Virtuelle Archäologie – TroiaVR

Schlussbericht

Peter Jablonka

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01 IRA 11B gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Verbundprojekt "Virtuelle Archäologie" – VR basiertes Wissensmanagement und -marketing in der Archäologie – Teilprojekt TroiaVR

Förderkennzeichen: 01 IRA 11 B

Ausführende Stelle: Eberhard-Karls-Universität Tübingen – Institut für Ur- und Frühgeschichte und Archäologie des Mittelalters – Troia Projekt

Projektleiter: Dr. Peter Jablonka

Tübingen, im Januar 2004

Inhaltsverzeichnis

1. Aufgabenstellung, Planung und Ablauf des Vorhabens 4
1.1. Aufgabenstellung 4
1.2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde 5
1.3. Planung und Ablauf des Vorhabens 5
1.4. Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Projektbeginn 6
1.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen 7
2. Ergebnisse 8
2.1. Präsentationssystem 8
2.1.1. Rekonstruktionen als Mittel der Präsentation von Archäologie 9
2.1.2. Landschaftsmodelle 11
2.1.3. Architekturmodelle 11
2.1.4. Szenen 13
2.1.5. Interface und VR-Präsentationssystem 13
2.2. Arbeitssystem 14
2.2.1. VR-Komponente 15
2.2.2. Archäologisches Informationssystem 15
2.2.3 Hard- und Software, Daten bei Projektende 17
3. Nutzung und Verwertung 19
3.1. Technologie- und Know-how Transfer in die Archäologie 19
3.2. Forschung 20
3.3. Präsentationen und Vorträge 20
3.4. Medien, Publikationen 21
3.5. Nachfolgeprojekte 22
4. Veröffentlichungen zu TroiaVR oder Teilaspekten 23
5. Literatur- und Quellenverzeichnis zum Schlussbericht 24
6. Abbildungen 1-19 27

1. Aufgabenstellung, Planung und Ablauf des Vorhabens

1.1. Aufgabenstellung

Seit mehr als hundert Jahren wird in **Troia (Nordwesttürkei)** geforscht. Die archäologischen **Ausgrabungen** begannen mit Heinrich Schliemanns Versuch, die in den homerischen Epen Ilias und Odyssee erzählten Geschichten vom Troianischen Krieg in der Realität zu verankern und dem griechischen Heldenzeitalter einen Platz in der Geschichte zu verschaffen. Seit 1987 erforscht ein internationales und interdisziplinäres Team von Wissenschaftlern unter der Leitung von Prof. Manfred Korfmann (Institut für Ur- und Frühgeschichte und Archäologie des Mittelalters, Universität Tübingen) Troia und die umgebende Landschaft, die Troas, mit ganz anderen Zielen (ARCHÄOLOGISCHES LANDESMUSEUM BADEN-WÜRTTEMBERG U.A. HGG. 2001; ASLAN U.A. HGG. 2002; KORFMANN HG. 1991-2003; PROJEKT TROIA; WAGNER U.A. HGG. 2003). Untersucht wird die Entwicklung des Ortes und seiner Umgebung seit dem Ende der letzten Eiszeit – die Geschichte der Menschen, die dort lebten, die Entwicklung der natürlichen Umwelt, und die Wechselwirkung zwischen Mensch und Natur.

Daraus ergeben sich drei Ziele: Erstens, die Koordination, Integration, wissenschaftliche Auswertung, Archivierung und Publikation all dieser Arbeiten; zweitens, die Dokumentation im Rahmen der Denkmalpflege (bei der Planung eines Nationalparks, für Schutzmaßnahmen in Troia und an anderen Fundstellen in der Landschaft); drittens, die Präsentation dieser Arbeiten für ein breiteres Publikum (Ausstellungen, Museen, Medien, Tourismus, Schule und Bildung).

Das **Verbundprojekt "Virtuelle Archäologie – VR basiertes Wissensmanagement und -marketing in der Archäologie",** das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des "Wettbewerbs zur Virtuellen und Erweiterten Realität" gefördert wurde, sollte – unter anderem am Fallbeispiel Troia – klären, wie weit VR-Technologie geeignet ist, Archäologen in allen diesen Bereichen zu unterstützen, oder sogar neue Methoden in der Archäologie zu etablieren. Während die archäologischen Partner (**Troia-Projek**t und **Deutsches Archäologisches Institut, Abteilung Kairo**) vor allem Konzepte, Inhalte und Daten entwickelten und lieferten, war es die Aufgabe des **Konsortialführers ART+COM AG**, Systeme zu entwickeln, die Archäologen die Nutzung von und das Arbeiten mit VR-Technologie ermöglichen. Ergänzend dazu stellte der Projektpartner **IXL AG** aufbereitete Satellitendaten für die Landschaftsdarstellung und -modellierung zur Verfügung.

