

Auteur ou collectivité : Wang, Ferdinand (1855-1917)

Auteur : Wang, Ferdinand (1855-1917)

Titre : Die Photogrammetrie oder Bildmesskunst im Dienste des Forsttechnikers

Adresse : Laibach : Verlag des krainisch-küstenländischen Forstvereines, 1893

Collation : 1 vol. (41 p.) : ill. ; 23 cm

Cote : CNAM-BIB 8 Tu 65 (P.16)

Sujet(s) : Photogrammétrie ; Ingénieurs forestiers

Note : Tiré à part de : "Mittheilungen des krainisch-küstenländischen Forstvereines" - Wien : Verlag des Krainisch-küstenländischen Forstvereines. - 1876-1914

Langue : Français

Date de mise en ligne : 03/10/2014

Date de génération du PDF : 28/9/2017

Permalien : <http://cnum.cnam.fr/redir?8TU65.P16>

Die
Photogrammetrie oder Bildmesskunst
im Dienste des Forsttechnikers.

Von

Ferdinand Wang

k. k. Forstinspections-Commissär und Docent an der k. k. Hochschule für Bodencultur in Wien.

Separatabdruck aus den Mittheilungen des krainisch-küstenländischen Forstvereines.



Laibach 1893.

Verlag des krainisch-küstenländischen Forstvereines.

Zu beziehen durch

R. Lechners k. u. k. Hof- und Univ.-Buchhandlung (Wilh. Müller) in Wien.

Buchdruckerei von Ig. v. Kleinmayr & Fed. Bamberg.

Die Verwendung der Photographie zu Messungszwecken ist so alt wie die Photographie selbst. Als der berühmte Physiker und Geodät Arago im Auftrage des Erfinders Daguerre im Jahre 1839 der französischen Deputiertenkammer das Geheimnis der Erzeugung photographischer Bilder verrieth, sagte er die Verwendung der Photographie als Hilfsmittel der Messkunst schon voraus, doch scheiterte die Anwendung, trotz wiederholter Entwicklung der bezüglichen Theorie, an dem Bleigewichte der praktischen Ausführung.

Erst nahezu zwanzig Jahre später, im Jahre 1855, wurden durch Professor Porro und späterhin im Jahre 1861 durch Professor Laussedat die ersten praktischen Versuche in Italien, bzw. in Frankreich, unternommen. Leider stand die Mangelhaftigkeit der Instrumente dem Gelingen dieser Versuche hinderlich im Wege.

Einem Deutschen, dem Bau- und Regierungsrathe Doctor Meydenbauer, gelang es im Jahre 1867 einen Apparat zu erbauen, welcher den wichtigsten Anforderungen entsprach und mittelst welchem er im Vereine mit Dr. Stolze mehrere gelungene Aufnahmen ausführte.

Seit jener Zeit ist, trotz mehrfachen Schwankungen und öfterem Stillstande, ein steter Aufschwung des neuen Messverfahrens zu constatieren.

Im Jahre 1876 war es Professor Jordan, welcher, wohl als erster, das Resultat einer photogrammetrischen Messung, es war dies die photogrammetrische Aufnahme der Oase Gassr-Dachel in der libyschen Wüste, der Öffentlichkeit übergab.

Im Jahre 1882 hat Prof. Hauck in Charlottenburg die der Photogrammetrie zu Grunde liegende geometrische Theorie wieder erheblich erweitert und vertieft.

Seither beschäftigten sich mit der Photogrammetrie in Österreich: Hübl, Hafferl, Heller, Maurer, Pizzighelli, Pollack, Schell, Schiffner und Steiner; in Deutschland: Blümecke, Bock, Emes, Finsterwaldler, Hartl, Hess, Koppe, Rigganbach, Stein und Vogl; in Frankreich Legros und Le Bon; in Italien Manzi und Paganini und in der Schweiz endlich Simon.

Der im Jahre 1891 in Wien stattgehabte Geographentag, welcher Gelegenheit bot, photogrammetrische Apparate und Aufnahmen studieren zu können, hat das Interesse für die Photogrammetrie ganz besonders rege gemacht, und war es namentlich das k. k. Ackerbauministerium, welches sich veranlasst fand, dem Gegenstände Aufmerksamkeit zu schenken und dessen Anwendbarkeit in allen Zweigen des Forstwesens genauestens erforschen zu lassen.

Ein zunächst unter Leitung des Professor Friedrich Steiner in Prag abgehaltener, 14 Tage währende, mit praktischen Übungen verbundener Cursus setzte die vom k. k. Ackerbauministerium zum Studium abgeordneten Organe der Staatsforst- und der politischen Verwaltung in den Stand, sich auf rascheste Weise mit dem Wesen der neuen Methode vertraut machen und über alle einschlägigen Fragen gründlich informieren zu können.

Die vorstehende kurze Skizze des Entwicklungsganges der Photogrammetrie und im Einklange hiemit die Thatsache, dass die Mehrzahl der Geodäten dem neuen Messverfahren noch nicht freundlich gesinnt zu sein scheint, lassen erkennen, dass sich der praktischen Anwendung gewisse Schwierigkeiten in den Weg stellen müssen. Dieselben sind vorwiegend einerseits in der photographischen Reproduction und anderseits in der Mangelhaftigkeit der Apparate zu suchen.

Diese beiden, die photographische Reproduction und die Construction geeigneter Apparate, haben jedoch in letzter Zeit einen derartigen Aufschwung genommen, dass auf ein Überwinden der diesbezüglichen Schwierigkeiten mit Sicherheit gerechnet werden kann. Alle anderen Nachtheile der neuen Methode sind, wie späterhin zu sehen, nicht so groß, dass die letztere in gewissen Fällen gegenüber anderen Methoden nicht mit Vortheil angewendet

werden könnte. Bevor auf die ganz kurze Erörterung der wichtigsten Constructionsprincipien eingegangen wird, möge es gestattet sein, über die Art der Anwendung der Photogrammetrie noch Folgendes zu bemerken.

Nach den speciellen und wichtigsten Aufgaben, welche dem neuen Messverfahren zufallen können, unterscheidet man die Phototopographie, die Bauwerks- und die Situations-Photogrammetrie.

Letztere ist namentlich deshalb von Interesse, weil sie die Möglichkeit bietet, die Situation, gleichzeitig aber auch das Höhenverhältnis eines photographisch aufgenommenen Gebietes zu ermitteln.

Die Situations-Photogrammetrie hat es bereits zu einer gewissen Vollkommenheit gebracht, die sie, was speciell die im forstlichen Haushalte zu lösenden Aufgaben anbelangt, insbesondere für schwierige Terrainverhältnisse im Hochgebirge, bei Aufnahme von Terrainbrüchen zum Zwecke der Wildbachverbauung, Aufnahme von Vegetationsgrenzen, Tracierung von Wegen und Bahnen in kahlen, felsigen Gebieten, sehr verwendbar macht.

Selbstverständlich wird die neue Methode überall dort ihre Alleinherrschaft bewahren, wo es sich um die Aufnahme vollkommen unzugänglicher Gebiete handelt, so namentlich bei Aufnahme von Gletscherpartien, kahlen, jäh abstürzenden Felsgehängen, Lawinen u. s. w.

Kurz zusammengefasst, sind der Photogrammetrie die folgenden Vortheile zuzuerkennen:

- 1.) Sie reduziert die äußere, die Feldarbeit, auf ein Minimum;
- 2.) sie ermöglicht, wie bereits erwähnt, die Aufnahme unzugänglicher Gebiete;
- 3.) sie gestattet die vollständigste Schonung von Culturen, die gar nicht betreten werden müssen;
- 4.) sie erläutert die Aufnahme und eventuelle Projecte durch das photographische Bild ganz wesentlich;
- 5.) sie gestattet, die Objectsveränderungen auf die leichteste und deutlichste Weise beurtheilen und ermitteln zu können, so namentlich die Erd- und Gletscherbewegungen, und
- 6.) endlich ist sie eine Methode, die mit wenigen Aufnahmen die Bestimmung vieler Terrainpunkte möglich macht und mehr wie jede andere Methode von Ablesefehlern, Schreibfehlern, kurz Irrthümern unabhängig ist.

Allerdings haften der Photogrammetrie auch ganz wesentliche Nachtheile an, die in Kürze, wie folgt, zusammengefasst werden mögen:

- 1.) Die Genauigkeit lässt selbstverständlich gegenüber anderen Methoden manches zu wünschen übrig; schon das photographische Reproduktionsverfahren macht dem Genauigkeitsgrad der Aufnahme nicht unwesentlich Eintrag; die Construction aus dem photographischen Negative ist mit manchen Unannehmlichkeiten verbunden;
- 2.) die Hausarbeit ist eine umständlichere, zeitraubendere und für das Auge anstrengendere, als bei den anderen usualen Methoden;
- 3.) die Nothwendigkeit des Auffindens der gleichen Terrainpunkte auf zwei photographischen Bildern erschwert das Verfahren und wäre man deshalb, namentlich im mehr gleichmäßig verlaufenden Terrain, bei Aufnahme von gleichmäßig bestockten Waldpartien, gleichmäßig verlaufenden Felswänden u. s. w. genötigt, ein zeitraubendes Signalisieren vor der Aufnahme in der Natur durchzuführen.

Nichtsdestoweniger sind die Vortheile der neuen Methode nicht zu unterschätzen. Wird sie auch nicht anderen Messungsmethoden ernstliche Concurrenz machen können, so wird sie doch gewiss in besonderen Fällen mit Vortheil anzuwenden sein.

Übergehend auf die Erörterung der wichtigsten Constructionsprincipien sei vorausgeschiekt, dass es sich in erster Linie darum handelt, die centrale Projection des Gegenstandes, als welche dessen photographisches Bild anzusehen ist, in die orthogonale zu überführen. Um diesbezüglich vollkommen verständlich zu sein, wird bemerkt:

Sei in Fig. 1, und zwar in ab , ein Gegenstand, in O das photographische Objectiv, bzw. der optische Mittelpunkt desselben, d. h. jener gedachte

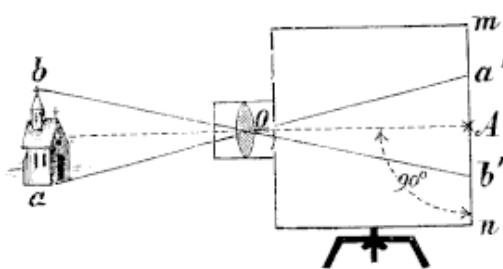


Fig. 1.

Punkt, durch welchen die Lichtstrahlen ungebrochen hindurch gehen, und sei in mn jene Ebene, die sogenannte Bildebene gedacht, auf welcher das photographische Bild entsteht — die lichtempfind-

liche Schichte der Trockenplatte stellt diese Ebene dar — so ist das Bild $a'b'$ nichts anderes als die centrale Projection des Gegenstandes ab . Es braucht nicht weiter bemerkt zu werden, dass sich jeder photographische Apparat aus einem Objective, aus einer Bildebene und dem zwischen beiden liegenden, lichtdicht verschlossenen Raume, der photographischen Camera, zusammensetzt.

Bei Entgegenhalt der beiden Fig. 1 und 2, welch letztere die Bildebene mn in der Ansicht darstellt, ergeben sich nun die folgenden wichtigen Grundbegriffe.

Die durch den optischen Mittelpunkt O gezogen gedachte und auf der hier lothrechten Bildebene mn senkrecht stehende Gerade OA (Fig. 1) wird als die « optische Axe » bezeichnet. Sie schneidet die Bildebene mn in einem Punkte A (Fig. 1 und 2), welcher der « Augpunkt » genannt wird. Die Entfernung OA vom optischen Mittelpunkte (Fig. 1) gibt den Begriff der sogenannten « Bildweite ».

Die durch die optische Axe gelegte gedachte horizontale, bzw. lothrechte Ebene schneidet die Bildebene in zwei aufeinander senkrecht stehenden Geraden hh' und vv' (Fig. 2), von welchen die erstere den « Horizont », die letztere die « Hauptgerade » bildet.

Horizont und Hauptgerade stellen das « photogrammetrische Axenkreuz » dar.

Die Bildweite und das photogrammetrische Axenkreuz bilden die « Constanten » eines jeden photogrammetrischen Apparates.

Stellt nun (Fig. 3) O' den Grundriss des optischen Mittel-

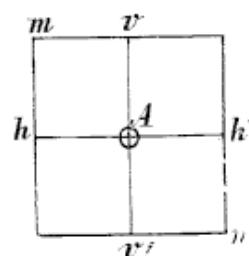


Fig. 2.

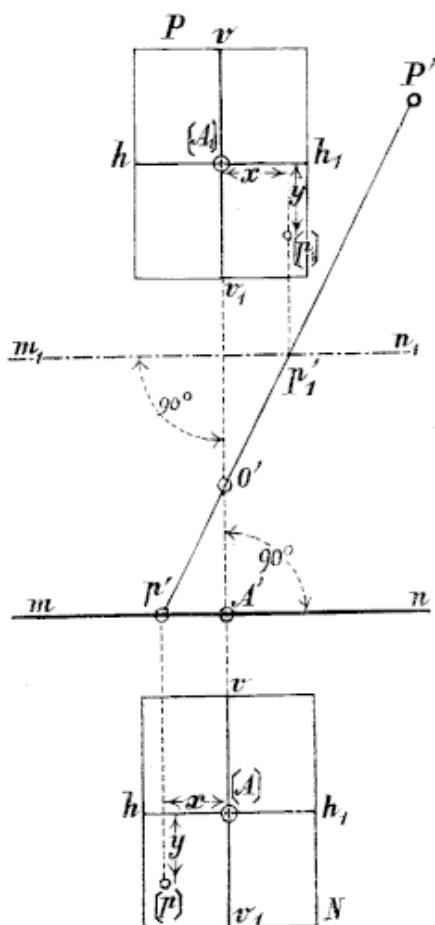


Fig. 3.

punktes, mn den Grundriss der zugehörigen lothrechten Bildebene, die sogenannte «Bildgerade», A' den Grundriss des Augpunktes und P' endlich den Grundriss irgend eines Raumpunktes P dar, so wird ρ' der Grundriss des Bildes von P sein müssen. Die eben beschriebene Stellung des photogrammetrischen Apparates entspricht der thatsächlichen im Momente des Photographierens, denn das Objectiv ist immer gegen den aufzunehmenden Gegenstand gekehrt, die lichtempfindliche Platte dagegen befindet sich auf der dem Objecte abgekehrten Seite. Aus diesem Grunde wird auch ρ' in Fig. 3 jene Lage einnehmen, welche es tatsächlich auf der photographischen Trockenplatte, auf dem sogenannten «Negative», einnehmen würde.

