

# Sitzungsberichte

der

mathematisch-naturwissenschaftlichen

Abteilung

der

Bayerischen Akademie der Wissenschaften  
zu München

---

1937. Heft II

Mai-Dezember-Sitzung

---

München 1937

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

In Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung

## Grundsätzliches zur astronomischen Ortung von Flugaufnahmen.

Von Sebastian Finsterwalder in München.

Vorgetragen in der Sitzung vom 4. Dezember 1937.

Man kann die Flugaufnahmen dadurch ergänzen,<sup>1</sup> daß man mit der Aufnahme des Geländes eine gleichzeitige Aufnahme des Sonnenstandes auf dieselbe Bildebene oder auf eine mit ihr in festem Zusammenhang stehende Bildebene verbindet, so daß die Richtung nach dem Sonnenmittelpunkt in dem Zielstrahlenbündel, das vom Luftstandpunkt nach den Geländepunkten läuft, festgelegt ist. Werden solche sonnengeortete Aufnahmen rasch hintereinander, also bei wenig verändertem Sonnenstand, gemacht, wie es bei einem Bildflug die Regel ist, so ist der Gewinn, den man für die Wiederherstellung des von zwei benachbarten Aufnahmen gedeckten Geländestückes aus der Kenntnis der Sonnenrichtung ziehen kann, recht bescheiden. Er kann in der Erleichterung des Zusammenpassens solcher Aufnahmen gefunden werden, insofern als die beiden zugehörigen Sonnenrichtungen als genähert parallel gelten können, oder er kann in der Möglichkeit des Rückwärtseinschneidens des Luftstandpunktes jeder Einzelaufnahme aus nur zwei bekannten Geländepunkten gesucht werden, da dann der Sonnenmittelpunkt den fehlenden dritten Geländepunkt ersetzt. Dabei muß jedoch die geographische Ortung der beiden Bodenpunkte sowie des Luftstandpunktes bekannt sein, außerdem auch die genaue Zeit der Aufnahme, da dies alles zur Berechnung der Sonnenrichtung erforderlich ist.

---

<sup>1</sup> Für eine solche Ergänzung ist seit langem der italienische Ingenieur S a n t o n i eingetreten. Über seine neueste Konstruktion dieser Art, die für flüchtige Kolonialaufnahmen bestimmt ist, siehe: Le Divelec, Quelques possibilités d'application des derniers appareils construits par la Soc. An. Officine Galiléi, Bulletin de la Soc. Belge de Photogrammetrie Nr. 7 Juin 1936.

Weit günstiger steht es jedoch mit der astronomischen Ortung, wenn von einem Gelände Flugaufnahmen bei stark verschiedenen Sonnenständen vorliegen und die Sonnenrichtung jeweils mit aufgenommen wurde. Hier wird man zweckmäßig zunächst von jeder geographischen Ortung des aufgenommenen Geländes absehen und eine gemeinsame gegenseitige Ortung der Aufnahmen vornehmen, wobei man bei mehr als zwei Aufnahmen die Ortung in Stellortung<sup>1</sup> und Standortung trennt. In die Stellortung gehen nur die Richtungen der Zielstrahlen ein und, wenn diese vollzogen ist, sind auch die mitaufgenommenen Sonnenrichtungen in sie einbezogen. Kennt man dann noch die Aufnahmezeiten mit mäßiger Genauigkeit, so kann man aus ihnen die zugehörigen Sonnendeklinationen ermitteln und daraus die Richtung nach dem Himmelspol innerhalb der Stellortung berechnen. Bei zwei Aufnahmen ist dazu die Auflösung eines Kugeldreiecks mit den Ecken: Pol, erste und zweite Sonnenrichtung erforderlich. Von diesem Kugeldreieck kennt man die drei Seiten, nämlich den Winkel beider Sonnenrichtungen und die Ergänzungen der beiden Sonnendeklinationen zu 90 Grad. Sind Aufnahmen zu mehr als zwei verschiedenen Zeiten vorhanden und damit in der Stellortung auch die entsprechende Zahl von Sonnenrichtungen, so ergibt sich die Richtung nach dem Himmelspol aus den zugehörigen Sonnendeklinationen auf dem Wege der Ausgleichung. Wird alsdann die Standortung vollzogen und ein Raummodell des Geländes in willkürlichem Maßstab hergestellt, so ist dieses nach dem Himmelspol geortet. Solche polgeortete Raummodelle können dann in ganz ähnlicher Weise untereinander verbunden werden, wie man es von lotgeorteten gewöhnt ist; es tritt dabei nur an Stelle der waagrechten Ebene eine solche, die dem Himmelsäquator parallel ist. Dabei besteht jedoch der wesentliche Unterschied, daß sich die Lotrichtungen von Ort zu Ort ändern, während die Polrichtungen streng parallel sind. Die Verbindung

---

<sup>1</sup> Über Stellortung und Standortung siehe meinen diesbezüglichen Aufsatz in: Bildmessung und Luftbildwesen 12. Jahrg. 1937. Die Möglichkeit der astronomischen Ortung aus zwei Luftaufnahmen eines Geländes bei verschiedenem Sonnenstande habe ich schon vor 21 Jahren in dem Akademiefestvortrage: Alte und neue Hilfsmittel der Landesvermessung ausgiebig erörtert. München 1917. Akademieverlag.

der polgeorteten Raummodelle kann geschehen, wenn beide zwei Punkte (deren Verbindungslinie nicht der Polrichtung parallel ist) gemeinsam haben. Durch sie ist sowohl ihr gegenseitiger Maßstab, wie auch ihre gegenseitige Stellung festgelegt.

