

Auteur ou collectivité : Doležal, Eduard

Auteur : Doležal, Eduard (1862-1955)

Titre : Paganini's photogrammetrische Instrumente und Apparate für die Rekonstruktion  
photogrammetrischer Aufnahmen

Adresse : Berlin : Administration der Fachzeitschrift "Der Mechaniker", [1899 ?]

Collation : 1 vol. (16 p.) : ill. ; 29 cm

Cote : CNAM-BIB 4 Tu 54 (P.4)

Sujet(s) : Photogrammétrie -- Instruments

Note : Relié dans un recueil factice intitulé "Métrophotographie" ayant probablement appartenu à Aimé Laussedat, la table des pièces étant écrite de sa main, et utilisé comme outil de travail pour ses publications.

Langue : Français

Date de mise en ligne : 03/10/2014

Date de génération du document : 16/4/2018

Permalien : <http://cnum.cnam.fr/redir?4TU54.P4>

# Paganini's photogrammetrische Instrumente und Apparate für die Rekonstruktion photogrammetrischer Aufnahmen.

Von

Professor E. Dolezal, Wien.

Wie in Frankreich, so wurde auch in Italien die Photogrammetrie zuerst für Zwecke der Terrainaufnahme erprobt. Der bekannte Geodät Professor Porro in Mailand war es, welcher mit klarem Auge die Wichtigkeit der Photographie für die praktische Messkunst erkannte und bereits 1855 sich mit der Anwendung der Photographie für Messungszwecke intensiv befasste.

Porro nannte diesen neuen Zweig der Geodäsie „Sphärische Photographie“. Das Objektiv, welches er bei seinem Probeinstrumente benützte, war ein von ihm berechnetes sphärisches Objektiv, Kugelobjektiv, woher auch der Name „Sphärische Photographie“ herrühren dürfte. Dieses Objektiv deckt sich in seiner Konstruktion mit jenem, welches später von Sutton angegeben wurde.

Mitten in seinen vielumfassenden Arbeiten auch damit beschäftigt, die praktische Anwendung der Photographie für die Tachymetrie darzuthun, starb Porro.

Er hinterliess eine schöne diesbezügliche Arbeit, betitelt: „Applicazione della fotografia alla Geodesia“<sup>1)</sup>

Sämmtliche Apparate, welche Porro konstruierte, und deren er sich bei seinen Versuchen bediente, wurden vom Direktor der polytechnischen Offizin zu Mailand, Ingenieur Salmoiraghi, welcher früher der Offizin Porro's vorstand, erworben und wohl verwahrt.

Mit dem Tode Porro's fanden die von ihm mit Liebe und Verständnis eingeleiteten Versuche über die Verwertung der Photographie in der Geodäsie einen jähnen Abschluss und fielen der Vergessenheit anheim.

Niemand fand sich, der Porro's Ideen aufgegriffen und durchgeführt hätte. Fast zwanzig Jahre mussten verfließen, ehe das militär-geo-

graphische Institut zu Florenz daran schritt, die reichen Schätze, welche die mathematisch genaue Perspektive einer Photographie in sich birgt, zu heben, indem man die Photographie in den Dienst der topographischen Aufnahme zu stellen suchte.

Der Generalstabsoffizier Manzi Michele hat im Jahre 1875 gelegentlich der topographischen Arbeiten mit dem Messtische in den wildesten Gebieten der Abruzzen mit dem Gran Sasso Photographien mit einem gewöhnlichen photographischen Apparate hergestellt und dieselben zur naturgetreuen Darstellung des Terrains mit Erfolg verwendet.

Auf dem Hochplateau des Mont Cenis benützte der genannte Generalstabsoffizier im folgenden Jahre 1876 gleichfalls gewöhnliche Photographien, und die schöne Aufnahme des Bart-Gletschers im Gebiete des Mont Cenis im Maassstabe 1 : 10000 beweist, welch' enormen Nutzen der Topograph aus den Photographien für die Darstellung des Terraincharakters ziehen kann.

Eine Kommission, welche die Leistungsfähigkeit der Photographie als Hilfsmittel des Topographen prüfte, sah sich bestimmt, ein negatives Urteil zu fällen, und vernichtete mit einem Schlage die von Manzi Michele mit Verständnis inaugurierten Arbeiten.

Wenn auch die Verwendung gewöhnlicher Photographien sich nicht so ergiebig zeigte, als man erwartet hatte, so ist dies in zwei Punkten begründet. Erstens bot das nasse Kollodiumverfahren namhafte Schwierigkeiten, welche durch die erschwerenden Verhältnisse der Arbeit im Hochgebirge erhöht wurden, und zweitens waren die verwendeten Apparate in mehrfacher Hinsicht noch unvollkommen, so dass die gewonnenen Bilder nicht jene Ausbeute boten, welche man zu machen erhoffte.

General Ferrero, welcher die Fortschritte der

<sup>1)</sup> Publiziert in der italienischen Zeitschrift: „Il Politecnico“ XI. volume, Tipografia Saldini, Milano.

Photographie mit wachsamem Auge verfolgte, lenkte von neuem im Jahre 1878 die Aufmerksamkeit des Institutes auf die Notwendigkeit hin, Studien im Sinne Manzi Michele's aufzunehmen.

Der Ingenieur-Geograph L. P. Paganini wurde im Jahre 1878 mit Versuchen über die Verwendbarkeit der Photographie für Zwecke der Topographie betraut.

Heute nach 20 Jahren rastloser und anerkannter Thätigkeit ist er Vorstand der phototopographischen Abteilung des militär-geographischen Institutes zu Florenz, welchem er im obigen Zeitraume glänzende Belege seiner Tüchtigkeit geliefert hat.

Paganini hat nicht nur den theoretischen Teil der Photogrammetrie behandelt, sondern sich auch mit dem Instrumentenbau befasst, welcher ihm mehrere schöne Apparate verdankt.

Das erste Instrument, dessen er sich bei seinen Probeaufnahmen in den Apuanischen Alpen bediente, war eine Kombination eines Theodoliten mit einer Kamera obscura. Diese war so ausgestattet, dass die ausgedehnten Panoramen, welche damit gewonnen wurden, alle Mittel boten, um die Photogramme in die gegebenen Triangulierungsnetze zu orientieren und Detailpunkte sicher in Bezug auf Situation und Höhe zu fixieren.

Bereits im folgenden Jahre 1879 wurden auf Grund der gemachten Erfahrungen an dem ersten Instrumente namhafte Verbesserungen vorgenommen, und es gelang Paganini, bei Anwendung des damals neuen photographischen Verfahrens mit Brom-Gelatine die Serra dell' Argentera, den wildesten Teil der Seealpen, von 15 Stationen aus zu bewältigen.

Vom Jahre 1880—85 arbeitete Paganini an einem ausgedehnten Gebirgsstocke der Graischen Alpen, wobei seit 1884 ein neues, verbessertes photogrammetrisches Instrument in Anwendung kam.

Dieses Instrument liess das militär-geographische Institut zu Florenz in der Werkstatt „Galileo“ zu Florenz nach Zeichnungen Paganini's ausführen.

Rastlos arbeitete Paganini an der Vervollkommenung der photogrammetrischen Aufnahmegeräte und baute im Jahre 1891 ein neues Instrument, welches heute im Institut zu Florenz ausschliessliche Verwendung findet.

Auch war Paganini bemüht, für Zwecke der Küstenaufnahmen und für Forschungsreisende photogrammetrische Instrumente zu schaffen, welchem Streben zwei Instrumente ihre Entstehung verdanken.

Neben den eigentlichen photogrammetrischen Instrumenten, welche bei der Feldarbeit verwendet

werden, gab Paganini auch zur Erleichterung der Hausarbeiten Apparate an, welche sympathische Aufnahme gefunden haben und mehrseitig verwendet werden.

Nachfolgend werden wir eine kurze Beschreibung sowie bildliche Darstellungen der von Paganini geschaffenen photogrammetrischen Instrumente und Behelfe für die Rekonstruktion bringen.

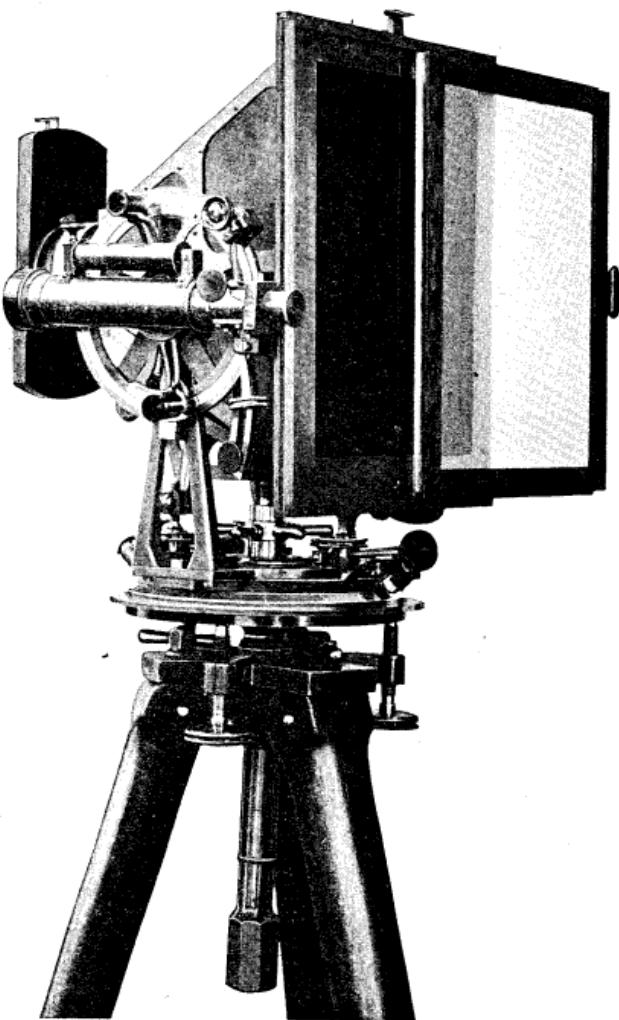


Fig. 1.

#### A. Photogrammetrische Instrumente für die Feldarbeit.

##### 1.

Das erste dieser Instrumente ist das Modell aus dem Jahre 1884 (Fig. 1) und besteht aus nachstehenden Teilen:

1. einer photographischen Kamera,
2. einem Limbus mit Alhidate und Höhenkreis samt Fernrohr (Universal-Instrument) und
3. einem angepassten Stativen.

