

GEBÄUDEREKONSTRUKTION UND AUFNAHMESTANDPUNKTBESTIMMUNG NACH EINEM PHOTOGRAMMETRISCHEN KONSTRUKTIONSVERFAHREN, VON EINER AUFNAHME MIT GENEIGTER BILDEBENE

A. HORN

Lehrstuhl für Darstellende Geometrie
Technische Universität Budapest. H-1521

(Eingegangen am 1. Juli 1982)

Building Reconstruction from, and Determination of the Shot Standpoint of, a Photo of Skew Picture Plane by Means of Constructing Photogrammetry — Determination of the shot standpoint from a building photo of skew picture plane in lack of a map indicating the building, or of its design, requires to reconstruct the building from the photo. First, the normal projection of the shot centre on the skew picture plane and the distance from centre to picture plane are reconstructed from three, mutually normal sets of building edges. They are used to reconstruct the building and the relative position of the standpoint, determined, in turn, from the ground plane of the shot centre and its height above the base plane, by means of either the horizon plane or an arbitrary base plane.

Soll der Aufnahmestandpunkt nach der photographischen Aufnahme von einem Gebäude bestimmt werden, dessen Grundriß weder auf einer Karte, noch in einem Bauplan zur Verfügung steht, so läßt sich die Aufgabe nur lösen, wenn man das dargestellte Gebäude wenigstens teilweise rekonstruiert. Das gilt für Aufnahmen sowohl mit vertikaler, als auch mit geneigter Bildebene. In einem solchen Falle muß die gegenseitige Lage des dargestellten Gebäudes und des Aufnahmestandpunktes ermittelt und zeichnerisch dargestellt werden.

Die Rekonstruktion erfolgt im allgemeinen in beliebigem Maßstab, und das Maßstabverhältnis wird durch das Verhältnis der zeichnerischen Länge zu der wirklichen — am Gebäude gemessenen — Länge einer rekonstruierten Kante ausgedrückt. Im Besitz des so erhaltenen Maßstabverhältnisses kann die Zeichnung durch die notwendige Verkleinerung oder Vergrößerung, im gewünschten Maßstab erstellt werden.

Im Grundriß wird der Aufnahmestandpunkt, als Grundriß des Projektionszentrums der Aufnahme, durch C' bezeichnet. Dabei ist auch noch die öhe des Zentrums über der Grundebene zu bestimmen.

I. Bestimmung der inneren Aufnahmedaten

Unter inneren Daten der Aufnahme werden die senkrechte Projektion des Projektionszentrums des Bildes auf die Bildebene, der Hauptpunkt F , sowie die Entfernung des Projektionszentrums von der Bildebene verstanden. Die Bestimmung derselben ist die Voraussetzung aller weiterer Konstruktionsarbeit.

