

Virtuelle Tempel

Der Löwentempel von Musawwarat es Sufra

Steffen Kirchner
 Institut für Sudanarchäologie und Ägyptologie
 Humboldt-Universität zu Berlin
 Unter den Linden 6
 10099 Berlin
 Telefon: 030/4797328
 email: h0392k jy@rz.hu-berlin.de

Im Rahmen dieses Projekts wurde in Zusammenarbeit eines Studenten der Sudanarchäologie und Ägyptologie und Informatik mit der Multimediagruppe des Rechenzentrums der Humboldt-Universität zu Berlin ein altsudanesischer Tempel, der Löwentempel von Musawwarat es Sufra, rechnergestützt rekonstruiert, visualisiert, animiert, und die gewonnenen Daten wurden anderweitig weiterbearbeitet.

Geschichtliche Einführung

Der Nil - längster Strom der Erde, Wiege uralter Kulturen.

Vor 5000 Jahren entstand von Assuan bis zum Mittelmeer der altägyptische Staat der Pyramidenbauer. Im Süden, in Nubien, blühten die ersten Kulturen des antiken Sudan.

Um 270 v.u.Z. wird der königliche Friedhof in die Nähe der alten Stadt Meroe verlegt. Unweit von Meroe liegen in der Landschaft Bayuda zwei weitere Zentren dieser Periode: die Stadt Naga und das Pilgerzentrum von Musawwarat es Sufra. Etwa 40 km vom Nil entfernt liegt das Tal von Musawwarat. Eine im ganzen Niltal einmalige Ansammlung von Tempeln wurde hier errichtet. Die bedeutendsten sind die sogenannte Große Anlage auf der Westseite des Wadis und der Löwentempel auf der Ostseite.

Zur Zeit der Regierung des Königs Arnachamani, etwa 230 v.u.Z., wurde der Löwentempel errichtet. Der Tempel war dem Löwengott Apedemak geweiht, Gott der zerstörenden und der schöpferischen Macht, einem der größten meroitischen Götter. Der Tempelzugang ist nach Nordosten gerichtet. Mit leichtem Versatz sind alle Tempel des Löwengottes so orientiert. Wahrscheinlich richteten sie sich nach einem Wandelsternbild aus.

Der Tempel besteht aus einem Raum, dessen Dach von sechs (ehemals vier) Säulen getragen wird. Im hinteren Teil der Halle steht ein Thron. Die Fassade des Tempels bilden zwei Pylontürme. Material ist der örtliche Sandstein, der in den Bergen der Umgebung gebrochen wurde. Innen- und Außenwände des Tempels sind mit Reliefs überzogen. Die Inschriften des Tempels sind in ägyptischen Hieroglyphen geschrieben, der heiligen Schrift auch für die Kuschiten (damaliges Herrschervolk in diesem Gebiet).

Aus der ägyptischen Tempelarchitektur sind die architektonischen Details entlehnt: die Hohlkehle, die die Tempelwände nach oben abschließt, die Wasserspeier in Form liegender Löwen, der Fries aus aufgerichteten Kobraschlangen.

Die Säulen des Inneren symbolisieren Papyruspflanzen, die das Tempeldach, das Symbol der Himmels, tragen.

Ein dichtes Netz theologischer Ideen verbindet die Darstellungen des Löwentempels: die zerstörerischen und die schöpferischen Mächte der Natur, Krieg und Frieden, die Göttlichkeit des Königs und seine Verpflichtung gegenüber der Ordnung der Götter.

Zugleich gehören diese Reliefs zum Schönsten, was uns die kuschitische Kultur hinterlassen hat.

Archäologie und Computer

Mit der Eroberung des Sudan durch Ägypten kamen ab 1821 die ersten Europäer ins Land, Abenteurer, Romantiker und Forscher. Von ihnen stammen die ersten Darstellungen der Tempel von Musawwarat es Sufra, die nach Europa gelangten.