Die Kamera hat Obeliskenform, besitzt in einem Metallgerippe eine feste Stütze, und die Wandung derselben wird von einem harten, lichtdichten Pappendeckel gebildet. Das breitere Ende derselben trägt einen Metallrahmen, dessen lichte Oeffnung dem Plattenformat 18×24 angepasst ist und eine solche Einrichtung hat, dass die Mattscheibe und an ihrer statt eventuell die Kassetten bequem herein- und herausgeschoben, eventuell fixiert werden können.

In der Ebene dieses Metallrahmens, womöglich im Schnittpunkte der Diagonalen der rechteckigen Oeffnung, sind feine Metallfäden aufgezogen, wovon der eine eine horizontale und der andere eine vertikale Lage hat. Dieselben entsprechen bei einer justierten Kamera dem Horizonte und der Hauptvertikallinie der Photographie. Diese Fäden liegen unmittelbar an der Mattscheibe resp. an der lichtempfindlichen Platte an und bilden sich bei der Exposition ab.

Die Vorderseite und zugleich der schmälere Teil der Kamera trägt das photographische Objektiv.

Dieses ist ein Antiplanet von Steinheil mit der Brennweite 244,5 mm, welcher mit einem Diaphragma von ca. 5 mm benutzt wird.

Die Platten, welche hochgestellt gebraucht werden, haben das Format 19×24,5, und die Grösse der verwendbaren Bilder beträgt 18,5×24 cm. Der horizontale Bildfeldwinkel beträgt 42°, und der vertikale Bildwinkel ist zufolge der Hochstellung der Platte grösser und umfasst 52°.

Das Objektiv ist derart an der Kamera montiert, dass für eine vertikale Verschiebung, wie dieselbe bei den meisten photogrammetrischen Instrumenten Oesterreichs oder Deutschlands mit Vorteil zur Anwendung gelangt, nicht vorgesorgt ist. Diese Verschiebung, welche eine Hebung resp. Senkung des Horizontes der Aufnahme und dadurch eine vermehrte Anwendbarkeit für Höhen- und Tiefenaufnahmen gewinnt, wie es bei Hochgebirgsaufnahmen sich notwendig zeigt, wurde teilweise durch eine Hochstellung der Platte ersetzt.

Um aber Gegenstände, welche in ihrem Abstande vom Instrumente zu stark variieren, mit gleicher Schärfe zu erhalten, ist das Objektiv in der Richtung der optischen Achse desselben verstellbar, wodurch die erwünschte Änderung in der Bildweite erzielt werden kann.

Zu dem Ende ist in der Richtung der Achse ein Metallstreifen befestigt, der eine Millimeterteilung trägt. Der Nullpunkt derselben befindet sich genau über dem zweiten Hauptpunkte des Objektives, die Teilung ist gegen die Kamera

hin ausgeführt, und der Abstand des Nullpunktes von der Bildebene stellt die jeweilige Bildweite dar.

Der Objektivtubus mit dem geteilten Metallstreifen ist mittels einer Schraube mit einer an der Kamera fix angebrachten Metallröhre verbunden. Die Ganghöhe dieser Schraube beträgt einen Millimeter. Wenn der Objektivtubus einmal umgedreht wird, so hat der zweite Hauptpunkt des Objektives um einen Millimeter seine Lage gegen die Bildebene geändert.

Ein Silberstreifen, in der Peripherie des fixen Rohres eingelegt, trägt einen Kreis eingerissen, welcher in 10 gleiche Teile geteilt ist und auf dem die Teilungspunkte beschrieben sind.

Hat man einen Teilstrich der geradlinigen Teilung auf Null der peripherischen Teilung eingestellt, hierauf den Objektivtubus einmal um seine geometrische Achse gedreht, so kommt der Nullpunkt der peripherischen Teilung auf den nächsten Teilstrich der geraden Skala und der Hauptpunkt des Objektives hat sich um einen Millimeter weiter bewegt.

Es ist klar, dass eine Veränderung in der Lage des Objektiv-Hauptpunktes bis auf zwei Dezimalstellen der Millimeter angegeben werden kann. Die Ganzen und Zehntel der Millimeter werden direkt erhalten, und zwar die ersten auf der geradlinigen Teilung des Metallstreifens, die letzteren auf der peripherischen Teilung; die Hundertstel der Millimeter können durch Schätzung ermittelt werden.

Nachdem die Länge der Bildweite, dieser eminent wichtigen Grösse für die Dimensionen der Perspektive, für eine bestimmte Stellung des Objektives mit aller Schärfe ermittelt ist, ist die Bildweite für eine jede andere Stellung des Objektives als bekannt anzusehen.

Durch die soeben geschilderte Einrichtung wird es möglich, die Bildweite mit einem hohen Grade von Genauigkeit angeben zu können.

Wenn es auch für Terrainaufnahmen, wo mit grösseren Objektsdistanzen gearbeitet wird, nicht nötig erscheint, die Bildweite zu variieren, sondern diese als konstant und der Brennweite des Objektives gleich zu setzen aus konstruktiven Gründen ratsam erscheint, so ist hingegen bei photogrammetrischen Instrumenten, welche Architekturaufnahmen dienen sollen, notwendig, Kameras mit variabler Bildweite zu bauen. In diesem Falle wird die vorbeschriebene Einrichtung, wie dieselbe die mathematisch-mechanische Werkstätte „Gallileo“ zu Florenz bei den Instrumenten Paganini's ausführt, praktischen Bedürfnissen entsprechen.

Photogrammetrische Instrumente für For-

schungsreisende, welche sich zumeist für Terrain- und Architekturaufnahmen interessieren, werden so zu bauen sein, dass die Bildweite variiert werden kann, um denselben die Möglichkeit zu bieten, beide Arten von Aufnahmen in gleicher Schärfe zu erhalten.

Der beliebig regulierbare Momentverschluss des Objektives ist die bekannte Steinheil'sche Konstruktion.

Die Kamera ruht auf einem Metallgerüste, einem Unterbau, welcher in drei armartig gestalteten Metallstücken drei Stellschrauben trägt. Außerdem ist die Einrichtung getroffen, dass die Kamera um eine horizontale Achse, welche auf der Objektivseite sich befindet, bis zu 30 Graden gedreht werden kann, wodurch eine Neigung der Bildebene zur Vertikalebene erzielt wird. Durch zwei seitlich angebrachte und mit dem Unterbau der Kamera verbundene Metallsegmente mit Schlitten, in welchen Pressschrauben sich befinden, wird die Kamera in ihrer Lage fixiert, und auf der Teilung, welche eines der Segmente trägt, die Neigung der optischen Achse (Bilddistanz) zum Horizont abgelesen.

Die in ihrer Einrichtung geschilderte Kamera kann auf eine Unterlage gesetzt und die Lage der Bildebene einerseits durch die Stellschrauben der Kamera gehoben oder gesenkt und andererseits in den Segmenten um ihre horizontale Drehachse in ihrer Lage geändert werden.

Bei ihrer praktischen Anwendung wird die Kamera auf die Alhidadenplatte eines geodätischen Instrumentes plaziert, die Stellschrauben kommen in entsprechend gelagerte und gestaltete Metallplättchen, und eine Art Herzschraube stellt eine sichere Verbindung beider Teile mit einander her, sodass die Kamera mit der Alhidade beliebig im Horizonte gedreht werden kann. Außerdem ist eine Einrichtung getroffen, welche gestattet, der Kamera auf der Alhidade eine begrenzte, geringe Rotation um die Achse der Herzschraube zu erteilen.

Der zweite Hauptbestandteil des photogrammetrischen Apparates, welcher einerseits eine Unterlage für die Kamera bildet, anderseits aber die Orientierung der Bildebene im Raum, sowie geodätische Festlegung der photogrammetrischen Standpunkte ermöglicht, ist ein geodätisches Winkelmessinstrument, — in seiner Ausstattung ein Universal-Instrument.

Wie aus der Fig. 1 zu ersehen ist, hat man ein Universal-Instrument mit einem excentrisch angebrachten Fernrohre vor sich. Das Instrument selbst wird durch eine Herzschraube, welche durch

die Kopfplatte eines massiven Statives hindurchgeht, mit dem Stativen verbunden.

Der Horizontalkreis besitzt zwei diametrale Nonien, giebt mit Nonienablesung direkt Minuten und durch Schätzung 30 Sekunden.

Die Alhidadenplatte trägt drei Metallplättchen zur Aufnahme der Stellschrauben der Kamera, sowie Kreuzlibellen zur Horizontierung des Limbus, und ihr zentraler Teil enthält eine Herzschraube zur Fixierung der Kamera; weiter nimmt ein excentrisch angebrachter Träger in seinem oberen Teile ein um eine horizontale Achse drehbares Fernrohr auf, welches eine Nivellierlibelle trägt.

Neben den üblichen Rektifikationsvorrichtungen am Fernrohre und an der Libelle ist ein Höhenkreis mit zwei diametral angebrachten Nonien vorhanden, welcher, auf der Drehachse des Fernrohres montiert, gestattet, Vertikalwinkel bis auf halbe Minuten zu ermitteln.

Das Stativ besteht aus einer soliden Metallplatte, welche neben den drei Armen zur Aufnahme der Stativfüsse weitere drei, jedoch kleinere Arme trägt, durch welche die Stellschrauben des Limbus hindurchgehen. Es sind hier also die Stellschrauben des Limbus von der Limbusplatte getrennt und in der Kopfplatte des Stativen montiert, eine Konstruktion, wie dieselbe bei älteren Messtischen in Anwendung steht und in diesem Falle sicherlich nicht nachahmungswert erscheint.

Durch die Mitte der Stativplatte greift eine Herzschraube hindurch, welche die Verbindung des Instrumentes mit dem Stativ herstellt und seine Stabilisierung bedingt.

Die drei Stativbeine sind massiv gehalten, gut beschlagen und zum Abnehmen von der Stativplatte eingerichtet. Dieselben können in gebirgigen Gegenden mit Vorteil von den Trägern der Instrumente als Bergstücke zur Stütze benutzt werden.

Dieses erste präzisere Instrument, welches Paganini für Zwecke der Photo-Topographie baute, fand bei den Institutsarbeiten vom Jahre 1884 an bis 1890 ausgedehnte Verwendung.

Teile der Grajischen Alpen, sowie ausgedehnte Gebiete in den Rhätischen Alpen, welche hochinteressante Aufnahmen für die Herstellung der neuen Karte Italiens darstellen, wurden durch Kombination von Messtisch- und photogrammetrischer Arbeit bewältigt. Die Thalgründe bis zur Höhe von 2000 m wurden von dem Topographen Rimbotti mit dem Messtische bearbeitet, während alles Terrain über diese Höhe hinaus bis zur Kammelinie auf photogrammetrischem Wege von Paganini vermessen wurde.

