

DIE PHOTOGRAMMETRISCHE ERGÄNZUNG DER KARTE VON HATTUSAS, DER HAUPTSTADT DES HETHITER REICHES

Sitki KÜLÜR, Orhan ALTAN, Gönül TOZ., Dursun Z. ŞEKER
Aslı İYİDİKER, Harun İYİDİKER, Zaide DURAN

Abteilung für Geodäsie und Photogrammetrie der Technischen Universität Istanbul
Maslak, 80626 İSTANBUL

Commision V , Working Group 4

KEY WORDS : Hattusas, SMK 120, terrestrische Photogrammetrie, digitale Photogrammetrie

KURZFASSUNG

Die ständig steigenden Forderungen , die von Benutzern an die Vermessungsergebnisse gestellt werden, führten zur Entwicklung oder Integration der Arbeitsverfahren. Bei dieser Arbeit ist auch eine solcher Versuch nämlich die Integration der konventionellen Messmethoden mit der terrestrischen Photogrammetrie verwirklicht worden. Die wegen der unerreichbaren , steilen Felsen unausgewertete Teile habende Karte des archäologischen Gebietes von Hattusas wurde mit der Einbeziehung der photogrammetrisch erhaltenen Modelle in das geodätisch bestimmte Modell ergänzt. Bei dieser Arbeit wurden die mit SMK 120 Steromesskammer aufgenommene Bilder analytisch ausgewertet, und ein Teil davon sind mit einem Scanner abgetastet und digital bearbeitet worden. So kommt ein Model heraus, das eine Integration von drei verschiedenen Verfahren hat, nämlich konventionelle geodätische Messungen, die mit terrestrischen Photogrammetrie erhaltene Modelle und digitale Bilder.

1. EINLEITUNG

Hattusas ist die Hauptstadt des Hethiter Reiches, das sich im 2. Jahrhundert v. Chr. in der Zeit von 1600 bis 1200, auf anatolischem Boden etabliert hatte. Diese

Hauptstadt liegt im nördlichen Zentralanatolien etwa 150 km östlich von Ankara bei der Kreisstadt Boğazkale im Zentrum des hethitischen Reiches. (Figure 1)

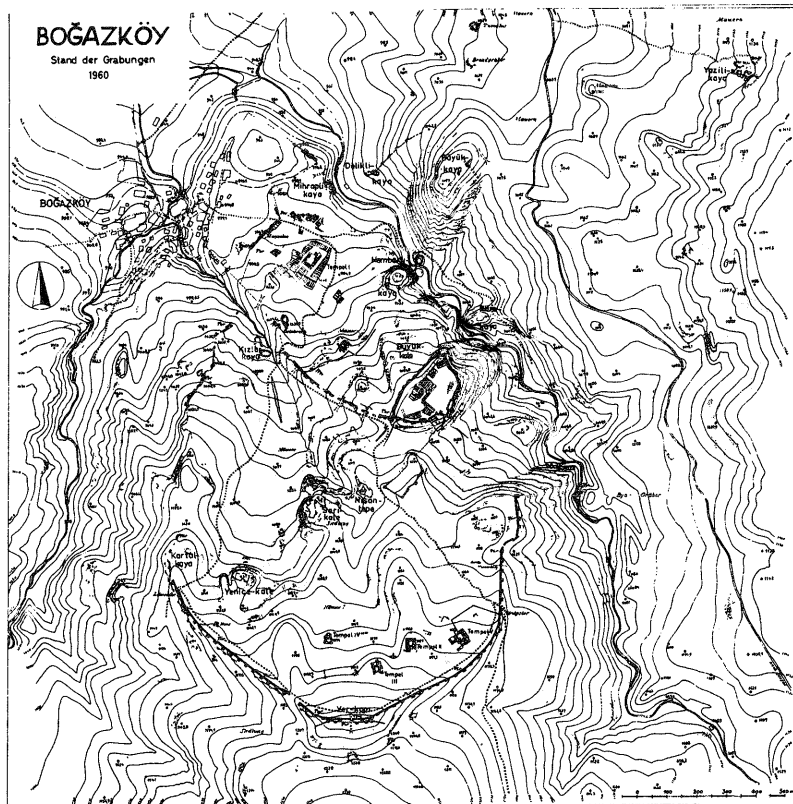


Figure 1 : Die topographische Karte von Hattusas (Neve,P,1993)

