

Die Rückkehr der Buddhas – Photogrammetrie und kulturelles Erbe in Bamiyan, Afghanistan

ARMIN GRÜN & FABIO REMONDINO, Zürich

Keywords: photogrammetry, cultural heritage, 3D reconstruction, surface modeling, visualization, Bamiyan Buddhas, satellite images, Spatial Information Systems

“If the culture of a nation dies, its soul dies with it. It’s not just enough to eat and clothe yourself. You have to have some sense of identity.” NANCY H. DUPREE

Zusammenfassung: Die Photogrammetrie wird gelegentlich als Methode zur „3D Digitalisierung“ definiert. Obwohl sie diese Eigenschaft zweifelsohne aufweist, wäre dies doch eine sehr verkürzende Interpretation. Moderne Photogrammetrie, mit ihren Schnittstellen zur Bildanalyse, 3D Modellierung, Visualisierung, Animation, Virtuellen Realität, Räumlichen Informationssystemen, usw. greift wesentlich weiter. Anhand des vorliegenden Projektes zur 3D Rekonstruktion der stehenden Buddhas von Bamiyan, Afghanistan, wollen wir nicht nur die Leistungsfähigkeit der modernen Photogrammetrie zur Modellierung komplexer Objekte und Prozesse erläutern, sondern darüber hinaus auch aufzeigen, wie sich daraus soziale, kulturelle und auch wirtschaftliche Implikationen ergeben können. Photogrammetrie also nicht allein als Ergebnis dieser Prozesse und damit verbundener Entscheidungen, sondern als Auslöser.

Die Methode der Photogrammetrie, ursprünglich und im 19. Jahrhundert zunächst vorwiegend als „Architekturphotogrammetrie“ praktiziert, findet heute in einer ganz neuen Form zu ihren Wurzeln zurück. Zusammen mit den vorher erwähnten Technologien trägt sie entscheidend bei zur Aufzeichnung, Dokumentation, Analyse, Rekonstruktion, Repräsentation, Publikation, Erhaltung und Pflege von kulturellem Erbe im weitesten Sinne. Zusammen mit der Satelliten-Fernerkundung wird sie immer mehr zu einem unverzichtbaren Instrument für die Landschafts- und Kulturgütermodellierung und -pflege. Unser Bamiyan-Projekt ist ein vorzügliches Beispiel für diese Zusammenhänge.

Wir zeigen in diesem Beitrag, ausgehend von einer kurzen Beschreibung der historischen Hin-

Summary: *The return of the Buddhas – photogrammetry and the cultural heritage in Bamiyan, Afghanistan.* Photogrammetry is defined occasionally as „3D Digitizer“. Although this is definitely an inherent functionality of photogrammetry, such definition does not do justice to this technique. Modern photogrammetry, with its close relations to image analysis, 3D modeling, visualization, animation, Virtual Reality, Spatial Information Systems, etc. has a much broader scope. With this project of the 3D reconstruction of the standing Buddhas of Bamiyan, Afghanistan, we wish to demonstrate the efficiency of modern photogrammetry for the modeling of complex objects and processes. But we also would like to show how social, cultural and economic implications may emerge as a result of photogrammetric activities.

Here we see photogrammetry not just as a result of such decisions, but in a role as triggering function.

Early photogrammetry was mainly practiced as „architectural photogrammetry“, and today it finds its way back to its roots, but in a very different form. Nowadays photogrammetry, together with its neighbouring disciplines, is indispensable for the recording, documentation, analysis, reconstruction, representation, publication, preservation and maintenance of cultural heritage. For this our Bamiyan project constitutes a very good example.

We will show in this contribution, starting from a brief description of the historical facts, the latest status of our works, which begun far beyond the 3D reconstruction of the Great Buddha. In the meantime we have derived a large area DTM from satellite images, we have modeled the rock facade containing the many caves in its full extension,

tergründe, den letzten Stand unserer Arbeiten, die sich weit über die ursprünglichen Zielvorstellungen zur 3D Rekonstruktion des Großen Buddhas hinaus entwickelt haben.

Inzwischen haben wir ein großräumiges Geländemodell aus Satellitenbildern generiert, wir haben die Felswand der Buddhahöhlen in ihrer gesamten Länge modelliert, die heute leeren Buddha-Nischen photogrammetrisch vermessen und einen Teil der zerstörten Fresken in das Computermodell zurückgebracht. Schließlich sind wir dabei, ein Räumliches Informationssystem aufzubauen, welches als Grundlage für ein späteres Touristen-Informationssystem dienen kann. Daneben unterstützen wir mit unseren Daten und Erfahrungen den Bau eines Hauses der Begegnung in Bamiyan durch die ETH Zürich.

Das Interesse einer breiten Öffentlichkeit an diesen Arbeiten wird dadurch dokumentiert, dass unser Projekt in den Schweizerischen Pavillon bei der kommenden Weltausstellung 2005 in Aichi, Japan, integriert wird.

we have measured photogrammetrically the empty Buddha niches and we have brought back parts of the destroyed frescos. Finally we are in the process of building up a spatial information system for the area, which may serve as the basis for a future tourist information system. In addition we support with our data and experiences the construction of a new building by ETH Zurich, which is meant as a house for meetings between Afghan and foreign lecturers, experts and students.

The interest of a very broad public in our work is best documented by the fact that our project will receive a prominent place in the Swiss Pavilion at the World Exhibition 2005 in Aichi, Japan.

