

REKONSTRUKTION EINES BAUDENKMALS (WINDMÜHLE) DURCH PHOTOGRAMMETRISCHE KONSTRUKTION

A. HORN

Lehrstuhl für Darstellende Geometrie, TU Budapest

Eingegangen am 30. September 1976

Vorgelegt von Prof. Dr. Geza PETRICH

Diese Windmühle wurde mit mehreren anderen Mitte des vorigen Jahrhunderts in *Kiskundorozsma* bei *Szeged* erbaut. In den Jahren nach dem zweiten Weltkrieg war sie noch in Betrieb. In den Jahren 1968/69 wurde die Windmühle ausgebessert und in etwa 30 bis 40 cm Höhe über dem Boden abgedichtet. Im nächsten Jahr, im Juni 1970, stürzte das aus Lehmziegeln errichtete Gebäude zusammen. Schon nach teilweiseem Wegräumen der Trümmer konnte festgestellt werden, daß sich der Wandkörper über der nachträglichen Wandabdichtung strahlenförmig auseinandergeschoben hatte und infolgedessen einstürzte.

Für die Wiederherstellung führte das Ungarische Landesdenkmalamt mit mehreren Institutionen Besprechungen, um Zeichnungen der Mühle in ursprünglichem Zustand anfertigen zu lassen; in Ermangelung geeigneter photographischer Aufnahmen — von Stereobildpaaren — führten jedoch die Besprechungen zu keinem befriedigenden Ergebnis. Das erhaltene Photomaterial, die Familienaufnahmen des Müllers und die Photos im Besitz des Landesdenkmalamtes ermöglichten eine eindeutige Rekonstruktion der Fassade und der äußeren Dachstuhlform mit Hilfe eines Konstruktionsverfahrens.

Da im ohnehin bescheidenen Fachschrifttum kein ähnliches Thema behandelt wurde, entwickelte der Verfasser das im weiteren beschriebenen Konstruktionsverfahren für die Durchführung der Rekonstruktion.

Es sei bemerkt, daß neben der Feststellung der Form auch die Abmessungen bestimmt werden mußten. Das wurde durch den Umstand ermöglicht, daß unterhalb der Abdichtung das Fundament größtenteils unversehrt erhalten war. Auf den Photos sichtbare Einzelheiten des Dachstuhls gewährten auch Kontrollmöglichkeiten. Für die bei der Rekonstruktion benutzten Photoaufnahmen war auch der Fokalabstand der Kamera bekannt.

Verlauf der Konstruktion

In der Aufnahme 1 stellt die Vertikalprojektion des Projektionszentrums C in der Bildebene K den Hauptpunkt F dar, der von dem Negativ der Auf-

nahme durch Konstruktion auf das Photo übertragen wurde. Das Projektionszentrum bedeutet hier den bildseitigen Projektionsmittelpunkt des Linsensystems der Kamera. Nun wurde das Bild h_0 des Horizontes gezeichnet, das die Schnittlinie der durch das Projektionszentrum C durchgehenden, waagerechten Horizontebene H und der Bildebene K ist. Der Umstand, daß h_0 nicht im Hauptpunkt F liegt, beweist eindeutig, daß bei der Aufnahme die Bildebene nicht vertikal und die auf diese senkrechte optische Achse CF nicht horizontal waren. Um deren Abweichung zu bestimmen, wurde mit einer in der optischen Achse CF liegenden und auf h_0 senkrechten, zentralen Projektionsebene das Zentrum C in die Bildebene gedreht. So kam das Zentrum C in die Lage (C) . Die Entfernung $(C)F$ ist das sovielmale Mehrfache des Fokalabstands der Kamera, wie viele Male das bei der Konstruktion benutzte Photo im Vergleich zu dem Negativ vergrößert war. Der durch die beim Umdrehen gezeichnete optische Achse $(C)F - (t_k)$ — und durch die Verbindungsgerade $(C)l$ gebildete Winkel α ist der Winkel, den die optische Achse mit der Horizontalen bildet. $(C)l$ ist nämlich die Schnittlinie der bei dem Umdrehen benutzten, zentralen Projektionsebene und der waagerechten Horizontebene. Die Bildebene bildet mit der Vertikalen ebenfalls einen Winkel α . Damit neigt sich auch die Vertikalachse der Mühle in einem Winkel α zur Bildebene.

Die Bilder der Umrißerzeugenden des rotationskegelstumpfförmigen Wandkörpers schneiden sich im Bild in der Spitze N_0 . Wird diese mit dem Bild M_0 der Spitze des Daches verbunden, erhält man das Bild t_0 der gemeinsamen Vertikalachse des Wandkörpers und des Daches.