Sei in Fig. 4 dieses vom optischen Mittelpunkte aus betrachtet gedachte Negativ N dargestellt, so wird sich auf demselben beispielsweise das Bild des Raumpunktes P in ρ ergeben. Das auf irgend eine Weise — hierüber folgt späterhin die Aufklärung — auf dem Negative N ermittelte Axenkreuz sei durch die Linien vv_1 und hh_1 (Fig. 4) markiert.

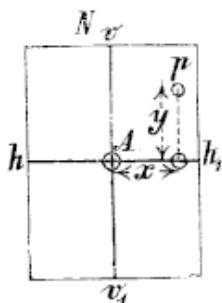


Fig. 4.

Man sieht aus Fig. 4, dass im gegebenen Falle die Lage des Punktes ρ im Negative durch die beiden Coordinaten x und y vollkommen bestimmt ist.

Würde man sich nun dieses Negativ N , welches die Bildebene darstellt, in die horizontale Projections- oder Zeichenebene umgelegt denken (Fig. 3), so käme beispielsweise der Augpunkt nach $[A]$ und das Bild ρ des Punktes nach $[\rho]$ zu liegen. Offenbar entspricht die Entfernung $[A]A'$ der Entfernung des Augpunktes von der gedachten horizontalen Projectionsebene und offenbar muss die Verbindungslinie $[\rho]\rho'$ einen auf die Bildgerade mn senkrecht stehenden Projectionsstrahl darstellen, welcher zum Grundrisse $O'A'$ der optischen Axe in der Entfernung $x = \rho'A'$ parallel läuft. Wäre somit umgekehrt die Stellung des photographischen Apparates im Momente des Photographierens und das Negativ N (Fig. 4), beziehungsweise das Bild ρ eines Gegenstandes gegeben, so hätte man lediglich von A' die Entfernung $A'\rho' = x$, welch letztere dem Negative N zu entnehmen ist, in richtigem Sinne aufzutragen und würde sofort in ρ' den Grundriss des Bildes ρ erhalten. $\rho'O'$ gäbe dann den

Grundriss jenes Sehstrahles an, in welchem der Grundriss des Raumpunktes P , dessen Bild eben ρ ist, liegen müsste.

Das photographische Positiv oder das Papierbild ist bekanntlich ein Abklatsch des Negatives. Während das letztere die Bilder verkehrt und rechts mit links vertauscht zeigt, erscheinen sie auf ersterem in der richtigen Lage. Denkt man sich in einer der Bildweite entsprechenden Entfernung $O'A'$ vom Objective, parallel zur Bildebene mn (Fig. 3) aber gegen den Raumpunkt P hin, eine Ebene m_1n_1 gelegt, so würde auf dieser Ebene gleichfalls ein Bild entstehen, welches, wie nach kurzer Betrachtung erhellt, dem Positive oder Papierbilde zum Negative N deshalb entsprechen müsste, weil in dieser Ebene die Lage des Bildes eine im Vergleiche zum Negative verkehrte, also die richtige sein müsste. Vom Objective aus betrachtet wäre im gegebenen Falle dieses Positiv in P (Fig. 5) gegeben. Das Bild ρ erscheint hier unterhalb des Horizontes hh_1 und scheinbar deshalb auf der gleichen Seite der Hauptgeraden vv_1 , weil sich die Stellung des Beschauers — Negativ und Positiv sind eben vom Objective aus betrachtet gedacht — geändert hat. Wie nun aus Fig. 3 ersichtlich, wäre es aber für die Construction ganz gleichgültig, ob die Stellung mn oder jene m_1n_1 der Bildebene gewählt würde, beziehungsweise ganz gleichgültig, ob das Negativ gegen $[A]$ oder das Positiv gegen $[A_1]$ hin umgelegt würde, in beiden Fällen müsste sich der Grundriss des Sehstrahles durch die Gerade $\rho' O' \rho'_1$ ergeben. Aus Fig. 3 ist aber auch ersichtlich, dass es für die Construction dieses Sehstrahlgrundrisses ganz gleichgültig ist, in welche Entfernung der Augpunkt bei der gedachten Umlegung von seinem Grundriss zu liegen kommt, d. h. dass die Wahl der horizontalen Projectionsebene ohne Einfluss auf die Construction bleibt, dass die Umlegung überhaupt ganz entfallen kann und die Übertragung der dem Negative oder Positive zu entnehmenden Ordinate x nach ρ' oder ρ'_1 hin (Fig. 3) vollkommen genügt. Die Stellung der Bildebene in m_1n_1 (Fig. 3) wird deshalb gerne gewählt, weil man häufig aus dem Papierbilde construiert und weil bei dieser Stellung in der Regel die benützte Zeichenfläche nicht un wesentlich verkleinert wird.

Es geht nun schon aus dem Gesagten hervor, dass es nur nöthig wäre, auf die vorbeschriebene Weise einen zweiten Sehstrahl-

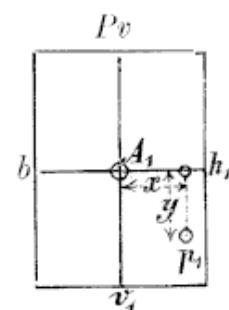


Fig. 5.

grundriss zu finden, um in dem Durchschnitte der beiden den Grundriss des Raumpunktes selbst zu finden.

Dies führt uns zu der in der folgenden Fig. 6 dargestellten Construction.

A und B seien die optischen Mittelpunkte des Apparates in zwei Aufstellungen und α die auf irgend eine Weise sowohl ihrer

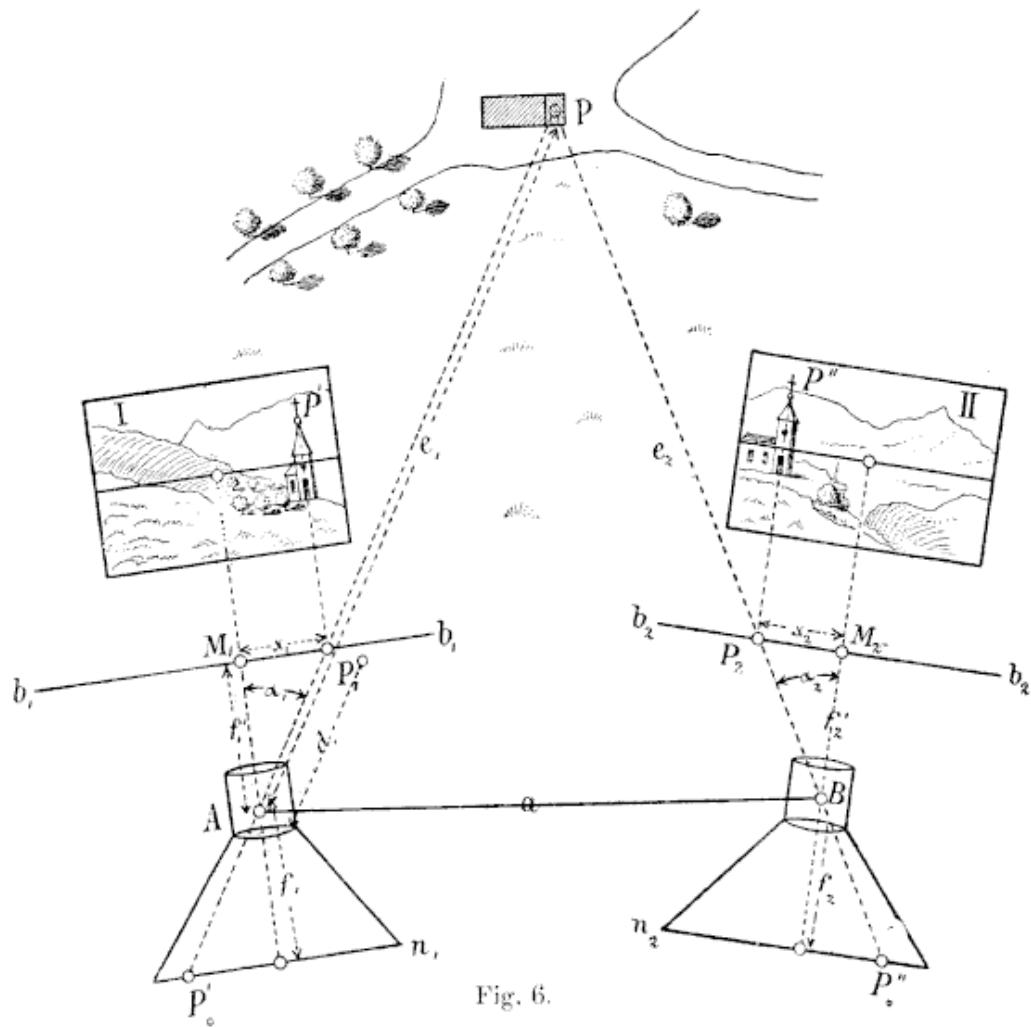


Fig. 6.

Lage als ihrer Größe nach ermittelte und in gewünschtem Maßstabe aufgetragene Standlinie.

Bei Vergleich der Fig. 6 mit Fig. 3 wird man finden, dass AP_1 , bzw. BP_2 (Fig. 6), die Seestrahlgrundrisse jenes Punktes sein müssen, dessen Bilder P' und P'' sind. Im Durchschnitte dieser Strahlen, in P , ergibt sich somit der gesuchte Grundriss des Raumpunktes, hier der Grundriss der in beiden Bildern erscheinenden Kirchthurmspitze.

Man ist also so im Stande, einen Plan zu zeichnen, dessen Maßstab dem Maßstabe der Basis entspricht, wobei zu beachten kommt, dass die Bilder I und II, bezw. die Ordinaten x_1 und x_2 , dann die Bildweiten f_1 und f_2 (Fig. 6) stets in ihrer wirklichen Größe aufgetragen werden müssen, weil sich sonst, wie nach kurzer Überlegung klar wird, der Grundriss verzerren müsste.

Aus der eben erläuterten Construction ist zu ersehen, dass es unbedingt nötig ist, auf zwei von verschiedenen Standpunkten aufgenommenen Photographien die Bilder eines und desselben Punktes, in Fig. 6 also die Bilder P' und P'' der Kirchthurm spitze, auffinden zu können, um in der Lage zu sein, den Grundriss zu construieren. Diese Bedingung ist es eben, die die Anwendung der Methode häufig deshalb sehr erschwert, weil ein Auffinden der correspondierenden Punkte auf der zweiten Photographie, namentlich bei Aufnahme gleichmäßig verlaufenden Terrains oder gleichmäßig verlaufender Waldbestände, naturgemäß auch häufig sehr schwierig oder geradezu unmöglich ist. In einem solchen Falle müsste man, um die Anwendung der Methode zu ermöglichen, zu zeitraubenden Signalisierungsarbeiten schreiten. Nichtsdestoweniger ist man doch, und zwar unter gewissen Bedingungen im Stande, den correspondierenden Punkt auf der zweiten Photographie aufzufinden, d. h. constructiv zu ermitteln. Das diesbezügliche Verfahren stützt sich auf die sogenannte trilineare Verwandtschaft oder das Hauck'sche System.*

Es kann hier aber nicht Aufgabe sein, auf diesen Gegenstand sowie auf manche andere interessante Beziehung einzugehen, handelt es sich doch nur darum, die einfachsten Constructionsprinzipien zu erläutern.

Mit Hilfe des Grundrisses ist man nun auf ganz einfache Weise im Stande, die relative Überhöhung der einzelnen aufgenommenen Punkte untereinander, bezw. ihre absoluten Höhen zu ermitteln.

In Fig. 7 sei in L das Objectiv des Apparates und in P jener Raumpunkt gegeben, dessen Höhe bestimmt werden soll. Auf der vor das Objectiv gelegt gedachten und dem Positive entsprechenden Bildebene mit dem Horizonte hh wird das Bild von P in P'

* Theorie der trilinearen Verwandtschaft ebener Systeme, Journal für reine und angewandte Mathematik, Berlin 1883.

erscheinen. Es ist nun ohneweiters zu sehen, dass sich die Höhe h des Punktes P über dem Horizonte durch die folgende Gleichung analytisch ermitteln lässt:

$$h = \frac{y}{d} \cdot e$$

wobei die Ordinate y dem Bilde, die Größen d und e direkt dem Grundrisse entnommen werden können.