Zweitausend Jahre waren ins Land gegangen, die Tempel von Musawwarat waren zerfallen und im Sand begraben.

In den Jahren 1960 bis 1971 wurden die Tempelkomplexe von Musawwarat es Sufra von einer Expedition des Instituts für Ägyptologie der Humboldt-Universität zu Berlin (HUB) unter der Leitung von Prof. Fritz Hintze wieder ausgegraben. Höhepunkt dieser Arbeiten war die Wiedererrichtung der Löwentempels.

Die Gefahren einer erneuten Zerstörung des Löwentempels drohen: Wind, Sand und Regen setzen dem neuerrichteten Tempel zu. Besonders die Oberfläche der feinen Reliefs leidet unter der Winderosion. Es gilt, den Tempel vor der weiteren Erosion zu bewahren. Leider haben chemische Verfahren zum Schutz der Tempelwände versagt.

Die Sudanarchäologische Gesellschaft zu Berlin hat sich zusammen mit dem Institut für Sudanarchäologie und Ägyptologie der Humboldt-Universität zu Berlin zur Aufgabe gemacht, die Denkmäler des Sudan und speziell die von Musawwarat es Sufra zu erhalten.

Ein Schwerpunkt der Arbeit ist die Projektierung, Finanzierung und Erhaltung einer Schutzbepflanzung um den Löwentempel. Ein natürlicher Schutz kann dauerhaft zur Erhaltung beitragen: eine Schutzbepflanzung rund um den Tempel hält den Sand zurück, bricht die Kraft des Windes und schützt so die wertvollen Reliefs vor Erosion. Schutzbepflanzungen wurden in anderen Bereichen schon erfolgreich angewandt. Ihr Einsatz zum Schutz archäologischer Denkmäler wäre neu in der Region und kann Signalwirkung für einen ökologisch orientierten Denkmalschutz haben. Ein Bestandteil dieses Projektes ist es, eine audiovisuelle Dokumentation des Grabungsplatzes von Musawwarat es Sufra zu erstellen. Die entsprechende Arbeitsgruppe unter meiner Leitung beschäftigt sich mit videogestützter Dokumentation und Computermodellen der Tempelanlagen. Dies führte zu Überlegungen, wie man moderne Computertechnik im Dienste der Bewahrung von kulturhistorisch bedeutenden Altertümern einsetzen kann.

Ein Video, bestehend aus Computeranimations- und Realsequenzen, wurde unter verschiedenen Gesichtspunkten und Absichten erstellt. Es soll einerseits den interessierten Laien und andererseits auch den profunden Kenner der Materie ansprechen. Dies gilt für die Bereiche der Archäologie (im besonderen der Sudanarchäologie und Ägyptologie) und der Computeranimation.

Ich möchte zeigen, daß es mit modernsten Techniken möglich ist, einen visuell ansprechenden Beitrag über kulturhistorische Zeugnisse der Menschheitsgeschichte zu gestalten. Der Computer ermöglicht uns, riesige und teilweise abstrakte Datenmengen so aufzubereiten, daß sie auch komplizierteste Sachverhalte auf relativ einfache Art und Weise verdeutlichen können. Bei dem Löwentempel von Musawwarat es Sufra handelt es sich um ein relativ leicht zu rekonstruierendes Bauwerk, bei dessen Rekonstruktion immer mehr Fragen auftauchten, die nur mit Mühe zu lösen waren bzw. nur in Annäherung an das Original gelöst wurden. Hier zeigen sich die phantastischen Möglichkeiten des Computers, wie wir an Tempeln oder anderen Objekten Manipulationen oder Rekonstruktionsversuche vornehmen können, ohne das Original berühren und dadurch beschädigen zu müssen. Wer gibt uns das Recht zu sagen: "So hat dieser Tempel vor 2000 oder 3000 Jahren ausgesehen!?" Jeder kann seine Meinung dazu kundtun und muß dazu nicht das Original verändern und dadurch weiter zerstören.