Dabei wurden Synergieeffekte angestrebt. Archäologie ist an sich sehr populär, lässt sich aber häufig nur schwer vermitteln (schlecht erhaltene, räumlich weit entfernte, unzugängliche Ruinen, Sinn der fachwissenschaftlichen Arbeit für Laien nicht erkennbar). Archäologie kann aber offensichtlich mit VR-Technologie und -Inhalten (z.B. Rekonstruktionen mit Echtzeitnavigation) publikumswirksam präsentiert werden. Fachwissenschaftliche Ergebnisse können in die Präsentation einfließen. Die so erzielte Außenwirkung erhöht aber auch beim Steuerzahler ebenso wie bei potenziellen Sponsoren die Bereitschaft, die Fachwissenschaft mitzufinanzieren; die Inhalte selbst lassen sich vermarkten; es kommt zu Rückflüssen in die Fachwissenschaft.

Auch die fachwissenschaftliche Archäologie arbeitet hautpsächlich mit räumlichen Daten - Schichten, Ruinen, Verteilungen von Funden. Prinzipiell sind die Visualisierungsmöglichkeiten der VR-Technologie also nicht nur für die Präsentation von Ergebnissen, sondern auch für die Forschung interessant. Dies lässt sich aber nur verwirklichen, wenn hinter der VR-Präsentation entsprechend aufbereitete Fachinformationen stehen. Auch dieser Aspekt sollte daher im Rahmen des Projektes "Virtuelle Archäologie" am Beispiel Troia untersucht werden.

Aus den hier kurz beschriebenen Aufgaben – Präsentation und Wissenschaft – ergaben sich daher die beiden Projektteile "Präsentationssystem" und "Arbeitssystem".

1.2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Im Troia-Projekt wurde eine selbständige Arbeitsgruppe unter der Leitung von Dr. Peter Jablonka (Archäologe mit Spezialisierung auf IT-Einsatz in der Archäologie) eingerichtet. Für die Durchführung der Arbeiten wurde für die Projektdauer ein Wissenschaftler (Jordi Serangeli M.A.; Archäologe) angestellt und von einer wechselnden Anzahl von wissenschaftlichen und studentischen Mitarbeitern unterstützt.

Der Kontakt mit dem Konsortialführer ART+COM AG bestand ständig über Internet und Telefon, bei Bedarf auch durch informelle Treffen in Berlin und Tübingen. ART+COM AG richtete einen ftp-Server für den Austausch großer Datenmengen ein.

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Troia-Projektes wurden zum Teil bei ART+COM AG geschult, bzw. arbeiteten ausnahmsweise auch bei ART+COM.

1.3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Projektplanung wurde vor Projektbeginn (1.3.2001) durchgeführt und im Projektantrag formuliert. In der ersten Hälfte der Projektlaufzeit lag der Schwerpunkt auf der Erstellung eines lauffähigen Präsentationssystems. Bis zum Ende des Projektes stand die Arbeit am Arbeitssystem einschließlich eines wissenschaftlichen Informationssystems im Vordergrund; das Präsentationssystem wurde verbessert und ergänzt. Die Projektphasen wurden durch bereits im Projektantrag zeitlich und inhaltlich definierte Meilensteine gegliedert. Da das Teilprojekt TroiaVR wegen nicht vorhersehbarer Verzögerungen früher als das zweijährige Gesamtprojekt beginnen und enden sollte, wurde eine kostenneutrale Verlängerung der Laufzeit bis zum Ende des Gesamtprojektes (31.7.2003) beantragt und vom BMBF bewilligt, um einen einheitlichen Abschluss des Gesamtprojektes zu erreichen.

Bis zum Beginn der Troia-Ausstellung in der Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland (Bundeskunsthalle) in Bonn am 16.11.2001 (1. Meilenstein) wurde ein lauffähiges VR-Präsentationssystem erstellt und installiert, das bis zum Ende der Ausstellung am 17.2.2002 (2. Meilenstein) erfolgreich im Einsatz war. Danach erfolgte eine Konzentration auf die wissenschaftliche Tätigkeit im Bereich Arbeitssystem. TroiaVR wurde außerdem auf

mehreren Fachkonferenzen vorgestellt (JABLONKA 2002; im Druck; JABLONKA U.A. 2003; KIRCHNER 2002; KIRCHNER u.a. 2001).