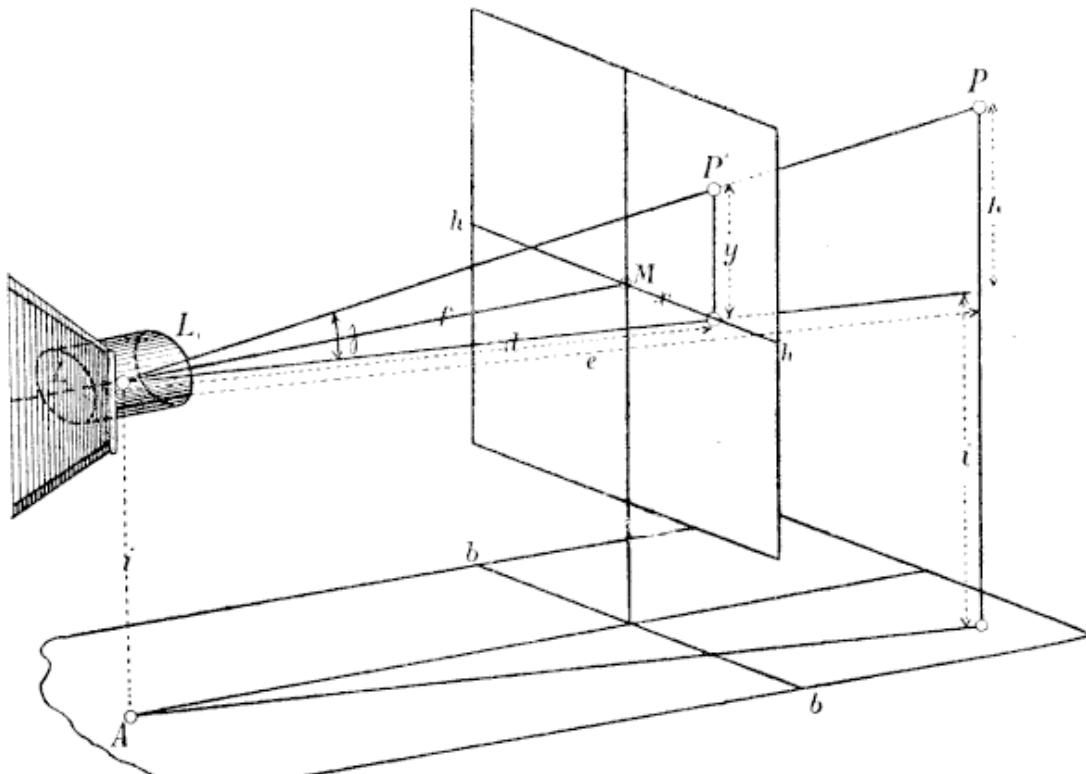


Fig. 7.

Ist die Instrumentenhöhe i und die absolute Höhe des Standpunktes bekannt, so lässt sich selbstverständlich auch die absolute Höhe des Punktes P ermitteln. Es ist klar, dass diese Höhenermittelung auch graphisch durch entsprechendes Auftragen der Längen d , e und y ermittelt werden kann. Diesbezüglich gibt Fig. 8 genügende Aufklärung.

Die vorstehende Erläuterung zeigt aber, dass man im Stande ist, die relative oder absolute Höhe eines Punktes, dessen Grundriss gegeben ist, aus jedem Bilde für sich zu ermitteln, und in dieser Möglichkeit der doppelten Seehöhenbestimmung liegt gleichzeitig eine gute Controle für die Zusammenghörigkeit zweier Bildpunkte in zwei Photographien, so z. B. jener P' und P'' in Fig. 6.

Wie den bisher erläuterten Constructionen zu entnehmen, müssen behufs Bestimmung des Grundrisses und der Seehöhen gegeben sein:

- 1.) Eine Aufnahmesbasis;
- 2.) die Lage der optischen Axen des Apparates in den Momenten des Photographierens;
- 3.) die Bildweite;
- 4.) das photogrammetrische Axenkreuz.

Was die Aufnahmesbasis anbelangt, so muss dieselbe ihrer Lage und Größe nach mit Hilfe einer der bisherigen Messmethoden ermittelt werden, es sei denn, sie wäre an und für sich schon gegeben.

Bezüglich der Bestimmung der Lage der optischen Axen ist zu erwägen, ob die Bilder der beiden Standpunkte wechselseitig auf den beiden Photographien gegeben sind oder nicht. Im ersten Falle lässt sich die Lage der optischen Axe des Apparates im Momente der Aufnahme leicht wie folgt bestimmen.

Es seien in Fig. 9 *A* der Grundriss des Standpunktes und *AB* die Richtung der Standlinie gegeben. Man verlängere nun die Standlinie über *A* hinaus und beschreibe mit der als bekannt angenommenen Bildweite *f* als Radius einen Halbkreis, wodurch sich der Punkt *S* ergibt. Wird nun *ST* senkrecht auf *AB* gezogen und

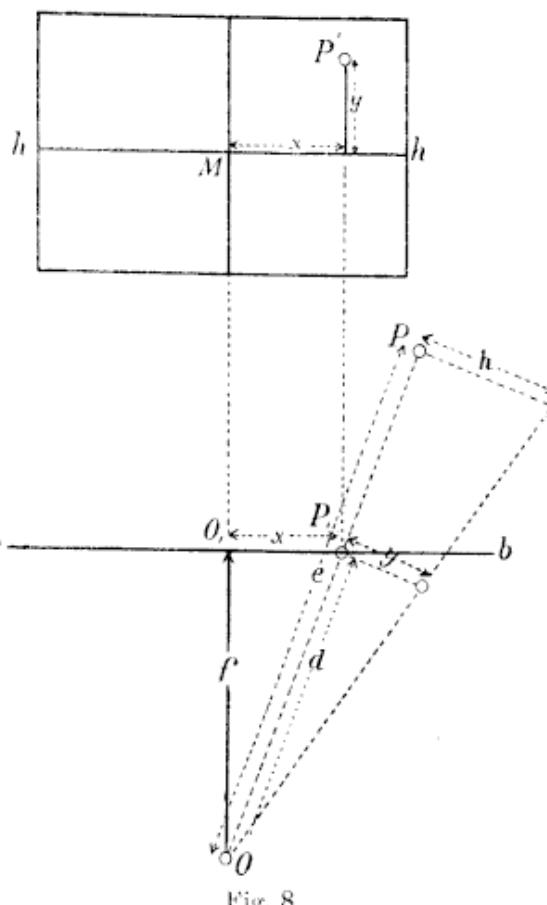


Fig. 8.

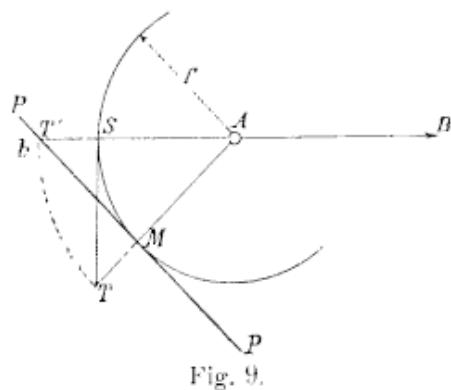


Fig. 9.

gleich jener auf den Horizont bezogenen Ordinate gemacht, welche dem Bilde des Standpunktes B auf der Photographie entspricht und dieser entnommen werden kann, so ergibt sich in TA schon die Richtung der optischen Axe. Die Bildgerade geht dann durch M und bildet die Tangente zum beschriebenen Halbkreis.

In ähnlicher Weise würde man im zweiten Standpunkte verfahren und würde auch dort die Lage der optischen Axe, beziehungsweise der Bildgeraden, ermitteln können.

Allein nur in seltenen Fällen ist es möglich, in zwei Punkten derart Aufstellung zu nehmen, dass nicht nur der aufzunehmende Terrainabschnitt, sondern auch die Standpunkte wechselseitig auf den Bildern erscheinen. In den meisten Fällen wird man also von der vorbeschriebenen Orientierung nicht Gebrauch machen können und wird zur Winkeleinstellung schreiten müssen. Zu diesem Zwecke ist jeder photogrammetrische Apparat entweder mit einem Fernrohre adjustiert oder aber es ist auf der Mattscheibe der Camera eine feine Einstelllinie, zumeist die Hauptgerade, sowie der Horizont des Instrumentes, also das photogrammetrische Axenkreuz, eingeritzt. Man ist sonach im Stande, mit Hilfe der dem Instrumente beigegebenen Limbustheilung genau jene Winkel zu messen, welche die optische Axe des Instrumentes im Momente des Photographierens mit der Standlinie einschließt. Es wären dies beispielsweise in Fig. 6 die Winkel M_1AB und M_2BA , die sogenannten Bildwinkel. Mit ihrer Hilfe lässt sich dann die Lage der optischen Axen ohneweiters auf das Papier übertragen.

Für die Construction nothwendig und wesentlich auf dieselbe Einfluss nehmend ist die Bildweite. Ihre Ermittelung kann auf analytischem und graphischem Wege erfolgen. Bei den neueren photogrammetrischen Instrumenten bildet die Camera ein starres Ganze, zum Gegensatze zu den gewöhnlichen photographischen Apparaten, bei welchen die Camera in Art einer Harmonika auszieh- oder zusammendrückbar ist. Die Bildweite bildet somit bei solchen Instrumenten eine gewisse constante Größe, die schon vom Mechaniker angegeben werden könnte.

Allein auch in diesem Falle kann von einer constanten Bildweite in strengem Sinne des Wortes deshalb nicht die Rede sein, weil dieselbe unter allen Umständen durch den sogenannten Cassettenfehler beeinflusst wird. Die einzelnen Cassetten können nämlich schwer derart genau hergestellt werden, dass in

jeder Cassette jede Trockenplatte, beziehungsweise die lichtempfindliche Schichte derselben, genau in eine und dieselbe Ebene, in die Bildebene, zu liegen kommt. Es empfiehlt sich deshalb, wenn nicht schon für jede Aufnahme, so doch für jede Cassette, die Bildweite genau zu ermitteln. Auch diesfalls kann es hier nicht Aufgabe sein, die reich entwickelte Theorie der Bildweitenbestimmung zu verfolgen, es mag vielmehr gestattet sein, nur die einfachste und dabei doch sehr anwendbare graphische Ermittelung zur Darstellung zu bringen.

Von dem angenommenen Standpunkte A aus (Fig. 10) messe man die Winkel zwischen drei oder, der besseren Controle wegen, zwischen vier scharf ausgeprägten und auf der Photographie erscheinenden Terrainpunkten B, C, D und E . Mit Hilfe der notierten Winkelablesung α_1, α_2 und α_3 und der aus der Photographie zu entnehmenden Ordinaten Mb, Mc, Md und Me wäre man im Stande, die Bildweite f analytisch zu bestimmen. Graphisch geschieht dies einfach dadurch, dass man die auf den Horizont der Photographie bezogene und auf der Bildgeraden aufscheinende Punktreihe b, c, M, d und e genau auf einen Papierstreifen überträgt und denselben derart in das auf dem Zeichenblatte aufgetragene Strahlensbüschel AB, AC, AD und AE hineinzulegen sucht, dass der Punkt b in den Strahl AB , c, d und e in jenen AC bzw. AD und AE zu liegen kommen. In dem Momente, in welchem jeder der vier Punkte b, c, d und e in seinen ihm zugehörigen Strahl fällt, in diesem Momente entspricht die Lage des Papierstreifens der Lage der Bildgeraden. Der senkrechte Abstand des Punktes A von dieser Bildgeraden ist der gesuchten Bildweite gleich.

Was die Ermittelung des photogrammetrischen Axenkreuzes anbelangt, so wird hierüber das Nöthige bei der jetzt folgenden Besprechung der photogrammetrischen Instrumente gesagt werden.

Schon in den Jahren 1791 bis 1793 versuchte der französische Ingenieur Beautemps-Beaupré aus perspektivischen Handzeichnungen topographische Pläne zu entwerfen. Seine Methode bestand dem Prinzip nach darin, von zwei gegebenen Standpunkten aus die perspektivische Ansicht der aufzunehmenden Objecte mit Sorgfalt zu zeichnen und mit Hilfe eines Winkel-

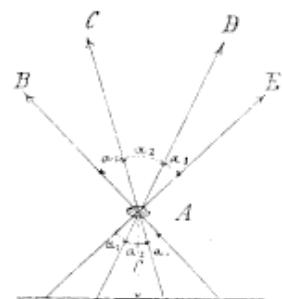


Fig. 10.

Messinstrumentes, Sextanten, für einen von beiden Stationen ersichtlichen Punkt die Winkel zwischen der Standlinie und den beiden Visierlinien zu bestimmen. Man erblickt in diesem Vorgange den Ausgangspunkt des photogrammetrischen Verfahrens, nicht nur was den demselben zu Grunde liegenden Gedanken, sondern auch was das Verfahren auf dem Felde anbelangt.

Im Jahre 1854 versuchte der französische Genie-Oberstlieutenant Laussedat, auch dem ungeübten Zeichner die genaue Aufnahme von Perspectiven zu ermöglichen und erreichte dies durch Einführung und passende Modification der Camera lucida von Wollaston. Im Jahre 1855 hat Professor Porro in Italien Aufnahmen mit sphärischen Objectiven durchgeführt und relativ günstige Resultate erzielt.

Die Erfindung der Photographie vereinfachte natürlich die Aufnahme der Perspective ganz wesentlich, und der photographische Apparat trat nunmehr in seine Rechte.

Wieder war es Laussedat, welcher sich zuerst mit der praktischen Verwertung der Photographie in gedachter Richtung beschäftigte und einen Theodolit mit einer photographischen Camera an Stelle des Fernrohres herstellen ließ. Die in Verwendung gebrachten Linsen waren Landschaftslinsen, die zu jener Zeit nur ein geringes brauchbares Bildfeld besaßen, sodass man oft genötigt war, eine größere Zahl von Einzelaufnahmen zu bewerkstelligen, um eine ausgedehntere Rundsicht zu erhalten. Dadurch war aber sowohl die Arbeit auf dem Felde als auch jene zu Hause wesentlich erschwert.

Diese störende Eigenschaft der gewöhnlichen Landschaftslinse gab schon in den ersten Jahren nach Erfindung der Photographie Veranlassung zu verschiedenen Constructionen der sogenannten «Panorama-Camera», welche Aufnahmen mit dem sehr großen Gesichtsfeldwinkel von 180° und darüber erlaubte.

Der französische Optiker Chevallier in Paris erbaute nun im Jahre 1858, bei Benützung einer Modification der Panorama-Camera, einen photographisch-geodätischen Apparat, den sogenannten «photographischen Messtisch», und verbesserte dessen Construction im Jahre 1864 noch ganz wesentlich. Bei diesem Apparate kamen ein rotierendes Linsensystem und ein Reflexionsprisma in Anwendung, welche die Landschaft auf eine horizontale, feststehende Platte projizierten.

Auch in Deutschland arbeitete man anfangs mit ähnlichen Hilfsmitteln wie in Frankreich. Erst seit der Erfindung des «Pantoskops» durch den Optiker Busch im Jahre 1866, eines Objectives, welches bei größter Präcision der Ausführung mit Bildwinkeln von 90° und darüber arbeiten lässt, waren die großen Schwierigkeiten, welche sich bis dahin einer wirklichen praktischen Verwertung der Photographie für geodätische Zwecke entgegengestellt hatten, beseitigt.