Innere Nordwand des Computermodells des Löwentempels von Musawwarat es Sufra

Modellierung und Animation des Löwentempels

Ausgestattet mit den Meßdaten des Löwentempels, vielen Fotos, reichlich Optimismus und Phantasie begann ich im August 1993 am Rechenzentrum der Humboldt-Universität zu Berlin an einer IRIS Crimson von Silicon Graphics Inc. (SGI) mit dem Softwarepaket GIG 3D-GO an der Realisierung einer Computeranimation des Löwentempels zu arbeiten. In nur einem Monat wurde der Tempel im Computer modelliert und eine Animation erstellt. Bedingt durch die begrenzte Zeit und meines noch mangelnden Wissens in der Bedienung des Programms wurde der Löwentempel buchstäblich in den Sand gesetzt. Durch eine einzige falsche Koordinateneingabe stand der Tempel zur Hälfte im Wüstenboden. So konnte das geplante Video nicht wie vorgesehen zu einer Ausstellungseröffnung im September 1993 gezeigt werden.

Das Rechenzentrum der Humboldt-Universität zu Berlin bot mir an, mein Projekt im Rahmen der Multimediagruppe zu vollenden. Von Januar 1994 bis Januar 1995 arbeitete ich als studentische Hilfskraft mit dem Softwarepaket WAVEFRONT an der Neuerstellung einer Computeranimation. Der Tempel wurde komplett neu im Computer modelliert. Hier merkte ich, daß die mir zugänglichen Daten des Tempels nicht ausreichten, um alle Fragen nach genauen Maßen des Gebäudes exakt zu beantworten. Es kam immer wieder zu Ungenauigkeiten, die ich nicht beheben konnte. Der Produktionszeitplan kam immer mehr in Verzug (geplante Fertigstellung im April 1994).

Ich entschloß mich im Februar 1994 zu einer Studienreise in den Sudan. Eine Woche wurde genutzt, um Fotos und Meßdaten des Löwentempels von Musawwarat es Sufra zu sammeln. Die gewonnen Erkenntnisse flossen in eine genauere Rekonstruktion des Löwentempels ein. Durch Verwendung von Photo-CD-Bildern und gescannten Umzeichnungen der Reliefs aus Grabungspublikationen gelang es, ein Modell zu erzeugen, welches dem Löwentempel schon sehr nahe kam. In dieser Phase der Arbeit wurden die Grenzen von Hard- und Software immer deutlicher. Eine weitere Verschiebung des Zeitplans ließ sich nicht vermeiden. Mit einer gut ausgerüsteten IndySC, einer IRIS Indigo2 Extreme von SGI und dem Softwarepaket PRISMS gelang es in kurzer Zeit, meine Vorstellungen der Computeranimation umzusetzen. Auf Grund der sich ergebenden riesigen Datenmengen - Modelldaten ca. 170 MB und errechnete Bilddaten ca. 18 GB - und daraus resultierender extremer Rechenzeiten wurde ein Großteil der Bilder von der Fraunhofer-Gesellschaft in Stuttgart an GrafiksUPERcomputern von SGI berechnet. Diese errechneten Bilder wurden mittels des Video-Sequenzspeichersystems des Rechenzentrum auf Betacam-SP-Videoband aufgezeichnet.

Um die Arbeit der Stuttgarter Computer zu verdeutlichen, sei erwähnt, daß für die Berechnung eines DIN-A3 Überformatbildes des Tempels eine SGI Skywriter mit 128 Mbyte RAM auf zwei Prozessoren 24 Stunden rechnen mußte. Alle Nacharbeiten wie Schnitt, Vertonung und Formatumsetzungen erfolgten in der Zentraleinrichtung für Audiovisuelle Lehrmittel der Humboldt-Universität zu Berlin. Das fertige Video wird der Humboldt-Universität zu Berlin und der Sudanarchäologischen Gesellschaft zu Berlin zur Verfügung gestellt. Es soll einerseits als Anschauungsmaterial im Unterricht, andererseits als Beispiel der heutigen technischen Möglichkeiten im Rahmen der Archäologie genutzt werden.