Die weitere Verwertung begann in Form zahlreicher Medienauftritte (Printmedien und Fernsehen) und Vorführungen des Präsentationssystems im Troia-Projekt sowohl in Tübingen als auch vor Ort in Troia vor Fachkollegen sowie Sponsoren und Förderern. Das Troia-Projekt informiert auch im Internet über das Projekt (TROIAVR). ART+COM AG betraute einen Mitarbeiter mit der Vermarktung der "Virtuellen Archäologie".

Nach Projektende (Stand Ende 2003) lässt sich ein ungebrochenes Medieninteresse feststellen (TroiaVR wird wiederholt für Fernsehsendungen angefragt). Ein Sachbuch (BRANDAU U.A. 2004) wird Rekonstruktionen aus TroiaVR dem Ist-Zustand der Ruine gegenüberstellen und das Projekt beschreiben. Die Teilnahme an Nachfolgeprojekten im Bereich Archäologie und IT ist in der Antragsphase (EU-Network of Excellence EPOCH, gemeinsames Projekt mit College of Architecture, Art and Planning, University of Cincinnati, USA). Die Rekonstruktionen von Troia werden ergänzt und korrigiert. An der Universität Tübingen wird das erworbene Know-how bereits in anderen Projekten eingesetzt (Rekonstruktion des bronzezeitlichen Palastes von Qatna, Syrien; Altorientalisches Seminar) und in die Lehre eingebracht (GIS in der Archäologie). Das aus dem Arbeitssystem enstandene archäologische Informationssystem Troia wird für die Dokumentation, Auswertung und Publikation der wissenschaftlichen Ergebnisse des Troia-Projektes genützt und weiterentwickelt.

1.4. Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Projektbeginn

Troia ist eine der weltweit am intensivsten und längsten untersuchten archäologischen Fundstellen. Der Forschungs- und Publikationsstand zu den seit etwa 1870 unter der Leitung Frank Calvert, Heinrich Schliemann, Wilhelm Dörpfeld, Carl W. Blegen und Manfred Korfmann durchgeführten Ausgrabungen kann als sehr gut bezeichnet werden (ARCHÄOLOGISCHES LANDESMUSEUM BADEN-WÜRTTEMBERG U.A. HGG. 2001; ASLAN U.A. HGG. 2002; BLEGEN u.a. 1950; 1951; 1953; 1958; DÖRPFELD 1902 (1968); EASTON 2002; KORFMANN HG. 1991-2003; PROJEKT TROIA; WAGNER U.A. HGG. 2003). Dazu kommen umfangreiche Archivbestände (schriftliche Dokumentation, Pläne, Zeichnungen, Fotos und Datenbestände, besonders Datenbanken und CAD-Pläne), die am Troia-Projekt (Institut für Ur- und Frühgeschichte und Archäologie des Mittelalters, Universität Tübingen) zur Verfügung stehen.

Seit Beginn der neuen Troia-Grabungen (1988) lässt sich ein zunehmendes Interesse an den Möglichkeiten des Einsatzes von Informationstechnologien in der Archäologie feststellen. Es gab und gibt hier verschiedene Anwendungen besonders in den Bereichen Vermessung und Geodaten (ASLAN U.A. 2003; HARTMANN 2001; JABLONKA IM DRUCK; MESSMER 1992), geophysikalische Prospektion (JANSEN U.A. 2003), Fundauswertung (EASTON U.A. 1993; FRIRDICH 1997; WENINGER 2002) und Stratigraphie (JABLONKA 2002; im Druck). Auch im Gebiet 3D-Modellierung und Rekonstruktion existierten zu Projektbeginn Vorarbeiten, die allerdings technisch und inhaltlich in keiner Weise die für TroiaVR angestrebte Qualität und Vollständigkeit erreichten (RIORDEN 1996; ZÖLLER U.A. 2001; unveröffentlichte Studien von Hans-Günter JANSEN). Das Resultat sind aber heterogene Datenbestände und Verfahren, deren Integration in ein strategisches Gesamtkonzept zur Dokumentation, Auswertung, Präsentation und Publikation der Forschungen in Troia noch zu leisten ist. Für das Projekt "Vir-

tuelle Archäologie" waren diese Daten nicht ohne umfangreiche Bearbeitung, in manchen Fällen überhaupt nicht, nutzbar.

Es gibt eine ständig wachsende Fülle von gedruckten und elektronischen Publikationen zum Thema "Archäologie und Virtual Reality" (BARCELÓ U.A. HGG. 2000; LOCK 2003, 152-163; RIECHE U.A. HGG. 2002). Bei deren genauer Betrachtung fällt auf: 1. Der Begriff "Virtual Reality" wird uneinheitlich verwendet - häufig auch für beliebige Computer- oder Multimediaanwendungen; 2. Fordert man von "Virtual Reality" mindestens die realistische, immersive Visualisierung raumbezogener Informationen, Interaktivität und Echtzeitnavigation, so wird dieses Kriterium fast nie erfüllt; 3. Die meisten Projekte bleiben auf kleine Beispiele ohne ausbaufähiges Konzept beschränkt. Weitere Forschungen in diesem Bereich erschienen also sinnvoll.

