



ISSN 0256-1840

ISPRS Commission V Symposium

Close-Range Photogrammetry Meets Machine Vision

A. Gruen, E. Baltsavias
Editors

3-7 September 1990
Zurich, Switzerland

Organised by



International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS)
Commission V "Close-Range Photogrammetry and Machine Vision"



Institute of Geodesy and Photogrammetry, Swiss Federal Institute of Technology (ETH) Zurich

Sponsored by

SGPBF Swiss Society for Photogrammetry, Image Analysis and Remote Sensing

Cooperating Organisations

SPIE The International Society for Optical Engineering
IEEE The Computer Society, TC on Pattern Analysis and Machine Intelligence
FIG Fédération Internationale des Géomètres
ITG Information Technology Society of the SEV
SGBT Swiss Association of Biomedical Engineering

Published by

SPIE-The International Society for Optical Engineering
P.O. Box 10, Bellingham, Washington 98227-0010 USA
Telephone 206/676-3290 (Pacific Time) • Telex 46-7053



SPIE Volume 1395

Part One of Two Parts

SPIE (The Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers) is a nonprofit society dedicated to advancing engineering and scientific applications of optical, electro-optical, and optoelectronic instrumentation, systems, and technology.

CLOSE-RANGE PHOTOGRAMMETRY
MEETS MACHINE VISION

SPIE Volume 1395

Contents

Technical Program Committee xii
Introduction xiii

Part One

SESSION A1 METRIC VISION SYSTEMS I

Working group V/1: digital and real-time close-range photogrammetry
S. F. El-Hakim, National Research Council of Canada (Canada); K. W. Wong, Univ. of Illinois at Urbana-Champaign (USA) 2

Experience with two vision systems
K. W. Wong, M. Lew, Y. Ke, Univ. of Illinois at Urbana-Champaign (USA) 3

Vision system development in a space-simulation laboratory
S. G. Maclean, Canadian Space Agency (Canada); M. Rioux, F. Blais, National Research Council (Canada); J. Grodski, Defence and Civil Institute of Environmental Medicine (Canada); P. Milgram, Univ. of Toronto (Canada); H. F. L. Pinkney, National Research Council (Canada); B. A. Aikenhead, Canadian Space Agency (Canada) 8

Integration of a GPS receiver and a stereo-vision system in a vehicle
K. Novak, Ohio State Univ. (USA) 16

Real-time close-range 3-D noncontact volume and motion measurements
R. Wilson, F. Leberl, Vexcel Corp. (USA) 24

Real-time photogrammetry with lateral-effect photodiodes: state-of-the-art and recent investigations
P. Krzystek, Inpho GmbH (FRG) 30

SESSION B1 INTEGRATING PHOTOGRAMMETRY AND CAD

Working Group V/5: photogrammetry in architecture and archaeology
R. W. A. Dallas, Univ. of York (England); L. Mauelshagen, Deutsches Bergbau-Museum Bochum (FRG) 40

Large-scale stereophotogrammetric survey and computer data processing on particular works of art
A. Belli, FoART (Italy); W. Ferri, Univ. di Pisa (Italy) 42

Photogrammetric system and cost analysis for architectural and archaeological surveys
L. Baratin, C. di Thiene, F. Guerra, Istituto Univ. di Architettura (Italy) 51

PADRAS: from drawing system to CAD and database system
H. Hasegawa, M. Ueda, K. Uesugi, PASCO Corp. (Japan) 59

Main Palace of Santa Rosa: XTAMPAK a geodetic-photogrammetric documentation
E. Heine, R. Kostka, A. Reiter, Technische Univ. Graz (Austria) 67

Combined use of photogrammetry and CAD in the reconstruction of fire-damaged buildings
D. Stevens, W. M. McKay, AMC Ltd. (UK); D. Fowler, Conservation Practice (UK) 77

SESSION A2 CCD-CAMERA PERFORMANCE AND CALIBRATION

Image-recording systems for close-range photogrammetry
T. Luhmann, Kern & Co. AG (Switzerland) 86

Technology and practical problems of pixel-synchronous CCD data acquisition for optical metrology applications
J. M. Raynor, P. Seitz, Paul Scherrer Institute (Switzerland) 96

Calibration of a color CCD camera with 3000x2300 picture elements
R. Lenz, Technische Univ. München (FRG); U. Lenz, CCD Videometrie (FRG) 104

Metric aspects of zoom vision
A. G. Wiley, K. W. Wong, Univ. of Illinois at Urbana-Champaign (USA) 112

(continued)

DER HAUPTPALAST VON SANTA ROSA - XTAMPAK
Eine geodätisch-photogrammetrische Dokumentation

(The Main Palace of Santa Rosa - XTAMPAK
A geodetic-photogrammetric documentation)

E. Heine, R. Kostka, A. Reiter
Technische Universität Graz

ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen der Mayaforschung spielen archäologische Studien an Architekturresten eine bedeutende Rolle. Besonders in Grenzbereichen, in denen sich unterschiedliche Regionen überschneiden, wie im Falle von Santa Rosa - XTAMPAK, können aus exakten Bestandsaufnahmen signifikante Aussagen abgeleitet werden. Für den Hauptpalast dieser Ruinenstätte wurde mit Hilfe geodätisch-photogrammetrischer Aufnahmemethoden ein dreidimensionales digitales Architekturmodell erstellt. Beispiele eines digital erfaßten Bereiches sowie einer der Innenstiegen zeigen die Möglichkeiten der Visualisierung mit modernen Techniken, die weiterführende Studien wesentlich erleichtern.