1 Einleitung

Das Projekt der photogrammetrischen Rekonstruktion des Großen Buddha von Bamiyan, Afghanistan wurde ursprünglich als rein wissenschaftlicher Ansatz zur Weiterentwicklung automatischer Objektrekonstruktionsverfahren aus nichtmetrischen Bildern initiiert. Durch das große Interesse von Fachleuten und einer breiten Öffentlichkeit an Ergebnissen, die tatsächlich für einen physischen Wiederaufbau vor Ort eingesetzt werden können, wurde ein zusätzliches Projektziel formuliert: Die möglichst genaue und vollständige 3D Modellierung als Grundlage einer eventuellen physischen Rekonstruktion. Die Arbeiten zur automatischen Bildanalyse, aber auch die manuelle Auswertung und deren Ergebnisse sind in mehreren Publikationen dokumentiert worden (siehe zum Beispiel GRUEN et al. 2004b). In diesem Beitrag beschreiben wir die Ergebnisse unserer neueren Arbeiten, die weit über die 3D Modellierung der Statue des Großen Buddha hinausgehen. Dazu zählt die Modellierung der gesamten Felswand, aus der beide Buddhas herausgearbeitet

wurden, die Modellierung der jetzt leeren Felsnischen, die Integration von Fresken in Superauflösung und die Terrainmodellierung einer größeren Umgebung. Den unterschiedlichen Auflösungsbedingungen entsprechend wird verschiedenes Bildmaterial eingesetzt: Satellitenbilder von SPOT 5 und IKONOS, analoge Messbilder und Halbmessbilder, gescannte Kleinbildformate und Bilder aus digitalen Stillvideokameras. Die eingesetzten Verfahren der analytischen und digitalen Photogrammetrie zeigen, dass eine einheitliche Auswertemethodik auch bei sehr unterschiedlichem Ausgangsbildmaterial eingesetzt werden kann. Das Projekt weist gleichzeitig beispielgebend die Eignung der Photogrammetrie zur 3D Modellierung von „Large Cultural Heritage Sites“ nach. Moderne Visualisierungs- und Animationsprodukte erlauben eine attraktive Präsentation der Ergebnisse.

Der Aufbau eines räumlichen Informationssystems für touristische Zwecke ist in Vorbereitung.

Wegen des großen öffentlichen Interesses an diesem Projekt wird neben den photo-



Abb. 1: Der Große Buddha von Bamiyan – von der Zerstörung zur Wiedergeburt am Computer.

grammetrischen Arbeiten und Ergebnissen auch ein kurzer historischer Abriss der Buddhas von Bamiyan gegeben und die Frage des Wiederaufbaus vor Ort thematisiert.

2 Die Zerstörung der Statuen

Als am 8. März 2001 die beiden großen stehenden Buddhas von Bamiyan, Afghanistan, nach mehreren Tagen erfolglosen Panzer- und Flakfeuers schlussendlich per Dynamit gesprengt wurden, ging ein Aufschrei der Empörung durch die internationale Medienlandschaft. Es war dies auch eine Reaktion der Ohnmacht gegenüber den lange vorher verkündeten Plänen der Talibanführung, den „Reliquien der Ungläubigen“ den Garaus zu machen. Wie sich Talibanführer Mullah Muhammed Omar ausdrückte, „verdient nur Allah, der Allmächtige es, angebetet zu werden“. Dabei half es auch nichts, dass breite Teile der Bevölkerung gegen diesen Akt des Vandalismus waren und selbst regionale Talibanführer die Zerstörung dieses fast zweitausendjährigen Kulturerbes missbilligten. Die vermeintliche Symbolik dieser Aktion wurde noch dadurch unterstrichen, dass Einwohner Bamiyans, Mitglieder des Stamms der Hazara, gegen Androhung von Gewalt gezwungen wurden, beim Bohren der Dynamitlöcher mitzuhelfen. Es wird berichtet, dass nicht nur die Al-Quaida die treibende Kraft hinter der Aktion war, sondern vor allem deren erfahrene ausländische Kämpfer aus arabischen Staaten, Bangladesch, Sudan und Tschetschenien letztlich die praktische Zerstörungsarbeit leisteten. Die Buddhastatuen

wurden im wahrsten Sinne des Wortes pulverisiert, und es wird berichtet, dass ein Teil der wenigen übriggebliebenen Trümmer über Pakistan ausser Landes gebracht und am internationalen Kunstmarkt abgesetzt wurde.

In der Folge wurde zwar das Ereignis reichlich beklagt (KOICHIRO MATSUURA, Generaldirektor UNESCO: „A crime against humanity itself“), aber bis heute recht wenig getan, um bei dem von den Einheimischen dringend gewünschten Wiederaufbau der weltbekannten Statuen konkret behilflich zu sein. Interessant ist hier auch, dass bis zum Juni 2003 die Buddhas nicht in der *UNESCO World Heritage List* geführt wurden. Diese Ehre und der damit verbundene Schutz kam ihnen sozusagen erst posthum zugute.

Diverse, meist unausgereifte Ideen zum Wiederaufbau liegen vor. Das Spektrum der Vorstellungen ist weitgespannt:

- Einrichtung einer Lasershow;
- Komplette Rekonstruktion in der ursprünglichen (allerdings unbekannt) Form;
- Rekonstruktion in der neuzeitlich bekannten, also bereits teilbeschädigten Form;
- Rekonstruktion nur des Großen Buddha, mit der Vorstellung, die leere Nische des Kleinen Buddha als Mahmal der Zerstörung zu belassen;
- Kein Wiederaufbau.

