Völker verbindet und die Menschen mehr und mehr zu einer Familie gehören, ist es ein großer Mangel, wenn wir nicht von jedem Punkte der Erde eine Karte besitzen, die den Tatsachen voll entspricht und nicht in vielen Fällen auf die unbegrenzte Geduld des Papiers baut. Ebenso wie die Seeschifffahrt die genaue Vermessung der Küsten aus Sicherheitsgründen gebieterisch verlangte, wird die Luftschifffahrt bezüglich der ganzen Erdoberfläche Karten notwendig machen, die dem Anblick von oben voll entsprechen.

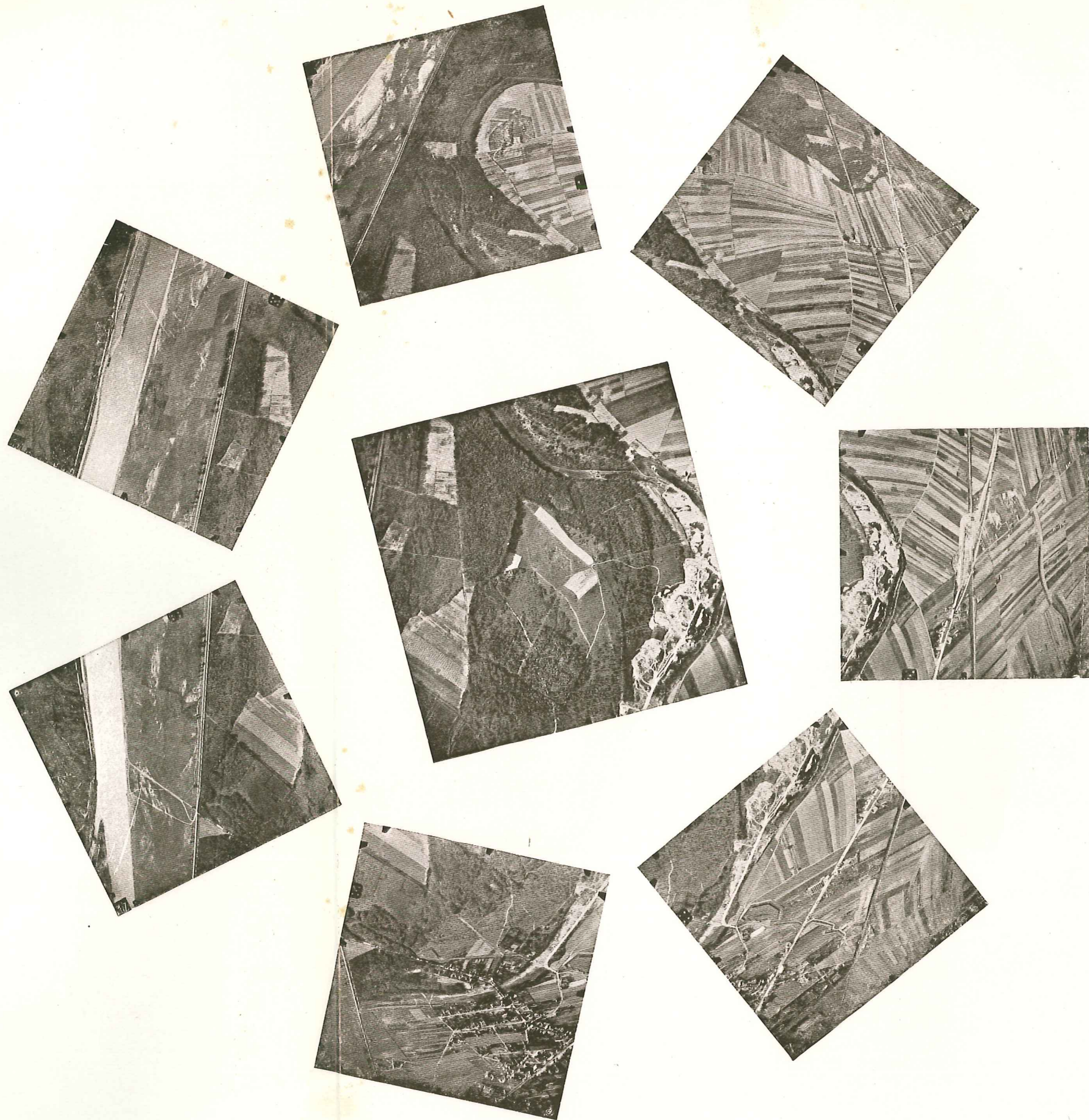
Selbstverständlich ist es auch in wissenschaftlicher Beziehung ein großer Mangel, daß eine solche vollständig einwandfreie Karte nicht bereits überall existiert.

Die exakte Landesaufnahme in der Weise, wie sie in Europa in dem letzten Jahrhundert durchgeführt wurde, mit den bisher in Anwendung stehenden technischen Hilfsmitteln auf die ganze Oberfläche auszudehnen, wäre aber eine derartige Zyklopenarbeit und mit solchen Kosten verbunden, abgesehen von den politischen und militärischen Schwierigkeiten der Sache, daß man ein solches Projekt mit Fug und Recht als eine Utopie bezeichnen müßte.

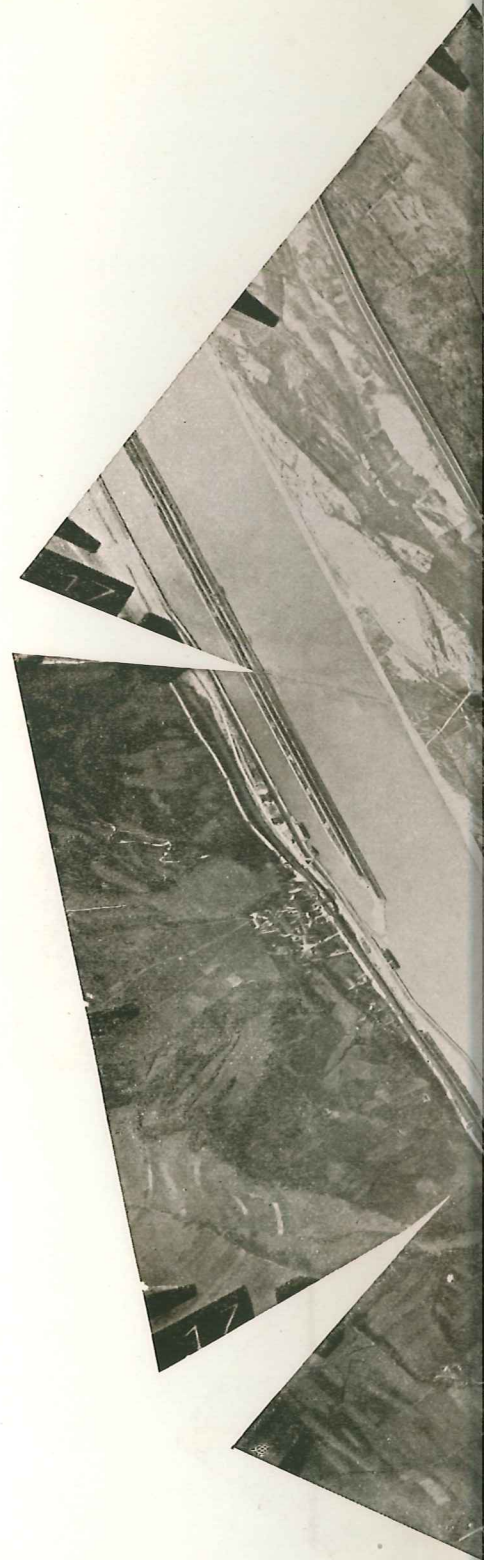


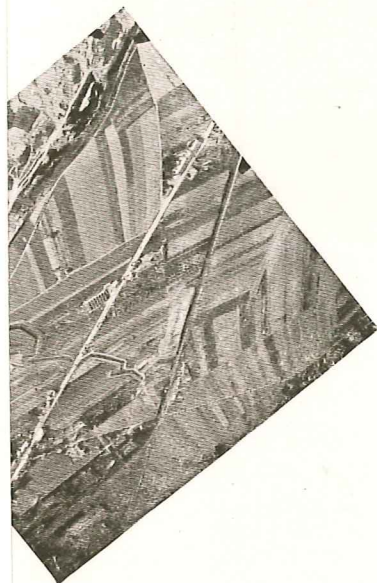
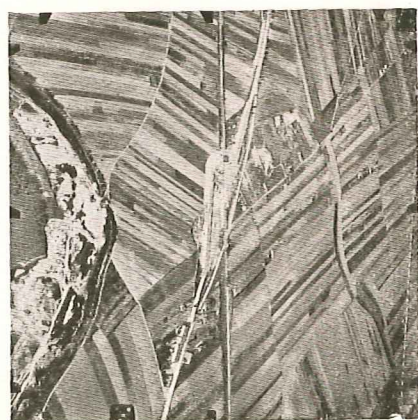
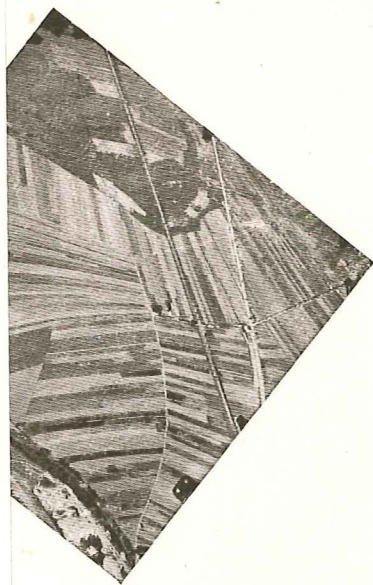
Prof. Dr. A. Miethe.

