

Triangulationen auf photogrammetrischem Wege

Autor(en): **Vögeli, Rob.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **123/124 (1944)**

Heft 7

PDF erstellt am: **17.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-53887>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

mehrfarbigen Karte veranschaulichte Ergebnis ist, dass der Frühlingseinzug in Horgen und Stäfa-Schirmensee gleichzeitig erfolgt wie in Küsnacht-Erlenbach; es sind dies also die wärmsten Lagen. Erstaunlich ist aber, dass die *Frühlings-Verspätung* gegenüber diesen Orten für Zollikon und Herrliberg bis Männedorf am rechten Ufer *gleich gross* ist wie für Wollishofen bis Oberrieden und Au-Wädenswil am linken Ufer, nämlich *nur ein bis drei Tage!* Allerdings verstärkt sich der Gegensatz mit der höhersteigenden Sonne zu Gunsten des rechten Ufers, sodass die Weinlese in Stäfa etwa eine Woche früher beginnt als in Wädenswil.

Zurückkommend auf unsern Ausgangspunkt — die Eignung beider Ufer für Wohnbebauung — muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass der Grund für die gefühlsmässige Bevorzugung des rechten Ufers ein psychologischer ist. Man geniesst hier am Feierabend die Abendsonne, wenn das linke Ufer schon im Schatten liegt. Dafür erfreut sich dieses einer um ebensoviel früheren Morgensonne, also zu einer Zeit, wo deren wärmende Strahlen willkommener sind, als am an sich schon warmen Abend. Dazu kommt, dass man z. B. gerade in Rüslikon (von dessen Wohnbebauung vorstehend die Rede war) den Blick in die besonnte Landschaft bis zum Alpenglühen geniesst, während man gegenüber der Seebildung ausgesetzt ist.

Es ist also dafür gesorgt, dass sich Vor- und Nachteile, je nach Vorliebe, aufheben. Das erklärt auch die dichte Wohnbesiedelung der linksufrigen Seegemeinden. Als Nachbar von Rüslikon seit 45 Jahren möchte der Schreiber dieser Zeilen mit dem rechten Ufer nicht tauschen.

C. J.

Triangulationen auf photogrammetrischem Wege

Von Dipl. Ing. ROB. VÖGELI, Frauenfeld

So jung die Photogrammetrie als Wissenschaft auch ist, so hat sie doch dank ihrer grossen Wirtschaftlichkeit das Vermessungswesen weitgehend zu revolutionisieren vermocht. Ganz abgesehen davon, dass es ihr gelang, die klassischen Aufnahmefethoden (Messtisch, Tachymetrie) weitgehend zu verdrängen, hat sie sich heute Gebiete erobert, von deren Möglichkeit sich ihre Begründer wohl kaum jemals Erfolge erhofft haben dürften. Ausschlaggebend für diese Entwicklung ist der gleichzeitig erfolgte, rapide Aufschwung des Flugwesens. Den grössten Erfolg stellt ohne Zweifel die teilweise Verdrängung der althergebrachten Triangulationsmethoden dar. Diese Feststellung gilt, wir möchten dies ausdrücklich betonen, nicht nur für überseeische Gebiete, sondern auch für grosse Teile von Europa. Unsere Ingenieure werden sich deshalb wohl oder übel mit der Photogrammetrie und ihren Möglichkeiten befassen müssen, wenn sie nach dem Kriege im Ausland erfolgreich bestehen wollen.

Wir erachten es als nützlich, die «*Aerotriangulation*», wie der Fachausdruck lautet, auch an dieser Stelle einmal zu erläutern. Dabei wollen wir uns darauf beschränken, das Problem in seinen grossen Zügen aufzurollen. Interessenten, denen die vorliegenden Ausführungen nicht genügen, verweisen wir auf einen von Prof. Dr. M. Zeller, E.T.H. in der «*Schweiz. Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik*» vom 10. März und 14. April 1942 veröffentlichten Artikel. Vorgängig der Behandlung unserer eigentlichen Aufgabe seien im folgenden das Prinzip der Luftphotogrammetrie und der modernen Triangulationsgeräte nochmals in aller Kürze erläutert. Eine eingehendere Veröffentlichung findet sich, ebenfalls vom Schreibenden verfasst, in der SBZ Bd. 118, S. 120* vom 6. September 1941 unter dem Titel «*Stereokartiergerät A 6 der Heinrich Wild A.-G., Heerbrugg*». Der A 6 ist zwar einfacher, im Prinzip jedoch gleich wie das Universalgerät der Firma Wild gebaut.

Wir überfliegen mit einem Flugzeug die zu kartierende Gegend in einer bestimmten Höhe H über Grund (Abb. 1). Erstellt man nun von zwei verschiedenen Standorten O' und O'' je eine Aufnahme des Geländes, so bildet sich der Geländepunkt P in den Bildebenen in P' und P'' ab. O' und O'' stellen den Objektivhauptpunkt der Aufnahmekammer im Moment der beiden Aufnahmen dar. Ihren Abstand B nennt man die Basis. Das beiden Bildern gemeinsame Gebiet kann nun stereoskopisch erfasst werden (in Abb. 1 schraffiert). Wir legen deshalb die beiden Bilder unter ein Stereoskop, wo sie, wenn wir ihnen die richtige gegenseitige Lage gegeben haben, zu einem räumlichen Modell verschmelzen. Denken wir uns in diesem Modell noch eine Marke, die wir auf Grund unseres stereoskopischen Sehvermögens auf jeden beliebigen Geländepunkt aufsetzen können, so entspricht dies im Prinzip dem Betrachtungssystem eines photogrammetrischen Auswertegerätes. Ein zusätzlicher Mechanismus erlaubt uns nun, jeden Standort und jede räumliche

Bewegung dieser Marke koordinatenmässig oder auch zeichnerisch zu erfassen. Bedingung für eine naturgetreue, natürlich massstäblich verkleinerte Rekonstruktion des photographierten Geländes ist allerdings, dass die beiden Bilder im Gerät wiederum die gleiche räumliche Lage einnehmen, die sie im Moment der Aufnahme hatten.

