

arbeiten, im letzteren Fall mit Verwendung des Pantographen oder auch auf photographischem Wege.

Kann keine Katasterkarte für die Aufnahme nutzbar gemacht werden, so hat man die Grundlage für diese in Gestalt eines Punktnetzes erst zu schaffen. Dabei kann man zwei Fälle unterscheiden; in dem einen Fall sind einige wenige Punkte bereits gegeben, im anderen Fall sind in dem aufzunehmenden Gebiet oder seiner Umgebung noch keine benutzbaren Punkte vorhanden. Im letzteren Fall muß man die erste Grundlage durch Ausführung einer Haupttriangulation oder selbständigen Triangulation schaffen. Sind schon einige, wenn auch wenige, Punkte von einer früheren, vielleicht für andere Zwecke ausgeführten Messung oder durch eine eigene selbständige Triangulation im Gelände gegeben und ihrer Lage nach, z. B. durch rechtwinklige Koordinaten, bekannt, so hat man auf Grund dieser Punkte die für die topographische Aufnahme erforderlichen weiteren Punkte zu bestimmen oder festzulegen; die gegebenen Punkte bzw. deren Koordinaten werden dabei als fehlerfrei angenommen.

Die in Frage kommenden Punkte müssen einerseits im Gelände bezeichnet und andererseits für die Zwecke der Messung sichtbar sein. Die Bezeichnung der Punkte — ein Punkt ist in der praktischen Geometrie bestimmt durch eine vertikale Gerade — kann eine natürliche oder eine künstliche sein. Ein Punkt ist in natürlicher Weise bezeichnet durch eine Gebäudespitze, einen Blitzableiter, eine Fahnenstange oder auch durch den gerade gewachsenen Stamm eines einzelstehenden Baumes. Die künstliche Bezeichnung eines Punktes richtet sich nach der Zeitdauer, für die sie halten soll; in Frage kommen behauene Steine mit Loch, eingehauene Zeichen oder eingelassene Metallstücke auf Felsen, Röhren aus Ton oder Metall und Holzpfähle mit eingebohrtem Loch. Die Sichtbarmachung der künstlich bezeichneten Punkte während der Messung geschieht durch entsprechend lange, bemalte oder zum Teil mit Papier umwickelte Holzstangen mit Flaggen oder durch Dreiböcke aus Holz (Abb. 88).

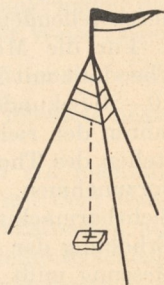


Abb. 88. Sichtbarmachung eines Punktes mit einem Dreibock.

2. Die Ausführung einer selbständigen Triangulation.

Bei einer die Grundlage der ganzen Vermessung bildenden selbständigen Triangulation überzieht man das betreffende Gebiet mit einem Netz von Dreiecken, in welchem man eine Seite — die Grundlinie — und möglichst alle Winkel mißt. Bei der Ausführung einer selbständigen Triangulation kann man die folgenden einzelnen Teile unterscheiden: Anlage des Dreiecksnetzes, Bezeichnung der Dreieckspunkte, Sichtbarmachung der Punkte, Messung der Winkel, Messung der Grundlinie und Berechnung des Netzes.

Bei der Anlage des Dreiecksnetzes, bestehend in der Auswahl der einzelnen Punkte, hat man möglichst gleichseitige Dreiecke anzustreben. Die Anlage des Netzes ist insbesondere abhängig von der Form

des durch das Netz zu bedeckenden Gebietes, von den Höhenverhältnissen und von der Bodenbedeckung; sie erfordert eine eingehende Begehung und sorgfältige Erkundung des Geländes. Die mittlere Größe einer Dreiecksseite richtet sich nach der Ausdehnung des aufzunehmenden Gebietes; bei kleineren Gebieten kann man die ungefähr gleichlangen Dreiecksseiten zwischen 300 und 2000 m wählen, bei größeren Gebieten ist die mittlere Dreiecksseite bis zu 20 und mehr Kilometer groß. Im allgemeinen wird man die Dreieckspunkte möglichst auf höchsten Stellen im Gelände wählen; auf Grund von dem dabei sich ergebenden Punktnetz werden dann die weiteren, für die Durchführung der topographischen Aufnahme erforderlichen Punkte festgelegt. Bei der Auswahl der Dreieckspunkte hat man schon Rücksicht zu nehmen auf die zu messende Grundlinie; dabei tritt häufig der Fall ein, daß man nicht unmittelbar eine Dreiecksseite messen kann.