1.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Über die Zusammenarbeit mit den Partnern im Projekt "Virtuelle Archäologie" hinaus wurde nach Bedarf mit Wissenschaftlern verschiedener Disziplinen, die in Troia forschen, Kontakt aufgenommen, wenn Fragen zu klären waren. Das betraf z.B. die Rekonstruktion von griechischen und römischen Gebäuden (Prof. Charles B. Rose, University of Cincinnati) oder das Aussehen der Paläolandschaft zu verschiedenen Zeiten (Prof. İlhan Kayan, Universität İzmir). Mit allen in Tübingen arbeitenden Troia-Forschern wurde so oft wie möglich das Gespräch gesucht, damit alle inhaltlichen Fragen auf möglichst breiter Basis diskutiert werden konnten.

2. Ergebnisse

TroiaVR besteht aus den Teilkomponenten "Präsentationssystem" und "Arbeitssystem".

Das **Präsentationssystem** ist ein VR-basiertes System zur Darstellung der Ergebnisse der archäologischen Forschungen in Troia zum Einsatz in Ausstellungen, Museen, aber auch für fachwissenschaftliche Präsentationen.

Unter der Bezeichnung **Arbeitssystem** werden alle Daten und Verfahren zur Erstellung des Präsentationssystems, sowie zur Aufarbeitung aller wissenschaftlichen Inhalte, die den Hintergrund einer Präsentation bilden müssen, zusammengefasst.

2.1. Präsentationssystem

Das Präsentationssystem TroiaVR (Abb. 1-14) besteht nach Projektende aus den folgenden Komponenten:

1. Modelle der Landschaft im Umkreis von 10 km um Troia während drei Hauptphasen der Besiedlung im Abstand von jeweils tausend Jahren und heute (Troia II - ca. 2300 v.Chr.; Troia VI - ca. 1300 v.Chr.; Troia VIII - um 200 v.Chr.; heutige Landschaft).

2. Architekturrekonstruktionen von Troia (Troia II, VI und VIII, gesamte Siedlung; Troia III, VII und IX, einzelne Gebäude); Modell der heutigen Landschaft (Höhenmodell und Satellitendaten).

3. Szenen mit zeittypischen, stilisierten Figuren innerhalb der Architektur.

4. Interface mit Plan, Zeitleiste, wissenschaftlicher Hintergrundinformation (Bilder und Texte).

5. VR-System, das die Komponenten verbindet, mit Echtzeitnavigation und Umschaltung zwischen den Phasen in den Rekonstruktionen; Markierung von Hotspots in den Rekonstruktionen und Abrufen von Bild- und Textinformationen im Interface an den Hotspots; Möglichkeit, die Hotspots aus dem Interface heraus anzusteuern; Synchronisation der Navigation zwischen Interface und Rekonstruktionen.

Der Einsatz des Systems für eine größere Anzahl von Benutzern erfolgt in einem Auditorium mit geeigneter Projektionsfläche (Größe, Wölbung für immersive Effekte), auf die 3D-Umgebung und Interface projiziert werden. Geschulte Guides können individuelle, zeitliche und räumliche Führungen durch Troia gestalten. Theoretisch können auch die Benutzer selbst im System navigieren, in der Praxis würden aber wenige Benutzer das System über längere Zeit für andere blockieren.

Die technische Innovation (siehe Bericht des Konsortialführers ART+COM AG) bestand hauptsächlich darin, alle diese Anforderungen in einem funktionsfähigen System zu integrieren und bei extrem hoher Polygonlast und mit realistischen Texturen auf zwei handelsüblichen PCs zu realisieren. Nur so können die Kosten für VR-Technologie so stark gesenkt werden, dass sie für Archäologen überhaupt finanzierbar wird. Das System bestand zunächst aus dem VR-Rechner unter Linux und einem Interfacerechner unter Windows. Um

die Akzeptantz für Archäologen zu erhöhen, entwickelte ART+COM zu Projektende eine VR-Engine für Windows-Betriebssysteme, die es Archäologen in zukünftigen Projekten gestatten wird, eigene VR-Anwendungen auf Windows-Systemen zu entwickeln und zu nutzen.