ABSTRACT

In the field of Maya research archaeological studies in architecture play an important part. In the case of Santa Rosa - XTAMPAK the influences of different cultural regions have to be traced. Structures like this situated in border areas, especially require exact surveying so that significant archaeological assertions can be derived. For the main palace of this site a threedimensional digital architectural model was established, using geodetic-photogrammetric methods. Possibilities of visualization with the help of recently developed technology are shown by examples: certain details of the palace as well as an inner staircase have been digitally recorded. This certainly means considerable help for further study.

1. EINLEITUNG

Der Lebensraum der Maya - einige Millionen Bauern ohne größere kulturelle Bedeutung, in viele Stämme aufgegliedert, unterschiedliche Sprachen sprechend - erstreckt sich über mehrere Staaten Mittelamerikas, weit entfernt von einstiger Bedeutung. Heute kann man die Maya-Kultur bis auf etwa 3700 Jahre zurück verfolgen und Perioden einer Vorklassik (bis etwa 300 n. Chr.), einer Klassik (300 - 900 n. Chr.) und einer Nachklassik, aber auch Regionalunterschiede abgrenzen. So berühmte archäologische Stätten wie Chichen Itza, Uxmal, Palenque, Tikal oder Copan (Fig. 1) sind

Zeugen einstiger Größe und Verbreitung der Mayakultur in Mexico, Belize, Guatemala und Honduras. Da schriftliche Quellen nur in sehr geringem Umfang zur Verfügung stehen und diese darüberhinaus nur bruchstückartig entziffert werden können, kommen Bodenfunden und Architekturstudien im Rahmen archäologischer Forschung besondere Bedeutung zu. Seit über 20 Jahren beschäftigt sich eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe in Graz, Österreich mit unterschiedlichen Problemstellungen der Mayaforschung. Diese setzt sich wie folgt zusammen:

Dipl.Ing. Dr. techn. Hasso Hohmann, Architektur, Ethnologie
 Dipl.Ing. Dr. techn. Annegrete Hohmann-Vogrin, Architektur, Ethnologie

Univ.Doz. Dipl.Ing. Dr.techn. Robert Kostka, Geodäsie, Photogrammetrie

Karl Herbert Mayer, Archäologie.

Der Bedeutung von Architekturstudien wird in diesem Rahmen schon dadurch Rechnung getragen, daß die Leitung der erwähnten Arbeitsgruppe in den Händen des Architekten und Völkerkundlers Hasso Hohmann liegt.

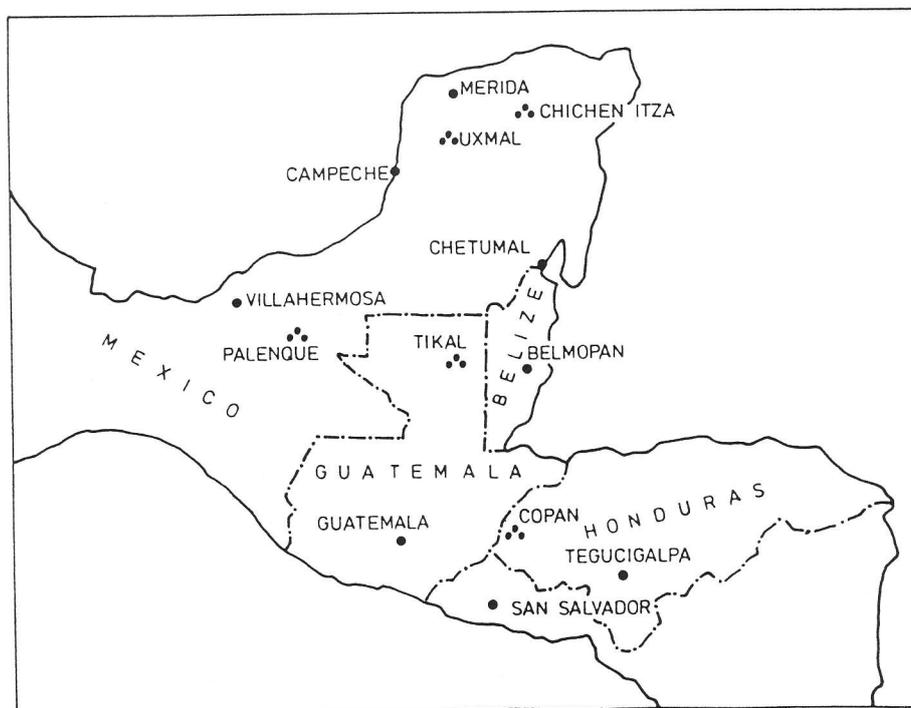


Fig. 1: Der Lebensraum der Maya in Mittelamerika
 (Living space of the Maya in Central America)

