

Sitzungsberichte

der

königl. bayer. Akademie der Wissenschaften
zu München.

Jahrgang 1863. Band II.

München.

Druck von F. Straub (Wittelsbacherplatz 3).

1863.

In Commission bei G. Franz.

1333, 2

53 4

Herr Steinheil sprach

„Ueber photographische Triangulation und Vermessung“.

Es ist leicht zu sehen, dass man die Photographie zu Distanzbestimmungen benutzen kann. Denn denkt man sich an einem Maasstabe etwa von 6 Fuss Länge an beiden Enden gleiche Photographen-Apparate mit ihren optischen Axen genau unter sich parallel und senkrecht zum Maasstabe, der hier die Stelle der Basis vertritt, befestigt, so erhält man 2 Abbildungen derselben Gegend, aber aufgenommen aus 2 um 6 Fuss von einander entfernten Punkten. Ist nun die Richtung der optischen Axe jedes Apparates durch eine senkrechte Linie auf der präparirten Glasplatte angezeichnet, so tritt ein Unterschied im Abstand von dieser Linie für jedes Objekt hervor, wenn man die beiden photographischen Bilder mit einander vergleicht. Gesetzt ein Objekt treffe in der einen Photographie genau in die Linie, so wird in der andern Photographie dieses nämliche Objekt seitlich von der Linie abgebildet erscheinen. Diese Entfernung ist aber in der Wirklichkeit 6 Fuss, weil diess der Abstand der zu einander parallel gerichtete Objectiv der beiden Camera ist. Würde man nun den Abstand des Bildes von der Senkrechten in Linien messen und ebenso die Brennweite des Objectives, so ergäbe sich daraus unmittelbar die Entfernung des Objectes. Denn es sei der Abstand des Bildes von der Senkrechten = δ
 der Abstand der Mittelpunkte beider Objective . . . = Δ
 die Brennweite des Fernrohres = l
 die Entfernung des Objectes = L
 so wäre:

$$l : \delta = L : \Delta \text{ oder}$$

$$L = l \frac{\Delta}{\delta}.$$

Da aber l und $\angle$ für alle Messungen denselben Werth behalten, so hätte man nur die aus den 2 Photographieen abgeleiteten δ in diesen Faktor $l \angle$ zu dividiren, um die entsprechenden Entfernungen L zu finden.

Was nun die Genauigkeit betrifft, so hängt diese vorzüglich von 2 Grössen ab, 1) der Länge der Basis, die wir beispielsweise 6 Fuss setzten, und 2) von der Genauigkeit, mit welcher man aus den Photographieen δ entnehmen kann. Gesetzt wir könnten δ auf $\frac{1}{100}$ seiner Grösse noch sicher entnehmen, so wäre der Abstand ebenfalls auf $\frac{1}{100}$ sicher gefunden. Die Grösse des Photographenapparates hat keinen direkten Einfluss hierauf, wenn man annimmt, dass der kleinere Apparat dieselbe Angulärschärfe im Bilde besitze, wie der grosse. Um diess plausibel zu machen, erinnere ich nur an die kleinen englischen Photographieen, die kaum 1 Millimeter im Durchmesser haben; aber unter ein gutes Mikroskop gebracht, in diesem Bilde 10 Figuren zeigen, die so genau abgebildet sind, dass man noch den Lichtreflex in den Augen erkennen kann. Die Genauigkeit ist also innerhalb gewisser Grenzen unabhängig von der Grösse der Abbildung und lässt sich daher auch mit kleinen Apparaten erzielen.

Wollte man aber auch grössere Entfernungen noch genau bestimmen, so müsste man offenbar die Basis vergrössern. Dann wäre es aber nicht mehr ausführbar, die Apparate an einem Maasstabe zu befestigen, sondern man müsste jede Camera mit einem senkrecht zur optischen Axe stehenden Fernrohr verbinden und dann diese Fernrohre gegen einander durch Drehen der einen Camera richten, um sie parallel zu stellen.