Abb. 1 gilt im Prinzip ebenfalls für die Auswertegeräte, auch wenn der Zusammenhang mit dem in Abb. 2 abgebildeten A 5 der Fa. Wild, Heerbrugg nicht ohne weiteres ersichtlich ist.

O' und O'' stellen die Hauptpunkte der beiden Auswertekammern dar. Die Lichtstrahlen $P'—O'—P$ und $P''—O''—P$ sind durch zwei Metall-Lenker verkörpert, die in O' und O'' allseitig drehbar gelagert und in ihrer Länge veränderlich sind. Sie sind im Punkte P miteinander verbunden, der der Messmarke im optischen Raummodell des Betrachtungssystems entspricht. Die räumlichen Bewegungen von P werden automatisch auf die Marke übertragen. Steht umgekehrt die Messmarke räumlich auf dem Gelände des Raummodells, so befindet sich auch P im entsprechenden Geländepunkt des für uns unsichtbaren Geländes im Koordinatensystem des Auswertegerätes. Die unendliche Vielzahl all dieser eindeutig definierten Punkte P bildet das koordinatenmässig oder zeichnerisch erfassbare Gelände. Um den Lenkerschnittpunkt P wunschgemäss führen zu können, ist er auf drei zueinander senkrechten, zu den Hauptrichtungen x, y, z des Gerätes verschiebbaren Schlitten gelagert. Er kann somit mit Hilfe zweier Handräder und einer Fusscheibe (diese für die Höhenverstellung = z -Bewegung) innerhalb den Dimensionen des Gerätes nach jedem beliebigen Raumpunkt verlagert werden.

Die Messmarke selbst setzt sich zusammen aus einer linken und einer rechten Marke, die über den ihnen entsprechenden Bildebenen beweglich gestaltet sind. Befinden sie sich auf dem gleichen Bildpunkt, so verschmelzen sie zu einer einzigen Marke, die wir nun mit grosser Genauigkeit räumlich auf das Gelände unseres Stereomodells aufsetzen können. Wir stellen uns diese beiden Marken am besten als die Durchstosspunkte der beiden Lichtstrahlen durch ihre Bildebenen vor. Nehmen wir nun an, P (Abb. 1) liege im Auswertegerät zu tief, also im Gelände drin. Die Durchstosspunkte der Lichtstrahlen $P—O'$ und $P—O''$ durch die Bildebenen sind dann, von P' und P'' aus gesehen, gegen innen verschoben. Um die Marken deshalb auf die sich entsprechenden Bildpunkte P' und P'' zu bringen, muss P gehoben werden. Eine gegensinnige, seitliche Bewegung der beiden Marken wirkt sich bei stereoskopischer Betrachtung also als Höhenverstellung der räumlichen Messmarke aus. Nehmen wir weiter an, die linke Punktmarke befinde sich in P' , die rechte indessen *nicht* in P'' , so zeigt diese eine seitliche Abweichung, die man als «*Seitenparallaxe*» bezeichnet. Wir werden später auf diesen Begriff zurückkommen.

Unsere Erläuterung der Auswertegeräte begann mit den Worten: «*Wir legen die beiden Bilder unter ein Stereoskop, wo sie, wenn wir ihnen die richtige gegenseitige Lage gegeben haben, zu einem räumlichen Modell verschmelzen.*» Kurz nachher folgt der Satz: «*Bedingung für eine naturgetreue, natürlich massstäblich verkleinerte Rekonstruktion des photographierten Geländes ist allerdings, dass die beiden Aufnahmen im Gerät wiederum die gleiche räumliche Lage unter sich und gegenüber dem Horizont einnehmen, die sie im Moment der Aufnahme hatten.*» In diesen beiden Sätzen konzentriert sich ein Grössteil der Theorie der Luftphotogrammetrie. Um zu erreichen, «*dass die beiden Aufnahmen im Gerät wiederum die gleiche räumliche Lage unter sich und gegenüber dem Horizont einnehmen, die sie im Moment der Aufnahme hatten,*» bedient man sich eines viergliedrigen Prozesses. Die vier Teiloperationen sollen im folgenden in aller Kürze behandelt werden. Interessenten, denen diese Ausführungen nicht genügen, verweisen wir auf die SBZ vom 6. Sept. 1941 (Bd. 118, Seite 120*).