2. LAGE UND BEDEUTUNG VON SANTA ROSA-XTAMPAK

Vor allem mit Hilfe von Architekturresten, Ruinen mit charakteristischen Stilmerkmalen oder erhalten gebliebenen Bestandteilen wie Treppen und Innenstiegen, lassen sich im Maya Tiefland der Halbinsel Yucatan archäologische Zonen angeben,

deren Abgrenzung nur durch derartige Belege möglich ist. Dies trifft auch für die Abgrenzung der Puuc Region, die an der Grenze der heutigen Bundesstaaten Campeche und Yucatan liegt, von der südlich davon gelegenen Chenes Region zu, die wiederum im Südosten an die Rio Bec Region, die bis in den Bundesstaat Quintana Roo reicht, anschließt (Fig. 2). Ruinenstädte wie Uxmal, Kabah, Sayil, Labna, Becan, Xpujil, Calakmul und Rio Bec befinden sich in diesem Raum.

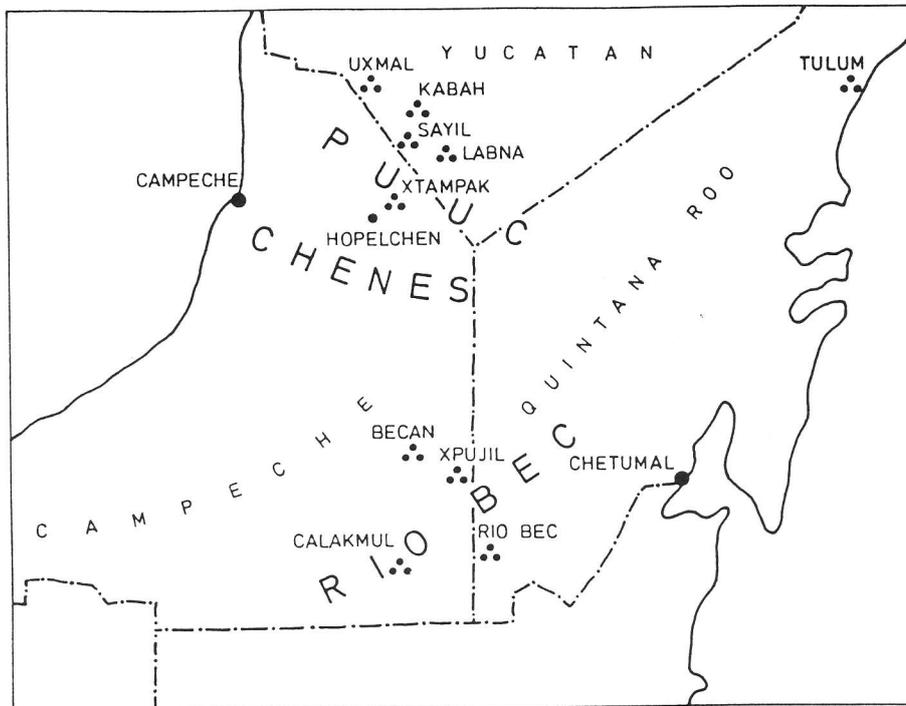


Fig. 2: Die Lage der Puuc, Chenes und Rio Bec Region auf der Halbinsel Yucatan.

(Situation of the regions of Puuc, Chenes and Rio Bec in the peninsula of Yucatan)

Die Ruinenstätte von Santa Rosa - XTAMPAK gehört der spätclassischen Mayakultur an und wird dem Überschneidungsgebiet der Architekturprovinzen Puuc und Chenes zugerechnet. Und hierin liegt die Bedeutung dieses archäologischen Komplexes. Die imposante, mindestens 24 Hektar große Ruinenstadt gehört zu den bedeutendsten, heute noch recht gut erhaltenen Zeugen der Baukunst, die zwischen 700 und 800 n.Chr. entstanden ist (Fig. 3). Die Anlage besitzt gewaltige, allerdings zum Großteil überwachsene Gebäude mit mehreren Stockwerken und zeichnet sich durch ein Ineinandergreifen charakteristischer Stilmerkmale aus. Eines der besterhaltensten und in vieler Hinsicht einmaligen Bauwerke dieser Stadt ist der dreistöckige Hauptpalast mit 44 Räumen und 2 gewundenen Innentreppe. Dieses Studienobjekt mit einer Länge von 40 m, einer Breite von 20 m und einer Höhe von 16 m mußte, sollte es zu Stilvergleichen der oben angeführten Regionen herangezogen werden, möglichst exakt erfaßt werden, um schlüssige Beweisführun-

gen und eindeutige Zuordnungen zu gestatten. Denn seit 1841, als Catherwood und Stephens Santa Rosa das erste Mal besuchten, kam es zu einer Reihe von Forschungsaufenthalten und daran anschließenden Publikationen, eine exakte Bestandsaufnahme erfolgte aber nicht.