2.1.1. Rekonstruktionen als Mittel der Präsentation von Archäologie

Archäologie ist eine sehr populäre Wissenschaft. 850 000 Besucher einer Troia-Ausstellung, die in den Jahren 2001 und 2003 in drei deutschen Städten zu sehen war (ARCHÄOLOGISCHES LANDESMUSEUM BADEN-WÜRTTEMBERG U.A. HGG. 2001), mehrere Hunderttausend Touristen, die jedes Jahr nach Troia kommen – das sind Zahlen, die für sich sprechen. Fernsehdokumentationen mit archäologischen Themen erzielen hohe Einschaltquoten, der Besuch von Ruinenstätten hat einen festen Platz im Programm vieler Urlaubsreisen. Archäologie ist eine feste Größe in einer wachsenden Kultur- und Freizeitindustrie.

Archäologen haben deshalb heute drei Aufgaben: Erstens die fachwissenschaftliche Forschung. Zweitens die Erhaltung des archäologischen Erbes – einer fragilen und begrenzten Ressource, die in der modernen Welt ebenso von Zerstörung bedroht ist wie der tropische Regenwald. Dazu kommt – drittens – die Präsentation von Archäologie für ein Massenpublikum. Wenn man auch in Zukunft das Verständnis dafür erhalten möchte, dass Steuergelder für archäologische Forschungen oder Denkmalpflege ausgegeben werden, ist es sicher angebracht, die eigenen Ergebnisse so darzustellen, dass Archäologie ein breites Publikum und vor allem auch junge Menschen erreicht.

Rekonstruktionen sind dafür ein attraktives Mittel (AHRENS 1990; SCHMIDT 2000). Zumindest jene Archäologen, die für Museen oder Ausstellungen, Freilichtmuseen oder die immer häufiger werdenden "Archäologieparks" arbeiten, haben schon immer rekonstruiert, und zwar mit allen verfügbaren Methoden: Grundmauern werden im Gelände als "Plan im Massstab 1:1" markiert, Gebäude werden teilweise oder ganz wieder aufgebaut, manchmal stellen darin verkleidete Mitarbeiter das Leben vergangener Zeiten nach ("Re-enactment"), Modelle, Zeichnungen oder Computergrafiken und -animationen werden angefertigt. Computermodelle haben den Vorteil, dass sie nicht nur eine Ansicht zeigen, sondern den gesamten Befund in drei Dimensionen erfassen, nicht in die Originalsubstanz eingreifen und bei Bedarf an den sich ändernden Forschungsstand angepasst werden können.

Im Fall von Troia gibt es sogar "Rekonstruktionen", die noch viel älter sind. Seit der Antike wurde die Sagen und Geschichten vom troianischen Krieg immer wieder illustriert oder in Medien vom Theater über die Oper bis zum Film vergegenwärtigt. Das heute in Troia als Rest einer Filmkulisse stehende hölzerne Pferd ist nur das letzte einer ganzen Herde troianischer Pferde, die seit der archaisch-griechischen Zeit durch die Kunstgeschichte galoppiert. Außerdem gibt es natürlich auch eine Anzahl – zum Teil sehr guter – zeichnerischer Rekonstruktionen der archäologischen Befunde von Troia (HAUßNER U.A. 2000) sowie einige für Ausstellungen angefertigte Modelle aus Holz und Pappe.

Obwohl Rekonstruktionen fast immer zu Präsentationszwecken erstellt werden, sind sie durchaus auch von wissenschaftlichem Interesse. Aus dem Wiederaufbau von Gebäuden und dem Nachvollziehen alter Handwerkstechniken ist eine eigene Fachrichtung entstanden, die experimentelle Archäologie. Jeder Rekonstruktionsversuch erzwingt eine sorgfältige Bewertung und Interpretation der vorhandenen Funde und Befunde.

Ein häufig gehörter Einwand gegen Rekonstruktionen, egal ob im Museumsdorf, als Modell, Zeichnung oder Computervisualisierung, ist, dass sie zu attraktiv sind und Dinge suggerieren, die man ja nicht sicher wissen kann. Einprägsame Visualisierungen laufen immer Gefahr, als unwissenschaftlich zu gelten. "Sich ein Bild machen" – das ist eine Tätigkeit, die schon das Alte Testament als ketzerisch verdammt. Ein paar Mauerreste zu einem vollständigen Grundriss zu ergänzen, mag ja noch angehen, aber dreidimensionale, bunte und mit dem Computer erstellte Bilder verursachen bei so manchem Wissenschaftler Stirnrunzeln. Es ist sicher angebracht, populäre Darstellungen und neue Methoden kritisch zu hinterfragen. Es ist aber auch typisch, dass für einen speziellen Fall formulierte Kritik Fragen erneut ins Bewusstsein ruft, die eigentlich viel weiter führen.