2.

Als im Jahre 1889 das militär-geographische Institut zu Florenz die phototopographischen Arbeiten ausdehnen wollte, schritt Paganini daran, auf Grund der reichen Erfahrungen, welche er bei seinen zahlreichen phototopographischen Aufnahmen gesammelt hatte, ein neues Instrument zu bauen.

Das neue Instrument führt den Namen:

„Phototopographischer Apparat Paganini,  
Modell 1890“.

Dieses Instrument (Fig. 6) unterscheidet sich von dem soeben beschriebenen in nachstehenden Punkten:

1. In der Montierung und Einrichtung der Camera,
2. In der Beseitigung des excentrisch situierten Fernrohrs und
3. In der Verwertung des photographischen Objektives als Visiermittel, indem dasselbe mit einem in der Mattscheibe placierten Oculare zu einem Fernrohre ausgestaltet wurde.

Die Fig. 2 zeigt das Instrument in der Seitenansicht, in welcher der Höhenkreis sammt Libelle und die weiteren Teile zur Darstellung kommen.

Die Camera obscura hat gleichfalls ein Metallgerippe zum Träger, Obeliskenform, ist mit lichtdichtem Pappendeckel verkleidet und trägt an der Schmalseite das Objektiv, welches in derselben Weise wie bei der ersten Konstruktion von und gegen die Mattscheibe bewegt und welche Bewegung bis auf Bruchteile von Millimetern angegeben werden kann. Auch sind auf der Seite der Mattscheibe, in der Ebene des Bildes zwei feine Metalldrähte in der Richtung des Horizontes und der Vertikallinie gespannt.

Wir sind der Ansicht, dass das Spannen der Silberfäden, um den Horizont und die Hauptvertikallinie auf die lichtempfindliche Platte mitzuphotographieren, keine Vorteile bringt, und dass der bei österreichischen und deutschen photogrammetrischen Instrumenten gebräuchliche Vorgang, Zacken oder, was noch besser ist, einen Centimeterrahmen mit markanten Einschläuchen für die beiden genannten Coordinaten-Achsen des photographischen Bildes an die Platte anzuschließen oder unmittelbar vor der Platte fix zu montieren, praktischer ist.

Die Silberfäden, selbst wenn dieselben noch so fein sind, haben eine gewisse Dicke und verdecken im Bilde zufälligerweise vielleicht wichtige, markante Punkte; auch können sie eventuell reißen oder durch Nachgeben in der Spannung

zeitraubende Arbeiten und fühlbare Störungen verursachen.

Dies fällt bei Verwendung des Centimeterrahmens weg, und außerdem wird durch das Abbilden der einzelnen Centimeterzacken an der Peripherie des Rahmens der Vorteil erreicht, dass aus den Dimensionen der Zackenabstände auf den Kopien auf eine eventuelle Zerrung des

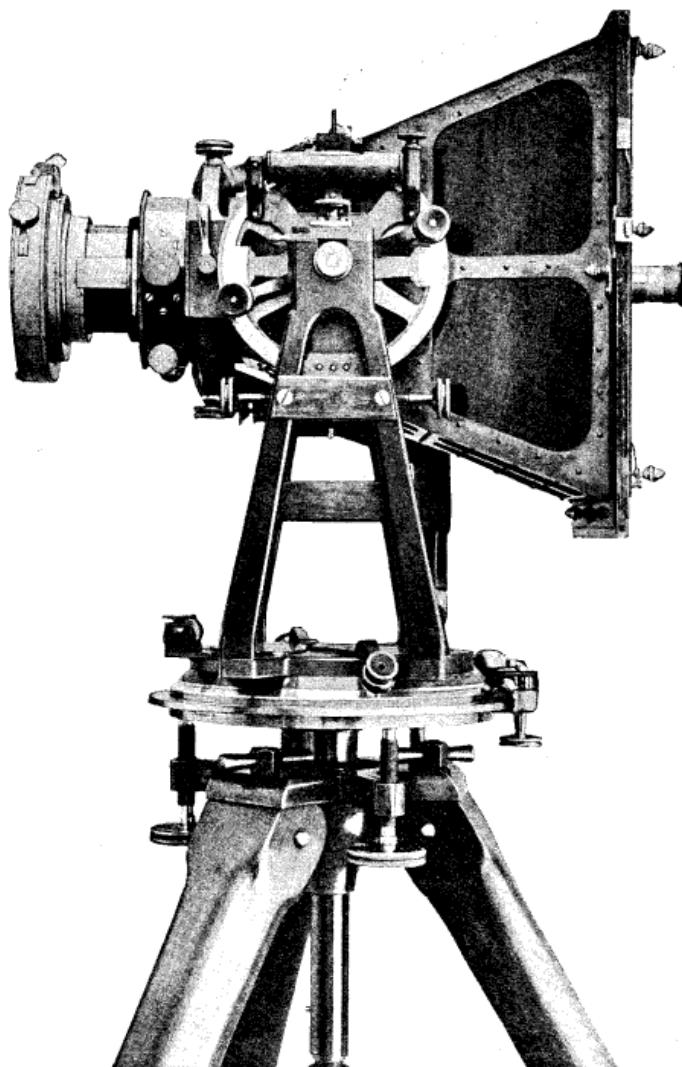


Fig. 2.

Bildes geschlossen werden kann, welche Zerrung bei subtilen Arbeiten Berücksichtigung finden muss.

Die Mattscheibe dient demselben Zwecke wie bei allen anderen photographischen Apparaten und unterscheidet sich von der früheren Konstruktion dadurch, dass auf einem Metallrahmen, welcher in der Richtung des Horizontes und der Hauptvertikallinie befestigt ist, ein Metallring eingelassen ist mit einer Öffnung, durch welche ein Ramsden'sches Okular hindurchgeht. Dieses ist zum Zwecke gewisser Berichtigungen in der Richtung der Horizont- und

Vertikallinie verstellbar, ebenso lässt das Fadenkreuz eine sanfte Verdrehung zu.

Paganini kam nun auf den Gedanken, das umgekehrte und verkleinerte, reelle Bild, welches das photographische Objektiv von dem Gegenstande entwirft, durch eine in der Mattscheibe angebrachte Lupe zu betrachten, und in weiterer Folge, das Camera-Objektiv in Verbindung mit einem Ramsden'schen Okulare zu einem Fernrohre auszustalten.

Es sei speziell betont, dass diese Neuerung, das photographische Objektiv gleichzeitig als Fernrohrobjektiv zu benutzen, von Dr. A. Schell, Professor der praktischen Geometrie an der k. k. technischen Hochschule zu Wien herührt<sup>1)</sup>. Die Meinung, Paganini wäre der Erste gewesen, welcher diese Idee realisiert hätte, ist eine irrite; denn auf dem IX. Deutschen Geographentage zu Wien 1891, wo die verschiedensten Phototheodolit-Konstruktionen ausgestellt waren, konnte man Schell's Phototheodoliten mit dem charakteristischen, centrischen Fernrohre ausgeführt sehen.

Paganini hat damals wohl erst die Mitteilung gemacht, dass er sich mit der Idee trage, das Objektiv der Camera in obiger Richtung auszunutzen, während Schell's Instrument fix und fertig vorlag.

Durch diese Verwertung des photographischen Objektives als Visiermittel wird der grosse Vorteil erreicht, dass ein eigenes Fernrohr, welches ja für die Herstellung der Visuren zur Festlegung der photogrammetrischen Stationen, sowie zur Orientierung der Bildebenen im Raum notwendig ist, nicht mehr separat angebracht werden muss.

Das Fernrohr wurde bei den meisten Konstruktionen photogrammetrischer Instrumente und zwar: Koppe<sup>2)</sup>, Paganini Modell 1884<sup>3)</sup>, Pollak<sup>4)</sup>, Steiner<sup>5)</sup> und anderen exzentrisch angebracht.

Wenn auch die exzentrische Lage des Fernrohrs z. B. Excentricität  $e = 0,16$  m bei an-

<sup>1)</sup> E. Dolezal, „Arbeiten und Fortschritte auf dem Gebiete der Photogrammetrie“, Dr. Eder's Jahrb. f. Photogr. u. Reproduktionstechnik f. d. Jahr 1897.

<sup>2)</sup> C. Koppe, „Photogrammetrie oder Bildmesskunst“, Weimar 1889.

<sup>3)</sup> L. P. Paganini, „La Fototopografia in Italia“, Roma 1889.

<sup>4)</sup> V. Pollak, „Über photogr. Messkunst, Photogrammetrie und Phototopographie“, Mitteilungen der k. k. geograph. Gesellschaft, Wien 1891 und andere Broschüren desselben Autors.

<sup>5)</sup> F. Steiner, „Die Photographie im Dienste des Ingenieurs“, Wien 1893.

visierten Objekten, deren Entfernung vom Standpunkt nicht unter 500 m herabsinkt, einen minimalen Einfluss von ungefähr einer Winkelminute auf die Winkelmessung und Orientierung übt, so muss zugestanden werden, dass durch das exzentrisch montierte, zumeist noch mit Höhenkreis versehene Fernrohr der ganze Apparat umfangreicher, schwerer und kostspieliger wird.

Hingegen mag ausdrücklich betont werden, dass bei kurzen Visuren nach Signalen und Orientierungspunkten, die zur Festlegung der Stationen bzw. zur Orientierung der Bildebene im Raum erforderlich sind, wie dieselben tatsächlich bei Architektur-Aufnahmen vorkommen, es sicherlich von Vorteil erscheint, ein centrisch angebrachtes Fernrohr zu besitzen, wodurch Reduktionen der gemachten Visuren auf den wahren Standpunkt gänzlich entfallen.

Die Camera und somit auch das Fernrohr ist um eine horizontale Achse drehbar eingerichtet; ein neuer Fortschritt gegen die erste Konstruktion, welche eine nur geringe Bewegungsfähigkeit der Camera gestattete. Diese Drehachse ruht in entsprechend massiven Alhidadenträgern, welche wie bei geodätischen Instrumenten auch zu einer eventuellen Hebung und Senkung der Drehachse, also zur Rektifikation, eingerichtet sind.

Ferner ist auf der Drehachse ein Verticalkreis aufgeschoben und fixiert. Derselbe ist, wie bei den meisten Universal-Instrumenten, mit zwei diametralen Nonien und einer rektifizierbaren Höhenlibelle in Verbindung, und können Höhenwinkel mit erwünschtem Grade von Genauigkeit (eine halbe Minute) ermittelt werden.

Der Limbus mit der Alhidade, sowie das Stativ besitzen eine ähnliche Einrichtung, wie dieselbe bei dem vorhergehenden Instrument ausführlich geschildert wurde.