Nach diesem kurzen Rückblicke auf den Entwicklungsgang der Bauart photogrammetrischer Apparate möge es nunmehr gestattet sein, auf die Beschreibung der in neuester Zeit in Verwendung stehenden Apparate des näheren einzugehen.

Jeder mit richtig zeichnender Linse versehene photographische Apparat kann zu gewissen photogrammetrischen Aufnahmen verwendet werden.

Ist das aufzunehmende Object so beschaffen, dass es möglich wird, aus der Photographie die nöthigen Bestimmungsstücke herauszuconstruieren, so braucht man am Apparate keinerlei Markierungen oder Bestimmungen vorzunehmen. Man benützt hiezu Gebäude oder fügt dem Objecte einen Gegenstand bei, z. B. ein horizontal liegendes Quadrat, welches die perspectivischen Elemente hinreichend bestimmt. Ist man in der Lage, die Platte parallel zum Objecte zu stellen, z. B. zu einer Gebäudefaçade, so bedarf man nur einer bekannten Länge am Objecte, um das Verjüngungsmaß des ganzen Planes bestimmen zu können.

Wird von zwei Standpunkten aus gearbeitet, so bestimmt man sich, wie dies bereits gezeigt wurde, für die Bildweite unter

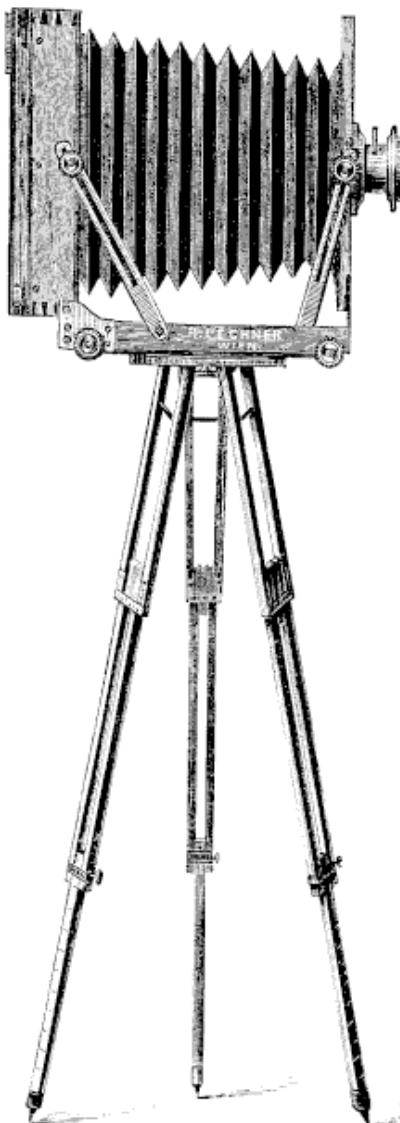


Fig. 11.

Zuhilfenahme von Winkelmessungen die Lage dreier oder mehrerer Punkte pro Platte von jedem Standpunkte aus, wozu die Verwendung von Messinstrumenten nothwendig ist. Der Preis eines solchen photographischen Apparates (Fig. 11) von der Firma R. Lechner, photographische Manufaktur und photographisches Atelier, Wien, Graben 31, bezogen, stellt sich je nach der Bildgröße von 18 : 24 oder 13 : 18 cm auf rund 240 fl., beziehungsweise 195 fl. Beigegeben sind dem Apparate fünf Mahagoni-Doppelcassetten, Stativ mit Futteral, Einstelltuch, Tornister und Objectiv (Zeiß, Anastigmat).

Es mag nicht uninteressant sein zu hören, dass Professor Jordan in den Jahren 1873 bis 1874 durch den Photographen Remelé während der Rolf'schen Expedition in die libysche Wüste die Oase Gassr-Dachel mit einer gewöhnlichen Camera photogrammetrisch aufnehmen ließ. Mit einem Winkel-Messinstrumente wurden hiebei von jedem Standpunkte drei Horizontal- und drei Verticalwinkel gemessen, die Bildweite und die Lage dreier Punkte zu dem Zwecke berechnet, um Horizont und Augpunkt bestimmen und die Aufnahmsplatten orientieren zu können. Wie eingangs erwähnt, wurde das Resultat dieser Aufnahme durch Professor Jordan im Jahre 1876 veröffentlicht.

Soll aber ohne Zuhilfenahme von anderen Behelfen, Winkel-Messinstrumenten, gearbeitet werden, so muss, wie aus dem Vorstehenden erhell't, der Apparat zum Winkel messen eingerichtet und es muss weiters, um die nöthigen Constructionen bewerkstelligen zu können, auf dem photographischen Bilde das photogrammetrische Axenkreuz gegeben sein. In letzterer Hinsicht muss der Apparat die nöthigen Vorrichtungen, sei es in Form von gespannten Fäden oder sei es von an den Cassettenrändern angebrachten und im Bilde kenntlichen Marken (Fähnchen) besitzen.

Selbstverständlich muss die Horizontalstellung des Apparates, beziehungsweise die Verticalstellung der Bildebene, möglich sein.

Der photogrammetrische Apparat muss somit photographische Camera und geodätisches Instrument zugleich sein. Die so in vorstehender Weise adaptierten Apparate bilden den Übergang zu den eigentlichen photogrammetrischen Instrumenten.

Aus den Fig. 12 und 13 ist die Adaptierung theilweise ersichtlich. Vor allem muss auf Herstellung einer soliden Basis Rücksicht genommen werden. Zu diesem Zwecke bringt man den Apparat auf einen mit Verticalaxe und Büchse versehenen Dreifuß

mit Rollschrauben an. Mit Hilfe von Kreuzlibellen oder feinen Dosenlibellen lässt sich der in horizontaler Ebene leicht drehbare und fest klemmbare Apparat horizontieren. Die aufgestellte Visierscheibe, Mattscheibe, muss senkrecht stehen, wenn die Libellen einspielen; das ist durch die schrägen Metallstützen, welche Cassettentheil und Grundbrett verbinden, dadurch schnell und sicher zu bewerkstelligen, dass am Ende der Längsschlüsse dieser Stützen tiefe Einfüllungen angebracht sind, welche von dem Schlüsse rechtwinklig abweichen und die

Klemmschrauben aufnehmen, so dass nun ein Neigen der Visierscheibe nach vor- oder rückwärts ausgeschlossen ist. Zur Einstellung einer bleibenden festen Bildweite sind auf dem Grundbrett deutliche Marken, eventuell auch Millimetertheilung und Nonius, angebracht. Die Auf- und Abwärtsbewegung des Objectives geschieht

mit der Hand, jedoch können auf Wunsch Maßstab und Nonius angebracht werden, um den jeweiligen Stand des Objectives notieren zu können. Horizontal- und Verticalmarken, Spitzen oder Fähn-

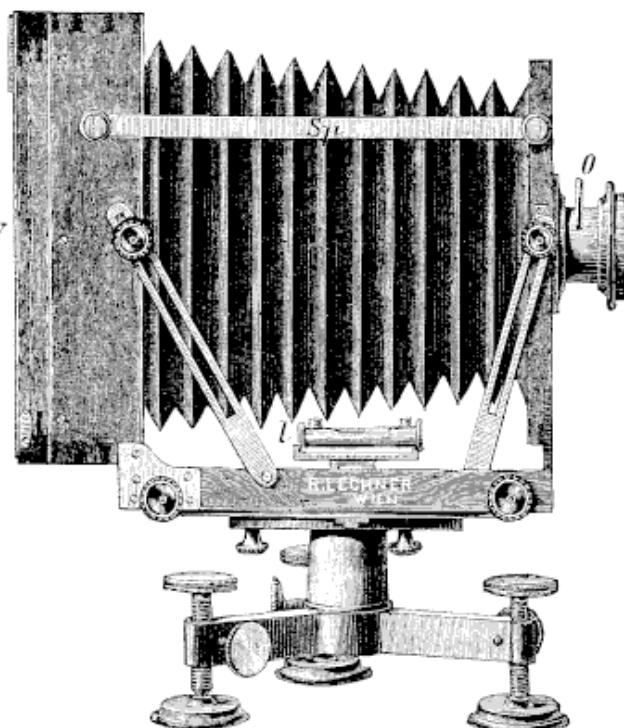


Fig. 12.

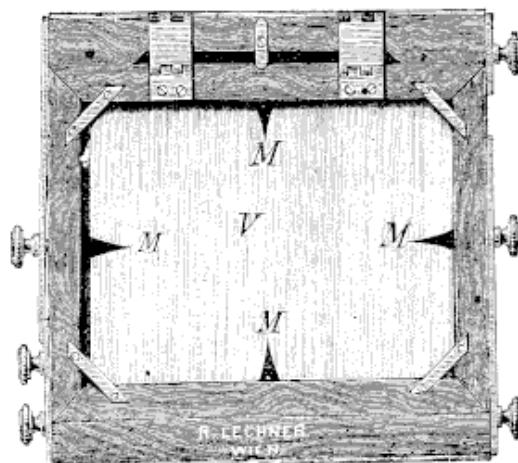


Fig. 13.

chen M (Fig. 13) geben das nötige photogrammetrische Axenkreuz. Die Marken stehen genau rechtwinklig zueinander und symmetrisch so im Cassettentheile, dass die Verbindungslien der vier Spalten bei horizontaler Aufstellung des Apparates den Horizont, beziehungsweise die Hauptgerade desselben, darstellen.

Die Kosten eines so adaptierten photographischen Apparates, bei der genannten Firma (Lechner) bezogen, stellen sich je nach der Bildgröße von 13 : 18 oder 18 : 24 cm auf rund 315 fl. beziehungsweise 350 fl.

Zu photogrammetrischen Zwecken wurde die photogrammetrische Camera in mehr oder minder ähnlicher Weise von Le Bon und von F. Schiffner,* dann von Dr. H. W. Vogel und Dr. Dörgens adaptiert.

Zu den eigentlichen und neueren photogrammetrischen Instrumenten gehören die Photogrammeter, die Phototheodolite, der photogrammetrische Messtisch (System Hübl) und der Cylindrograph von Moëssard.

Die nur ~~größen~~ Zwecken dienenden und im Gegensatze zu den Phototheodoliten, nicht universellen Photogrammeter bestehen im allgemeinen aus Camera, Limbus und eventuell Boussole, alle diese Best. ~~theile~~ sind natürlich im präzisesten Zusammenhange mit Erw. ~~der~~ starker Bewegung und Beobachtung.

Solche Photogrammeter wurden von Meydenbauer, von Steiner, dann von Hafferl und Maurer construiert. Im Auftrage des k. k. Ackerbauministeriums wurde ein derartiges Instrument speciell zur Verwendung bei Wildbachverbauungen erbaut und erscheint dasselbe, der sogenannte Boussolen-Photogrammeter, in Fig. 14 in etwa $\frac{1}{4}$ natürlicher Größe dargestellt.

Die photographische Camera aus Metall (eisenfrei) ist möglichst direct mit der Alhidade des mit Horizontalkreis ausgestatteten Unterbaues verbunden. Der kräftige Dreifuß mit drei Horizontierschrauben und daran befindlichen Fußplatten trägt die Büchse und Axe für Kreis und Alhidade, unter dem Kreise die Centralklemme mit feiner Bewegung.

Der verdeckte Kreis mit 16 cm Durchmesser ist in halbe Grade getheilt, diese durch zwei diametrale, mit Loupen versehene Nonien, für welche die Kreisdecke (Alhidade) durchbrochen ist, auf eine Minute ablesbar. Über den Nonienfenstern sind Illumina-

* F. Schiffner, Photogrammetrische Studien, Phot. Correspondenz 1890.

teure zur besseren Beleuchtung der Theilfläche angebracht. Die Theilung ist auf Silber. Die Camera ist durch vier kräftige Schrauben, und zwar zwei in der Richtung der optischen Axe der Camera zur gleichzeitigen Senkrechtstellung der Visierscheibe und zwei rechtwinkelig dazu, zur Correctur des Axenkreuzes auf der Visierscheibe, mit der Alhidade des Unterbaues fest verbunden.

Das photographische Objectiv ist ein Anastigmat, C. Zeiß, Jena, 1:18, Serie V, Nr. 4, mit Rotationsblende. Es lässt sich an einer aufrecht angeordneten Camera 50 mm nach oben und 50 mm nach unten (das heißt über und unter Null der horizontalen Visur des Apparates) bewegen, was durch Maßstab und Nonius bis auf $\frac{1}{10}$ mm markiert werden kann. Für Festklemmung des verschobenen Objectives ist gesorgt.

Die Bewegung geschieht mittelst Zahnstangen und Trieb. Rechts und links unter der Vorderfläche der Camera sind rechtwinklig zueinander und symmetrisch zur Camera justierbare Kreuzlibellen auf der Alhidade angebracht.

