

Oberleutnant E. v. Orels Stereoautograph als Mittel zur automatischen Herstellung von Schichtenplänen und Karten.

Besprochen von Prof. Dr. Ed. Brückner.

(Mit 5 Figuren im Texte und 3 Tafeln.)

In der Fachsitzung der k. k. Geographischen Gesellschaft am 13. Februar 1911 sprach Herr Oberleutnant E. Ritter v. Orel vom k. und k. Militärgeographischen Institut in Wien über einen von ihm erfundenen und von der Firma Carl Zeiss in Jena ausgeführten Apparat, der gestattet, aus zwei nach den Regeln der Stereophotogrammetrie aufgenommenen Photogrammen direkt und automatisch die Karte des photographierten Gebietes zu zeichnen. An einem der anschließenden Tage erfolgte die Besichtigung des Apparates im k. und k. Militärgeographischen Institut. Die Erfindung Herrn v. Orels ist von größter Bedeutung und dürfte auf dem Gebiete der Kartographie eine Umwälzung hervorrufen. Das veranlaßt uns, auf seinen Vortrag und seinen Apparat hier ausführlicher einzugehen, als es im Rahmen der Berichte über die Sitzungen der Gesellschaft üblich ist.

E. v. Orels Stereoautograph knüpft an den von Dr. C. Pulfrich konstruierten Stereokomparator an. Zu seinem Verständnis ist eine kurze Darlegung der Prinzipien der Stereophotogrammetrie notwendig; wir geben hier eine solche, teilweise in Anlehnung an den Vortrag des Herrn v. Orel.

Bekanntlich empfängt jedes der beiden Augen des Menschen infolge der Perspektive ein etwas verschiedenes Bild der Umgebung. Diese perspektivische Verschiebung wird um so stärker, je größer der Abstand beider Augen voneinander ist. Ersetzt man nun jedes der Augen durch eine photographische Kamera, so kann man mit diesen beiden Apparaten von zwei Punkten aus, die um ein weites Stück voneinander abstehen, von derselben Gegend Bilder gewinnen, die die perspektivische Verschiebung außerordentlich prägnant zum Ausdrucke bringen. Besitzen dabei

beide photographischen Apparate die gleiche Brennweite und waren sie bei der Aufnahme so orientiert, daß ihre Bildflächen in einer Vertikalebene lagen, so geben die beiden Bilder durch ein Stereoskop betrachtet nicht nur ein ausgezeichnet plastisches Bild, sondern gestatten auch direkt die Entfernung der einzelnen abgebildeten Objekte, der Bergspitzen, Kirchtürme, Talrunsen usf. von der Vertikalebene zu bestimmen, in der die photographischen Platten bei der Aufnahme lagen. Hierzu muß, abgesehen von der Brennweite, nur der Abstand der Standpunkte der beiden photographischen Kameras bei der Aufnahme, d. i. die Länge der sogenannten Standlinie oder Basis, genau bekannt sein.

Die beistehende Fig. 1 möge das erläutern. Hier sind O_1 und O_2 die Brennpunkte zweier vollkommen gleich gebauter photographischer Apparate, deren Bildflächen in einer Ebene liegen. Ihre optischen Achsen sind genau parallel zueinander nach einem unendlich fernen Punkt M gerichtet. Der Abstand der Apparate, bzw. ihrer Brennpunkte voneinander ist durch die Linie b , die Basis- oder Standlinie der stereophotogrammetrischen Aufnahme, gegeben. Die Negative, die mit Hilfe der Kameras gewonnen werden, liegen in der Entfernung der Brennweite (f) hinter den Punkten O_1 und O_2 . Wir ersetzen in unserer Zeichnung diese Negative durch Positive, die sich im gleichen Abstände f vor den Punkten O_1 und O_2 befinden.¹⁾ Diese Positive sind

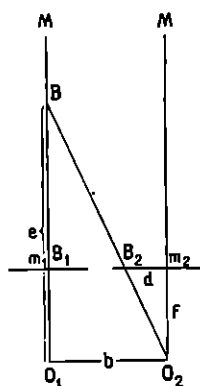


Fig. 1.

durch die kurzen Geraden, die senkrecht auf den Strahlen $O_1 M$ und $O_2 M$ stehen, dargestellt. Die Bilder des unendlich weit entfernten, in der Verlängerung der optischen Achsen der Apparate gelegenen Punktes M , d. i. die Bildpunkte m_1 und m_2 , fallen dann genau in die Zentren der Aufnahmen, in den sogenannten Hauptpunkt jedes Bildes. Es befinde sich nun in geringerer Entfernung in der Landschaft ein Punkt B , z. B. der Gipfel eines Berges, der von O_1 gesehen genau in der Richtung von M , d. h. in der Richtung der optischen Achse des linken photographischen Apparates erscheint. Das Bild B_1 des Punktes B fällt infolgedessen im linken Apparat genau auf die Stelle des Bildes des

¹⁾ Der Verlauf der Projektionsstrahlen ist hierbei genau der gleiche.

Punktes M , d. h. in den Hauptpunkt der Aufnahme. Im Bild des rechten Apparates ist das nicht der Fall. Hier liegt der Bildpunkt B_2 links vom Bildpunkte m_2 . Der Abstand ist durch die Strecke d gegeben, die uns die seitliche perspektivische Verschiebung, die sogenannte stereoskopische Parallaxe des Punktes B darstellt. Diese Parallaxe läßt sich direkt auf dem Positiv des rechten photographischen Apparates messen. Auf Grund dieser Parallaxe kann dann sofort die Entfernung e des Punktes B von der Standlinie b berechnet werden. Das geschieht mit Hilfe der ähnlichen Dreiecke $O_1 B O_2$ und $B_2 O_2 m_2$.

$$e = \frac{f \cdot b}{d} = \frac{\text{Brennweite} \times \text{Standlinie}}{\text{Parallaxe}}.$$

Ein entsprechendes Verhältnis besteht auch, wenn der Punkt B nicht in der optischen Achse des einen der photographischen Apparate liegt (Fig. 2). In diesem Falle befindet sich der Bildpunkt B_1 im Abstände d_1 vom Zentrum des linken Bildes und der Bildpunkt B_2 im Abstände d_2 vom Zentrum des rechten Bildes. Fällt

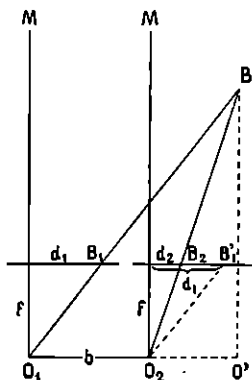


Fig. 2.