Das vorstehend besprochene Instrument von Paganini bedeutet einen namhaften Fortschritt im Baue photogrammetrischer Apparate und zeigt deutlich, dass Paganini mit Lust und Liebe sowie grossem Fachverständnis an der Ausgestaltung des Instrumentenbaues der Photogrammetrie thätig ist.

Dieses Instrument steht seit dem Jahre 1891 bei den phototopographischen Aufnahmen des italienischen militär-geographischen Institutes in Verwendung, und es dürfte durch dieses Instrument eine Type geschaffen worden sein, die in der Folge kaum verlassen werden dürfte, nachdem dieselbe allen Forderungen entspricht, welche man an ein für phototopographische Zwecke brauchbares Instrument stellen muss.

### 3.

Beautemps-Beaupré, Vincendon-Dumoulin, de la Roche-Poncié und andere haben Methoden angegeben, nach welchen die Uferlinien des Meeres mit den angrenzenden Terrainteilen vom Bord eines Schiffes aufgenommen werden können. Die Photographie hat die Methoden vereinfacht und ihre wertvollen Bilder auch anderen wissenschaftlichen Studien zugänglich gemacht.

Bereits im Jahre 1889 hat Franz Schiffner, damals Professor an der Marine-Realschule zu Pola und einer der ersten in Österreich, welche die Bedeutung der Photogrammetrie mit scharfem Blicke erfasst und in wissenschaftlichen Publikationen erfolgreich vertreten haben, in den militär-wissenschaftlichen Zeitschriften Österreichs<sup>1)</sup> das Problem behandelt, wie eine Küste vom Bord eines Schiffes im Vorüberfahren photographiert und auf Grund der gewonnenen Photogramme rekonstruiert werden könnte, wie ferner ein Apparat beschaffen und mit welchen Hilfsinstrumenten derselbe versehen sein müsste, um diesem Zwecke dienlich zu sein.

Es ist nur schade, dass die österreichische und deutsche Marine, welche doch in vielen Richtungen wissenschaftliche Bestrebungen fördern und kräftig unterstützen, diesen Gedanken nicht zu realisieren suchten.

Auch in diesem Falle war es Italien und zwar dessen Marine, welche durch den Ingenieur-Geographen Paganini die Bedeutung photogrammetrischer Aufnahmen im Dienste der Küsten-Vermessung erkannte und würdigte.

Paganini berichtet hierüber in seiner Schrift:  
„Nuovi appunti di fototopografia“, Appli-  
cazioni della fotogrammetria all'idrografia,  
Estratto dal fasciolo di marzo 1894  
della „Rivista Marittima“, S. 36.

Vor mehreren Jahren, als Paganini noch dem Verbande der königl. italienischen Marine angehörte, wurde von der Marine-Verwaltung dem Kommandanten des Aviso-Dampfers Tripoli der Auftrag erteilt, Ansichten von Küsten zu machen, ausführliche Beschreibungen der Küsten zu verfassen, Leuchttürme und Semaphore genau zu fixieren, um dadurch die Küsten- und Hafen-karten zu ergänzen und zu vervollständigen.

Die Ansichten hatten den Zweck, durch ihre scharfe und naturgetreue Darstellung, die Illustra-

tion der Küste zu bewirken, die Küstenschiff-fahrt zu fördern, das Annähern und Rekognos-cieren der Küsten zu erleichtern.

Zu dem Ende sollte der Standpunkt der Aufnahme dieser Ansichten in den Navigations-karten angegeben, die Richtung der Aufnahmen darin verzeichnet sein; außerdem sollten die Entfernung dieser Punkte von den markantesten Küstenstellen ersichtlich und ihre Höhen über dem Meeresspiegel, sowie das magnetische Azimut der Aufnahmen notiert sein.

Anfänglich wurden Zeichnungen von geübten Zeichnern hierzu verwendet; doch zeigte es sich bald, dass auf diesem Wege kaum etwas Zeit-gemässes geschaffen werden könnte, denn sowohl die Horizontal- und Vertikalwinkel der Aufnahmen konnten zufolge der Schwankungen der Schiffe, von welchen aus sie gewonnen wurden, als auch die unsicheren Zeichnungen nur mit geringer Annäherung der Wirklichkeit entsprechen, die Genauigkeit der Resultate konnte eine nur sehr unbedeutende sein.

Paganini war es nun, welcher die Photogrammetrie in den Dienst der Hydrographie und Schiffahrt zu bringen suchte und zeigte, dass sie auch hier berufen sei, Gutes und Brauchbares zu leisten.

Indem die Vertikalität der Bildebene eines photogrammetrischen Apparates auf Grund seiner Konstruktion mit Sicherheit angenommen, die Orientierung der Bildebene im Raum unzweideutig bestimmt werden kann, nachdem zufolge des Standes der photographischen Wissenschaft Momentaufnahmen sichere und vorzügliche Erfolge verbürgen, können mit Hilfe eines dem Zwecke angepassten Apparates Photogramme erhalten werden, welche, die pothenotische Festlegung des Standpunktes mittels eines Sextanten vorausgesetzt, alle Daten bieten, welche für die Rekonstruktion der Küste erforderlich sind. Das photographische Bildmateriale selbst stellt die denkbar beste Illustration der gewünschten Küsten-strecken dar.

Das Instrument, welches L. P. Paganini für die vorstehend beschriebenen Zwecke ersonnen hat, führt den Namen:

„Azimutal-Photograph (azimutale fotografico)“ und wurde, wie die beiden vorher geschilderten Instrumente, in der mathemat.-mechan. Werkstätte „Galileo“ zu Florenz nach Angaben Paganinis ausgeführt.

Dieses Instrument kommt in Fig. 3 und 4 zur Darstellung und umfasst folgende Teile:

1. Eine grössere Camera C,
2. Eine kleinere Camera c,

<sup>1)</sup> a) Mitteilungen aus dem Gebiete des Seewesens, XX. Band, S. 339.

b) „Organ für militär-wissenschaftliche Vereine“, 1889, S. 280.

3. Eine Orientierungsbussole,
4. Einen Limbus eines geodätischen Instrumentes und
5. Ein entsprechendes Stativ.

Die grössere Camera *C* unterscheidet sich von jener anderer photogrammetrischer Apparate äusserlich durch die abweichende Form, welche dadurch bedingt ist, dass die optische Achse des Objektives nicht die Mitte der Platte, sondern ihr oberes Viertel trifft. Dies erfolgte aus dem

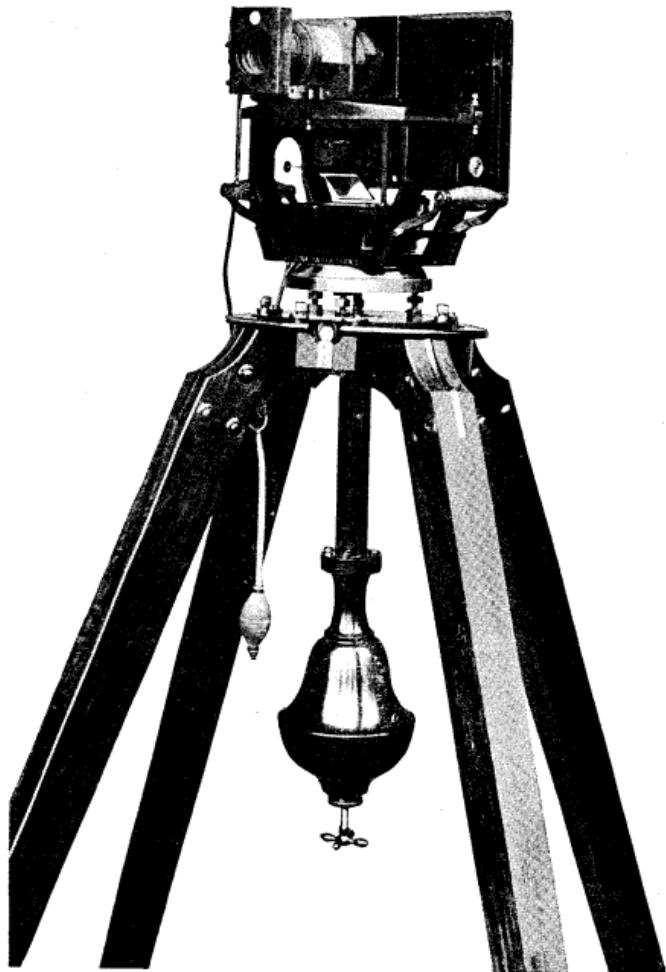


Fig. 3.

Grunde, um wegen der geringen Höhe des Standpunktes über dem Meeresniveau nicht fast den halben Teil der Platte mit dem gleichförmigen und nutzlosen Bilde der Wasseroberfläche ausgefüllt zu haben, und um durch Hebung des Horizontes in der Höhe der Aufnahme zu gewinnen, was besonders bei Steilküsten und dem Ufer nahen Standpunkten von grossem Vorteile sein muss.

Auch bei diesem Instrumente wurde das Objektiv nicht, wie bei den meisten photogrammetrischen Instrumenten üblich, im vertikalen

Sinne verstellbar eingerichtet, sondern fix an der Stirnseite der Camera montiert.

Das Objektiv selbst ist ein Zeiss'scher Anastigmat von einer Brennweite  $f = 250$  mm.

Trockenplatten werden nicht verwendet, sondern Eastman'sche Films, welche auf schwachen Metallplatten aufgezogen sind. Das Format beträgt  $18 \times 24$  cm, der horizontale Bildwinkel umfasst ca.  $50^\circ$ . Zur Aufnahme eines ganzen Panoramas sind 8 Aufnahmen notwendig, wobei die Bildebene je um  $45^\circ$  im Horizonte zu versetzen ist. Das Uebergreifen je zweier benachbarten Platten beträgt  $5^\circ$ , es kommt daher auf

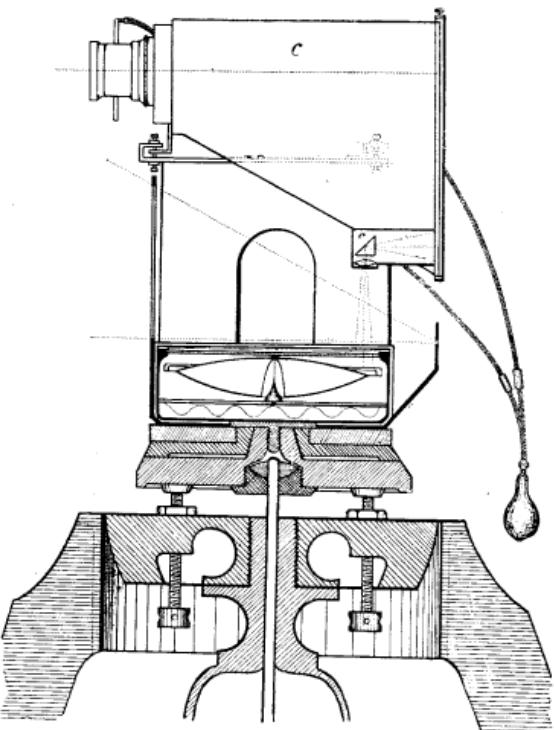


Fig. 4.

die links- und rechtsseitig gelegene Platte je  $2\frac{1}{2}^\circ$  des Gesichtsfeldwinkels, welcher auf je zwei benachbarten Photogrammen Abbildungen derselben Objekte liefert.