Abdruck einer Farbenphotographie. Originalaufnahme von Professor Dr. A. Miethe, Charlottenburg.
Reproduktion nach einer Dreifarben-Aufnahme vom Ballon aus. Höhe des Ballons 450 Meter.
Exposition $\frac{1}{10}$ Sekunde. Aethylrot-Badeplatte.



Eine Original-Aufnahme mit dem Panoramen-Apparat.





Horizontale Vogel-Perspektive nach erfolgter Transformation der Seitenbilder auf das Mittelbild und Zusammenfügung der 8 Bilder.

Die Landesaufnahmen in Europa waren ein militärisches Bedürfnis. Sie wurden deshalb beinahe überall durch militärische Organisationen durchgeführt, u. zw. ohne Rücksicht darauf, was sie kosteten.

Diese Landesaufnahmen sind in den europäischen Militärstaaten seit mehr als 100 Jahren im Gange, werden aber nie fertig und müssen stets von vorne begonnen werden, weil in der Regel die Arbeit so langsam von statten geht, daß, wenn ein Elaborat fertig ist, das darin Enthaltene weder den in fortwährender Wandlung befindlichen Tatsachen, noch den sich fortwährend steigernden Anforderungen entspricht und daher wieder der Verbesserung bedarf.

Neben den militärischen Aufnahmen, aber erst in zweiter Linie und im Anschluß an diese, wurden ferner in vielen Staaten, wo der Grundbesitz die Grundlage der Besteuerung entweder noch bildet, oder wenigstens bis vor kurzem gebildet hat, Katasteraufnahmen in einem größeren Maßstabe durchgeführt. Von den Kosten dieser einerseits, und der durchgreifenden Richtigkeit derselben andererseits, wage ich gar nicht zu reden.

Endlich werden Vermessungen für technische Zwecke, wie Eisenbahnen, Kanalbauten, Wildbachverbauungen, forstliche und kulturtechnische Zwecke, die in ganz großem Maßstabe durchgeführt werden müssen, bis jetzt noch immer nur fallweise gemacht.

Natürlich bedingt der Umstand, daß das Militär, die Zivilgeometer, die Eisenbahningenieure, Kulturingenieure, Bergleute und Forstleute, jeder für sich, auf eigene Faust arbeiten, weil sie sich über ein gemeinsames Vorgehen, das allen Bedürfnissen genügen würde, nicht einigen können, eine große Arbeitszersplitterung und eine Vervielfachung der ohnedies sehr großen Summen, die die Menschheit heute für Vermessungszwecke ausgeben muß.

Mit ein klein wenig Verständigung ließe sich auf diesem Gebiete vieles ersparen.

Übrigens war dieser Gegenstand im Jahre 1906 auf der Stuttgarter Naturforscherversammlung der Anlaß sehr anregender und lebhafter Debatten unter den Fachleuten. Es ergab sich dabei, daß bei der heutigen Technik das gewichtigste Hindernis einer Verständigung zwischen den verschiedenen Interessenten der Maßstab ist, in dem die Karte oder der Plan gebraucht und verlangt wird, weil jede einzelne Fachgruppe glaubt, in einem ganz bestimmten, von den anderen abweichenden Maßstabe arbeiten zu müssen, um die Aufnahme in der Weise zu erhalten, wie sie sie für ihre speziellen Bedürfnisse braucht.

Bei reiner Handarbeit sind diese Schwierigkeiten tatsächlich sehr groß, man kann sich da kaum einen Modus vorstellen, die verschiedenen Interessen in einer Karte ein und desselben Maßstabes zu vereinen.

Ganz anders steht es bei der Photographie.

Die Genauigkeit und der Detailreichtum einer Photographie ist von ihrem Maßstabe ungleich weniger abhängig, als die Genauigkeit und Richtigkeit einer Handzeichnung.

Man hat es daher in der Hand, innerhalb weiter Grenzen eine photographische Aufnahme durch einfache Vergrößerung oder Verkleinerung den verschiedensten Bedürfnissen anzupassen. Auch würde es gar keiner Schwierigkeit unterliegen, daß die ver-

schiedenen Fachleute sich aus einer Originalaufnahme, die auf photographischem Wege hergestellt ist, fallweise das herauszeichnen, was sie für ihre Bedürfnisse brauchen und das übrige weglassen.

In den Kulturstaaen, wo relativ gute und brauchbare Karten bereits existieren, wäre daher der wesentliche Vorteil der rein photographischen Methode und der Aufnahme des Geländes von Luftfahrzeugen aus darin gelegen, daß sich mit einer wesentlichen Verbesserung der Qualität des Produktes bei bedeutenden Ersparnissen an Zeit, Geld und Arbeit ein einheitliches, allen praktischen Bedürfnissen genügendes Kartenmaterial schaffen ließe, welches sich bedeutend leichter evident halten ließe, wie das jetzige.

In den exotischen Ländern aber, wo man noch keine entsprechenden Karten hat, wo man es mit weitaus ausgedehnteren Ländergebieten zu tun hat, als in Europa, wo man nicht jahrhundertlang warten kann, bis eine Karte fertig ist, und wo auch die militärischen Rücksichten es nicht ganz gleichgültig erscheinen lassen, wieviel eine Karte kostet, dürfte sich auf dem bisherigen Wege und bei der bisherigen Arbeitsweise die Zeit kaum absehen lassen, bis wir wirklich gute Karten der ganzen Erdoberfläche haben werden.

Es erscheint deshalb nicht undenkbar, daß, ebenso wie seinerzeit die dreifache und nahezu gleichzeitige Erfindung des Meßtisches, des Fernrohres und der Triangulierung den Anstoß gab zur bisherigen Entwicklung des Vermessungswesens, die Entwicklung der Luftschiffahrt und die Erfindung der Photokarte²⁾, d. h. der photographischen Aufnahme des Geländes von Luftfahrzeugen aus, sowie der fabrikmäßigen Verarbeitung der so gewonnenen Photographien auf photographischem Wege bis zum Endprodukt, den Anstoß geben könnte zu einer raschen Fortsetzung der Vermessung über die ganze Erdoberfläche hin und zu einer heute gar nicht abzuschätzenden Förderung aller Wissenschaften, technischen Betätigungen und Kulturfortschritte, die mit guten Karten zusammenhängen.

IV. Analogien zwischen der Vermessung des Himmels und der Erdoberfläche.

Die Erdmessung steht aber bei diesen Bestrebungen nicht ganz ohne Vorbild da.

Auch die Astronomen standen noch vor wenigen Jahrzehnten bei ihren Bestrebungen, das Himmelsgewölbe in seiner Gänze zu durchforschen, trotz ihrer ganz ausgezeichneten Instrumente, hochentwickelten Technik und strammen internationalen Organisation vor einer nahezu unlösbaren Aufgabe. Der Astronom, der nur mit Auge und Ohr messen konnte, unzähligen persönlichen Fehlerquellen unterworfen war und die mühsam in zahllosen durchwachten Nächten gewonnenen Beobachtungsergebnisse nur im Wege ziemlich zeitraubender und schwieriger Berechnungen verarbeiten und der Allgemeinheit zugänglich machen konnte, war der riesigen Aufgabe gegenüber, die er sich selbst gestellt hatte, nahezu ohnmächtig.

Erst als die photographische Vermessung des Himmelsgewölbes mehr und mehr in Aufnahme kam, kam Zug und Tempo in die Sache.

Heute ist durch internationale Vereinbarungen der ganze Himmel in Zonen eingeteilt und wurden die verschiedenen Zonen unter die einzelnen Sternwarten aufgeteilt, die sich mehr und mehr der photographischen Meßmethoden bedienen.

Ähnliches wird notwendig sein, wenn man je daran denken sollte, eine einheitliche und genaue Karte der ganzen Erdoberfläche zu schaffen. Ähnlich, wie den Himmel, kann man auch die Erdoberfläche photographieren, vorausgesetzt, daß man sich in die Luft erheben kann. Die so erhaltenen Photographien werden ein ganz ausgezeichnetes Rohmaterial zur Herstellung von Karten und Plänen darstellen. Ich betone ausdrücklich Rohmaterial, denn im Luftfahrzeug kann man nicht eine bestimmte Höhe, eine bestimmte Position oder bestimmte Stellung gegen den Horizont genau und unverrückbar einhalten, wie dies bei allen Vermessungen zu Lande bisher Voraussetzung war und wie dies auch der Astronom bei seinen Arbeiten tut und tun muß, wenn er ein brauchbares Resultat erzielen will. Aus der Luft muß man photographieren, wie es kommt, und nehmen, was man auf die Platte erhält. Das erhaltene Bildmaterial wird daher ein krauses Durcheinander von Aufnahmen sein, die von hohen und niederen Standpunkten, von nah und fern und mit den verschiedensten Neigungswinkeln hergestellt wurden.

In dieses Wirrwarr Ordnung zu bringen, ist selbstverständlich keine leichte Aufgabe, und scheint es in Anbetracht der zukünftigen Bedeutung der Luftschiffahrt kein unnützes Unterfangen gewesen zu sein, daß ein österreichischer Forscher, in Voraussicht der kommenden Entwicklung, es beizeiten unternommen hat, diese Aufgabe zu lösen, so daß er heute schon mit fertigen Resultaten vor die Öffentlichkeit treten kann.

V. Kurzer Überblick über ältere Vorarbeiten und einschlägige Arbeiten anderer Nationen auf diesem Gebiete³⁾.

Im Jahre 1776 brachten die Brüder Montgolfier zum ersten Mal einen Heißluftballon zum Steigen, dagegen datiert die Erfindung der Photographie erst vom Jahre 1839. Zur Zeit also, als die Photographie aufkam, war, zum mindesten in Frankreich, die Kunst des Ballonfahrens oder die Aeronautik bereits hoch entwickelt und es war klar, daß, sehr bald, nachdem die Photographie die ersten Kinderschuhe ausgetreten hatte, der Gedanke auftauchte, sie auch vom Ballon aus für sportliche, militärische und Vermessungszwecke zu verwenden.