ich nun vom Punkte B eine Senkrechte auf die Verlängerung der Standlinie b und ziehe ich ferner durch O_2 eine Parallele zu dem Strahl $O_1 B$, so sind die Dreiecke $O_1 B O_2$ und $B_2 O_2 B'_1$ einander ähnlich. Da die Entfernung e des Punktes B von der Standlinie gleich der Höhe des Dreieckes $O_1 B O_2$ und die Brennweite f gleich der Höhe des kleinen Dreieckes $B_2 O_2 B'_1$ ist, so findet man:

$$e = \frac{f \cdot b}{d_1 - d_2}.$$

Hat man in dieser Weise die Entfernung e von der Standlinie bestimmt, so kann man aus den Bildkoordinaten der einen der beiden Aufnahmen, z. B. den Bildkoordinaten des Punktes B_1 in der Aufnahme des linken Apparates, ohneweiters die Raumkoordinaten des Objektes B ableiten. Legen wir nämlich im Positiv links ein senkrechtes Achsenkreuz, dessen Mittelpunkt mit dem Hauptpunkte des Bildes zusammenfällt, und bezeichnen wir mit x die Abszisse und mit y die Ordinate des Bildes B_1 einer Bergspitze B , die von der Standlinie der beiden photographischen

Apparate die Entfernung e besitzt, dann sind die Raumkoordinaten X und Y , bezogen auf ein durch den Brennpunkt des linken photographischen Apparates und die optische Achse desselben bestimmtes senkrechtes Koordinatensystem,

$$X = \frac{x \cdot e}{f} \quad \text{und} \quad Y = \frac{y \cdot e}{f},$$

während die dritte Koordinate Z mit e identisch ist. So lassen sich aus der Messung der Bildkoordinaten in einer der Aufnahmen die Raumkoordinaten bestimmen, d. h. die Höhe des Berges be-

zogen auf die durch den photographischen Apparat gelegte horizontale Ebene, sein Abstand von der durch die Achse des Apparates gelegten Vertikalebene und sein Abstand von der durch die Standlinie gelegten Vertikalebene.

Die verschiedenen Messungen auf den beiden Bildern lassen sich mit Hilfe des stereoskopischen Meßverfahrens bedeutend vereinfachen, das Dr. C. Pulfrich erfunden und in seinem Stereomikrometer und hierauf in seinem Stereokomparator in praktischer Form zur Anwendung gebracht hat. Die Messungen erfolgen unter Verwendung des sogenannten Prinzips der wandernden Marke. Fig. 3 möge dieses Prinzip erläutern. Es stellen hier wieder die Punkte O_1 und O_2 die Brennpunkte zweier Apparate dar, die an beiden Enden einer ihrer Größe nach bekannten Standlinie b so aufgestellt sind, daß

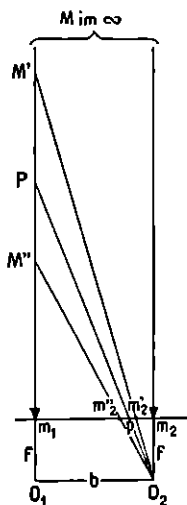


Fig. 3.

ihre optischen Achsen einander parallel sind und ihre genau vertikal gestellten Bildflächen in einer Ebene liegen. Über jeder der in gleicher Weise wie in Fig. 1 und 2 dargestellten Bildflächen befindet sich eine Marke m_1 und m_2 (die in Fig. 3 die Form eines schwarzen Keiles hat), und zwar so, daß sie der Bildebene möglichst nahe liegt. Die Marke m_1 ist unbeweglich, m_2 dagegen seitlich verschiebbar. Bringe ich die beiden Marken in den Hauptpunkt jedes der Bilder und betrachte ich sie z. B. durch zwei Röhren so, daß mein linkes Auge nur die linke Marke, mein rechtes nur die rechte sieht, so verschmelzen beide Marken zu einer; diese scheint mir unendlich weit entfernt zu sein, weil ich für scharfes Sehen der Marken die Achsen meiner Augen parallel stellen muß. Bewege

ich nun die rechte Marke m_2 in der Richtung nach links in die Lage m_2' und betrachte nunmehr die beiden Marken wieder durch die Röhren, so sehe ich auch jetzt nur eine Marke, aber ich habe den Eindruck, daß die Marke jetzt nähergerückt ist und sich in der Stellung M' befindet, nämlich dort, wo die beiden Achsenlinien meiner Augen, die ja infolge des Fixierens durch m_1 und m_2 gehen, einander schneiden. Bewege ich die Marke noch weiter nach links, etwa bis m_2'' , so habe ich den Eindruck, als wäre die Marke mir noch näher gerückt und befinde sich in der Stellung M'' . So kann ich durch seitliche Verschiebung der Marke infolge des

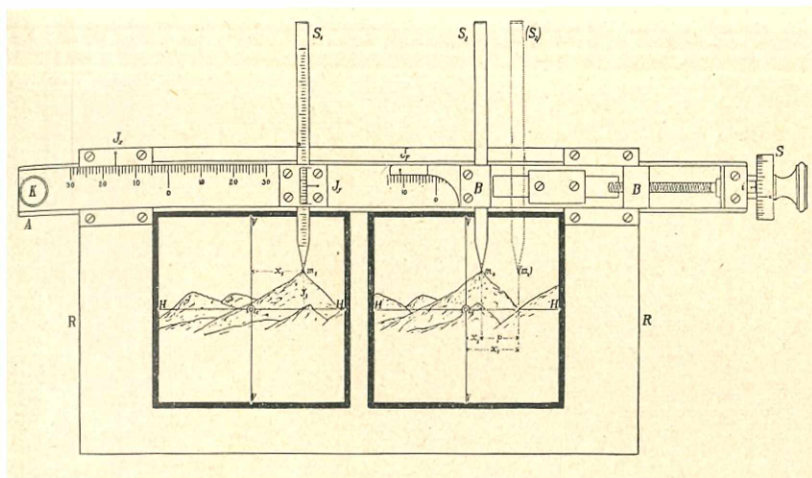


Fig. 4. C. Pulfrichs Stereomikrometer.

(Nach einer Abbildung in Hartner-Doležal, *Niedere Geodäsie*, II. Bd.)

stereoskopischen Sehens den Eindruck erzeugen, als wenn die Marke im Raume, den ich stereoskopisch überblicke, vor- oder zurückwandert. Es ist nun ohneweiters klar, daß, wenn die rechte Marke sich in der Stellung m_2' befindet, die stereoskopisch gesehene Marke, die durch das Verschmelzen der Marke m_1 und der Marke m_2' entsteht, ebensoweit von mir entfernt zu sein scheint wie ein tatsächlich im Punkt M' befindliches Objekt, z. B. eine Bergspitze, das stereoskopische Bild der Marke bei der Stellung der rechten Marke in p dagegen uns in der Entfernung zu sein scheint wie ein näherer Punkt P der Landschaft usf. Offenbar ist nun der Abstand der Marke m_2 von ihrer Stellung in der Mitte des Bildes, also die Strecke $m_2 m_2'$ nichts anderes als die stereoskopische Parallaxe des Punktes M' , ebenso die

Strecke $m_2 p$ die stereoskopische Parallaxe des Punktes P und die Strecke $m_2 m_2''$ die stereoskopische Parallaxe des dem Beobachter zunächst gelegenen Punktes M'' . Man erhält sonach durch Messung der Verschiebung der Marke direkt die stereoskopische Parallaxe der Objekte M' , P und M'' und vermag dann aus dieser bei Kenntnis der Brennweite f und der Länge b der Standlinie in der oben angegebenen Weise die Entfernung e des betreffenden Objektes zu berechnen.