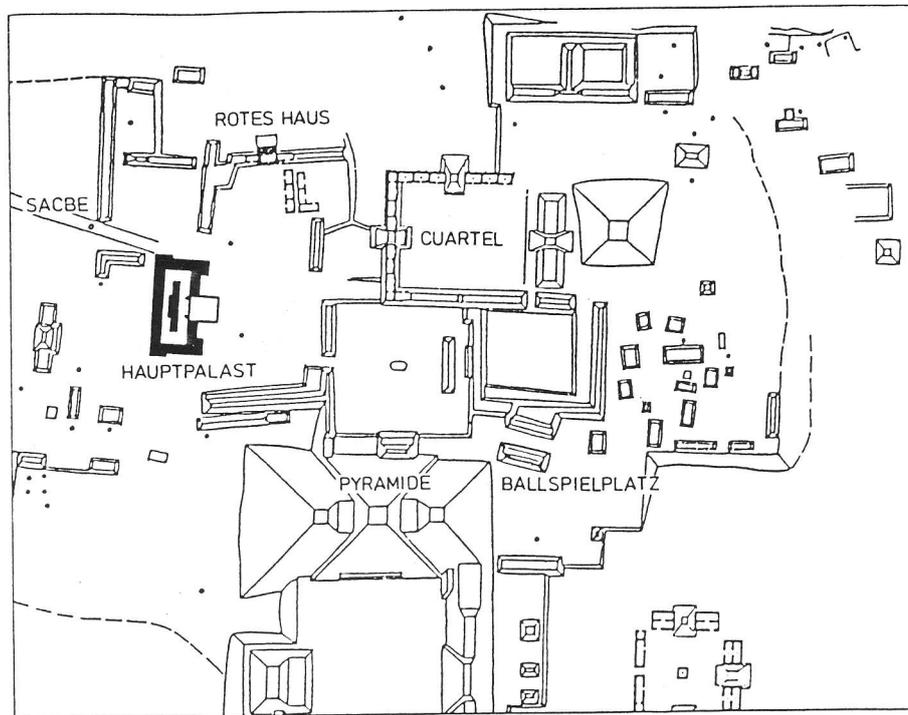


Fig. 3.: Übersichtsskizze des zentralen Bereiches von Santa Rosa - XTAMPAK mit dem Hauptpalast nach Ralph Roys und Karl Ruppert.

(Sketchmap of the central part of Santa Rosa - XTAMPAK with the main palace, after Ralph Roys and Karl Ruppert).

3. DIE AUFNAHME UND AUSWERTUNG DES HAUPTPALASTES

Der Hauptpalast ist in seinem heutigen Zustand ein dreidimensionales, archäologisches Objekt mit einer Reihe Details, die im Inneren des Baukörpers liegen. In seiner äußeren Erscheinungsform (Fig. 4) handelt es sich nur zum Teil um ein geometrisch definiertes Objekt. Zum anderen Teil handelt es sich um Bereiche mit amorpher Oberfläche, die keine punktweise Vermessung zu- oder dies als sinnvoll erscheinen lassen. Hierzu kommt, daß das Objekt überwachsen ist, wobei die Bäume wegen Einsturzgefahr nicht entfernt werden können, oder ein Betreten der höher gelegenen Teile gefahrvoll ist.

Die Bewältigung dieser praktischen Schwierigkeiten war nur durch den gemeinsamen Einsatz geodätischer und photogrammetrischer Methoden möglich. Die Grundlage bildete ein geodätischer Referenzkubus in Form von lage- und höhenmäßig bestimmten Punkten

im Zentrum der Ruinenstätte (Fig. 5). In diesem dreidimensionalen System wurden über 350 Punkte geodätisch durch Polygonzugsmessung oder mit Hilfe der Polar- oder Schnittmethode bestimmt. Gut definierte oder vermarkte Punkte waren hierfür erforderlich, um ihre Lage- und Höhenwerte mit WILD T1A und DI 1000 ermitteln zu können.



Fig. 4: Ansichtsaufnahme des Hauptpalastes von Süden. Der Südturm befindet sich rechts im Bild
(View of the main palace from the South. Southern tower on the right)

Die terrestrisch-photogrammetrische Aufnahme wurde z.T. mit einer Meßkammer (WILD P32) z.T. aber auch, vor allem in den Innenräumen, mit Nichtmeßkammern (Hasselblad mit Normal- und Weitwinkelobjektiv) durchgeführt. Zur Positionierung von Einzelpunkten, vor allem hochgelegener geometrisch erfassbarer Bauwerksteile, dienten mehrfach überdeckende Einzelaufnahmen. Die Erfassung nicht definierter Objektsbereiche konnte nur mit Hilfe von Stereoaufnahmen erfolgen, die entsprechend den Sichtmöglichkeiten angeordnet werden mußten. Vor allem bei den gewundenen Innentreppe war die Vollständigkeit der Datenaufnahme nur mit zusätzlichen manuellen Bandmessungen gewährleistet.

