Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie = Revue technique suisse des mensurations, du génie rural et de la photogrammétrie

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessungswesen und Kulturtechnik = Société suisse de la mensuration et du génie rural

Band: 56 (1958)

Heft: 1

Artikel: Die Anwendung der elektronischen Ortsbestimmungsmethode Hiran in der Photogrammmetrie

Autor: Laurila, Simo

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-214355

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

der großen Verluste, die der landwirtschaftliche Boden Dänemarks jedes Jahr durch Bebauung, industrielle und militärische Anlagen, Straßenbauten u. a. m. erfährt. Im Hinblick auf die Durchführung solcher Arbeiten hat der staatliche Bodengewinnungsausschuß an etwa 25 Stellen, besonders in Meerbusen und Buchten, Bodenuntersuchungen vornehmen lassen. Falls die Bodenuntersuchungen ergeben, daß der Boden für landwirtschaftliche Zwecke geeignet ist, wird die Bedeutung der Flächen für die Fischerei geprüft, und falls das landwirtschaftliche Interesse an einer Trockenlegung größer ist als das Interesse der Fischerei an der Erhaltung dieser Areale als Wasserflächen und auch nicht Rücksichten auf den Naturschutz oder andere Rücksichten gegen eine Landgewinnung sprechen, sollen Projekte ausgearbeitet werden. In einigen Jahren wird voraussichtlich eine Reihe von Arbeiten dieser Art in Angriff genommen. Da diese Flächen keinen privaten Eigentümerrechten unterliegen, muß der Staat sämtliche Kosten tragen, er wird dafür aber Eigentümer des gewonnenen Landes.

Schließlich kann ich mitteilen, daß seit 1940 Bodengewinnungsarbeiten mit einem Kostenaufwand von total rund 200 Millionen Kronen für eine Gesamtfläche von insgesamt 150000 ha bewilligt worden sind. Die durchgeführten Arbeiten ermöglichen eine ganz beträchtliche Erhöhung des Ertrages dieser Flächen.

Die Anwendung der elektronischen Ortsbestimmungsmethode Hiran in der Photogrammetrie

Von Prof. Dr. Simo Laurila, Institute of Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Ohio State University, Columbus, USA

Vorwort

In den letzten Jahrzehnten und namentlich in den letzten Jahren sind im Sektor der Vermessungsmethoden verschiedene Fortschritte erzielt worden. Hier wäre – neben der Photogrammetrie – vor allem die Einführung der elektronischen Methoden zu erwähnen, sei es auf dem Gebiete des Rechnungswesens (elektronische Rechenautomaten) oder für Distanz- und Richtungsmessungen und damit im Zusammenhang für Ortsbestimmungen. Die Entwicklung dieser Methoden erfolgte namentlich im angelsächsischen Sektor, was zur Folge hatte, daß bis zum heutigen Zeitpunkt relativ wenig in deutscher Sprache publiziert wurde. Der Unterzeichnete hat es daher als angezeigt erachtet, Prof. Dr. Laurila von der Ohio State University, einen anerkannten Spezialisten auf dem Gebiete der elektronischen Meßverfahren, anzuregen, in der Schweizerischen Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie eingehender über diese modernen Methoden zu berichten.

A. Brandenberger, Professor an der Ohio State University

Elektronische Meßsysteme, wie sie für photogrammetrische Zwecke meistens zur Anwendung kommen, gehören zur Gruppe der sogenannten *Kreismethoden*. Bei diesen Methoden wird die Lage eines Punktes durch den Schnitt von zwei Distanzkreisen bestimmt, die durch elektronische Distanzmessungen von zwei bekannten Bodenstationen nach einem Flugzeug erhalten werden.

Die elektronischen Meßgeräte, die für derartige Distanzmessungen verwendet werden, basieren auf dem bekannten Echoprinzip. Jedermann hat schon Entfernungen nach herannahenden Gewittern dadurch geschätzt, daß er die Sekunden zwischen den Blitzschlägen und den darauf folgenden Donnern zählte. Grobe Schätzungen von relativ kurzen Entfernungen können auch mit Hilfe eines Gewehrschusses und einer Uhr mit Sekundenzeiger erhalten werden. Dabei ist die Kenntnis der Schallgeschwindigkeit in der Luft (330 m/sec) erforderlich. Die Entfernung zum reflektierenden Objekt wird dann erhalten, indem die Zeit zwischen dem Abschuß und seinem Echo mit 330/2 multipliziert wird.

Bei den elektronischen Meßmethoden werden im Ausgangspunkt, an Stelle von Schallwellen, durch einen kurzen Impuls elektromagnetische Wellen erzeugt, die sich ungefähr eine Million mal schneller fortpflanzen als die Schallwellen. Es ist offensichtlich, daß bei derart großen Geschwindigkeiten kein mechanisches Meßverfahren ausreicht, die Zeitdifferenzen mit einer Genauigkeit von beispielsweise einer *hundertstel Mikrosekunde* zu messen, was notwendig wäre, wenn diese Messungen für genaue geodätische Zwecke verwendet werden sollten. Eine der geeignetsten Methoden, kurze Zeitunterschiede mit der nötigen Genauigkeit zu messen, beruht in der Verwendung einer *Kathodenstrahlröhre*, in der ein Elektronenstrahl, der genau auf den fluoreszierenden Schirm der Röhre fokussiert ist, über den Schirm streicht. Aus dem sichtbaren Ausschlag auf dem Schirm kann die zu messende Distanz durch Multiplikation des Ausschlages mit einem Maßstabsfaktor bestimmt werden.