1. *Herstellung der inneren Orientierung der Aufnahmekammer im Auswertegerät.* Unter der Herstellung der inneren Orientierung der Aufnahmekammer im Auswertegerät verstehen wir

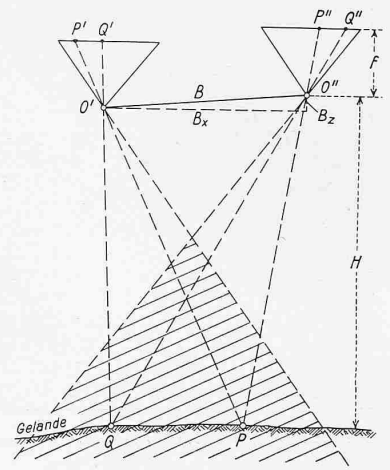


Abb. 1

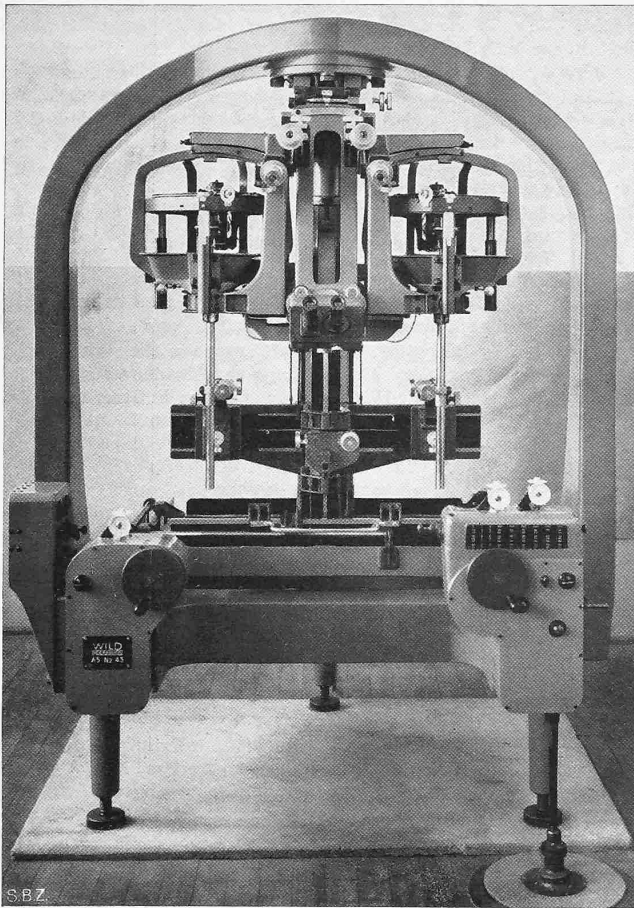


Abb. 2. Autograph A5 der Firma Hch. Wild, Heerbrugg

die Einführung der Brennweite der Aufnahmekammer im Auswertegerät, sowie die Zentrierung und Orientierung der Aufnahmen in ihren Bildträgern.

2. *Gegenseitige Orientierung.* Damit ein Aufnahmepaar den Eindruck eines räumlichen Modells erweckt, müssen die beiden Bilder im Auswertegerät die gleiche relative gegenseitige Lage einnehmen wie im Moment der Aufnahme. Diese Lage ist dann erreicht, wenn wir mit Hilfe der beiden Messmarken jedes beliebige Punktpaar P' , P'' (Abb. 1) optisch einwandfrei koordinieren können. Bei den sehr hohen Genauigkeitsanforderungen, die an die Photogrammetrie gestellt werden, genügt eine nur zweidimensionale Orientierung, wie wir sie beispielsweise vom Stereoskop her kennen, nicht. Wir müssen sie dreidimensional gestalten. Die beiden Auswertekammern sind deshalb in O' und O'' um drei zueinander senkrechte Axen so gelagert, dass sie innerhalb den Bewegungsbereichen der einzelnen Einstellelemente jede beliebige räumliche Lage einnehmen können. Die Theorie der gegenseitigen Orientierungen ist ziemlich kompliziert, weshalb wir auf ein näheres Eintreten verzichten. Interessenten seien nochmals auf den erwähnten Aufsatz in Bd. 118 aufmerksam gemacht. Für uns genügt es zu wissen, dass prinzipiell zwei Wege zum Ziele führen. Ihr Unterschied besteht darin, dass entweder beide Kammern zur Orientierung herangezogen werden oder aber nur eine, während die andere unberührt im Gerät bleibt. Wo es sich um blosses Kartierung handelt, benutzt man die erste Methode. Diese erlaubt eine wesentlich einfachere Konstruktion der Kartiergeräte gegenüber den Universalinstrumenten. Für Triangulationen muss indessen das zweite Verfahren angewendet werden; nähere Begründung folgt.

3. *Basisänderung.* Um die vorerst unbekannte Basis B (Abb. 1) bzw. den Auswertemasstab im Instrument richtig einführen zu können, benötigt man den Abstand zweier bekannter Punkte P und Q . Dieser kann im Auswertegerät entweder koordinatenmässig oder aber zeichnerisch ermittelt werden. Wird er nun beispielsweise zu gross, so muss man B verkleinern. Eine Basisänderung bedeutet nichts anderes als eine gegenseitige Parallelverschiebung der beiden Kammern samt deren Strahlensystemen. Die Schnittpunkte P und Q kommen dadurch höher zu liegen, das heisst, die Flughöhe H wird proportional kleiner. Ebenso verkleinert sich der Abstand $P-Q$ proportional. Die zu Beginn

der Auswertung unbekannte Basis B kann somit auf Grund zweier gegebener Punkte berechnet werden.

4. *Modelldrehung.* Bis jetzt haben wir erreicht, dass die beiden Bilder unter sich die gleiche relative Lage einnehmen wie im Moment der Aufnahme. Ebenso haben wir der Basis ihre wahre Länge erteilt. Als letztes müssen nun die Bilder samt der Basis noch so gedreht werden, dass sie auch gegenüber dem Horizont wieder die ursprüngliche Lage einnehmen. — Stellen wir uns vor, die Basis B sei samt den beiden Kammern um ihre Mitte drehbar. Dann macht das ganze mechanische Strahlensystem mit den Schnittpunkten P und Q diese Drehungen mit. Hat deshalb umgekehrt das im Schnitt gezeichnete Gelände $P-Q$ eine falsche Neigung gegenüber dem Horizont, was durch Ablesung der Höhen der beiden Punkte am entsprechenden Zählwerk festgestellt werden kann, so lässt es sich durch eine Drehung der Basis mit den beiden Kammern in seine wahre Neigung überführen.

