

luire la prochaine aurore, même dans cette situation, l'aéronaute ne peut se laisser aller au découragement. Il croit encore à l'avenir, car il jouit d'un magnifique spectacle, des émotions les plus pures et les plus belles que l'on puisse éprouver. Son âme s'élève, il se sent en communion intime avec la nature et l'infini, sa confiance en Dieu augmente et il attend sans crainte le sort qui lui est réservé.

Mesdames et Messieurs, je ne puis vous décrire la beauté des voyages aériens, ma parole est impuissante à le faire; seul un poète pourrait chanter leurs merveilles. Mais je vous souhaite, à ceux qui ont déjà fait des ascensions, de pouvoir en faire encore de nombreuses, à ceux qui n'en ont pas fait de vous élancer bientôt dans les airs et à tous d'y jouir du charme immense que nous procure le ballon libre.

Diese Kopien dürfen nur
im Rahmen der urheber-
rechtlichen Vorschriften
verwendet werden

XV. Die technischen und wirtschaftlichen Chancen einer ausgedehnten Kolonial-Vermessung.

Von

Hauptmann Scheimpflug-Wien.

1. Einleitung.

Wir sind alle voll der Eindrücke, die wir täglich auf dieser Ausstellung empfangen.

Wo so viel Schönes, Neues, Wunderbares zu sehen ist, wird der Maßstab, den man an die Dinge anlegt, unwillkürlich ein anderer, der Gesichtskreis ein weiterer, und es wird daher etwas, was sonst als Utopie verlacht worden wäre, ein klein wenig Aussicht haben, hier ernst genommen zu werden.

Die Karten 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. Tatsächlich beruhen unsere Kartenwerke auf dreierlei untereinander höchst verschiedenem Grundmaterial.

Erstens auf exakten Landesvermessungen, wo solche schon existieren; das ist aber eigentlich nur in Europa, mit Ausnahme der Türkei, eines Teiles von Spanien und der nördlichsten Teile von Rußland, sowie in Ostindien der Fall. In vielen andern Ländern sind Landesvermessungen teils begonnen, teils bereits im Zuge, z. B. in Britisch-Nordamerika, in der Union, in Mexiko und in Japan. Auch Deutschland läßt in seinen Kolonien ziemlich viel arbeiten. Zweitens auf genauen Aufnahmen aller Küstengebiete der Erde, die von den seefahrenden Nationen im Laufe der Zeiten im Interesse der Schifffahrt gemacht wurden. Es ist selbstverständlich, daß auf diesem Gebiete die Engländer das meiste geleistet haben.

Drittens haben wir für das Innere der Kontinente, insbesondere Asiens, Afrikas, Südamerikas und Australiens eigentlich nichts anderes als Routenaufnahmen und die Berichte von Forschungsreisenden, sowie eine Unsumme stets sich häufenden statistischen Materials. Dieses, wie wir sehen, recht heterogene Material hat der Kartograph zu sichten, in Zusammenhang zu bringen und, so gut er kann, zeichnerisch zu verwerten.

Heutzutage aber, wo der Verkehr alle Völker verbindet, wäre es nicht bloß in wissenschaftlicher Beziehung, sondern auch aus unzähligen praktischen Gründen

ein Bedürfnis und Kulturerfordernis, daß wir von jedem Punkte der Erde eine gute Karte hätten.

Tatsächlich würde aber bei Anwendung der bis heute üblichen Methoden eine exakte Aufnahme der ganzen Erdoberfläche ganz unerschwingliche Kosten verursachen und viele Jahrhunderte dauern.

Wenn wir zurückblicken, wie das heutige Vermessungswesen geworden ist, so erkennen wir deutlich zwei Arten von treibenden Kräften.

Einerseits bringt jede neue einschlägige Erfindung die Menschen technisch vorwärts, andererseits steigert die kulturelle Entwicklung der Menschheit stetig das Bedürfnis nach guten Karten.

Wenn wir von dem Altertum, das für unsere Betrachtungen zu weit zurückliegt, absehen, können wir die ersten ernstesten kartographischen Bestrebungen in die Zeit zurückdatieren, wo der Kompaß im Abendland bekannt wurde. Mit Hilfe des Kompasses schufen insbesondere die Italiener für ihre Zeit sehr gute Kompaßkarten, außerdem war das Bekanntwerden des Kompasses der Ausgangspunkt für das große Zeitalter der Entdeckungen, für die Umschiffung Afrikas und für die Entdeckung Amerikas und im Gefolge davon der unwiderleglichen Bestätigung der alten, von Aristoteles stammenden und im 13. Jahrhundert wieder bekannt gewordenen Lehre von der Kugelgestalt der Erde. Darauf begründet, ergab sich wieder die Schaffung der Globen und einer hochentwickelten Projektionslehre, insbesondere der Mercatorischen Projektion, die noch heute für die Seeleute von größter Wichtigkeit ist.

Es war sicher kein Zufall, daß diese Zeit der Entwicklung der geographischen Kenntnisse und des Kartenwesens im allgemeinen zusammenfällt mit der sogenannten Renaissance.

Gegen das Ende dieser großen Epoche begannen schon die ersten Versuche regelrechter Landesaufnahmen in Sachsen, Flandern, Bayern und Preußen. Dieselben 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 Umfange des darzustellenden Geländes stieß dies aber auf immer größere Schwierigkeiten und führte zu ganz wunderlichen Schematisierungen und symbolischen Darstellungen.

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

Schwierigkeiten schaffen aber Ideen.

Am Ende des 16. Jahrhunderts wurden diejenigen drei Erfindungen gemacht, durch welche die Grundlage für die heute üblichen Vermessungsmethoden geschaffen wurde. 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, welches sehr bald darauf durch Galilei und Kepler bedeutend verbessert wurde und endlich die Erfindung der Triangulierung durch Willibrord Snellius in Leyden und deren sofortige versuchsweise Anwendung zur Messung eines Meridiangrades.

Die religiösen Streitigkeiten dieser Zeit und der durch sie bedingte 30 jährige Krieg bereiteten aber dem weiteren Fortschritt vorläufig ein Ende. Erst viel später,

in den Jahren 1750—1793 unternahmen Jacques und Cäsar Cassini die große Triangulation von Frankreich und die darauf begründete topographische Aufnahme dieses Landes, und damit beginnt die Zeit der großen, systematischen Landesaufnahmen, da in rascher Folge alle anderen Staaten Europas, hauptsächlich aus militärischen Gründen, dem Beispiele Frankreichs folgten.

Bemerkenswert ist hierbei, daß die französischen Karten und alle späteren bereits in streng orthogonaler Projektion entworfen waren, und zwar anfänglich mit schiefer Beleuchtung.

Nur wenig später, nämlich in den ersten Jahren des 19. Jahrhunderts, begründete der sächsische Major Lehmann die klassische Schraffenmethode, die, auf Schichtenlinien aufgebaut, mehr oder minder heute in den meisten offiziellen Kartendarstellungen verwendet wird. In den 50 er Jahren, kaum daß die Photographie bekannt geworden war, machte Laussedat seine ersten photogrammetrischen Versuche, und seit dieser Zeit gewinnt die Photogrammetrie stetig mehr und mehr an Boden.

Es war im Jahre 1884, daß mein alter Lehrer, Professor der praktischen Geometrie an der Marineakademie in Fiume, Ernst Mayer, anschließend an eine praktische Übung, des Abends am Wirtshaustisch uns die erste Kunde von der Photogrammetrie brachte, die damals noch nicht im Lehrplan enthalten war. Mächtig angeregt durch diese Wirtshausplauderei, grübelte ich in den nächsten Tagen viel über die Sache nach und wagte sofort die naseweise Bemerkung: Der Gedanke, die Photogrammetrie zu Vermessungszwecken anzuwenden, ist zwar genial, wird aber noch recht unbeholfen angepackt. Die Photographie ist ein vollendetes Bild der Gegend, wie man es schöner nicht wünschen kann. Die Karte soll ein eben-solches sein. Warum zerreißt man also die Photographie in unzählige Punkte, um ihre Positionen umzurechnen und sie dann wieder mühsam zeichnerisch zu verbinden. Die Arbeit muß uns das Licht besorgen. Gesagt, getan! Ich machte mich an die Arbeit, und was Sie sehen, ist das Produkt derselben.

Scheinbar war ich aber mit meinen Ideen zu früh daran. Denn solange ich an der Erde kleben mußte, waren und blieben meine Transformationsmethoden unrationell.

Erst die großartige Entwicklung der Luftschiffahrt der letzten Jahre gestattete es mir, mich von der Erde zu erheben, das Gelände aus der Vogelperspektive aufzunehmen und mir damit ein Rohmaterial zu schaffen, das mit meinen Methoden und Apparaten zu einer Karte verarbeitet werden kann, die tatsächlich ein photographisches Bild des Geländes ist und daher mit Fug und Recht Photo-Karte genannt werden kann.

So greift ein Ding ins andere, und heute erhoffe ich mir von den großen technischen Fortschritten, die wir auf der „Ila“ zu bewundern Gelegenheit haben, und von dem rapiden allgemeinen Kulturfortschritt der Menschen eine weitere mächtige Förderung in dem Sinne, daß die Photo-Karte der ganzen Erde, einmal möglich, auch in Bälde Wirklichkeit werde.

Denn, wie ich hoffe, zeigen zu können, ist die Photo-Karte nicht nur ein Fortschritt in qualitativer Beziehung, sondern es ist auch möglich, sie bedeutend billiger und rascher herzustellen als die bisherigen Karten.

Die Landesaufnahmen in den europäischen Militärstaaten sind seit mehr als 100 Jahren im Gange, werden nie fertig und müssen stets von vorne begonnen werden, weil in der Regel die Arbeit so langsam vonstatten geht, daß, wenn ein Elaborat fertig ist, das darin Enthaltene nicht mehr den Tatsachen voll entspricht und daher wieder der Verbesserung bedarf, wobei auch die fortwährende Steigerung der Anforderungen, die man an eine Karte stellt, im gleichen Sinne wirkt.

In den Kolonien aber, 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, wäre auf dem bisherigen Wege und in der bisherigen Arbeitsweise das Ende kaum abzusehen.

Auch bedingt der Umstand, daß bei rein zeichnerischer Handarbeit und mit symbolischen Darstellungen kein Aufnahmemaßstab denkbar ist, der allen technischen Bedürfnissen genügt, eine ganz enorme Arbeitersplitterung, indem jede einzelne Fachgruppe, wie das Militär, die Eisenbahningenieure, Kulturingenieure, Bergleute, Forstleute und Geometer, gezwungen ist, auf eigene Faust und in einem andern Maßstabe zu arbeiten, weil die verschiedenen Interessen nicht unter einen Hut zu bringen sind.

Im Gegensatz hierzu ist jede Photographie und folgerichtig auch die Photo-Karte 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.

Es unterliegt deshalb auch gar keiner Schwierigkeit, daß die verschiedenen Fachleute sich aus einer Originalaufnahme, die auf photographischem Wege hergestellt wurde, fallweise das herauszeichnen, was sie für ihre Bedürfnisse brauchen, und das übrige weglassen.

Ich gebe schließlich gerne zu, daß in den alten Kulturstaaten, für welche wir bereits genaue Karten haben, und in denen eine große Anzahl von Vermessungstechnikern lebt, die weiter leben will und daher von der Photo-Karte eine empfindliche Verschiebung ihrer Erwerbsverhältnisse befürchtet, ein dringendes Bedürfnis nach einer neuen, leistungsfähigeren Aufnahmemethode eigentlich nicht besteht.

Ganz anders aber liegt der Fall, wenn wir mit der neuen Aufnahmemethode gleich in die Kolonien hinausgehen, wo das Bedürfnis nach guten Karten tatsächlich ein dringendes und mit den heutigen Methoden schwer zu befriedigendes ist.

Hier werden keine von altersher bestehenden materiellen Interessen geschädigt, vielmehr wird ein Problem der Lösung näher gebracht, dem die bisherige Vermessungstechnik eigentlich machtlos gegenübersteht, nämlich die topographische Vermessung der ganzen Erdoberfläche, die mit den heutigen Mitteln ganz unerschwinglich teuer wäre und deshalb hinter anderen, scheinbar wichtigeren und dringenderen Aufgaben der Menschheit zurückstehen muß.