Diejenigen elektronischen Meßausrüstungen, die auf dem Prinzip der Sendung von Impulsen elektromagnetischer Wellen beruhen, sind bekannt als Ausrüstungen vom *Impulstypus*. In jüngster Zeit wurde die sogenannte *Hiran*-Ausrüstung (High Accurate Shoran) entwickelt, die ihre Anwendungsmöglichkeit für photogrammetrische Kartierungen in mittleren und kleinen Maßstäben bewiesen hat. Die *Hiran*-Methode ist eine modifizierte Variante der Shoran-Methode (Short Range Navigation) und wurde besonders für die Zwecke von Vermessungen hoher Genauigkeit entwickelt.

Die *Hiran*-Ausrüstung besteht aus der Ausrüstung im Flugzeug (Sender und Empfänger), die ungefähr 100 kg wiegt, und zwei Bodenausrüstungen (ebenfalls mit Sender und Empfänger), die jede ungefähr 500 kg schwer ist. Der Sender im Flugzeug erzeugt Dauerimpulse von 0,8 Mikrosekunden, und zwar auf den Frequenzen 210 und 260 Megahertz. Jede der beiden Bodenstationen empfängt, verstärkt und sendet diese Impulse nach einem kurzen Zeitintervall auf einer gemeinsamen Frequenz von 320 Megahertz zum Flugzeug zurück.

Die Signale, die das Flugzeug erreichen, werden in einer Kathodenstrahlröhre angezeigt, die nach der sogenannten natürlichen Repetitionsfrequenz arbeitet (93109 Hertz). Diese ist gleich der halben mittleren Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen in der unteren Atmosphäre (V = 186219 Meilen pro Sekunde). Demzufolge werden bei Repetitionszyklen von 93109, 9310,9 und 931,09 Hertz entsprechende Distanzwerte erhalten, die 1, 10 und 100 Meilen (1 Meile = 1,6 km) entsprechen.

In der Photogrammetrie kann *Hiran* auf zwei Arten verwendet werden, nämlich

a) zur Bestimmung eines primären Netzes von Fixpunkten für große Blocktriangulationen und

b) zur Verdichtung des Fixpunktnetzes in Gebieten, in denen ein dichteres Punktnetz erforderlich ist.

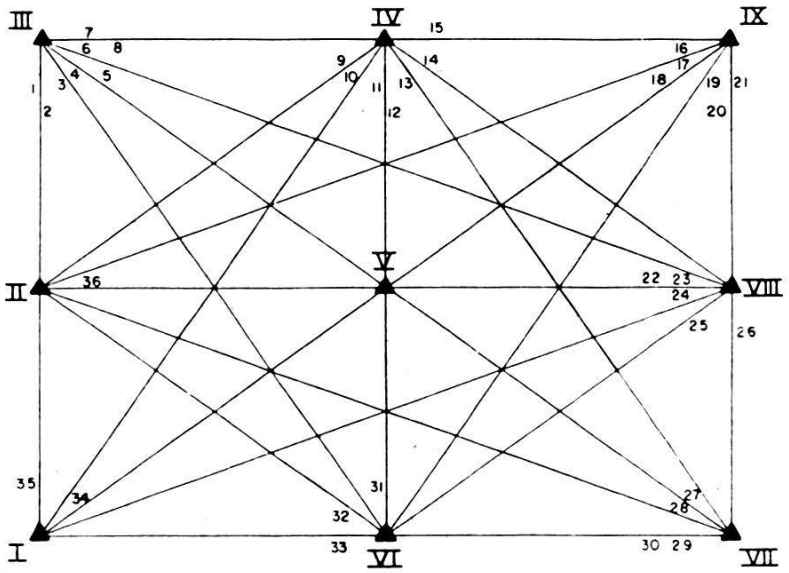

Abb. 1

Die Seiten einer großen Blocktriangulation können 100 Meilen und mehr betragen. Für die Einpassung und Ausgleichung eines solchen Blockes sind gemäß Brandenberger ([2]) nur 9 primäre Fixpunkte erforderlich. In Abbildung 1 ist ein Schema eines Blockes dargestellt, wobei angenommen ist, daß alle möglichen Distanzen mit *Hiran* gemessen werden. Die Zahl der Bedingungen für die Ausgleichung eines solchen Netzes ist gegeben durch die Formel:

$$C = L - 2P + 3 \tag{1}$$

wobei C = Zahl der Bedingungen,
L = Zahl der gemessenen Distanzen,
P = Zahl der Netzpunkte.

Für das Netz in Abbildung 1 würde man 21 Bedingungen und 36 gemessene Seiten erhalten. Aus wirtschaftlichen Gründen wird man jedoch nicht alle Seiten messen, sondern eine optimale Auswahl treffen, die die besten Ausgleichsbedingungen liefert.