Auf diesem Prinzip beruht zunächst Dr. C. Pulfrichs Stereomikrometer, das in Fig. 4 dargestellt ist. Zwei photographische Aufnahmen, die von zwei Punkten nach den oben angegebenen Regeln der Stereophotogrammetrie gemacht wurden, werden nebeneinander in einen Rahmen RR gelegt. An der oberen Kante des Rahmens ist von links nach rechts verschiebbar ein Schieber KS angebracht. Die Verstellung des Schiebers läßt sich an der Skala links oben bei Jx ablesen. Der Schieber trägt zwei Metallstreifen S_1 und S_2 , die nach unten in Spitzen ausgehen. Diese beiden Spitzen sind die Marken, die den Bildflächen der beiden Bilder möglichst nahe liegen müssen. Beide Metallstreifen S_1 und S_2 lassen sich in vertikalem Sinne in Schlitzten verschieben. Diese Verschiebung ist an einer an dem Metallstreifen S_1 angebrachten Skala meßbar, die sich am Strich Jy vorbeibewegt. Der Metallstreifen S_1 ist im Schieber KS so eingefügt, daß er in demselben von links nach rechts keine Bewegung ausführen kann. Dagegen läßt sich die Entfernung des Metallstreifens S_2 vom Streifen S_1 mit Hilfe der Mikrometerschraube S verkleinern und vergrößern. Diese Verschiebung läßt sich an der Skala Jp links vom Metallstreifen S_1 und ganz fein an der Trommel S der Mikrometerschraube messen.

Stelle ich mit Hilfe der verschiedenen Schieber und Schrauben die Spitze m_1 auf die Mitte — den Hauptpunkt — des Bildes links, ebenso die Spitze m_2 auf die Mitte des Bildes rechts, so spielen alle Zeiger auf den Nullpunkt der verschiedenen Skalen ein. Stelle ich nunmehr die Marken auf ein beliebiges nicht im Hauptpunkte, dem Zentrum des Achsenkreuzes, gelegenes Objekt ein, also z. B. auf eine Bergspitze wie in Fig. 4, so kann ich an jenen Skalen die erfolgte Verschiebung ablesen. Ich erhalte an der Skala Jx die Bildkoordinate x , an der Skala Jy die Bildkoordinate y , beide Koordinaten für das linke Bild, und an der Skala Jp , die den Betrag der Annäherung des Metallstreifens S_2 aus seiner

in Fig. 4 punktierten Nullage (S_2) an den Streifen S_1 angibt, die stereoskopische Parallaxe p . Das sind alle Werte, die ich zur Festlegung der Bergspitze im Raume brauche.

In dem eben geschilderten Stereomikrometer sind die Bilder fest eingespannt, die beiden Marken dagegen beweglich. Man erhält nun offenbar das gleiche Resultat, wenn man die beiden Marken unbeweglich sein läßt, die beiden Bilder dagegen ver-

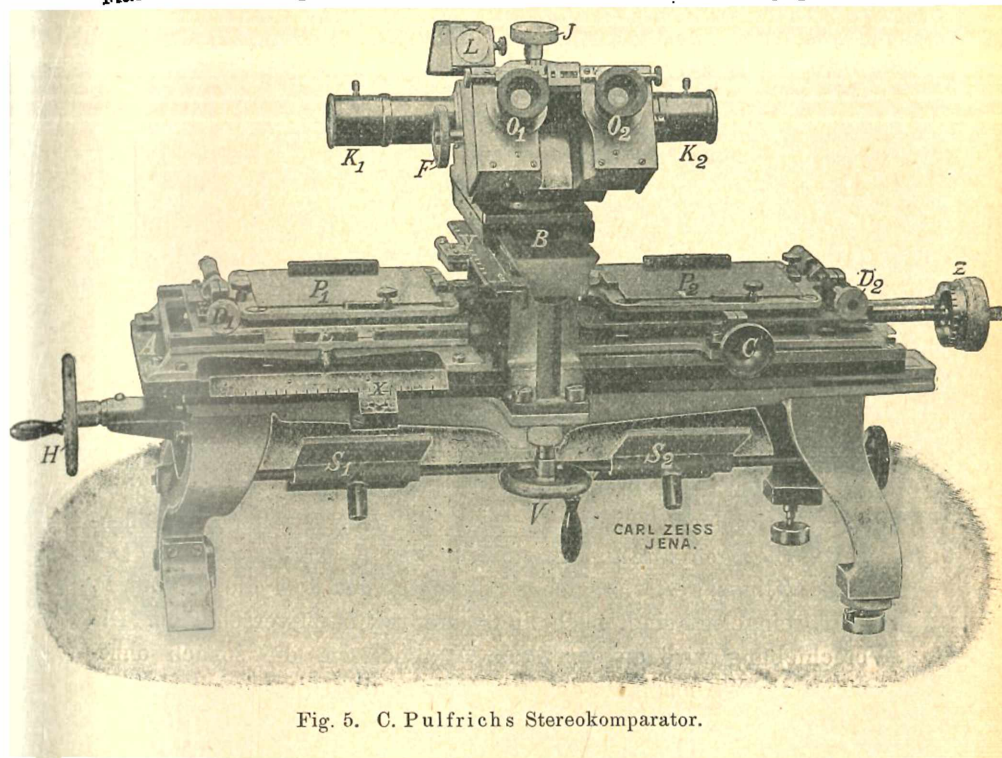


Fig. 5. C. Pulfrichs Stereokomparator.

schiebt und so die auszumessenden korrespondierenden Bildpunkte unter die Marken bringt. Die Messung der Bildkoordinaten und der stereoskopischen Parallaxe erfolgt hierbei durch Messung der Verschiebungen, welche die in die Rahmen eingefügten Bilder erfahren. Diese Konstruktion hat Dr. Pulfrich in seinem Stereokomparator angewendet.