Durch eine solche Perspektive werden aber auch alle früher angedeuteten Befürchtungen unter den Herren Vermessungsfachleuten grundlos, weil die älteren Herren unter ihnen durch den neuen Fortschritt praktisch nicht berührt werden,

während andererseits den jungen und unternehmenden Kräften ein neues, weites, ganz ungeheuer großes Gebiet der Tätigkeit eröffnet würde, das auf viele Jahrzehnte hinaus jede Gefahr ausschließt, daß ein tüchtiger Vermessungstechniker nichts zu tun haben könnte.

2. Technik der Ballonphotogrammetrie.

Von den vielen und immer zahlreicher werdenden Hilfsmitteln, einen photographischen Apparat in die Luft zu heben, möchte ich für Vermessungszwecke nur nachstehende ernstlich in Betracht ziehen:

1. den Fesselballon, bei stärkerem Wind ersetzt durch den Fesseldrachen,
2. den bemannten Freiballon,
3. den Lenkballon.

Der bemannte Gleitflieger, gleichgültig, welchen Systems, steht erst in den Anfängen seiner Entwicklung und kommt daher vorläufig nicht in Betracht. Er schreitet aber mit Riesenschritten der Vollendung entgegen, und dürfte die Zeit daher nicht fern sein, wo er in erster Linie für Vermessungszwecke in Betracht kommen wird, da er sowohl in Anlage als Betrieb nur einen Bruchteil dessen kosten dürfte, was heute der Lenkballon kostet, und voraussichtlich auch weitaus unabhängiger von Wind und Wetter sein dürfte als dieser.

In geodätischer Beziehung sind bei der Vermessung aus der Vogelperspektive drei voneinander verschiedene Systeme zu unterscheiden.

Bei System 1 wird jede einzelne Ballonaufnahme für sich mit Hilfe von Fixpunkten im Gelände durch Rückwärtseinschneiden im Raume orientiert, d. h. der Ort der Aufnahme und die Neigung des Bildes im Momente der Aufnahme bestimmt.

Dieses ziemlich zeitraubende, mühsame und kostspielige System muß angewendet werden, wenn man mit Fesselballons und Drachen arbeitet, weil bei diesen die Bewegungen zu unregelmäßige und zu heftige sind, um eine Horizontalstellung des photographischen Apparats in der Luft zu gestatten.

Das zweite System besteht in der Anwendung der Stereo-Photogrammetrie für die Vermessung aus der Vogelperspektive.

Es wurde vielfach vorgeschlagen und auch bereits versucht, an einem Träger von 4—5 m und mehr Länge (Fig. 1) 2 photographische Apparate starr und mit parallelen optischen Achsen zu befestigen, diese Kombination in die Luft zu heben und mit ihr stereo-photogrammetrische Aufnahmen zu machen.

Für jeden, der die Fehlertheorie der Stereo-Photogrammetrie kennt, ist es klar, daß der Versuch, in dieser Art ausgeführt, wenig Aussichten des Erfolges hat, wenn man auch nur aus 500 m Höhe arbeitet; denn bei einem Verhältnis der Basis zur Distanz gleich 1 : 100 spielen sowohl die Montagefehler der beiden Apparate auf dem Träger als die Schwingungen des Trägers selbst eine so große Rolle, daß die Messungsergebnisse unbrauchbar werden müssen.

Ganz anders steht der Fall, wenn man auf einem Lenkballon des starren Systems (Zeppelin) das starre Gerüst des Ballons selbst als Träger für die beiden Apparate benützt und mit einer Basis von über 100 m Länge arbeitet.

Wie ich höre, besteht die Absicht, bei den geplanten Polarforschungen dieses System anzuwenden, und ich hege nicht den geringsten Zweifel, daß die Sache gelingen wird. Allerdings kann der Lenkballon nicht immer horizontal fahren, er kann bei seinen Manövern auch nicht auf den Photographen Rücksicht nehmen; die stereophotogrammetrischen Aufnahmen werden daher im allgemeinen schiefe sein, und die Umwertung schiefer Stereoskopaufnahmen in horizontale kartographische Darstellungen wird eine etwas mühsame Arbeit werden.

Da aber jede einzelne solcher Stereoskopaufnahmen für sich ein Ganzes darstellt, welches auf Grund der gegebenen Basis unabhängig von jeder Messung im Gelände ist und auch unabhängig von seinen Nachbarbildern ausgewertet werden kann, so ist diese Methode insbesondere bei Polarforschungen wichtig, wo man

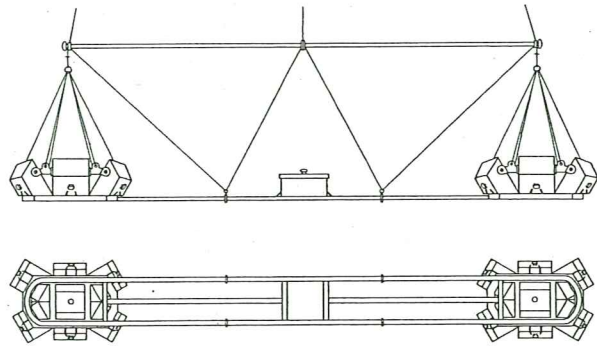


Fig. 1.

Stereo-Panoramograph, System R. Thiele.

jeden Moment zum Abbruch seiner Arbeiten gezwungen sein kann, wo man auch oft weite Wasser- und Schneeflächen überfliegen wird, ohne sie der Aufnahme wert zu achten. In solchen Fällen ist es ein besonderer Vorzug des Systems, daß man die photographischen Apparate erst dann wieder in Tätigkeit zu setzen braucht, wenn man sich über Objekten befindet, die ein wissenschaftliches Interesse haben.

Andererseits darf nicht vergessen werden, daß die Anwendung dieser Methode tatsächlich ein Monopol des Lenkballons des starren Systems ist und weder von Fesselballons noch von Freiballons, noch von Lenkballons des unstarren Systems, noch von Gleitfliegern aus ohne besondere Schwierigkeiten anwendbar sein dürfte.

Das dritte System, als dessen geistigen Urheber ich mich betrachte, möchte ich das System der sich übergreifenden horizontalen Panoramenaufnahmen nennen.

Bei diesem System wird vor allem, um mit jeder einzelnen Aufnahme ein möglichst großes Terrain zu überblicken, prinzipiell nur mit Panoramengeräten gearbeitet. Ein solcher Panoramengerät (Fig. 2, 3) besteht aus einer Mittelkamera, deren optische Achse bei der Aufnahme vertikal nach unten gerichtet und deren Platte bei der Aufnahme horizontal gestellt sein soll, und einem Kranz von Seitenkameras, welche gegen die Mittelkamera unter einem fixen Winkel angeordnet sind

und die Aufgabe haben, die weitere Umgebung des Ballonortes, insoweit sie von der Mittelkamera nicht mehr abgebildet wird, bis nahe an oder sogar über den Horizont hinaus aufzunehmen.

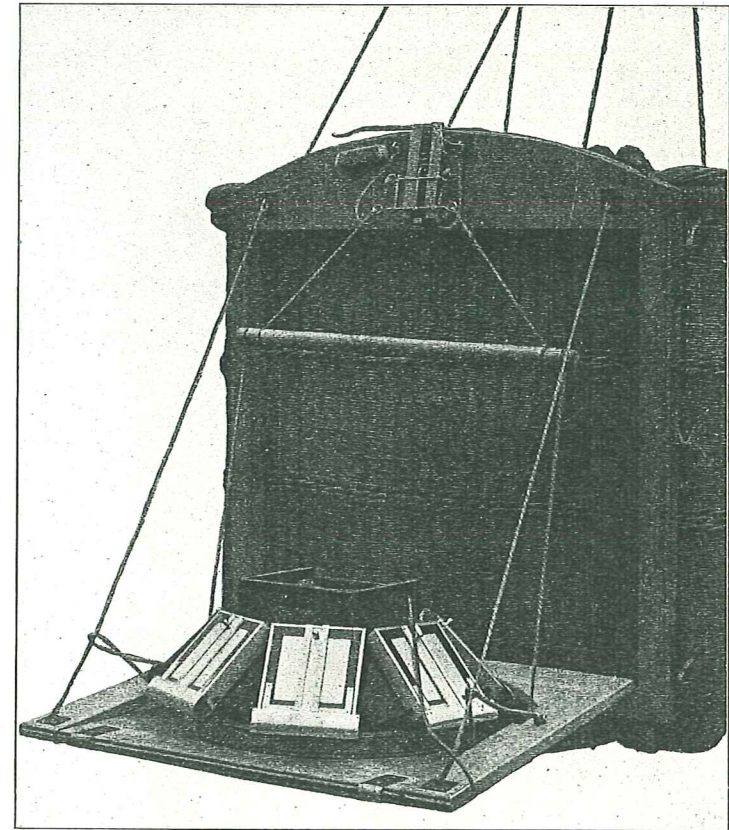


Fig. 2.

Montierung meines Panoramen-Apparates am Korbe eines Freiballons.
Der Apparat in Aufnahme-Stellung.

Meine Ballonapparate dieser Art haben einen Gesichtswinkel von 140 Grad, es gibt aber deren auch solche (Thiele), die ein Gesichtsfeld von ca. 190 Grad besitzen.

Das Wesentliche an diesen Apparaten sind aber nicht die Konstruktionsdetails, sondern ihre photogrammetrische Adjustierung und ihre genaue Rektifikation.

Letztere ist mit einer solchen Genauigkeit möglich, daß mit solchen Instrumenten Winkelmessungen bis zu einer Genauigkeit von etwa 20 Bogensekunden denkbar werden. Durch diese Rektifikation werden demnach solche Panoramenapparate zu ganz ausgezeichneten Winkelmeßinstrumenten, jedoch bin ich meines Wissens der einzige, der eine solche Rektifikation seiner Instrumente tatsächlich

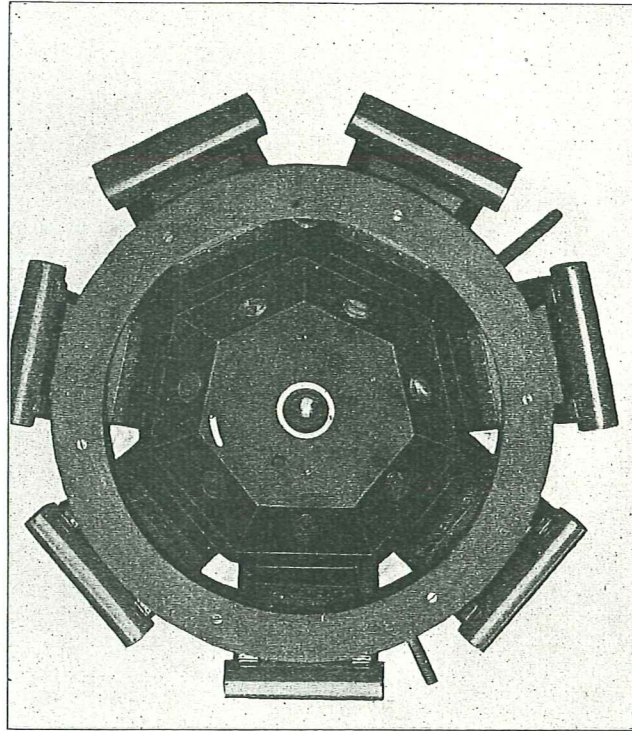


Fig. 3.

Der Panoramen-Apparat in Frontalansicht.

durchgeführt hat; für ein Instrument, welches die Grundlage für die Vermessung aus der Vogelperspektive bildet, scheint mir aber eine derartige Fehlerbestimmung unerlässlich zu sein. Auch garantiert nach Durchführung der Rektifikation die bei diesen Instrumenten erreichbare Winkelmeßgenauigkeit eine allgemeine Genauigkeit der Geländeaufnahme, welche für die bisherigen geodätischen Methoden ganz unerreichbar war.

Der Apparat, so wie er heute konstruiert ist, deckt, wenn er gut horizontal gestellt ist, ein regelmäßiges Polygon, dessen Durchmesser etwa dem 5 fachen der Höhe gleichkommt, aus der die Aufnahme gemacht wurde, d. i.

aus	300 m	relativer	Höhe	über	dem	Gelände	zirka	1,8 km ²
„	500	„	„	„	„	„	„	5 „
„	1000	„	„	„	„	„	„	20 „
„	1500	„	„	„	„	„	„	45 „
„	2000	„	„	„	„	„	„	80 „
„	3000	„	„	„	„	„	„	180 „

Nachdem die Verarbeitungskosten eines Panoramas dieselben bleiben, ob dasselbe viel oder wenig deckt, im Gegenteil, die gegenseitige Verknüpfung der Panoramen viel leichter ist bei raumgreifenden Bildern als bei solchen, die nur wenig überblicken, folgt aus diesen Zahlen, daß man trachten wird, die Aufnahmen aus möglichst großen Höhen zu machen.