Die oben dargelegte «Modelldrehung» stellt die Schwenkung um eine Parallele zur y -Achse des Gerätes dar. Da die Lage eines räumlichen Modells indessen nicht durch zwei, sondern durch drei Punkte definiert ist, kommt zur obigen Drehung noch eine solche um eine zur x -Achse parallele Drehaxe hinzu. Die Basisdrehungen erfolgen am A5 durch eine Zerlegung der Basis B in drei Komponenten B_x , B_y , B_z (Abb. 1). Die beiden Auswertekammern sind deshalb neben den oben beschriebenen Drehelementen noch auf drei, zu den Hauptrichtungen des Gerätes parallelen Schlitten verschiebbar gelagert (Abb. 2). Diese Vorrichtung ermöglicht es, um auf einen wesentlichen Punkt der Triangulation vorzugreifen, ein durch das Auswertegerät gegebenes Koordinatensystem x , y , z für die ganze Triangulation beizubehalten. Schliesslich ist die Höhenskala veränderlich gestaltet, sodass sie bei festbleibender Fuss-Scheibe auf jede gewünschte Höhe eingestellt werden kann.

Wie wir gesehen haben, benötigt man zur photogrammetrischen Auswertung eines Bildpaares mindestens drei nach Höhe und Situation gegebene Punkte. Wünscht man deshalb ein geodätisch unerschlossenes Gebiet zu kartieren, so muss vorerst die triangulatorische Unterlage geschaffen werden. Wir überfliegen zu diesem Zweck das Gelände in verschiedenen, zu einander parallelen Flügen (Abb. 3) so, dass die daraus gewonnenen Aufnahmestreifen seitlich eine gewisse Ueberlappung aufweisen. Damit zudem jeder Punkt eines Streifens stereoskopisch erfasst werden kann, müssen sich die Folgebilder um mehr als 50 % überdecken; in der Regel wird 60 % angestrebt. Dadurch weisen das n -te und $(n+2)$ -te Bild ein schmales gemeinsames Band auf (Abb. 4), in dem die für die spätere Kartierung notwendigen Neupunkte A , B , C nach Höhe und Situation bestimmt werden. Die mittleren Punkte B dienen zudem zur Uebertragung des Masstabes auf das nächste Modell (Näheres folgt). Die für die Triangulation erstellten Aufnahmen werden später auch für die Kartierung benützt.

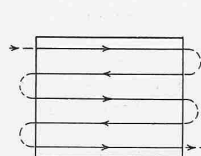


Abb. 3

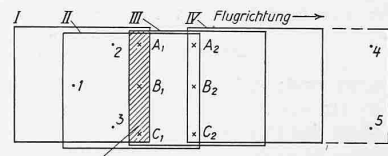


Abb. 4

Greifen wir nun von diesen parallelen Streifen zur weiteren Betrachtung einen einzelnen heraus (Abb. 4). Um diesen triangulatorisch auswerten zu können, benötigt man mindestens fünf bekannte Punkte, nämlich drei im ersten und zwei im letzten Bildpaar. Die drei Punkte des ersten Paares sind zu dessen räumlicher Orientierung notwendig, während die beiden letzten der Berechnung und Verteilung der unvermeidlichen Abschlussdifferenzen dienen. — Ist das erste Paar I, II auf seine gegebenen Punkte eingepasst, so liegen die beiden Aufnahmen richtig im Raum, bzw. im Auswertegerät. Wir orientieren nun die dritte Aufnahme einseitig zur zweiten, d. h., ohne die Einstellelemente der letztgenannten zu ändern. Dann liegt die dritte, wie man ohne weiteres erkennt, ebenfalls richtig im Instrument. Dieser Prozess wird über den ganzen Streifen durchgeführt, wobei das neu hinzuorientierte Bild jeweils automatisch die richtige räumliche Lage einnimmt. Da der A5 nur zwei Auswertekammern besitzt, muss die erste Aufnahme vor der Hinzuorientierung der dritten usw. notgedrungen aus dem Instrument entfernt werden. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass es Instrumente mit mehr als zwei Auswertekammern gibt. Diese erweisen sich

indessen vom Standpunkt der Genauigkeit aus als dem A5 weit unterlegen. Damit sich der Masstab vom ersten auf das zweite Bildpaar II, III usw. übertragen lässt, werden im Gemeinsamkeitsgebiet des ersten und dritten Bildes aus Paar I, II drei Neupunkte A_1, B_1, C_1 (Abb. 3) nach Höhe und Situation bestimmt. Im zweiten Modell II, III wird nun der Masstab mit Hilfe des mittleren Punktes B_1 bereinigt. Zu diesem Zweck stellt man mit der Fuss-Scheibe die Höhe von B_1 am Höhenzählwerk ein. Die bei Einstellung auf diesen Punkt auftretende Seitenparallaxe (Definition siehe oben) wird durch eine entsprechende Aenderung der Basis eliminiert, womit diese ihre wahre Länge erhält. Wird dieser Prozess über den ganzen Streifen fortgesetzt, so ergibt sich daraus ein dichtes Netz von Neupunkten A, B, C , auf die die einzelnen Bildpaare bei der Kartierung eingepasst werden können. Dabei stehen uns zur Orientierung jedes einzelnen Modells je sechs Punkte zur Verfügung.