Unter dem Photo konstruieren wir, um die Vertikalprojektionen der Mühle herzustellen, die in Seitenansicht waagerechte Horizontebene H'' . In dieser nehmen wir C'' beliebig an, und von diesem rechts in der Entfernung $(C)l$ den Punkt l'' , der mit h_0'' identisch ist. Durch diesen zeichnen wir die Seitenansicht K'' der als Gerade sichtbaren Bildebene, die mit der Vertikalen einen Winkel α bildet. Den Punkt F'' erhält man in K'' , in einer Entfernung l'' von FL . Die Verbindungsgerade von $C''F''$ ist t_k'' , die Seitenansicht der optischen Achse, die auf K'' senkrecht steht, da vorhin das rechtwinklige Dreieck $(C)lF$ in die Seitenansicht durchgezeichnet wurde.

Der Grundriß für die Rekonstruktion wird mit Hilfe von C' und h'_0 zwischen dem Photo und der Seitenansicht angesetzt. Die von C' aus auf h'_0 gestellte Senkrechte ist die Draufsicht t_k' der optischen Achse. Damit decken sich h'_0 und l' .

Um den Wandkörper in den Vertikalprojektionen zu rekonstruieren, zeichnet man zuerst seinen Parallelkreis in der Horizontebene. Man sieht diesen auf dem Photo als Gerade, und er deckt sich mit h_0 . Da seine Umrißpunkte in den Umrißerzeugenden liegen, sind sie deren Schnittpunkte mit h_0 . Diese werden rechts und links von l' in dem auf dem Photo sichtbaren Abstand

auf h_0' aufgemessen. Damit kann man zwei Tangenten dieses Parallelkreises — e_1' und e_2' — zeichnen, die als zentrale Projektionsstrahlen gegen C' streben. An einer beliebigen Stelle der Winkelhalbierenden der Tangenten — in ihrem Schnittpunkt mit der Geraden h_0 — wird der Mittelpunkt O' des Parallelkreises angenommen. Damit ist jedoch der Maßstab der Rekonstruktion festgelegt. Nun zeichnet man den genannten Kreis k' , dessen Seitenansicht k'' in H'' ebenfalls eine Gerade ist. In dem Mittelpunkt O'' wird senkrecht die Achse t'' der Mühle gezeichnet, deren Grundriß t' mit O' identisch ist. Wird nun die Entfernung N_0I aus dem Photo in der Vorderansicht von l'' auf K'' umgemessen, erhält man N_0'' . Diesen von C'' aus auf t'' projiziert, ergibt sich N'' , das man mit den Konturpunkten von k'' verbindet und dadurch die Seitenansicht des Kegelmantels erhält. Der obere Kreis des Mantels, der obere Kreis des Sockels und der Kreis des mit dem Boden gebildeten Schnittes werden mit Hilfe der in die genannten Kreise fallenden Punkte der sich auf dem Photo mit t_0 deckenden Erzeugenden bestimmt. Deren Abstand von h_0 wird aus dem Photo auf K'' übertragen, und von dort aus C'' auf das Bild a'' der Erzeugenden projiziert; dadurch erhält man je einen Punkt der Parallelkreise. Durch diese können bereits die Parallelkreise gezeichnet werden. (Die Erzeugende a'' fällt mit der linksseitigen Umrißerzeugenden fast zusammen!)

Auf die Bestimmung des Wandkörpers folgt die Rekonstruktion der einzelnen Wandöffnungen. Das geschieht mit Hilfe der die Leibungskanten tragenden Kegelerzeugenden. Das Zeichnen der einzelnen Erzeugenden beginnt auf dem Photo, wo diese bis h_0 verlängert werden. Diese Schnittpunkte sind die Bilder der Schnittpunkte der genannten Erzeugenden und des Parallelkreises K in der Horizontalebene. Die erhaltenen Schnittpunkte werden links und rechts von Punkt l auf h_0' übertragen und von dort mit Hilfe von C' auf k' projiziert. Mit den so in k' rekonstruierten Punkten wird der Grundriß der die Leibungskanten tragenden Kegelerzeugenden gezeichnet. Ihre Seitenansicht wird durch die Projektion auf k'' der Schnittpunkte mit k' erhalten. Die Höhen der unteren und oberen Endpunkte der einzelnen Leibungskanten werden auf dem Photo von h_0 aus gemessen, und in der Seitenansicht von h_0'' aus auf K'' aufgemessen, sodann werden die Eckpunkte von C'' aus auf die Seitenansicht der entsprechenden Erzeugenden projiziert. Durch die dargestellten Eckpunkte können bereits die horizontalen Leibungskanten, die in die Parallelkreise der Oberfläche fallen, in Seitenansicht gezeichnet werden. Die so dargestellten Eckpunkte im Grundriß auf ihre eigenen Erzeugenden zurückprojiziert, lassen sich die Fenster und Türen auch in Draufsicht aufzeichnen. In gleicher Weise wie die Leibungseckpunkte wurden auch der obere Parallelkreis des Wandkörpers und der Parallelkreis des Sockels dargestellt. Die Ungleichmäßigkeit des Schnitts mit dem Gelände kann durch die Rekonstruktion der unteren Endpunkte der einzelnen Erzeugenden ebenfalls bestimmt werden.