Das Objektiv gestattet eine scharfe Einstellung auf der Mattscheibe des Apparates, und ist daher das optische System in der Richtung seiner Längsachse verstellbar. Die Grösse der Bildweite kann direkt an einer Teilung abgelesen werden, zu welchem Zwecke eine bereits beim ersten Instrumente beschriebene Einrichtung vorhanden ist.

Die ganze Camera *C* wird von zwei massiven, seitlichen, plattförmigen Metallstützen getragen, welche durch eine horizontale Querplatte mit einander verbunden sind, und lässt sich durch

zwei seitliche Korrektionsvorrichtungen und eine an der Vorderseite angebrachte verstellen, so dass eine erforderliche Änderung des Horizontes bzw. der optischen Achse des Objektives bewerkstelligt werden kann, welche feinen Bewegungen der Camera für Rektifikationszwecke als photogrammetrisches Instrument von Bedeutung sind.

Die seitlichen Metallstützplatten sind auch in ihrem unteren Teile miteinander verbunden und gestatten eine geeignete Verbindung mit dem Limbus des Apparates. Denselben fällt in ihrer Wirksamkeit im gewissen Sinne die Rolle der Alhidadenträger zu.

Auf der unteren Wandung der grossen Camera, welche ungefähr unter  $30^{\circ}$  gegen den Horizont geneigt ist, befindet sich eine kleine Nebencamera c. Das Objektiv derselben ist nach unten gerichtet und zwar gegen eine grössere Orientierungsbussole. Diese ist in einem geschützten Etuis untergebracht, um eine vertikale Achse drehbar, mit einer Arretierungsvorrichtung versehen und spielt auf einer mit einer Windrose versehenen Kreisteilung.

Die Strahlen, welche von der Bussole sowie der Teilung bzw. Windrose auf das Objektiv gelangen, werden nach ihrem Durchgang durch das Objektiv von einem rechtwinkligen Glasprisma um  $90^{\circ}$  abgelenkt und erzeugen nach ihrem Austritte aus demselben auf der lichtempfindlichen Schichte ein Bild von der herrschenden Lage der Magnetnadel. Der Stand der Magnetnadel und zwar der Nordspitze kann auf dem Photogramme mit unzweideutiger Sicherheit bestimmt werden.

Das Objektiv mit dem Prisma bzw. die kleine Camera c ist so zur Bildebene plaziert, dass stets ein scharfes Bild entsteht; außerdem ist die Einrichtung getroffen, dass die Vertikalebene, in welcher sich die optische Achse des Objektives und der Vertikalfaden der Bildebene befindet, auch durch die vertikale Drehachse der Bussole geht. Es korrespondiert daher mit der optischen Achse der Hauptcamera ein bestimmter Teilstrich der Windrose.

Durch diese Einrichtung ist eine sichere und ziemlich genaue Orientierung der Bildebene in Bezug auf den magnetischen Meridian leicht durchführbar.

Durch einen Zwillingsschlauch können die beiden Objektive der Haupt- und Nebencamera pneumatisch geöffnet und geschlossen werden.

Das Bild, welches auf der Platte entsteht, trägt in seinem unteren Teile eine kleine Partie des Meeres als Vordergrund und in seinem oberen

mittleren Teile, symmetrisch zur Abbildung des vertikalen Fadens, befindet sich die Photographie eines Teiles der Bussole sammt ihrer Teilung; sonst hat man das eingestellte Bild auf der Platte.

Zur Einstellung der Hauptvertikalebene der Photographie auf ein bestimmtes Objekt der Küste ist ein Diopter vorhanden, dessen kreisförmige Okularöffnung unterhalb der Bildebene in einem Metallarme sich befindet, welcher von der Alhidadenplatte getragen wird, während die in Form eines Kreuzes gespannten Fäden der Objektivlamelle in einer Ausnehmung an der Stirnseite der Alhidadenplatte angebracht sind.

Der Limbus des Apparates ruht auf drei soliden Stellschrauben, welche, in Metall gebettet, eine massive Kopfplatte einer cardanischen Aufhängung durchsetzen.

Diese cardanische Suspension ermöglicht eine ruhige, sichere horizontale Gleichgewichtslage des Apparates, dessen vertikale Achse durch ein schweres Gewicht stets in der richtigen Lage erhalten wird.

Hierbei soll die Bildebene der Camera stets eine vertikale Richtung behalten.

Wir sind der Ansicht, dass eine entsprechende Montierung einer dem Zwecke angepassten empfindlichen Libelle, welche mitphotographiert würde, namhafte Vorteile bieten müsste. Nicht nur dass man stets die Ueberzeugung hätte, ob die Bildebene vertikal war oder nicht, könnte man auch im letzteren Falle aus dem abgebildeten Ausschlage der Libelle auf die Neigung der Bildebene schliessen, falls die Stellung der Libellenblase im Moment der Vertikalität der Bildebene genau bekannt wäre.

Bei Kenntnis der Neigung der Bildebene können auf Grund bekannter Konstruktionen die Photogramme mit geringer Mehrarbeit zu Rekonstruktionen verwertet werden.

Stative, auf welche das Instrument plaziert werden kann, sind zwei im Gebrauche, je nach dem Orte, wo das Instrument verwendet wird.

Für die Benutzung auf dem Borde eines Schiffes wird ein gewichtiges und massives Stativ, dessen Kopfplatte von vier soliden Füßen getragen wird und die kardanische Aufhängung enthält, benutzt, von welchem die obere Partie in Fig. 4 zur Darstellung kommt.

Um das Instrument auf vorragenden Stellen des Schiffskörpers, auf der Brücke des Schiffes, auf passend gelegener Brüstung etc. zu befestigen, haben sämtliche Füsse kreisförmige Bohrungen, durch welche Metallschrauben durchgeführt werden und so eine gute Verbindung mit dem entsprechenden Schiffsteile herstellen.

Zur Benutzung des Instrumentes auf dem Lande wird ein Stativ benutzt, wie solches bei den vorhergeschilderten Instrumenten vorgeführt wurde.

Zwei bequeme Handhaben gestatten, die ziemlich gewichtige Camera samt Limbus vom Stativen bequem abzuheben.

Dieses Instrument wird nach zwei Modellen gebaut, wovon das erste sehr präzise ausgeführt und ziemlich hoch im Preise zu stehen kommt, während das zweite einfacher ausgestattet ist.

Das Verdienst, ein für Zwecke von photogrammetrischen Aufnahmen auf dem labilen Boden eines Schiffes brauchbares Instrument geschaffen, sowie dasselbe mit jenen Zuthaten versehen zu haben, welche es ermöglichen, aus einem Bilde auf die Orientierung der Bildebene sichere Rückschlüsse zu ziehen, gebührt Paganini.

Wenn auch unsere Bemühungen, zu erfahren, ob das beschriebene Instrument in der Praxis verwendet wird, vergebliche waren und wir nicht in der Lage sind, Positives über seine Brauchbarkeit zu sagen, so sehen wir in dem „Azimutal-Photograph“ Paganini's für genannte Zwecke einen brauchbaren Apparat. Auch können wir uns des Urteils nicht verschliessen, dass bei den vielseitigen maritimen Erwerbungen der seefahrenden Nationen in den verschiedensten Teilen unseres Planeten das Bedürfnis nach Instrumenten sich einstellen muss, welche es ermöglichen, rasch zur bildlichen Darstellung des Küstenverlaufes, der bestehenden Ansiedlungen in den angrenzenden Küstenstrichen zu gelangen, nachdem bekanntermaassen wohl auf Grund vorhandener Karten jener Gebiete erst weitere Operationen ermöglicht werden.

#### 4.

Das neueste Instrument, welches Paganini für Zwecke der Phototopographie konstruierte, führt die Bezeichnung:

„Phototopographischer Apparat Modell 1897 für rasche Aufnahmen im Maasse 1:50 000 und 1:100 000 für militärische Rekognoscierungen und Forschungsreisen“.

Er bemerkte in der auf diesen Apparat bezüglichen Publikation<sup>1)</sup>, dass die Schwierigkeiten, welche bei den topographischen Arbeiten im Maasse 1:100 000 in der Erythräa die Tropenhitze, ferner in Sardinien bei den Aufnahmen im Maasse 1:50 000 die Malaria verursachten, die Konstruktion eines Instrumentes forderten,

<sup>1)</sup> L. P. Paganini, „Apparato fototopografico per levate rapide al 50 000 e 100 000 per ricognizioni militari e per viaggi d'esplorazione (Modelo 1897)“ in „Rivista Marittima“ fasciolo di agosto-settembre 1897.

welches mit der nötigen Raschheit und Genauigkeit in hohen, schwer zugänglichen Gebieten der militärischen Rekognoscierung, sowie dem Forschungsreisenden jene Unterlagen bietet, die für eine gedeihliche Entwicklung der geforderten Arbeiten notwendig erscheinen, aber andererseits eine rasche und unbeschwerliche Transportabilität gestatten.

Nachstehend folgt eine kurze Beschreibung dieses Apparates, welcher in Fig. 5 zur Darstellung kommt.

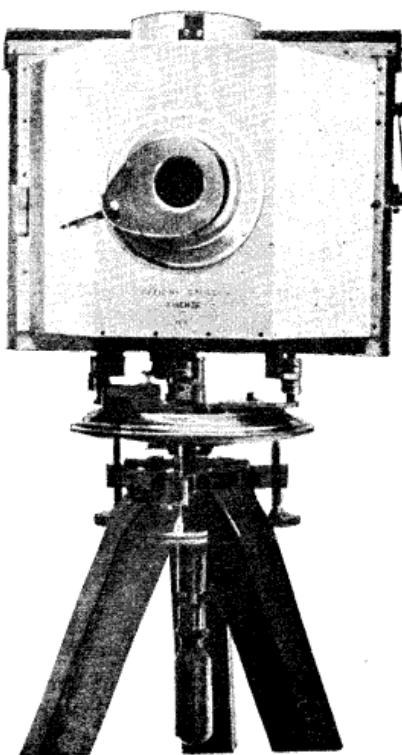


Fig. 5.