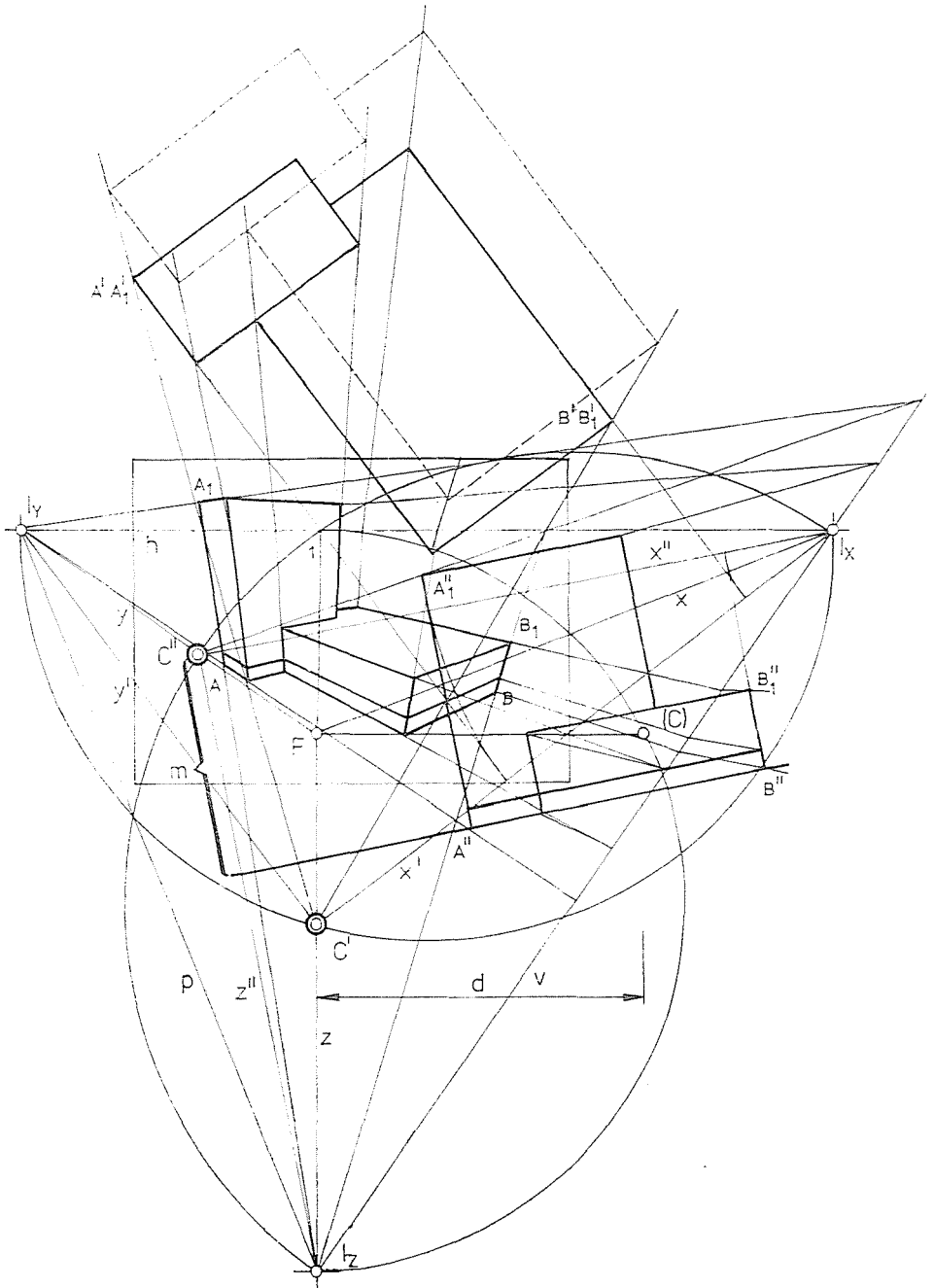


Abb. 1

Abb. 1 zeigt die Aufnahme mit geneigter Bildebene von einem Gebäudekomplex aus zwei Objekten. Über die geneigte Lage der Bildebene informieren die Bilder der vertikalen Kanten, deren parallele Bilder die auch zu ihnen parallele, vertikale Lage der Bildebene anzeigen, während der Umstand, daß die Bilder der vertikalen Kanten Sekanten sind, die geneigte Lage der Bildebenen andeutet.

Zuerst werden die Richtungspunkte I_x und I_y der Bilder der aufeinander senkrechten, horizontalen Kanten des Gebäudes, sowie der Richtungspunkt I_z der Bilder der vertikalen Kanten, sodann die diese verbindenden Richtungslinien h , p und v gezeichnet. Die Richtungspunkte I_x , I_y und I_z wurden in der Bildebene durch zu den aufeinander senkrechten Gebäudekanten parallele Richtungsgeraden ausgeschnitten, die durch das Projektionszentrum C durchgingen. Werden also in den Punkten I_x , I_y und I_z drei aufeinander senkrechte Geraden gestellt, so werden sich diese im rekonstruierten Zentrum C schneiden. Da die genannten Richtungsgeraden x , y und z aufeinander senkrecht stehen, steht jede auch auf die Verbindungsebene der beiden anderen senkrecht. Deshalb ist die senkrechte Projektion der Richtungsgeraden in einer geneigten Bildebene, durch die Richtungspunkte I_x , I_y und I_z auf die Richtungslinien p , v und h senkrecht. Ihr Schnittpunkt ergibt den Hauptpunkt F , der die senkrechte Projektion des Projektionszentrums in der geneigten Bildebene ist.