Die Angabe der Lage- und Höhenwerte auf ± 2 cm bereitete bei der Berechnung der geodätischen Meßgrößen keine Probleme. Die photogrammetrische Auswertung der Meßbilder erfolgte am KERN DSR1 mit Softwarepaket CRISP, mit dem sowohl metrische als auch nichtmetrische Aufnahmen ausgewertet werden können.

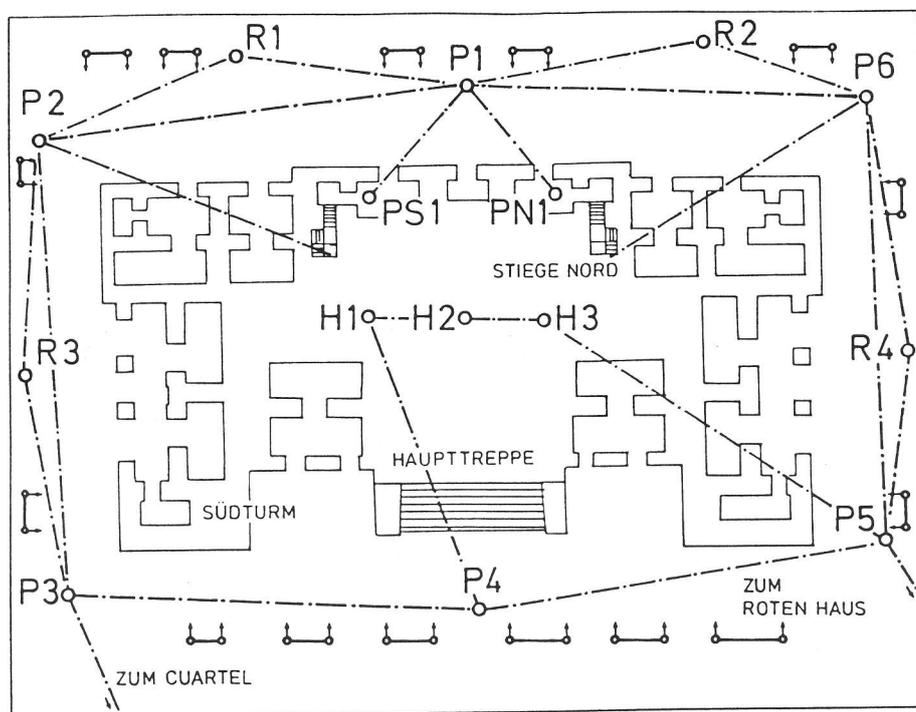


Fig. 5: Übersicht über das geodätisch-photogrammetrische Punktfeld (vereinfacht) um den Hauptpalast.
(Sketch of the geodetic-photogrammetric measurements (simplified) around the main palace).

Bündelverknüpfungen lieferten die Werte für gut definierte Einzelpunkte, also auch für Paßpunkte der Stereoauswertung (mittlere Punktlagefehler ± 2 cm). Die geometrisch nicht definierten Objektsteile wurden auf diese Art und Weise erfaßt, wobei durch Höhenlinienauswertung digitale Bereichsmodelle des Baukörpers ermittelt wurden.

4. DIE DARSTELLUNG DES AUFNAHMEERGEBNISSES

Nach der Auswertung lagen die Bestandsdaten in Form geodätisch bestimmter Koordinaten- und Höhenwerte vor, die durch manuelle Aufmessungen ergänzt waren. Sie lagen auch als Ergebnis von Bündelausgleichen der photogrammetrisch ermittelten Punkte vor. Die räumliche Erfassung geometrisch nicht definierter Bauwerksbereiche erfolgte, wie erwähnt, durch Stereoauswertung. Der Einsatz der unterschiedlichen Aufnahmeverfahren war erforderlich, um dieses komplexe, dreidimensionale Gebilde zu er-

erfassen. Alle Daten wurden in ein einheitliches örtliches System transformiert, mit dem ursprünglich gewählten Referenzkubus in Beziehung gebracht und in einem Rechner abgespeichert. Die Möglichkeiten der Darstellung in Horizontalebene, also in Grundriß und Schnitten, oder in Vertikalebene, also in Ansichten und Schnitten, sind begrenzt und liefern nur unvollkommen ein räumlich auffaßbares Modell des Objektes (Fig. 6). Diese entsprechen aber auch nicht der angestrebten Zielvorstellung, die nicht nur in der Erfassung des momentanen Istzustandes in Planform liegt. Es soll eine räumliche Vorstellung des gesamten Baukörpers vermittelt werden und es sollen Detailstudien durchgeführt werden können. Die Bestandspräsentation soll darüber hinaus Vergleichs-studien zulassen und Rekonstruktionsvarianten ermöglichen.