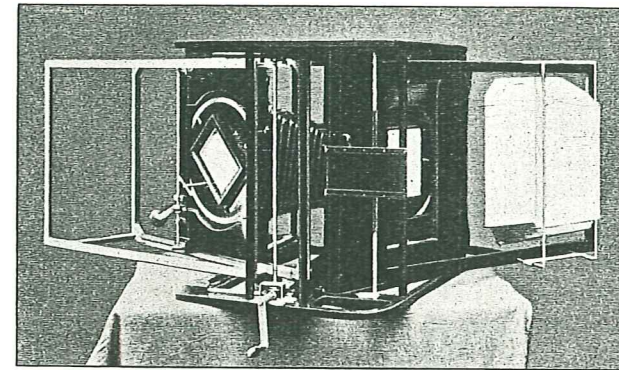


Fig. 4.

Photo-Perspektograph, Modell II.

Die so gewonnenen Panoramenaufnahmen werden späterhin in der Weise verarbeitet, daß man mit Hilfe der von mir konstruierten Transformationsapparate (Photo-Perspektographen) (Fig. 4) die Seitenbilder auf die Ebene des Mittelbildes reduziert und sie sodann, sei es mit Hand, sei es wieder mit einem eigenen Paß-Apparat, mit dem Mittelbild zu einem einzigen Bilde vereinigt (Fig. 5).

Die Theorie dieser Transformation ist bereits wiederholt publiziert worden, und es dürfte genügen, wenn ich sie hier an der Hand eines Bildes kurz streife (Fig. 6).

Es ist klar, daß jene Teile des Geländes, welche sich senkrecht unter dem Ballonort befinden, dem Objektiv des Aufnahmeapparates viel näher sind als die Partien in der Nähe des Horizontes und daher auf dem Bilde viel größer erscheinen als letztere. Diese Maßstabverschiedenheit kann durch eine schiefe Reproduktion ausgeglichen werden, indem man gleichzeitig das, was auf dem Ballonbild zu groß ist, verkleinert und was zu klein ist, vergrößert. Selbstverständlich nimmt das ursprünglich rechteckige Ballonbild dadurch eine trapezförmige Form an. Ich erlaube mir, eine Originalaufnahme mit meinem Ballonapparat (Fig. 7 auf Tafel I)

und ein zusammengefügtes Panorama (Fig. 8 auf Tafel II) vorzuführen; solche sind ja auch auf der „IIa“ in größerer Zahl ausgestellt.

Zum Schlusse bringe ich die bisherige Karte desselben Geländes zum Vergleich (Fig. 9 auf Tafel II).

Die so hergestellten horizontalen Vogelperspektiven zeigen natürlich noch, je nachdem sie aus größeren oder geringeren Höhen aufgenommen wurden, einen kleineren oder größeren Maßstab. Das kann aber durch eine einfache Reproduktion

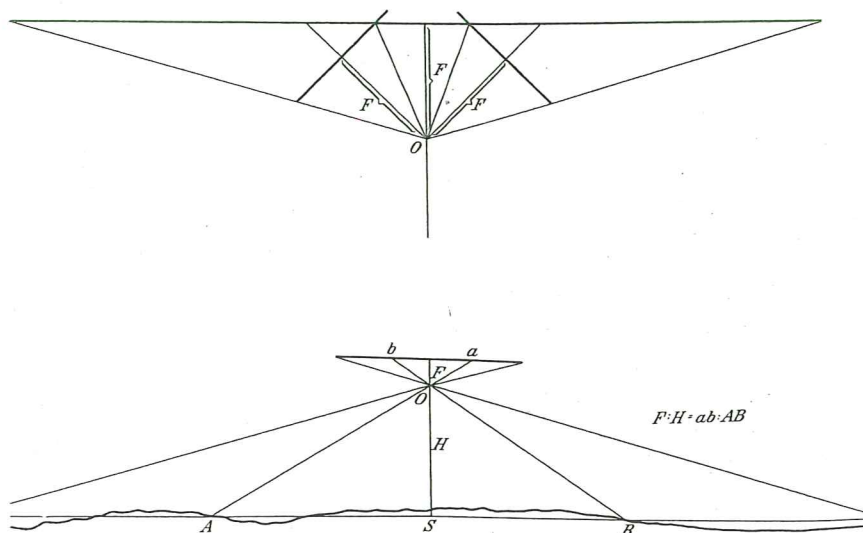


Fig. 5.

Reduktion der Seitenbilder des Panoramen-Apparates auf dem Mittelbild.
(Schematische Darstellung.)

ausgeglichen werden, was unter einem mit der Umformung der perspektivischen Bilder in orthogonale geschieht, welche ich wegen der Kürze der mir zur Verfügung stehenden Zeit bloß kurz streifen kann.

Außerdem muß darauf geachtet werden, daß die Mittelplatte im Momente der Aufnahme möglichst genau horizontal gestellt sei, wofür am Apparat eigene Vorrichtungen vorgesehen sind.

Versuche im Freiballon haben gezeigt, daß sich diese Horizontalstellung auf wenige Bogenminuten genau erreichen läßt.

Es scheint mir wahrscheinlich, daß dies auch im Lenkballon und möglicherweise im Drachenflieger in gleicher Weise möglich sein wird.

Diese horizontalen Vogelperspektiven haben die angenehme Eigenschaft, daß sie bezüglich der Horizontalwinkel, die vom Nadirpunkte (Ballonorte) aus auf ihnen gemessen werden, streng winkeltreu sind. Selbst kleine Neigungsfehler beeinträchtigen diese gute Eigenschaft nicht wesentlich, man kann sie daher dazu

benützen, um mit ihrer Hilfe, genau so, wie es bisher bei Meßtischaufnahmen in der Natur geschehen ist, auf ihnen den Lageplan des Geländes zu entwickeln. Und zwar kann dies geschehen, sowohl wenn eine Karte

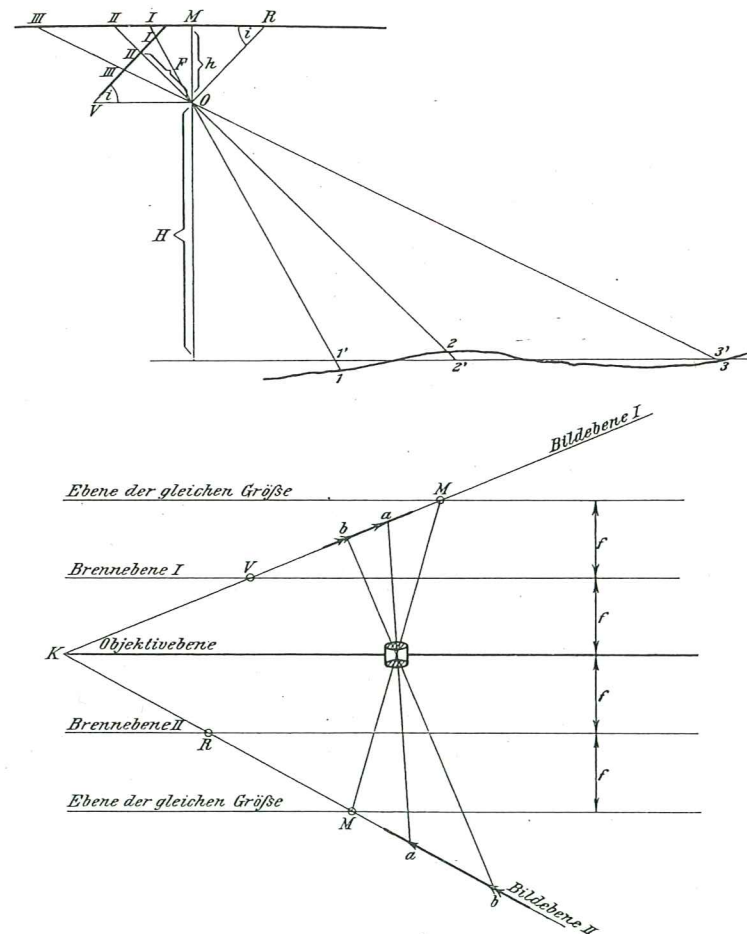


Fig. 6.

Theorie der schiefen Abbildung in deren Anwendung auf die Ballonphotogrammetrie.

bereits vorhanden ist, als auch, wenn noch gar keine Vermessungen vorangegangen sind.

Im Falle eine Karte bereits vorhanden ist, kann die obenerwähnte Tatsache, daß in einer Photographie die Horizontalwinkel vom Nadirpunkt aus auch im

unebenen Gelände streng richtig sind, dazu benützt werden, ein beliebiges photographisches Bild des Geländes in die vorhandene Karte einzupassen.

Bei Verwendung geneigter Photogramme muß vorerst auf Grund der als bekannt vorausgesetzten Brennweite und der gegebenen Neigung des Bildes die Horizontalprojektion der einzelnen Sehstrahlen abgeleitet werden. Für diesen Zweck existieren in der Photogrammetrie bereits eine Reihe geeigneter Methoden, deren Erläuterung hier zu weit führen würde.

Meine Ballonpanoramen hingegen repräsentieren direkt die horizontalen Strahlenbüschel und können daher ohne weiteres verwendet werden. Ist ein solches in die vorhandene Karte zu orientieren, so werden zu diesem Zweck eine Anzahl von Geländepunkten zwischen Karte Fig. 9 und Ballonpanorama Fig. 8 identifiziert. Sodann werden auf Pauspapier oder Ölpapier, in der Sprache der Kartographen einer sogenannten Oleate, die über das Ballonpanorama Fig. 8 gespannt wird, vom Ballonort (Nadirpunkt) aus die zu den vorher identifizierten Punkten führenden Strahlen gezogen. Das so erhaltene Strahlenbüschel, welches auf transparentes Material gezeichnet ist, wird jetzt auf die Karte gelegt und verschoben, bis jeder Strahl über den ihm entsprechenden Geländepunkt der Karte geht und derart die Lage des Ballonortes auf der Karte durch Rückwärtseinschneiden ermittelt.

Sobald das geschehen ist, wird man sofort gewahr werden, daß wohl die einzelnen Bildpunkte mit den ihnen entsprechenden Punkten der Karte je auf demselben Radius-Vektor (Horizontalprojektion des Sehstrahls) liegen, jedoch in der Richtung dieses Radius-Vektors mehr oder weniger große Abweichungen, teils im positiven, teils im negativen Sinne, zeigen.

Diese Abweichungen sind den Höhenunterschieden Fig. 10 der einzelnen Geländepunkte zwischen jedem Geländepunkt und dem Niveau der horizontalen Bildebene direkt proportional und können aus diesen Abweichungen, wie dies Fig. 10 sowie Fig. 12 und 16 auf Tafel III schematisch anzeigen, die Höhen-Unterschiede Δ Ballonort-Geländepunkt auf graphischem Wege ermittelt werden.

Tut man das, fügt man zu den erhaltenen Zahlen die für jeden einzelnen Geländepunkt der Karte zu entnehmende Höhenkote η desselben hinzu, so erhält man ebenso viele Werte für die Höhe des Ballonortes H , als Geländepunkte der Messung und Rechnung unterzogen worden waren. Das Mittel derselben ist die wahrscheinliche Ballonhöhe H .

Das so orientierte Panorama kann jetzt entweder für sich allein oder im Verein mit anderen benachbarten Ballonpanoramen zur Kontrolle, Ergänzung und Berichtigung der vorhandenen Karte verwendet werden.

Wenn man aber Neuland aufnimmt, ist damit wenig getan, da eine alte Karte ja nicht existiert. In diesem Falle ist es unbedingt nötig, daß die einzelnen Ballonpanoramen sich so stark übergreifen, daß auf jedem einzelnen Ballonpanorama die Nadirpunkte der Nachbarbilder aufgefunden werden können. Sobald das der Fall ist, enthalten die Ballonpanoramen vollauf genügende Anhaltspunkte, um aus ihnen mit Hilfe der eingangs betonten Winkeltreue vom Nadirpunkt aus eine graphische Triangulierung des noch unvermessenen Geländes zu bewerkstelligen, welche dann der weiteren Verarbeitung des Bildermaterials zugrunde gelegt werden kann.