Derselbe besteht aus folgenden Teilen:

1. einer Camera obscura,
2. dem Unterbaue (Limbus sammt allen Zuthaten) eines geodätischen Instrumentes,
3. einem soliden Stative,
4. einer Schmalkaldner Bussole als Visier- und Orientierungsvorrichtung.

Die Camera obscura hat die Gestalt eines vierseitigen Prismas und ist des geringen Gewichts wegen aus Aluminium gefertigt. Das eine Ende ist in üblicher Weise mit einer Mattscheibe zur Einstellung des Bildes versehen und besitzt eine solche rechteckige, lichte Oeffnung, dass ein Plattenformat 18×24 verwendet werden kann. — Auch hier sind zwei feine Silberfäden in der Richtung des Horizontes und der Haupt-

vertikallinie gespannt und auf der vorgelagerten Rahmenfläche fixiert.

Das entgegengesetzte Ende der Camera trägt das Objektiv, welches eine ähnliche Einrichtung zur Verstellung besitzt, wie beim Modell 1884 geschildert wurde, und auch entsprechende Teilungen zur Ermittlung der Bildweite.

Das Objektiv selbst ist ein Produkt der weltberühmten Firma Carl Zeiss in Jena; es ist ein Weitwinkel - Anastigmat mit der Brennweite  $f = 182 \text{ mm}$ .

Mit kleinen Blenden giebt das Objektiv winkeltreue Bilder innerhalb eines Kreises von 40 cm im Durchmesser bei einem Gesichtsfelde von  $104^\circ$ , und nachdem bei Benutzung eines Diaphragmas von  $\frac{f}{35}$  ein Rechteck  $20 \times 26$  bedeckt wird, so ist die korrekte Zeichnung des verwendeten Formates  $18 \times 24$  vollends gesichert.

Abweichend von den vorhergehenden Konstruktionen (Modell 1884 und 1890) wird bei dem vorliegenden Instrumente die Platte nicht hoch gestellt, sondern der Breite nach verwendet. Es überwiegt daher der horizontale Bildwinkel, welcher  $67^\circ$  umfasst, den vertikalen um  $14^\circ$ . Es können Höhen- und Tiefenwinkel bis zum Betrage von  $26^\circ 30'$ , zusammen  $53^\circ$  bewältigt werden.

Das Objektiv ruht fix in der Stirnplatte der Camera und ist mit seiner optischen Achse normal zur Bildebene montiert.

Auf der Unterseite der Camera sind drei zusammenlegbare Metallarme befestigt; einer befindet sich in der Richtung der optischen Achse und zwar gegen das Objektiv hin, während die beiden andern in einer Parallelebene zur Mattscheibe gestellt sind.

Auf der Alhidadenplatte sind korrespondierend mit den genannten drei Armen verstellbare Metallplatten angebracht, welche kräftige, senkrecht zur Ebene des Limbus gerichtete cylindrische Ansätze resp. Spindeln von Schrauben tragen, welche von zugehörigen Bohrungen in den drei Armen der Camera aufgenommen werden.

Durch kreisförmige, mit Rändernierungen versehene Metallscheiben, welche, beweglichen Muttern gleich auf die Spindeln aufgeschoben werden können, werden die Metallarme der Camera festgehalten.

Durch diese Einrichtung wird nicht nur eine sichere Verbindung der Camera mit dem Limbus bewirkt und eine grosse Stabilität der Camera erreicht, sondern auch ein gewisser und vollkommen ausreichender Grad von Verstellbarkeit der Camera gewonnen, welche nötig ist, um ge-

wisse Rektifikationen durchführen zu können, als: Horizontierung der optischen Achse der Camera, des Horizontalfadens etc.

Der geodätische Teil des Instrumentes wird in erster Linie von einem Horizontalkreise mit 14 cm Durchmesser gebildet, welcher direkt bis auf  $30'$  geteilt ist. Ein Nonius gestattet Minuten abzulesen, eventuell noch halbe Minuten zu schätzen.

Im Mittelpunkte dieses Kreises ist eine vertikale Achse in einer Bohrung untergebracht, welche mit der Alhidadenplatte ein Stück bildet. Diese trägt Kreuzlibellen zum Vertikalstellen der Achse resp. zum Horizontieren des Limbus, drei Arme mit cylindrischen Ansätzen bzw. Spindeln mit den zugehörigen Schraubenmuttern, sowie den Nonius für die Teilung des Horizontalkreises.

Eine Lupe dient einer bequemeren Ablesung, und weiter sind die üblichen Einrichtungen vorhanden, um der Alhidade mit der Camera rohe und feine Bewegungen im Horizonte erteilen zu können.

Auch bei dieser Konstruktion ruht der Limbus auf drei Stellschrauben, welche durch die Kopfplatte des Stativen hindurchgehen.

Die Stativplatte, in Dimensionen klein, jedoch massiv gehalten, ist aus Metall, trägt eine centrische Bohrung, durch welche eine Herzschraube hindurchgeht und eine sichere Verbindung des Limbus mit dem Stativen bewirkt.

Die drei Stativfüsse, mit der Kopfplatte in üblicher Weise verbunden, können beim Transport von der Kopfplatte abgenommen werden und dienen als Bergstücke.

Auf der Kamera ist eine Schmalkaldner Bussole plaziert, welche um eine vertikale Drehachse kleine Rotationen zulässt. Diese vertikale Drehachse wird nach Möglichkeit in die Verlängerung der vertikalen Drehachse des Instrumentes gestellt.

Die bekannte Visiervorrichtung, welche diese Bussole besitzt, soll eine solche Lage haben, dass die vertikale Visierebene sich mit der Hauptvertikalebene der Perspektive, welche durch den vertikal situierten Silberfaden des Bildebenenrahmens der Camera und die optische Achse des Objektives hindurchgeht, vollends deckt.

## B.

### Apparate für die Ausführung der photogrammetrischen Rekonstruktionen.

Paganini hat nicht nur Instrumente zur Ausführung photogrammetrischer Feldarbeiten konstruiert, sondern sich auch bemüht, zum Aus-

messen der Koordinaten der Bildpunkte für das Auftragen der photogrammetrischen Stationen, die Basis der Aufnahme für die Orientierung der Bildebene zur Grundlinie sowie für die Detailkonstruktionen als Ermittlung der Situation und Höhe der aufgenommenen Punkte die nötigen Behelfe zu schaffen.

Dem Streben nun nach möglichster Vereinfachung dieser bei den Rekonstruktionsarbeiten auftretenden und teilweise sich stets wiederholenden Aufgaben verdanken vier Instrumente ihre Entstehung.

Es sind dies:

1. Ein Strahlenzieher (Rapporatore grafico).
2. Ein Messzirkel.
3. Ein Grapho-Sector (Settore grafico) und
4. Eine Höhen-Vorrichtung (Squadro grafico).

1.

Das erste der angeführten Instrumente bietet eigentlich nichts Neues. Es ist ein Transporteur mit Vollkreis, welcher präzise Winkelauflagerungen erleichtern und beschleunigen soll; zu dem Ende ist er mit notwendigen Zugaben versehen.

Denken wir uns in  $A$  und  $B$  (Fig. 6) zwei triangulierte Punkte, auf deren Verbindungslinie als Basis sich eine photogrammetrische Aufnahme stützen soll, und es sei, wie es in der Figur sowohl im oberen Teile in der isometrischen Projektion und im unteren Teile derselben im Grundriss zur Darstellung gebracht ist, im Punkte  $A$  eine photogrammetrische Aufnahme erfolgt. Der Orientierungswinkel  $w$  wurde mit grosser Schärfe direkt gemessen, die Bilddistanz  $\overline{CQ}$  ist genau bekannt und die Koordinaten einzelner Bildpunkte, z. B. des Punktes  $p$  und zwar  $x$  und  $y$  können in Bezug auf das rechtwinklige Koordinatensystem  $hh$  und  $vv$  aus dem photographischen Bilde entnommen werden.

Mit dem in Fig. 7 abgebildeten Instrumenten werden, wie mit einem Transporteur, bei Anlehnung an die Basis die Orientierungswinkel  $w$  aufgetragen, weiter können auf dem Konstruktionsblatte auch die von den photogrammetrischen Stationen auf geodätischem Wege durch Messung

von Horizontalwinkeln festgelegten charakteristischen Punkte durch präzise Auftragungen von Winkeln und zwar im Schnitte der gezogenen Schenkel erhalten werden.

Das Instrument, Strahlenzieher, besteht aus zwei konzentrischen Ringen  $a$  und  $b$ , wovon der äussere  $a$  fix und der innere  $b$  beweglich ist.

Der äussere Kreisring ist mit einem Lineale  $c$  in fixe Verbindung gebracht, welches bei  $d$  einen

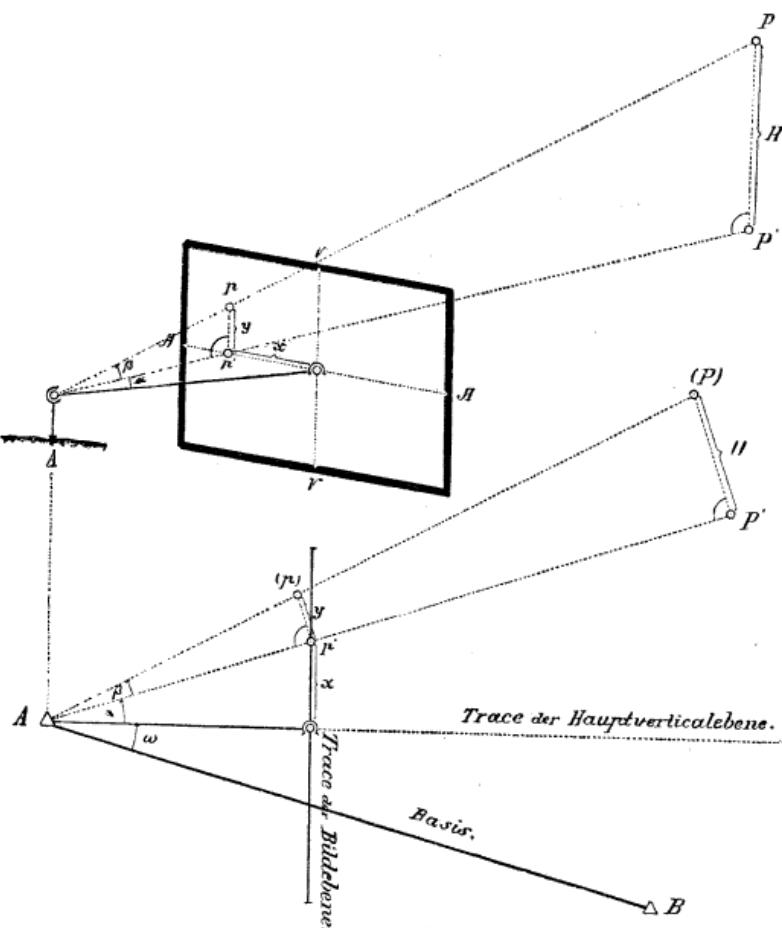


Fig. 6.

kleinen Knopf zum sicheren Erfassen trägt und dessen abgeschrägte, rechtsseitige Kante genau durch den Mittelpunkt der beiden konzentrischen Kreisringe hindurchgeht, so dass dieselbe genau in der Richtung des Durchmessers liegt. Außerdem trägt derselbe einen Nonius  $e$ , welcher, auf der inneren Peripherie situiert, mit dem geteilten Kreise  $b$  spielt. Sein Nullpunkt fällt genau in die abgeschrägte Kante des Lineales  $c$ .