Man sieht auch gleich, dass für diesen Fall nicht zwei Apparate nöthig wären, sondern dass derselbe Apparat erst auf einer Station benutzt würde, dann auf der andern, wobei nur jedesmal das Hülf fernrohr auf den andern Stations-

punkt eingestellt werden müsste. Es würde also ein Apparat genügen, wenn man den Abstand der beiden Aufstellungen als Basis der Messungen selbst messen würde. Dieser kann so gross gemacht werden, als es die genaue Bestimmung des grössten Abstandes erfordert.

Da wir somit im Stande sind, Entfernungen beliebig genau zu bestimmen und zwar nicht nur die eines Punktes, sondern aller Punkte, die in beiden Photographieen sichtbar werden, so liegt der Gedanke sehr nahe, diese Methode auch dazu zu benutzen, die Azimute und die Höhen der verschiedenen Punkte ebenso zu bestimmen. Denn wenn wir dieses vermöchten, so wären die 3 Elemente gegeben, welche man nöthig hat, um von einem seiner Lage nach bekannten Punkte auf der Erde die geographische Lage der anderen Punkte abzuleiten. Wir hätten also eine graphische Methode des Triangulirens, welche in sehr vielen Fällen der grossen Zeitersparniss wegen von Nutzen sein kann.

Aber die erste Schwierigkeit, welcher wir hiebei begegnen, ist, dass die Photographenapparate nur Tangentialprojectionen der aufgenommenen Gegend liefern, wobei also der Maasstab gegen den Rand des Bildes hin immer grösser wird. Dieser Uebelstand liesse sich durch Rechnung beseitigen, nicht aber der weitere, dass die Deutlichkeit des Bildes gegen den Rand hin immer geringer wird, und dass man kaum $\frac{1}{8}$ des ganzen Umfanges auf ein Bild bringen könnte, also wenigstens 8 Aufnahmen machen müsste, um eine ganze Rundschau zu fixiren.

Wir müssen also jetzt zuerst einen Photographenapparat angeben, welcher auf einem planen Spiegelglase wenigstens $\frac{1}{4}$ des Umkreises in gleichem Maasstabe und mit gleicher Schärfe aufzunehmen gestattet, und werden dann einen zweiten Apparat bezeichnen, der bestimmt ist, aus den gewonnenen Photographieen die Entfernungen, Azimute und Höhen aller einzelnen Punkte zu entnehmen.

Denken wir uns ein Fernrohr ohne Okular nach dem Horizont gerichtet und drehbar um eine Verticalaxe, die genau durch den Gauss'schen Hauptpunkt des Objectives geht, so wird dieses Fernrohr bei obiger Drehung das Bild des Horizontes auf einer Cylinderfläche zeigen, deren Krümmungshalbmesser genau gleich ist der Brennweite des Objectives. Auf dieser Cylinderfläche wird keinerlei Verschiebung des Bildes stattfinden, aber man wird nur das vom Bilde übersehen, was die Oeffnung der letzten Blendung des Rohres zu sehen gestattet. Das Bild würde sich auch völlig richtig auf einem Planglase abbilden, wenn letzteres sich an dem Cylinder abwickelte und stets in der Axe des Objectives den Cylinder tangirte. Wir haben also nur die präparirte Glasplatte in einem Schlitten anzubringen, der sich mit Hülfe von Abwicklungskreis und Verzahnung stets richtig anlegt, um das Bild des ganzen Quadranten durch allmähliges Fortrücken der Drehung des Objectives zu erhalten.

Hiermit ist die Idee des Instrumentes im Allgemeinen gegeben. Betrachten wir jetzt seine Construction näher, die zu bewirken hat, dass bei der Abwicklung des Glasträgers keinerlei Verschiebung stattfindet, weil die Deutlichkeit der Photographie um Grössen derselben Ordnung benachtheiligt würde.

Der Fuss des Instrumentes ist eine Metallplatte, die durch 3 darunter befindliche Fusschrauben horizontal gestellt werden kann.