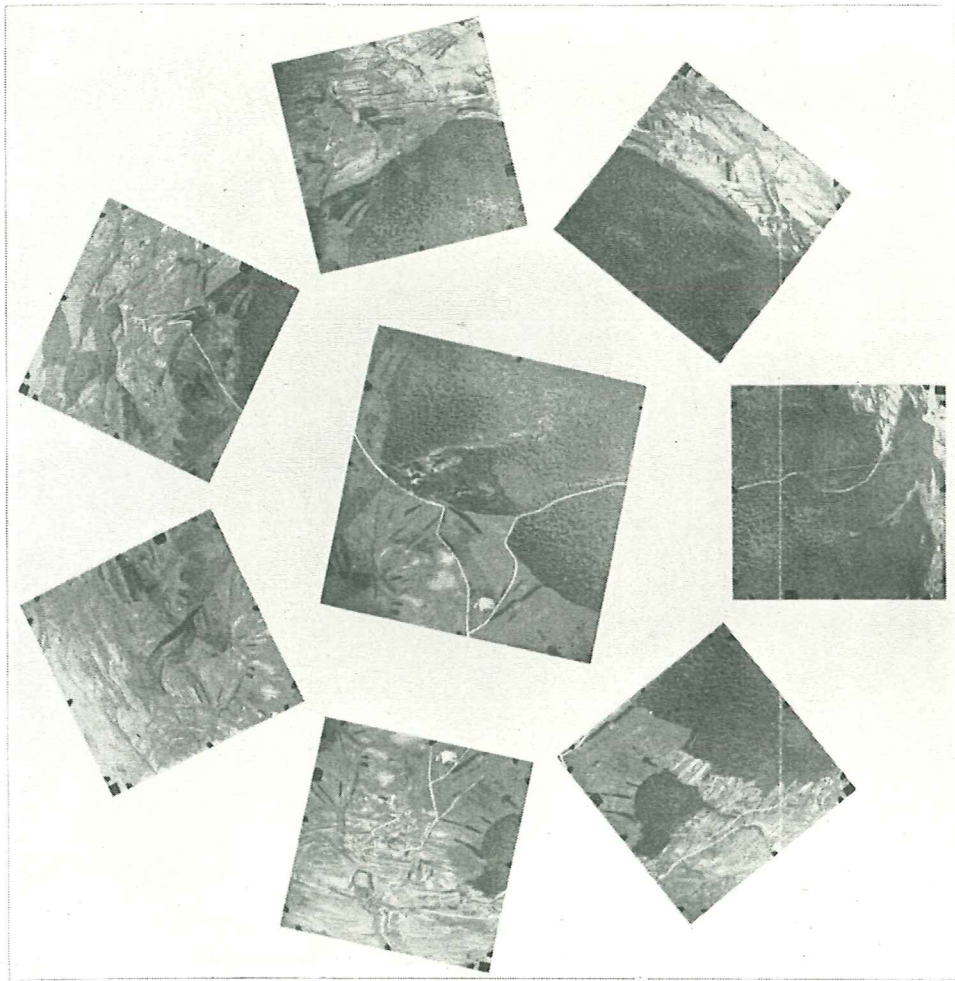


Fig. 7. Eine Original-Aufnahme mit meinem Ballon-Apparat.

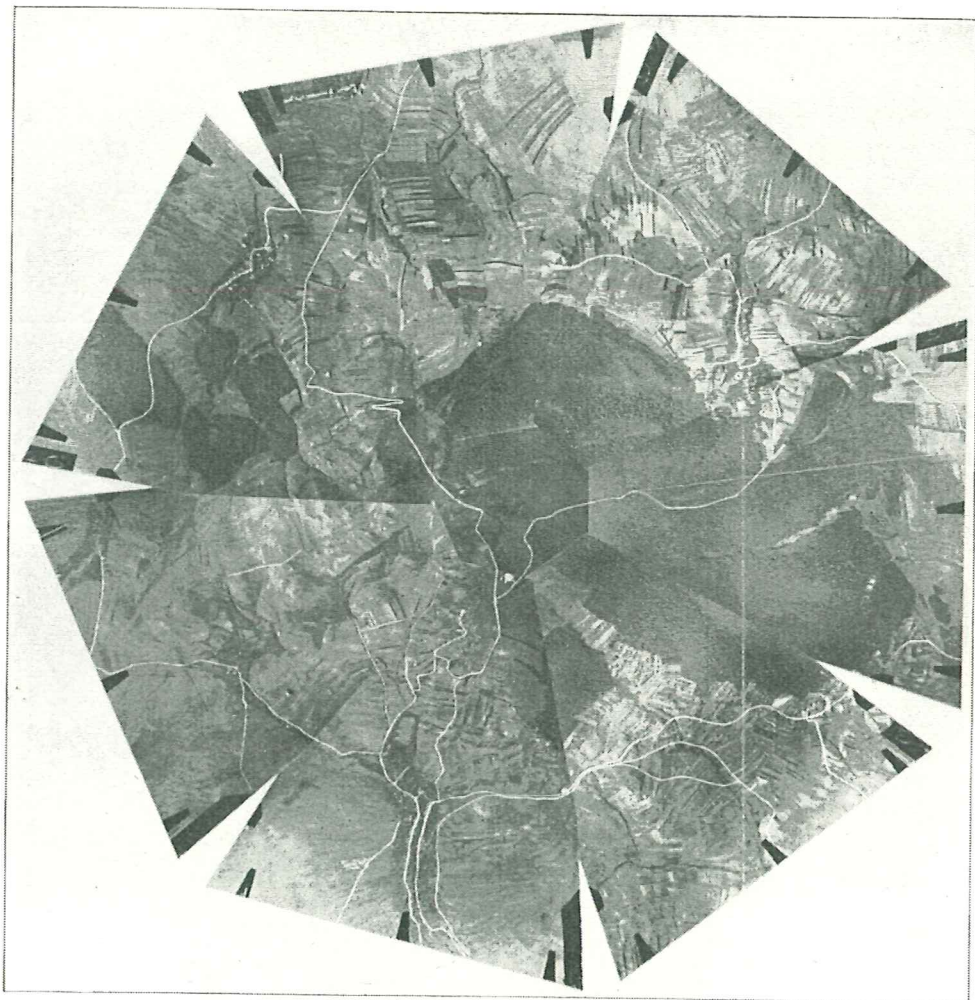


Fig. 8. Panorama, aufgenommen mit meinem Rallen-Apparat, nach Transformation der Seitenbilder auf das Mittelbild zu einem Ganzen vereinigt.

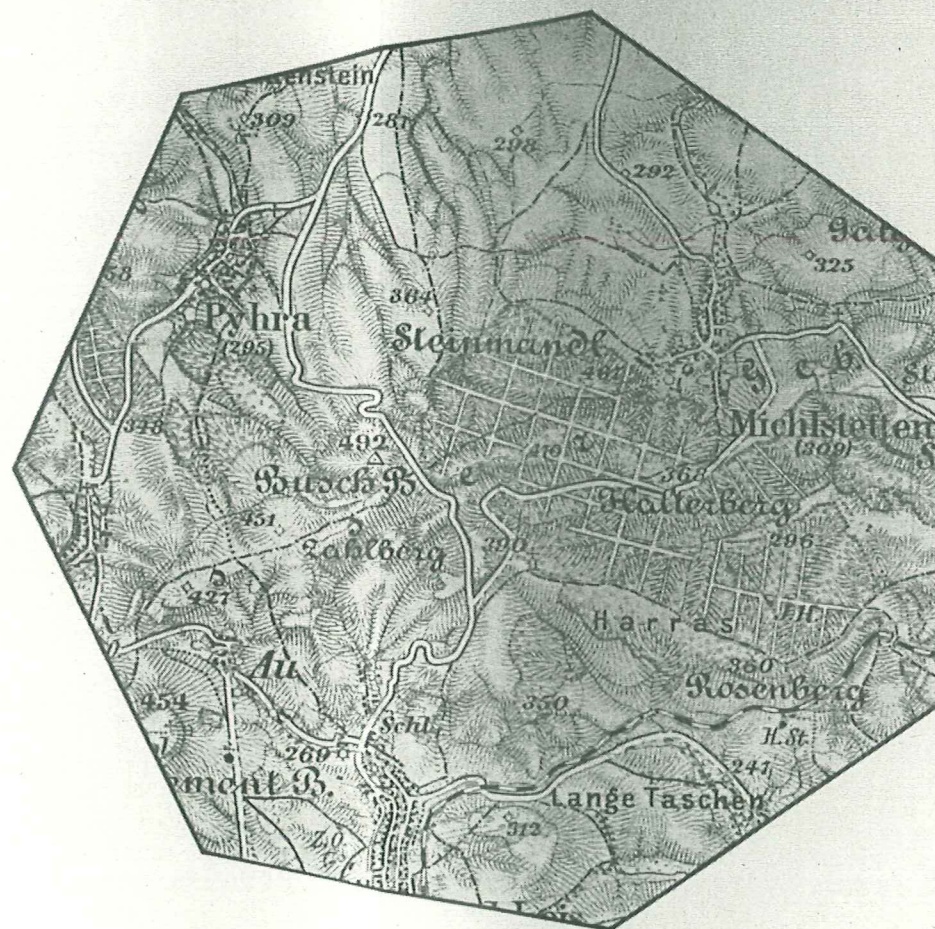
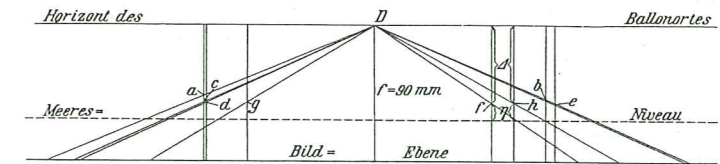
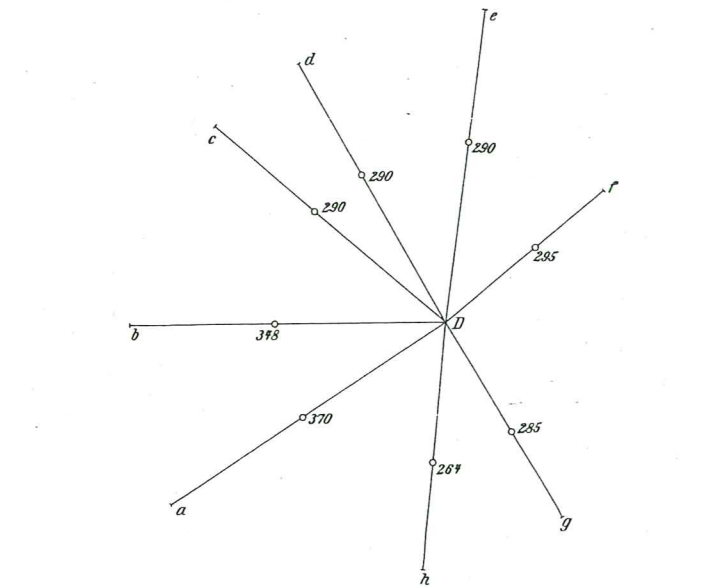


Fig. 9. Generalstabskarte des aufgenommenen Geländes zur Ermöglichung eines Vergleiches.



Berechnung der Ballonhöhe $H = \eta + \Delta$

Zeichen-Erklärung:

η	Δ	H	
a	370 + 1175	= 1545	○ 370 Punkt der Karte mit Höhenkote 1 : 25 000.
b	348 + 1220	= 1568	├ Punkt der Vogelperspektive $f = 90$.
c	290 + 1267,5	= 1557,5	η Höhenkoten aus der Karte.
d	290 + 1275	= 1565	Δ Höhenunterschiede Ballonort-Geländepunkt laut Diagramm.
e	290 + 1300	= 1590	H Kote des Ballonortes.
f	295 + 1282,5	= 1577,5	
g	285 + 1267,4	= 1552,5	
h	264 + 1280	= 1544	
Mittel 1562,475 m			

Fig. 10.

Orientierung eines Ballon-Panoramas in eine bereits vorhandene Karte.