Denn dass man nicht alles sicher wissen kann, gilt für jede Beschäftigung mit der Vergangenheit – und niemand verlangt von einem archäologischen Text, dass er keine Interpretationen enthält, schlecht geschrieben und hässlich gedruckt ist, damit die Leser nicht dazu verführt werden, die Argumente zu glauben. Was sind also die "Bausteine", aus denen Rekonstruktionen zusammengesetzt werden; und zwar analog zum auch sonst in der Archäologie üblichen wissenschaftlichen Erkenntnisprozess?

Das Fundament bildet die Dokumentation der Ausgrabung. Alle Pläne, Fotos und Beschreibungen müssen sorgfältig studiert werden. Daraus ergeben sich aber tatsächlich nur die Grundmauern eines Gebäudes, denn mehr ist meist nicht erhalten – manchmal nicht einmal so viel. Schon jetzt beginnt die Rekonstruktion. Unvollständige Grundrisse müssen ergänzt werden. Danach muss versucht werden, alles aus dem Grabungsbefund herauszuholen, was in ihm an Information über nicht mehr erhaltene Teile eines Gebäudes steckt. Der Ansatz einer Treppe oder größere Mengen Schutt können zum Beispiel die Reste eines zweiten Stockwerks sein. Verkohlte Balken können Aufschluss über die Dachkonstruktion geben.

Für die fehlenden Teile müssen nun plausible Ergänzungen gefunden werden – mit Hilfe des gesamten verfügbaren archäologischen Fachwissens. Per Analogieschluss können wir diese Informationen dann zur Vervollständigung unseres fragmentarisches Objekts benützen. Viel mehr kann Archäologie ohnehin nicht tun (EGGERT 2001).

Wir können zunächst versuchen, kulturell vergleichbare, zeitlich und räumlich benachbarte, vor allem aber besser erhaltene archäologische Denkmäler zu suchen. Da bietet sich etwa Akrotiri auf der Insel Thera (Santorin) an, ein bronzezeitliches Pompei, das von der Asche eines gewaltigen Vulkanausbruchs verschüttet wurde. So schrecklich solche Katastrophen für die von ihnen betroffenen Menschen waren, für Archäologen sind sie ein wahrer Glücksfall: Die Häuser von Akrotiri sind zum Teil noch bis zum zweiten Stockwerk mit allen Details erhalten.

Dann können wir uns nach Darstellungen in der Kunst umsehen. Auch hier hat Troia selbst wenig zu bieten, aber im benachbarten Hethiterreich, im Orient und in Ägypten gibt es eine Fülle von Bildern, Reliefs, Skulpturen, ja sogar kleine Modelle, die Architektur genau so wie Szenen des täglichen Lebens zeigen.

Für manche Gebiete gibt es auch Schriftquellen. Aus der Antike sind ganze Architekturlehrbücher mit genauen Beschreibungen verschiedener Gebäude und Konstruktionen überliefert. Am bekanntesten sind Vitruvs "Zehn Bücher über Architektur".

Eine weitere Quelle sind ethnoarchäologische Studien. Obwohl die Türkei und der gesamte Mittelmeerraum gerade einen Siegeszug des Betonbaus erleben, gibt es auch heute noch traditionelle Architektur, zu deren Errichtung nur Techniken und Materialien verwen-

det wurden, die so oder ähnlich auch im bronzezeitlichen Troia zur Verfügung standen: Stein, Lehm, Holz, einfache Werkzeuge. Verfallen diese Bauten, wie das heute leider nur zu oft der Fall ist, kann man die Ruinen mit den Befunden in archäologischen Ausgrabungen vergleichen – gleichartiger Schutt lässt die Schlussfolgerung zu, dass die Gebäude einander auch ähnlich waren, als sie noch standen.

Ebenso wie die Grundmauern in die Höhe rekonstruiert wurden, müssen jetzt noch die Lücken in der Fläche gefüllt werden. Auch mehr als 130 Jahre nach dem Beginn der Ausgrabungen in Troia ist erst ein kleiner Teil der Gesamtfläche ausgegraben. Die Größe und Begrenzung der Siedlungsfläche kann aber mit Methoden der Prospektion und aus der Verteilung von Funden an der Oberfläche ermittelt werden. Auf den unausgegrabenen Flächen können wir ähnliche Gebäude, wie sie aus den Grabungen bekannt sind, rekonstruieren. Eine Darstellung nur der tatsächlich vollständig ausgegrabenen Gebäude mit leeren Flächen dazwischen würde einen völlig falschen Eindruck vermitteln: Archäologen haben nicht so viel Glück, dass sie exakt dort graben, wo etwas zu finden ist, während überall, wo sie nicht graben, auch keine Häuser standen ...