Die Bestimmung dieser Einpasspunkte erfolgt entweder graphisch an einem Zeichentisch oder aber koordinatenmässig. Da die Maschinenkoordinaten x, y nicht mit den Landeskoordinaten übereinstimmen, müssen die erstgenannten in die geodätischen umgerechnet werden. Die Praxis lehrt nun, dass ein horizontaler Flugstreifen im Auswertegerät eine Deformation erfährt. Diese setzt sich aus einer systematischen Verbiegung in der Längsrichtung und einer ebensolchen um die Längsaxe (Torsion) zusammen. Dabei ist zu bemerken, dass diese Deformationen beträchtliche Werte annehmen können. Die Firma Wild hat seinerzeit durch den Schreibenden einen Streifen von nur 12 km Länge und einer Flughöhe von 3500 m über Grund ausgewertet. Der Höhenabschlussfehler betrug am Streifenende in dessen Axe 85 m. Bemerkenswert ist vor allem, dass die Höhenfehler mit zunehmender Länge parabolisch und somit rasch wachsen. Ihre Elimination ist deshalb wesentlich interessanter als jene der Situationsfehler, die, auf den Kartenmasstab umgerechnet, relativ klein bleiben. Diese Deformationen rühren von kleinen Fehlern der Aufnahmekammer und des Auswertegerätes her, die sich anlässlich der Auswertung summieren und in ihrem Endeffekt eine ungünstige Fehlerhäufung bewirken.

Die Elimination der Höhenfehler geschieht nun nach der Gleichung

$$dH = ax^2 + bx + c + dxy$$

$ax^2 + bx + c$ bezieht sich auf die Punkte der Streifenaxe, während das vierte Glied dxy der Elimination der Querverwindung dient¹⁾. Diese Formel verlangt neben den Punkten 1 bis 5 (Abb. 4) noch einen in der Streifenaxe liegenden Zwischenpunkt. Man sieht sich also vor die unangenehme Forderung gestellt, inmitten eines unerforschten Gebietes eine geodätische Triangulationsgrundlage schaffen zu müssen. Um diesem Mischstand zu begegnen, sind zwei besondere Verfahren entwickelt worden. Das erste besteht im folgenden:

Jede im Gerät «unberührt» bleibende Kammer erfährt vor der Hinzuorientierung der neuen Aufnahme eine kleine Drehung $\Delta\varphi$ um ihre y -Axe.

Die Berechnung von $\Delta\varphi$ erfolgt nach der Formel

$$\Delta\varphi = \frac{2(dH_E - dH_s - D\varphi_1)}{eD} \varphi_c$$

Darin sind: dH_E der Höhenabschlussfehler in der Streifenaxe, dH_s ein event. kleiner Höhenfehler des ersten Modells, D die Länge des Streifens in Metern, φ_1 eine event. kleine Neigung des ersten Modells in der Längsrichtung des Streifens, e die Anzahl der Modelle, wobei dem ersten der Index 0 zukommt (für z. B. 13 Modelle wird $e = 12$), $\varphi_c = 6366$. Auf eine Begründung dieser Formel verzichten wir, um die grosse Linie unserer Darstellung zu wahren. Das Problem ist seinerzeit von Prof. v. Gruber im Jahre 1935 in den Heften 3 und 4 der Zeitschrift «Bildmessung und Luftbildwesen» unter dem Titel «Beitrag zu Theorie und Praxis von Aeropolygonierung und Aeronivellement» entwickelt worden. Damit wird es möglich, den ursprünglich horizontalen Flug auch im Auswertegerät waagrecht zu gestalten. Eine nochmalige Auswertung des Filmstreifens Wild unter Berücksichtigung dieses Faktors $\Delta\varphi$ ergab denn auch für die Streifenaxe an ihrem Ende als Höhenabschlussfehler nur noch 0,7 m. Dieses $\Delta\varphi$ ist für die jeweilige Kombination Aufnahmekammer/Auswertegerät konstant, solange die Justierung des letztgenannten nicht durch Zugriff von aussen geändert wird; es muss, wenn der Wert nicht bereits vorliegt, vor Beginn der Triangulation ermittelt werden. Dies geschieht durch Aufnahme eines bekannten Gebietes, das im Auswertegerät durchtrianguliert und entsprechend verarbeitet wird. Die dadurch entstehende Mehrarbeit

fällt gegenüber den Gesamtkosten einer Vermessung ausser Betracht. — Der Vorteil dieser, wie auch der folgenden Methode liegt in der Möglichkeit des linearen Ausgleichs der Höhenfehler.

Das zweite Verfahren bedient sich eines hochempfindlichen Höhenmessers, des sog. «Statoskops». Dieses registriert auf einem Filmband die Höhe des Flugzeugs im Moment der einzelnen Aufnahmen. Die aus diesen Angaben ermittelten Höhendifferenzen zwischen zwei aufeinander folgenden Aufnahmestandorten stellen nichts anderes als die Bz-Komponenten der verschiedenen Basen dar (Abb. 1); diese können infolgedessen vor der Hinzuorientierung der neuen Aufnahme im Auswertegerät eingeführt werden. Das Statoskop selbst tritt erst kurz vor Beginn des eigentlichen Flugs in Aktion, nämlich dann, wenn das Flugzeug seine vorgeschriebene Höhe erreicht hat. Näheres über das Statoskop siehe im eingangs erwähnten Artikel von Prof. Dr. Zeller.