Jede Seite wird mit der sogenannten *Linienkreuzungsmethode* gemessen, die darin besteht, daß ein auf bekannter Flughöhe fliegendes Flugzeug die zu messende Seite mehrere Male kreuzt. Dabei wird ein

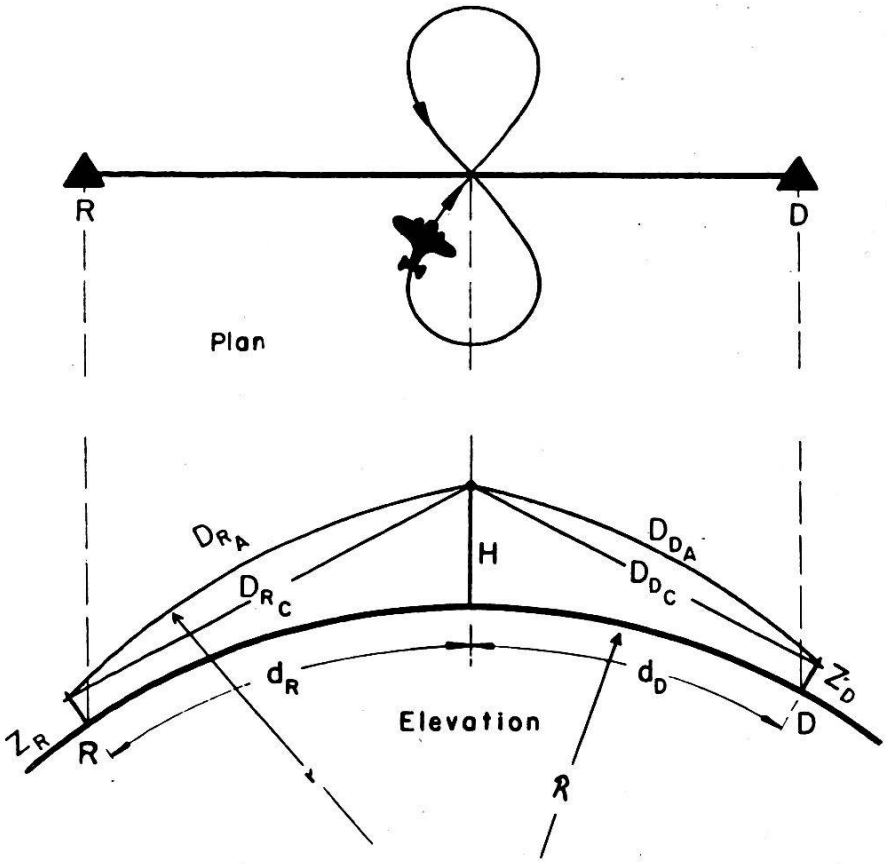

Abb. 2

achtförmiger Flugweg gewählt, um die Fehler des toten Ganges auf dem *Hiran*-Bildschirm auszuschalten (siehe Abbildung 2). Bei einer solchen Linienkreuzung werden die Bogendistanzen D_{R_A} und D_{D_A} nach den beiden Bodenstationen gleichzeitig gemessen und registriert.

Die Summe der gemessenen Distanzen ist eine Funktion der Beobachtungszeit. Diese Funktion ist eine Parabel zweiter Ordnung (siehe Abbildung 3) und ist gegeben durch den Ausdruck

$$\Delta Y = AX^2 - BX + C \qquad (2)$$

In dieser Formel bedeutet ΔY die Differenz zwischen einer gemessenen und einer genäherten Distanzsumme, X ist die entsprechende Zeitdifferenz, und A, B und C sind Konstanten, die bestimmt werden können

mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate. Das minimale ΔY wird dann erhalten nach der Formel

$$\Delta Y_{\min} = -\frac{B^2}{4A} + C \tag{3}$$

Die von einer Antenne ausgestrahlten elektromagnetischen Wellen werden infolge der atmosphärischen Refraktion nach der Erde hingebeugt (siehe Abbildung 2). Der Weg der Wellen ist daher nicht eine gerade Linie, sondern eine Kurve, die durch einen Kreisbogen approximiert werden kann. Gleichzeitig tritt auch eine Änderung der Fort-

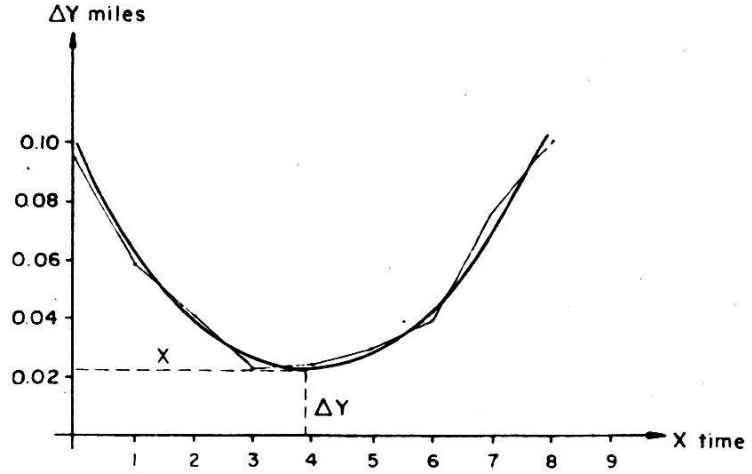

Abb. 3

pflanzungsgeschwindigkeit der Wellen in Funktion der Refraktion auf. Der Krümmungsradius r des Strahlenweges kann bestimmt werden nach der Formel (siehe [5])

$$-\frac{1}{r} = B + C\,(H + Z) - \frac{C\,D^2{}_A}{6}\left[\frac{1}{R} + B + C\,(H + Z)\right] \tag{4}$$

In dieser Formel bedeuten

Z = Höhe der Bodenantenne;
H = Höhe der Antenne im Flugzeug;
D_A = Bogendistanz zwischen Boden- und Luftstation;
R = Radius der internationalen Erdkugel;
B, C = Empirisch bestimmte meteorologische Konstanten.