Im Jahre 1907 began das Deutsche Archäologische Institut die Ausgrabung von Hattusas und dauerte bis heute. An dem Tal, wo sich die Stadt befindet, gibt es zahlreiche Felskuppen und -klippen und das Tal steigt etwa 300 m von der Ebene an zu der Südrichtung. So besteht ein Hanggelände, das eine stark gegliederte und zerklüftete Struktur hat. (Figure: 2)

Für die Herstellung einer detaillierten Karte der Stadtruine und ihre Umgebung ist eine terrestrische Vermessungsarbeit, die von dem Archäologischen Institut unterstützt wird, geplant. Dafür ist ein trigonometrisches

Netz gegründet und das ganze Gebiet mit Hilfe dieser Netzpunkte vermessen. Aber die steilwändigen Felsen, auf denen Burgen gebaut sind, konnten mit den terrestrischen Methoden nicht vermessen werden. Die terrestrische Photogrammetrie stellt das einzige Verfahren dar, mit dem in einem vernünftigen Arbeits- und Zeitaufwand die Aufgabe zu lösen ist. Die Verhinderung der notwendigen stereoskopischen Einsicht wegen der steilen Felswänden war die Luftphotogrammetrie nicht möglich und ekonomisch.

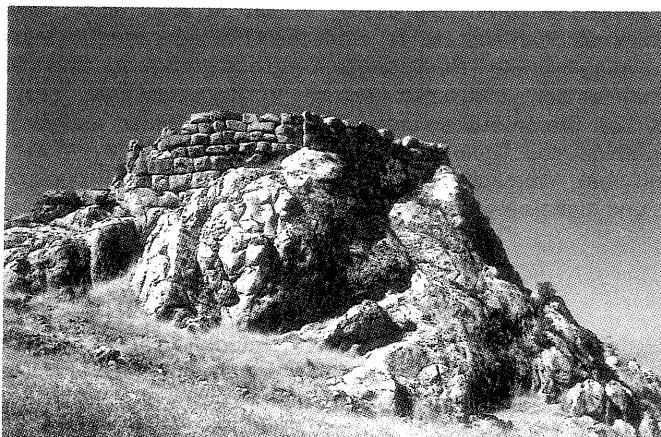


Figure 2 : Ein Burgberg in Hattusas (Yenicekale)
(Neve, P, 1993)

2. DIE PHOTOGRAMMETRISCHE AUFNAHME

Für die Aufnahme des Gebietes wurde die Stereomesskammer SMK 120 benutzt worden. Die photogrammetrischen Aufnahmestandpunkte um den Felsen wurden so gewählt, dass Basis/Entfernung Verhältnis möglichst geeignet und der ganze Felsen umfasst wird. Zur Erzielung guter Kontraste in den meist beschatteten Felswänden wird das Farbfilter verwendet. Als Kontrollpunkte dienen auf den steilen Wänden der Felsen gemalte plus Zeichen. Diese Zeichen und die Kamerastationen werden vermessen und an das trigonometrische Netz verbunden. Benachbarte Bilder haben gemeinsame Kontrollpunkte, die nachher zur Verbindung der Modelle erforderlich sind. Zur Verkürzung des Arbeitsaufwandes für das Einmessen der Kontrollpunkte hat man versucht, die Aufnahmestationen so anzulegen, möglichst viele der gezeichneten Zeichen in den Bildern abgebildet werden. Für die Vermessung der Punkte und Aufnahmestationen waren zwei Totalstationen zur Verfügung. Auf dem Gelände befinden sich 120

trigonometrische Punkte. Die ausgeglichene Koordinaten dieser Punkte sind in einem an das Landessystem verbundenen Geländekoordinatensystem mit $m_p = \pm 1$ cm und $m_h = \pm 1$ cm bestimmt.