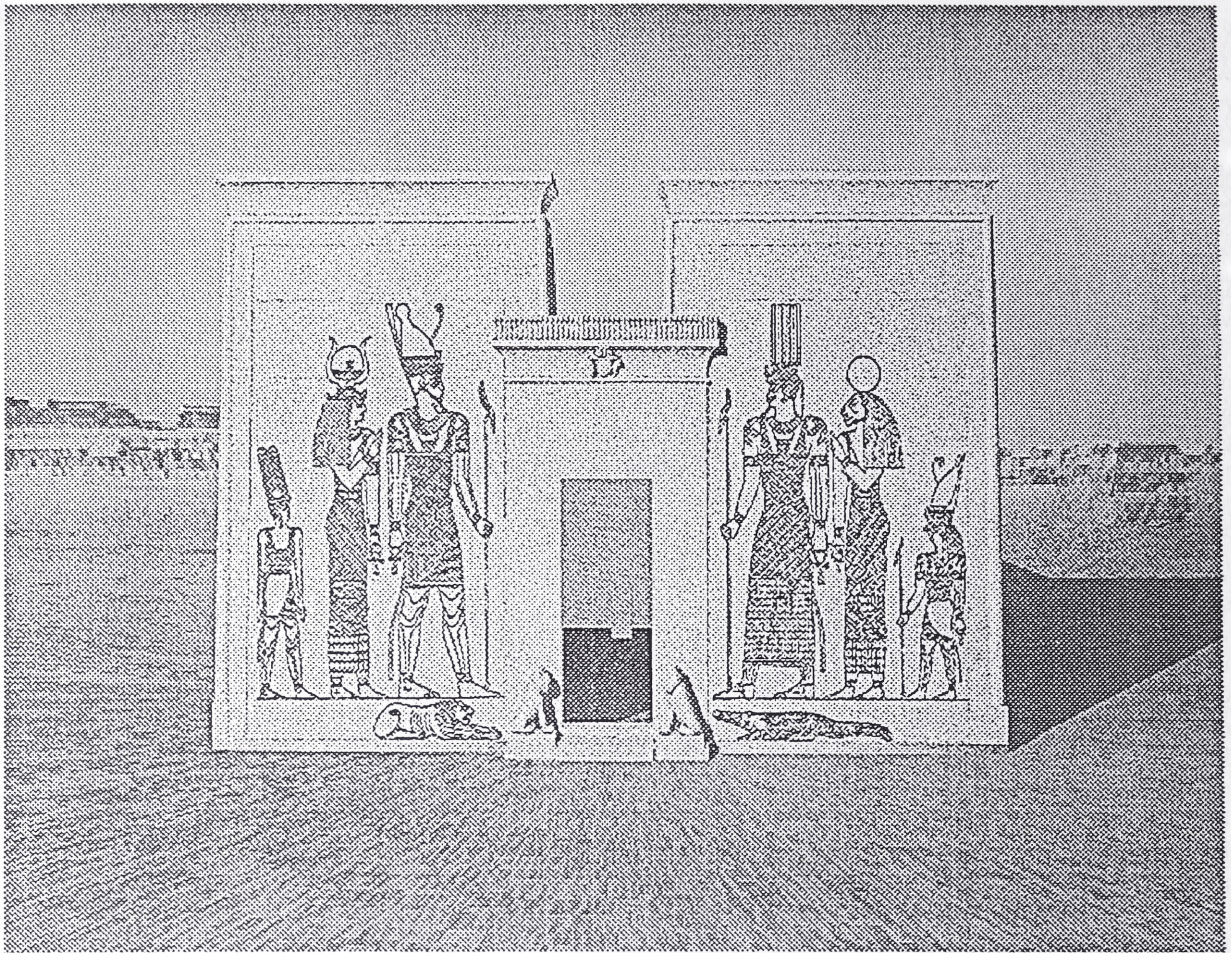
Zukunft

Wir müssen auch an unsere nächsten Generationen denken! Wer weiß, was alles passiert? Ein Brand, ein Erdbeben, eine Überschwemmung oder die fortschreitende Zivilisation können Altertümer in kürzester Zeit für immer vernichten. So ist es leider schon zu oft geschehen. Mit modernster Technik können wir heute jedes Objekt im Rechner konservieren und unseren Kindern diese einzigartigen Kulturgüter der Menschheit in einer Form erhalten, die zumindest eine spätere Rekonstruktion ermöglicht.