Staats-u. Univer. Bibliothek Hamburg

Zu diesem Zwecke wird am Reißbrett vor allem eine Gerade gezogen (Fig. 11 auf Tafel III); auf dieser Geraden werden ganz willkürlich zwei Punkte *a* und *c* angenommen, welche als Nadirpunkte zweier benachbarter Ballonpanoramen zu gelten haben. Auf der beigegebenen Tafel waren das die Panoramen A und C. Es wird sodann die Oleate des Panoramas A mit ihrem Nadirpunkte A auf *a* gelegt und mit der Richtung A C längs der Geraden *a c* auf *c* gerichtet. Desgleichen wird die Oleate des Panoramas C mit ihrem Nadirpunkte C auf den Punkt *c* gelegt und mittels der Richtung C A längs der Geraden *c a* auf *a* gerichtet. Sobald das geschehen ist, werden sich die beiden Richtungen A B und C B in irgend einem Punkte *b* des Meßtischblattes schneiden. Auf diesen Punkt *b* legt man jetzt die Oleate des Panoramas B mit ihrem Nadirpunkt B und richtet sie mit Hilfe der auf ihr enthaltenen beiden Richtungen B A und B C auf die beiden zu Beginn angenommenen Punkte *a* und *c*.

Wären nun die Panoramen streng horizontal gewesen und die Arbeit vollkommen fehlerfrei gemacht worden, so wären die drei Panoramen bereits streng richtig gegen einander orientiert, wenn auch in einem wilden Maßstabe.

Da die Voraussetzung der strengen Horizontalität der Ballonpanoramen und vollkommen fehlerfreien Arbeit jedoch nicht zutrifft, ist es nötig, die Orientierung der Ballonpanoramen gegen einander noch einer scharfen Kontrolle zu unterwerfen und, wenn nötig, zu berichtigen, was, wie folgt, geschieht, und zwar sei diese Arbeit an Hand der beigegebenen Tafel erläutert.

Man identifiziert auf den einander übergreifenden Ballonpanoramen eine größere Anzahl von Geländepunkten (I—XVI), welche über das ganze Gelände möglichst gleichmäßig verteilt und auf allen Bildern scharf erkennbar sind. Man zeichnet auf die schon früher erwähnten Oleaten (Pauspapier), die über die einzelnen Panoramen gespannt sind, die Strahlen, die von jedem Ballonort (Nadirpunkt) zu jedem einzelnen Bildpunkt führen, und zwar für jedes einzelne Panorama gesondert.

Man bringt die Oleaten dreier Ballonpanoramen in der bereits geschilderten Weise mit Hilfe der Bilder ihrer Nadirpunkte übereinander zur Deckung (Fig. 11 auf Tafel III). Wäre nun alles richtig, so müßten die einander entsprechenden Strahlen jedes einzelnen Geländepunktes sich ohne Fehlerdreieck in je einem Punkte schneiden. Das gelingt natürlich infolge der zahlreichen unvermeidlichen Fehler nicht vollständig. Insbesondere sind eventuelle Fehler den unvermeidlichen Neigungsfehlern der Ballonpanoramen zur Last zu legen. Es ist jedoch nach den gemachten Erfahrungen nicht schwierig, die drei Oleaten durch minimale Verschiebungen in Übereinstimmung zu bringen, wodurch die gegenseitige Lage der Horizontalprojektionen der drei Ballonorte festgelegt wird. An diese drei Ballonpanoramen können nun sukzessive die Ballonpanoramen der weiteren Umgebung in ähnlicher Weise angegliedert werden, woraus sich eine graphische Triangulierung, wenn auch in einem wilden Maßstabe, ergibt, welche innerhalb der gewöhnlich gesteckten Genauigkeitsgrenzen genügt.

Diese graphische Triangulierung, resp. die gegeneinander orientierten Oleaten kann man aber weiter dazu benützen, die Orientierung der Ballonorte der Höhe nach zu bestimmen.

Ermittlung der Höhen-Unterschiede der Ballon-Orte dreier Ballon-Panoramen
aus identen Geländepunkten unbekannter Lage u. Höhe.

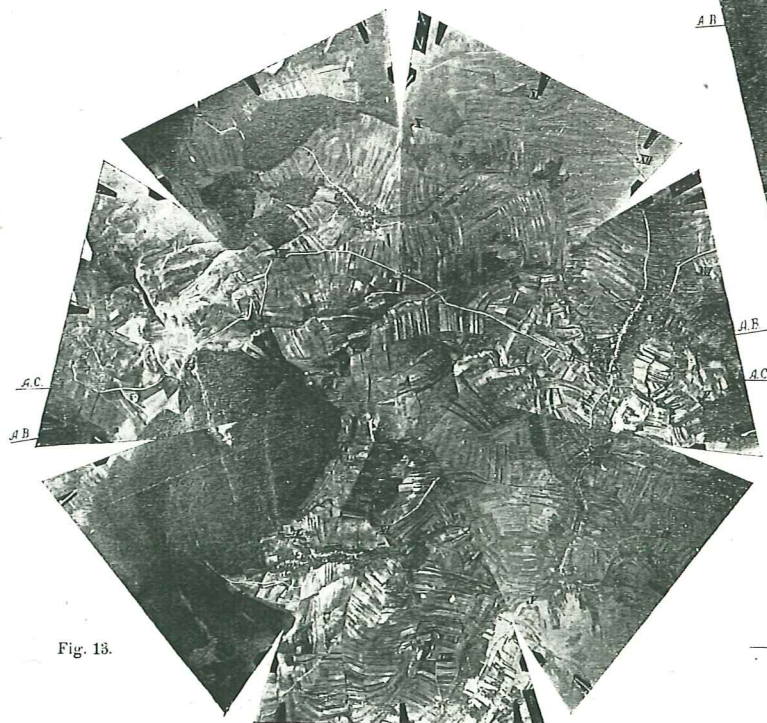


Fig. 12.

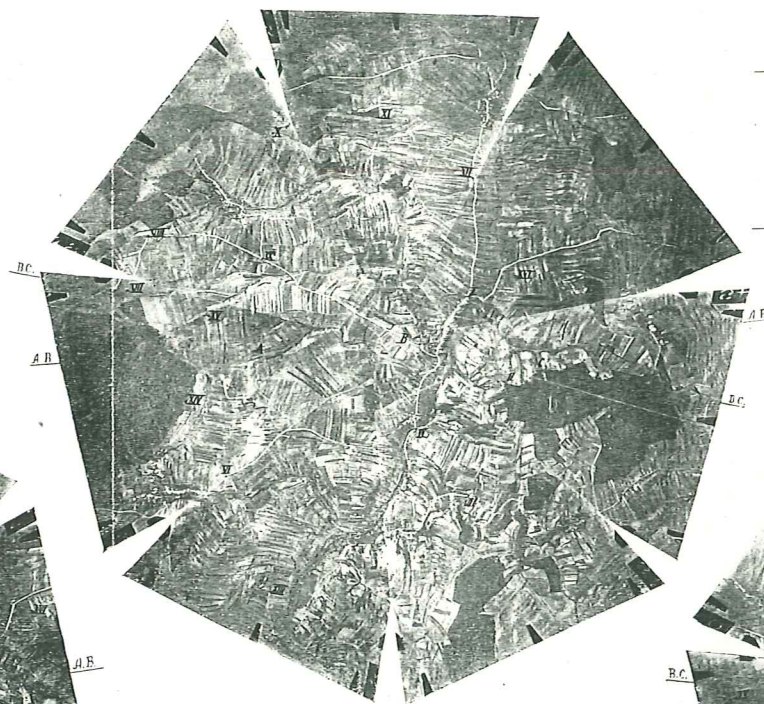
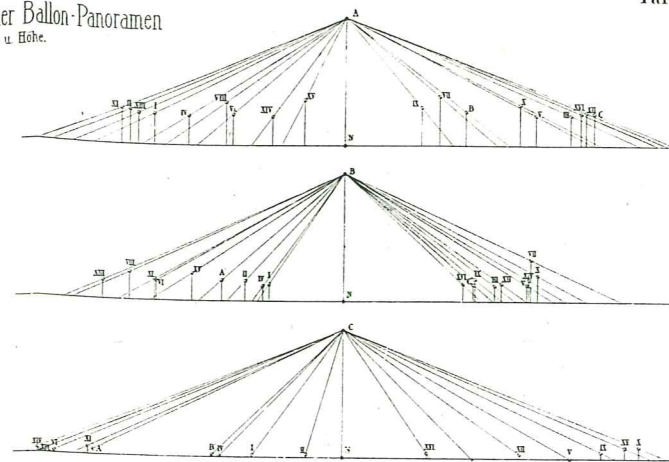


Fig. 14.

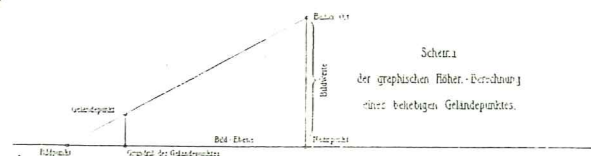
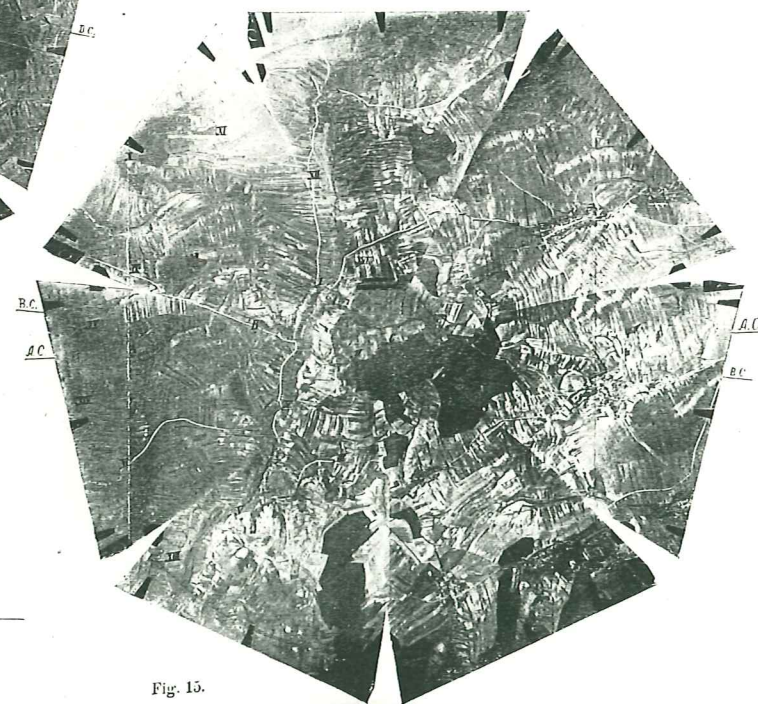


Fig. 16.

Fig. 15.

Die nach Fig. 12 und 16 auf Tafel III erfolgende Berechnung der Höhen der einzelnen zur Orientierung der Oleaten verwendeten Geländepunkte ergibt für jedes einzelne Panorama den Höhenunterschied zwischen dem betreffenden Ballonort und dem betreffenden Geländepunkt. Wurde dieser Höhenunterschied für ein und denselben Geländepunkt aus mehreren Ballonpanoramen berechnet, so ist, da sie sich alle auf ein und denselben Geländepunkt, aber auf verschiedene Ballonörter beziehen, die Differenz der Resultate offenbar nichts anderes als die Höhendifferenz der Ballonorte; allerdings in einem noch unbekannten, wilden Maßstab (Fig. 12 auf Tafel III).

Da diese Höhendifferenzen aus jedem einzelnen Geländepunkte gesondert ermittelt werden können, man aber, wie eingangs gesagt wurde, solche Geländepunkte in größerer Zahl in die Rechnung einbezog, so können die erhaltenen Resultate wieder gemittelt werden, und dann ergeben sich die Höhendifferenzen der einzelnen Ballonorte mit großer Genauigkeit ($\pm 10-12$ m).

Ist das geschehen, so sind die verwendeten Ballonpanoramen ihrer Lage und Höhe nach gegeneinander orientiert, und kann sofort, wenn auch vorläufig noch in einem wilden Maßstabe, der Lage- und Schichtenplan des Geländes aus ihnen abgeleitet werden.

Vor Jahren hat schon Prof. Finsterwalder - München den Versuch gemacht, aus drei Ballonaufnahmen, die dasselbe Gelände deckten, einen Schichtenplan von Gars und Umgebung zu konstruieren.

Die Aufnahmen waren aber geneigte, ihre Nadirpunkte mit bei weitem geringerer Genauigkeit bekannt als bei meinen Bildern, und das Gesichtsfeld der einzelnen Aufnahmen ein weit geringeres als das meiner Ballonaufnahmen. Auch suchte Prof. Finsterwalder das Problem noch mit Hilfe der Hauck'schen Kernpunkte zu lösen, was als ein ganz enormer Umweg bezeichnet werden muß.