Vom Jahre 1858 an, in welchem Nadar den ersten diesbezüglichen Versuch machte, und Laussedat ihn photogrammetrisch zu verwerten trachtete, verzeichnet die Geschichte eine lange Reihe von einschlägigen Versuchen. Sie alle aufzuzählen würde zu weit führen.

Von den ersten Anfängen scheint mir nur erwähnenswert, daß schon Victor Emanuel sich für die Idee interessiert haben soll, die Ballonphotographie in den Dienst der Landesvermessung zu stellen, und Negretti damit beauftragt hat, diesbezügliche Versuche zu machen, die jedoch nicht gelangen und damals auch gar nicht gelingen konnten, weil noch alle Vorbedingungen dazu fehlten. Ferner scheint mir interessant, daß sich die Ballonphotogrammetrie im Jahre 1862 im amerikanischen Sezessions-

kriege bei der Belagerung von Richmond die ersten militärischen Lorbeeren holte, während sie bei Solferino im Jahre 1859 und im Deutsch-französischen Kriege 1870—71 keine nennenswerten Erfolge aufzuweisen hatte.

Jedoch erst durch die Einführung der Trockenplatten in der Photographie war, so wie auf vielen anderen Gebieten, die Möglichkeit geschaffen, systematisch vorzugehen und mehr als Zufallserfolge zu erzielen. Die Trockenplatten sind bekanntlich bedeutend empfindlicher, als die nassen, was zu einer bedeutenden Abkürzung der Expositionszeit führte, ein Umstand, der angesichts der fortwährenden Schwankungen des Ballons von enormer Wichtigkeit ist.

Auch macht es keinen geringen Unterschied, ob man, wie Nadar es tun mußte, eine ganze Dunkelkammer im Ballonkorb improvisieren muß, um arbeiten zu können, oder ob man nur mit ein Paar Kassetten zu arbeiten hat und die Entwicklung der Platten zuhause besorgen kann.

Seit wir Trockenplatten haben, sind aller Orten und von den verschiedensten Personen Versuche angestellt worden und knüpfen sich die verschiedenen Fortschritte auf diesem Spezialgebiet viel weniger an bestimmte Personen, als an die technischen Fortschritte, die einerseits in der Photographie, anderseits in der Flugtechnik sukzessive zu verzeichnen waren.

Zu der Zeit, als die Tele-Photographie oder Fern-Aufnahme in die Mode kam und man hoffte, durch Vergrößerung der Brennweiten die Wolken vom Himmel zu holen, traten 1885 Tissandier und Ducom für die Verwendung langer Brennweiten im Ballon ein und verwendeten Objektive von 56 cm Brennweite.

Die Fernphotographie wurde von jeher besonders von Franzosen und Italienern gepflegt, einerseits vielleicht, weil sie mit einem für solche Arbeiten günstigeren Klima zu rechnen haben, anderseits, weil sie glaubten, für militärische und Rekognoszierungszwecke große Vorteile daraus ziehen zu können.

Es ist begreiflich, daß in diesen Ländern die Ballonphotographie und die Fernphotographie in engem Konnex und in steter Wechselbeziehung waren, was bis auf den heutigen Tag so geblieben ist, wie die Arbeiten des französischen Geniekapitäns Sacconney zeigen. Die französischen Methoden, Ballonphotogramme zu orientieren und zu verwerten, sind demgemäß auch nichts anderes wie logische Fortbildungen der Methoden, die in der terrestrischen Fernphotogrammetrie für Rekognoszierungszwecke zur Anwendung kommen. Auch die ganze Apparatur, die im Ballon zur Anwendung gelangt, zeigt diesen Entwicklungsgang. Die letzten Ausläufer hievon sind die langbrennweitigen Ballonkameras, welche die Gesellschaft Vega in Genf unter dem Namen Telephot in den Handel bringt.

Ganz andere Wege verfolgte man in Deutschland.

Hier entwickelten sich zwei gesonderte Zentren für die Pflege der Ballonphotogrammetrie. Einerseits das preußische Luftschifferbataillon in Berlin, anderseits die sogenannte Münchner Schule unter der Ägide des Prof. Finsterwalder.

Speziell die Münchner erkannten sehr bald, daß es die Verwertung der Bilder wesentlich erleichtert, wenn man wenigstens annähernd die Neigungsverhältnisse der Platten im Moment der Aufnahme kennt und konzentrierten darauf ihre Bemühungen. Hieher gehört der Vorschlag Finsterwalders, eine größere Anzahl dünner Leinen vom Äquator des Ballons herabhängen zu lassen, die sich auf der Photographie als Gerade abbilden müssen, die gegen den Nadirpunkt konvergieren; ferner die Konstruktionen des Baron Bassus in München und der preußischen Luftschifferabteilung, die eine photographische Camera auf einem Gewehrschaft montieren und mit einer Wasserwage und einer Visier Vorrichtung in Kombination bringen.

Folgerichtig gingen auch die Methoden, die in Deutschland erdacht wurden, um Ballonphotogramme auszuwerten, in der Regel von der Voraussetzung aus, daß deren Neigung oder Nadirpunkt annähernd bekannt sei. Und für alle Fälle, unter denen diese Voraussetzung zutrifft, haben auch die Deutschen ganz mustergültige Arbeits-Methoden geschaffen. Jedoch war ebenso, wie bei den Franzosen, zur Orientierung und weiteren Verwertung der Bilder das Vorhandensein guter Karten nötig. Das war, vom Standpunkt des Militärs betrachtet, ja kein großer Mangel, weil Deutschland und Frankreich ja über gute Karten verfügten.

Jedoch empfand Prof. Finsterwalder diesen Mangel als theoretische Lücke und verdanken wir ihm den ersten Versuch, aus zwei Aufnahmen desselben Geländes, von denen nichts als Bildweite und Neigung, letztere bloß näherungsweise, bekannt sind, eine Karte des Geländes zu konstruieren. (Siehe „Eine Grundaufgabe der Photogrammetrie und ihre Anwendung auf Ballonaufnahmen von S. Finsterwalder. München 1903, Verlag der k. Akademie.)

Eine dritte Richtung, die sich geradezu in einen Gegensatz zur Fernphotographie stellt, die die Franzosen in erster Linie gepflegt haben, aber gerade deshalb geeignet erscheint, sie in gewissem Sinne zu ergänzen, führt ebenfalls in ihren ersten Anfängen zuerst auf England und Frankreich zurück, fand aber dann in Rußland und auch in Österreich eine besondere Pflege. Es ist der Bau von Panoramenapparaten und in weiterer Konsequenz die topographische Geländeaufnahme auf Grund von Panoramenapparaten.

Nachdem eine einfache photographische Camera mit einer einzelnen Aufnahme nur einen kleinen Bruchteil dessen festhält, was man vom Ballon aus sieht, ist der Wunsch naheliegend, Apparate zu besitzen, die alles auf einmal festhalten können.

Den ersten derartigen Apparat schreibt man dem Engländer Woodbury 1881 zu. Bei diesem waren die Platten auf einem Prisma montiert und wurden durch Rotation des Prismas sukzessive in die richtige Stellung zum Objektiv gebracht, das selbst in kreisender Bewegung den ganzen Horizont absuchte. Von Frankreich aus wurden später Apparate in Handel gebracht, die Panoramographen genannt werden, bei welchen ein Rollfilm an einen Halbzylinder gepreßt ist und das Objektiv sich um die Achse des Halbzylinders dreht und dabei in jedem einzelnen Momente den zylindrisch gekrümmten

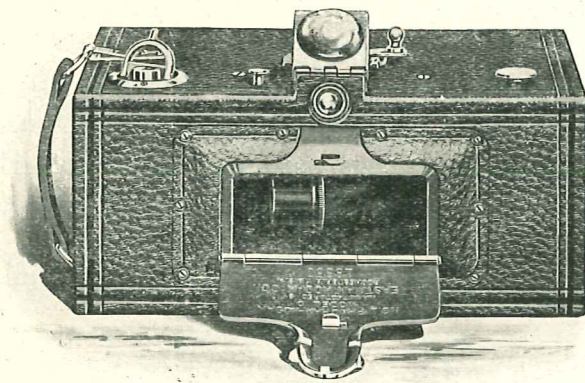


Fig. 345. Panoramograph mit halbzyklindrisch gebogenem Rollfilm.

