

Soll in einem Gelände mit beliebigen Höhenunterschieden ein Neupunkt  $P$  auf Grund vorhandener Festpunkte bestimmt werden, so erfordert dies ebenfalls die Aufnahme von zwei den Punkt  $P$  enthaltenden Meßbildern, deren Ebenen aber beliebig liegen können. Die Bestimmung des Punktes  $P$  auf Grund der beiden Bilder geschieht am besten stereophotogrammetrisch mit Verwendung eines Auswertungsinstrumentes — Aerokartograph oder Stereoplanigraph — in der früher angegebenen Weise; die drei Koordinaten des Punktes  $P$  können dabei an dem Auswertungsinstrument abgelesen werden.

## 7. Zugweise Bestimmung von Neupunkten.

Bei der zugweisen oder polygonometrischen Punktbestimmung werden mehrere Neupunkte gemeinsam festgelegt mit Hilfe eines gebrochenen Linienzuges oder Polygonzuges; es werden dabei Strecken und Winkel gemessen. Der Länge der Zugseiten entsprechend kann man die Züge einteilen in kleinseitige Züge mit Seiten zwischen 100 und 200 m Länge und großseitige Züge mit Seiten zwischen 300 und 1000 m Länge. Diese beiden Zugarten unterscheiden sich im Grundgedanken nur in der Messung der Zugseiten.

Die hier in Frage kommenden Züge gehen von einem Festpunkt  $A$  (Abb. 100) aus und endigen in einem Festpunkt  $E$ ; die bei einem solchen

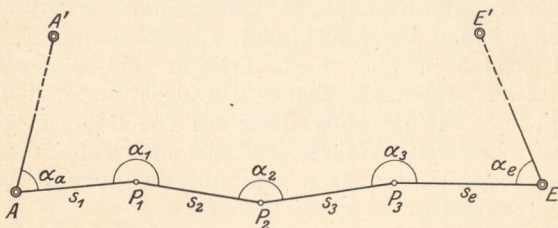


Abb. 100. Zugweise Bestimmung von Neupunkten.

„angeschlossenen Zug“ auszuführenden Arbeiten bestehen in der Auswahl und Bezeichnung der Zugpunkte, der Messung der Winkel und Seiten und der Berechnung des Zuges.

Die Auswahl der Zugpunkte richtet sich nach der beabsichtigten topographischen Aufnahme; sie ist insbesondere abhängig von der Übersichtlichkeit und Beschaffenheit des Geländes. Die Punkte sind so zu wählen, daß sie eine bei der Durchführung der topographischen Aufnahme bequem zu benutzende Grundlage abgeben. Ob man großseitige oder kleinseitige Züge wählt, ist zunächst abhängig von der Übersichtlichkeit des Geländes und von dem Maßstab, in dem die Aufnahme ausgeführt bzw. ausgearbeitet werden soll. In wenig übersichtlichem Gelände, also besonders im Walde, ist man zu kleinseitigen Zügen gezwungen; in übersichtlichem Gelände, also in freiem Felde, wird man möglichst großseitige Züge anstreben; die Länge der Zugseite richtet sich dabei insofern nach dem Maßstab der Aufnahme, als man sie um so größer wählen kann je kleiner der Maßstab ist.

Die zugweise Punktbestimmung mit großseitigen Zügen hat im Ver-

gleich zur punktweisen Punktbestimmung nach den früher angegebenen Verfahren des Einschneidens zwei Vorteile; erstens kann die Auswahl der Punkte ohne besondere — unter Umständen zeitraubende — Erkundungen im Gelände durchgeführt werden, und zweitens kann die Sichtbarmachung der Punkte für die Zwecke der Messung einfacher vorgenommen werden.

Mit Rücksicht auf die unvermeidlichen Fehler bei der Winkelmessung und die Verteilung der bei der Rechnung auftretenden Widersprüche wählt man die einzelnen Zugpunkte möglichst so, daß der Zug eine langgestreckte Form hat, und daß die verschiedenen Seiten eines Zuges ungefähr gleichlang sind.

Die Bezeichnung der Zugpunkte im Gelände geschieht im allgemeinen mit Holzpfählen mit eingebohrtem Loch, in das zur Sichtbarmachung der Punkte für die Messung ein Fluchtstab gesteckt werden kann. Im einzelnen sind die Zugpunkte örtlich so zu wählen, daß bei der Winkelmessung die vertikal gestellten Fluchtstäbe möglichst am Boden angezielt werden können.

Für die Winkelmessung verwendet man einen Theodolit mit Nonien oder Noniusmikroskopen oder auch Skalamikroskopen und einer Angabe von 20 oder 30 Sekunden. Zu messen hat man außer den eigentlichen Zugwinkeln  $\alpha_1, \alpha_2$  und  $\alpha_3$  in den Zugpunkten  $P_1, P_2$  und  $P_3$  (Abb. 100) den Anschlußwinkel  $\alpha_a$  im Anfangspunkt  $A$  und — zum Schutz gegen Versehen — den Abschlußwinkel  $\alpha_e$  im Endpunkt  $E$ . Die Messung der Winkel erfolgt in zwei Fernrohrlagen richtungsweise, im allgemeinen in zwei Sätzen. Je kleiner die Zugseiten sind, desto größere Sorgfalt muß man auf die Aufstellung des Theodolits in dem Scheitelpunkt des zu messenden Winkels, auf die pünktliche Aufsteckung der Fluchtstäbe in den Zielpunkten und auf die genaue Anzielung der Fluchtstäbe verwenden.