Die Stimmen der internationalen Experten sind in diesen Fragen gespalten. Bereits in

der Bewertung der Qualität der Statuen gibt es signifikante Differenzen.

Der englische Reiseschriftsteller ROBERT BYRON, der Bamiyan im Jahre 1933/34 besuchte, äußerte sich folgendermaßen: „*I should not stay long at Bamian. Its art is un-fresh ... That (larger) Buddha is 174 feet high, and the smaller 115; they stand a quarter of a mile apart ... Neither has any artistic value. But one could bear that; it is their negation of sense, the lack of any pride in their monstrous flaccid bulk, that sickens. Even their material is unbeautiful, for the cliff is made, not of stone, but of compressed grave. A lot of monastic navvies were given picks and told to copy some frightful semi-Hellenistic image from India or China. The result has not even the dignity of labour*“ (BYRON 1937).

Davon abgesehen, dass die konkreten Maßangaben zum Teil stark fehlerhaft sind, lässt sich die künstlerische Bewertung mit einer Bemerkung BRUCE CHATWINS zu BYRONS persönlichen Abneigungen erklären: „*Among the targets of his abuse were the Catholic Church; the art of Classical Greece; the paintings of Rembrandt; Shakespeare ...*“ (CHATWIN 1980).

ICOMOS dagegen formuliert in seiner Empfehlung zur Aufnahme von Bamiyan in die UNESCO World Heritage List unter anderem: *‘The Buddha statues and the cave art in Bamiyan Valley are an outstanding representation of the Gandharan school in Buddhist art in the Central Asian Region’* (<http://whc.unesco.org>).

Der Wunsch nach Rekonstruktion der Kulturgüter ist in jedem Fall in der afghanischen Bevölkerung weit verbreitet:

- KHARIM KHALILI, Vizepräsident Afghanistans, Vertreter des Stamms der Hazara in der provisorischen Zentralregierung: „*Die Buddhas vom Bamiyantal wurden ganz klar und eindeutig von Terroristen zerstört. Mit dem Aufbau der Statuen und mit der Hilfe des Auslands können wir für die Leute in Afghanistan und für die ganze Welt ein Zeichen setzen. Denn wenn es die Welt ernst meint im Krieg gegen den Terrorismus, so muss sie es auch ernst meinen im*

Wiederaufbau von jenen Sachen, die der Terrorismus zerstörte.“

- HUSSEIN, Bauer und Höhlenbewohner in Bamiyan: „*Ich werde tanzen, wenn die Buddhas wieder zurückkehren.*“
- SADEQ, Händler in Bamiyan: „*Mit der Zerstörung der Buddhas haben die Taliban ein böses Werk vollendet. Sie dachten, die Leute würden die Buddhas anbeten. Aber es war kein heiliger Platz, es war ein geschichtlicher Platz.*“

Somit sind die Hauptargumente, die für einen Wiederaufbau sprechen, formuliert:

1. Man sollte dem Willen von kultur- und menschenverachtenden Gewalttätern nicht nachgeben und durch den Wiederaufbau die Solidarität der Gegenkräfte unter Beweis stellen.
2. Den Menschen im Bamiyantal und darüber hinaus wurde ein Teil ihrer historischen und kulturellen Identität genom-



Abb. 2: Der Große Buddha als Objekt kultureller Identifikation und als Ort sozialer und sportlicher Aktivitäten (SVEN CONRAD).

men. Kulturelles Selbstwertgefühl und der Stolz auf kulturelles Erbe sind insbesondere für einen zukünftigen friedlichen und halbwegs demokratischen Staat Afghanistan von großer Bedeutung.

3. Schlussendlich sind die Buddhas von Bamiyan ein erheblicher wirtschaftlicher Faktor für ganz Afghanistan. Sie stellen ein zentrales touristisches Element des Landes dar. Außer einigen wenigen Experten wird aber niemand die beschwerliche Reise nach Bamiyan auf sich nehmen, nur um einige leere Höhlen zu betrachten.

Es wäre wünschenswert, wenn aus dem Spektrum sehr unterschiedlicher Meinungen internationaler Experten eine konsistente Doktrin zum Wiederaufbau hervorginge.

Am Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich jedenfalls haben die photogrammetrischen Rekonstruktionsarbeiten zur 3D Modellierung des Großen Buddha und der weiteren Umgebung die technischen Voraussetzungen geschaffen, damit ein Wiederaufbau kompetent vollzogen werden kann.

3 Das wechselhafte Leben der Buddhas

Die Region von Bamiyan, ca. 200 km nordwestlich von Kabul auf 2.500 Metern Meereshöhe gelegen, war vom 2. Jahrhundert n. Chr. ab eines der wichtigsten buddhistischen Zentren weltweit bis zur Ankunft des Islam im 8. Jahrhundert. Jahrhunderte lang lag Bamiyan an strategisch wichtiger Stelle im Herzen der Seidenstraße. Reisende in ost-westlichen und nord-südlichen Richtungen nutzten die Ortschaft Bamiyan als Rastplatz. Dadurch entwickelte sich schon frühzeitig ein internationaler Treffpunkt alter Kulturen. Eine faszinierende Landschaft, geprägt durch die umgebenden ariden Gebirgslandschaften der Ausläufer des Hindu-kusch und farbige, fruchtbare Flusstäler, musste den frühen Siedlern geradezu als perfekt geeigneter Platz für wirtschaftlich gesicherte Niederlassungen und den buddhistischen Mönchen als inspirative Umgebung zur Ausübung ihrer religiösen Riten erschienen sein.