Die Folge war, daß er das Problem zwar löste, aber einen solchen Aufwand von mathematischem Scharfsinn und gelehrtem Können sowie mechanischer Rechenarbeit dazu nötig hatte, daß er selbst zu dem Ergebnis kam, daß der Versuch in dieser Form wohl ein interessantes wissenschaftliches Experiment war, aber sein Vorgehen in die Praxis kaum Eingang finden könnte, weil dabei niemand auf seine Kosten käme. Dadurch nun, daß ich nicht mit geneigten Ballonaufnahmen arbeite, sondern nur mit horizontalen oder in die Horizontalebene transformierten Bildern, daß ich nicht willkürlich herausgerissene Einzelbilder, sondern ganze Rundsichten verwende, und daß ich meine Nadirpunkte (Ballonorte) mit großer Genauigkeit schon bei der Aufnahme festlege, hat es gar keinen Sinn mehr, mit Hauck'schen Kernpunkten und ähnlichen gelehrten Dingen zu operieren, sondern können meine horizontalen Vogelperspektiven von jedermann, der mit einem Meßtisch arbeiten gelernt hat, nach den ihm geläufigen Methoden des Vorwärts-, Seitwärts- und Rückwärtseinschneidens ausgewertet werden. Jedoch möchte ich mich davor verwahren, daß man glaube, daß die Handarbeit meiner Weisheit letzter Schluß sei. Mit Hand sollen bloß die Schichtenpläne ausgearbeitet werden, weil es ein einfacheres und billigeres Verfahren hierzu nicht gibt. Sobald der Schichtenplan des Geländes fertig ist, tritt wieder die Photographie in ihre Rechte, und werden die



horizontalen Vogelperspektiven auf Grund dieses Schichtenplans auf photographischem Wege in strenge Orthogonalprojektionen übergeführt.

Für diese letzte Überführung der horizontalen Vogelperspektiven in Orthogonalprojektionen habe ich ein eigenes Instrument, den Zonentransformator, konstruiert, dessen Details ich aber hier übergehen möchte.

Um wieder zur Hauptsache, nämlich zur Schilderung der Methode, wie ich mir die Vermessung eines großen Kolonialgebietes vorstelle, zurückzukehren, nehme ich an, daß das Kolonialgebiet, das zu vermessen wäre, vor der photographischen Aufnahme aus der Vogelperspektive mit einem Triangulierungsnetz

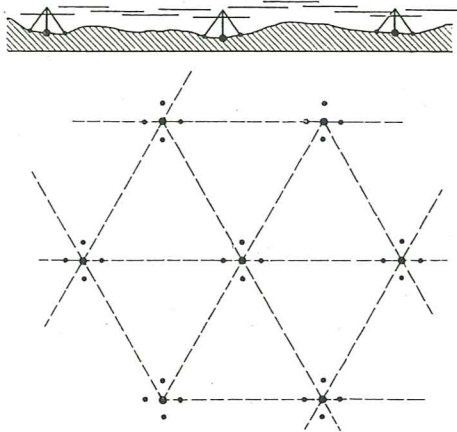


Fig. 17.

Einbindung der Ballon-Aufnahmen in ein vorhandenes Triangulierungsnetz I. Ordnung.
(Schematische Darstellung.)

erster Ordnung überspannt werde. Dieses Netz kann so weitmaschig sein, als nur immer die Sichtweite moderner Fernrohre es gestattet. Tatsächlich dürften die Seiten ca. 30—50 km lang werden.

In dieses Triangulierungsnetz erster Ordnung werden dann mit Hilfe von Oleaten, wie schon früher geschildert, also im wesentlichen durch eine graphische Triangulierung, die Ballonaufnahmen eingebunden.

Fig. 17 zeigt ein solches Triangulierungsnetz. Wie weiter die Figur zeigt, denke ich mir um jeden dieser Triangulierungspunkte in einem Umkreis von etwa 2—3 km Radius noch vier Nebensepunkte bestimmt. Selbstverständlich möglichst gleichmäßig verteilt, so daß sie mit dem Triangulierungspunkte, den sie umgeben, eine Art Kreuz bilden. Diese 5 Punkte, nämlich der eigentliche Triangulierungspunkt erster Ordnung und die ihn umgebenden vier Nebensepunkte, werden nun, jeder in einem Umkreis von ca. 3 m, durch Auslegen des Bodens mit weißen Steinen oder durch einen Kalkanstrich oder ähnliche Mittel deutlich sichtbar gemacht, während der Punkt selbst als Zentrum dieser weißen Kreisfläche durch einen schwarzen Markstein bestimmt ist.

In dieser Form hergerichtet, bilden sich die Triangulierungspunkte auf den Photographien sehr deutlich ab und können infolgedessen unzweifelhaft erkannt und sehr scharf eingemessen werden.

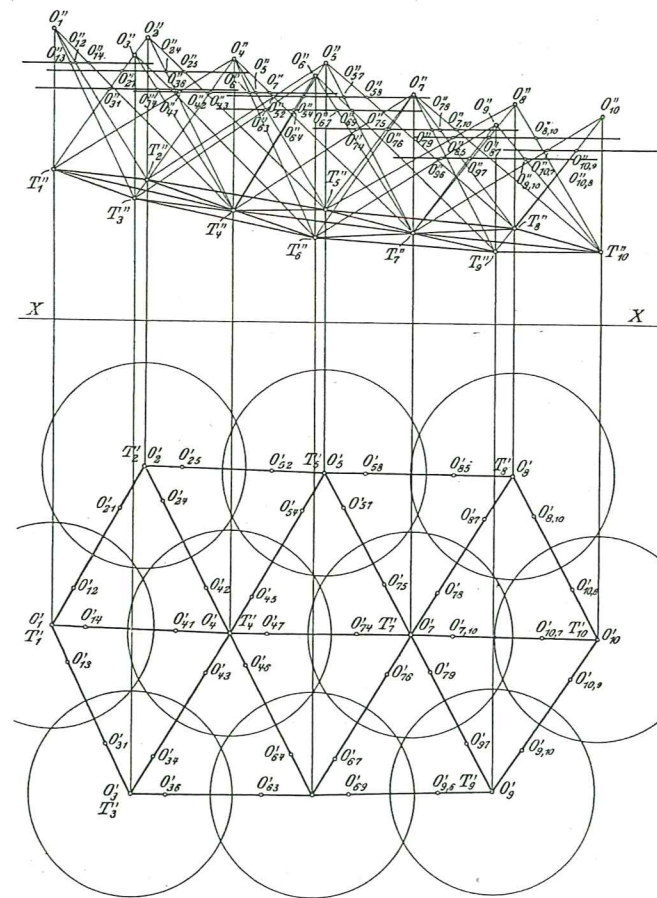


Fig. 18.

Eine Anzahl einander übergreifender Ballon-Panoramen, mit Hilfe der im Text geschilderten graphischen Triangulierung auf Grund der Daten, die sie selbst enthalten, aneinander gefügt.

Eine Ballonaufnahme, in deren Gesichtsfeld diese 5 Punkte erscheinen, läßt sich durch Rückwärtseinschneiden genauestens im Raume festlegen, und zwar werden absichtlich hierzu 5 Punkte statt des theoretischen Minimums von 3 Punkten verwendet, um diese Positionsbestimmung zu einer völlig zuverlässigen und genauen zu gestalten. Übrigens trägt auch schon der Umstand, daß der Ballonapparat 140 Grad

Gesichtsfeld hat und die einzelnen Neben-Punkte bei Aufnahmen aus 1000 m etwa 4 km weit, bei Aufnahmen aus 2000 m etwa 8 km weit auseinanderliegen sollen, sehr wesentlich dazu bei, um diese Art der Positionsbestimmung zu einer sehr genauen zu machen; denn die Genauigkeit einer Positionsbestimmung durch Rückwärtseinschneiden wächst mit dem Quadrate der Winkel, unter denen die Stützpunkte erscheinen. Populär gesprochen, eine hohe Pyramide mit kleiner Basis wird wanken. Eine niedere Pyramide mit breiter Basis wird unverrückbar feststehen.

Denkt man sich das Gelände mit Hilfe eines Lenkballons, Freiballons oder Drachenfliegers in einer mittleren Höhe von 1000—2000 m überflogen und hierbei mit Hilfe eines Panoramenapparates in Abständen von etwa 2—4 km photographiert, und zwar bei möglichst genauer Horizontalstellung des Ballonapparates im Momente jeder Aufnahme, so übergreifen sich die Bilder in vollkommen genügender Weise und bilden in ihrer Gesamtheit eine geschlossene Decke, einem Gewölbe vergleichbar, welches über jedem Triangulierungspunkte durch eine Säule gestützt ist. Die Säulen des Gewölbes bilden die Strahlenbüschel jener Ballonpanoramen, welche über den einzelnen Triangulierungspunkten erster Ordnung durch Rückwärtseinschneiden orientiert wurden.

Die übrigen Bilder werden mit diesen Stützbildern mit Hilfe der oben angedeuteten graphischen Triangulierung in Zusammenhang gebracht, deren Genauigkeit für diesen Zweck vollkommen genügt.

Da sich laut Voraussetzung die einzelnen Vogelperspektiven mehr als zur Hälfte übergreifen müssen, so finden sich auf jeder einzelnen Vogelperspektive auch die Ballonorte aller dasselbe umgebenden Nachbarbilder, und diese dienen in erster Linie dazu, zunächst die das Stützbild umgebenden Ballonaufnahmen mit diesem nach der bekannten Methode des Seitwärtseinschneidens zu verbinden und dann an diese wieder die weitere Umgebung anzuschließen, so lange, bis man mit den an die Nachbartriangulierungspunkte angeschlossenen Bildern in Fühlung kommt, worauf dann eventuell sich ergebende kleine Widersprüche ausgeglichen werden müssen. Fig. 18 zeigt eine Anzahl von Ballonpanoramen in der geschilderten Weise zusammengefügt.

In gleicher Weise können eventuelle kleine Neigungsfehler der Ballonpanoramen, von den Stützbildern ausgehend, ermittelt und beseitigt werden.

Ist das alles geschehen, so kann aus diesem das ganze Gelände überdeckenden Bildermaterial ohne Schwierigkeit ein genauer Schichtenplan der ganzen Gegend und schließlich die Photo-Karte selbst abgeleitet werden.

Während die Verwertung einzelner schiefer Ballonphotographien durch bloße Handarbeit derart ungenügend und mühsam ist, daß sie den alten Vermessungsmethoden entschieden nicht ebenbürtig ist, gewinnt durch eine derartige systematische Arbeit die Aufnahme aus der Vogelperspektive eine ganz enorme Überlegenheit über die alte Vermessungsmethode.

3. Wirtschaftliche Fragen der Ballonphotogrammetrie.

Um Vergleiche anstellen zu können, will ich versuchen, abzuschätzen, was die heutige Art der Landesaufnahme an Zeit, Arbeit und Geld kostet, und dann versuchen, abzuschätzen, was eine Aufnahme aus der Vogelperspektive kosten würde. Die beiden Daten werde ich dann vergleichen, und werden dieselben eines Kommentars nicht bedürfen.

Allerdings möchte ich dabei betonen, daß sowohl die Schätzungen der Kosten des alten Verfahrens als die des neuen ganz rohe und unverbindliche sind, da mir für die Beurteilung des ersteren keine authentischen Daten zur Verfügung standen und zur Beurteilung des letzteren überhaupt alle Erfahrungen fehlen.

Es ist deshalb ganz leicht möglich, daß die Herren, die an der Quelle sitzen, bezüglich des alten Verfahrens meine Ziffern einer scharfen Kritik unterziehen werden, und dasselbe bezüglich des neuen Verfahrens durch die Erfahrung geschehen wird. Um mich aber vor Trugschlüssen zu bewahren, habe ich die das alte Verfahren betreffenden Kostenpunkte möglichst niedrig angesetzt, so daß nur Korrekturen nach oben wahrscheinlich sind, und die Ziffern für das neue Verfahren reichlich hoch gegriffen, so daß sich dabei wird voraussichtlich sparen lassen.

Solcherart dürften trotz der unsicheren Grundlagen wirkliche Trugschlüsse vermieden worden sein.