Prof. Zeller hat einen mit Statoskop-Angaben versehenen Plattenstreifen von etwa 40 km Länge verschiedene Male durchtriangulieren lassen. Die Höhenabschlussfehler in Streifenaxe betrugen bei den für seine Veröffentlichung benützten Streifen 19,4 und 8,5 m, womit in Anbetracht der Länge die geradlinige Höhenausgleichung erlaubt ist. Wo zwei Verfahren zum Ziel führen, drängt sich die Frage nach dem Besseren auf: Prof. Zeller hat sie in seinem Artikel dahin beantwortet, «dass der Folgebildabschluss mit Statoskopangaben namentlich auf grössere Strecken (über 10 km) dem Verfahren ohne Aeronivellement (ohne Statoskop) weit überlegen ist. Diese beiden Methoden lassen sich bezüglich der Fehlerfortpflanzung der Höhenfehler am besten mit Boussolen- und Polygonzug vergleichen». Ganz abgesehen von diesen fehlertheoretischen Ueberlegungen ist die Verwendung des Statoskops aus rein praktischen Gründen zu empfehlen. Seine Angaben können sich bei der Hinzuorientierung der Folgebilder als sehr wertvoll erweisen.

Abschliessend soll noch auf die bei Aerotriangulationen zu erwartenden mittleren Fehler eingetreten werden. Leider stehen mir nur zwei, allerdings mehrfach durchtriangulierte Streifen zur Verfügung. Herrn Prof. Zeller und der Firma Wild sei an dieser Stelle ihr liebenswürdiges Entgegenkommen bestens verdankt.

1. *Filmstreifen Wild*. Länge 12 km, Flughöhe über Grund 3500 m, keine Statoskopangaben. Mittlerer Höhenfehler $\pm 2,0$ bis 2,5 m. Auf eine Bestimmung der Situationsfehler wurde verzichtet.

2. *Plattenstreifen von Prof. Zeller*. Länge 40 km, Flughöhe über Grund 5200 m, Statoskop-Angaben vorhanden. — Zeller schreibt in seinen Fehlerbetrachtungen: «Aus den bisherigen Versuchen ergibt sich, dass bei Ueberbrückung einer Strecke von 40 km Länge aus 5000 m Flughöhe über Grund mittels Statoskop-Verfahren und linearer Ausgleichung ein mittlerer Höhenfehler von 3 bis 6 m und ein Lagefehler von 10 bis 20 m zu erwarten sind.»

Bei der Beurteilung dieser Ergebnisse muss man sich von schweizerischen Triangulationsverhältnissen lösen. In erster Linie müssen die Lagefehler in den Auswerte-Masstab 1:50 000 umgerechnet werden. Sodann muss berücksichtigt werden, dass es sich um unerforschte Gebiete handelt, die uns keinerlei Anhaltspunkte über die Richtigkeit des von uns gewählten linearen Ausgleichsverfahrens bieten. Prof. Zeller schreibt denn auch in seinen Betrachtungen über das Zustandekommen der relativ grossen Lagefehler: «Aus diesen Ergebnissen scheint hervor zu gehen, dass nicht ausnahmslos die linearen Fehlerinflüsse überwiegen. Für die exakte Fehlerausgleichung der Längen ist demnach die Formel $dx = c_1 x + c_2 x^2$ anzuwenden» (NB. Die Längsaxe des Streifens liegt in x -Richtung; c_1 und c_2 müssen mittels eines Versuchstreifens mit bekannten Punkten berechnet werden). «Darnach wird es möglich sein, die Situationsfehler soweit zu reduzieren, dass sie der Zeichengenauigkeit von $1/10$ bis $2/10$ mm zu genügen vermögen.»

Schliesslich verdient noch ein weiterer Punkt Erwähnung. Die vorliegenden Ergebnisse beziehen sich auf die Auswertung eines einzigen Streifens. In der Praxis werden sich jedoch eine grössere Anzahl von Parallelstreifen aneinander reihen (Abb. 3). Die Punkte A und C (Abb. 4) können deshalb so gewählt werden, dass sie sich auch auf den benachbarten Streifen erfassen lassen. Ihre Koordinaten lassen sich demnach aus zwei Bestimmungen ermitteln, was insbesondere die Höhenfehler günstig beeinflussen dürfte. Heute schon ein abschliessendes Urteil über diese Probleme zu fällen, scheint mir verfrüht. Es wird erst dann möglich sein, wenn einmal ein zusammenhängendes Gebiet von beachtlicher Länge und Breite fertig kartiert vorliegt. Ausschlaggebend für die Bewertung einer Karte sind weniger ihre Triangulations-, als ihre Kartierungsfehler. Gerade in diesen Belangen ist die Photogrammetrie bei der Erschliessung uner-

¹⁾ Kleine Höhenfehler der Punkte 1 bis 3 sind im Faktor «c» zusammengefasst. Dieser bezieht sich somit auf den Schwerpunkt des ersten Modells, dem die Koordinaten $x = y = 0$ zukommen. In ihm sind für die Ausgleichung sämtliche Punkte des ersten Modells vereinigt.

forscher Gebiete den klassischen Methoden jedoch überlegen. Während bei diesen Triangulation und Kartierung bezügl. Genauigkeit oft eine eklatante Diskrepanz aufweisen, sind bei der Photogrammetrie die Triangulations- und Kartierungsfehler beinahe identisch.