Wir kennen im Übrigen weitere, ähnlich gestaltete „buddhistische Landschaften“ entlang der Seidenstraße im westlichen China. ROBERT BYRON äußerte sich begeistert über die Umgebung: „*The colors of this extraordinary valley with its cliff of rhubarb red,*



Abb. 3: Die Felswand des Bamiyantaales mit den drei Buddha-Statuen und den Mönchshöhlen (Aufnahme August 2003).

its indigo peaks roofed in glittering snow and its new-sprung corn of harsh electric green, shone doubly brilliant in the clear mountain air ... And there suddenly, like an enormous wasps' nest, hung the myriad caves of the Buddhist monks, clustered about the two giant Buddhas“ (BYRON 1937).

Einzelheiten zum Bau der Buddhas sind nicht überliefert. Wir müssen uns hier auf die Berichte früher Reisender und vergleichende Stilstudien verlassen. Die stehenden Buddhas wurden demnach während der Kushan Dynastie errichtet, die vom späten 1. bis zum frühen 3. Jahrhundert n. Chr. über ein Königreich gebot, das sich von Nordindien über Gebiete des heutigen Afghanistan und Pakistan bis nach Zentralasien hinein erstreckte. Der Herrscher Kanishka veranlasste den Bau der Statuen und Nachfahren von griechischen Künstlern, die bereits mit Alexander dem Großen ins Land gekommen waren, führten die Arbeiten aus, die wahrscheinlich bis in das 4. Jahrhundert andauerten. Die Bamiyan Buddhas repräsentieren den Gandhara Stil, eine Mischung griechisch-römischer mit indisch-buddhistischen Elementen.

Die beiden großen Buddhas gelten als eine der ersten menschlich-bildlichen Darstellungen Buddhas überhaupt ausserhalb Indiens. Der französische Archäologe J. HACKIN sieht die Bamiyan-Buddhas gar als Wurzel der Inspiration für die Künstler der indischen Mathura-Bildhauerschule: *“Nothing could be more natural than that the artists of Mathura were inspired by the statues at Bamiyan justly famous at that time throughout the Buddhist world”* (HACKIN 1928).

Der Große Buddha repräsentiert Vaicorana („Licht, das durch das Universum scheint“), während der Kleine Buddha Shakyamuni darstellt (<http://www.arteorientale.com>, <http://dsal.uchicago.edu/>). Beide wurden in Grobform aus der anstehenden, teilweise über 100 m hohen Wand aus Sedimentgestein herausgearbeitet. Die feinen Details an Kopf, Armen, Beinen und insbesondere der Faltenwurf des Gewandes wurden mit einer Auflageschicht, bestehend aus einem Gemenge aus Lehm und Stroh modelliert. Eine Beschreibung der Bauweise

wird in KNOBLOCH 2002 gegeben: *„The Bamiyan Buddha was created by cutting a high-relief figure into the face of the soft conglomerate cliff. It is possible that the niche was carved out first, using scaffolding slotted into holes cut into the cliff, before the ambulatory galleries were carved; the scaffolding later being replaced by a series of permanent wooden ladders, landings and facades. The torso was roughly shaped and detailing of the folds of the gown was built out by cutting lines of shallow holes for wooden pegs on which were hung ropes coated with thick stucco“*. Die herausragenden Teile der Arme wurden durch eingelassene Holzbalken abgestützt, und es wird angenommen, dass die Gesichter ursprünglich mit einer farbig bemalten hölzernen Maske bedeckt waren. Einige Autoren vertreten gar die Meinung, dass die buddhistischen Mönche, hinter der Maske stehend, dem Volke gepredigt hätten. Aber für beide Tatbestände gibt es keinerlei konkrete Belege.

Der chinesische Reisende HSÜAN-TSANG, der 632 n. Chr. in Bamiyan vorbeikam, berichtet in überschwenglichen Worten von dem dort Gesehenen (HACKIN & HACKIN 1939): *„An Reinheit des Glaubens überragen die Bewohner des Landes vielfach diejenigen benachbarter Königreiche ... Wenn die Kaufleute kommen und gehen, offenbaren ihnen die himmlischen Götter dort glückliche Omina. Treten Unglücksfälle durch Dämonen auf, erbitten die Kaufleute dort glückliche Verdienste.*

Die Klöster sind mehrere Dutzend an der Zahl und die Mönche mehrere Tausend ... Im Nordosten der Königstadt befindet sich am Bergabhang das steinerne Bildnis eines stehenden Buddha. Es ist 140 bis 150 Fuß hoch, die Hautfarbe ist glänzendes Gold, und kostbare Schmuckstücke leuchten daran. Östlich (von dem Standbild) liegt ein Kloster, gegründet von einem früheren König des Landes. Östlich des Klosters befindet sich ein Standbild des Buddha Sakyamuni aus Messing, mehr als 100 Fuß hoch. Der Körper ist in Stücken gegossen, die man, um (das Bildnis) zu vollenden und zu errichten, zusammengefügt hat. 2 bis 3 li östlich der Königstadt befindet sich in einem Kloster ein liegen-

des Buddhahildnis, seinen Eintritt ins Nirvana (darstellend), mehr als 1000 Fuß lang,“ HSÜAN-TSANG, SI-YU-DJI, Kap.1.