Die Platte hat die Form eines Quadranten, gezogen mit der Brennweite als Radius. Die Platte setzt aber auf der kreisförmigen Seite noch fort um Auflage für den Schlitten oder Träger der Glassplatte zu gewinnen. In dem Winkel des Quadranten geht die senkrechte Axe durch die Platte,

welche das Objektiv trägt, das photographiren soll. Das Objektiv ist so in die obere Erweiterung des Zapfens eingeschraubt, dass seine optische Axe parallel steht zur Fussplatte, wenn die Axe in der Fussplatte eingesetzt ist. An dieser Erweiterung der Axe ist ein 4-eckiger Kasten von Messingblech befestigt, der dem Objektiv als Camera dient und im Innern geblendet ist. Dieser 4-kantige Kasten ist beim Objektiv nur etwas weiter als das Glas verlangt. Er wird aber bis zum Brennpunkt 4 Objektivdurchmesser hoch und nur $\frac{1}{2}$ Objektivdurchmesser breit. Die obere Fläche des Kastens setzt noch $\frac{1}{2}$ Objektivdurchmesser fort und geht dann senkrecht herab bis nahe an die Fussplatte, wo sie horizontal abgebogen ist und einen horizontalen gezähnten Trieb trägt, der auf der Fussplatte aufsteht.

Nur um das bisher gesagte anschaulich zu machen, bemerke ich, dass, wenn man diesen Trieb auf der Fussplatte fortschiebt, der Blechkasten mit dem Objektive und dessen Zapfen drehen würde, wobei nur der Objektivzapfen und der Trieb die Fussplatte berühren.

Jetzt ist der Schlitten oder Träger der Glasplatte zu beschreiben, der sich so bewegen soll, dass die dem Objektiv zugekehrte Seite des Planglases immer genau in der Ebene des Bildes des Objectives liegt und dabei nicht hin und her gleiten darf. Um erst für diesen Schlitten eine Führung zu gewinnen, die die kleinsten Abstände des Glases vom Objektiv in allen Lagen gleich macht, ist auf die Fussplatte ein Viertel-Kreisbogen aufgeschraubt, der genau centrisch zum Objektivzapfen abgedreht ist. Der Radius dieses Bogens ist genau gleich der Brennweite des Objectives. Der Träger der Glasplatte hat 1.6 Brennweite Länge und besteht aus einer linealförmigen Metallplatte von gleicher Dicke mit dem aufgeschraubten Viertel-Kreisbogen. Auf der einen Längseite der Platte ist ein Metallrahmen senkrecht aufgesetzt, in welchen sich die präparirte Glasplatte so hinein schiebt,

dass ihre präparirte Seite nur am Rande berührt und durch Federn in diese Lage angedrückt wird. Die Schlittenplatte hat auf beiden Seiten ihrer Längenkanten Zahnstangen aufgeschraubt. Ebenso ist auf den Viertel-Kreisbogen ein gezahnter Kreis aufgeschraubt in der Art, dass der Viertel-Kreis den Abwicklungskreis dieser Zähne bildet. Dasselbe gilt für die Zahnstangen, die so auf die Schlittenplatte angesetzt sind, dass die Linealkante ihre Abwickelungsfläche ist. Nehmen wir jetzt den Blechkasten mit Objektiv und seinem Drehungszapfen von der Fussplatte ab, und setzen wir den Glasplattenträger so auf die Fussplatte, dass seine Mitte auf die Mitte des Viertel-Kreises kommt, so werden die Zähne von Träger und Kreisbogen in einander eingreifen, wenn der Träger gegen den Viertel-Kreis hin geschoben wird. Er kann aber nicht weiter geschoben werden als bis zur Berührung der Abwickelungsflächen des Viertel-Kreis und des Trägers. Jetzt setzen wir den Blechkasten wieder auf die Fussplatte über den Glasplattenträger und bewirken wir, dass das Andrücken des Plattenträgers durch den Trieb geschieht, der am Ende des Blechkastens steht, so ist der Apparat zusammengesetzt und ein Umdrehen des Triebes, der nun auch in die Schlittenplatte eingreift, wird bewirken, dass die präparirte Glasplatte die verlangte Bewegung macht.

Wir haben nun noch die Vorrichtung anzugeben, welche die präparirte Platte vor Einwirkung anderen Lichtes schützt, als das vom Objektiv kommende.

Diese Einrichtung ist sehr einfach und besteht in den zwei beim Brennpunkt nahezu rechtwinklich abgelenkten Seitenflächen des Blechkastens, die nach jeder Seite hin so lang als die Glasplatte, nur etwas höher sein müssen, und sich an den Rahmen der Glasplatte anlegen und so das Einfallen des Tageslichtes während des Ganges des Apparates, also während der Aufnahme des Bildes abhalten.