Fig. 5 zeigt uns den Stereokomparator in der Form, die ihm Dr. Pulfrich 1906 gegeben hat. In einem Tisch A ist ein Schlitten E von links nach rechts verschiebbar, in dem sich zwei Ausschnitte zur Aufnahme der beiden stereoskopischen Photo-

gramme P_1 und P_2 befinden. Man benutzt hierbei nicht positive Kopien der photographischen Aufnahmen, weil sich das photographische Papier leicht verzieht, sondern stets die Glasnegative selbst. S_1 und S_2 sind zwei Spiegel, die mit Hilfe des Griffes rechts so gestellt werden können, daß sie das Licht unter die Platten P_1 und P_2 werfen und so diese von unten beleuchten. Die beiden Platten werden nun durch das darüber befindliche Stereoskop betrachtet. Dieses besteht aus den Objektiven K_1 und K_2 , die über den Platten stehen und deren Bilder durch im horizontalen Rohr eingeschaltete Prismen unter die Stereoskopokulare O_1 und O_2 gebracht werden. In der Ebene der innerhalb des Stereoskops befindlichen reellen optischen Bilder der Platten P_1 und P_2 sind auf Glasplättchen unmittelbar hinter den Okularen O_1 und O_2 zwei vollkommen gleiche Markenbilder mikrophotographisch aufgetragen. Diese dienen als Fixpunkte der reellen Bilder und werden infolge der Gleichheit der Eindrücke in beiden Augen plastisch als ein Stäbchen gesehen. Durch den Trieb V an der Unterseite des Tisches läßt sich der Träger B des Stereoskops über den Bildern vor- und zurückschieben. Die Verschiebung ist an der Skala Y links abzulesen. Sie gibt ohneweiters, sofern man die Marke z. B. auf eine Bergspitze einstellt, die vertikale Koordinate y des Bildpunktes der Bergspitze, die nichts anderes ist als die Tangente des betreffenden Höhenwinkels bezogen auf die Brennweite der Aufnahmekamera. Der Trieb H links gestattet, den Schlitten E , auf dem die Platten P_1 und P_2 eingelegt sind, nach links und rechts zu verschieben. Die Verschiebung wird an der Skala X abgelesen, die sonach ohneweiters die X -Koordinate des Bildpunktes gibt, die wieder als Tangente aufzufassen ist. Mit Hilfe der Mikrometerschraube Z (rechts) läßt sich der Rahmen mit der Platte P_2 gegen die Platte P_1 verschieben. Die Ablesung der Verschiebung erfolgt an der Mikrometertrommel Z ; sie ergibt die stereoskopische Parallaxe.

Will man nun mit Hilfe des Stereokomparators die Koordinaten eines Bildpunktes bestimmen, so bringt man zuerst mit dem Trieb H die Platte P_1 und die zunächst in unveränderter Stellung zu P_1 befindliche Platte P_2 in eine derartige Stellung, daß der zu bestimmende Punkt mit der im linken Okulare O_1 sichtbaren Marke koinzidiert. Es wird dazu auch eine Verschiebung des Stereoskops mit Hilfe des Triebes V vorwärts oder rückwärts notwendig sein. Nunmehr stellt man mit der Trommel Z den ent-

sprechenden Bildpunkt von P_2 genau so ein, daß er mit der rechten Marke koinzidiert. Betrachtet man jetzt durch das Stereoskop die korrespondierenden Bildpunkte von P_1 und P_2 , so hat man den Eindruck, daß die Marke genau über dem stereoskopisch gesehenen Objekte, und zwar in genau gleicher Entfernung vom Beobachter wie dieses steht. Tatsächlich vollzieht sich die ganze Operation wegen der großen Empfindlichkeit unserer Augen für stereoskopisches Sehen sehr rasch, indem man die Kurbeln so lange dreht, bis Objekt und Marke im Stereoskop genau zusammenzufallen scheinen. Dabei ist die Identifizierung von Punkten beider Bilder stereoskopisch sehr leicht, während sie bei direktem Betrachten der Bilder oft nicht möglich ist. Nunmehr liest man die Bildkoordinaten x und y an der X -Skala und an der Y -Skala und die stereoskopische Parallaxe an der Trommel Z ab und kann sofort nach den eingangs angeführten Formeln die Raumkoordinaten des betreffenden Objektes berechnen.

In dieser Form wird Pulfrichs Stereokomparator gegenwärtig gebraucht. Seine Anwendung für die Geodäsie und für militärische Zwecke ist in Österreich besonders durch den Generalmajor im k. und k. Militärgeographischen Institut Baron Hübl gefördert worden, der der Firma Carl Zeiß mehrere für geodätische Zwecke wichtige Verbesserungen vorschlagen konnte.

Herr Oberleutnant v. Orel im k. u. k. Militärgeographischen Institute in Wien kam nun auf den Gedanken, die Bewegungen, welche beide Platten im Stereokomparator zum Zwecke der Einstellung eines Objektes der Bilder unter die Marken durch die Triebe H , V und Z ausführen, dazu zu benützen, um durch Hebel, die nach Art eines Pantographen angeordnet sind und einen Schreibstift tragen, direkt auf einer horizontalen Zeichenebene die Lage des Objektes in Horizontalprojektion richtig zu den photographischen Stationen orientiert darzustellen. Er dachte den Apparat ganz durch, dessen Ausführung die Firma Carl Zeiss in Jena übernahm.

Tafel II gibt eine Abbildung des Apparates, den Oberleutnant v. Orel als Stereoantograph bezeichnet.¹⁾ Gegen den Beschauer befindet sich der Stereokomparator. Die Triebe sind ganz

¹⁾ Herr Oberleutnant v. Orel hat uns diese Ansicht seines Apparates, ferner einen mit demselben gezeichneten Schichtenplan und eines der beiden Photogramme, die der Konstruktion des Schichtenplanes zugrunde liegen, zur Verfügung gestellt. (Tafel II, III und IV.)

ähnlich angeordnet wie in der Abb. 5. Die Kurbel links verschiebt den Schlitten mit den beiden Platten von links nach rechts, gibt also die X -Koordinate. Die Kurbel rechts verschiebt die rechte Platte allein, gibt also die stereoskopische Parallaxe. Die im Hintergrunde auf der Zeichenebene sichtbaren Hebelarme übertragen diese Bewegungen auf den Schreibstift, auf welchem Herr v. Orel im Bilde gerade seine rechte Hand hält. Die Anordnung der Angriffspunkte der Hebelsysteme, die nicht wie beim Pantographen einen, sondern zwei fixe Drehpunkte besitzen, gleichsam die beiden Stationen, von denen aus die photographischen Aufnahmen erfolgten, ist derart, daß bei scharfer Einstellung des Stereokomparators auf eine Bergspitze der Zeichenstift sich direkt in einem Abstände von der Verbindungslinie der beiden Stationen (Fixpunkte des Pantographen) befindet, der proportional dem Abstände der betreffenden Bergspitze von der Standlinie der beiden Aufnahmsapparate in der Natur ist. Dabei befindet er sich in bezug auf den linken Fixpunkt des Pantographen, der gleichsam die linke Station darstellt, im richtigen Azimut, das durch die X -Koordinate bestimmt ist. Das Azimut wird durch das bewegliche, um den linken Fixpunkt drehbare Lineal gegeben, das im Bilde vom Stereokomparator auf Herrn v. Orel zuläuft. Das an der Stelle des Zeichenstiftes mit diesem Lineal zum Schnitte kommende lange Lineal überträgt die Parallaxe, die durch die Bewegung der Platte rechts bestimmt ist, so daß der Zeichenstift nunmehr auf der Zeichenebene genau den Punkt in seiner richtigen Lage zu den beiden Stationen absticht. Bemerkt sei noch, daß der Maßstab der Zeichnung sich nach der Verjüngung bestimmt, in der man die Länge der Basis in das Hebelwerk des Stereoaographen einführt.