Um die Entfernung des Projektionszentrums C von der geneigten Bildebene zu bestimmen, wird die über die Richtungsgerade z gelegte, auf die Bildebene senkrechte Ebene in die geneigte Bildebene gedreht. Diese Ebene schneidet die Bildebene in der Verbindungsgeraden der Punkte l und I_z und sie enthält die Richtungsgerade z sowie die aufeinander senkrechten, durch das Zentrum C und den Punkt l durchgehenden Geraden der durch die Richtungsgeraden x und y angegebenen Horizontebene. Daher wird die Gedrehte (C) des Zentrums C in dem auf dem Abschnitt I_z gezeichneten *Thales*-Kreis durch die auf z gestellte senkrechte Ebene ausgeschnitten, wobei sie durch den Punkt F läuft, in dem sich das Zentrum beim Drehen um z verschoben hatte. Die so erhaltene Entfernung $(C)F$ ist der Abstand des Projektionszentrums von der Bildebene, die Distanz d .

So ist mit der Bestimmung des Hauptpunktes F und der Distanz d die Ermittlung der inneren Daten der Aufnahme beendet.

In der vorliegenden Arbeit werden der besseren Übersichtlichkeit halber statt Lichtbildern Linienfiguren benutzt.

2. Konstruktion von Grundriß und Ansicht eines Gebäudes in Besitz der inneren Bilddaten

Die vertikalen Kanten des Gebäudes ergeben die Eckpunkte des Grundrisses. Als Grundrißebene wird nun die waagerechte Horizontebene benutzt, die durch die durch das Zentrum C gehenden Richtungsgeraden x und y bestimmt wird und zu der Grundebene des Gebäudes parallel ist.

Um in der Grundrißebene konstruieren zu können, wird diese um die mit der Bildebene gebildete Schnittlinie h in die geneigte Bildebene gedreht. Damit kommt das Projektionszentrum C in die Lage C' , die mittels der sie durchlaufenden und aufeinander senkrechten Richtungsgeraden x und y , im auf dem Abschnitt $I_x I_y$ errichteten *Thales*-Kreis, im Hauptpunkt F durch die auf h senkrecht stehende Ebene herausgeschnitten wurde, in der sich das Zentrum beim Drehen um h verschoben hatte. Die zu den horizontalen Gebäudekanten parallelen Richtungsgeraden x und y kommen in die Lagen x' und y' , zu denen im Grundriß die horizontalen Gebäudekanten parallel sein werden.

Die Eckpunkte des Grundrisses ergeben sich aus den Bildern der vertikalen Kanten: die zentralen Projektionsebenen derselben schneiden in den Bildern der vertikalen Kanten die geneigte Bildebene. Dieselben zentralen Projektionsebenen erscheinen in der Grundrißebene als Geraden, die über die Schnittpunkte der Bilder der Vertikalkanten mit h gegen C' streben. Nachdem diese in der Ebene des gedrehten Grundrisses konstruiert worden sind, kann der Grundriß gezeichnet werden.

Da die im Grundriß als Kanten gesehenen vertikalen Seitenfassaden- und Hauptfassadenebenen neben den Vertikalkanten durch Horizontalkanten bestimmt sind, die gegen die Richtungspunkte I_x und I_y streben, werden zwischen den im Grundriß als Kanten gesehenen Bildern der Projektionsebenen zwischen den benachbarten Vertikalkanten die Fassadenebenen, die sich in der Wirklichkeit und im Grundriß in den Vertikalkanten schneiden und durch kontinuierlichen Anschluß den Grundriß ergeben, sinngemäß parallel zu x' oder y' gezeichnet.