Soviel ich erfahren habe, rechnet man als mittlere Jahresleistung eines Topographen in Deutschland etwa 100 km² im Maßstab 1 : 25 000, jedoch nicht etwa eine Neuaufnahme vollkommen unerforschten Gebietes, sondern die Wiederaufnahme eines Gebietes, welches bereits vermessen ist, für das schon Karten existieren, wenn sie auch bereits veraltet sind. Rechne ich das Jahreseinkommen eines Topographen auf ca. 6000 M, die Löhnungen und Verpflegungskosten seiner Handlanger sowie die Reisespesen ungefähr ebenso hoch, so sind das weitere 6000 M, es kosten also 100 km² 12 000 M oder der km² 120 M.

Nach meinen Informationen rechnet man in Österreich für die gleiche Leistung 150—200 K auf den km², je nachdem, ob der Topograph im Flachlande oder im Gebirge zu arbeiten hat. Nachdem in Deutschland das Flachland und Hügelland vorherrscht, so stimmen die 120 M und die 150 K pro km² für die gleichen Leistungen ziemlich gut überein, und würde nur der Umstand, daß man in Deutschland im allgemeinen höhere Gehalte bezahlt, als in Österreich, darauf schließen lassen, daß ich die Kosten mit 120 M pro km² zu niedrig einschätze. Daß der km² im Gebirgsterrain bedeutend mehr kostet, ist nicht zu verwundern.

Ich möchte nun für die ganzen späteren Berechnungen Deutsch-Südwestafrika als Beispiel wählen und daran meine Betrachtungen knüpfen. Wie bekannt, liegt dasselbe zwischen 17 Grad 20' und 29 Grad südlicher Breite, hat ein Areal von rund 831 000 km² und ist im wesentlichen ein Hochland mit aufgesetzten nicht unbedeutenden Gebirgszügen und tief eingeschnittenen Flußtälern. Es besitzt im allgemeinen ein subtropisches Klima, scheidet sich aber klimatisch in zwei Gebiete, das Innere und die Küste.

Das Innere hat rein kontinentalen Charakter und eigentlich nur zwei Jahreszeiten, den Sommer mit anfangs heißen Winden, später reichlichem Gewitterregen und den Winter, Mai—September, nahezu regenlos, aber mit großen Temperaturschwankungen. Die Küste ist durch die kalte Benguela-Strömung beeinflusst, die von Süd nach Nord streicht, und hat infolgedessen einen weniger heißen Sommer und die Regenzeit im Winter. Daraus ergibt sich, daß man eigentlich in Deutsch-Südwestafrika das ganze Jahr hindurch arbeiten kann: im Winter im Innern und im Sommer an der Küste.

Eine Landesaufnahme im Maßstab 1 : 25 000 dürfte in Deutsch-Südwestafrika schwerlich zu denselben Preisen durchgeführt werden können, wie eine Wiederaufnahme oder Reambulierung in Deutschland oder Österreich, denn abgesehen davon, daß es etwas anderes ist, ob man ein Land neu aufnimmt, oder ob man vorhandene Karten nur umzeichnet und berichtigt, so ist es auch ein Unterschied, ob man in einem Kulturlande arbeitet, wo einem alle möglichen Verkehrsmittel und sonstigen Hilfsmittel zur Verfügung stehen, oder in einem völlig unkultivierten Lande, wo nahezu das einzige Verkehrsmittel der achtspännige Ochsenwagen ist und man mit einer feindseligen Bevölkerung rechnen muß.

Außerdem darf nicht vergessen werden, daß Deutsch-Südwestafrika gebirgig ist. Man wird deswegen nicht fehlgehen, wenn man den österreichischen Satz für gebirgiges Terrain per 200 K also 160 M pro km² der Rechnung zugrunde legt, aber mindestens 50, wenn nicht 100 Proz. wegen der sonstigen Schwierigkeiten zuschlägt. Das führt zu einer Schätzung in der Höhe von 240—300 M pro km². Multipliziert man diesen Satz mit dem Areal von Deutsch-Südwestafrika per 831 000 km², so kommt man zu dem Resultat, daß die Vermessung von Deutsch-Südwestafrika im Maßstab 1 : 25 000 etwa 200—250 Millionen Mark kosten würde.

Hierbei ist die Triangulierung nicht mitgerechnet, weil mir erstens hierzu die Daten fehlen, und weil zum mindesten eine weitmaschige Triangulierung erster Ordnung sowohl bei dem von mir in Aussicht genommenen System der sich übergreifenden horizontalen Ballonpanoramen (System 3) als auch beim kombinierten Drachen- und Fesselballonbetrieb (System 1) nötig ist. Allerdings brauchen die bisherigen Vermessungssysteme auch eine Triangulierung zweiter und dritter Ordnung, welche bei Vermessungen aus der Vogelperspektive nach System 3 bereits durch die Bilder besorgt wird, während sie bei System 1, Drachen- und Fesselballonbetrieb, von mir in die Berechnung der Vermessungskosten einbezogen wurde.

Wenn ich daher bei Vergleich der alten Vermessungsmethoden mit denen aus der Vogelperspektive die Triangulierung, da in beiden Fällen notwendig, als aus der Rechnung fallend betrachte, so arbeite ich wieder mit großen Sicherheitskoeffizienten, da ich über die Kosten der Triangulierung zweiter und dritter Ordnung hinweggehe, die bei den bisherigen Vermessungsmethoden unerlässlich ist und ziemliche Kosten verursacht, während sie bei der Vermessung aus der Vogelperspektive bereits in der Kostenberechnung enthalten ist.

Die Zeit, die eine Vermessung Deutsch-Südwestafrikas nach den bisherigen Vermessungsmethoden beanspruchen würde, hängt natürlich wesentlich davon ab, wieviel Arbeitskräfte man gleichzeitig verwendet. Unter der Annahme aber, daß

20 Triangulatoren und 100 Topographen gleichzeitig arbeiten, schätze ich die zur Aufnahme ganz Deutsch-Südwestafrikas nötige Zeit auf ca. 150—170 Jahre.

Würde man sich entschließen, Deutsch-Südwestafrika mit Fesselballons, fallweise unterstützt von Drachen, aufzunehmen, so würden sich die Rentabilitätsverhältnisse, wie folgt, stellen: Wie die angestellte Berechnung zeigt, ist zur Ausrüstung einer Abteilung für kombinierten Drachen- und Fesselballonbetrieb ein Kapital von rund 80 000 M nötig. Eine solche Fesselballonabteilung dürfte im ganzjährigen Betrieb ungefähr 100 000 M jährlich kosten. Sie kann im Jahre etwa 5000—6000 km² im Maßstab 1 : 5000 aufnehmen. Daraus berechnen sich die Kosten der Aufnahme von ganz Deutsch-Südwestafrika im Maßstab 1 : 5000, nicht 25 000, wie bei der alten Vermessungsmethode, inklusive Kleintriangulierung auf etwa 75—80 Millionen Mark.

Um die richtige ökonomische Mitte zu halten, d. h. um einerseits nicht übermäßige Kapitalien für diesen Zweck binden zu müssen, andererseits doch in einer absehbaren Zeit fertig zu werden, wird es sich empfehlen, ca. 10 solche Abteilungen gleichzeitig arbeiten zu lassen, und könnten dieselben sodann mit der Vermessung von ganz Deutsch-Südwestafrika in ca. 16 Jahren fertig werden. Wenn man in Betracht zieht, daß die Aufnahme hier im Maßstabe 1 : 5000 erfolgt, so kann man die Methode eigentlich weder als teuer noch als langsam bezeichnen. Da man aber bei einer ersten Kolonialvermessung einen Maßstab 1 : 5000 nicht braucht, vielmehr mit dem Maßstab 1 : 25 000 vollkommen zufrieden sein kann, ergibt sich von selbst der Schluß, daß man bei Kolonialvermessungen zu Methoden greifen muß, deren natürlicher Maßstab ein kleinerer ist, und die dementsprechend auch billiger und rascher arbeiten.

Nachdem der natürliche Maßstab jeder Aufnahme aus der Vogelperspektive eine Funktion der Höhe, aus der man die Aufnahmen macht, und der Brennweite der Objektive, die man verwendet, ist, die Brennweite der Objektive aber durch die Bedingungen der Handlichkeit usw. bereits festgelegt ist, so ergibt sich daraus, daß man, wenn man im Maßstab 1 : 25 000 arbeiten will, die Aufnahmen aus einer Höhe von ca. 2000—2500 m machen sollte.

Aus dieser Höhe dürfte man in Deutsch-Südwestafrika ohne Schwierigkeit klare und reine Bilder erhalten, nachdem die atmosphärischen Verhältnisse dort wahrscheinlich sehr günstige sind. Man wird daher auf Luftfahrzeuge angewiesen sein, die in der Lage sind, Menschen und photographische Apparate in solche Höhen zu bringen. Das sind derzeit bloß der Freiballon und der Lenkballon. Drachenflieger werden dieses Ziel vielleicht einmal erreichen, heute aber erreichen sie es noch nicht, und auch Lenkballons erreichen diese Höhe nur in ihren größten Ausführungsformen, mit großen Gasverlusten und unter ganz bedeutenden technischen Schwierigkeiten.

Es ist zweifellos möglich, eine derartige Kolonial-Vermessung auch mit Freiballons durchzuführen. Ja, es ist wahrscheinlich sogar derzeit noch rationeller, Freiballons hierzu zu verwenden, als Lenkballons. Es schien mir aber nicht den Tendenzen der „Ila“ entsprechend, dieser Anschauung mehr wie unbedingt nötig, Ausdruck zu geben. Ich habe daher meinen Berechnungen, die Verwendung eines Lenkballons zugrunde gelegt, und zwar eines Lenkballons des unstarren

Systems, erstens deshalb, weil die Luftfahrzeug-Gesellschaft die große Güte hatte, mir authentische Daten zur Verfügung zu stellen, wofür ich ihr hiermit Dank sage, und weil ich andererseits weiß, daß Herr Geheimrat Hergesell an dieser Stelle selbst über die Verwendung des Zeppelinballons für Polarforschungszwecke sprechen will, und ich ihm daher in diesem Punkte nicht vorgehen möchte.

Auch kann ein Lenkballon des unstarren Systems im Falle einer unfreiwilligen Landung leichter zerlegt und transportiert werden.

Um nun zur Sache zu kommen, so zeigt die angestellte Kostenberechnung vor allem, daß es einen großen Unterschied macht, ob man einen kleinen oder einen großen Lenkballon verwendet. Ich habe daher die Berechnung gesondert durchgeführt, einerseits für den kleinsten Typ, den mir die Luftfahrzeug-Gesellschaft als noch für meine Zwecke brauchbar bezeichnet hat, andererseits für die bereits vielfach erprobte große Type, die wir hier auf der „Ila“ zu bewundern Gelegenheit haben.

Es ergibt sich aus dieser Berechnung, daß bei Verwendung der kleinen Type ein Anlagekapital von etwa 700 000 M, bei Verwendung der großen Type ein Kapital von etwa 1 200 000 M erforderlich ist, daß ferner die jährlichen Betriebskosten beim kleinen Typ ca. 500 000 M betragen, beim großen Typ 850 000 M, daß der kleine Typ gezwungen ist, in einer mittleren Höhe von 1000 m zu arbeiten und höchstens 5 Stunden im Tag tätig sein kann, während der große Lenkballon in 2000 m Höhe und 10 Stunden täglich arbeiten kann. Die natürliche Folge ist, daß unter sonst gleichen äußeren Bedingungen sich mit der kleinen Type 64 000 km², mit der großen Type 156 000 km² jährlich aufnehmen lassen, und daß infolgedessen die Vermessung von ganz Deutsch-Südwestafrika mit der kleinen Type ca. 42 Millionen kostet und 13 Jahre dauert, allerdings im Maßstab 1 : 10 000, während die Vermessung mit der großen Type bloß etwa 13 Millionen Mark kosten würde und in ca. 3—4 Jahren fertig sein könnte, und zwar im Maßstab 1 : 20 000, der dem von der Praxis geforderten Maßstab von 1 : 25 000 ziemlich nahekommt.