Durch folgerichtige Anwendung dieser Verbindung auf immer weitere Gruppen von Raummodellen, die nach dem Himmelspol geortet sind, läßt sich schließlich ein Raummodell eines beliebig ausgedehnten Festlandes erzeugen, bei dem natürlich die Erdkrümmung von selber in Erscheinung treten wird. Bei der rechnerischen Durchführung der Verbindung der Raummodelle zu einem Ganzen verfährt man dabei am besten so, daß man je drei oder vier Teilmodelle nach der Feldermethode<sup>1</sup> vereinigt, wobei man sich auf die Risse dieser Teilmodelle in der Ebene des Himmelsäquators beschränken kann und so die Verwickelungen vermeidet, die beim räumlichen Aneinanderschluß der Teilmodelle auftreten würden. Diese Gruppen von zusammengeschlossenen Teilfeldern werden alsdann in der gleichen Weise zu dritt oder viert zu größeren Gebilden vereinigt, bis die polgeorteten Raummodelle erschöpft sind. Man sichert auf diesem Wege die Einheit des (noch willkürlichen) Maßstabes und der gegenseitigen Stellung und vermeidet die übergroßen Rechnungen, die ein gemeinsames Zusammenpassen aller Teilmodelle im Gefolge hätte. Bemerkenswert ist, daß die eben in ihren Grundzügen geschilderte Großaufnahme ohne jede Bezugnahme auf irgendeine Lotrichtung, sei es in einem Geländepunkt oder in einem Luftstandpunkt erfolgt. Es tritt eben an Stelle der bei dem üblichen Aufnahmeverfahren verwendeten, von Punkt zu Punkt wechselnden Lotrichtung die feste Richtung zum Himmelspol.

Damit jedoch eine so entstandene polgeortete Karte einem nützlichen Zweck dienen kann, braucht sie einen bestimmten Maßstab, eine Lotortung und eine Ortung nach den Himmels-

---

<sup>1</sup> Die Feldermethode wurde von mir zuerst in der Arbeit: Über die Ausgleichung des zukünftigen bayerischen Hauptdreiecksnetzes Münchener Sitzungsberichte 1915 S. 199 veröffentlicht und für die Zwecke der Landesvermessung empfohlen. Für die hier vorgeschlagene Verwendung läßt sie eine beträchtliche Vereinfachung zu.

richtungen. All das kann nur im Anschluß an bekannte Geländepunkte erreicht werden. Dabei ist es wohl denkbar, daß dieser Anschluß nicht für jede Aufnahmegruppe einzeln, sondern an weit entfernten Punkten des Gesamtraummodelles vor sich geht. Zur Bestimmung des Maßstabes genügt die Kenntnis der Entfernung zweier Punkte des Raummodells. Ist in einem Anschlußpunkt auch noch die Lotrichtung gegeben, so folgt aus ihr sofort die geographische Ortung in diesem Punkt. Die Ebene durch dieses Lot, die der Polrichtung parallel ist, gibt die Meridianebene und legt damit die Ortung nach den Himmelsrichtungen im Lotfußpunkte fest. Wohlgemerkt nur in diesem Lotfußpunkt und allenfalls in anderen Geländepunkten, in welchen die Lotrichtung bekannt und auf das Raummodell übertragbar ist. Sind zwei solcher Lotanschlußpunkte vorhanden, denen nicht die gleiche Meridianebene zukommt, so gibt der Schnitt dieser Lotebenen unter der Voraussetzung, daß das Gesod, bzw. seine Bezugsfläche eine Drehfläche ist, die Lage der Erdachse. Unter der weiteren Voraussetzung, daß die Bezugsfläche ein abgeplattetes Drehellipsoid ist, ließe sich dann schon die Abplattung berechnen und man hätte die Möglichkeit in allen Punkten des Raummodelles die Lotrichtung und damit die geographische Ortung zu bestimmen, soweit diese nicht durch Lotabweichungen beeinflusst ist. Wird die Höhe des Raummodelles in einem Punkt etwa an der Meeresküste zu Null angenommen, so ergeben sich die Höhen aller übrigen Punkte von selbst; sie sind natürlich geometrische Höhen, also Abstände vom Bezugsellipsoid. Um zu dynamischen Höhen zu gelangen, wäre noch eine Reihe von Annahmen über die Massenverteilung im Erdkörper, unter andern die Lage des Massenschwerpunktes im Mittelpunkt des Bezugsellipsoides nötig.

Die vorstehenden Betrachtungen fußen auf der Voraussetzung, daß in die Geländeaufnahmen aus der Luft die Richtung nach einem Gestirn, nämlich nach der Sonne, einbezogen ist. Es liegt die Frage nahe, ob sich nicht noch mehr erreichen ließe, wenn gleichzeitige Richtungen nach mehreren Gestirnen zur Verfügung stünden. Das wäre in den verhältnismäßig seltenen Fällen denkbar, wo Sonne und Mond gleichzeitig am Himmel stehen, könnte aber durch Nachtaufnahmen für eine Vielzahl von Ster-

nen erzwungen werden, wenn dabei das Gelände durch Leuchtbomben erhellt wird, wie das im Kriege vielfach geschah. Die Frage muß jedoch grundsätzlich verneint werden. Selbst die Einbeziehung des ganzen Sternenhimmels in eine Geländeaufnahme könnte nicht mehr geben, als die Richtung nach dem Himmelspol, wie sie schon durch die Verbindung zweier Aufnahmen des gleichen Geländes bei verschiedenem Sonnenstand erzielt wird.