Durch Anwendung der bekannten Bogen-Sehnenformel

$$D_C = D_A - \frac{D^3{}_A}{24\,r^2} \tag{5}$$

erhält man die geradlinigen Entfernungen D_{R_C} und D_{D_C}.

Die *Hiran*-Ausrüstung wurde, wie schon erwähnt, entwickelt auf der Annahme, daß die Geschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen $V = 186\ 219$ Meilen pro Sekunde betrage. Die tatsächliche Geschwindigkeit V_m beim Meßvorgang wird erhalten nach der Formel

$$V_m = \frac{V_o}{n} \tag{6}$$

In dieser Formel bedeutet V_o die Geschwindigkeit im Vakuum ($V_o = 186282$ Meilen pro Sekunde), während n ein Refraktionskoeffizient entlang dem Strahlenweg darstellt. n kann bestimmt werden nach der folgenden von Essen 1951 abgeleiteten Formel

$$n = 1 + \left\{ \frac{77.62}{T} \cdot P - \left[\frac{12.92}{T} - \frac{37.19}{(T/100)^2} \right] e \right\} 10^{-6} \tag{7}$$

worin T = Temperatur in absoluten Einheiten;
P = Luftdruck in Millibar;
e = Partieller Wasserdampfdruck in Millibar.

In der Praxis werden die erforderlichen Größen in Formel (7) so erhalten, daß das Meßflugzeug von einer der Bodenstationen aus startet und dann der Sehne D_C entlang zur Höhe H fliegt, wobei in gewissen Höhenintervallen meteorologische Beobachtungen gemacht werden. Am Ende des Meßfluges wird derselbe Prozeß auf dem Wege zur anderen Bodenstation wiederholt.

Die geodätischen Distanzen d werden dann berechnet mit Hilfe der nachfolgenden Formel:

$$d = R_m \cdot \arccos \left[\frac{(R_m + H)^2 + (R_m + Z)^2 - D_C^2}{2\,(R_m + H)\,(R_m + Z)} \right] \tag{8}$$

In dieser Formel bedeutet R_m den Krümmungsradius des Referenzellipsoides für die betreffende Breite und das betreffende Azimut.

Die Totalfehler in der *Hiran*-Distanzmessung können unterteilt werden in zwei Klassen, nämlich in Fehler m_i, die unabhängig von den Distanzen sind (instrumentelle und Beobachtungsfehler), und in Fehler m_d, die von den Distanzen abhängig sind (Fortpflanzungsanomalien). Diese Fehlerklassen sind voneinander unabhängig, so daß man für den mittleren Totalfehler erhält:

$$M = \pm \sqrt{m_i^2 + m_d^2} \tag{9}$$

In den Jahren 1950 bis 1955 wurden verschiedene praktische Versuche durchgeführt (siehe [1] und [5]), um den mittleren Fehler einer einfachen Linienkreuzung zu bestimmen. Es wurde folgender mittlere Distanzfehler erhalten:

$$m_i' = \pm 3{,}1 \text{ m} \tag{10}$$

In der Praxis wird normalerweise jede Linie (Seite) ungefähr zwölfmal gekreuzt, so daß man für den von der Distanz unabhängigen mittleren Fehler einer Seitenmessung den folgenden Betrag erhält:

$$m_i = \pm 1{,}0 \text{ m} \tag{11}$$

Wenn genaue Radiosonden oder entsprechende Flugzeugausrüstungen verwendet werden zur Bestimmung der meteorologischen Eigenschaften der Atmosphäre, so kann heute die Fortpflanzungsgeschwindigkeit dem *Hiran*-Strahlengang entlang mit einem mittleren relativen Fehler von $\pm\, {}^1/_{100\,000}$ bestimmt werden. Der von der Distanz abhängige mittlere Distanzfehler m_d läßt sich daher bestimmen nach der Formel

$$m_d = \pm\, 10^{-5} \cdot D \tag{12}$$

worin D die zu messende Distanz darstellt. In der nachfolgenden Tabelle sind die mittleren Totalfehler für einige *Hiran*-Distanzmessungen verschiedener Länge zusammengestellt:

Länge km	Mittlerer Fehler m
50	± 1,1
100	1,4
200	2,2
400	4,1
600	6,1
800	8,0

(13)

Nachdem die Entwicklung des *Hiran*-Systems genügend weit fortgeschritten war, wurde eine Reihe von praktisch verwendeten *Hiran*-Messungen an verschiedenen Orten der Erde ausgeführt. In der nachfolgenden Tabelle sind einige der wichtigsten interkontinentalen Verbindungen (Kettensysteme mit einer oder mehrerer Maschen) angeführt, die in den Jahren 1950 bis 1954 gemessen wurden (siehe [1]).