Parallel mit dieser Entwicklung ging die Entwicklung derjenigen Panoramengeräte, bei denen eine Vielheit von Cameras zu einem starren System verbunden und gleichzeitig in Tätigkeit gesetzt wurde. Hieher gehört der Panoramengerät von Triboulet aus den 80er Jahren, der Apparat von Caillaud aus dem Jahre 1900,

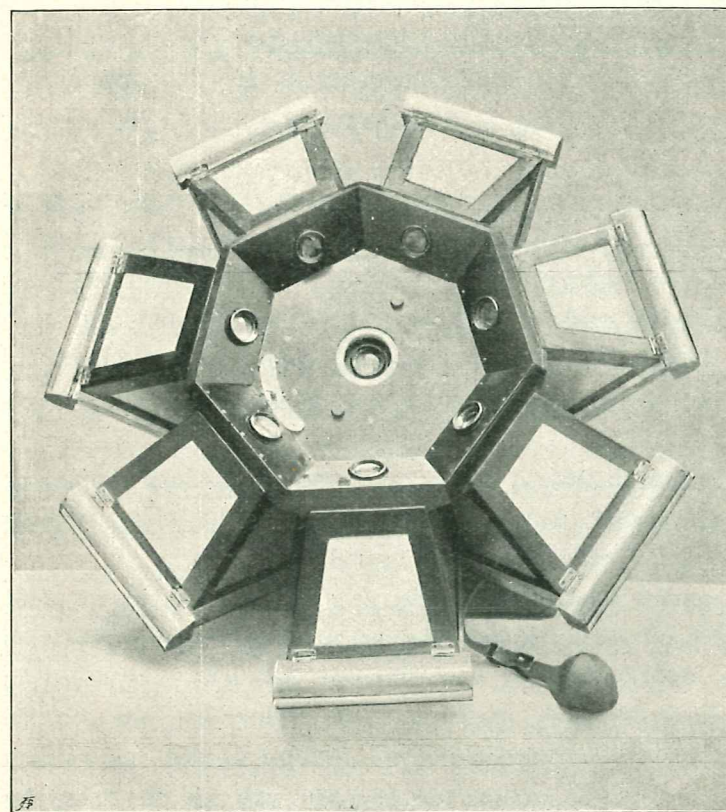


Fig. 346. Panoramengerät Scheimpflug, Modell II.

Film längs einer Erzeugenden beleuchtet. Solche Apparate sind noch käuflich zu haben und werden auch von den Franzosen zur Ergänzung ihrer Teleaufnahmen verwendet. Fig. 345.

Ein dritter Apparat, der in dieselbe Kategorie gehört, wurde erst in jüngster Zeit von den Engländern Colonel Capper und Mr. Brewer konstruiert und erinnert ungemein an den seinerzeitigen Apparat von Woodbury, nur ist an Stelle der Platte der Rollfilm getreten.

Es ist klar, daß solche Apparate nur mit kurz-brennweitigen Objektiven gebaut werden können, weil sie sonst ganz enorme Dimensionen annehmen müßten. Deshalb finden

sie auch dort, wo man in erster Linie nur Rekognoszierungszwecke im Auge hat, mit Recht keinen Anklang. Ganz anders liegt aber der Fall, wenn man eine topographische Geländeaufnahme im Auge hat. Denn für diese Zwecke photographiert man möglichst senkrecht nach unten und da genügen auch die kurzen Brennweiten. Das Einzelobjektiv hat aber so wenig Gesichtsfeld, daß es, wenn direkt nach unten gerichtet, bloß ein ganz winziges Gebiet deckt, so daß die Vergrößerung des Gesichtsfeldes durch Anwendung von Panoramengeräten geradezu eine Notwendigkeit wird. Außerdem soll später gezeigt werden, daß sich solche Apparate zu Präzisionsinstrumenten ausgestalten lassen und daß das große Gesichtsfeld, das sie repräsentieren, der wichtigste Behelf ist, um mehrere Ballonaufnahmen, die dasselbe Gelände decken, unabhängig von alten Karten aus sich selbst gegenseitig zu orientieren.

Eine vierte Richtung, die nicht gut übergangen werden kann, weil sie in der letzten Zeit sehr modern geworden ist, ist die stereoskopische. Hier werden zwei Apparate an den Enden einer langen Basis montiert und gleichzeitig betätigt. Die beiden Bilder, die man erhält, sind dann innerhalb gewisser Grenzen geeignet, im Stereoskop ein plastisches Bild zu geben. Solche Apparate wurden von Ranza, Thiele und von dem Franzosen Boulaide gebaut. Dabei zeichnet sich der Apparat von Boulaide vor den anderen vorteilhaft dadurch aus, daß er die lange Basis, die er benötigt, um eine Stereoskop-aufnahme zu machen, gleichzeitig durch Anwendung von Spiegeln dazu benützt, um ohne wesentliche Vergrößerung der Dimensionen des Apparats außerordentlich lange Brennweiten zur Anwendung bringen zu können. Das ist entschieden ein sehr geistreicher technischer Kunstgriff, da ja der stereoskopische Effekt von dem Produkte Basis mal Brennweite abhängig ist. Außerdem erkennt man daraus wieder die Vorliebe der Franzosen für die Fernphotographie. Auch bei den Zeppelinschen Luftschiffen sollen, wie man hört, stereoskopische Aufnahmen gepflegt werden. Es ist klar, daß bei diesen Luftschiffen die Bedingungen hierfür ganz besonders günstig liegen, weil durch die starre Konstruktion die Möglichkeit geboten ist, mit sehr großen Basislängen zu arbeiten.

Die anderen Spielarten der Technik, wie z. B. das Heben von photographischen Apparaten mit Drachen⁴⁾ oder Raketen, haben zwar noch bis vor kurzem viel Interesse erregt, dürften aber jetzt infolge der rapiden Entwicklung der Aviatik bald ein überwundener Standpunkt sein. Zu erwähnen wären nur noch die Versuche Dr. Miethes, (vorstehende Tafel), die Farbenphotographie vom Ballon aus zu versuchen, die vielleicht der Keim zu einem Fortschritt werden könnte, insbesondere was die Erzielung plastisch wirkender Karten-Darstellungen betrifft, und endlich die interessante Tatsache, die Hildebrandt in seinem Werke erwähnt, daß sowohl die Franzosen als die Engländer bei Kolonialkriegen, wie es der Burenkrieg in Transvaal und der Boxeraufstand in China waren, jetzt schon ganz allgemein Fesselballonabteilungen mitführen und daß diese Fesselballonabteilungen während der Zeit, wo sie nicht direkt zu Rekognoszierungszwecken benötigt werden, das Gelände beiderseits der Marschlinie photographieren. Die derart erhaltenen Photogramme erwiesen sich als sehr wertvoll für die rasche Herstellung von topographischen Aufnahmen des

Geländes, in dem man gerade Krieg führt. Das ist deswegen von Wichtigkeit, weil es gerade in solchen Ländern keine guten Karten gibt, und zeigt, wie fruchtbar der Gedanke ist, die Ballonphotogrammetrie zu topographischen Aufnahmen zu verwenden.

VI. Leitende Gesichtspunkte für eine systematische Geländeaufnahme von Luftfahrzeugen aus.

Welcher Art das Luftfahrzeug ist, das es ermöglichen soll, photographische Aufnahmen des Geländes aus der Luft zu gewinnen, ist für die hier zu entwickelnden Prinzipien eigentlich Nebensache und die diesbezügliche Entscheidung wird im wesentlichen von

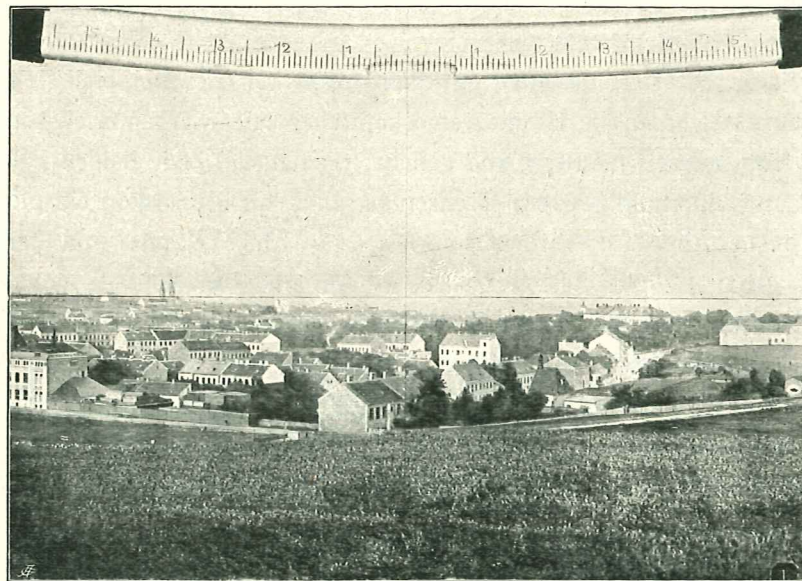


Fig. 347. Photogramm mit mitphotographierter Wasserwaage.

dem jeweiligen Stande der Flugtechnik abhängen. Jedoch wird, soweit die Technik auch fortschreiten mag, die Tatsache immer bestehen bleiben, daß, sobald man den Erdboden verläßt und die photographischen Aufnahmen aus der Luft macht, der fixe unverrückbare Standpunkt und die bestimmte, genau bekannte Aufnahmsrichtung verloren gehen.

Da aber die terrestrische Photogrammetrie im allgemeinen und speziell dann, wenn man eine gewisse Genauigkeit des Resultats verlangt, und sich nicht bloß mit flüchtigen Rekognoszierungsarbeiten begnügt, bisher nur von fixen, genau eingemessenen Standpunkten und mit ängstlich genau festgelegten Aufnahmsrichtungen arbeitet, spitzt sich in der Ballonphotogrammetrie alles darauf zu, die Methoden, nach denen die Bilder ausgewertet werden sollen, von der Kenntnis des Aufnahmsstandpunktes und der Aufnahmsrichtung unabhängig zu machen.

1. Messung der Neigung der Platten im Momente der Aufnahme.

Wir wissen aber von den Arbeiten der Deutschen her, daß die Festlegung der annähernden Lage des Nadirpunktes auf jedem Bilde die Arbeit ganz wesentlich

erleichtert, und, wie die Praxis gezeigt hat, möglich ist. Man wird also an dieser Tatsache festhalten und die Forderung aufstellen, daß photogrammetrische Apparate, die von Luftfahrzeugen aus verwendet werden sollen, die Richtung und Lage des Horizontes oder, was dasselbe ist, die Lage des Nadirpunktes, auf jedem Bilde so genau als nur möglich festzuhalten gestatten, oder dies womöglich automatisch tun.