Es sind insgesamt 61 Modelle in der ersten Messkampagne aufgenommen und während der Messkampagne dienten die Abende zur Entwicklung der Platten photographischer Kontrolle der Bilder. Eine Miniatur-Labora-ausrüstung erlaubt dies auch bei behelfsmässigen Räumen. Die grösste Anzahl der Bilder wurden um den Burgberg Büyükkale aufgenommen. Dieser Burgberg ist der älteste Siedlungsplatz im Stadtgebiet. Die Karte des archäologischen Gebietes im Masstab 1/1000 wurde komputergestützt hergestellt, aber in den Teilen, wo sich die steile Felsen befinden, gibt es Lücken. Diese Lücken werden nachher mit der Einbeziehung der zuständigen analytischen Auswertung der Stereobilder ergänzt, was der eigentliche Zweck der photographischen Arbeit war.

3. BILDAUSWERTUNG

Die Auswertung geschah mit zwei verschiedenen Methoden. Bei der ersten Methode werden die Modelle am Auswertegerät analytisch ausgewertet und modelweise in einem bestimmten Koordinatensystem dreidimensional in DXF-File umgeformt. Bei der analytischen Auswertung der Modelle ist das Auswertegerät Wild B8S benutzt worden. Dieses ursprünglich analog Gerät ist zum analytischen Gerät umgewandelt und ADAM System Software stützt das Auswertungsprozess. Die Gewinnung der Höhenlinien und die Einbeziehung des photogrammetrisch erhaltenen Modells in das geodätisch erhaltene Modell ist mit dem Softwarepaket SCOP und AUTOCAD verwirklicht worden. Bei der Auswertung der Modelle sind die Daten, wie Höhenlinien, Formlinien, Bruchlinien, Punkte und Details, nach Layern getrennt erhalten und in Floopy

Disks gespeichert. Mit Hilfe der Kontrollpunkte, die in beiden Systemen (Geländekoordinatensystem und Modelkoordinatensystem) bekannte Koordinaten haben, hatte man die Transformationsmöglichkeit der beiden Systemen. Benachbarte Modelle haben gemeinsame Kontrollpunkte, die nachher zur Verbindung der Modelle erforderlich sind. Ein grosser Teil der Stereobilder wurden erfolgreich mit dieser Methode ausgewertet und die als DXF .file gespeicherte Modelle in das vorher mit geodätischen Methoden erhaltene Modell der Gelände einbezogen.

Aber in manchen Gebieten wie die Schlucht des Büyükkaya Baches (Figure 3), wo die Felsen sehr hoch sind, ungefähr zwischen 80 und 90 m, ist die maximale Grenze $1/20$ des Basis/Entfernung Verhältnisses etwas überschritten worden.



Figure 3: Die Schlucht des Büyükkaya Baches (Neve, P, 1993)

Deswegen sind bei diesen Modellen Auswertungsschwierigkeiten herausgekommen. Für diese Modelle wurden die Möglichkeiten der Digitalen Photogrammetrie benutzt. Zur photogrammetrischen Bearbeitung digitaler Bilder war das PICTRAN Programmsystem (Technet GMBH 1995) zur Verfügung. Um digitale Bilder zu erhalten, wurden die Stereobilder mit einem Scanner von 600 dpi abgetastet. (Fig.4) Danach sind die Koordinaten der Kontrollpunkte im Pixelkoordinatensystem gemessen und mit Hilfe ihrer bekannten Geländekoordinaten die erforderlichen Orientierungsparameter bestimmt. Bei diesem System muss zur Orientierung des Bildverbandes anschließend eine Bündelblockausgleichung gerechnet werden. Als Resultat der Bündelausgleichung erhält man neben den Orientierungselementen auch die Geländekoordinaten der nur im Pixelkoordinatensystem gemessenen Punkte. Die charakteristischen Eigenschaften des Geländes repräsentierende Punkte werden auf den positiven Auflagen erkannt. Am Ende der digitalen Bearbeitung waren eine Reihe von Punkten mit dreidimensionalen Koordinaten bereit. Als Ausgangsdaten der PICTRAN System hat man die Möglichkeit diese Daten mit den geodätisch bestimmten Koordinaten der anderen Punkte zusammenbringen und eine Interpolationsmöglichkeit zuschaffen.