Ein Beispiel dafür ist ein stark verkleinertes Modell des Löwentempels, welches aus den von mir entwickelten Computerdaten mittels der Stereolithographie - ein UV-Laser härtet computergesteuert einen flüssigen Polymer - erzeugt werden soll. Diese Technik ist momentan noch relativ teuer, wird aber einer der wenigen Auswege sein, durch Kopien (in Originalgröße) Altertümer zu ersetzen.

Die Weiterführung geht in die virtuelle Realität, in der wir uns per Datenhelm in einem Computerabbild des Tempels bewegen können. Solch ein erstes virtuelles Abbild wurde mit Hilfe der Fraunhofer-Gesellschaft Stuttgart erstellt. Eine nochmals überarbeitete und optimierte Variante des virtuellen Löwentempel wird voraussichtlich im Heinz Nixdorf Forum in Paderborn zu "erleben" sein. Die hohen Anschaffungskosten für derart leistungsfähige Systemumgebungen werden vorerst einen Einsatz dieser Technik stark beschränken. Nicht jedes Institut oder Museum wird sich solch ein System leisten können. Aber wer hindert uns Archäologen daran, auch über Ländergrenzen hinweg Anlaufpunkte einzurichten, in denen Spezialisten zusammenarbeiten, die eine interdisziplinäre Ausbildung haben? Durch Konzentration der Mittel lassen sich dadurch in kürzester Zeit gute Effekte erzielen. Glücklicherweise gibt es in letzter Zeit einige Bestrebungen, vor allem international, in diese Richtungen. Ein weiterer nicht zu unterschätzender Aspekt dieser Arbeit ist, daß sich Studenten auch in frühen Phasen ihres Studiums mit dem archäologischen Material vertraut machen können. Dies geschieht durch eine 3D-Computeranimation weitaus anschaulicher als durch bloßes Betrachten von Fotomaterial.

Nach einer abschließenden Auswertung der Arbeiten für dieses Projekt werden einige neue Projekte zu diesem Themengebiet in Angriff genommen. Es werden andere Tempelanlagen im Sudan (oder auch anderen Ländern) in



Blick auf die computergenerierte Pylonfront des Löwentempels von Musawwarat es Sufra

Computermodelle umgesetzt. Ein weiteres Projekt beschäftigt sich mit den Möglichkeiten, per Datenhelm in VR Reliefs zu rekonstruieren bzw. 3D-gescannte Architekturelemente zu wahrscheinlichen Architekturkomplexen zusammensetzen. Es ist technologisch schon heute möglich, daß Archäologen an verschiedenen Orten der Welt gleichzeitig per Internet an derartigen Projekten arbeiten. Ein gutes Beispiel ist die Zusammenarbeit bei der Überführung des Tempelmodells in VR, die -bisher nur über Internet- zwischen Oskar von Bohuszewicz (Mitarbeiter des Heinz Nixdorf Instituts der Universität GH Paderborn) und Steffen Kirchner (Student der Humboldt-Universität zu Berlin) vollzogen wird. Entfernungen spielen heutzutage keine Rolle mehr. Viel schwieriger wird es sein, bisher eingespielte Arbeits- und Denkweisen als auch Vorbehalte gegen die moderne Technik zu überwinden. Durch entsprechende Organisation und etwas gutem Willen lassen sich solcherart Projekte kostengünstig realisieren. In letzter Zeit finden solche Arbeiten auch eine - noch - kleine Basis in den archäologischen Disziplinen. Einige durchaus ernstzunehmende und gut gemachte Ansätze zeigen die Richtung, in die die Archäologie gehen kann. Da sind unter anderem das Upuaut-Projekt von dem Münchener R. Gantenbrink, die Modellierung des Pergamonaltars durch das IIEF, das Modell des Karnak-Tempels von den Teams des technologischen Mäzenates Electricité de France. Eine weiterführende Aufzählung solcher Aktivitäten würde den Rahmen dieses Beitrages sprengen.