Der Cassettentheil der Camera enthält für die Markierung des Horizontes und der Hauptgeraden ein System von vier Fähnchen, welche gleichzeitig gegen die Bildebene

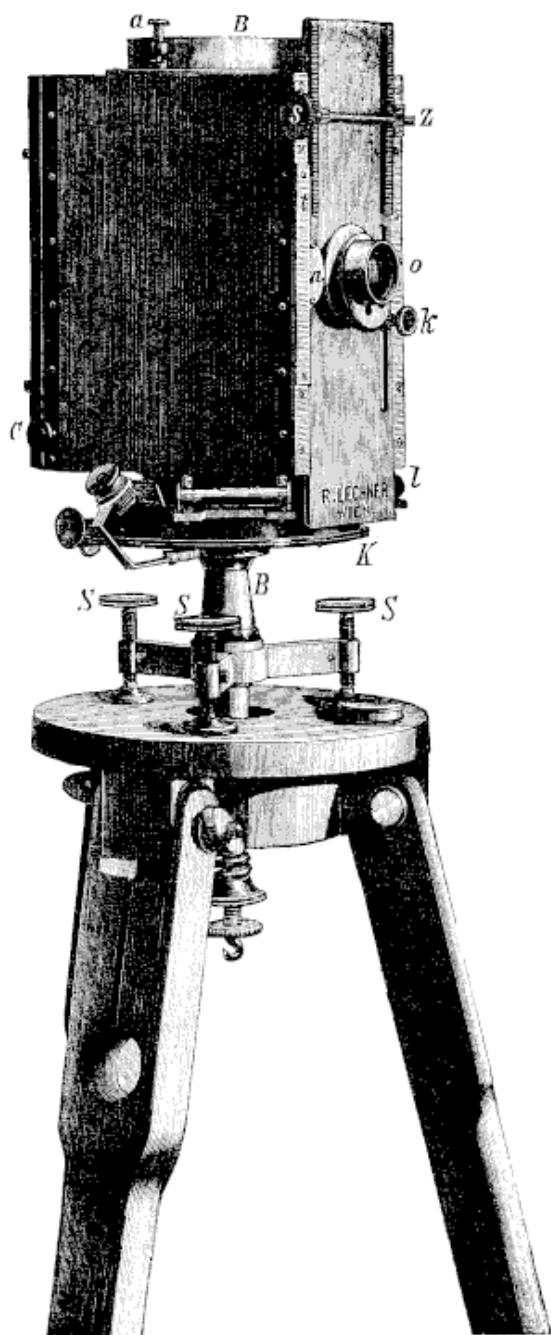


Fig. 14.

bewegt werden können und deren jedes einzeln corrigierbar ist. Dem Apparate mit der Bildgröße $13 : 18 \text{ cm}$ und hochgestellter Camera ist eine Mattscheibe mit Centimeterquadratnetz, Mittelachsen in Millimeter getheilt, und eine Mattscheibe mit einem Axenkreuz beigegeben. Beide sind in ihren Rahmen corrigierbar untergebracht und können ausgewechselt werden. Erstere dient zur annäherungsweisen Distanz- und Größenbestimmung im Freien, letztere zum Einvisieren der zu bestimmenden Winkel- und Panoramengrenzen.

Behufs Ermöglichung rascherer Orientierung im Felde ist auf die Camera eine Boussole aufsetzbar. Dem Instrumente ist ein tragbarer Tornister mit entsprechender Cassettenzahl und sonstigem Zubehör, Schutztuch, Wechselsack und eventuell automatischem Momentverschluss beigegeben.

Im Falle des Bedarfes ist die nachträgliche Adjustierung des Instrumentes mit Fernrohr und Höhenkreis ohne weiteres möglich.

Die Kosten eines solchen Photogrammeters im Bildformat $18 : 24 \text{ cm}$ sammt fünf Doppelcassetten stellen sich auf rund 450 fl., im Bildformat $13 : 18 \text{ cm}$ aber auf rund 400 fl.

Mit dem Namen «Phototheodolit» wird ein Instrument bezeichnet, welches außer der Camera und dem Limbus noch einen Verticalkreis nebst einer Visierzvorrichtung (Fernrohr) besitzt, mithin ein vollkommenes Universal-Instrument bildet.

Phototheodolite sind von Dr. Koppe, dann von L. P. Paganini, von Professor Schell und von dem um die Anwendung der Photogrammetrie in Österreich hochverdienten Oberingenieur Vincenz Pollack construiert worden.

Der Phototheodolit von Dr. Koppe* trägt an Stelle des centrischen Fernrohres die Camera mit dem Objective. Das Fernrohr ist excentrisch angebracht und es kann sowohl der optischen Axe der Camera als auch der Absehlinie des Fernrohres jede beliebige Neigung gegeben, also Camera und Fernrohr auch durchgeschlagen werden.

Die Trockenplatte legt sich in der Camera an einen metallenen Rahmen an, dessen Seiten durch Einschnitte in Centimeter getheilt sind. Die mittleren Marken, in den Seitentheilen entsprechend verbunden, geben den Horizont und die Hauptgerade an.

* Dr. C. Koppe, Die Photogrammetrie oder Bildmesskunst, Weimar 1889.

Bei dem photographischen Theodolite von Paganini* sind Camera und Theodolit nebeneinander in unveränderter Lage auf einem gemeinsamen, drehbaren Horizontalkreis aufgestellt und mit diesem fest verbunden. In der nicht verlängerbaren Camera ist das Objectiv (Steinheil, Antiplanet) derart eingesetzt, dass es sich in einem Rohre durch Drehung nach vor- und rückwärts bewegen lässt. Knapp vor der einzuführenden Trockenplatte sind ein Horizontal- und ein Verticalfaden eingespannt. Der Kreuzungspunkt der beiden Fäden soll den Augpunkt markieren.

Paganini hat überdies noch ein anderes Instrument construiert, an welchem die Camera das Fernrohr in der Weise vertritt, dass das photographische Objectiv an der Visierscheibe ein Ocular erhält und so auch als Fernrohr dienen kann. Diese Construction ist deshalb als ein nennenswerter Fortschritt zu bezeichnen, da er nicht nur eine wesentliche Vereinfachung bildet, sondern auch die excentrische Fernrohrlage überflüssig macht.

Eine ähnliche Einrichtung hat übrigens auch Professor Schell angewendet. Sein Ocular ist feststehend und das Objectiv centrisch über dem Drehungspunkte der Camera angebracht.

Der nach dem Systeme Pollack von der Firma Lechner angefertigte Phototheodolit (Fig. 15) kam am IX. deutschen Geographentage seitens der k. k. Generaldirection der österreichischen Staatsbahnen in Wien zur Ausstellung.

* F. Schiffner, Die Fortschritte der Photogrammetrie, «Mittheilungen aus dem Gebiete des Seewesens», 1891.

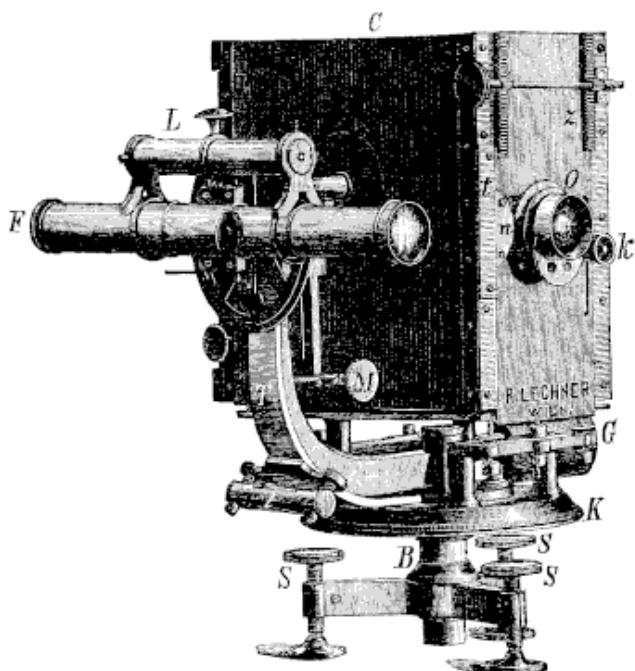


Fig. 15.

Er besteht aus einer photographischen Camera C mit konstanter Bildweite (für Plattengröße von $18 : 24 \text{ cm}$), in Verbindung mit einem Theodolit auf einem Dreifußstativ ruhend.

Die über dem Horizontalkreise K montierte Blechcamera ist mit einem Objective O , welches der Höhe nach längs einer, mit Nonien n versehenen Theilung t verschiebbar ist und dessen Brennweite 210 beträgt (ein Anastigmat, Weitwinkel $1 : 18$ von Zeiß in Jena), sowie rückwärts an der Mattscheibe zur Darstellung eines Fadenkreuzes mit vier beweglichen Fähnchenmarken, zwei verticalen und zwei horizontalen, versehen. Die letzteren werden beim Gebrauche an die lichtempfindliche Schicht der Platten angedreht und mitphotographiert. Anstatt dieser Fähnchen können auch in den Doppelcassetten genau in Centimeter getheilte und rectificierbare Markenrahmen aus Blech eingesetzt werden. Seitlich der Camera ist ein durch ein Gegengewicht G regulierbares Fernrohr F mit Aufsatzlibelle L an dem Fernrohrträger T angebracht, welches unlegbar, und dessen Fadenkreuz auch zum Distanzmessen eingerichtet ist. Damit in Verbindung steht ein Verticalkreis mit Nonius, so dass mit dem Instrumente Nivellements, Horizontalwinkel-, Verticalwinkel- und Distanzmessungen vorgenommen werden können. Die Horizontalstellung erfolgt mittelst der drei Stellschrauben S und der Kreuzlibelle Z . Die Rahmen der Mattscheibe und der Cassetten sind durch einen Einschnitt und eine einschnappende Feder nach jedesmaligem Einschieben in gleicher Stellung festgeklemmt. Das Ein- oder Ausziehen der Mattscheibe oder der Cassetten bei angelegten Marken ist zur Verhinderung der Beschädigung der letzteren durch einen an der Stellschraube der Marken befestigten Schieber unmöglich gemacht.

Die Kosten eines solchen Instrumentes für die Bildgröße $18 : 24 \text{ cm}$ samt fünf Doppelcassetten stellen sich auf rund 520 fl., für die Bildgröße $13 : 18 \text{ cm}$ auf rund 450 fl.

In nicht unwesentlicher Weise hat Oberingenieur Pollack seinen Phototheodolit durch die aus den Fig. 16 und 17 zu entnehmende Construction verbessert.

Bisher spielten nämlich bei den verschiedenen Instrumenten die Cassettenfehler eine unerfreuliche Rolle. Diesem Übelstande wurde dadurch abgeholfen, dass ein in Centimeter getheilter Metallrahmen im Innern der Camera und an diese fest, unmittelbar vor die Mattscheibe befestigt wurde. Diese letztere, bezw. der für sie

und für die Cassette bestimmte Einlagerahmen ist mit der Camera durch einen lichtdichten geschlossenen Balg verbunden und lässt sich bis zu einem gewissen Grade in verticaler Richtung bewegen.

Will man, nachdem mit der Mattscheibe eingestellt wurde, die Cassette einschieben, so legt man den Einlagerahmen sammt der Mattscheibe, soweit es die beiden Spangen erlauben, zurück, hebt die Mattscheibe heraus, setzt die Cassette in den Rahmen ein, schiebt den Cassettenzieher heraus und legt den Einlagerahmen sammt der geöffneten Cassette wieder an die Camera an. Es liegt nun die in der Cassette befindliche Trockenplatte hart an dem Metallrahmen an, und so wird jede Trockenplatte stets an diesen Rahmen angedrückt, so dass sich die lichtempfindliche Schicht immer in einer und derselben Ebene befindet.

Aus der Seitenansicht (Fig. 17) ist die Art und Weise des Zurücklegens des Einlagerahmens sammt Mattscheibe deutlich ersichtlich.

Das immerhin bedeutende Gewicht des Phototheodoliten und sein relativ hoher Ankaufspreis lassen es in vielen Fällen wünschenswert erscheinen, den Apparat und die Methode der Winkel-

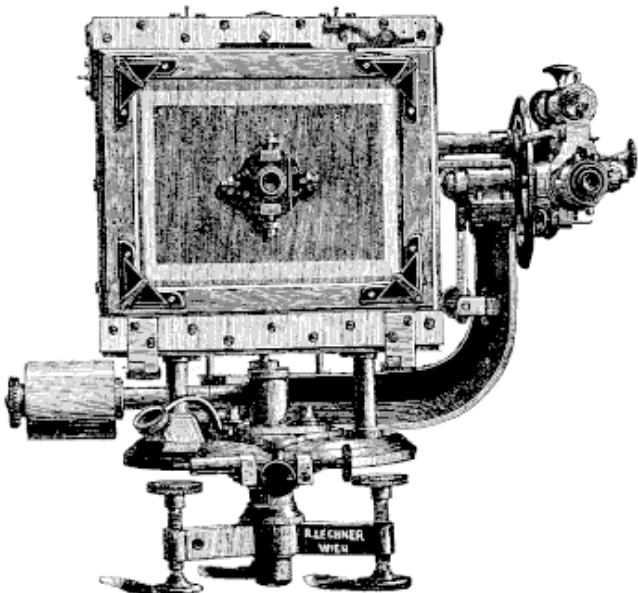


Fig. 16.

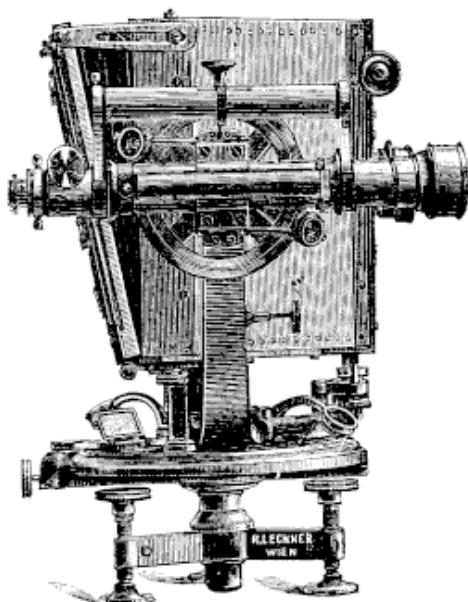


Fig. 17.

bestimmung thunlichst zu vereinfachen. Da bei der Verwertung der photographischen Aufnahmen die gemessenen Winkel graphisch auf die Zeichenfläche aufgetragen werden müssen, so lag die Idee nahe, das Messen der Winkel zu umgehen und sie durch Ziehen der Rayons auf einem Papierblatte zu fixieren. Nach diesen Gesichtspunkten wurde vom k. u. k. Hauptmann Freiherrn v. Hübl im k. u. k. militär-geographischen Institute in Wien der in Fig. 18 dargestellte, sogenannte Messtisch-Photogrammeter construiert. Der selbe besteht aus einer aus Aluminium hergestellten Camera C , deren obere Fläche ein kleines Messtischblatt M bildet, und auf welchem die für die Orientierung der Bilder nothwendigen Horizontalwinkel mittelst einer Kippregel K gezogen werden.

Die Camera gestattet das genaue Verticalstellen der Bildebene, sie besitzt Marken für die Bestimmung des Axenkreuzes und ist derart gebaut, dass die unveränderte Lage des Objectives zur Bild-ebene vollkommen gesichert ist.