Die Messung der Zugseiten  $s_1, s_2, s_3$  und  $s_e$  geschieht bei kleinseitigen Zügen entweder unmittelbar mit Meßplatten oder einem Stahlband oder mittelbar mit einem Doppelbildentfernungsmesser mit der Grundstrecke im Zielpunkt, bei großseitigen Zügen mittelbar mit dem Schraubenentfernungsmesser. Verwendet man 5 m-Latten, so mißt man derart, daß man die Meßplatten ganz auf den Boden legt und sie ohne Zwischenraum und ohne die vorhergehende Latte zurückzustößen aneinanderreihet; die dann an jeder Latte negativ anzubringende Verbesserung wegen nicht horizontaler Lage der Latte bestimmt man mit einem Gradbogen, der am besten so eingerichtet ist, daß man an ihm unmittelbar die Verbesserung und nicht den Neigungswinkel abliest. Benutzt man mit Rücksicht auf die Bequemlichkeit bei der Beförderung ein Stahlmeßband, so legt man dieses ebenfalls ganz auf den Boden und bestimmt die an jeder Bandlage anzubringende Verbesserung entweder unmittelbar mit einem der Bandlänge entsprechenden Gradbogen oder mittelbar mit Hilfe des mit einem Gefällmesser zu bestimmenden Neigungswinkels  $\varphi$  des Bandes; im letzteren Falle ist die Verbesserung  $v = 2L \sin^2 \frac{\varphi}{2}$ , wobei  $L$  die Länge des Bandes ist.

Die mittelbare Streckenmessung hat den Vorteil, daß man unabhängig von Messungshindernissen ist.

Die Berechnung eines Zuges besteht in der Ermittlung der rechtwinkligen Koordinaten  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$  und  $(x_3, y_3)$  der Zugpunkte  $P_1, P_2$  und  $P_3$  (Abb. 100) auf Grund der gegebenen Koordinaten  $(x_a, y_a)$ ,  $(x_a', y_a')$ ,  $(x_e, y_e)$  und  $(x_e', y_e')$  der Anschlußpunkte  $A, A', E$  und  $E'$ .

Berechnet man die Richtungswinkel  $(AA')$  und  $(EE')$  von  $AA'$  und  $EE'$  auf Grund der Gleichungen

$$\operatorname{tg}(AA') = \frac{y_a' - y_a}{x_a' - x_a} \quad \text{und} \quad \operatorname{tg}(EE') = \frac{y_e' - y_e}{x_e' - x_e},$$

so erhält man die Richtungswinkel  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  und  $\varphi_e$  der Zugseiten aus

$$\varphi_1 = (AA') + \alpha_a$$

$$\varphi_2 = \varphi_1 + \alpha_1 \pm 180^\circ$$

$$\varphi_3 = \varphi_2 + \alpha_2 \pm 180^\circ$$

$$\varphi_e = \varphi_3 + \alpha_3 \pm 180^\circ.$$

Berechnet man auch noch  $(EE')$  aus

$$(EE') = \varphi_e + \alpha_e \pm 180^\circ,$$

so erhält man eine Probe für die Richtigkeit der Messung und der Rechnung. Im allgemeinen zeigt sich bei der Berechnung von  $(EE')$  infolge der Ungenauigkeit der Koordinaten der Festpunkte und der unvermeidlichen Messungsfehler ein Widerspruch, den man gleichmäßig auf die gemessenen Winkel  $\alpha_a, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  und  $\alpha_e$  verteilt.

Nachdem man so die Richtungswinkel der einzelnen Zugseiten ermittelt hat, kann man die Koordinaten der Zugpunkte berechnen an Hand der Gleichungen

$$x_1 = x_a + s_1 \cos \varphi_1 \quad y_1 = y_a + s_1 \sin \varphi_1$$

$$x_2 = x_1 + s_2 \cos \varphi_2 \quad y_2 = y_1 + s_2 \sin \varphi_2$$

$$x_3 = x_2 + s_3 \cos \varphi_3 \quad y_3 = y_2 + s_3 \sin \varphi_3.$$

Eine Probe für die Messung und Rechnung erhält man dadurch, daß man auch die Koordinaten von  $E$  berechnet aus

$$x_e = x_3 + s_e \cos \varphi_e \quad \text{und} \quad y_e = y_3 + s_e \sin \varphi_e.$$

Die dabei sich zeigenden Widersprüche im Vergleich zu den gegebenen Koordinaten von  $E$  verteilt man proportional den Zugseiten auf die  $s \cos \varphi$ - und  $s \sin \varphi$ -Werte.

Für die Berechnung von Zügen empfiehlt sich die Verwendung eines entsprechend eingerichteten Vordrucks.

## 8. Netzweise Bestimmung von Neupunkten nach dem numerischen Verfahren.

Die netzweise Punktbestimmung besteht in der gemeinsamen Festlegung von zwei und mehr Punkten mit Hilfe eines Dreiecksnetzes; die dabei vorkommenden Dreiecksnetze kann man einteilen in einfach und mehrfach angeschlossene Netze. Ein einfach angeschlossenes Netz ist im Koordinatensystem nur eindeutig festgelegt, es enthält also nur