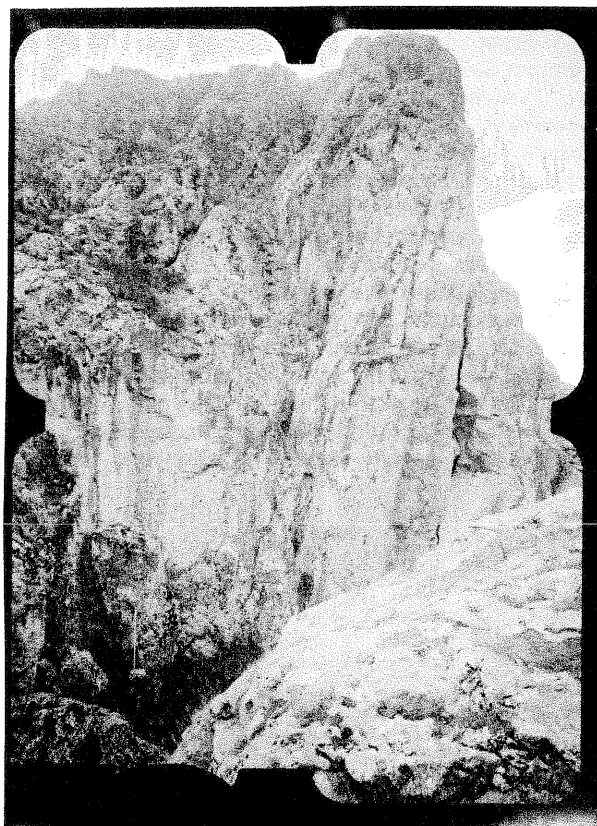


Figure 4: Ein abgetastetes und als BTF. file gespeichertes Bild der SMK 120

An den photogrammetrischen Aufnahme- und Auswertungsarbeiten haben die Mitarbeiter der Abteilung für Photogrammetrie der Technischen Universität Istanbul teilgenommen. Die geodätische Arbeiten sind von einer privaten Ingenieurbüro aus Deutschland vervollständigt worden. (Birk, H) Die Aufnahmen der Felsen, die geodätisch nicht eingemessen konnten, dauerte acht Tagen. Das Endprodukt der Arbeit wird eine komputergestützt hergestellte detaillierte Karte im Masstab 1/1000 des archäologischen Gebietes und ihrer Umgebung sein.

REFERENZEN

Neve, P., Hattusas Stadt der Götter und Tempel, Verlag Philipp von Zabern-Mainz am Rhein, 1993.

Krauss, K., Photogrammetrie, Band 1-2, Dümmler Verlag, Bonn, 1984.

Technet GmbH, PICTRAN-B, User manual for Integrated Photogrammetric Analysis Software (Bundle Adjustment) Technet GmbH, Berlin, 1995.

Birk, H., Ingenieur Büro, Stuttgart

4. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Diese Arbeit zeigte uns, dass man mit Hilfe geeigneter Software verschiedene Verfahren miteinander integrieren kann. Dieser Integrationsprozess dient auch zur Ersetzung eines Verfahrens, das für eine bestimmte Arbeit ungenügend bleibt. Dazu genügen den Benutzern nur das Kenntniss der Beziehungen zwischen diesen Systemen.