Die photographische Schicht wird vor dem Exponieren mittelst Federn gegen einen mit dem Objective starr verbundenen Anlegerahmen α gedrückt, wodurch eventuelle Cassettenfehler ausgeglichen werden und bei Verwendung von Celluloidfolien die Bildung von Falten thunlichst vermieden wird.

Da bei einem leicht gebauten Instrumente das Aufziehen des Cassettschiebers ein Verschieben oder Verdrehen der Camera zur Folge haben kann, so wurde die letztere derart lichtdicht eingerichtet, dass alle vor dem Exponieren für die Stellung und Orientierung des Bildes nothwendigen Manipulationen bei geöffnetem Schieber vorgenommen werden können.

Auf der oberen Fläche des Instrumentes lässt sich der mit einer Pikiervorrichtung versehene Drehzapfen Z , um welchen die Bewegung der Kippregel erfolgt, entweder in der Mitte des Bretthens oder über dem Objective befestigen. Das Ziehen der die Horizontalwinkel bildenden Rayons erfolgt auf einem Cartonblatte, welches an den Ecken durch geeignete Vorrichtungen unverrückbar festgeklemmt werden kann. Das Cartonblatt ist in der Ausdehnung des Drehzapfens durchlocht und lässt sich nach dem Auflegen soweit unter die Pikiervorrichtung schieben, dass der Nadelstich außerhalb der Durchlochung zu liegen kommt. Diese Einrichtung gewährt den Vortheil, dass die Horizontalwinkel auch durch kurze Rayonstücke vollkommen präzisiert sind und sich bei Construction des Planes leicht und sicher übertragen lassen.

Um die Ausdehnung des Bildes ohne Anwendung der Visierscheibe beurtheilen zu können, sind an der rückwärtigen Seitenfläche des Brettchens zwei Grenzmarken g angebracht, welche mit der Ausdehnung des Anlegerahmens correspondieren. Stellt man daher die Ziehkante des Lineales an diese Marken, so zeigt das Fernrohr die am Bildrande liegenden Objecte. Zwischen diesen Marken ist ein Hebel h drehbar befestigt, welcher an seinem Ende eine Rectificierschraube

trägt, die einen Anschlag für das Lineal der Kippregel bildet. Bringt man das Lineal zum Anschlag, so erhält man einen in der Hauptverticalen des Instrumentes liegenden Rayon, der als «Mittelrayon» bezeichnet wird. Behufs Messung von Höhenwinkeln ist die Kippregel mit einem Höhenkreise versehen oder sie erhält eine Einrichtung, welche das graphische Fixieren der Verticalwinkel mittelst Nadelstichen am Cartonblatte ermöglicht.

Das Objectiv, Anastigmat von Zeiß, ist an einer in Schlittenführung

laufenden Metallplatte befestigt, mit einem durch die Kautschukbirne ρ pneumatisch auszulösenden Verschlusse versehen und lässt sich durch einen Zahntrieb t heben und senken. Ein Millimetermaßstab mit Nonius gestattet das Ablesen der jeweiligen Objectivstellung.

Mit dem Metallgerippe der Camera durch Schrauben verbunden, ragt nach rückwärts der mit Spitzmarken versehene Anlegerahmen α hervor, welcher zum Zwecke der Rectificierung eine geringe Drehung durch die Schrauben x zulässt.

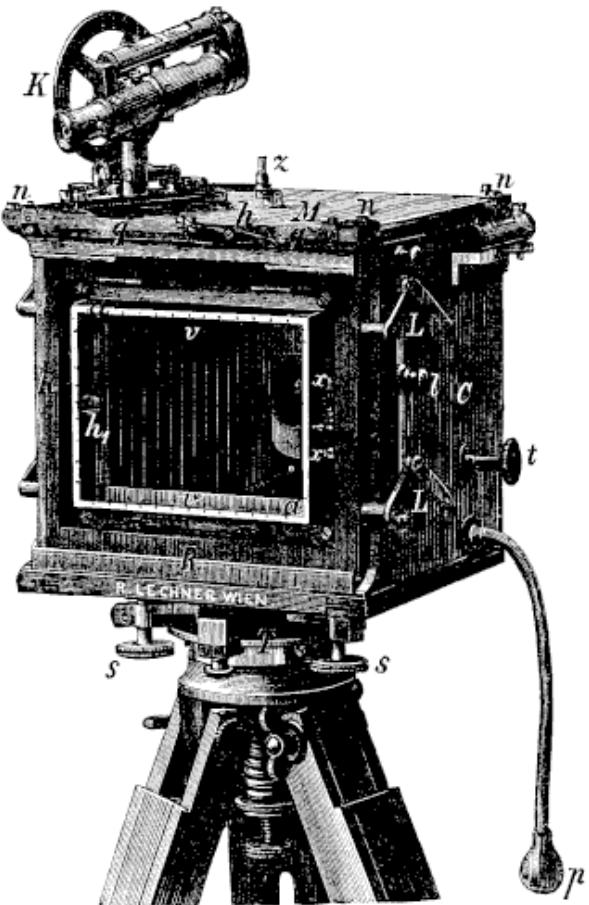


Fig. 18.

In der Höhe der Horizontalmarken sind an der Innenfläche des Rahmens zwei Metallstreifen befestigt, auf welchen sich bei der Rectification dieser Marken eine Wasserwage auflegen lässt. Correspondierend mit den Verticalmarken *vv* sind auf der Fläche des Anlegerahmens zwei Linien eingerissen, über welche ein Cocon-faden gespannt werden kann. Die Fläche des Anlegerahmens entspricht jederzeit der Bildebene. Der Schnitt dieser Ebene mit der Horizontalebene des Tischchens lässt sich mit Hilfe einer dem Instrumente beigegebenen, aus zwei Linealen bestehenden Vorrichtung auf dem Cartonblatte ziehen und erleichtert wesentlich das Orientieren der Bilder bei der Ausführung der Construction.

Der mit der Camera lichtdicht, aber lose verbundene Rahmen *R* lässt sich mittelst der Kniehebel *L* vom oder zum Anlegerahmen bewegen und dient zur Aufnahme der Cassette. Um das Anlegen der Platten nicht zu übersehen, befindet sich im Instrumente eine Vorrichtung, die das Exponieren bei nicht anliegender Platte unmöglich macht.

Rectification und Gebrauch des Instrumentes unterliegen keiner Schwierigkeit. Diesbezüglich findet sich Ausführliches in Lechners «Mittheilungen aus dem Gebiete der Literatur und Kunst, der Photographie und Kartographie» vom 10. Juni 1892.

Der Preis eines solchen Instrumentes stellt sich sammt Zubehör auf 400 fl. Beigegeben sind: 1 Wasserwage, 1 Lineal zum Ziehen der Bildtrace, 1 Lineal zum Rectificieren der Horizontalmarken, 1 rechter Winkel zum Verticalstellen des Anlegerahmens, 1 Boussole, 1 aplanatische Lupe, 1 Kippregel mit 2 Linealen, durchschlagbarem Fernrohre, Mikrometerbewegung und Verticalkreis, 50 Stück gelochte Cartonblätter in einer Mappe.

Der Cylindrograph von Moëssard, auf dessen Beschreibung noch in Kürze eingegangen werden möge und der vorerst zum Zwecke von Panoramenaufnahmen verwendet werden sollte, kann nach einigen Ergänzungen auch als photographischer Messapparat dienen.*

Er besteht aus zwei Halbkreisen, dem Boden und der Decke des Apparates, welche vorne durch einen rechteckigen, das Objectiv tragenden Rahmen verbunden sind. Der Halbeylinder zwischen

* Le cylindrographe, appareil panoramique. Par R. Moëssard, Commandant du génie breveté, attaché au service géographique de l'Armée. II. Part. Le cylindrographe topographique. Paris 1889.

den zwei Halbkreisen wird durch die lichtempfindliche Schichte der biegsamen photographischen Platten (Häute, Films) gebildet.

Zwischen den Enden der beiden Halbkreise, die eine durch Zahnschnitte markierte Kreistheilung tragen, ist weiters beiderseits je eine verticale Schiene mit Zahnttheilung angebracht, welch letztere sich, sowie die Theilung der Halbkreise, bei der Aufnahme mit abbilden. An den beiden verticalen Schienen ist auch je ein längerer Zahn derart befestigt, dass die Verbindungsline dieser beiden letzteren Zähne den Horizont des Apparates fixieren soll.

Auf diese Weise ist die Lage eines jeden Punktes in der Photographie durch die sich abgebildeten, ihrem Werte nach bekannten Theilungen bestimmbar. Näheres über Behandlung, Rectification etc. dieses Apparates ist aus dem in der Fußnote, pag. 128, citerierten Werke Moëssards zu entnehmen.

Nach der vorstehenden und im Sinne des angestrebten Zweckes nur oberflächlich gehaltenen Skizze der photogrammetrischen Einrichtungen möge es gestattet sein, auf die Rectification dieser Einrichtungen überzugehen. Hiebei kann als Object der in Fig. 14 abgebildete Boussolen-Photogrammeter dienen; aus der Analogie wird sich leicht auf die Rectification ähnlicher Instrumente schließen lassen.

In erster Linie handelt es sich um die Bestimmung der Constanten des Instrumentes, als welche die Bildweite und das photogrammetrische Axenkreuz bezeichnet wurden. Hinsichtlich der Ermittelung der Bildweite wurde bereits an geeigneter Stelle das Nöthige bemerkt.

Zum Zwecke der Bestimmung des Axenkreuzes und gleichzeitig Rectification des Instrumentes könnte in der folgenden Weise vorgegangen werden:

Ein zur Verfügung stehendes Nivellier-Instrument wird mit dem Photogrammeter, dessen Objectiv vorher auf 0 eingestellt wurde und dessen Bildebene gleichzeitig vertical steht, derart in gleiche Höhe gebracht, dass die optischen Axen beider horizontal gestellten Instrumente annähernd in eine horizontale Ebene zu liegen kommen, dass also der Horizontalfaden des Nivellier-Instrumentes vorerst genau mit dem Nullpunkte der Objectivscala des Photogrammeters coincidiert. In dieser Stellung müssen der Mittelpunkt des Fadenkreuzes im Fernrohre des Nivellier-Instrumentes

mit dem optischen Mittelpunkte des photographischen Objectives in eine horizontale Gerade gebracht werden können, welche Gerade gleichzeitig die optische Axe beider Instrumente bildet, und auf welche auch die Bildhorizontale senkrecht stehen muss.

Damit dies möglich werde, muss in erster Linie der optische Mittelpunkt des Objectives auch tatsächlich mit dem Nullpunkte der Objectivscala in einer horizontalen Ebene liegen. Bei kleinster Blendenöffnung lässt sich dies durch Anvisieren des Objectives mit dem Fernrohre hinreichend genau beurtheilen. Im Falle des Nichtzutreffens kann man dieser Bedingung innerhalb einer gewissen Grenze, ohne Beihilfe des Mechanikers, durch Verschieben der Objectivscala leicht gerecht werden. Die lothrechte Stellung der Bildebene, dann die senkrechte Stellung der Bildhorizontalen zur gedachten gemeinsamen optischen Axe beider Instrumente können mit Hilfe einer sehr licht und deutlich getheilten Latte leicht geprüft werden.

Wird diese Latte in die Verlängerung der vermeintlichen gemeinsamen optischen Axe des Nivellier-Instrumentes und des Photogrammeters, und zwar auf die dem Objective des letzteren entgegengesetzte Seite gestellt, so dass sich also das Nivellier-Instrument zwischen dem Photogrammeter und der lothrecht stehenden Latte befindet, so wird sich die letztere auf der Mattscheibe deutlich abbilden. Es müssen nun nicht nur die Ablesungen bei Anvisierung der Latte und ihres Bildes die gleichen sein, es muss auch das Bild genau in jene lothrechte Ebene fallen, welche durch die gemeinsame optische Axe der beiden Instrumente gelegt gedacht wird. Wäre das erstere nicht der Fall, so stünde die Bildebene nicht lothrecht; trüfe das letztere nicht zu, so wäre die Bildhorizontale nicht senkrecht zur vermeintlichen optischen Axe, das heißt die beiden optischen Axen würden nicht in einer und derselben horizontalen Geraden liegen.

Der ersten Bedingung müsste unbedingt, und zwar am besten durch den Mechaniker Rechnung getragen werden. Die zweite Bedingung ist, wie aus dem Folgenden zu entnehmen, nicht unerlässlich, doch muss dann die optische Axe des Photogrammeters für sich allein fixiert werden.

Es handelt sich zunächst weiters darum, die vier Fähnchen, die das photogrammetrische Axenkreuz markieren sollen, in die entsprechenden Lagen zu bringen.

Die beiden Horizontalfähnchen müssen im photogrammetrischen Horizonte, die beiden Verticalfähnchen in der Hauptgeraden liegen. Das Zutreffen dieser Bedingung kann wieder mit Hilfe des Fadenkreuzes des Nivellier-Instrumentes geprüft, bezw. es können die corrigierbaren Fähnchen in die gewünschte Lage gebracht werden. Übrigens ist diese richtige Fähnchenlage nicht unerlässlich; denn es kann im Falle eines fixen Fähnchenrahmens, wie bei älteren Instrumenten der Fall, der Abstand des wahren Axenkreuzes von den vier fixen Fähnchen ein- für allemal ermittelt werden.

Bei jener Stellung der beiden Instrumente, bei welcher das Zusammenfallen der beiden optischen Axen eintrifft, müssen die Horizontalfähnchen mit dem Horizontal-, die Verticalfähnchen mit dem Verticalfaden des Nivellier-Instrumentes zusammenfallen. Im Falle des Nichtzutreffens können sie ohneweiters durch Correctur in die richtige Lage gebracht werden. Könnte infolge der Stellung der Bildebene von einer gemeinsamen Axe nicht die Rede sein, so können die Verticalfähnchen, sollen sie die Hauptgerade markieren, nach dem Verticalfaden des Fernrohres nicht corrigiert werden.

Die Bestimmung der Hauptgeraden und gleichzeitig mit ihr die Bestimmung des Horizontes und auch der Bildweite könnte dann in der folgenden einfachen Weise vorgenommen werden.