Die Bezeichnung der Punkte im Gelände geschieht je nach der voraussichtlichen Dauer der ganzen Aufnahme in der oben angegebenen Weise.

Die Sichtbarmachung der Punkte für die Zwecke der Messung richtet sich nach der Länge der Dreiecksseiten und nach der angestrebten Genauigkeit, die selbst wieder insbesondere durch den Maßstab der herzustellenden Karte bestimmt ist.

Für die Messung der Dreieckswinkel verwendet man einen Theodolit mit Nonien, Skalamikroskopen oder Noniusmikroskopen mit 10—20 Sekunden Angabe. Die Messung erfolgt z. B. nach dem Verfahren der richtungsweisen Winkelmessung in drei Sätzen. Das Aufstellen des Theodolits in einem bezeichneten Punkt ist um so genauer vorzunehmen, je kürzer die Sichten sind; dasselbe gilt auch für die Sichtbarmachung der Zielpunkte mit Stangen und dergleichen. Zur Erhöhung der Genauigkeit und zur Aufdeckung von Versehen bei der Messung mißt man möglichst in jedem Dreieck alle drei Winkel.

Zur Messung der Grundlinie ist bereits bemerkt, daß vielfach nicht unmittelbar eine Dreiecksseite gemessen werden kann; man mißt dann (Abb. 89) eine durch Messung der erforderlichen Winkel mit einer

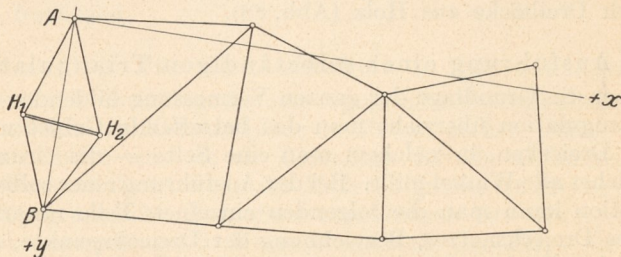


Abb. 89. Überblick über eine selbständige Triangulation.

Dreiecksseite AB in Zusammenhang zu bringende Hilfsstrecke H_1H_2 . Die Punkte H_1 und H_2 wählt man dabei so, daß die Strecke H_1H_2 in möglichst ebenem Gelände verläuft und dementsprechend bequem

und sicher gemessen werden kann. Für die Messung verwendet man ein Paar 5 m lange Meßlatten oder ein z. B. 20 m langes Stahlband; die tatsächliche Länge des benutzten Gerätes muß entweder bekannt sein oder besser vor und nach der Messung mit einer besonderen Vorrichtung¹ bestimmt werden. Die Messung ordnet man so an, daß man die auf $k \times 20$ m (k eine ganze Zahl) abgestimmte Grundlinie in Teilstrecken mit $(20,00 + \Delta a)$ m Länge zerlegt, wobei man Δa gleich 2—5 cm groß wählt. Die Endpunkte der Teilstrecken werden je mit einem Nagel auf einem Holzpfahl bezeichnet und mit dem in einem Endpunkt der Grundlinie aufgestellten Theodolit genau in die Gerade eingewiesen.

Verwendet man 5 m-Latten, so führt man die Messung von jeder Teilstrecke in der Weise aus, daß man die Meßlatten ganz auf den Boden legt und sie ohne Zwischenraum und ohne die vorhergehende Latte zurückzustößen aneinanderreihet; die kleine Strecke Δa wird dabei mit dem Taschenmaßstab auf Millimeter genau gemessen. Da man auch bei scheinbar horizontalem Gelände nie damit rechnen kann, daß jede Latte bei der Messung genau horizontal liegt und bei nicht horizontal liegender Latte etwas zuviel gemessen wird, so muß man für jede Lattenlage mit einem als Gradbogen bezeichneten Hilfsgerät die entsprechende Verbesserung v bestimmen. Ist φ der Neigungswinkel der Latte gegen die Horizontale, so ist — wie sich in einfacher Weise zeigen läßt — $v = 10,00 \sin^2 \frac{\varphi}{2}$ Meter. Am besten verwendet man einen

Gradbogen, an dem man nicht φ , sondern unmittelbar die stets negativ anzubringende Verbesserung v abliest.

Bei Verwendung eines 20 m-Stahlbandes mißt man Δa ebenfalls mit dem Taschenmeter auf Millimeter genau. Um die mit dem Band schief, also nicht horizontal gemessenen Längen der Teilstrecken auf die Horizontale umrechnen zu können, muß man die Höhenunterschiede zwischen den Pfählen mit Hilfe eines Nivellierinstruments bestimmen. Ist h der Höhenunterschied zwischen zwei Teilpunkten, so hat man die gemessene Länge zu verkleinern um $v \approx \frac{h^2}{40,00}$ Meter.