Der innere Kreis  $b$  ist mit einem metallenen Querstücke  $f$  verbunden, welches diametral verläuft. An der Stelle, wo sich die zusammenfallenden Mittelpunkte beider Metallringe befinden, ist eine kreisförmige, durchbrochene Metallplatte  $g$

vorhanden, in deren Durchbrechung eine durchsichtige Platte mit einem eingeritzten feinen Kreuz befestigt ist. Der Schnittpunkt der Geraden des Kreuzes soll mit dem Mittelpunkte der konzentrischen Ringe  $a$  und  $b$  zusammenfallen.

Symmetrisch zu beiden Seiten des Mittelpunktes befinden sich zwei Handhaben  $h_1$  und  $h_2$ , mittels welcher der innere Kreisring gefasst, gegen den äusseren verdreht und auf eine bestimmte Ablesung eingestellt werden kann. — Die Schraube  $i$  des Lineales  $c$  dient zur festen Verbindung der konzentrischen Kreise  $a$  und  $b$ .

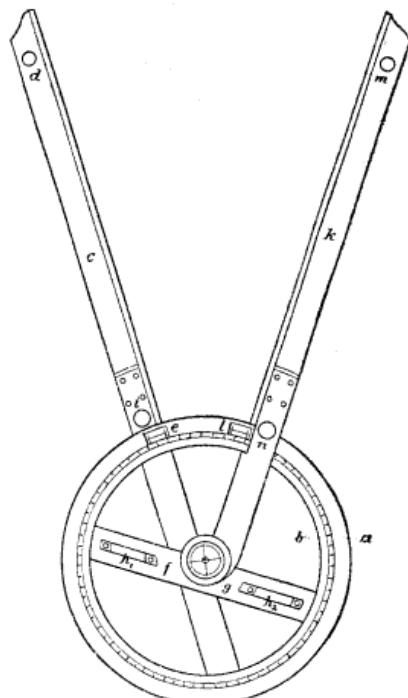


Fig. 7.

Der innere Kreis  $b$  ist direkt in halbe Grade geteilt, und mittels des Nonius  $e$  lassen sich Minuten direkt einstellen bzw. ablesen.

Wird bei gelöster Schraube  $i$  der innere Kreis bei den Handhaben  $h_1$  und  $h_2$  gefasst und verdreht, so kann der Nonius-Nullpunkt des Lineales  $c$  auf eine beliebige Ablesung eingestellt und dann mittels  $i$  fixiert werden.

Auf der Metallplatte  $g$  ist ein Ring aufgeschoben, welcher mit einem Lineale  $k$ , Alhidade genannt, in fester Verbindung steht. Die abgeschrägte, linksseitige Kante desselben geht in ihrer weiteren Verlängerung genau durch den Schnittpunkt des Kreuzes in der Platte  $g$ .

Dieses Lineal  $k$  ist mit einem Nonius  $l$  versehen, welcher, auf der Teilung des inneren Kreises gleitend, die erwünschte Einstellung gestattet. Zur leichteren Bewegung dieses Lineales,

längst dessen abgeschrägter Kante die Bleistift-rayons gezogen werden, ist an seinem äusseren Teile ein Knopf  $m$  angebracht, bei welchem das Lineal gefasst und behutsam verdreht werden kann. Die Schraube  $n$  dient zur festen Verbindung des Lineals mit dem äusseren fixen Ringe.

Dieses Instrument wird von seiten der mechanischen Werkstätte in zwei Modellen ausgeführt, welche sich nicht wesentlich von einander unterscheiden. Das erste Modell stammt aus dem Jahre 1884, während die Ausführung des zweiten in das Jahr 1890 fällt.

Der Gebrauch des Instrumentes liegt auf der Hand.

## 2.

Das zweite Hilfsinstrument ist ein eigener Messzirkel. Für feine Arbeiten hat Paganini einen besonderen Zirkel anfertigen lassen, welcher gestattet, den zwischen seinen äusserst feinen Spitzen gefassten geradlinigen Abstand auf Zehntel-Millimeter mit aller Sicherheit ermitteln zu können. Die Maasszahlen der Koordinaten oder Abstände der auf den Bildhorizont reduzierten Bildpunkte oder auch Vertikalabstände derselben werden vornehmlich für Bildweitenbestimmungen auf diesem Wege bestimmt.

Bei photogrammetrischen Detailarbeiten, Punktbestimmungen, werden die Koordinaten nicht mit dem geschilderten Zirkel ermittelt, sondern zwischen die Spitzen eines gewöhnlichen Zirkels gefasst und auf das Konstruktionsblatt übertragen.

## 3.

Um auf dem Konstruktionsblatte den Visierstrahl nach einem Punkte des aufgenommenen Gebietes zu erhalten, wird die Abscisse  $\overline{p'\Omega} = x$  (Fig. 6) des Bildpunktes vom Hauptpunkte  $\Omega$  in entsprechender Richtung aufgetragen, an den erhaltenen Punkt  $p'$  im Grundriss und an die Station  $A$  das Lineal angelegt und der gewünschte Visierstrahl  $\overline{AP'}$  gezeichnet.

Diese stets sich wiederholende Arbeit suchte Paganini durch ein Instrument zu erleichtern.

Der Grapho-Sektor (Fig. 8) zeigt folgende Einrichtung. Ein Kreissektor  $a b c$  aus Metall hat bei  $c$  seinen Mittelpunkt und  $a b$  stellt dessen Bogen dar, im vorliegenden Falle ein Peripheriestück, welches ungefähr dem Zentriwinkel von  $\varphi = 50^\circ$  entspricht. Es ist dies ein Winkel, welcher grösser ist als der horizontale Bildwinkel der Platte des photogrammetrischen Apparates.

Wenn  $A$  die Bildweite,  $s$  die Länge der rechteckigen Platte darstellt, so ist:

$$\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = \frac{s}{2A}, \text{ resp. } \operatorname{tg} \varphi = \frac{4sA}{4A^2 - s}.$$

Dieser Sektor ist nicht massiv, sondern entsprechend durchbrochen, um nicht allzu gewichtig zu sein.

Mit Hilfe des Knopfes *c*, welcher mit seiner feinen Nadel genau im Mittelpunkte des Bogens liegt, kann der Sektor zentrisch auf die Station des photogrammetrischen Apparates plaziert werden. Die drei peripherischen Schrauben *d*, *e* und *f* mit feinen Nadeln dienen zur Fixierung des Sektors auf seiner Unterlage.

Parallel zum mittleren Radius des Sektors *ec* im Abstande, welcher etwas grösser ist als die halbe Plattenlänge  $\frac{s}{2}$ , sind zwei Metallleisten *g* und *h* angebracht, welche direkt in Millimeter geteilt sind.

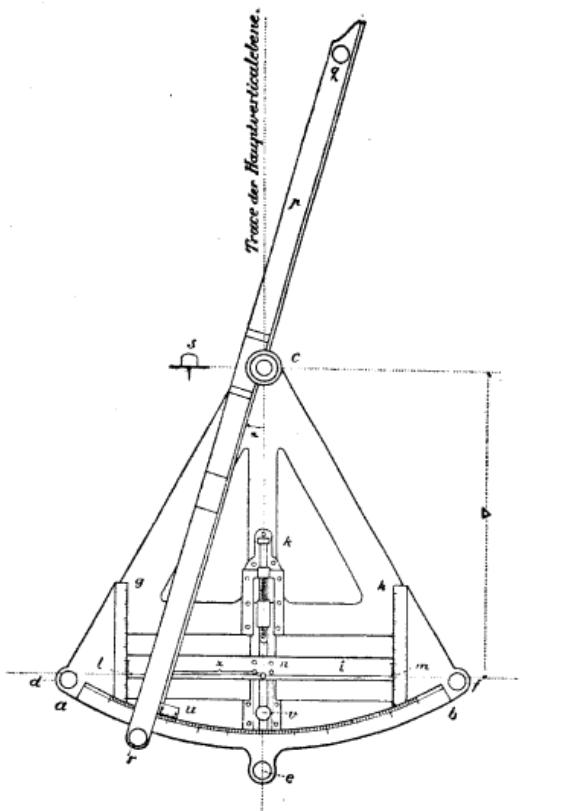


Fig. 8.

Eine Querschiene *i* ist derart auf der mittleren Leiste *ec* des Sektors montiert, dass dieselbe senkrecht zum Mittelradius steht und mittels einer Mikrometerschraube *k* achsial verstellt werden kann. Das rechts- und linksseitige Ende dieser Querschiene reicht bis zu den geteilten Leisten *g* und *h*, längs welchen die gut gearbeiteten Flächen ohne besondere Reibung gleiten können. Ausserdem tragen die Enden dieser Querleisten Nonien, mittels welchen eine Verschiebung in radialer Richtung bis auf Zehntel-Millimeter angegeben werden kann, wobei eine besondere Sorgfalt auf die Beseitigung der parallaktischen Erscheinung verwendet wurde.

Bei einer bestimmten Stellung der Querschiene *i* hat die eingerissene Linie derselben  $\overline{lm}$  von dem Nullpunkte *n* einen gewissen Abstand *t*, welcher vom Mechaniker gegeben wird. Dieser Abstand *t* wird bei praktischer Ausführung von Rekonstruktionen gleich der Bildweite *A* des verwendeten photogrammetrischen Apparates gemacht, und stellt die eingerissene Gerade  $\overline{lm}$  gleichsam die Trace der vertikal stehenden Bildebene dar.