Auszug aus dem Abschlußbericht

In diesem Auszug aus dem Abschlußbericht möchte ich die Ergebnisse meiner Arbeiten am Projekt „Der Löwentempel von Musawwarat es Sufra“ (LTM) darlegen.

Die Arbeit an dem Projekt LTM ist mittlerweile im dritten Jahr angelangt und scheint nun endlich ein glückliches Ende zu finden. Den Fortgang und die Hintergründe der Arbeiten am LTM konnte man in vergangenen RZ-Mitteilungen verfolgen.

Das Video hat eine voraussichtliche Länge von 15 Minuten und beinhaltet sowohl reale als auch animierte Sequenzen. Dem Video ist dann ein Booklet in deutsch/englisch beigelegt, welches weitere Hintergrundinformationen zu diesem Projekt beinhaltet.

Einer Ausweitung des Projektes in die virtuelle Realität eröffnete mir die Möglichkeit, ein VR-Modell des LTM zu erstellen, welches noch geringer Überarbeitung bedarf. Leider ist es momentan aus technischer Sicht an der HUB nicht möglich, dieses VR-Modell in entsprechender Weise zu überarbeiten und zu präsentieren. Zur Dokumentation und Präsentation wurden einige hochauflösende Bilder des LTM erzeugt, die in gedruckter Form oder im WWW vorliegen.

Es wurden wertvolle Erfahrungen im Umgang mit solcherart Projekten gesammelt. Diese Erfahrungen werde ich hier kurz darlegen.

Solch ein (für mich vollkommen neues) Projekt steht und fällt mit einem soliden und durchdachten Arbeitsplan. Eines der größten Probleme bereitet eine Abschätzung der Zeit in der ein Projekt realisiert werden soll. Es sind zahlreiche Faktoren zu beachten, die teilweise gravierende Auswirkungen auf den Zeitplan haben.

Die Aufgabenstellung des Projektes LTM erfuhr in dem Zeitraum von 30 Monaten eine mehrfache Änderung, um gegebenen Erfordernissen gerecht zu werden. Da ich autodidaktisch an die Lösung der gestellten Fragen ging, mußte bzw. konnte ich logischerweise den Rahmen des Projektes meinen Vorstellungen anpassen. Etwa Anfang 1995 war der Umfang des Projektes in seiner heutigen Form festgelegt. Leider war zu diesem Zeitpunkt noch keine fundierte Zeitabschätzung möglich.

Jedenfalls wurde das, in meinem letzten Artikel zum Thema, angedeutete Ziel erreicht, und das Projekt kann als abgeschlossen gelten.

Wie schon in den genannten Artikeln angedeutet, mußte ein immenser Organisationsaufwand in dieses Projekt gesteckt werden. Nach vorsichtigen Schätzungen sind mindestens zwei Drittel der aufgewandten Energien und Zeit in Organisation und Arbeitsvorbereitung geflossen. Die Organisation von Ressourcen ist notwendig und ein Prozeß in den man hineinwachsen muß. Mir war es möglich, durch den privat erheblichen Aufwand, die Kosten für die Realisierung dieses Projektes auf niedrigstem Niveau zu halten.

Durch die bisher relativ starren Arbeitszeiten im Rechenzentrum (RZ) war ein für mich effektives Arbeiten nur in begrenztem Umfang möglich. Dieser Faktor ist aber nicht überzubewerten, da er personellen und sicherheitsrelevanten Erfordernissen geschuldet ist. Trotzdem sollte man überlegen, eine flexiblere Arbeitszeitregelung zu schaffen.