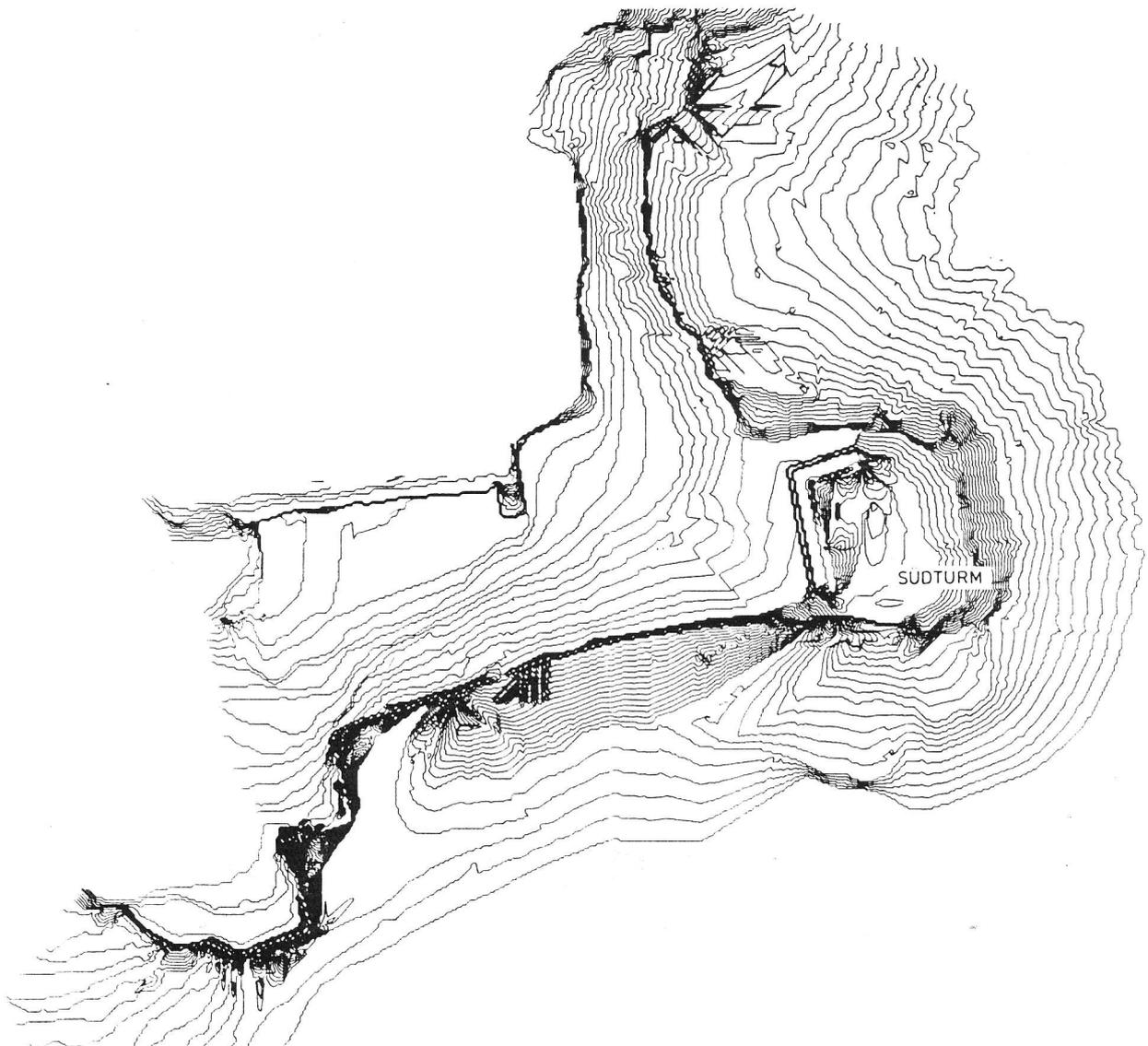


Fig. 6: Grundrißdarstellung eines Teiles des Hauptpalastes.
(Groundplan of the main palace; detail)

Für die amorphen Objektsbereiche kann dies die Angabe der Orientierung oder der Neigung dieser Bauteile sein, bei Rekonstruktionsversuchen die Form und das Volumen eine Rolle spielen. Mit Hilfe eines digitalen Objektmodelles kann der Interessensbereich so wiedergegeben werden (Fig. 7), wie es für die gewünschte Aussage optimal ist, ohne auf eine vorgegebene Grund- oder Aufrißdarstellung Rücksicht nehmen zu müssen. In Innenräumen ist die Darstellung des räumlich erfaßten Bereiches in seiner Gesamtheit nicht ohne weiteres visualisierbar. Durch die Verwendung entsprechender Hard- und Softwarekomponenten, werden Vergleichsstudien erleichtert, Angaben für Rekonstruktionen erlaubt oder Stilmerkmale hervorgehoben. Durch die Wahl eines entsprechenden Fensters und der gewünschten Blickrichtung kann die graphische Darstellung auf das Wesentliche beschränkt werden (Fig. 8).