Wir können diesem kompakten Textabschnitt Folgendes entnehmen:

- Bamiyan mit seinen Klöstern, Mönchen und Buddhastatuen war ein religiöses Zentrum erster Güte, welches die Hoffnungen und Ängste der in endlosen Karawanen vorbeiziehenden Kaufleute durch bezahlte Orakelsprüche auch kommerziell zu nutzen wusste. Die Anzahl der Mönche wird in der deutschen Übersetzung des alten chinesischen Textes mit „Mehreren Tausend“ angegeben, während eine englische Übersetzung (BEAL 1906) von „about 1000 priests“ spricht.
- Die Klöster konnten größere Reichtümer ansammeln. Demgemäß war der Große Buddha äußerst reichhaltig ausgestattet gewesen (Bemalung in Goldfarbe, Behang mit Edelsteinen).
- Der Verbleib des Messingstandbildes des zweiten Buddha ist heute nicht bekannt. Es ist gut vorstellbar, dass ein mehr als 30 m hohes Messingobjekt das monetäre Interesse vieler Nachfahren gefunden hat.
- Der „Liegende Buddha“ (auch „Sleeping Buddha“) ist eine bekannte lokale Legende und beflügelt seit einigen Jahren wieder vermehrt die Fantasie einer interessierten Öffentlichkeit. Im Sommer 2003 begann Prof. Z. TARZI mit Ausgrabungen am Fuße der Felswand östlich des Kleinen Buddha. Bis heute konnte der angeblich 300 m große Liegende Buddha nicht gefunden werden.

Die ersten Zerstörungen an den Statuen gehen bereits auf das 8. Jahrhundert n. Chr. zurück, als der Islam in der Gegend Fuß fasste. Dschingis Khan zerstörte im Jahre 1221 die alte Stadt Bamiyan mit sprichwörtlich Mann und Maus, da einer seiner Enkel dort durch einen Pfeilschuss getötet wurde. Es heißt aber, er fügte weder den Mönchen in den Klöstern und Höhlen noch den Buddhastatuen ein Leid zu. In diesem Zusammenhang gibt es eine interessante Beziehung zu dem dort heute beheimateten Stamm der Hazara, die im Gegensatz zu allen anderen

afghanischen Stämmen ausgeprägt zentralasiatische Gesichtszüge tragen. „Hazara“ heißt auf Dari (Persisch) „Eintausend“. Dieser Begriff bezeichnete den Namen der westmongolischen Militäreinheit „Die Eintausend“, die zweitstärkste Gruppierung in der Armee Dschingis Khans. Zusätzlich hat man kürzlich erst herausgefunden, dass ein Drittel aller Männer der Hazara das Khan Chromosom tragen, welches in Nachbarstämmen völlig unbekannt ist. In dieser Interpretation wären die Hazara direkte Nachfolger von Mitgliedern der Mongolenarmee Dschingis Khans.

Wesentliche Beschädigungen wurden den Buddhas erst durch den Mogulkaiser Aurangzeb und Nadir Shah im 17. bzw. 18. Jahrh. durch Beschuss mit Kanonen zugefügt.

Bamiyan wurde in europäischen Schriften bereits im 18. Jahrhundert erwähnt. Das 19. Jahrhundert sah den Beginn der archäologischen Periode. Zunächst bestand diese aus einem Strom von Amateurarchäologen, deren Kompetenzen eher als Mediziner, Militärpersonal, Agenten, Schatzgräber und professionelle Reisende zu sehen sind. ALEXANDER BURNES, der Bamiyan 1832 besuchte, gilt als der „moderne Entdecker“ der Buddhas. Seine Lithographie der Buddhas entspricht allerdings mehr einer lebendigen Fantasie als der Realität (Abb. 4).

Im deutschsprachigen Raum galt damals der Geograph CARL RITTER als Pionier auf



Abb. 4: ALEXANDER BURNES' Lithographie der Buddhas von Bamiyan, 1832.

dem Gebiet der Asiatischen Archäologie. Er publizierte als erster eine Monographie über Bamiyan (RITTER 1838). Relevant zu diesem Thema ist auch der Beitrag MODE 1999 über CARL RITTER.

Die ersten professionellen Ausgrabungen und Untersuchungen datieren aus dem 19. Jahrhundert. Für die französische DAFA (Délégation Archéologique Française en Afghanistan) arbeiteten damals ab 1922 bekannte Fachleute wie A. GODARD, J. CARL und das Ehepaar HACKIN in Afghanistan. J. und R. HACKIN veröffentlichten auch 1934 den ersten Führer über Bamiyan (Deutsche Version siehe HACKIN & HACKIN 1939). Sie analysierten die Bauweise der Statuen und datierten den Großen Buddha aufgrund von Stilanalysen später als den Kleinen. Die damals angegebenen Höhenmaße der Buddhas (53 m bzw. 38 m) werden seitdem als Standardmaße ungeprüft weiterverwendet.