Der Zeitraum der Realisierung dieses Projektes ist von anfangs euphorisch-optimistischen Schätzungen von 1-2 Monaten [siehe 1] auf den mehr als 10fachen Zeitraum gewachsen. Eine Zeit, die sehr viel Kraft und Nerven der mich unterstützenden Freunde und Mitarbeiter und meinerseits kostete. Ein Zeitraum, der durch Höhen und Tiefen geprägt war. Unter heutiger Sicht der Sachlage halte ich eine Realisierung eines solch komplexen Projektes in 4-6 Monaten unter der Beachtung optimaler Bedingungen durchaus für möglich.

Die benötigte und verwendete Hard- und Software war nur teilweise bzw. temporär am RZ vorhanden, so daß hier von einer kontinuierlichen Arbeit nicht immer die Rede sein konnte. Deshalb sollte ein besseres Verhältnis von Soft- und Hardware gefunden werden. Die schnellsten Rechner nutzen nichts, wenn es keine Software dafür gibt die diese Ressourcen halbwegs ausnutzt. Das scheint aber zumindest deutschlandweit ein großes Problem an Bildungseinrichtungen zu sein.

Als sehr leistungsfähige Plattform stellten sich Rechner der Firma SGI im Zusammenwirken mit der Software PRISMS und Wavefront heraus. Mit dieser Basis läßt sich sehr gut arbeiten, sofern man folgende Aspekte beachtet. Durch die zu bewältigenden Datenmengen war ich leider oft auf andere als lokale Ressourcen angewiesen. In Hinblick auf das Zeit/Preis-Verhältnis plädiere ich bei solchen Projekten für den Ausbau von lokalen Ressourcen wie RAM, Festplatten, Software, Mehrfachlizenzen von Programmen.

Die Mithilfe anderer an diesem Projekt war sehr begrenzt und auch nur punktuell möglich. Durch das fächerübergreifende Projekt war ich gezwungen, fast alle Teilschritte selber zu realisieren, um sie meinen Vorstellungen gerecht umzusetzen. In der Zukunft werden sicher mehr interdisziplinäre Möglichkeiten bestehen, um mit anderen Fachleuten Hand in Hand zu arbeiten.

Es sei aber angemerkt, daß ich als „Betriebsfremder“ sehr viel Entgegenkommen seitens des RZ und -im Speziellen- der Multimediagruppe bekam. Von meinem Institut für Sudanarchäologie und Ägyptologie erfuhr ich interessierte Anteilnahme. Leider kann man noch nicht von einer Kooperation der verschiedenen Bereiche sprechen. Einerseits liegt es daran, daß der eine vom anderen zuwenig versteht. Andererseits werden solche Arbeiten oft als „frei von Wissenschaft“ betrachtet und dementsprechend von einigen Fachleuten als Hobby oder ähnliches abgetan. Mein Status als Student hat sicher auch seinen Anteil an dieser doch sehr elitären Einstellung solchen Projekten gegenüber. Leute die außerhalb dieser personellen Hierarchien oder auch finanziellen Zwängen stehen, sind in dieser Beziehung sehr aufgeschlossen und hilfsbereit.

Einer der wichtigsten Punkte in der Durchführung eines solchen Projektes ist die lückenlose Dokumentation und Datensicherung. Gerade bei wiederholten Änderungen im Ablauf ist ein oft erheblicher Zeitverlust zu beklagen bei der Wiederherstellung von Ausgangseinstellungen, welche nicht bis ins Kleinste dokumentiert wurden.

Es scheint ein krasses Mißverhältnis zwischen Aufwand und Nutzen einer solchen Arbeit zu bestehen. Warum also ein solcher Aufwand? Ist es notwendig solche Sachen zu machen?