Zur Erhöhung der Genauigkeit mißt man die Grundlinie z. B. viermal, wobei man zweimal in der einen und zweimal in der anderen Richtung mißt.

Die Berechnung des Dreiecksnetzes² bezweckt die Ermittlung von rechtwinkligen Koordinaten für die einzelnen Dreieckspunkte; sie beginnt mit der Abstimmung der Winkel in jedem Dreieck auf 180° , bestehend in der gleichmäßigen Verteilung der Abweichungen auf die einzelnen Winkel. Sind so die Winkel widerspruchsfrei gemacht, so kann man, von der Grundlinie ausgehend, die Längen der einzelnen Dreiecksseiten mit Benutzung des Sinussatzes berechnen. Um für die

¹ Ein bequem zu befördernder „Feldkomparator“ zur Bestimmung der Längen von 5 m-Latten wird von C. Sickler in Karlsruhe hergestellt. Die Bestimmung der Länge eines Stahlbandes mit Hilfe von Normalmetern läßt sich nicht in einfacher Weise im Felde ausführen.

² Vgl. Hammer, E.: Lehr- und Handbuch der ebenen und sphärischen Trigonometrie.

Dreieckspunkte Koordinaten berechnen zu können, muß man ein rechtwinkliges Koordinatensystem annehmen; dies wird man im allgemeinen so wählen, daß der Ursprung mit einem Dreieckspunkt und eine Achse mit einer Dreiecksseite zusammenfällt (Abb. 89).

3. Die verschiedenen Verfahren zur Bestimmung von weiteren Punkten in einem Netz vorhandener Punkte.

Die durch eine neue oder eine alte selbständige Triangulation festgelegten Punkte reichen im allgemeinen als Grundlage für die Durchführung der topographischen Aufnahme nicht aus; man ist daher gezwungen, auf Grund der fehlerfrei anzunehmenden Hauptpunkte weitere Punkte zu bestimmen oder das Punktnetz zu verdichten. Die Bestimmung von solchen Zwischenpunkten kann auf drei Arten erfolgen, nämlich numerisch, graphisch und mechanisch. Bei der numerischen Festlegung werden die dazu erforderlichen Größen gemessen, also in Zahlen ermittelt; die graphische Festlegung erfolgt mit Benutzung des Meßtisches und der Kippregel; die mechanische Festlegung geschieht mit Hilfe einer Meßkammer, also auf photogrammetrischem Wege. Wird ein Punkt numerisch festgelegt, so müssen von den gegebenen Punkten Koordinaten bekannt sein; die Festlegung des Punktes besteht in der Ermittlung seiner Koordinaten. Bei der graphischen Bestimmung von Punkten müssen die gegebenen Punkte in einem bekannten Maßstab aufgezeichnet sein. Für die photogrammetrische Bestimmung von weiteren Punkten in einem vorhandenen trigonometrischen Punktnetz kommt zunächst die Luftphotogrammetrie in Frage; die Erdphotogrammetrie wird nur unter ganz besonderen Verhältnissen zur Anwendung kommen.

Die gegebenen, bereits festliegenden Punkte werden als *Festpunkte* bezeichnet; im Gegensatz dazu heißen die neu zu bestimmenden Punkte *Neupunkte*.

Die Festlegung von Neupunkten kann punktweise, zugweise oder netzweise erfolgen. Bei der punktweisen Bestimmung wird jeder Punkt für sich oder höchstens zwei Punkte gemeinsam festgelegt¹; bei der zugweisen Bestimmung werden mehrere Punkte gemeinsam mit Hilfe eines gebrochenen Linienzuges oder Polygonzuges festgelegt; bei der netzweisen Bestimmung erfolgt die gemeinsame Festlegung von zwei und mehr Punkten mit Hilfe eines Dreiecksnetzes. Die punktweise Bestimmung eines Punktes kann numerisch, graphisch oder photogrammetrisch erfolgen; die zugweise Bestimmung wird am besten numerisch ausgeführt; die netzweise Festlegung von Punkten kann man numerisch oder photogrammetrisch, gelegentlich auch graphisch vornehmen.

4. Punktweise Bestimmung von Neupunkten nach dem numerischen Verfahren.

Bei der numerischen Festlegung von einem Punkt können Strecken und Horizontalwinkel gemessen werden; dabei ist zu beachten, daß die

¹ Die gelegentlich vorkommende gemeinsame Festlegung von mehr als zwei Neupunkten kommt hier kaum in Frage.