Der Archaeological Survey of India hat in den Jahren 1969–1977 intensive Restaurations- und Konservierungsarbeiten am Großen und Kleinen Buddha durchgeführt. Die Mittel dafür wurden damals direkt von INDIRA GANDHI zur Verfügung gestellt.

In den Jahren 1970–78 fanden Untersuchungen der Kyoto University Archaeological Mission to Afghanistan and Pakistan in Bamiyan statt. Das Ziel war, neben dem Studium der stehenden Buddhas vor allem den gesamten Komplex der Höhlen samt den verbliebenen Bestandteilen ihrer Fresken aufzunehmen. Weitere geplante Aktivitäten vor Ort wurden im Jahre 1979 durch

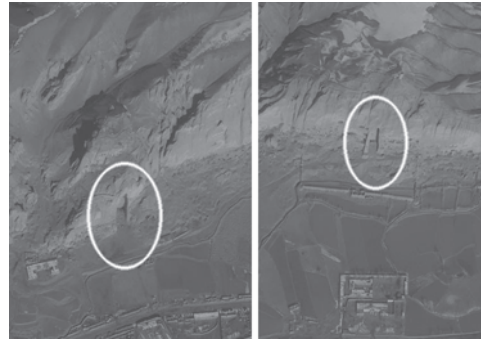


Abb. 6: Die leeren Buddha-Nischen sind selbst in einem hochauflösenden IKONOS-Satellitenbild sichtbar (Space Imaging).

den Einmarsch der Sowjets gestoppt. Heute liegt damit die bisher vollständigste Aufnahme und Analyse von 750 Höhlen vor (HIGUCHI 2001).

Mit dem Einmarsch der Sowjetarmee im Dezember 1979 begann in Afghanistan eine 23-jährige Periode kriegerischer Auseinandersetzungen. Diese langen Kämpfe haben ein schwerverletztes Land hinterlassen, dessen Aufbau heute nur sehr zögerlich voranschreitet. Die Zerstörung der Buddhas durch die Taliban ist nur ein einzelner Schadensfall, der vor den sonstigen grauenhaften landesweiten Beschädigungen fast verblasst. Mit ihrem hohen Symbolwert steht aber die Zerstörung der Buddhas stellvertretend für eine Unzahl unmenschlicher Handlungen, welche in den langen Jahren der Kampfhandlungen das Land überzogen haben.

Ein Vergleich der Bilder der Situation vor und nach der Zerstörung macht den Verlust



Abb. 5: Die Buddhas in ihren Nischen und die leeren Nischen nach der Zerstörung (links der Große Buddha, rechts der Kleine).

deutlich (Abb. 5). Selbst aus hoch auflösenden Satellitenbildern können wir heute die leeren Nischen von Bamiyan erkennen (Abb. 6).

4 Von der Rekonstruktion des Großen Buddha zur Generierung eines umfassenden Landschafts- und Kulturgütermodells

Unser Interesse an der Rekonstruktion der Buddhas von Bamiyan war zunächst rein wissenschaftlicher Natur. Wir wollten untersuchen, ob es möglich sei, beliebige fotografische Bilder eines Objekts vom Internet herunterzuladen und mit Hilfe dieser Bilder das Objekt möglichst vollständig und präzise dreidimensional und in allen verlangten Details zu rekonstruieren. Darüber hinaus wollten wir herausfinden, inwieweit die Verfahren dieser Rekonstruktion automatisiert werden können. Offensichtlich ist diese Aufgabenstellung relevant für eine Vielzahl von Objekten weltweit, die zerstört wurden und für deren Wiederaufbau keine ausreichenden Maßangaben und Pläne vorliegen. Die Aufgabenstellung an sich ist nicht neu, wurden und werden doch photogrammetrische Rekonstruktionen aus alten Bildern, insbesondere aus Amateuraufnahmen, immer wieder durchgeführt (GRUEN 1976, 1984).

Im Laufe unserer frühen Arbeiten konnten wir Kontakt zu Gruppen aufnehmen, die sich mit dem Problem des Wiederaufbaus der Buddhas beschäftigten. Hier ist insbesondere PAUL BUCHERER-DIETSCHI zu erwähnen, Leiter der Stiftung Bibliotheca Afghanistanica und des Afghanistan-Museums im Exil in Bubendorf, Schweiz. Durch diese Kontakte wurde unser Interesse auf die Notwendigkeiten für eine praxisreife, präzise und in allen Details möglichst vollständige Rekonstruktion gelenkt. Das heißt, unsere Arbeiten folgten und folgen immer noch zwei parallelen Zielvorstellungen: (a) die Methoden der automatischen Bildauswertung weiter zu verbessern und (b) ein Rekonstruktionsprodukt herzustellen, welches hohen praktischen Anforderungen genügt. Beide Zielvorstellungen lassen sich aller-

dings bei komplexen Objekten nicht gleichzeitig optimieren.

Nach erfolgreicher photogrammetrischer Rekonstruktion des Großen Buddha (siehe Kapitel 5) haben sich unsere Ziele ständig erweitert und umfassen heute folgende zusätzliche Aufgaben:

- (a) Modellierung eines umfangreichen Gebiets der großartigen Landschaft Bamiyans;
- (b) Modellierung der Felswand mit Hunderten von Mönchshöhlen;
- (c) Modellierung der leeren Buddha-Nischen;
- (d) Integration der Fresken in die Nische des Großen Buddha in höchster Auflösung;
- (e) 3D Rekonstruktion des Kleinen Buddha;
- (f) Erstellung eines GIS-basierten Touristeninformationssystems.