Von dem Standpunkte O aus (Fig. 19) werden eine Gerade $OM = d$ und auf ihr senkrecht nach B und C hin die zwei gleichen Geraden $MB = MC = c$ auf dem Felde ausgesteckt und signalisiert. Wird der photogrammetrische Apparat in O aufgestellt und wird mit der Hauptgeraden der Mattscheibe auf den Punkt M visiert, sodann die Situation photographisch aufgenommen, so müssen

in der Photographie die Bilder E und F der Punkte B und C die gleichen auf den Augpunkt, bezw. auf den Grundriss A des selben, bezogenen Ordinaten haben, d. h. es müssen in Fig. 19 auf der Geraden EF , welche die dem Positive entsprechende Bildgerade darstellt und welche auf OM senkrecht steht, die Abschnitte AE und AF einander gleich sein.

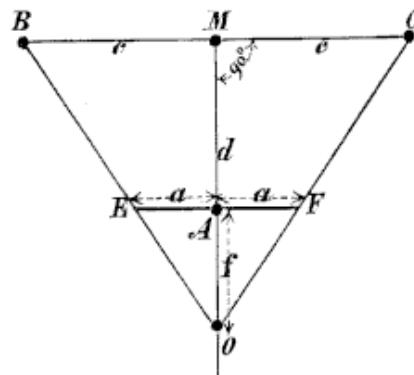


Fig. 19.

Wäre diese Bedingung nicht erfüllt, so würde die Hauptgerade der Mattscheibe nicht der tatsächlichen Hauptgeraden des Instrumentes entsprechen können.



Fig. 20.

Nimmt man beispielsweise an, es sei in Fig. 20 die vom Objective aus betrachtete Mattscheibe dargestellt und es seien auf derselben in A_1 der falsche und in A der richtige Augpunkt bezeichnet.

Wird unter dieser Voraussetzung der gewisse signalisierte Punkt M in Fig. 21 mit der falschen durch A_1 gehenden Hauptgeraden anvisiert, so wird jetzt die dem Negative entsprechende Bildgerade N nicht mehr senkrecht auf OM stehen, sondern in der in Fig. 21 angegebenen Weise gegen dieselbe geneigt erscheinen. Die Abstände A_1E und A_1F werden nicht mehr einander gleich sein. Die wahre optische Axe des Instrumentes wird durch den wahren Augpunkt A gehen und senkrecht auf der Bildgeraden E_1F_1 stehen. Für das Positiv gilt das gleiche Verhältnis, nur hat man die Bildgerade P , analog wie in Fig. 19, in der Entfernung der Bildweite f , vor das Objectiv gelegt zu denken.

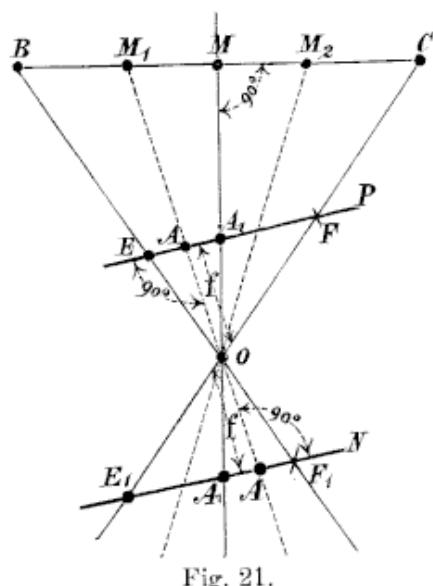


Fig. 21.

Haben also die Bilder der signalisierten Punkte B und C ungleiche Ordinaten A_1E und A_1F , bzw. A_1E_1 und A_1F_1 , so

ist der Beweis dafür erbracht, dass die Hauptgerade der Mattscheibe nicht der wirklichen Hauptgeraden des Instrumentes entspricht. In diesem letzteren Falle kann man aber die wahre Hauptgerade, bzw. die Entfernung AA (Fig. 21), wie folgt ermitteln.

Aus den bekannten, der Photographie zu entnehmenden Stücken $A_1E = a$, $A_1F = b$, dann mit Hilfe der gemessenen Längen $OM = d$ und $MB = c$ (Fig. 21) lässt sich das Stück $MM_1 = \varrho$ ohneweiters rechnerisch ermitteln.

Man findet nach kurzer Ableitung

$$\varrho = \frac{b - a}{b + a} \cdot \frac{d^2}{c}$$

Wird der $\angle AOD_1$ mit w bezeichnet, so ergibt sich aus der Figur die

$$\operatorname{tag} w = \frac{q}{d}$$

und daher

$$AA_1 = f \cdot \operatorname{tag} w = f \cdot \frac{q}{d} \quad \text{oder} \quad = f \cdot \frac{b-a}{b+a} \cdot \frac{d}{c}$$

Wie aus Fig. 21 zu ersehen, wäre das Stück AA_1 auf dem photographischen Bilde vom falschen Augpunkte A_1 aus immer auf jene Seite aufzutragen, auf welcher der kürzere Abschnitt A_1E , bzw. A_1F_1 gelegen ist.

Um der analytischen Ermittelung des wahren Augpunktes wenigstens theilweise auszuweichen, könnte man in folgender Weise vorgehen. Man trägt sich das berechnete Stück q auf der Geraden MB (Fig. 21) von M aus nach M_1 auf und signalisiert den Punkt M_1 . Mit der falschen Hauptgeraden wird nun auf M eingestellt und die Situation photographiert. Auf diese Weise erhält man in dem Bilde von M_1 , d. i. im Grundriss für das Positiv P und für das Negativ N der Punkt A , einen Punkt, durch welchen die wahre Hauptgerade gehen muss.

Trägt man aber das Stück q gegen M_2 hin auf und signalisiert den Punkt M_2 , so ließe sich auch wie folgt vorgehen: Man wendet die Camera so lange, bis die falsche Hauptgerade den Punkt M_2 trifft und photographiert nun die Situation. In dieser Stellung des Instrumentes erhält man im Bilde von M einen Punkt, durch welchen die wahre Hauptgerade gehen muss.

Man könnte nun nach dem gefundenen Resultate die die Hauptgerade markierenden Fähnchen (Marken) des Instrumentes corrigieren, oder aber man würde ein- für allemal wissen, wie weit diese Fähnchen von der wahren Hauptgeraden abstehen, und wäre so stets im Stande, diese letztere selbst auf jedem Bilde zu ermitteln.

Werden die Fähnchen des Instrumentes corrigiert, so ist auch darauf zu sehen, dass die Hauptgerade der Mattscheibe genau mit den Fähnchen übereinstimme.

Durch Einschieben der Mattscheibe und Anpressen der Fähnchen an dieselbe kann das Zutreffen dieser Bedingung geprüft und können etwaige Berichtigungen innerhalb einer gewissen Grenze durch Bewegen der Scheibe in ihrem Rahmen vorgenommen werden.

Mit der vorbeschriebenen Prüfung und Rectification des Instrumentes lässt sich gleichzeitig die Horizont- und Bildweiten-ermittelung verbinden. Werden nämlich in den Punkten B und C (Fig. 19 und 21) Nivellierlatten mit Scheiben aufgestellt und die letzteren mit Hilfe eines Nivellier-Instrumentes mit dem Photogrammeter in gleiche Höhe gebracht, so gibt die Verbindungsline der beiden photographierten Scheiben den Horizont des Instrumentes an.

In dem in Fig. 19 dargestellten Falle lässt sich die Bildweite f ohneweiters ausdrücken durch

$$f = \frac{a \cdot d}{c}$$

In dem in Fig. 21 dargestellten Falle aber ließe sich die Bildweite, allerdings etwas umständlicher, aus der folgenden Formel berechnen:

$$f = \frac{2 \cdot a \cdot b \cdot (a + b)c \cdot d}{c^2(a + b)^2 + (b - a)^2d^2}$$

Außer den bekannten Werten c und d bedeuten auch hier a und b die Stücke A_1E , bezw. A_1F (Fig. 21), pag. 132.

Nach diesen kurzen Erörterungen über die Rectification photogrammetrischer Instrumente möge es gestattet sein, auch auf den allgemeinen Vorgang bei photogrammetrischen Aufnahmen überzugehen.

Vorausgesieckt muss werden, dass es sich für den vorliegenden Zweck nur um Terrainaufnahmen handeln kann, daher die Art der Aufnahme von Bauwerken nicht berücksichtigt werden soll.

Von einer bestimmten, nicht zu kurzen Standlinie ausgehend, verfährt man wie bei Triangulierungen. Im Wesen der ganzen Methode ist es gelegen, dass man von Höhenpunkten aus die besten Resultate erhält. Von der in der Ebene bestimmten Basis wird man womöglich einige auf Höhen errichtete Signale bestimmen, über denen späterhin das Instrument aufgestellt werden soll. Überall, wo man eine Aufnahme gemacht hat, muss man den Standpunkt sorgfältig einlothen und ein Signal aufstellen.

Sind hochgelegene Standpunkte nicht gegeben, so ist die Sache allerdings schwieriger. In solchen Fällen benütze man größere Bodenerhebungen oder richte, wenn nötig, selbst Gerüste auf.

Im Walde stellen sich dem Verfahren größere Hindernisse entgegen. Hier wird das Signalisieren mit gut sichtbaren und von einander deutlich unterscheidbaren Scheiben zur Nothwendigkeit.

Auf den Endpunkten der einzelnen Standlinien ist das Verfahren beispielsweise mit dem in Fig. 14 dargestellten Instrumente (Photogrammeter) das folgende:

- 1.) Centrieren des Instrumentes mit dem optischen Mittelpunkte des Objectives über dem Standpunkte. Hierbei ist zu bemerken, dass infolge der Bewegung mit der Camera allerdings während der Beobachtung eine Excentricität des Instrumentes eintritt, dieselbe ist jedoch, weil minimal, nicht ausschlaggebend. Der optische Mittelpunkt des Objectives ist durch die Objectivblende markiert.
- 2.) Einstellung des Objectives auf Null und Horizontalstellung des Instrumentes; Notierung der Instrumentenhöhe.
- 3.) Einstellung der Hauptgeraden der Mattscheibe auf den zweiten signalisierten Standpunkt und Notierung der Limbusablesung.
- 4.) Beurtheilung des gewünschten Bildes mit Hilfe der Mattscheibe, eventuell Verschieben des Objectives nach auf- oder abwärts und Notierung der Ablesung an der Objectivschaale.
- 5.) Einstellung der Hauptgeraden der Mattscheibe auf einen markanten Terrainpunkt innerhalb des gewünschten Gesichtsfeldes, Festklemmen der Alhidade und Notierung der Ablesung am Limbus, des sogenannten Bildwinkels.
- 6.) Vorsichtiges Einschieben der Cassetten und photographische Aufnahme des Objectes bei unverrücktem Instrumente.
- 7.) Ausziehen der Cassetten, Einschieben der Mattscheibe und Controle, ob die Hauptgerade bei gleichem Bildwinkel noch den anvisierten markanten Terrainpunkt trifft, ob sich also das Instrument noch in gleicher Stellung wie vor dem Photographieren befindet oder nicht.
- 8.) Messen mehrerer Winkel behufs Bestimmung der Bildweite und Controle durch Schlusseinstellung auf den Bildwinkel oder auf den zweiten Standpunkt.
- 9.) Wiederholung des Verfahrens am zweiten Standpunkte.

Mit dem in Rede stehenden Photogrammeter (Fig. 14) wurde im Jahre 1891, im Gebiete der Wsetiner Bečwa in Mähren, durch den Verfasser die Aufnahme einer Runse ausgeführt.

Vor der Aufnahme wurde das Instrument in beschriebener Weise rectifiziert und die Bildweite auf graphischem und analytischem Wege ermittelt. Für dieselbe ergab sich ein Mittelwert von $186\cdot0\text{ mm}$, und betrugen die größten Abweichungen von diesem Mittel $+$, bzw. $-0\cdot3\text{ mm}$.

Dieses Resultat schien für den vorliegenden Fall vollkommen ausreichend.

Der Aufnahme selbst gieng die Bezeichnung einiger Punkte am Runsenrande und in der Runsensohle mit Signalen zu dem Zwecke voraus, um etwa sich nach Durchführung der Construction ergebende Differenzen nicht der Unsicherheit in Beurtheilung der Zusammengehörigkeit von Punkten auf den einzelnen Photographien zuschreiben zu können. Es handelte sich ja nicht allein um die Erprobung der Anwendbarkeit der Methode überhaupt, sondern auch um Ermittelung des Genauigkeitsgrades im Vergleiche mit der tachymetrischen Aufnahme. Als Standlinie wurde auf der gegenüber liegenden Lehne eine Gerade, $46\cdot7\text{ m}$ lang, ausgesteckt und von ihren Endpunkten, deren Höhendifferenz durch Nivellement mit $7\cdot78\text{ m}$ ermittelt wurde, die Runse in drei Lagen und einer Luftlinienentfernung von 90 m photographisch aufgenommen. Gleichzeitig wurden mehrere Winkel behufs Ermittelung der Bildweite für jede Cassette gemessen. Die ganze, außerordentlich bequeme Arbeit erforderte, incl. des sonst nicht nöthigen Signalisierens, kaum zwei Stunden. Behufs Controle wurde das ganze Object nachträglich tachymetrisch aufgenommen.

Die auf vorbeschriebene Weise aus der Winkelmessung graphisch und analytisch bestimmte Bildweite betrug im Mittel $186\cdot2\text{ mm}$, wich somit von jener, anlässlich der Constantenbestimmung ermittelten, um $0\cdot2\text{ mm}$ im Mittel ab. In dieser Differenz sind jedoch die Cassettenfehler schon mit inbegriffen.

Die Aufnahmsresultate wurden im Maßstabe $1:500$ zu Papier gebracht, die signalisierten Punkte photogrammetrisch und tachymetrisch festgelegt. Die Resultate beider Aufnahmen, Situationsdarstellung und Nivellement, waren vollkommen zufriedenstellend; der Versuch konnte als gelungen bezeichnet werden.