Interessant ist bei diesen Berechnungsergebnissen die Anstellung der Probe mit Hilfe der Faustregel, daß die Kosten einer Aufnahme im Quadrat mit dem Maßstab wachsen müssen. Wir finden tatsächlich, daß der Geld- und Zeitaufwand bei der kleinen Type des Lenkballons, der vermöge seiner Größenverhältnisse gezwungen ist, im Maßstabe 1 : 10 000 zu arbeiten, ungefähr viermal so groß ist, als der Geld- und Zeitaufwand bei der großen Type, mit der man im Maßstab 1 : 20 000 arbeitet. Nicht so gut stimmt die Probe, wenn man auch den kombinierten Drachen- und Fesselballonbetrieb zum Vergleich heranzieht; denn hier ist der Kostenaufwand beim doppelten Maßstab nur ungefähr das Doppelte, während der Zeitaufwand ungefähr das Zwölfwache ist wie beim kleineren Lenkballon. Hier liegen also offenbar so sehr veränderte technische Bedingungen vor, daß ein ziffermäßiger Vergleich nach dieser Faustregel nicht gut zulässig ist, ebensowenig wie ein ziffermäßiger Vergleich zwischen einer Vermessung, die nach den bisherigen Methoden durchgeführt werden muß und einer Vermessung mit Hilfe von Luftballons aus der Vogelperspektive bei Anwendung dieser Faustregel zu richtigen Resultaten führen würde.

Zum Schluß ist es nicht uninteressant, ein wenig nachzusehen, wie das Etablissement beschaffen sein müßte, welches das enorme Bildermaterial, das die Flugfahrzeuge liefern, zu verarbeiten hätte.

Eine grundlegende Forderung hierfür ist und muß sein, daß das betreffende Institut mit den Leistungen der Luftfahrzeuge Schritt halten könne, weil sonst sofort eine Stauung des fortwährend einlaufenden Bildermaterials und eine heillose Verwirrung Platz greifen würde.

Ein roher Vergleich mit den Einrichtungen, die ich mir aus meinen Privatmitteln ganz allein geschaffen habe, zeigt, daß bei Verwendung der kleinen Type des Lenkballons das mit der Verarbeitung zu betrauende Institut meine Einrichtungen in ungefähr fünffacher Ausführung besitzen und ca. 70 geschulte Arbeitskräfte beschäftigen müßte, was in der Anlage etwa 400 000 M und im jährlichen Betrieb alles in allem etwa 2 Millionen Mark ausmachen würde; bei Verwendung der großen Type des Lenkballons müßte das mit der Verarbeitung zu betrauende Institut meine Einrichtungen etwa in zehnfacher Ausführung besitzen und etwa 150 geschulte Arbeitskräfte beschäftigen, was in der einmaligen Anlage etwa 800 000 M und im Betrieb (Amortisation, Steuern, Miete, Stromspesen, Platten, Löhne usw. usw., kurz alles inbegriffen) etwa 4 Millionen Mark jährlich verbrauchen würde.

Nachdem die jährlichen Betriebskosten dieses Instituts aber bereits bei meinen früheren Aufstellungen der Kosten einer Aufnahme von Deutsch-Südwestafrika mit eingerechnet sind, kommt eigentlich für die Finanzierung bloß das für das Institut aufzuwendende Anlagekapital in Betracht.

Wie man sieht, ein Staat wie Deutschland, der flugtechnisch alles zur Verfügung hat, was für den vorliegenden Zweck erforderlich ist, dem es auch an Fachleuten für die Verarbeitung nicht mangelt, bedarf bloß des Entschlusses, seine Kolonial-Vermessung auf eine moderne Basis zu stellen und dadurch sowohl an Geld als an Zeit enorm zu sparen, um die Sache sofort in die Praxis umzusetzen. Denn sein Reservoir an Intelligenz, Kapital und Arbeitskraft ist so reich, daß er nur mit vollen Händen daraus zu schöpfen braucht, um ohne nennenswertes Risiko viel Zeit und Geld zu sparen, um einem neuen, fruchtbaren Gedanken den Weg zu bahnen. Ja, noch mehr; durch ein solches Unternehmen würden die hauptsächlich für militärische Zwecke angelegten Summen, welche die flugtechnischen Versuche heute kosten, sofort in reichstem Maße wirtschaftlich nutzbar.

Wie Sie sehen, fehlt heute der Sache nichts mehr als das Vertrauen irgendeiner Regierung in die Sache, ein größerer Vermessungsauftrag sowie das nötige Kapitalfundament, um einen solchen Auftrag auch glatt und klar auszuführen.

System III.

Einander übergreifende Einzel-Aufnahmen mit einem Lenkballon.

Anlagekapital.

Lenkballon des unstarren Systems	Kleine Type	Große Type
Rauminhalt	3200 m ³	6600 m ³
Steighöhe maximal	1500 m	2500 m
Maximalgeschwindigkeit	10 m p. Sek.	14 m p. Sek.
Mögliche Fahrtdauer	6 Stunden	20 Stunden
Anzahl der Motoren	1	2
Lebensdauer (abgeschätzt von der Gesellschaft)	3—4 Jahre	4—5 Jahre
Anschaffungspreis	210 000 M	325 000 M
Zweite Hülle und sonstige Reserveteile	90 000 M	175 000 M
Ballonhalle, womöglich zerlegbar und transportabel	110 000 M	130 000 M
Gasflaschen à 60 M per Stück oder eine entsprechende leistungsfähige Gasgenerator-Anlage in ungefähr gleicher Preislage	180 000 M (3000 Stück)	420 000 M (7000 Stück)
2 Ballonapparate samt Zubehör	10 000 M	10 000 M
Sonstige Ausrüstung der Zentralstation	100 000 M	140 000 M
Summe	700 000 M	1 200 000 M

Ganzjährige Betriebskosten.

Amortisation des Lenkballons à 33 %	100 000 M	170 000 M
„ der Ballonhalle à 20 %	22 000 M	26 000 M
„ der Gasflaschen bzw. des Gasgenerators à 20 %	36 000 M	84 000 M
„ der übrigen Anlagen à 20 %	22 000 M	30 000 M
Reparaturen	30 000 M	60 000 M

Gaskosten.

Das Gas kostet loco Bitterfeld pro m ³	15 Pf.
Transport Bitterfeld-Hamburg	23 Pf.
Seetransport Hamburg-Swakopmund pro m ³ ca.	5 Pf.
Bahntransport Swakopmund-Windhoek ca.	47 Pf.
Summe loco Windhoek	90 Pf.
Eventl. Weitertransport mit Ochsenwagen mindestens	30 Pf.
Summe	1,20 M

Da es wahrscheinlich ist, daß die Erzeugung des Gases an Ort und Stelle mit einer Gasgeneratoranlage, falls man sich nur Orte für die Zentralstation auswählt, wo genügend Wasser ist, z. B. in der Nähe von Flüssen, kaum mehr als 1 M pro m³ kosten dürfte, wurde dieser Gaspreis der weiteren Berechnung zugrunde gelegt.

Transport	210 000 M	370 000 M
-----------	-----------	-----------

	Kleine Type	Große Type
Transport	210 000 M	370 000 M
Erste Füllung	3 200 M	6 600 M
10 % täglicher Gasersatz für 365 Tage	116 800 M	240 900 M
Benzin, Öl usw.	5 000 M	10 000 M
Gehalte, kleine Type:		
1 Ingenieur	12 000 M	
2 Photographen à 6000 M	12 000 M	
2 Chauffeurs à 6000 M	12 000 M	
2 Ballonmeister à 6000 M	12 000 M	
1 Schlosser	5 000 M	
60 Schwarze à 500 M	30 000 M	
Summe ...	83 000 M	
Gehalte, große Type:		
1 Ingenieur	12 000 M	
2 Photographen à 6000 M	12 000 M	
4 Chauffeurs à 6000 M	24 000 M	
3 Ballonmeister à 6000 M	18 000 M	
2 Schlosser à 5000 M	10 000 M	
100 Schwarze à 500 M	50 000 M	
Summe ...		126 000 M
Verwaltungs- und sonstige Spesen	82 000 M	96 500 M
Totale Betriebskosten pro Jahr	500 000 M	850 000 M

Leistungsfähigkeit eines Lenkballons.

Mittlere Aufnahmehöhe	1000 m	2000 m
Arbeitsstunden pro Tag	5 Stunden	10 Stunden
Maximalgeschwindigkeit, relativ gegen die Luft	36 km pro Std.	50 km pro Std.
Normale Arbeitsgeschwindigkeit, absolut über dem Gelände	20 km pro Std.	40 km pro Std.
Aktionsradius für eine Tagfahrt, abends muß stets wieder die Zentralstation mit der Halle erreicht werden	50 km pro Std.	200 km pro Std.
Abstand der parallelen Hin- und Rückfahrtrkurse	4 km pro Std.	8 km pro Std.
Fahrten von einer Station aus	12—15	50—60
Tagesleistung an Panoramen	50	100
Von einer Station können aufgenommen werden	8 000 km ²	128 000 km ²
In einem Jahre können an Stationen erledigt werden	8	2
Jahresleistung	64 000 km ²	156 000 km ²

Schlußfolgerung.

	Kleine Type	Große Type
Normale Aufnahmehöhe	1000 m	2000 m
Flugtechnische Spesen pro Panorama	100 M	85 M
Verarbeitungskosten pro Panorama mit Spiegelglas	300 M	300 M
mit Solinglas	270 M	270 M
Gesamtkosten pro Panorama mit Spiegelglas	400 M	385 M
mit Solinglas	370 M	355 M
Reinertrag eines Panoramas	8 km ²	25 km ²
Kosten pro km ² mit Spiegelglas	50 M	15.40 M
mit Solinglas	46.25 M	14.02 M
Kosten der Aufnahme von ganz Deutsch-Südwestafrika:		
im Maßstab	1 : 10 000	1 : 20 000
mit Spiegelglas	41½ Mill.	13 Mill.
mit Solinglas	39½ Mill.	12 Mill.
Dauer der ganzen Aufnahme	13 Jahre	3½ Jahre

Diese Berechnung stützt sich auf Daten, welche die „Luftfahrzeug-Gesellschaft m. b. H.“ die große Güte hatte, mir zur Verfügung zu stellen, wofür ich ihr an dieser Stelle Dank sage.

XVI. Hygiene der Aeronautik.¹⁾

Von

Dr. phil. et med. Hermann von Schrötter-Wien.

Motto: Um die hygienischen Verhältnisse im Korb des Luftballons richtig zu würdigen, ist es notwendig, daß der ärztliche Beobachter selbst „ins Reich der Cirren“ emporsteige.
H. v. S.

M. H. — Bei dem weiten Blicke, mit welchem diese epochale Ausstellung ins Leben gerufen und auch der wissenschaftlichen Seite der Aeronautik Rechnung getragen wurde, hat es mich nicht verwundert, daß der Vorstand der Wissenschaftlichen Kommission auch die medizinische Seite des Gegenstandes berücksichtigt hat. — Gefreut hat es mich, und ich fühle mich besonders geehrt, daß man sich in letzterer Richtung meiner Person erinnert und mir die Mission übertragen hat, unter den offiziellen Vorträgen auch einen solchen über „Hygiene der Aeronautik“ zu halten. Ich bin dieser freundlichen Berufung um so lieber gefolgt, als ich mich bereits seit 14 Jahren mit diesem Gegenstande auf Grund eigener Erfahrungen beschäftigt und darüber bereits wiederholt — so gelegentlich der Tagung der Aeronautischen Kommission in Berlin 1901 und an anderen Orten — vorgetragen habe.

War damals vielleicht noch Manches unklar, besonders was die Symptome von Seite unseres Körpers in großen Höhen anlangt, so kann ich Ihnen heute über ein vollständig abgeschlossenes Lehrgebäude berichten, welches imstande ist, alle Erscheinungen, auch jene in den größten Höhen, in klarer, einwandfreier Weise zu deuten. Es gibt nur sehr wenige Kapitel der Physiologie, welche derartig wohlfundiert sind wie die Beziehungen der Luftverdünnung, des Sauerstoffmangels in seiner Wirkung auf den menschlichen Körper. Die von Mosso und Kronecker gegen die Sauerstofftheorie gerichteten Angriffe sind siegreich zurückgeschlagen, glänzend hat diese das Feld behauptet. Gerade die Erfahrungen im Ballon ergeben sinnfällig die Bedeutung des Sauerstoffes für das organische Leben auf unserem Planeten.

Das Thema ist zu groß, um im Rahmen eines kurzen Vortrages ausführlich diskutiert zu werden. Ich kann mich daher hier nur darauf beschränken, in aller Kürze das Wesentlichste hervorzuheben, und verweise bezüglich genauerer Infor-

¹⁾ Dieser Aufsatz kann gewissermaßen als eine gekürzte, aber nach dem letzten Stande der Forschung mehrfach ergänzte Neuauflage meiner unter dem gleichen Titel bei Grethlein & Co., Leipzig 1908, erschienenen Broschüre gelten.