Wir haben die Arbeiten (a) bis (d) fast abgeschlossen und möchten im Folgenden kurz über die Ergebnisse berichten. Detailliertere Abhandlungen findet sich in GRUEN et al. 2004a, b.

Gemäß unterschiedlicher Ansprüche an Detailtreue sind obige Modelle in verschiedenen Auflösungsstufen zu erstellen. Die geometrische und radiometrische Auflösung steigert sich von (a) nach (d) kontinuierlich. Während das Produkt (a) mit 20 m DTM-Raster und 2.5 m radiometrischer Auflösung generiert wurde, haben wir bei den Fresken von Produkt (d) eine radiometrische Auflösung von 2 mm. Wir haben also den Faktor 1250 in der radiometrischen Auflösung zu überbrücken und etwa den gleichen Faktor in der geometrischen Auflösung.

Ein Ziel unserer Arbeiten ist die Verschmelzung aller Datensätze zu einem umfassenden 3D Modell für Zwecke der Visualisierung, Animation und Erstellung eines Räumlichen Informationssystems. Auf dem Weg dahin erwarten wir allerdings noch erhebliche Probleme.

4.1 Landschaftsmodellierung des Gebiets um Bamiyan

Das Objekt Bamiyan der UNESCO World Heritage List umfasst nicht nur die beiden stehenden zerstörten Buddhas selbst mit den Höhlen der umgebenden Felswand, sondern darüber hinaus weitere sieben Ensembles, die zu dem gesamten buddhistischen Klosterkomplex des Bamiyandistrikts gehörten (Webpage: <http://whc.unesco.org>). Daher ist hier der Begriff der „Cultural Landscape“, der ein neueres Element in der UNESCO World Heritage List darstellt, durchaus angebracht. Dies sollte auch die Computermodellierung berücksichtigen.

Da uns zur Landschaftsmodellierung keine Luftbilder zur Verfügung standen, mussten wir auf folgende Satellitenaufnahmen zurückgreifen:

- (a) SPOT 5 – HRG Stereopaar (panchromatisch) mit $49 \text{ km} \times 38 \text{ km}$ Geländeabdeckung und einer Auflösung von 2.5 m;
- (b) Zwei IKONOS Bildmosaike (panchromatisch und PAN-sharpened) mit $18 \text{ km} \times 12 \text{ km}$ Abdeckung und einer Auflösung von 1 m.

Die Georeferenzierung aller Bilder wurde mit sieben Passpunkten durchgeführt, die anlässlich einer Feldmission im August 2003 mit GPS eingemessen wurden. Abb. 7 zeigt das pan-sharpened IKONOS Mosaik mit den 7 Passpunkten. Die Verteilung dieser Punkte ist nicht ideal; sie stellt wegen der extrem schwierigen Zugänglichkeit weiter Teile des Geländes einen Kompromiss dar. Die Orientierung konnte bei IKONOS mit einer Genauigkeit von 0.5 m, bei SPOT Stereo mit 1.5 m durchgeführt werden.

Mit unserer Software SAT-PP (GRUEN & ZHANG 2003) wurde mittels automatischem Image Matching aus dem SPOT Stereopaar ein DTM hergestellt. Dieses wurde ergänzt durch einige manuell gemessene Bruchkanten im Bereich der Felswand. Daraus wurde anschließend ein 20 m Raster für das große Gebiet von $49 \text{ km} \times 38 \text{ km}$ und ein 5 m Raster für das Gebiet $18 \text{ km} \times 12 \text{ km}$ abgeleitet. Das 20 m Raster wurde mit der Textur eines SPOT Bildes überlagert, während das kleinere Gebiet mit dem pan-sharpened IKONOS Mosaik überlagert wurde. Abb. 8 zeigt diese beiden texturierten DTMs. Einen Blick auf die Felswand mit den leeren Buddha-Nischen vermittelt uns das IKONOS-texturierte Modell der Abb. 9.

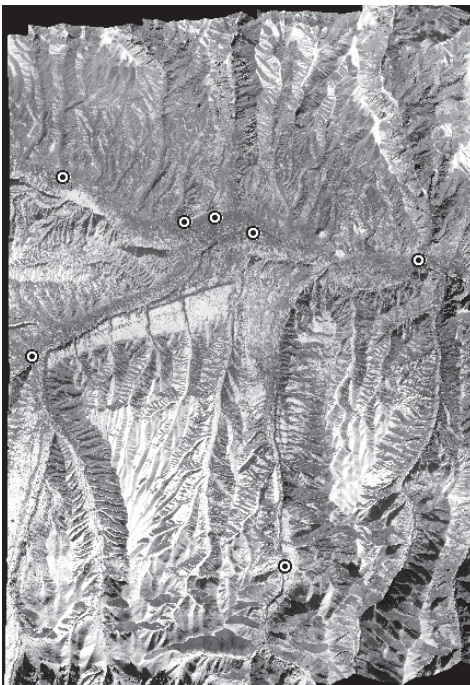


Abb. 7: IKONOS Mosaik (pan-sharpened) mit Passpunkten. Die Reihe der 3 Passpunkte etwas oberhalb des Bildzentrums markiert die Lage der Felswand mit den großen Buddhas.