Anlässlich der Schweiz. Landesausstellung 1939 in Zürich hat die Eidgen. Landestopographie in der Halle «Vermessung, Grundbuch, Karte» einige alte und neue Blätter 1:50 000 unseres Hochgebirgs zu Vergleichszwecken ausgestellt. Dem aufmerksamen Beobachter kann dabei nicht entgangen sein, dass die alten Blätter stellenweise grobe Fehler aufwiesen. Solche Mängel werden keiner luftphotogrammetrisch erstellten Karte nachgewiesen werden können, während das nach der klassischen Methode des graphischen Vorwärtseinschneidens verfertigte Kartenmaterial in unwegsamen Gebieten oft Phantasieformen aufweist, weil die grundsistreu Darstellung in der zur Verfügung stehenden Zeit mit den klassischen Methoden überhaupt nicht erreicht werden kann. Eine Reihe von Staaten besitzen nun bereits eine ziemlich dichte geodätische Triangulation. Um sich die zeit- und geldraubende Arbeit einer Triangulation 4. Ordnung zu ersparen, wird in vielen dieser Länder das bestehende Netz auf photogrammetrischem Wege verdichtet. Damit fällt die oben angedeutete Unsicherheit über das für die Ausgleichung einzuschlagende Verfahren weitgehend dahin. Daneben werden uns bescheidene geodätische Ergänzungsarbeiten wertvolle Dienste leisten. Wenn es uns beispielsweise gelingt, die Wasserspiegellinie eines Sees zu bestimmen, so gilt sie für die gesamte Uferlinie. Diese kann deshalb in ihrer ganzen Länge für die Höhenorientierung der sie enthaltenden Streifen benützt werden. Selbstverständlich geht die Verwendung der Aerotriangulationen bis zu einem gewissen Grade auf Kosten der Genauigkeit, aber — und hier liegt der springende Punkt: Die Photogrammetrie ist sehr rationell. Prof. Zeller schreibt loc. cit., dass bei den vorliegenden Verhältnissen mit einem täglichen Fortschritt von 10 km gerechnet werden könne (im 8 bis 9-Stundentag). Die Breite des Streifens mit eingerechnet, würde dies einem Gebiet von 35 km² im Tag entsprechen. Dabei muss bemerkt werden, dass in dringenden Fällen in Schichten gearbeitet werden kann und wird. Erfolgt die Kartierung gleichzeitig, so kann man sich vorstellen, in welcher ausserordentlich kurzen Zeit heute Karten erstellt werden können. Um die Diskussion zu beschliessen, sei erwähnt, dass selbst Schweden, Norwegen und andere europäische Staaten mehr ihre geodätischen Triangulationen photogrammetrisch verdichten.

Abschliessend noch ein paar Worte über die verschiedenen photogrammetrischen Auswertegeräte. Eigenartigerweise beherrschen zwei Firmen den gesamten Weltmarkt: Wild in Heerbrugg und Zeiss, Jena. Es gibt noch andere Fabrikate, diese vermochten sich jedoch ausserhalb ihrer Landesgrenzen nirgends festzusetzen. Voraussetzung für ein erfolgreiches Bestehen auf dem Gebiete der photogrammetrischen Instrumente ist und bleibt eine hochentwickelte Feinmechanik, wie sie nur wenigen Ländern eigen ist. Für Aerotriangulationen, die eine vernünftige Genauigkeit garantieren sollen, kommen zwei Geräte in Frage: Der «Planigraph» der Firma Zeiss und der A 5 von Wild. Bei objektiver Beurteilung, die einem ehemaligen Mitarbeiter der Firma Wild geizt, darf jedoch festgestellt werden, dass der A 5 dem Planigraphen mindestens ebenbürtig ist.

MITTEILUNGEN

Kurs für Personalchefs. Durch die industrielle und soziale Entwicklung der vergangenen Jahre sind die Probleme der Menschenführung immer mehr zu zentralen Aufgaben der Unternehmensleiter geworden. Die Verantwortung dafür wurde in den meisten Betrieben einem Personalchef übertragen, dessen Aufgabenkreis in ständigem Wachsen begriffen ist. Ihm obliegt nicht nur die Sorge um den Nachwuchs und dessen Einführung im Betrieb, nicht nur die Betreuung aller sozialen Einrichtungen und Versicherungen, sondern es ist vielmehr seine Aufgabe, die Initiative zu ergreifen und die aller Mitarbeiter des ganzen Betriebes zu koordinieren und sie durch freudige Zusammenarbeit zu Höchstleistungen zu begeistern. In der Schweiz wurden in den letzten Jahren neue Wege dazu gesucht und mit Erfolg begangen. Es ist daher das Ziel dieses Kurses, den das Institut für angewandte Psychologie in Zürich (Merkurstrasse 30) veranstaltet, jeden Teilnehmer seine ganze Verantwortung als Personalchef erleben zu lassen und die modernen Mittel und Möglichkeiten der Menschenführung kennen zu lernen. Da die täglichen Forderungen des Betriebes keine Zeit zur Besinnung und persönlichen Weiterarbeit lassen, ist es wichtig, sich während einer ganzen Woche weitab vom täglichen Getriebe ausschliess-