Ort	Länge der gemessenen Hiran-Verbindung km	Zeitpunkt der Messung
Große Antillen	1600	1950 bis 1952
Norwegen–Schottland	400	1953
Kreta–Afrika	400	1953
Schottland–Island	970	1954
Kleine Antillen	1300	1954

Ferner wurde zur Triangulierung der ausgedehnten nördlichen Gebiete von Kanada ein *Shoran*-Trilaterationsnetz entworfen, das eine Fläche von 5,2 Millionen km² umfaßt (siehe [4]). Seit 1949 wurde auf

92 *Shoran*-Stationen gemessen. Das Gesamtnetz umfaßt 384 Seiten mit einer mittleren Länge von 370 km und einer Maximallänge von 590 km. Die erreichte Genauigkeit in diesem Netz sowie für die Messungen in obiger Tabelle entspricht ungefähr den in der Tabelle (13) angegebenen Werten.

Eine andere Anwendung von *Hiran* ist die Bestimmung von Luftstandpunkten, in denen luftphotogrammetrische Aufnahmen gemacht werden. In diesem Falle werden von zwei stationären Bodenstationen aus die Bogendistanzen D_{R_A} und D_{D_A} (siehe Abbildung 4) nach jedem Luftstandpunkt gemessen und registriert.

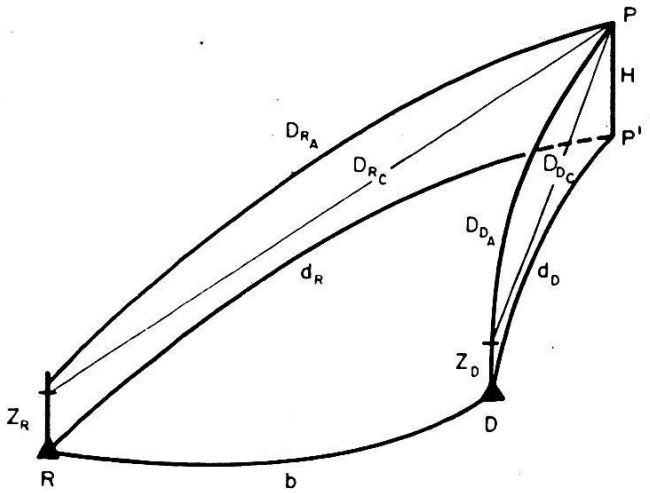

Abb. 4

Der Krümmungsradius des Strahlenweges wird in ähnlicher Weise erhalten wie bei der Linienkreuzungsmethode. Jedoch wird die Geschwindigkeitskorrektion nicht direkt durch meteorologische Beobachtungen bestimmt, sondern von einer Standardatmosphäre abgeleitet. Der Grundgedanke besteht dabei darin, daß angenommen wird, daß der Refraktionskoeffizient n sich mit der Höhe H entsprechend einer Parabel zweiter Ordnung ändert (Formel [14]).

$$n = 1 + A + BH + CH^2 \tag{14}$$

Durch Anwendung der Formel von Essen (Formel (7)) und mittels einer Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate können die meteorologischen Konstanten A, B und C ein für alle Male bestimmt werden. Nachdem diese Konstanten bestimmt sind, kann der Refraktionskoeffizient n gemäß [3] nach folgender Formel berechnet werden:

$$\begin{aligned} n = 1 + A + \frac{B(H+Z)}{2} + \frac{C}{3}\left[(H+Z)^2 - HZ\right] - \\ - \frac{D_A^2}{12}\left[\frac{1}{R} - \frac{1}{r}\right]\left[B + C(H+Z) - \frac{CD_A^2}{10}\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r}\right)\right] \end{aligned} \tag{15}$$

Aus den räumlichen Sehnendistanzen D_{R_C} und D_{D_C} kann der Luftstandpunkt auf dreifache Weise bestimmt werden, nämlich:

a) indem die Berechnungen auf Grund eines räumlichen rechtwinkligen Koordinatensystemes erfolgen;
b) indem die räumlichen Elemente zuerst auf das Ellipsoid und dann auf eine Ebene reduziert werden, in der die Ortsbestimmungsberechnungen erfolgen;
c) indem ein sphärisches *Hiran*-Koordinatensystem, basiert auf den räumlichen Sehnendistanzen konstruiert wird, das einem existierenden rechtwinkligen Netz überlagert wird.

Von diesen drei Methoden können die ersten zwei als genau bezeichnet werden. Demgegenüber ist die dritte Methode außerordentlich wirtschaftlich, namentlich wenn Hunderte von Luftstandpunkten bestimmt werden müssen, wobei in diesem Falle die Genauigkeit meistens genügend ist.