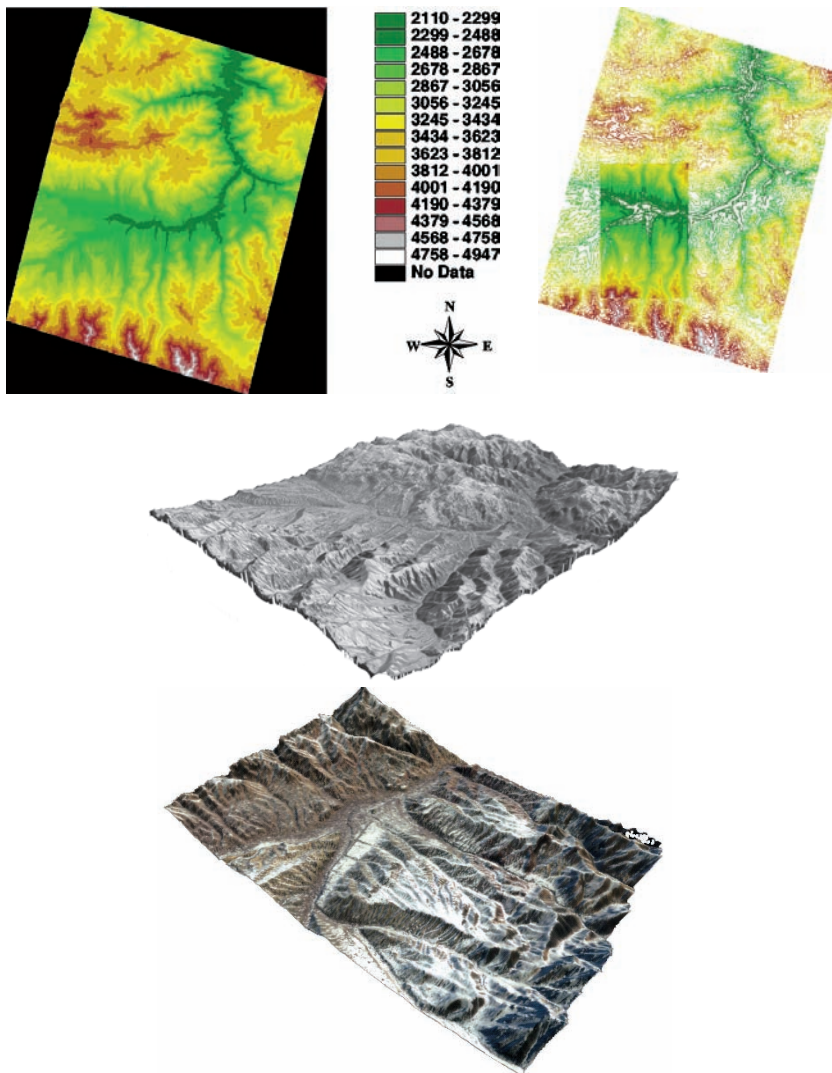


Abb. 8: Texturierte DTMs des Gebiets um Bamiyan. Oben: Die Lage der beiden DTMs zueinander, Mitte: Textur aus SPOT 5, unten: Textur aus IKONOS.

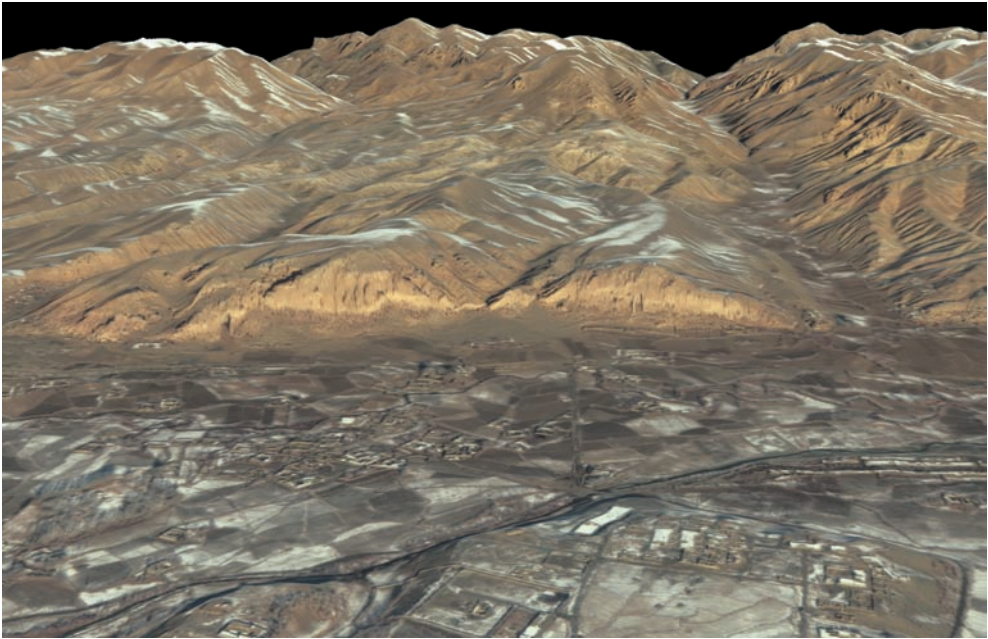


Abb. 9: DTM mit IKONOS Textur. Blick auf die Felswand mit den leeren Buddha-Nischen.

Fortsetzung: Siehe PFG, Heft 2/2005.