Bei Anwendung des Apparates ist so wie bei Messungen

überhaupt möglichst feste Aufstellung zu empfehlen. In Rücksicht darauf sind die Fusschrauben zum Festklemmen eingerichtet. Eine besonders elegante Anwendung ergibt sich, wenn die Verhältnisse gestatten, die 2 Aufnahmen übereinander zu machen, also etwa bei Benützung von Thürmen, wo man natürlich den Höhenunterschied der beiden Stationspunkte zur Basis macht. In jedem Falle muss der Apparat genau nivellirt werden und es muss auf der Glasplatte der Horizont als feine Linie angezeichnet sein, von welcher aus die Höhen zu rechnen sind. Man darf aber nicht vergessen, dass die Höhen in Tangentialprojektionen aufgenommen sind und dass die Refraktion berücksichtigt werden muss.

Wenn die beiden Stationspunkte übereinander liegen, so ergibt sich die Entfernung des Objektes aus dem Höhenunterschiede desselben Gegenstandes auf beiden Photographieen und es fällt das Einvisiren der Stationen gegen einander hinweg, indem die Absehenslinien durch das Niveliren des Apparates auf beiden Stationen parallel gemacht werden.

Um aus den Photographieen, die in solcher Weise gewonnen werden, die Entfernungen der Objekte, ihre Azimute und Höhen abzuleiten, ist, wie schon erwähnt, ein besonderer Apparat erforderlich.

Dieser Apparat besteht im Wesentlichen aus einem guten starken Mikroskop, welches sich in zwei aufeinander rechtwinklichten Richtungen messbar verstellen lässt. Die Verstellung in horizontaler Richtung muss so lang sein, als die Photographenplatte; die Höhenverstellung muss gleich sein der Breite oder Höhe der Photographie. Die Theilung auf beiden rechtwinklichten Schienen soll $\frac{1}{1000}$ ''' geben und es ist für die Rechnung sehr bequem, die Theilung der genau ermittelten Brennweite dem Objektiv genau anzupassen, so dass sie unmittelbar Grade und Minuten giebt. Ein guter

Drehbank-Support könnte direct als eine solche Coordinaten-Maschine verwendet werden.

Das bisher Gesagte wird für den Sachverständigen genügen, daher wir die Aufgabe hier nicht weiter verfolgen, sondern uns vorbehalten, bei der Vorlage solcher Messungen darauf zurückzukommen.

Der Herr Classensekretär berichtete über folgenden von Herrn Treviranus in Bonn (ausw. Mitglied der Akademie) eingesendeten Aufsatz:

„Wie entsteht die sogenannte Oberhaut der Saamenschale (testa seminis)?“

Malpighi, indem er an zahlreichen Beispielen nachzuweisen suchte, in welcher Art im lebensfähigen Pflanzenei die Umhüllungen des Embryo in die Häute des reifen Saamen übergehen und welche Veränderungen sie dabei erleiden, hat unter denen, welche in jüngster Zeit die Bildungsweise des Saamen aus seinen Anfängen darstellten, wenig Nachfolger gefunden. Kaum bekannt mit dem, was jener, und unvollkommen mit dem, was Mirbel, Brown, Brongniart, Dutrochet darüber geschrieben haben, neben deren Arbeiten ich auch wohl der meinigen erwähnen darf, beschränkte man sich in eigenen Untersuchungen meistens auf das erste Erscheinen der Eihäute und des Embryo, indem man rücksichtlich der weiteren Veränderungen grösstentheils Mirbel folgte. Es ist aber nicht zu bezweifeln, dass dieser vorzügliche Mann gewandter im Darstellen, als glücklich im Erkennen, der gegen fremde Meinungen sich keineswegs verschloss, bei längerem Leben Manches in seinen Ansichten würde geändert haben. Seine Bezeichnung der Häute des Ei's durch die Folge, worin sie sich von Aussen nach Innen darstellen, kann, wie ich zu zeigen versucht habe und wie Dutrochet anerkennt, der ihr