2. Genaueste Rektifikation der photogrammetrischen Apparate.

Es ist ferner gut, sich daran zu erinnern, daß die bisherigen geodätischen Methoden sich im wesentlichen in eine Unsumme aufeinanderfolgender und ineinander verschränkter Winkelmessungen auflösen, die nur durch einige wenige Längenmessungen unterstützt werden.

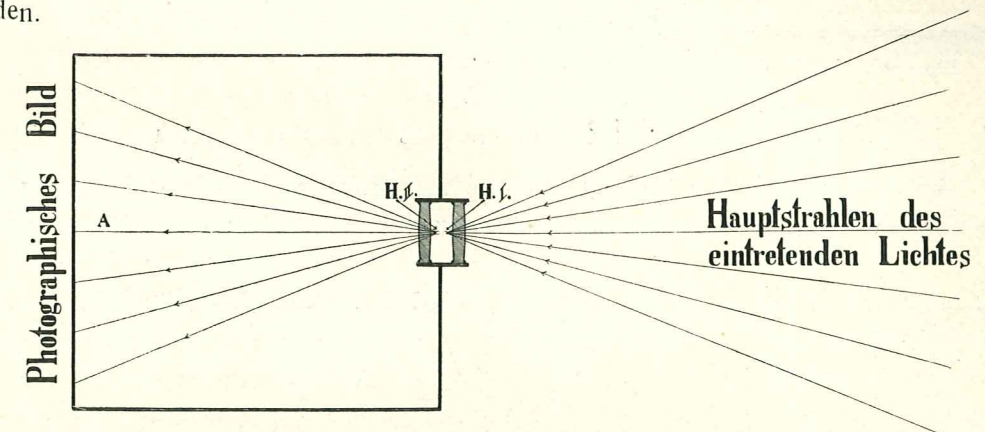


Fig. 348. Schema der Gaußschen Linsentheorie als Erklärung der Tatsache, daß jede Photographie eine Zentral-Perspektive ist und deshalb zu Winkelmessungen benützt werden kann.

Das Wesen der Photogrammetrie besteht nun darin, daß eine große Anzahl solcher Winkelmessungen im Wege der Photographie mit einem Schlage auf einmal durchgeführt wird und frei von persönlichen Fehlern, Rechenfehlern und sonstigen Mängeln bleiben die bei jeder Massenarbeit sonst unvermeidlich sind.

Die Eigenschaft des photographischen Apparats, ein ganz ausgezeichnetes Winkelmeßinstrument zu sein, beruht aber darauf, daß das photographische Objektiv bei der Erzeugung des Bildes im mathematischen Sinne als Punkt wirkt. Gauß hat uns in seiner Linsentheorie gelehrt, daß jedes Linsensystem zwei Hauptpunkte hat und daß der erste Hauptpunkt der ideelle Konvergenzpunkt der eintretenden Lichtstrahlen und der zweite Hauptpunkt derjenige ideelle Punkt ist, von dem die austretenden Lichtstrahlen zu kommen scheinen und daß demnach jede Photographie im streng mathematischen Sinne eine Perspektive ist, deren Augpunkt im zweiten Hauptpunkte des Objektivs liegt. Fig. 348.

Wie man sieht, besteht eine strenge Analogie zwischen den Hauptpunkten eines Linsensystems und den Polen eines Magnetes oder dem Schwerpunkte eines Körpers.

Es ist nun klar, daß die Genauigkeit der Winkel, die man aus einer Photographie ableitet, nicht nur davon abhängt, wie genau man die Photographie ausmißt, sondern

in noch viel höherem Maße davon, daß man die Lage ihres Augpunktes genauestens kennt und in Rechnung zieht.

Es muß daher bei jedem photogrammetrischen Apparat, bevor er benützt werden kann, ein Markenkreuz vorhanden sein, das sich auf jeder photographischen Platte automatisch mit abbildet, und muß die Lage des zweiten Hauptpunktes des Objektivs zu diesem Markenkreuz genauestens festgelegt werden. Die Arbeit, die hie mit verbunden ist, nennt man die innere Orientierung oder Rektifikation des Apparates, und die kann für die Ballonphotogrammetrie gar nicht genau genug erfolgen.

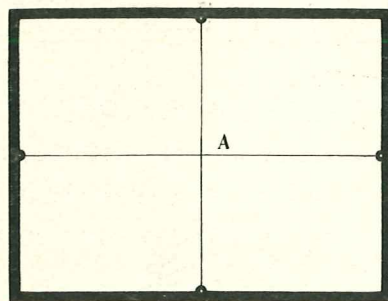


Fig. 349. Markenkreuz.

3. Möglichst großes Gesichtsfeld der Apparate.

Bei der terrestrischen Photogrammetrie wird diese innere Orientierung durch die äußere Orientierung, d. h. durch die Festlegung des Standpunktes und der Aufnahme-

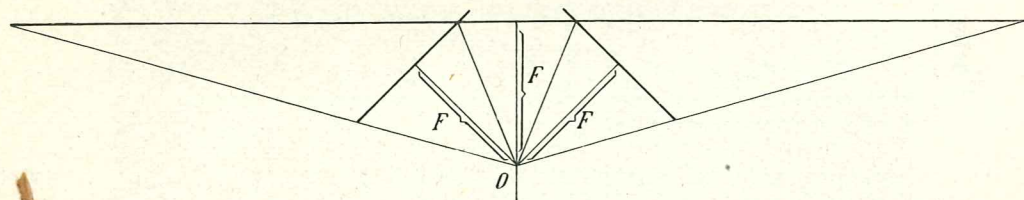


Fig. 350. Schematischer Querschnitt durch den Panoramen-Apparat, der zeigt, wie durch Vereinigung mehrerer Cameras zu einem starren Ganzen das Gesichtsfeld vergrößert wird.

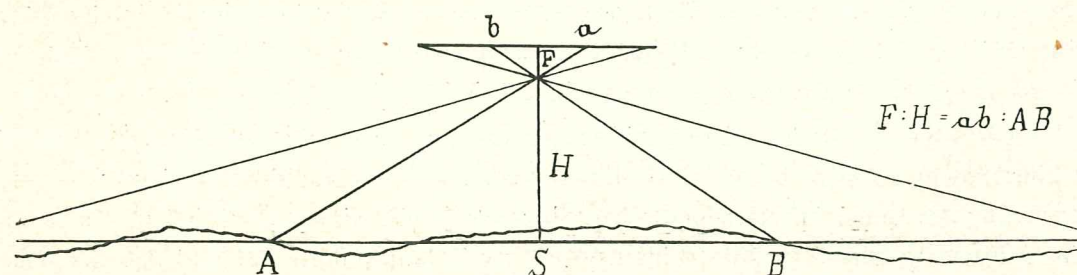


Fig. 351. Geometrische Beziehungen zwischen einer horizontalen Vogelperspektive und dem Gelände.

richtung ganz wesentlich unterstützt und es ist deshalb selbst bei mangelhafter innerer Orientierung bei sonst guter Arbeit eine wesentliche Fehleranhäufung nicht zu befürchten.

Bei der Ballonphotogrammetrie fällt aber die äußere Orientierung gänzlich weg und man ist lediglich auf die innere Orientierung angewiesen. Dieselbe muß daher, wenn man irgend brauchbare Resultate bekommen will, mit der äußersten Genauigkeit durchgeführt werden. Doch ist das nicht genug. Für die äußere Orientierung, die in

Wegfall kommt, muß Ersatz geschaffen werden. Und das geschieht durch die Vergrößerung des Gesichtsfeldes der Apparate, d. h. durch die Verwendung von Panoramenapparaten. Das größere Gesichtsfeld wirkt in dem Sinne, daß ein ausgiebiges, gegenseitiges Sichübergreifen der Bilder, sozusagen eine Verschränkung derselben ermöglicht wird, auf Grund deren man dann die Bilder gegenseitig orientieren kann, ohne vom Gelände irgend etwas zu wissen. Die miteinander verschränkten Bilder stellen dann eine Art Gewölbe über der aufzunehmenden Gegend dar, das allerdings nicht in der Luft schweben kann, sondern irgendwo gestützt sein muß. Diese Stützpunkte bietet aber in vollkommen ausreichender Weise eine Triangulierung erster Ordnung, die man bei großen Landesvermessungen wohl nie wird missen können. Für die Detailaufnahme zur Ausfüllung dieses Triangulierungsnetzes erster Ordnung genügen aber die Ballonaufnahmen vollauf, wenn sie mit Panoramenapparaten von großem Gesichtsfeld und guter innerer Orientierung gemacht worden sind und die Bilder sich derart reichlich übergreifen, daß sie gut ineinander verschränkt werden können. Fig. 352.

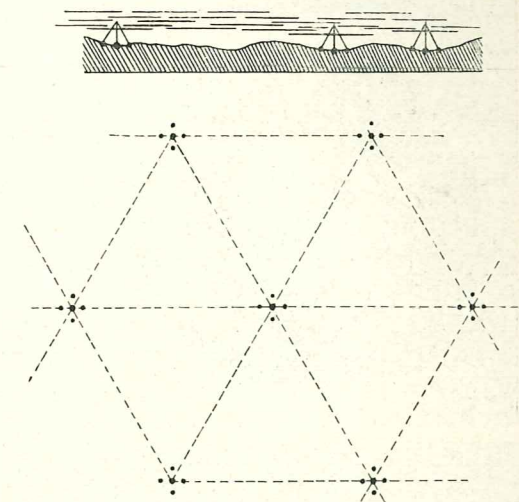


Fig. 352. Verschränkung vieler Ballon-Panoramen und Verknüpfung derselben mit einem Triangulierungs-Netze im Grund und Aufriß.