Gibt so der Stift die Horizontalprojektion des Punktes auf die Zeichenebene, so läßt sich andererseits auch die Höhe des betreffenden Punktes über dem Niveau (Horizont) der Station an einer über dem langen Lineal angebrachten Skala mit Hilfe eines in der Abbildung gut sichtbaren an das Stereoskop gekoppelten Lineals ablesen, das durch die Vor- und Rückwärtsverschiebung des Stereoscops bewegt wird, die ja, wie wir am Stereokomparator gesehen haben, direkt die Bildkoordinate y zu bestimmen gestattet.

Läßt sich so jeder mit der Marke stereoskopisch in gleicher Entfernung erscheinende Bildpunkt ohneweiters auf dem Zeichenblatte abstecken, so gilt das auch selbstverständlich für Punkt-

reihen, also für Linien, die man in beiden Bildern sieht, z. B. für Flußläufe. Der Apparat zeichnet ihre Horizontalprojektion auf. Man operiert dazu mit den drei Kurbeln derart, daß man die Marke z. B. entlang des Wildbaches führt, den Tafel III darstellt. Der Stift zeichnet dann die Horizontalprojektion des Baches auf der Zeichenebene getreu auf. Alle auf den Photogrammen sichtbaren Linien, wie Kämme, Grenzen von Wäldern, von Felsen, auch Grenzen von verschiedenen geologischen Schichten, desgleichen Wege, lassen sich in dieser Weise im Grundriß aufzeichnen.

Fixiert man das Stereoskop mit seinem Schlitten, dessen Verschiebung die y -Koordinate gibt, dadurch, daß man das mit dem Stereoskope verbundene Lineal an einer Stelle der Höhenskala festklemmt, und führt man jetzt, immer in das Stereoskop sehend, die Marke der Oberfläche eines Berges entlang, so bleibt dabei die Marke stets in derselben Höhe über oder unter der horizontalen Ebene, die durch die Station gelegt ist (Horizont der Station). Die Linie am Gehänge, der man so entlang fährt, ist offenbar eine Isohypse und der Stift zeichnet die Horizontalprojektion der Isohypse getreu auf. Verstellt man dann das Lineal des Stereoskops auf der Höhenskala um einen einer bestimmten Äquidistanz entsprechenden Betrag, so kann man sofort die zweite Isohypse zeichnen, ebenso eine dritte usw. Es entsteht in dieser Weise, indem der Kartograph ins Stereoskop schaut und, mit der Kurbel links und rechts operierend, die Marke genau dem Gehänge entlang führt, direkt ein Schichtenplan.

Tafel IV gibt einen Schichtenplan wieder, der in dieser Weise im Maßstabe 1 : 12.500 vom Stereoautographen aufgezeichnet worden ist, bei der Reproduktion allerdings auf die Hälfte, 1 : 25.000, verkleinert wurde. Er stellt eine Partie am Hange des Hinter-Seelenkogels (3469 m) im Hinter-Passeier (Ötztalergruppe) dar. Die Isohypsen sind in den tieferen Teilen des Gehänges von 20 zu 20 m gezeichnet, wobei die Hunderter verstärkt wurden, in der Hochgebirgsregion dagegen nur von 100 zu 100 m. Eingezeichnet sind ferner die Begrenzungen des Felsgeländes in Form dicker, die Isohypsen schneidender Linien; eingezeichnet sind die Bäche, ferner auch die Wege, soweit sie auf den Photogrammen sichtbar waren. Nicht dargestellt werden konnten naturgemäß jene Partien, welche von einer der Stationen nicht gesehen werden konnten, weil sie sich hinter vorliegenden Teilen des Geländes verbargen. Diese Isohypsen sind hier in der Karte gestrichelt.

Solche Lücken kann man, wenn sie klein sind, interpolierend ausfüllen; sind sie größer, so muß man trachten, ergänzende Aufnahmen von einem anderen Standpunkte aus zu machen.

Tafel III zeigt uns die linke der beiden stereophotographischen Aufnahmen, auf Grund deren der Plan Tafel IV gezeichnet wurde. Lehrreich ist ein Vergleich beider Tafeln. Die in der Ansicht gegebenen Wildbachrinnen z. B. treten in der Karte mit Einzelheiten hervor, die man in dem einen Bilde nicht sieht, die aber unter dem Stereoskope durch die Vereinigung beider Bilder sofort in die Augen springen. Das gilt besonders auch von den Formen des Gehänges, z. B. vom Trogrand, der das Wildbachtal in halber Höhe umgibt; die Spitzen der Berge sind alle nach ihrer Höhe richtig markiert usw.

Auf der Abbildung des Apparates (Tafel II) sieht man links von der linken Platte, auf einem weißen kleinen Tische aufgespannt, eine Photographie. Es ist das ein Positiv, das von der linken Platte genommen wurde. Auf diesem Positiv zeichnet ein mit dem Stereoskope verbundener Stift die Isohypsen perspektivisch orthogonal ein, die der Zeichenstift, auf dem Herr v. Orel seine Hand hält, auf der Karte einträgt. Diese Isohypsen sind in Tafel III mitreproduziert. So, wie sie hier dargestellt sind, liegen sie in der Natur. Die Höhe der linken Station, deren Aufnahme Tafel III wiedergibt, betrug 2421 m. Infolgedessen müßte sich die Isohypse von 2421 m perspektivisch im Bilde als gerade Linie darstellen. Sie ist nicht gezeichnet, doch ist die ihr nächstbenachbarte Hunderterschicht (2400 m) fast genau eine Gerade. Die höher oder tiefer liegenden Isohypsen zeigen entsprechend der Perspektive einen gekrümmten Verlauf. Wo sie sich dem Beobachter nähern, treten sie im Bilde auseinander und biegen sich unterhalb der horizontalen Linie nach unten, oberhalb dagegen nach oben. Derartige Bilder werden zweckmäßig dem Mappeur zusammen mit dem stereoautographisch ausgeführten Schichtenplane mitgegeben, um die Wege und andere für die Karte in Betracht kommende, auf den Photographien aber nicht sichtbare Objekte einzutragen.