Die Bestimmung von Luftstandpunkten mit *Hiran* wurde praktisch untersucht (siehe [6]). Zu diesem Zwecke wurde ein Probeflug auf 6000 m Höhe durchgeführt. In den Luftstandpunkten wurden synchron Luftaufnahmen mit einer Fairchild-Weitwinkelkammer T 11 (Bausch-&-Lomb-Metrogon-Objektiv, f/6,3, f = 152,53 mm) gemacht und *Hiran*-Ablesungen registriert. Jede Luftaufnahme enthielt 8 bis 16 gut identifizierbare gegebene Punkte. Damit konnten mit Hilfe einer Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate die ebenen Koordinaten der Bodennadirpunkte bestimmt werden. Dieselben Koordinaten wurden auch aus den *Hiran*-Messungen erhalten. Durch Vergleich dieser Koordinaten mit den Koordinaten, bestimmt aus den gegebenen Bodenpunkten, wurden aus 17 Luftaufnahmen folgende Fehler der *Hiran*-Messungen bestimmt:

$$\begin{aligned} &\text{Systematische Fehler:} \quad \begin{cases} \Delta X = -4{,}3 \text{ m} \\ \Delta Y = +6{,}1 \text{ m} \end{cases} \\ &\text{Unregelmäßige (zufällige) Fehler:} \quad \begin{cases} m_X = \pm 5{,}7 \text{ m} \\ m_Y = \pm 6{,}1 \text{ m} \end{cases} \end{aligned} \tag{16}$$

Wenn die Werte (16) auf die beiden Distanzrichtungen bezogen werden, so erhält man die folgenden Einheitsfehler der *Hiran*-Distanzmessung:

Fehler	Von Station *R* aus	Von Station *D* aus
Systematisch	— 4,7 m	— 0,3 m
Zufällig	± 7,1 m	± 7,1 m

Die mittleren Fehler m_X und m_Y sind eine Funktion der Lage des Luftstandpunktes. Wenn man den Winkel zwischen den Verbindungslinien vom betreffenden Luftstandpunkt zu den beiden Bodenstationen mit γ und die Winkel zwischen den Verbindungslinien und der X-Achse mit α_R und α_D bezeichnet, so ist diese Funktion durch folgende allgemeinen Formeln für den mittleren X- und Y-Fehler gegeben:

$$\begin{aligned} m_X &= \pm \operatorname{cosec} \gamma \sqrt{(m_R \sin \alpha_D)^2 + (m_D \sin \alpha_R)^2} \\ m_Y &= \pm \operatorname{cosec} \gamma \sqrt{(m_R \cos \alpha_D)^2 + (m_D \cos \alpha_R)^2} \end{aligned} \tag{18}$$

worin m_R und m_D die Einheitsfehler einer Distanzmessung von beiden Bodenstationen aus bedeuten.

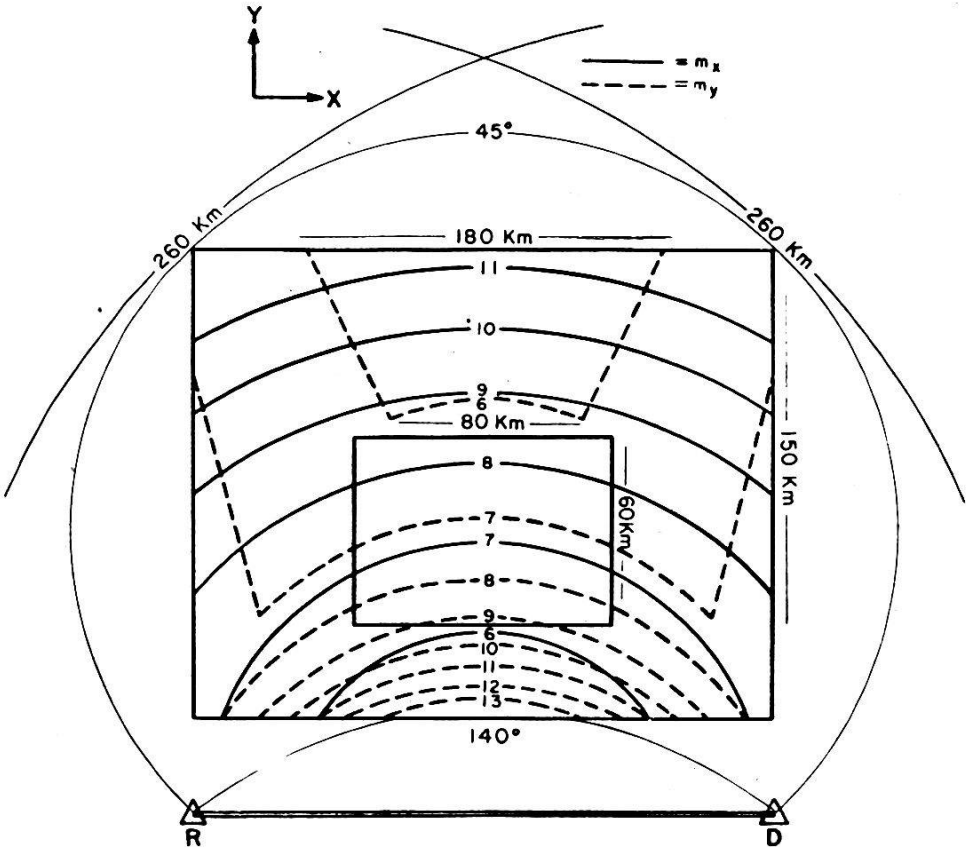

Abb. 5

In der Abbildung 5 ist ein Fehlerdiagramm dargestellt, das in Form von Kurven gleicher Fehlergrößen die zu erwartenden mittleren Totalfehler in X und Y von mit *Hiran* bestimmten Luftstandpunkten (Bodennadirpunkte) zeigt.

Gleichzeitig sind in dieser Abbildung, als Beispiele, zwei Befliegungsbereiche eingezeichnet, die einer photographischen Bedeckung eines rechtwinkligen Gebietes von 180 × 150 km beziehungsweise von 80 × 60 km

entsprechen. Ferner ist angenommen, daß die beiden Bodenstationen R und D auf Meereshöhe liegen und daß die Flughöhe 4000 m betrage.