Vergleichsweise möchte ich noch hinweisen auf eine Brücke mit großer Spannweite, deren einzelne Teile auch ineinander derart verschraubt und vernietet sind, daß die Brücke ein Ganzes wird, das nur an seinen Enden auf entsprechenden Pfeilern zu ruhen braucht, um die größten Lasten tragen zu können.

4. Getrennte Ermittlung des Grundrisses und der Höhenunterschiede⁵⁾.

Jeder Geodät weiß, daß eventuelle Fehler in der Horizontalstellung seines Winkelmeßinstrumentes auf den Grundriß, den er zeichnen will, einen kaum nennenswerten Einfluß haben, dagegen die Richtigkeit seiner Höhenmessungen sehr stark in Frage stellen. Infolgedessen wurde auch bisher bei Landesvermessungen die Horizontaltriangulierung und Höhenmessung in rechnerischer Beziehung getrennt behandelt; d. h. es wurden zuerst immer die Grundrißverhältnisse definitiv festgelegt und dann erst auf Grund des fertigen Grundrisses die Höhenunterschiede des Geländes berechnet, obwohl es auf festem Lande keiner Schwierigkeit unterliegt, die Instrumente genau horizontal zu stellen, was auch selbstverständlich mit größter Sorgfalt geschieht.

Auf Luftfahrzeugen ist aber an eine genaue Horizontalstellung nicht zu denken. Sie kann höchstens bei guter Arbeit und guten Instrumenten auf etwa einen Viertelgrad

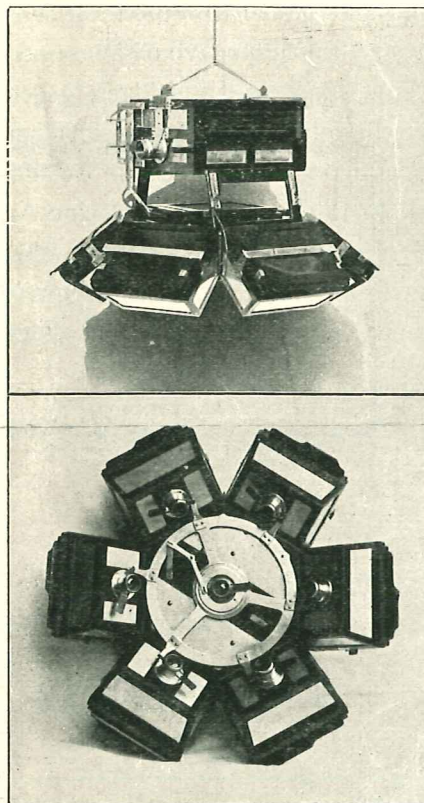


Fig. 353. Siebenfacher Drachenapparat für Vogelperspektive mit aufgesetztem Libellenkasten für Aufnahmen vom Drachen oder Ballon aus.

diese Transformationen zeichnerisch durchzuführen mit Hilfe der Methode der Quadratnetze oder des sogenannten Möbiusschen Netzes, wie die Deutschen es nennen, oder des Perspektometers, wie Thiele es nennt. Fig. 354 und 355. Da man jedoch an diesen transformierten Bildern späterhin noch sehr exakte Messungen durchzuführen hat, so würden die unvermeidlichen persönlichen Fehler des Zeichners so störend wirken, daß

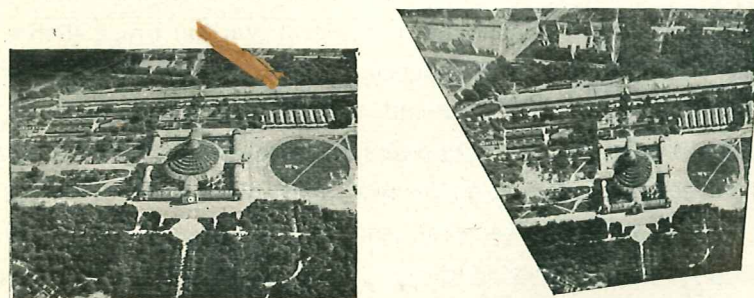


Fig. 354 und 355. Transformation einer ursprünglich schiefen Ballon-Aufnahme in eine horizontale.

genau erfolgen. Vielfach werden aber auch größere Fehler vorkommen. Es wird sich daher in erhöhtem Maße empfehlen, an dem bereits von unseren Altvorderen erprobten Grundsatz festzuhalten, vorerst den Grundriß des Geländes aus den Bildern festzulegen. Der fertige Grundriß, im Verein mit den Bildern, deren Neigung man nur annähernd kennt, gibt dann Mittel an die Hand, die Neignungsverhältnisse der Bilder richtig zu stellen, und dann, wenn die Neignungsfehler der Bilder beseitigt sind, können auch die Höhenunterschiede des Geländes aus den Bildern ermittelt werden.

5. Transformation aller schiefen Bilder in horizontale.

Da es weit leichter ist, horizontale Bilder zu verarbeiten, als schiefe mit allerlei Neigungswinkeln, so bedeutet es eine wesentliche Erleichterung und Beschleunigung der Arbeit, wenn man die schiefen Bilder auf Grund der annähernd gemessenen Neigungswinkel bei der Aufnahme in horizontale transformieren kann, und zwar muß das gleich zu Beginn geschehen, bevor man weitere Arbeiten mit den Bildern unternimmt. Theoretisch liegt kein Hindernis vor,

ein gutes Resultat kaum zu erwarten wäre. Es ist daher aus praktischen Rücksichten zu empfehlen, diese Transformation auf photographischem Wege durchzuführen, wozu Autor ein eigenes Instrument, den Photo-Perspektographen,

geschaffen hat. (Siehe „Der Perspektograph und seine Anwendung.“

Photogr. Korresp. November 1906.) Fig. 356.

Dieses Instrument ermöglicht tatsächlich die Transformation mit der wünschenswerten Genauigkeit, so daß dann die weiteren Arbeiten mit horizontalen Bildern durchgeführt werden können.

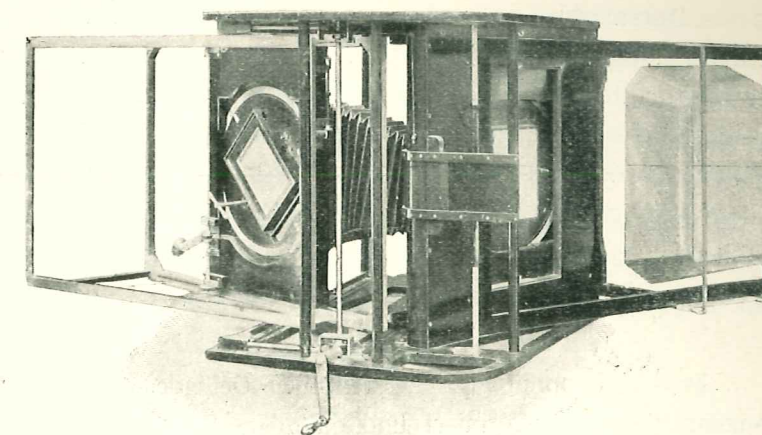


Fig. 356. Photo-Perspektograph, System Scheimpflug, Modell II.

6. Anwendung des Stereo-Komparators⁶⁾.

Noch vor wenigen Jahren pflegte man bei photogrammetrischen Arbeiten Papierkopien auszumessen⁷⁾, um das wertvolle Plattenmaterial zu schonen. Das konnte natürlich nur auf Kosten der Genauigkeit geschehen.

Nachdem nun bei der Ballonphotogrammetrie, wie schon erwähnt wurde, die äußere Orientierung fehlt, muß das, was die Bilder wirklich bieten, mit größtmöglicher Genauigkeit erfaßt werden, und

da in der Zwischenzeit die Firma Zeiss im Stereo-Komparator ein Instrument geschaffen hat, welches es ermöglicht, die Platten selbst u. zw. mit einer sehr großen Genauigkeit auszumessen, so erscheint es geboten, prinzipiell ein solches Instrument zur Ausmessung der Platten zu benützen. Freilich ist es fraglich, ob Ballonaufnahmen, die aus ungleichen Höhen gemacht sind, u. zw. in der Regel von den Enden einer Standlinie, die ungefähr so lang sein wird, wie die Ballonhöhe über dem Gelände, einen plastischen Effekt er-

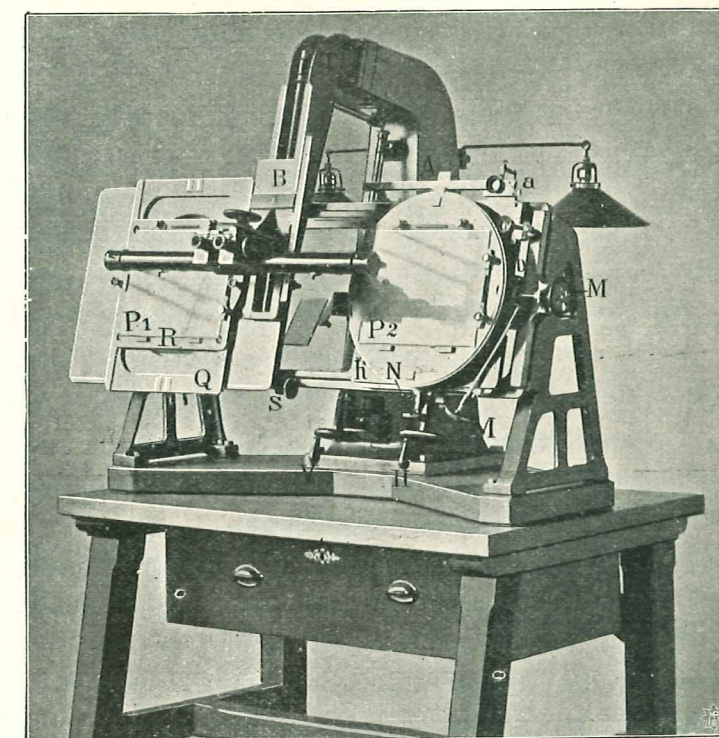


Fig. 357. Stereo-Komparator von Dr. Pulfrich (Jena).

geben. Darauf wird man verzichten müssen und man wird ebenso wie bei der alten Meßtischphotogrammetrie sich damit begnügen müssen, idente Punkte aufzusuchen und ihre Koordinaten zu vergleichen. Jedoch auch dafür hat die Firma Zeiss Rat geschaffen, indem sie für solche Fälle das sogenannte Blinkmikroskop gebaut hat. Mit einem solchen Instrumentarium ist es möglich, die Identität zweier Bildpunkte auf korrespondierenden Bildern mit großer Sicherheit festzustellen und die Koordination der einander entsprechenden Bildpunkte mit großer Genauigkeit auszumessen.