Mit dem Zeichnen des Grundrisses kann in einem beliebigen Punkte der als Kanten gesehenen, vertikalen, zentralen Projektionsebenen begonnen werden. In geringerer Entfernung von C' erhält man einen kleineren, in größerer Entfernung einen größeren Grundriß, jedoch stets im direkten Verhältnis zu der von C' gemessenen Entfernung. Da bei den so erhaltenen kleineren oder größeren Grundrissen der Maßstab in umgekehrtem Verhältnis zu der Größe der erhaltenen Projektion wächst oder abnimmt, liefert der Maßstab zusammen mit dem Rekonstruktionsgrundriß von veränderlicher Größe stets die gleiche Angabe. Dementsprechend bleibt die gegenseitige Lage des rekonstruierten Gebäudes und des Projektionszentrums stets die gleiche.

Zu dem in der um v auf die gleiche Weise gedrehten Ebene xz erhaltenen C'' wird die Zeichnung der Hauptfassade wie im vorigen beschrieben rekonstruiert. Die Gebäudekanten von y -Richtung ergeben die Eckpunkte der Fassadenzeichnung. Werden deren Schnittpunkte mit v mit dem Punkt C'' verbunden, erhält man die Ansicht der als Geraden gesehenen, zentralen Projektionsebenen der gesuchten Kanten. Sinngemäß befinden sich zwischen diesen parallel zu x'' oder zu z'' die Horizontal- und Vertikalkanten der Hauptfassadenebenen des Gebäudes.

Die Fassadenansicht kann aber nicht von einem beliebig gewählten Anfangspunkt aus gezeichnet werden, weil man dann die Fassade in einem von dem Grundriß abweichenden Maßstab erhalten würde. Um dies zu vermeiden, wird eine beliebige Seitenfassade von dem Grundriß in die Zeichnung der Hauptfassade übertragen. Das ist in der Abbildung mit Hilfe der durch die Kanten AA_1 und BB_1 durchgehenden Seitenfassadenebenen dargestellt, die in beiden Projektionen die entsprechende Projektion der Richtungsgeraden x schneiden. Die beiden Projektionen dieser Schnittpunkte liegen auch in gleicher Entfernung von dem Richtungspunkt I_x . So wurden diese von x' auf x'' mittels Kreisbögen mit dem Mittelpunkt I_x umkonstruiert.

Der eben erstellte Grundriß durch C' , die Fassadenzeichnung durch C'' ergänzt, bestimmen eindeutig die Lage des Aufnahmestandpunktes im Verhältnis zu dem Gebäude.

Hier wurde also als Grundrißebene die Horizontebene benutzt.

3. Bestimmung des Projektionszentrums und des Grundrisses in der Grundebene

In Abb. 2 wurden der Grundriß des Gebäudes und des Projektionszentrums in einer beliebig gewählten Grundebene konstruiert. Letztere schneidet die geneigte Bildebene in der Grundlinie a und ist zu der durch das Projektionszentrum durchgehenden Horizontebene, die die Bildebene in der Geraden h schneidet, parallel.

Als Ausgang wird die Horizontebene in die geneigte Bildebene gedreht. So kommt das Projektionszentrum in die Lage (C), und die durch das Projektionszentrum durchgehenden und zu den Gebäudekanten parallelen Richtungsgeraden x und y nehmen die Lagen (x) und (y) an.

Darauf folgt das Umdrehen der Grundebene. Dabei werden als Vorbereitung die Grundkanten des Gebäudes in x - und y -Richtung bis zur Grundlinie verlängert. Durch die so erhaltenen Spurpunkte werden bei den gegen I_x strebenden Kanten zu (x), bei den gegen I_y strebenden Kanten zu (y) parallele Geraden gezogen, die den Gebäudegrundriß ergeben und durch ihre gegenseitigen Schnittpunkte die entsprechenden Eckpunkte des Gebäudegrundrisses bezeichnen.

Unter Berücksichtigung des veränderten Maßstabs bleibt jedoch die gegenseitige Lage von Gebäude und Projektionszentrum unverändert.