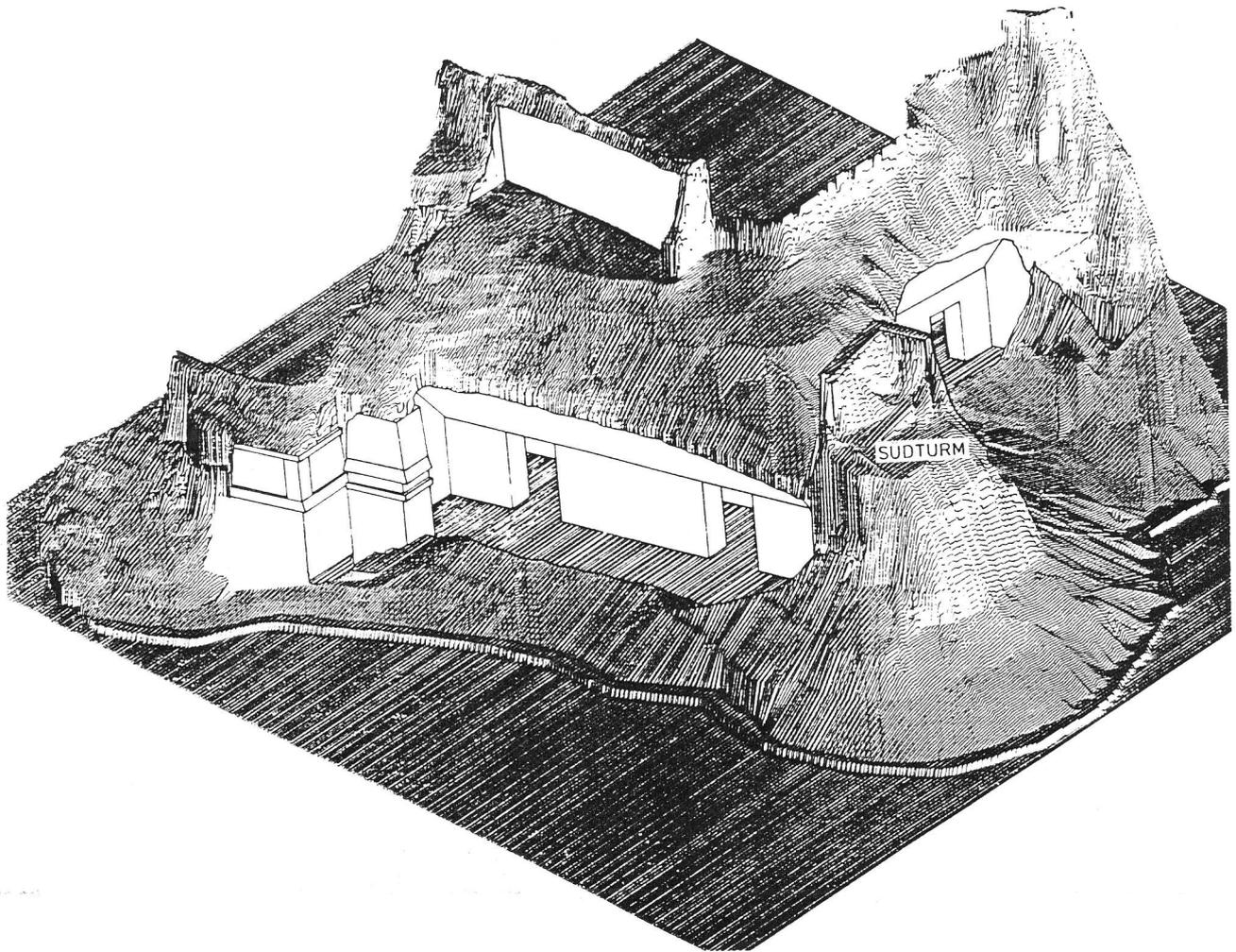


Fig. 7: Axonometrische Ansicht des Objektes mit Südturm, identisch mit Fig. 6.
(Axonometric view of the structure with southern tower, identical with Fig. 6).