7. Konstruktion des Grundrisses.

Zwei Ballonphotogramme desselben Geländes, vorher so gut wie möglich in die Horizontalebene transformiert und dann im Stereo-Komparator gegeneinander richtig orientiert, bestimmen in geometrischer Beziehung vollkommen eindeutig das Relief des Geländes, u. zw. in dem durch die Länge der Basis angenommenen Maßstabe.

Nun ist es ja denkbar und sogar wahrscheinlich, daß die Neigungsfehler der Ballonaufnahmen bewirken, daß die einander entsprechenden Strahlen, deren Schnittpunkte in ihrer Gesamtheit das ideelle Relief des photographierten Geländes bilden, einander nicht schneiden, sondern kreuzen, d. h. aneinander vorübergehen, ohne sich zu schneiden. (Auch das ist ein Grund, warum in der Regel kein plastischer Effekt zustande kommen kann.)

Der naheliegendste Gedanke wäre nun, die Bilder so lange zu verschwenken, bis die einander entsprechenden Strahlen wirklich überall zum Schnitt kommen, denn dann müssen, wie auch Prof. Finsterwalder gezeigt hat, die Bilder gegenseitig richtig orientiert sein und das richtige Relief des Geländes ergeben. Theoretisch genügt es, wenn nur eine beschränkte Anzahl von Strahlenpaaren derart zum exakten Schnitt gebracht wird, weil dann alle anderen von selbst zum Schnitt kommen müssen, und, wie Prof. Finsterwalder⁸⁾ gezeigt hat, gibt uns die Mathematik Mittel an die Hand, um die Verschwenkung jedes Bildes genau zu berechnen, die dazu nötig ist. Praktisch werden sich diese Verschwenkungen um so genauer und richtiger ergeben, je größer das Gesichtsfeld der Bilder ist, die derart zusammengepaßt werden sollen, und je weiter sie sich übergreifen.

Die rechnerische Ermittlung dieser Verschwenkungen ist aber eine ungemein schwierige und mühsame Sache und empfiehlt sich deshalb in der Praxis nicht.

Die rein empirische Ermittlung wäre ja denkbar; jedoch ist der Stereo-Komparator dafür nicht gebaut. Es scheint daher dem Autor richtiger, einen anderen Weg einzuschlagen, der rascher und sicherer zum Ziel führt.

Wie schon wiederholt betont und in dem schon erwähnten Vortrage, den Autor in Frankfurt gehalten hat, des näheren ausgeführt, haben die Neigungsfehler der Bilder auf den Grundriß so gut wie keinen Einfluß, d. h., um bei der früheren Vorstellungsreihe zu bleiben, die Sehstrahlen gehen auch bei verschwenkten Bildern nie seitlich aneinander vorbei, wenigstens nicht in nennenswertem Maße, sondern schneiden nur die Vertikalen, die man sich durch jeden einzelnen Geländepunkt gelegt denken kann, in verschiedener

Höhe. Es muß sich daher zwischen den Koordinaten jedes Grundrißpunktes und den Koordinaten der entsprechenden Bildpunkte eine einfache mathematische Beziehung finden lassen, die von den Neigungsfehlern der Bilder unabhängig ist.

Diese Beziehung hat Autor gefunden und behält sich vor, ihre Begründung den Fachkreisen in einer separaten Abhandlung zur Kenntnis zu bringen.

Auf Grund dieser Gleichung läßt sich nun aus den genau gemessenen Koordinaten der Bildpunkte die Lage jedes einzelnen Geländepunktes im Grundriß genauestens berechnen und daher der Grundriß des Geländes genau zeichnen, obwohl die Bilder noch mit kleinen Neigungsfehlern behaftet sind.

8. Befreiung der Bilder von ihren Neigungsfehlern.

Sobald man den Grundriß hat, ist es ein leichtes, mit Hilfe des Photo-Perspektographen unter Anwendung der Methode der optischen Koinzidenz, d. h. durch optisches Zusammenpassen (siehe Der Perspektograph und seine Anwendung), jedes einzelne Bild von seinen Neigungsfehlern zu befreien und sowohl diesen Neigungsfehler selbst, als auch die relative Ballonhöhe über dem Gelände aus Ablesungen, die man am Photo-Perspektographen machen kann, zu berechnen. Diese Arbeit rechnerisch zu machen, wäre außerordentlich mühsam und daher für die Praxis nicht empfehlenswert.

9. Ermittlung des Schichtenplans.

Die so streng horizontalen, d. h. von ihren Neigungsfehlern befreiten Ballonaufnahmen können nun wieder in den Stereo-Komparator eingespannt und gegenseitig orientiert werden. Jetzt müssen die korrespondierenden Sehstrahlen der beiden Bilder sich tatsächlich im Raume schneiden und in ihrer Gesamtheit das gewünschte Relief des Geländes rekonstruieren. Dieses kann nun mit dem Stereo-Komparator optisch abgetastet werden, es können auf ihm die Schichten gleicher Höhe ermittelt werden oder in praxi, es können die Platten ausgemessen und kann aus den Messungsergebnissen der Schichtenplan berechnet werden. Auch hierfür hat der Autor neue Formeln aufgestellt, die er sich vorbehält, zu veröffentlichen. Das war deswegen notwendig, weil bei dieser Rechnung auch der Höhenunterschied der Ballonorte eine Rolle spielt. Die sogenannte Verschwenkung der Bilder gegen die Standlinie, welche in der terrestrischen Photogrammetrie im wesentlichen dieselbe Rolle spielt, wie der Höhenunterschied der Ballonorte in der Ballonphotogrammetrie, wird nämlich bei den bisher üblichen Berechnungen in einer Weise berücksichtigt, die auf die Verhältnisse, wie sie bei der Ballonphotogrammetrie vorliegen, nicht paßt.

Deswegen mußten neue geometrische Beziehungen für diesen Fall abgeleitet werden.

10. Verwendung von automatischen Zeichenapparaten in Kombination mit dem Stereo-Komparator.

Herr Oberleutnant Orel des k. u. k. militär-geographischen Instituts hat in jüngster Zeit einen Zeichenapparat erdacht, der mit dem Stereo-Komparator kombiniert werden

kann und, wenn das geschehen ist, die rechnerische Auswertung der am Stereo-Komparator gemachten Messungen automatisch besorgt, indem er Grundriß und Schichtenlinien direkt zeichnet, wenn das Mikroskop auf der photographischen Platte längs der Linie, die zu zeichnen ist, geführt wird. Dieser Apparat ermöglicht selbstverständlich einen ganz außerordentlichen Zeit- und Arbeitsgewinn und die Firma Zeiss hat es bereits übernommen, solche Zeichenapparate zu bauen und im Verein mit ihren Stereo-Komparatoren zu liefern.

Es ist klar, daß man sich eines solchen Zeichenapparates auch bei der Ballonphotogrammetrie bedienen müssen. Leider ist der Auto-Stereograph des Herrn Oberleutnants Orel nur für die terrestrische Photogrammetrie gebaut, weil er nur dann verwendbar ist, wenn die äußere Orientierung der Bilder bekannt ist, und weil er auch sonst in allen seinen Verhältnissen den Bedürfnissen der Arbeit von festen Standpunkten aus angepaßt ist. Da es nach eingehender Rücksprache mit den beteiligten Faktoren, d. h. mit dem Konstrukteur des Auto-Stereographen und mit der Firma Zeiss sich leider nicht als tunlich erwiesen hat, den Orelschen Apparat den Bedürfnissen der Ballonphotogrammetrie anzupassen, so entschloß sich Autor, selbst einen Zeichenapparat zu konstruieren, der für die Ballonphotogrammetrie das leisten soll, was der Orelsche Apparat für die terrestrische Photogrammetrie heute schon leistet. Das war, nachdem die oben unter 7 und 9 erwähnten neuen mathematischen Beziehungen gefunden waren, nicht schwer und ist besagter Zeichenapparat bereits im Bau. Mit diesem Zeichenapparat wird es möglich sein, sowohl den Grundriß als den Schichtenplan des Geländes mit Hilfe des Stereo-Komparators direkt an Hand der eingelegten Bilder zu zeichnen.

11. Herstellung der fertigen Karte.

Da man mit dem im vorigen Abschnitt erwähnten Zeichenapparate sowohl den Grundriß als den Schichtenplan des Geländes direkt erhält, erübrigt nur mehr die Zusammenfügung der aus je einem Paar von Ballonaufnahmen erhaltenen Bruchstücke der Karte und die Vollendung des Kartenbildes nach kartentechnischen Gesichtspunkten, um zu fertigen, druckfähigen Karten und Plänen zu gelangen.

Dem Autor hat aber von jeher das Ziel vorgeschwebt, daß die Karte selbst eine Art Photographie des Geländes sein soll, ein Ziel, das auch in dem Worte „Photokarte“, das als Schlagwort für seine Bestrebungen geprägt wurde, klar zum Ausdruck kommt.