2.1.2. Landschaftsmodelle

Zur Erstellung der Landschaftsmodelle (Abb. 3-6) wurde aus Landkarten und Satellitendaten (weil genaue Landkarten in der Türkei aus Gründen militärischer Geheimhaltung nur in Ausnahmefällen erhältlich sind) ein Geländemodell erstellt (Abb. 18-19). Dieses wurde in ein Polygonmodell umgewandelt (TIN; Triangular irregular network), für die vier unterschiedlichen Zeitscheiben (time slices) nach Forschungsergebnissen (Abb. 18) angepasst und zum Einsatz in der VR-Umgebung optimiert. Die Darstellung der unterschiedlichen Meeresküsten, Gewässer, Vegetations- und Landnutzungsformen zu den verschiedenen Zeiten erfolgte über Texture maps und für die heutige Landschaft mit Hilfe eines hochauflösenden Satellitenbildes. Das Troia-Projekt stellte die hierfür nötigen Daten zur Verfügung, die Umsetzung erfolgte durch ART+COM.

Das Wissen über die Landschaft und ihre Veränderungen während der letzten Jahrtausende ist als Ergebnis umfangreicher Feldforschungen in und um Troia vorhanden (zuletzt KAYAN U.A. 2003). Eine für die gesamte Arbeit am Präsentationssystem typische Schwierigkeit war jedoch, dass es umfassender Recherchen durch Personen mit dem entsprechenden Fachwissen bedurfte, dieses Wissen aus Fachliteratur und Archivbeständen zu sammeln und in eine für die Darstellung im VR-System verwertbare Form umzusetzen.

2.1.3. Architekturmodelle

Die in die Landschaft gestellten Architekturmodelle (Beispiele Abb. 7-12) sind mit ihrer Fülle von Details (es handelt sich um hunderte Gebäude), verbunden mit der Echtzeitnavigation in den geschaffenen Räumen machen die eigentliche Faszination von TroiaVR aus. Troia wird traditioneller Weise in neun Hauptperioden ("9 Städte"), deren Überreste in der Ruine übereinander liegen, gegliedert. Dies ist jedoch eine Vereinfachung. Tatsächlich gibt es tausende Schichten, Gebäuderuinen und andere archäologische Befunde. Nicht alles, was zu

einer "Stadt" gerechnet wird, hat gleichzeitig existiert. Manche Perioden sind nur unvollständig und für eine Rekonstruktion unzureichend bekannt. Um innerhalb der Projektlaufzeit überhaupt ein Endergebnis zu erzielen, wurde als Ziel die vollständige Rekonstruktion von drei Hauptphasen (Troia II, VI und VIII, entsprechend den Landschaftsmodellen) und deren Einbau in das VR-System angestrebt und erreicht. Bis zum Projektende wurden darüber hinaus Einzelrekonstruktionen aus weiteren Phasen angefertigt (Troia III, VII und IX).

Alle Gebäude in und um die Burg von Troia II und VI, die Hauptgebäude von Troia VIII und die Einzelbauten der übrigen Phasen wurden einzeln mit allen wichtigen Details erstellt. Für die nur zu einem kleinen Teil ausgegrabenen, um die Burg liegenden "Unterstädte" wurden pro Phase mehrere Haustypen entworfen und in verschiedenen Kombinationen, Varianten und Größen kombiniert und entsprechend dem Kenntnisstand über das Gelände verteilt. Im Einzelnen waren bei Projektende die folgenden Rekonstruktionen fertiggestellt:

Troia II: Burg mit Befestigung (Mauern und zwei Toranlagen), Säulenhof mit Torbau, sieben große Bauten ("Megaron"-Häuser) im Inneren der Burg, Palisade mit Tor um die Unterstadt, ca. 100 Häuser in der Unterstadt, einige Fundgegenstände (Keramik, Gefäße aus den von Schliemann gefundenen Schätzen)

Troia III: Ein in den vergangenen Jahren ausgegrabenes Megaron-Haus mit allen Details der Innenausstattung einschließlich Rekonstruktionen des Originalzustandes der Funde (Gefäße, Szepter, Armband).

Troia VI: Burg mit Befestigung (Mauern, zwei Türme, zwei Toranlagen, Bastion mit Innenbau, kleines Tor, Stelen vor Turm), 12 erhaltene und 10 frei rekonstruierte Innenbauten, 12 ganz oder teilweise erhaltene Gebäude der Unterstadt, mehrere hundert Häuser in der Unterstadt, Stadtmauer und Graben um die Unterstadt.