Abb. 2

Abgesehen von der Flügelachsenseite ist das Dach ebenfalls ein Rotationskegel, der mit Hilfe seiner Spitze M und des Traufenkreises rekonstruiert wird. M'' wird ähnlich wie N'' konstruiert. Sodann wird auf dem Photo die rechtsseitige Umrißerzeugende des Verbindungskegels zwischen Dachtraufe und N gezeichnet, deren Schnittpunkt mit h_0 auf h_0' übertragen die Tangente e_3' des Kreises k_1 ergibt. Durch Wiederholen dieses Verfahrens zeichnet man auf dem Dachschalenkegel mit der Tangente e_4 den Kreis k_2 . In Seitenansicht schneidet der Kegel mit der Spitze M und dem Parallelkreis k_2 die Traufe auf dem durch die Spitze N und den Parallelkreis k_1 bestimmten Kegel heraus. Der Dachneigungswinkel β wurde hier durch die Umrißerzeugende der Kegel­fläche der Dachschale ermittelt.

Dieselbe Aufgabe läßt sich auch in einer anderen Weise lösen. Verbindet man das Bild der rechtsseitigen Umrißerzeugenden des Dachkegels mit dem Projektionszentrum C , erhält man im Raum eine Berührungsebene dieses Kegels. (Das Zentrum C liegt in der in Punkt F auf die Bildebene gestellten Senkrechten in einem Abstand $F(C)$ von F .) Verbindet man im Raum C mit h_0 , kann die waagerechte Horizontebene rekonstruiert werden. Die Neigung dieser beiden Ebenen ist die gesuchte Dachneigung. Die Spurlinien der beiden Ebenen in der Bildebene sind M_0A und h_0 , und deren Schnittpunkt ist A . Damit ist m die Schnittlinie der beiden Ebenen, die Verbindungsgerade



Abb. 3

von C und A . Deren Vertikalprojektion in der Bildebene ist m_x . Verdreht man die Schnittlinie m und m_x in die Bildebene, kommt das Zentrum C in die Lage (C_1) , der Spurpunkt A der Schnittlinie m bleibt an unveränderter Stelle. Werden die Berührungsebene des Kegels und die Horizontebene senkrecht auf die Schnittlinie m geschnitten, ergeben die erhaltenen neuen Schnittlinien den Neigungswinkel der beiden Ebenen. Die auf m senkrechte Ebene wird durch die Gerade n der Bildebene angenommen, die die Spurlinie der beiden Ebenen in den Punkten D und E und die Schnittlinie m in Punkt B schneidet; nach Umdrehen um m_x erscheint B in der Lage (B_1) . Wird B um n in die Bildebene gedreht, erhält man einen Winkel $D(B)E = \beta$, der ebenfalls die Dachneigung ergibt.

Abb. 1 dient zur Veranschaulichung des Konstruktionsverfahrens.

In Anlehnung an die zeichnerische Rekonstruktion wurde die Mühle in den Jahren 1973/74 in der ursprünglichen Form wieder aufgebaut, und ist auch heute eine der Sehenswürdigkeiten, ein berühmtes industriegeschichtliches Baudenkmal der Umgebung von Szeged. In Abb. 2 ist die zusammengestürzte, in Abb. 3 die wiederaufgebaute Mühle zu sehen.

Zusammenfassung

Im Beitrag wird das bei der Rekonstruktion eines Baudenkmals, der Windmühle von *Kiskundorozsma*, angewandte Konstruktionsverfahren beschrieben.

Zuerst werden die inneren Daten des Photos angegeben. Nachfolgend wird die Rekonstruktion der Projektionspyramide der Figur durchgeführt. Dann werden die Rekonstruktion des Wandkörpers mit kegelstumpfförmiger Oberfläche und die Bestimmung der in dem Wandkörper befindlichen Türen und Fenster behandelt. Abschließend werden die Vertikalprojektionen des Daches dargestellt.

Die Dachneigung wird auch nach einem anderen Verfahren bestimmt.

Schrifttum

1. ZIGÁNY, F.: Darstellende Geometrie (in ungarischer Sprache), Tankönyvkiadó, Budapest, 1964
2. HORN, A.: Konstruktive photogrammetrische Verfahren zur Rekonstruktion von Rotationsflächen. Per. Pol. Arch. Jg. 13 (1969) Nr. 1–2. p. 15–72

Antal HORN, H-1521, Budapest