Der Distanzbereich für *Hiran*-Messungen ist eine Funktion der Flughöhe des Flugzeuges und kann mit Hilfe der Formel (19) berechnet werden.

$$D_{\max} = 4.1 \sqrt{H} \tag{19}$$

In dieser Formel ist H in m einzuführen; $D_{\max}$ wird in km erhalten. Für die der Abbildung 5 zugrunde liegenden Verhältnisse beträgt $D_{\max} = 260$ km. Die zwei erwähnten Befliegungsbereiche wurden ferner so gewählt, daß der sogenannte Stationswinkel γ = Winkel (R — Luftstandpunkt — D) für alle Punkte innerhalb der Bereiche die Bedingung erfüllt:

$$45^\circ < \gamma < 140^\circ$$

Aus Abbildung 5 ist ersichtlich, daß, wenn der tolerierbare mittlere Fehler im größeren Befliegungsbereich den Betrag von $m_{\max} = \pm 10$ m nicht überschreiten soll, diese Bedingung für ungefähr 80 Prozent des Bereiches für die mittleren X-Fehler und für ungefähr 95 Prozent für die mittleren Y-Fehler erfüllt ist. Wenn im kleineren Befliegungsbereich der tolerierbare mittlere Fehler den Betrag von ± 8 m nicht überschreiten soll, so ist diese Bedingung für ungefähr 80 Prozent des Bereiches erfüllt, und zwar sowohl für die mittleren X-Fehler wie für die mittleren Y-Fehler. Diese Genauigkeitsangaben sind aufschlußreich, namentlich wenn es sich darum handelt, die mit *Hiran* bestimmten Luftstandpunkte für Kartierungszwecke zu verwenden, zum Beispiel in Verbindung mit einer Nadirpunkttriangulation.

Bei *Hiran*-Messungen kann es vorkommen, daß zwischen den Bodenstationen und dem Flugzeug Hindernisse bestehen (zum Beispiel Berge). In diesem Falle kann die maximal meßbare Distanz nach der folgenden Formel gefunden werden (siehe [2]):

$$D_{\max} = \frac{1}{2}\left[D_h - \frac{15.7\,(h - K)}{D_h}\right] + \sqrt{\frac{1}{4}\left[D_h - \frac{15.7\,(h - K)}{D_h}\right]^2 + 15.7\,(H - K)} \tag{20}$$

worin D_h = Distanz von der betreffenden Bodenstation nach dem Hindernis in km;
h = Höhe des Hindernisses in m;
K = Höhe der Bodenstation in m;
H = Flughöhe des Flugzeuges in m.

Abbildung 6 zeigt ein Graphikon, aus dem $D_{\max}$ in Funktion von h und der Entfernung D_h des Hindernisses von der Bodenstation entnommen werden kann. Dieses Graphikon wurde für $K = 0$ entworfen.

Es dürfte von Interesse sein, darauf hinzuweisen, daß die für den oben erwähnten Befliegungsbereich von 80 × 60 km angegebene Genauigkeit recht gut mit der Genauigkeit übereinstimmt, die mit dem englischen Decca-System für hydrographische Vermessungen in entsprechenden Bereichen erreicht wird (siehe [7]). Die Fehlerverteilung ist allerdings eine andere als die oben angeführte, und zwar dies infolge der Verschiedenartigkeit der beiden Ortsbestimmungssysteme.