Um den Sektormittelpunkt *c* ist ein Lineal *p* drehbar angebracht. Dasselbe lässt sich mit Hilfe des Knopfes *q* fassen und verstellen; die Schraube *r* ist mit einer feinen Nadel versehen und gestattet, das Lineal in einer erwünschten Lage festzuhalten.

Die rechtsseitige, durch den Sektormittelpunkt gehende Kante des Lineals ist abgeschrägt, und können längs derselben feine Bleistiftstriche als Visierstrahlen gezogen werden.

Ein Nonius *u* spielt auf der Teilung des Segments *ab* und giebt die Winkellosungen bis auf eine Minute.

Die früher erwähnte in der Querschiene *i* fein eingerissene Linie  $\overline{lm}$  stellt die Verbindungsgerade der Nullpunkte der rechts und links gelegenen Nonien; vom Nullpunkte *n* dieser Geraden werden die vom Bilde abgegriffenen Abscissen *x* mit Hilfe eines Zirkels angelegt und an die Zirkelspitze, welche dem Bildpunkte die Lage im Horizonte zuweist, die Kante des Lineals *p* angeschoben. Hierdurch erhält die abgeschrägte Kante des Lineals, die richtige Lage des Sektors vorausgesetzt, jene Richtung, welche nach dem Detailpunkte weist, und am Nonius des Lineales kann direkt der Winkel *x* abgelesen werden, welchen der Visierstrahl mit der Hauptvertikalebene bildet.

Der Gebrauch des Instrumentes ist der folgende: Man stellt den Grapho-Sektor mit seinem Mittelpunkte *c* zentrisch über die Station und den Mittelradius  $\overline{ce}$  genau über die Trace der Hauptvertikalebene des Photogrammes.

Die angerissene Gerade  $\overline{lm}$  wird mittels der Mikrometerschraube *k* auf die Bildweite *A* gestellt und die Schiene *i* mittels der Schraube *v* fixiert.

Nun wird die Abscisse *x* des Detailpunktes *p*<sup>1</sup> aus dem Photogramme abgegriffen, vom Mittelpunkte *n* der Geraden  $\overline{lm}$  auf die entsprechende Seite aufgetragen und die abgeschrägte Linealkante an die äussere Zirkelspitze angeschoben. Wird nun mit einem Bleistifte eine Linie längs der Abschrägung gezogen, so hat man schon den

verlangten Visierstrahl, welcher durch die Situation  $P'$  des betreffenden Punktes  $P$  gehen muss. Weiter kann erwünschten Falls auf dem Segmente  $ab$  auch der Horizontalwinkel  $\alpha$ , das Azimut des Punktes, abgelesen werden.

4.

Die Höhe eines Punktes kann durch Umlegung zweier ähnlichen Dreiecke  $Cp'p$  und  $CP'P$  (Fig. 6) erhalten werden.

Es werden hierbei auf die Gerade  $\overline{CP'}$  im Grundriss und zwar in den Punkten  $p'$  und  $P'$  Senkrechte gezogen, von  $p'$  aus auf diese Senkrechte die aus dem Photogramme entnommene Ordinate  $y$  aufgetragen, wodurch der umgelegte Punkt ( $p$ ) erhalten wird.

Zieht man den umgelegten Visierstrahl  $\overline{C(p)}$ , verlängert die im Punkte  $P'$  errichtete Senkrechte bis zum Schnitte mit der umgelegten Ge-

Zwei Läufer  $k$  und  $l$  erhalten durch die Führungen die erwünschte Verbindung mit dem Lineale  $bc$  und können in demselben sicher hin- und herbewegt werden.

Jeder der beiden Läufer trägt eine Schraube  $m$  und  $n$ , welche die Verbindung mit dem Lineale  $bc$  besorgt.

Mit den Läufern sind zwei geteilte Lineale verbunden, deren Längskanten senkrecht zum Winkelschenkel resp. Lineal *b* gerichtet sind

Das eine dieser Querlineale  $q$  ist derart angebracht und eingerichtet, dass es unter den Winkelarm  $a c$  zu liegen kommt; eine Schraube, deren Muttergewinde im Lineale  $p$  sich befindet, geht durch einen Schlitz des Winkelarmes  $a c$  und dient zur fixen Verbindung beider Teile. Eine Abschrägung auf der gegen den Winkelscheitel  $c$  gelegenen Kante dieses Querlineales dient zur schärferen Einstellung desselben auf einen gegebenen Punkt der Bildtrace.

Das zweite mehr gegen den Winkelscheitel  $c$  gestellte Querlineal  $p$  ist dasjenige, welches mit seiner Abschrägung auf die Projektion des Raumpunktes  $P^1$ , also die Situation, angelegt wird.

Während auf dem Lineale  $q$  die Ordinate  $y$  eingestellt wird, kann auf der Teilung des Querlineales  $p$  unmittelbar die relative Höhe des Punktes über dem Horizonte der Photographie

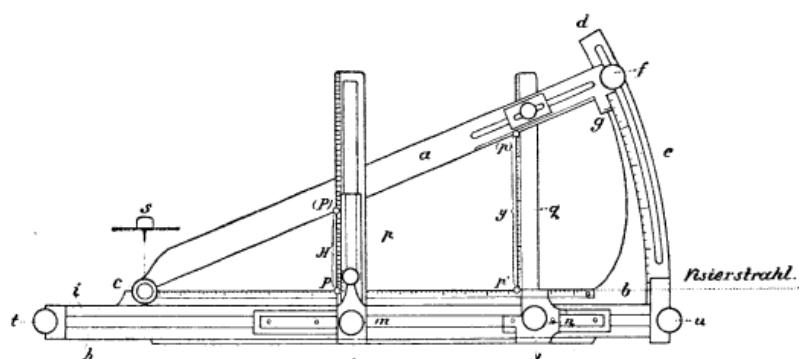


Fig. 9

raden, so ergibt sich ein Punkt ( $P$ ). Die Länge  $\overline{P(P)}$  stellt nun die gesuchte relative Höhe des Punktes  $P$  über dem Horizonte der Station dar.

Es ist nicht zu leugnen, dass die wiederholte Ausführung der Umlegung nicht nur zeitraubend, sondern auch höchst ermüdend ist.

Dem soll nun durch das in Fig. 9 dargestellte Instrument, welches mechanisch diese Arbeit besorgt, abgeholfen werden.

Zwei Metalllineale  $ac$  und  $bc$  sind zu einem Winkel miteinander verbunden. Ein geteilter Bogen  $bd$  ist mit einem Schenkel  $bc$  fix verbunden, besitzt einen Schlitz  $e$ , in welchem eine Schraube  $f$  des Schenkels  $ac$  sich befindet.

Bei angezogener Schraube sind die beiden Lineale fest miteinander verbunden.

Ein Nonius  $g$  des Schenkels  $ac$  (Alhidade) gestattet, die Neigung der beiden Schenkel bis auf eine Minute zu regeln.

Mit dem Metallarme  $bc$  sind zwei Metalleisten  $h$  und  $i$  in Verbindung, welche, entsprechend ausgestattet, als Führungen dienen.

abgelesen werden.

Aehnlich wie beim Grapho-Sector ist auch hier eine eigene Nadel  $s$  vorhanden, welche durch den Scheitel  $c$  des Winkels auf die Station eingeführt wird und so den ganzen Apparat zentriert erhalten soll.

Die beiden Schrauben des Lineals  $t$  und  $u$  dienen gleichfalls einer Feststellung der ganzen Vorrichtung.

Der Gebrauch des vorstehenden Instrumentes ist der folgende:

Der Apparat wird mit seinem Scheitel  $c$  über die Station z. B.  $A$  gebracht, zentriert; nun wird die innere Kante des Winkelschenkels  $cb$  auf den Visierstrahl  $\overline{Ap^1}$  resp.  $\overline{A\mathcal{P}^1}$  des Detailpunktes angeschoben, die beiden Läufer mit ihren Linealen so verstellt, dass die Nullpunkte ihrer Teilungen über die Punkte  $p^1$  bzw.  $P^1$  zu liegen kommen. Indem nun die innere Kante des beweglichen Schenkels  $ac$  auf dem Lineale  $q$  des Läufers  $l$  auf die abgegriffene Ordinate  $y$  gestellt wird,

weist die erwähnte Kante auf dem Lineale  $p$  des andern Läufers  $k$  an jene Stelle seiner Kante, auf welcher die Höhe des Detailpunktes über dem Horizonte der Photographie direkt abgelesen werden kann. Wie man sieht, ist die Handhabung des Instrumentes eine ganz einfache.

Zum Schlusse unserer Abhandlung wollen wir auch der Firma gedenken, welche mit Lust und Verständnis auf die Intentionen Paganini's eingegangen ist und in den behandelten Instrumenten eine Reihe wichtiger Hilfsmittel für die Photogrammetrie geschaffen hat. Es ist dies die „Officina Galileo“ zu Florenz, welche Eigentum des Ingenieurs G. Martinez & Co. ist.

Ferner möchten wir bei dieser Gelegenheit auf einen Punkt hinweisen, welcher in sehr vielen Preislisten nicht vertreten ist. Wir sind nämlich der Ansicht, dass auch das Gewicht der Instrumente in der Zusammenstellung derselben in einer separaten Rubrik nicht fehlen sollte, wie es in lobenswerter Weise bereits einige deutsche Firmen stellenweise zu machen begonnen haben; denn die Kenntnis des Gewichtes eines zu erwerbenden

Instrumentes interessiert den Käufer auch in gewisser Richtung.

\* \* \*

Wir können unsere Arbeit nicht schliessen, ohne Paganini's Thätigkeit im Dienste der Photogrammetrie mit einigen Worten zu würdigen.

Es ist unzweifelhaft, dass die Photogrammetrie Paganini Vieles dankt. Vor allem war er es, welcher ihre Verwendung für topographische Aufnahmen des Hochgebirges rationell anbahnte und sie zum officiellen Hilfsmittel des Topographen im militär-geographischen Institute zu Florenz machte.

Seine photogrammetrischen Instrumente, eine Frucht seines vieljährigen, eifrigen Studiums, zeugen von dem feinen Verständnis für den Instrumentenbau und bewähren sich in der Praxis. Seine Hilfsapparate für die Detailkonstruktion erleichtern in hohem Maasse die sonst monotonen und zeitraubenden Rekonstruktionsarbeiten.

Möge Paganini's Thätigkeit auf dem Gebiete photogrammetrischer Forschung nicht nur bei seinen Compatrioten, sondern auch über die Grenzen Italiens hinaus wohlverdiente Würdigung finden!