Die Höhe des Aufnahmezentrums über der Grundebene wird hier durch Drehen der durch das Zentrum C und die vertikale Richtungsgerade z durchgehenden auf die geneigte Bildebene senkrechten Ebene konstruiert. Dann kommt das Projektionszentrum in die Lage C'' , die durch eine auf den Abschnitt $3I_2$ in Punkt F gestellte senkrechte Ebene im *Thales*-Kreis geschnitten wird, der auf dem Abschnitt $3I_2$ — als Durchmesser — konstruiert wurde.

Dieses Eindrehen wird als Seitenansicht aufgefaßt, wo die geneigte Bildebene in der Geraden $3I_2$ erscheint, das Projektionszentrum C'' , seine Entfernung von der Bildebene $C''F$ ist; die Horizontebene ist in der Geraden C'' zu sehen, zu der die Grundebene parallel ist und durch den Punkt 4 durchgeht. So ergibt sich hier direkt die Höhe m des Projektionszentrums über der Grundebene.

Damit ist die Bestimmung des Aufnahmestandpunktes wieder beendet.

In Abb. 3 wird die Konstruktion von C' und des Grundrisses in einer häufig vorkommenden Unteransicht, in gleicher Weise wie im vorigen beschrieben, mit Hilfe des Obergeschoß-Grundrisses eines Hochhauses gezeigt.

Bei derselben Aufnahme wurde die Höhe des Projektionszentrums über der Grundebene in Abb. 4 durch Drehen der durch das Projektionszentrum durchgehenden vertikalen und der auf die geneigte Bildebene senkrechten Ebene konstruiert.

Auch hier wird das Drehen als Seitenansicht aufgefaßt, wo die geneigte Bildebene in der Geraden I_2F sichtbar und durch K''' bezeichnet ist. Die Horizontebene strebt von dem Schnittpunkt von — $H'''—K'''$ mit h gegen C''' . Die Ebene des in der Dachebene des Hochhauses gebildeten Grundrisses — T''' — schneidet die Bildebene in f und ist somit über f''' parallel zu H''' .

Die dem Beobachter am nächsten liegende Gebäudekante ist — bis zu dem Grundriß in Dachebene verlängert — in der Aufnahme im Abschnitt 1_02_0 zu sehen; in der Seitenansicht erscheint sie in K''' , im Abschnitt $1_0''' 2_0'''$. Wird $1_0'''$ von C''' aus auf T''' projiziert, erhält man die Seitenansicht des oberen Endpunktes der genannten, verlängerten Kante $1'''$. Die durch diese durchgehende vertikale Gebäudekante ist parallel zu z''' . Wird auf diese von C''' aus $2_0'''$ projiziert, erhält man den unteren Endpunkt $2'''$ der verlängerten Kante in der Grundebene. Durch $2'''$ geht die Grundebene G''' die zu dem Bild H''' der waagerechten Horizontebene parallel ist. Die Entfernung $C'''G'''$ ist die Höhe m des Aufnahmezentrums über der Grundebene.

Nach der beschriebenen Methode können aus einer Aufnahme mit geneigter Bildebene eines beliebigen, durch sich im rechten Winkel schneidende Kanten bestimmten Gebäudes die senkrechten Projektionen des Gebäudes, sowie die Lage des Aufnahmestandpunktes im Verhältnis zu dem Gebäude bestimmt werden.