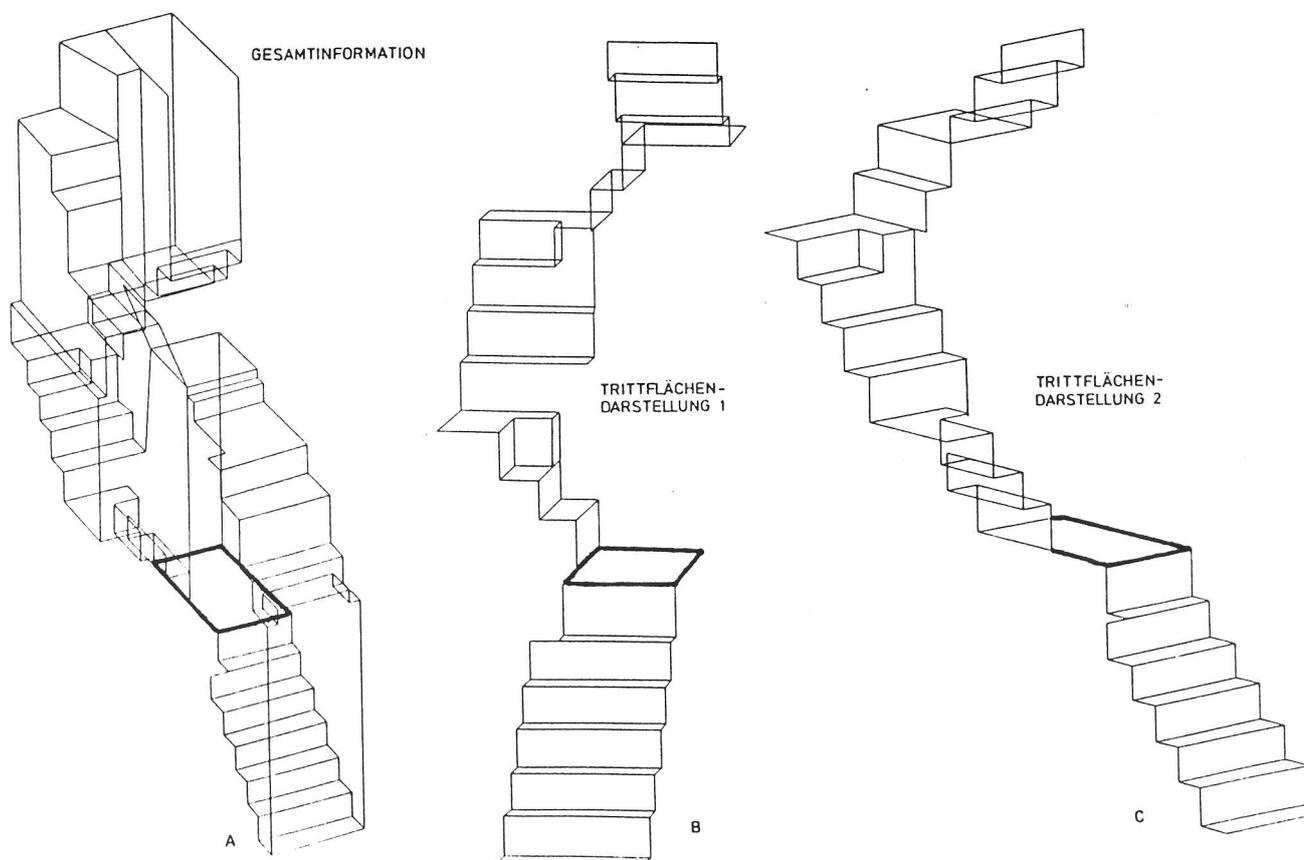


Fig. 8a,b,c: Axonometrische Darstellungen der Stiege Nord, Teil 1, verschiedene Blickrichtungen schaffen bessere Interpretationsmöglichkeiten.

(Axonometric views of the northern staircase, part 1. Possibilities of interpretation are improved by representing the structure from various viewpoints).

5. SCHLUSSBEMERKUNGEN

Durch die geodätisch-photogrammetrische Dokumentation wurde der Hauptpalast von Santa Rosa XTAMPAK nicht bis ins kleinste Detail erfaßt. Dies ist den Architekten oder den an speziellen Bestandsdetails, wie Gesimsausbildungen oder "Cordholders" Interessierten überlassen. Die dreidimensionale digitale Erfassung des komplexen Objektes erlaubt es aber, eine geometrisch richtige Vorstellung zu vermitteln und neben Grund- und Aufrißdarstellungen, Ansichten (Perspektiven oder Axonometrien) und Detailaussagen abzuleiten. Hiedurch werden Vergleichsstudien mit ähnlichen Gebäudekomplexen erleichtert. Sie gestatten aber auch, diese Daten mit Bestandssimulationen zu verknüpfen und so an

den nur mehr in Bauwerksresten vorhandenen Objekten Rekonstruktionen durchführen zu lassen. Wie erwähnt konnte die Bestandsaufnahme nur mit Hilfe unterschiedlicher Verfahren erfolgen. Photogrammetrische Methoden waren hiebei unumgänglich. Diese dienten aber nur dazu, die Realisierung des dreidimensionalen Architekturmodelles zu ermöglichen. Im gegenständlichen Fall sollte man also die Aussage "Close-Range-Photogrammetry Meets Machine Vision" durch "Machine Vision Needs Close-Range-Photogrammetry" ersetzen.

DANK

Die Feldarbeiten zu diesem Projekt, die im Sommer 1989 unter der Leitung der Herren E. Heine und A. Reiter erfolgten, wurden durch die finanzielle Unterstützung der Foundation for Latin American Anthropological Research (FLAAR) und durch das Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung, Wien, ermöglicht.

Ideelle und materielle Unterstützung lagen von folgenden Institutionen vor, denen an dieser Stelle ebenfalls der Dank ausgesprochen werden soll:

Instituto Nacional de Antropologia e Historia (INAH), Mexico

Universidad Autonoma del Sudeste, Campeche

Universität Innsbruck, Institut für Geodäsie (leihweise Überlassung einer WILD P32 Kammer)

Fa. R. u. A. Rost, Wien (leihweise Bereitstellung von geodätischen Geräten der Fa. WILD-HEERBRUGG)

FLAAR (Photografische Ausrüstung sowie Hard- und Softwarekomponenten im Urwald).