Zur Erreichung dieses Zieles sind aber einige Dinge notwendig. Erstens die photographische Überführung der horizontalen Ballonphotogramme, die doch immerhin nur perspektivische Ansichten sind, in Orthogonalprojektionen, zweitens die Zusammenfügung der einzelnen photographischen Bilder zu einem Ganzen, nämlich zu einem rechtwinkelig begrenzten Kartenbild, drittens die Übertragung auf Druckplatten und zum teil in Verbindung hiermit, viertens die möglichste Rücksichtnahme auf und Fühlungnahme mit den Forderungen und Theorien, die Dr. P e u c k e r in meisterhafter Weise aufgestellt hat und die bezwecken, die Karte, die dem Luftschiffer in die Hand gegeben wird, möglichst plastisch und vor allem übersichtlich zu gestalten⁹⁾. Das

erste, die photographische Umformung der perspektivischen Ballonphotogramme in orthogonale, ist bereits jetzt mit Hilfe des Zonentransformators, d. h. mit Hilfe eines Apparates, den auch der Autor konstruiert hat und bereits besitzt, ohne Schwierigkeit durchführbar.

Auch die Frage der Zusammenfügung wurde schon gelöst.

An die Lösung der beiden anderen Fragen ist Autor zwar noch nicht herangetreten, hat jedoch nicht die geringsten Zweifel an ihrer Lösbarkeit. Insbesondere dürften farbige Photogramme vom Ballon aus zur Lösung der Frage der Plastik wesentlich

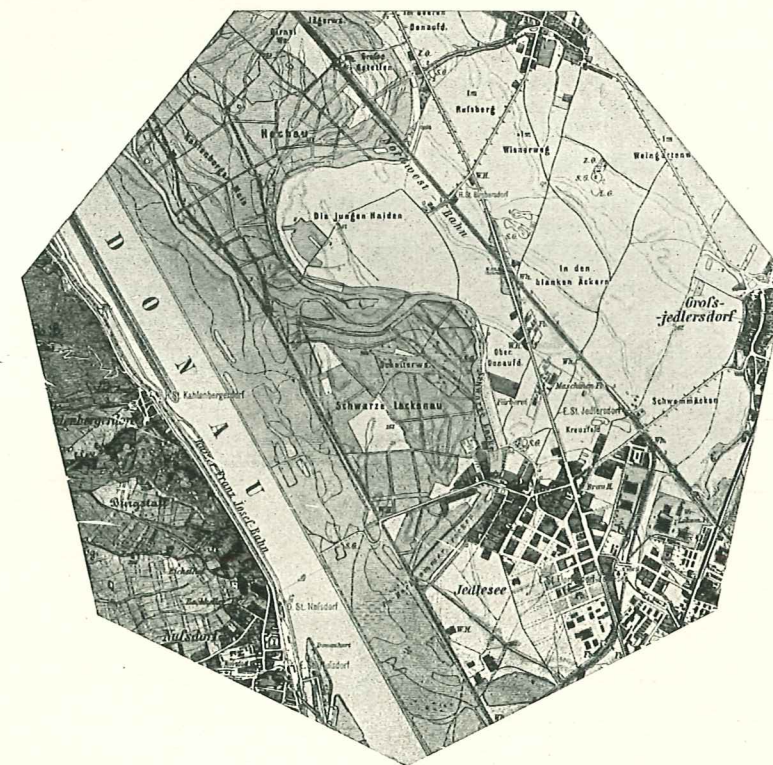


Fig. 358. Der entsprechende Ausschnitt aus der Generalstabskarte zum Vergleich.

beitragen. Um die Übersichtlichkeit der Photokarte zu verstärken, genügt die zeichnerische Verstärkung der Wege, Flüsse und Ortschaften etc., wie die Erfahrung gezeigt hat vollkommen.

VII. Schlußworte.

Wie aus dem Vorstehenden erhellt, ist die Technik der Auswertung von Ballon-Photogrammen in theoretischer Beziehung bereits fertig und in praktischer Beziehung der Vollendung nahe.

Die Apparate, die nötig sind, um tatsächlich die geschilderte Methode in Anwendung zu bringen, sind ebenfalls größtenteils bereits fertig und diejenigen, welche noch nicht

fertig sind, zum mindesten im Bau begriffen. Es läßt sich daher mit Ruhe behaupten, daß im Momente, wo die Flugtechnik so weit sein wird, an eine systematische photographische Aufnahme des Geländes schreiten zu können, die Vermessungstechnik in der Lage sein wird, dem Rufe nach einer rationellen Verarbeitung des ihr gelieferten Rohmaterials von Ballonphotogrammen ohne weiteres zu entsprechen.

Bezüglich der Leistungsfähigkeit der Methode sei bemerkt, daß die Einrichtungen, die der Autor bereits geschaffen hat, oder im Begriffe ist, sich zu schaffen, ihn in die Lage versetzen werden, ungefähr 1500 Ballonpanoramen im Jahre zu verarbeiten. Unter der Annahme, daß es am rationellsten sein dürfte, die Ballonaufnahmen aus ungefähr 1000 m Höhe durchzuführen, entspricht das einem Areal von ungefähr 15.000 km², die im Maßstab 1:10.000 in druckfähigem Zustand jährlich fertiggestellt werden könnten.

Selbstverständlich unterliegt es keiner Schwierigkeit, die bereits vorhandenen Apparate und Einrichtungen nach Bedarf zu vervielfältigen und dadurch die jährliche Leistungsfähigkeit entsprechend zu steigern. Das ist nicht einmal eine Geldfrage, sondern nur eine Frage, ob ein Bedarf danach ist; und die Frage des Bedarfs scheint dem Autor nur mehr eine Frage der Zeit zu sein.

Die zukünftige Bedeutung der Methode in wissenschaftlicher, kultureller und volkswirtschaftlicher Beziehung erhellt schon aus dem eingangs Gesagten und bedarf keiner weiteren Worte.

Zusammenstellung der benützten Quellen.

1. Die Geländedarstellung auf Karten von Joseph Röger, Oberstleutnant z. D. München 1908.
- 1a. Erd- und Himmelsgloben, ihre Geschichte und Konstruktion von Matheo Fiorini und Siegm. Gunther, B. G. Teubner in Leipzig 1895.
2. Schattenplastik und Farbenplastik von Dr. Karl Peucker. Artaria & Co., Wien.
3. Zondervan, Kartenkunde, Leipzig 1901.
4. Wolkenhauer, Leitfaden zur Geschichte der Kartographie, Breslau 1895.
5. Peschel, Geschichte der Erdkunde, München 1865.
6. Berger, Geschichte der wissenschaftlichen Erdkunde der Griechen.
7. Günther, Handbuch der mathematischen Geographie, Stuttgart 1890.
8. A. Steinhauser, Grundzüge der mathematischen Geographie und Landkartenprojektion.
9. Sydow, Der kartographische Standpunkt Europas 1857—71.
10. Nordenskjöld, Facsimile-Atlas to the early history of cartography, Stockholm 1889. S. 51.
11. Hildebrandt, Die Luftschiffahrt nach ihrer geschichtlichen und gegenwärtigen Entwicklung, R. Oldenburg, München und Berlin 1907.
12. Moedebeck, Taschenbuch für Flugtechnik und Luftschiffer.
13. S. Finsterwalder, Eine Grundaufgabe der Photogrammetrie und ihre Anwendung auf Ballonaufnahmen. München 1903.
14. Illustrierte Aeronautische Mitteilungen.
15. Die Arbeiten des russischen Staatsrats Thiele, des französischen Geniekapitäns Sacconney und des italienischen Tenente Ingegnere Attilio Ranza.
16. Die Arbeiten des sächsischen Ingenieurs Maul und die Arbeiten von Dr. C. Pulfrich und die eigenen älteren Arbeiten des Autors.

Bemerkungen zu: „Die Flugtechnik im Dienste des Vermessungswesens“.

¹⁾ Die historischen Daten dieses Abschnittes wurden einer ganzen Reihe einschlägiger Fachwerke entnommen und hier in möglichst knapper Form zusammengestellt.

²⁾ Die Herstellung von Karten und Plänen auf photographischem Wege von Th. Scheimpflug. Sitzungs-Berichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien. Februar 1907.

³⁾ Für dieses Kapitel wurden viele Daten dem Werke „Die Luftschiffahrt“ von A. Hildebrandt entnommen, ebenso auch manches dem „Taschenbuch des Luftschiffers“ von Moedebeck.

⁴⁾ Siehe: Über österreichische Versuche, Drachen-Photogramme kartographisch zu verwerten, und deren bisherige Resultate. Th. Scheimpflug, Photographische Korr. 1903.

⁵⁾ Siehe: Die technischen und wirtschaftlichen Chancen einer ausgedehnten Kolonial-Vermessung.

Vortrag von Th. Scheimpflug, gehalten im Physikalischen Verein Frankfurt am Main.

⁶⁾ Neue stereoskopische Methoden und Apparate für die Zwecke der Astronomie, Topographie und Metronomie. Dr. C. Pulfrich, Berlin 1903.

⁷⁾ Über die Konstruktion von Höhenkurven und Plänen auf Grund stereo-photogrammetrischer Messungen mit Hilfe des Stereo-Komparators Dr. C. Pulfrich. Zeitschr. für Instr. Kunde 1903.

⁸⁾ Eine Grundaufgabe der Photogrammetrie und ihre Anwendung auf Ballon-Aufnahmen von S. Finsterwalder. Abh. der k. bayer. Akademie der Wissenschaften. München 1903.

⁹⁾ Zur Lösung dieser Frage dürften auch Farbenphotogramme vom Luftballon aus ein sehr instruktives Material sein.