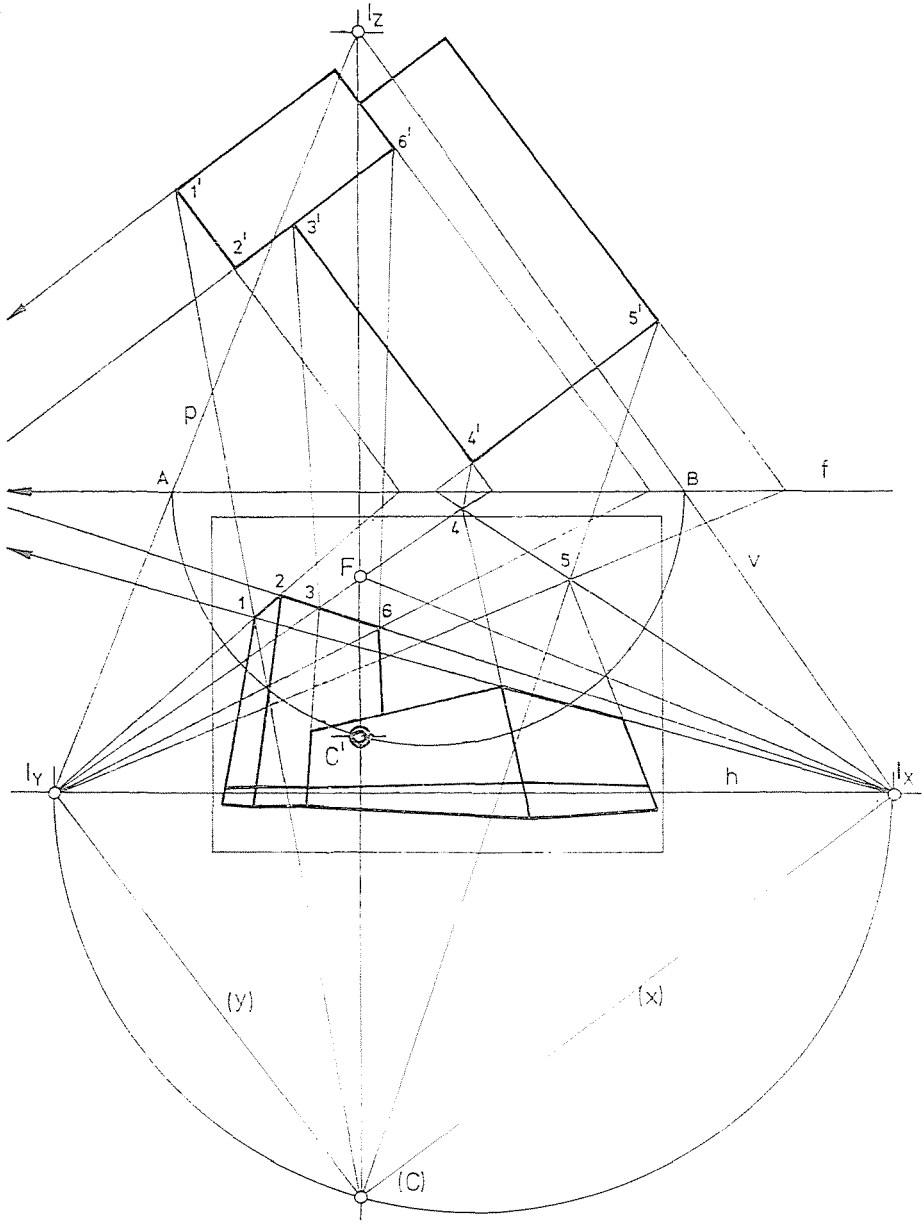


Abb. 3

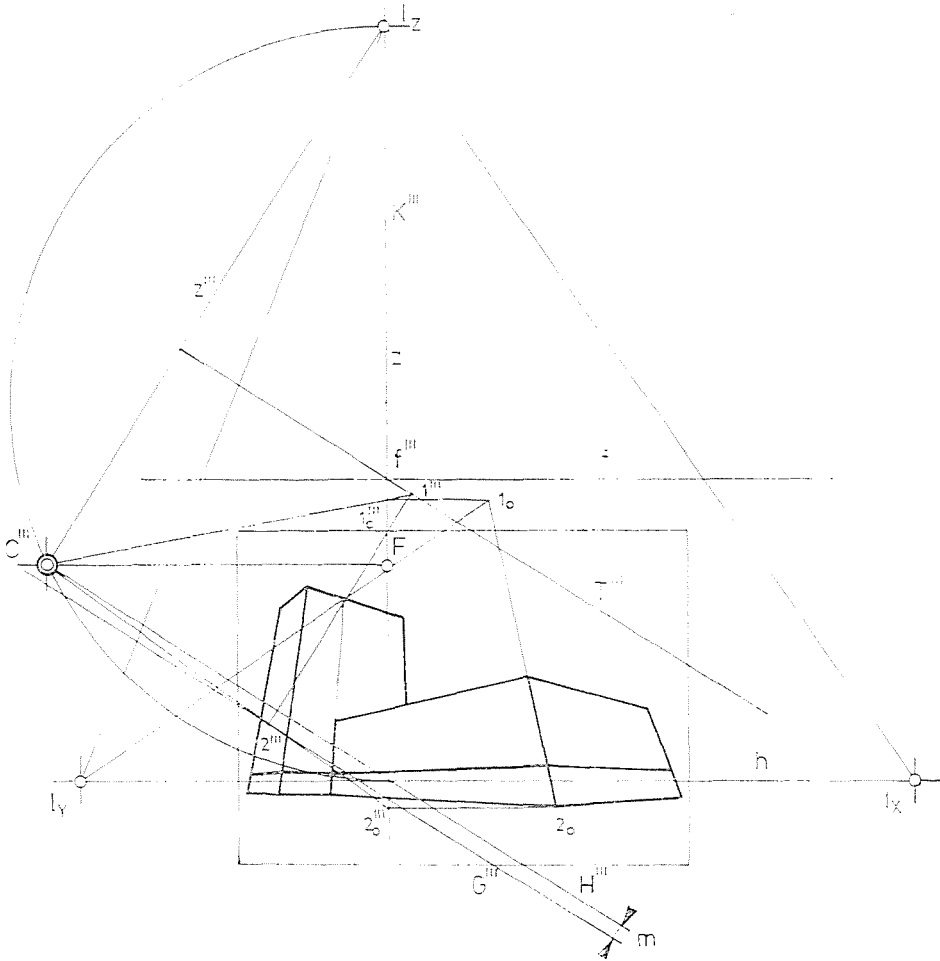


Abb. 4

Zusammenfassung

Soll der Aufnahmestandpunkt aus einer Aufnahme mit geneigter Bildebene eines Gebäudes bestimmt werden, und steht weder eine Karte, auf der das Gebäude angegeben ist, noch der Bauplan des Gebäudes zur Verfügung, muß auch das Gebäude nach der Aufnahme rekonstruiert werden. Es wird davon ausgegangen, daß die senkrechte Projektion des Aufnahmezentrums auf die geneigte Bildebene und die Entfernung des Zentrums von der Bildebene mit Hilfe der Bilder dreier aufeinander senkrechter Kantenscharen rekonstruiert werden. In deren Besitz werden das Gebäude und die auf dieses bezogene Lage des Aufnahmestandpunktes rekonstruiert. Diese werden mittels des Grundrisses des Aufnahmezentrums und seiner Höhe über der Grundebene, mit Hilfe entweder der Horizontebene oder einer beliebig gewählten Grundebene bestimmt.

Literatur