Es gehört schon eine ganze Menge an Selbstaufopferung dazu ein solches Projekt unter den geschilderten Bedingungen zu vollenden. Man sollte sich nicht von den schönen Bildern blenden lassen. Die Erstellung der Bilder erforderte sehr viel und harte Arbeit. Der Lernprozeß in diesem Bereich ist nie zuende, und man muß am Ball bleiben, auch wenn auf lange Zeit kein Erfolg in Sicht ist.

Mit der Qualität des Endproduktes kann ich im Augenblick sehr gut leben. Der für mich wesentliche Fakt ist aber, daß wenn nicht ich damit beginne, wahrscheinlich in den nächsten Jahren keine solcher Arbeiten an deutschen universitären Einrichtungen entstehen. Bestrebungen in diesen Bereichen sind in anderen Ländern schon zu sehen [siehe WWW-Adressen]. In diesen Bereichen gibt es nur wenige klare Vorstellungen und Konzepte was man alles mit den zur Verfügung stehenden Mitteln machen kann.

Die Rolle eines Vorreiters zu übernehmen ist sehr mühsam aber auch sehr wichtig. Mit dem Abschluß dieses Projektes ist endlich für mich der Weg frei geworden, einige neue Ideen in die Tat umzusetzen. Diese beschäftigen sich - wen wundert es? - natürlich mit der Virtual Reality bzw. Computernutzung und deren Anwendung auf die Archäologie. Fragen oder Hilfsangebote zu diesen Projekten sind jederzeit willkommen und werden mit faszinierenden Ausblicken in die Zukunft belohnt.

Literatur

Cramer H. und Koob M., (Hrsgb.), *Cluny. Architektur als Vision*, Ed. Brauns, Heidelberg, 1993

Kendall T., *The Gebel Barkal Temples 1989-90: A Progress Report on the Work of the Museum of Fine Arts, Boston, Sudan Mission*, Konferenzbeitrag Seventh International Conference for Nubian Studies, Geneva, 3-8 September 1990

Kirchner St., *Der Löwentempel von Musawwarat es Sufra*, RZ-Mitteilungen, Nr. 6, 1993, Berlin, Humboldt-Universität, Rechenzentrum

Kirchner St., *Der Löwentempel von Musawwarat es Sufra - eine Computeranimation mit Folgen*, MittSAG, Heft 2, Berlin, 1995

Kirchner St., *Modellierung einer Tempelanlage im Sudan - Der Löwentempel von Musawwarat es Sufra*, RZ-Mitteilungen, Nr. 11, 1995, Berlin, Humboldt-Universität, Rechenzentrum

Kirchner St., *Modellierung einer Tempelanlage im Sudan*, INFO'95 - Informationstechnologien für Wirtschaft und Verwaltung / EVA'95 Berlin-Brandenburg, 1995, S. 555-559

Kirchner St., *Der Löwentempel von Musawwarat es Sufra - Auszug aus dem Abschlußbericht*, RZ-Mitteilungen, Nr. 12, 1996, Berlin, Humboldt-Universität, Rechenzentrum

Wiedergeburt des Alten Ägypten - Pharaonendämmerung, Berliner Ausstellungskatalog, Edition DNA, Strasbourg, 1990

WWW-Adressen zum Thema

<http://www2.rz.hu-berlin.de/inside/sudan/SAG/welcome.html>

<http://www.rz.hu-berlin.de/inside/rz/mmedia/index.html>

http://www.hu-berlin.de/inside/rz/rzmit/rzm11/rzm11_6.html

http://www.hu-berlin.de/inside/rz/rzmit/rzm12/rzm12_21.html

<http://hni.uni-paderborn.de/fachgruppen/gausemeier/mitarbeiter/bohuszewicz/tempel.html>

http://www.science.net/vr_arch/

<http://world.std.com/~pdm/>

http://archpropplan.auckland.ac.nz/misc/virtual_tour.html

<http://www.vordenker.de>

<http://www.learningsites.com>

Ausgestellte Einzelbilder

Rechenzentrum der Humboldt-Universität zu Berlin

Workstation-Referenzzentrum Raum 1064b