lich diesen Fragen zu widmen. Durch Besinnung auf eigene Erfahrung, Erfahrungsaustausch und Mannschaftsarbeit lernen sie die Zusammenhänge der Menschenführung erkennen und deren Möglichkeiten verwirklichen. Das Programm umfasst: Menschenkenntnis, Entwicklung der Persönlichkeit, Auslese und Einstellung der Mitarbeiter, Einführung in den Betrieb, Bewährungskontrollen, Lehrlingsfragen, Egoismus (seine Auswirkungen und seine Bekämpfung), Schulung und Erziehung im Betrieb, Aufgabe und Stellung des Personalchefs, Aufgaben der Betriebs- und der Berufsgemeinschaft, Arbeitsfreude. Die Teilnehmerzahl ist auf 21 beschränkt, um einen persönlichen Kontakt mit allen Teilnehmern und einen lebendigen Erfahrungsaustausch zu erreichen. Der Kurs dauert vom Montag, 28. Februar bis Sonntag, 5. März 1944. Die Teilnehmer treffen sich schon am Sonntagabend zum gemeinsamen Nachtessen, um am Montag früh beginnen zu können. Die Kursteilnehmer wohnen in der Pension Florissant in Ouchy, wo auch die Kurse stattfinden. Der Pensionspreis beträgt 13 Fr. im Tag, die Kurshonorare sind 300 Fr. für einen Teilnehmer, 450 Fr. für zwei Teilnehmer der gleichen Firma und 100 Fr. für jeden weiteren Teilnehmer der Firma.

Oberflächenhärtung durch Induktionserhitzung. Seit einer Reihe von Jahren ist man dazu übergegangen, durch Oberflächenhärtung z. B. bei Kurbelwellen die Lagerstellen zu behandeln; die Härtung erfolgte hierbei durch die Flamme. In den letzten Jahren wurde hauptsächlich in den USA die Oberflächenhärtung durch induktive Erhitzung erreicht. Am bekanntesten ist das Tocco-Verfahren, über das hier bereits früher (Bd. 122, S. 68*, 1943) berichtet wurde. Bei der Induktionshärtung muss man unterscheiden, welche Tiefenwirkung man erreichen will. Bekanntlich haben Ströme höherer Frequenzen das Bestreben, sich nur auf der Oberfläche zusammenzudrängen, sodass sich die Frequenzwahl nach der erstrebten Tiefenwirkung zu richten hat. Um bei dünnwandigen Maschinenteilen nur eine geringe Härte-tiefe zu erreichen, werden Frequenzen von 50 000 bis 2 000 000 Hz angewendet, während für Tiefen von 1 bis 30 mm Frequenzen von 600 bis 30 000 Hz in Frage kommen. Im Folgenden werden nur diese Mittelfrequenzen behandelt. Es berichten darüber G. Seulen und H. Voss in «Stahl und Eisen», 63. Jahrg., Heft 51 vom 23. Dez. 1943 anhand von 17 Abb. und 8 Diagrammen. Man kann nun die Induktionshärtung nach zwei Methoden anwenden: die Gesamflächenhärtung und die fortschreitende Härtung, bei der nach und nach, zonenweise gehärtet wird. Die Gesamflächenhärtung wird heute hauptsächlich für Nocken- und Kurbelwellen angewendet, bei denen oft die ganze Fläche im Umlaufverfahren gehärtet wird. Es werden dazu meistens geschlossene Spulen verwendet. Man kann jedoch gerade beim Umlaufverfahren auch den Vorteil des offenen Kopfes ausnützen. Der Vorteil der induktiven Härtung liegt in der zeitlichen und örtlichen Beherrschung der Werkstücke, indem man gerade durch die rasche Erhitzung die Abgrenzung der Härtezonen genau vornehmen kann. Bei der fortschreitenden Härtung kann man sowohl offene wie auch geschlossene Köpfe verwenden. Je nach der Form des Werkstückes kann die reine Vorschubhärtung oder die Umlauf-Vorschubhärtung gewählt werden. Es sind hierfür bereits gut durchgebaute Maschinen entwickelt worden, die eine Reihenfertigung mit grosser Genauigkeit zulassen. Diagramme zeigen den Einfluss der Stromleistung und der Erhitzungsleistung auf den Temperaturverlauf über den Querschnitt beim Induktionshärten nach dem Stillstandverfahren und nach dem Umlaufverfahren (Umlaufvorschubverfahren), wobei Leistung und Vorschub verändert wurden und der Temperaturverlauf von aussen nach innen aufgezeichnet wurde. Einige Schliffproben von Kurbelwellenzapfen und Nocken lassen die Härte-tiefe und den Verlauf der Gefügeveränderungen erkennen.

Schutz von stillgelegten Motorfahrzeugen. Das englische «Automobile Research Committee» hat bei verschiedenen Fahrzeughaltern eine Umfrage angestellt, welche Massnahmen zum Schutz von stillgelegten Automobilen vorzunehmen seien. Es sind auf diese Umfrage 70 Antworten eingegangen, auf Grund deren dann allgemeine Grundsätze veröffentlicht wurden. Nach «Engineering» vom 20. August 1943 werden zwei Arten von Stilllegungen unterschieden: 1) eine, aus der der Wagen jederzeit innert kurzer Frist betriebsbereit gemacht werden kann, 2) eine solche, durch die der Wagen für die Dauer des Krieges ohne Rücksicht auf die zur Inbetriebsetzung notwendige Zeit stillgelegt wird. Die zweite Kategorie dürfte aus naheliegenden Gründen nur für eine beschränkte Anzahl von Fahrzeugen zutreffen und auch die Besitzer dieser scheuen wohl in den meisten Fällen die grösseren Kosten, die eine solche Konservierung erfordert. Im Falle 2 wird vorgeschlagen, zum mindesten die Motoren teilweise zu demontieren. Die erste Kategorie von Automobilen kann ohne allzugrosse Kosten in einer Weise unterhalten werden, die schwerwiegende Schädigungen von