Die unter gewissen Bedingungen mögliche, constructive Auffindung der correspondierenden Punkte auf der zweiten Photographie, mit Hilfe der sogenannten trilinearen Verwandtschaft, wurde in Anwendung gebracht, gelang aber nicht und müssen

die diesbezüglichen Versuche noch fortgesetzt werden. Gewiss ist es, dass die Genauigkeit bei Anwendung dieser Methode schon außerordentlich unter sehr kleinen Differenzen in der Bildweitenbestimmung und in der Stellung der Bildebene leidet, und dass es daher hier in jeder Beziehung ganz besonderer Präcision bedarf.

Der Mangel des Fernrohres hat sich bei der in Rede stehenden Aufnahme nicht fühlbar gemacht. Die Einstellung auf die einzelnen Signale konnte mit Hilfe der Mattscheibe Hauptgeraden mit hinlänglicher Schärfe ausgeführt werden. Bei mehrmaligem Einstellen und Ablesen betragen die Winkeldifferenzen kaum eine Minute, also das Minimum der hier möglichen Ablesung überhaupt.

Eine zweite, größere Aufnahme im Dienste der Wildbachverbauung wurde im Jahre 1892 durch den k. k. Forstinspections-Adjuncten und Bauleiter Georg Strele durchgeführt. Es ist dies die Aufnahme des großen Terrainbruches von Sette fontane, im Rivo Brusago, in Südtirol. Das ganze aufgenommene Gebiet umfasste eine Fläche von circa 112 ha. Das auf Grund der Aufnahme ausgearbeitete Verbauungsproject soll in der im laufenden Jahre in Innsbruck stattfindenden Landesausstellung aufgelegt werden.

Im Dienste der Forstverwaltung wurde das neue Messverfahren zuerst durch den k. k. Forst- und Domänenverwalter Rudolf Kobsa einer Probe unterzogen.*

Es wird für die Fachgenossen gewiss von Interesse sein, der Resultate, die Kobsa erzielt, und seiner Anschauungen, die er auf Grund dieser Resultate ausgesprochen hat, hier kurz zu gedenken.

Die photogrammetrischen Versuchsaufnahmen wurden von Kobsa im Jahre 1891 in den Staatsforsten des Zillerthales und in der Hinterriss in Tirol ausgeführt.

«Die Thäler der Hinterriss beherbergen,» wie der Autor sagt, «eine bedeutende Anzahl von äußerst dankbaren Objecten für eine photogrammetrische Behandlung, da die Abgrenzung zwischen dem Walde und dem öden Gestein eine markante und plötzliche ist, wie dies überhaupt mehr in den Kalkalpen als in

* Die Photogrammetrie oder Bildmesskunst und speciell deren Verwendung im Dienste des Forst-Betriebseinrichters. Vortrag, gehalten am 18. März 1892 im Club der Land- und Forstwirte in Wien vom k. k. Forst- und Domänenverwalter Rudolf Kobsa. Österr. Vierteljahresschrift für Forstwesen. Jahrg. 1892, 2. Heft.

den Gegenden der Centralalpen, wo der Wald langsam mit der zunehmenden Höhe schwindet, vorkommt.»

Nach Anschauung Kobsa's wird die Photogrammetrie im Dienste der Betriebseinrichtung nur für Detailaufnahmen in Aussicht genommen werden können. Dies namentlich in erster Linie in Gebirgsgegenden, wo eine mindere Genauigkeit bei der Vermessung zulässig ist und die Bedingungen für die photogrammetrische Aufnahme vorhanden sind.

Geeignete Objecte werden sein:

- 1.) Solche Vegetationsgrenzen, deren genaue geodätische Aufnahme von keinem Belange ist und deren anderweitige Vermessung mit großen Schwierigkeiten verbunden wäre;
- 2.) Bestandeshorste, die auf schwer oder unzugänglichen Felspartien stocken und die der Vollständigkeit halber in das Kartenwerk aufgenommen werden sollen;
- 3.) Lawinen und Schutthalden;
- 4.) alte Blößen, die sich markant von ihrer Umgebung, d. i. von Wänden oder Bestandesrändern, abheben;
- 5.) Felswände, die den Bestandesschluss unterbrechen, u. dgl. m.

Ausscheidungen von Beständen untereinander sind äußerst schwer durchführbar, da einzelne, oft sehr ausgedehnte Partien durch die vorgelagerten höheren Bestände gedeckt werden, daher das Auffinden von zusammengehörigen Punkten zum Theile unmöglich wird, zum Theile auf Schwierigkeiten stößt, welche dann die Hausarbeit ungemein zeitraubend und unsicher machen.

Für forstliche Aufnahmszwecke wird eine Aufnahms-Entfernung von 1000 *m* als äußerste Grenze betrachtet werden müssen; denn über diese hinaus könnte das nötige Detail ohne Signallierung mit Sicherheit dem Bilde nicht mehr entnommen werden.

Nach Anschauung Kobsa's wird sich die Photogrammetrie im forstlichen Haushalte besonders für Tracenstudien und Straßen- oder Weg-Vorprojekte in schwer gangbaren Gebirgslagen eignen.

Die umfangreichsten photogrammetrischen Aufnahmen wurden in Österreich bisher von dem k. k. Oberingenieur Vincenz Pollack ausgeführt. Er ist es, der die Vervollkommenung der neuen Vermessungsmethode auf das eifrigste anstrebt und keine Mühe scheut, die verschiedenartigsten Aufgaben zu lösen. Insbesondere wurden von ihm zahlreiche Aufnahmen anlässlich der Studien zur Sanierung der Lawinenverhältnisse am Arlberge ausgeführt. Die

diesbezüglichen Resultate sind in den verschiedenen Publicationen Pollacks niedergelegt, und würde es zu weit führen, auf dieselben hier näher einzugehen.

Die vorstehende Abhandlung über das Wesen der Photogrammetrie und über die praktische Anwendung derselben ist selbstverständlich nach keiner Richtung hin als eine erschöpfende, sondern vielmehr nur als ein Leitfaden für den Gebrauch der Fachgenossen anzusehen. Zahlreiche interessante Beziehungen und zu lösende Aufgaben, ja ganze Capitel der neuen Vermessungstheorie, so beispielsweise die Aufnahmen mit schiefer oder mit gekrümmter Bildebene konnten gar nicht in Erwägung gezogen werden; die entwickelte und zum Gegenstande gehörige Theorie der photographischen Objective blieb gleichfalls unberührt.

Trotzdem glaubt aber der Verfasser, durch die vorstehenden Darlegungen den wichtigsten Bedürfnissen gerecht geworden zu sein und möchte noch durch das angeschlossene Literaturverzeichnis den Weg andeuten, auf welchem ein genaueres Informieren im Gegenstande möglich wäre.

Hiemit sei das neue Vermessungsverfahren den Fachgenossen auf das beste empfohlen. Darf man demselben auch nicht zu optimistisch entgegentreten, so wird es doch sicherlich im forstlichen Haushalte in gewissen Fällen vortheilhaft anzuwenden sein. Jedenfalls ist es vollkommen gerechtfertigt, die begonnenen Versuche fortzusetzen und einen Gegenstand weiter zu verfolgen, dessen Theorie einerseits das höchste Interesse erwecken muss und der anderseits in vielen praktischen Fällen von Nutzen sein kann.

L iter a t u r.

(Die Durchsicht der mit * bezeichneten Publicationen ist für den vorliegenden Zweck besonders empfehlenswert.)

- G. Le Bon, «Les levers photographiques et la photographie en voyage», Paris 1889, Gauthier-Villars.
Dörgens, «Über einen einfachen photogrammetrischen Apparat», Photogr. Mittheilungen, 1885.
— «Zur Prüfung und Berichtigung des photogrammetrischen Apparates», Photogr. Mittheilungen, 1886.
— «Ermittelung der Constanten des photogrammetrischen Apparates», Photogr. Mittheilungen, 1886.
C. Fabre, «Traité encyclopédique de photographie», Paris 1890, Gauthier-Villars.

- * Dr. Finsterwalder, «Die Photogrammetrie in den italienischen Hochalpen», München 1890.
— «Die Terrainaufnahmen mittelst Photogrammetrie», München 1891.
- A. Girard, «Laussedats Arbeiten in Bezug auf die Anwendung der Photographie zur Aufnahme von Plänen», Photographisches Archiv, p. 316, 1865.
- Fr. Hafferl, «Vortrag über Photogrammetrie», Photogr. Correspondenz, p. 95, 1889.
- G. Hanek, «Nene Construction der Perspective und Photogrammetrie», Journal für reine und angewandte Mathematik, Bd. 95, 1883.
- «Theorie der trilinearen Verwandtschaft ebener Systeme», Journal für reine und angewandte Mathematik, Berlin, 95., 97. und 98. Bd.
- «Mein perspectivischer Apparat», Festschrift der k. techn. Hochschule in Berlin, 1884.
- M. Javary, «Mémoire sur l'application de la Photographie aux arts militaires». Mémorial de l'officier du génie, 1874.
- A. Jouart, «Applications de la Photographie aux levés militaires». Paris 1866.
- Jordan, «Verwertung der Photographie zu geometrischen Aufnahmen», Zeitschrift für Vermessungskunde, 1876.
- * R. Kobsa, «Die Photogrammetrie oder Bildmesskunst und speciell deren Verwendung im Dienste des Forstbetriebseinrichters», Vortrag, Österreichische Vierteljahrsschrift für Forstwesen, II. Heft, Jahrg. 1892.
- * C. Koppe, «Die Photogrammetrie oder Bildmesskunst», Weimar 1889.
- M. Laussedat, «Mémoire sur l'emploi de la Chambre claire dans les reconnaissances topographiques». Mémorial de l'officier du génie, Nr. 16, 1854.
— Comptes rendus, 1860.
— «Mémoire sur l'application de la photographie au lever des plans». Mémorial de l'officier du génie, No. 17, 1864.
- Lechners Mittheilungen aus dem Gebiete der Literatur und Kunst etc. Jahrgänge 1890 bis 1893.
- V. Legros, «Sommaire de Photogrammétrie», Paris 1891.
— «Éléments de Photogrammétrie», Paris 1892.
- C. Marselli, «La fotopografia applicata alla costruzione delle carte alpine», Torino 1891.
- M. Meydenbauer, «Photographische Mittheilungen», 1865.
— «Über die Anwendung der Photographie zu Architektur- und Terrainaufnahmen», Zeitschrift für Bauwesen, 1867.
— «Über die Behandlung großer Platten auf Reisen», Photogr. Wochenblatt, 1888.
— «Das photographische Aufnehmen zu wissenschaftlichen Zwecken, insbesondere das Messbild-Verfahren», I. Bd., Berlin 1892.
- L. Mikiewicz, «Anwendung der Photographie zu militärischen Zwecken», Mittheilungen über Gegenstände des Artillerie- und Geniewesens, 1876.
- P. Moëssard, «Le cylindrograph, appareil panoramique», Paris 1889.
- L. P. Paganini, «La fotopografia in Italia», Rivista marittima Guigno-Luglio-Agosto, 1889.
- Pietsch, «Die Photogrammetrie», Verhandlungen des Vereines zur Beförderung des Gewerbeleßes, 1886.
- G. Pizzighelli, «Handbuch der Photographie», III. Bd., Halle a. S. 1892.

- V. Pollack, «Die Photogrammetrie und Phototopographie am IX. Geographentage in Wien», Wochenschrift des österr. Ingenieur- und Architektenvereines, 1891.
- «Über photographische Messkunst etc.», Mittheilungen der k. k. geographischen Gesellschaft in Wien, 1891.
- *— «Die photographische Terrainaufnahme», Centralblatt für Forstwesen, 1891.
- «Über Photogrammetrie und deren Entwicklung», Organ des wissenschaftlichen Clubs in Wien, 1891.
- Pujo und Fourcade, «Les Mondes», 1865.
- Richard, «Aufnahme des Terrains und Zeichnen der Pläne mit Hilfe der Photogrammetrie», Handbuch der Ingenieurwissenschaften, 1887.
- Fr. Schiffner, «Über Photogrammetrie und ihre Anwendung bei Terrainaufnahmen», Mittheilungen aus dem Gebiete des Seewesens, 1887/88.
- «Die photogrammetrischen Aufnahmen mit gewöhnlichen Apparaten», Photographiche Correspondenz, 1889.
- «Die Fortschritte der Photogrammetrie», Mittheilungen aus dem Gebiete des Seewesens, 1889.
- «Photogrammetrische Studien», Photographiche Correspondenz, 1890.
- «Die Fortschritte der photographischen Messkunst im Jahre 1889», Photographiche Rundschau, 1890.
- «Über die photogrammetrische Aufnahme einer Küste im Vorbeifahren», Mittheilungen aus dem Gebiete des Seewesens, 1891.
- «Die Fortschritte in der Photogrammetrie», Dr. Eders Jahrbuch für Photographie, 1891.
- *— «Die photographische Messkunst», Halle a. S. 1892.
- Dr. S. Th. Stein, «Das Licht im Dienste wissenschaftlicher Forschung», 1885.
- *F. Steiner, «Die Photographie im Dienste des Ingenieurs», I. Lief., Wien 1891.
- F. Stolze, «Über die praktische Ausführung photogrammetrischer Aufnahmen», Photogr. Wochenschrift, 1871.
- «Aufnahme der Freitags-Moschee in Schiraz», Photogr. Wochenschrift, 1884.
- «Die Photogrammetrie in Halberstadt», Photogr. Wochenschrift, 1882.
- «Die Photogrammetrie», in Dr. Steins «Das Licht im Dienste wissenschaftlicher Forschung», 1885.
- «Der photographische Theodolit und sein Gebrauch zur Aufnahme von Bauwerken und Specialkarten», Photogr. Wochenschrift, 1891.
- C. Tronquoy, «Bemerkungen über die „Planchette photographique“ von A. Chevallier.» Photogr. Correspondenz, 1867.
- Dr. H. W. Vogel, «Ein einfacher photogrammetrischer Apparat», Photogr. Mittheilungen, 22. Jahrg.
- F. Wang, «Die Anwendung der Photogrammetrie im forstlichen Haushalte», Österr. Forstzeitung Nr. 19, 20 und 21 vom Jahre 1892.
- «Die photogrammetrischen Instrumente», Österr. Forstzeitung Nr. 1, 2 und 3 vom Jahre 1893.