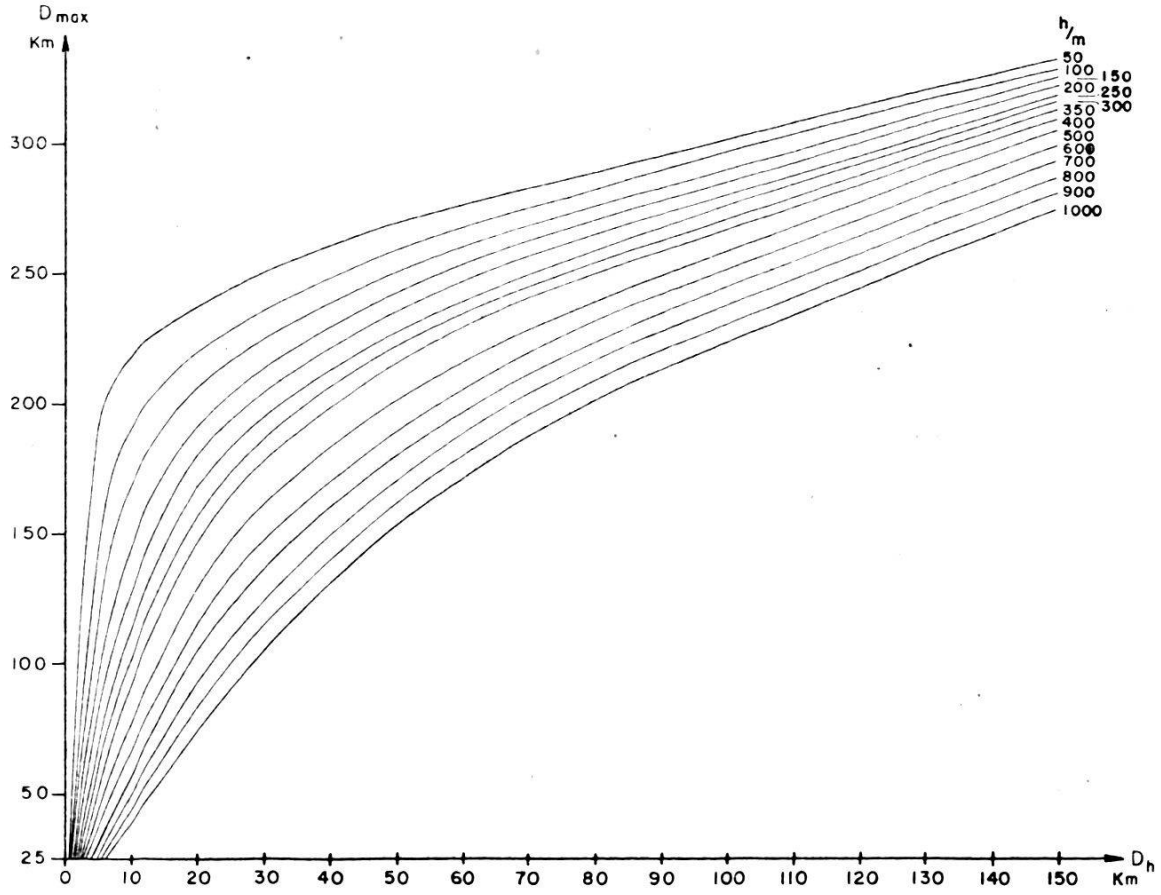

Abb. 6

Wenn *Hiran*-Ortsbestimmungen für photogrammetrische Zwecke verwendet werden, ist es natürlich wesentlich, daß der Nadirpunkt auf den Luftaufnahmen so genau wie möglich lokalisiert werden kann. Zu diesem Zwecke kann die Verwendung von Horizontaufnahmen, die mit einer Horizontkammer gemacht werden, oder eine gyroskopische Kammerstabilisierung in Betracht gezogen werden.

Wie aus den vorangehenden Ausführungen hervorgeht, kann die Verwendung von *Hiran* für gewisse photogrammetrische Zwecke schon im gegenwärtigen Entwicklungsstadium der Methode ernsthaft in Betracht gezogen werden. Im Falle der Ausmessung von einzelnen Luftaufnahmen oder der Herstellung eines Photomosaiks kann der Bildmaßstab bestimmt werden, und die Aufnahmen können mit Bezug auf ein bestimmtes Kartenprojektionssystem örtlich festgelegt werden.

Ferner können im Falle von mechanischen oder stereophotogrammetrischen Lufttriangulationen mit Hilfe von *Hiran* die geodätischen Grundlagen bestimmt werden, die für Streifen- und Blockausgleichungen notwendig sind.

Literatur:

[1] *Aslakson C. I.*, Intercontinental Geodetic Ties by Hiran, Aero Service Corporation, Philadelphia 1954

[2] *Brandenberger A.*, The Practice of Spatial Aerial Triangulation, Commissioned by the Photogrammetric Institute of the Federal Institute of Technology, Zurich 1955

[3] *Faulds, A. H.*, A Determination of Simplified Formulas for Computing Shoran Range and Path Height, ERDL Report No. 1106, 1949

[4] *Geodetic Survey of Canada; Publication No. 78*, Geodetic Application of Shoran, Ottawa 1955

[5] *Jacobsen, Carl E.*, High-Precision Shoran Test Phase I, Air Force Techn. Report No. 6611. USAF Wright Air Development Center, Wright-Patterson Air Force Base, Dayton, Ohio, July 1951

[6] *Laurila, Simo*, An Investigation of Shoran-Photogrammetric Position Fixing, Techn. Paper No. 188, Mapping and Charting Research Laboratory, Ohio State University, November 1954.

[7] *Laurila, Simo*, Decca in Off-Shore Survey, Bulletin Géodésique, No. 39, 1956.

Das geographische Azimut im Städtebau

E. Bachmann, Dipl.-Ing.

Die Untersuchung der Besonnung von Hochbauten aller Art und deren Schattenwirkung kommt immer mehr auf. So verlangen viele neuzeitliche Baureglemente bei der Projektierung von Hochhäusern und Silos einen genauen Nachweis über die Schattenwirkung auf Nachbargrundstücke.

Der Architekt läßt diese Untersuchung in der Regel durch irgendeinen Fachmann ausführen, dem hiefür die genauen geographischen Azimute der Baufluchten, eine Topographie des Geländes und die Bauhöhen übergeben werden müssen. Die Topographie und die Azimute liefert der Geometer, wobei das Azimut meist aus den Absteckungselementen gerechnet oder einem Plan entnommen wird. Eine Winkelgenauigkeit von 20 bis 30 Minuten neuer Teilung genügt hiefür normalerweise vollständig. Der Geometer wird aber in den meisten Fällen das gewünschte Azimut auf eine Winkelminute angeben, um so gegenüber dem Architekten die Genauigkeit der Vermessung demonstrieren zu können.

Das Azimut des Geometers, sofern es aus Koordinaten berechnet oder dem Grundbuchplan entnommen ist, entspricht noch nicht dem vom Architekten benötigten geographischen Azimut Z_p. Plan oder Rechnung