- ZIGÁNY, F.: Darstellende Geometrie.* 16. Auflage. Tankönyvkiadó, Budapest, 1962.
- HORN, A.: Photogrammetrie.* Ein Abschnitt in: Hajnóczy, Gy.: Vermessung von Baudenkmalern. Építőipari Műszaki Egyetem Tudományos Közleményei (Wissenschaftliche Mitteilungen der TU für Bauwesen Budapest), Bd. 1, H. 6. 1956
- KORIS, K.: Eindeutigkeitsproblem der photogrammetrischen gegenseitigen Orientierung. ÉKME Tudományos Közleményei (Wissenschaftliche Mitteilungen der TU für Bau- und Verkehrswesen Budapest) Bd. 12. H. 1, 1966.
- HORN, A.: Konstruktive photogrammetrische Verfahren zur Rekonstruktion von Rotationsflächen. Periodica Polytechnica. Arch. Bd 12. (1969) H. 1—2.
- HORN, A.: Rekonstruktion eines Baudenkmal (Windmühle) durch photogrammetrische Konstruktion. Periodica Polytechnica. Arch. Bd. 21 (1977) H. 1—2.
- HORN, A.: Zeichnerische Ermittlung des Aufnahmestandpunktes von Photographien. Periodica Polytechnica. Arch. Bd. 23. (1979) H. 2—3.

Dozent Dr. Antal HORN, H-1521, Budapest

* In ungarischer Sprache.