Herr v. Orel hat die Genauigkeit, mit der der Stereoautograph arbeitet, in verschiedenster Weise erprobt. Zunächst wurden auf einem Blatte Zeichenpapier die trigonometrisch bestimmten Punkte eines Gebietes nach ihren Koordinaten genau aufgetragen. Dann wurde dieses Blatt unter den Stift des Stereoautographen gelegt, der Stereoautograph für den betreffenden Kartenmaßstab

eingestellt, hierauf die Photogramme zweier Stationen in den Apparat eingelegt und nun durch den Stereoautographen die Lage jener Punkte, die auf dem Kartenblatte abgesteckt worden waren, noch einmal automatisch aufgetragen. Es ergab sich ohne Ausnahme, daß die neuen Punkte in den Innenraum der winzigen Dreiecke fielen, durch die die trigonometrischen Punkte auf dem Zeichenblatte markiert worden waren. Eine andere Prüfung wurde im Gelände des Schießfeldes von Hajmásker in Ungarn vorgenommen. Von diesem Schießfelde existiert ein Präzisions-Schichtenplan in 1 : 10.000. Herr v. Orel nahm einen Teil dieses Geländes innerhalb eines Tages stereophotographisch auf und konstruierte mit seinem Apparate den Schichtenplan im gleichen Maßstabe 1 : 10.000. Beide Schichtenpläne deckten sich vollständig; nur kamen in dem mit dem Stereoautographen konstruierten Schichtenplane in den Isohypsen noch eine Menge von Einzelheiten des Geländes zum Ausdrucke, die auf dem nach der alten Interpolationsmethode aufgenommenen, in demselben Jahre (1909) erst vollendeten Präzisionsschichtenplane fehlten.

Ich selbst habe im k. u. k. Militärgeographischen Institute, einer lebenswürdigen Einladung des Herrn v. Orel Folge leistend, mit dem Apparate gearbeitet und mich von dessen tadellosem Funktionieren überzeugt. Obwohl ich vollkommen ungeübt war, waren doch die Schichtlinien, die ich nach Fixierung des Apparates für die Höhe durch Führen der Marke dem Gehänge entlang erhielt, von kleinen Zacken abgesehen, die auf die Ungeschicklichkeit meiner Führung zurückzuführen sind, vollständig identisch mit den Kurven, die Herr v. Orel vorher gezeichnet hatte. Nur an einer Stelle ergab sich eine auffallende Abweichung während eines längeren Stückes. Diese fand eine verblüffende Erklärung: An der betreffenden Stelle war das Gelände wenig geneigt und dabei mit Hochwald bestanden. Ich hatte die Marke entlang der Waldoberfläche geführt, Herr v. Orel dagegen entlang des Waldbodens!

Ein mißlicher Umstand bei der Stereophotogrammetrie war bisher, daß die Kameras in den beiden Stationen so aufgestellt sein mußten, daß die Bildflächen genau in einer Vertikalebene lagen. Das ist an sich schon nicht leicht zu machen, wenn es auch durch die technische Vollkommenheit der Zeiss'schen photogrammetrischen Apparate heute möglich ist. Vor allem muß aber dazu auch verlangt werden, daß die eine Station von der anderen

sichtbar ist. Herr v. Orel hat nun zusammen mit Herrn Dr. C. Pulfrich eine Modifikation des Stereoautographen entworfen, die von dieser Anforderung absieht. Sie gestattet die Verwendung von Platten, die von Apparaten aufgenommen wurden, deren Achsen und entsprechend auch deren Bildflächen erhebliche Winkel (bis 30°) miteinander und auch zur Basis bilden. Dadurch wächst die Anwendbarkeit der Stereophotogrammetrie naturgemäß außerordentlich.

Herr v. Orel ist noch einen Schritt weiter gegangen. Der auf Tafel II abgebildete Stereoautograph zeichnet die Horizontalprojektion aller in den Stereophotogrammen sichtbaren Punkte und Linien. Die Höhen der betreffenden Punkte müssen dagegen an der Skala abgelesen werden, auf der das vom Stereoskope nach hinten laufende Lineal einspielt. Herr v. Orel hat nun einen Apparat in Konstruktion gegeben, bei dem der Pantograph nicht in einer Ebene zeichnet, sondern im dreidimensionalen Raum läuft, so daß er auch die vertikale Dimension gibt. Er ersetzt dabei den Stift durch ein beliebiges Werkzeug und ist nunmehr imstande, etwa aus einem Gipsklumpen direkt ein vollkommen getreues Relief der Landschaft herauszumeißeln, die durch die beiden Stereophotogramme dargestellt ist. Herr v. Orel hat diesen Apparat, der ebenfalls von der Firma Carl Zeiss in Jena gebaut wird, Stereoautoplast genannt.

Die außerordentlichen Vorteile, welche E. v. Orels Stereoautograph bietet, liegen auf der Hand. Zunächst vollzieht sich die Aufnahme und Konstruktion der Karte in einem Bruchteile der Zeit, die nach den bisher üblichen Methoden notwendig war. Der Schichtenplan, den wir in Tafel IV abgebildet haben, ist von Herrn v. Orel innerhalb zweier Stunden gezeichnet worden. Ein Hochgebirgskartenblatt von rund 35×25 cm Fläche in 1:25.000, d. i. eine Fläche von rund 70 km^2 , erfordert nach den bisherigen Methoden für die Aufnahme im Felde eine Arbeit von etwa 4 Monaten und hierauf für die Konstruktion und Ausführung im Zeichensaal weitere 6 Monate, insgesamt also etwa 10 Monate. Die stereophotographische Aufnahme derselben Karte erfordert, gutes Wetter vorausgesetzt, eine Woche und die Konstruktion mit dem Stereoautographen etwa 10 Tage, zusammen also 17 Tage. Dazu kommt noch eine weitere Begehung des Geländes, um die auf den Photogrammen nicht sichtbar gewesenen kleinen Geländepartien zu ergänzen, die Wege einzutragen, die Nomenklatur zu

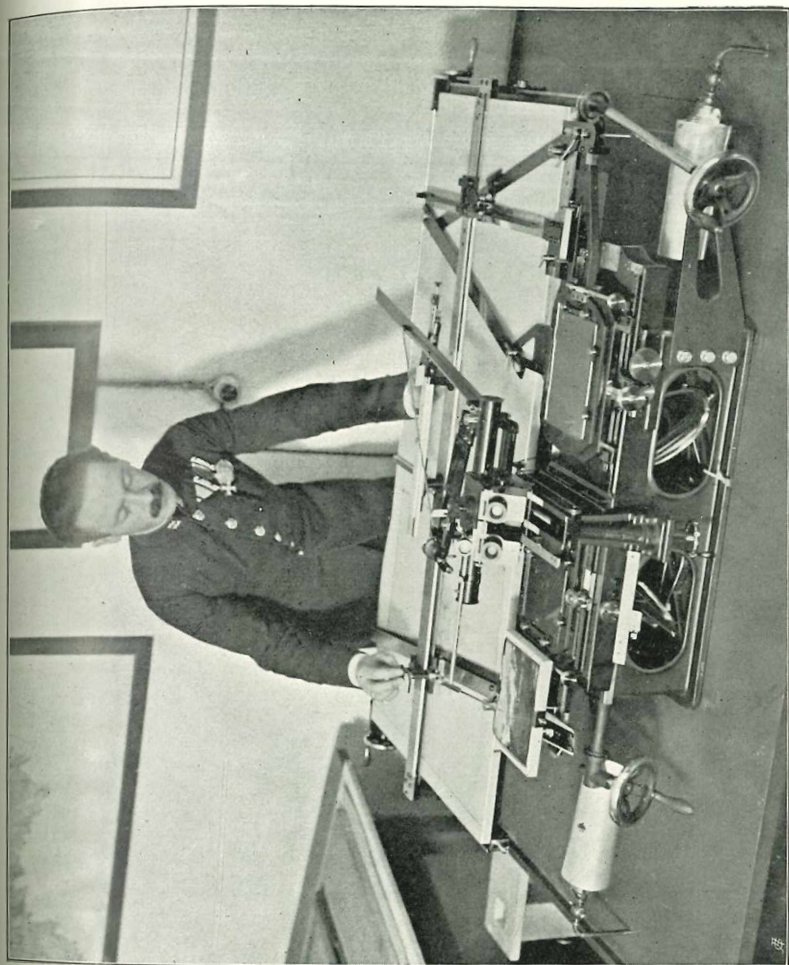
erheben usf., was wieder etwa 2—4 Wochen in Anspruch nehmen kann. In Summa kann man die gesamte für die Aufnahme und Konstruktion der Karte einschließlich der Reinzeichnung erforderliche Zeit auf etwa 2 Monate veranschlagen gegenüber den 10 Monaten der alten Methode. Die Ersparnis an Zeit und Arbeitskraft ist also eine ganz außerordentliche. Das bedeutet eine gewaltige Ersparnis an Geld, einen materiellen Gewinn, der bei seiner Größe wesentlich ins Gewicht fällt.

Aber die mit dem Stereoautographen gearbeiteten Karten weisen auch einen großen sachlichen Vorzug auf. Nach den bisherigen Methoden der Aufnahme und der Konstruktion der Schichtenpläne wurden in einem Gebiete möglichst viele Punkte ihren Raumkoordinaten nach bestimmt. So groß auch die Zahl der Punkte genommen wird, so ist sie doch immer nur eine beschränkte gegenüber den unendlich vielen Punkten des Geländes. Zwischen jene beschränkte Zahl von Punkten werden nun die Isohypsen interpolatorisch gelegt. Der Verlauf der einen Isohypse wird dabei unter Berücksichtigung des Verlaufes der benachbarten, schon gezeichneten entworfen. So entsteht die Karte heute. Ganz anders arbeitet der Stereoautograph. Da die Marke nach Ausschaltung der Höhenverschiebung vom Kartographen im Stereoskope am Gehänge entlang der unendlich vielen Punkte einer Isohypse geführt wird und der Stift auf dem Zeichenblatte die Horizontalprojektion der Isohypse automatisch aufzeichnet, so kommen bei dieser Zeichnung geradezu unendlich viele Punkte des Geländes in Verwendung. Dadurch gewinnt die gezeichnete Isohypse ganz außerordentlich an Leben. Dabei erfolgt die Zeichnung jeder Isohypse ohne Rücksicht auf die benachbarten, etwa schon gezeichneten Isohypsen, da der Kartograph diese gar nicht vor sich hat, muß er doch stets ins Stereoskop sehen und hier die Marke am plastischen Bilde entlang führen, während der Apparat automatisch die Isohypse zeichnet. Man betrachte den Schichtenplan Tafel IV. Welches Leben ist in den Isohypsen, wie zahllose Einzelheiten kommen in dem Verlaufe derselben zum Ausdrucke, die wir sonst in Isohypsenkarten nicht zu finden pflegen. Da ist nichts Maniriertes, nichts Interpoliertes. Nur der Maßstab setzt den Einzelheiten, die dargestellt werden können, eine Grenze. Allein unser Kürtchen zeigt, wie diese durch den Maßstab gegebene Grenze sehr viel weiter liegt, als wir meist anzunehmen geneigt sind. Man möchte fast sagen, ein mit dem

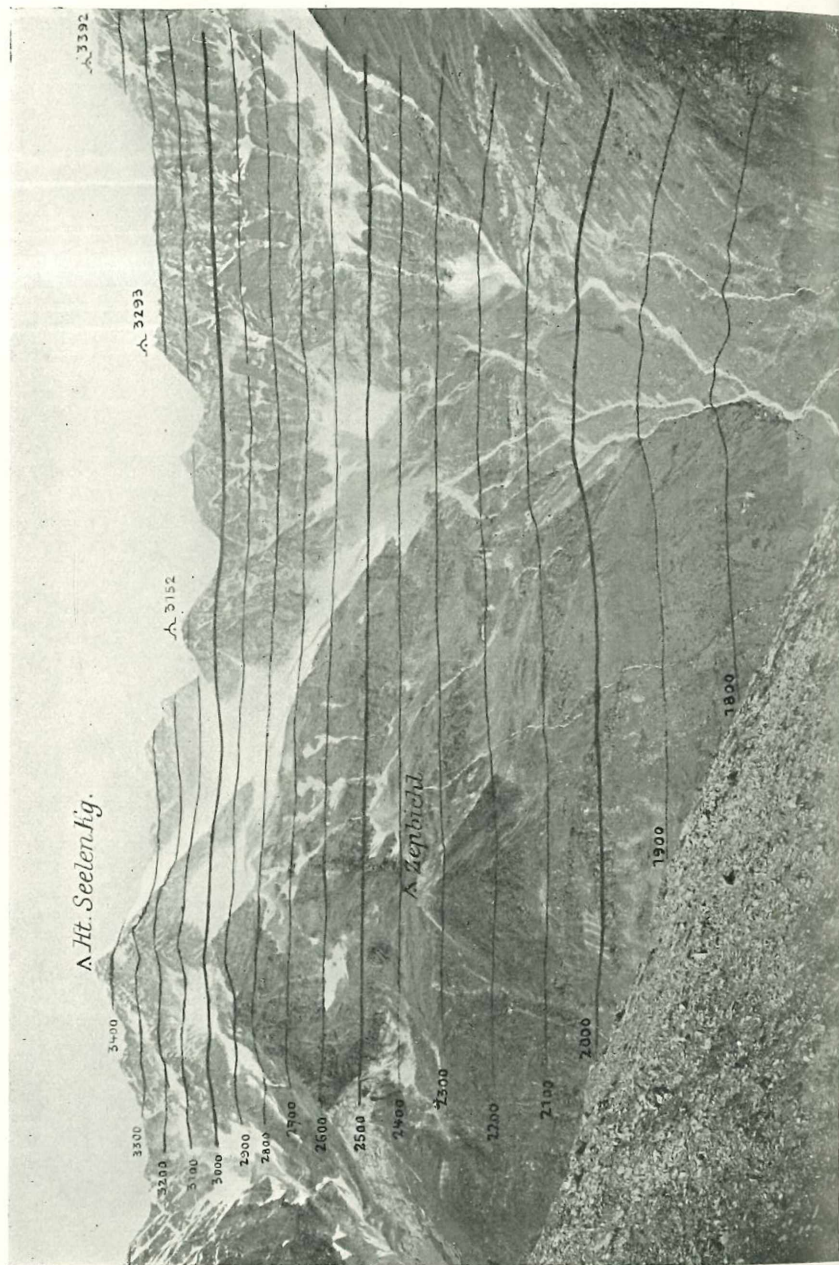
Stereoautographen konstruierter Schichtenplan verhält sich zu einem in der altüblichen Weise aufgenommenen wie eine Photographie zu einer Handzeichnung. Ganz gilt das allerdings nicht, denn die Tätigkeit des Kartographen wird durch den Stereoautographen nicht ausgeschaltet. Das Arbeiten mit dem Apparat verlangt nämlich erstens die Fähigkeit, stereoskopisch zu sehen, dann aber vor allem auch einen wohl geschulten Formensinn. Wem eines von beiden abgeht, der wird auch mit dem Stereoautographen keine gute Karte zeichnen können. Wer aber über beides verfügt, wird dagegen Außerordentliches zu leisten imstande sein.

Wenn wir die hohe Bedeutung des Orelschen Stereoautographen hervorheben, so müssen wir dabei neben dem Erfinder auch der Firma Carl Zeiss in Jena gedenken, die vorher den Pulfrichschen Stereokomparator geschaffen und deren vollendeter Präzisionstechnik allein die tadellose Ausführung des Stereoautographen gelingen konnte. Erfinder und Konstrukteur haben sich hier zusammengefunden, um einen Apparat zu bauen, der, wie eingangs erwähnt, berufen sein dürfte, die Kartographie auf einen neuen Boden zu stellen, indem er nicht nur die Aufnahme und Konstruktion der Karten außerordentlich verbilligt, sondern vor allem auch die Darstellung des Geländes durch Isohypsen auf eine nicht geahnte Höhe bringt. Das gilt weniger vom ebenen Gelände, wo die Stereophotogrammetrie nur schwer weit ausschauende Standpunkte findet, in vollem Umfang aber vom Hügel- und vor allem vom Gebirgsland, dessen Darstellung gerade als die höchste Aufgabe der Kartographie bezeichnet werden darf.

Die Wiener Geographische Gesellschaft aber darf es sich zur Ehre rechnen, daß diese epochemachende Erfindung zuerst in ihrem Schoße der wissenschaftlichen Welt vorgeführt wurde.

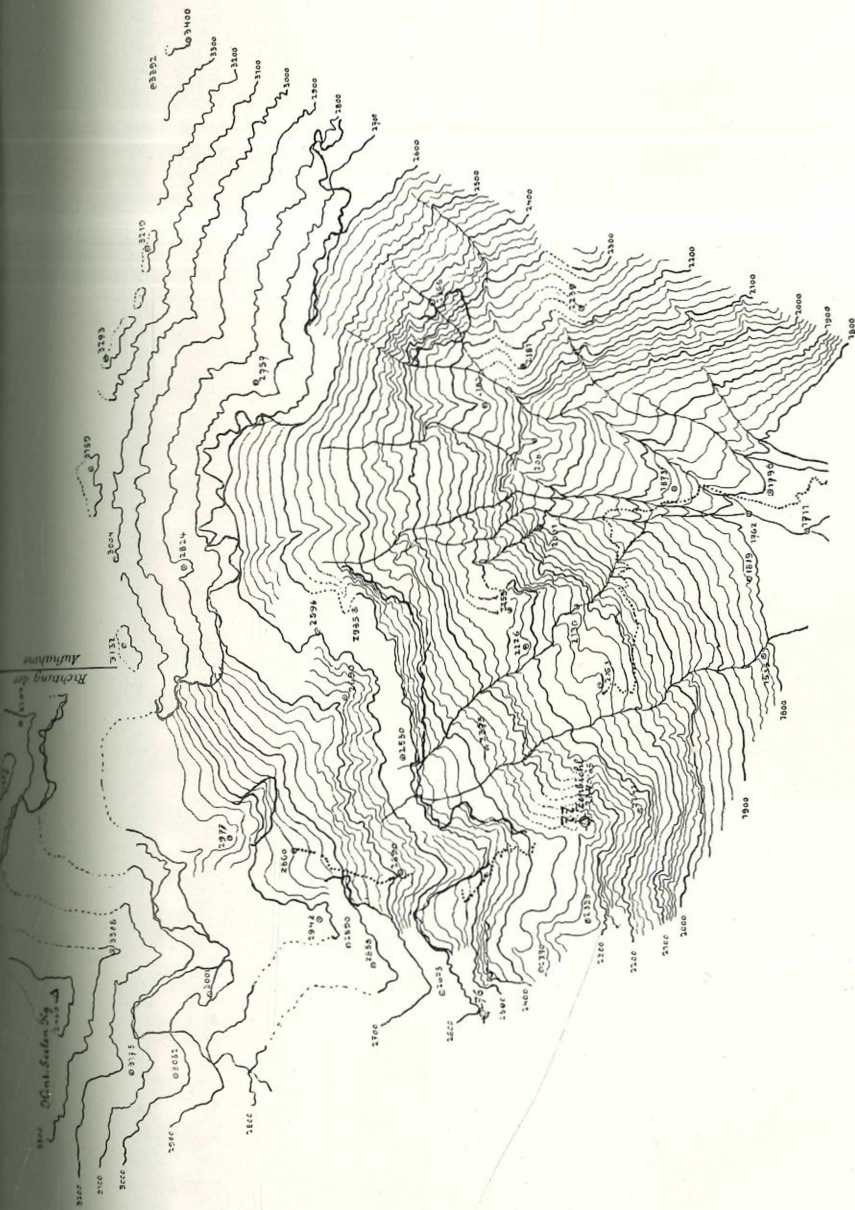


Oberleutnant E. v. Orels Stereograph.



Oberleutnant E. v. Orel phot.

Aufnahme des Gehanges des Hinteren Seelenkogels im Pfelderthal (Öztalerguppe) oberhalb Pfelders
von der linken Station (2421 m) aus.



Schichtenplan 1:50,000 des Gehänges des Hinteren Seelenkogels im Pfalderental (Otztalergroupe) oberhalb Pfalters, automatisch hergestellt mit Hilfe des Stereoaufnahmen auf Grund zweier photographischer Aufnahmen, deren linke auf Tafel III wiedergegeben ist.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1910

Band/Volume: [54](#)

Autor(en)/Author(s): Brückner Eduard

Artikel/Article: [Oberleutnant E. v. Orels Stereoautograph als Mittel zur automatischen Herstellung von Schichtenplänen und Karten. 227-242](#)