Troia VII: Haus in der Unterstadt mit allen Details der Innenausstattung einschließlich Funde (Keramik, Vorratsgefäße).

Troia VIII: Zentrum mit Athenaheiligtum (Tempel, Säulenhallen, Altar), Heiligtum (zwei Tempel, Nebengebäude, Altar), Bouleuterion (Rathaus), Agora (Marktplatz mit Säulenhallen), großes Theater, Stadtmauer mit Türmen und Toren, Stadt mit mehreren hundert Wohnhäusern.

Troia IX: Odeion (Kleines Theater).

Bei der Arbeit and den Rekonstruktionen stellte sich heraus, dass Archäologen dazu neigen, nur in zwei Dimensionen zu denken – Pläne der erhaltenen Überreste, eventuell senkrechte Schnittzeichnungen. Die dritte Dimension, und speziell die Frage, wie die Überreste einmal im intakten Zustand ausgesehen haben, tritt in den Hintergrund. Daraus ergab sich, dass das Erstellen von Rekonstruktionen einerseits schwieriger und zeitaufwändiger war, als zu Projektbeginn vermutet. Andererseits erwies sich die ursprünglich nur als Präsentation beabsichtigte Erstellung von 3D-Inhalten auch als geeignete Methode zum Testen wissenschaftlicher Fragestellungen und Interpretationen. Oft genug zeigte sich erst beim Modellieren, dass Aussehen und Funktion von Grabungsbefunden zuvor nie folgerichtig durchdacht worden waren. Nach Vorgaben der Archäologen von ART+COM erstellte Modelle wurden häufig erneut von den Archäologen diskutiert, mit dem Ergebnis, dass immer wieder Änderungen gewünscht wurden, die jede Zeit- und Finanzplanung gefährdeten. Erst als die 3D-Modelle von Archäologen am Troia-Projekt selbst erstellt und bis zur eigenen Zufriedenheit verändert wurden, war dieses Problem gelöst. Die Optimierung der Modelle für den Einsatz

im VR-System, einschließlich der Generierung von LOD's (Levels of Detail) und diverse Methoden der Texturierung blieb bis Projektende Aufgabe von ART+COM.

Zur Unterscheidung zwischen Gebäuden, die frei rekonstruiert wurden, und solchen, bei denen der Grundriss annähernd vollständig erhalten ist, wurde ins VR-System aus didaktischen Gründen die Möglichkeit eingebaut, die frei rekonstruierten Modelle bis auf ihre "Fußabdrücke" abzuschalten (Abb. 14). Dies erhöhte die Akzeptanz des Systems als "wissenschaftlich" bei Fachleuten. Das breite Publikum schien daran nicht übermäßig stark interessiert zu sein.

2.1.4. Szenen

Um die Rekonstruktionen lebendiger zu gestalten, einen Größenvergleich zu ermöglichen und weitere Inhalte zu vermitteln, wurden in die Architektur an enigen Stellen zeittypische menschliche Figurenszenen gestellt (Beispiele Abb. 13). Die Figuren sind stilisiert und halbtransparent, um einen "geisterhaften" Eindruck zu erwecken und so zu betonen, dass es sich nicht um lebendige Menschen, sondern um eine Rekonstruktion der Vergangenheit handelt. Die inhaltliche Konzeption stammt vom Troia-Projekt, Ausführung und Gestaltung lag bei ART+COM.

Folgende Szenen wurden in das VR-System eingebaut:

Troia II – Männer beim Weintrinken (Wein und Gefäße damals neu) und Frau bei Schatztruhe (mit von Heinrich Schliemann gefundenen Gegenständen), also damals geschlechtertypisches Rollenverhalten, in der Vorhalle des großen Megarons.

Troia VI – Markstand in der Burg mit einer hölzernen Karre und typischer Keramik. Aspekte von Handwerk und Handel können hier erklärt werden.

Troia VI – Familie in einem Haus der Unterstadt (Mann repariert Lehmdach, Frau spinnt, Kinder spielen mit kleinen Modellen von Streitwagen).

Troia VI – Streitwagen mit Pferden, Besatzung und Waffen am Tor zur Unterstadt (Pferd und Streitwagen damals neu, Befestigung und die Sage vom Troianischen Krieg können hier erklärt werden.

Troia VIII – Zwei Männer (Philosophen?, antike Touristen?) unterhalten sich vor dem Athenatempel, vielleicht über die troianischen Heldensagen. Bereits in der Antike waren Reisen nach Troia als dem berühmten Schauplatz der Epen Homers üblich.

2.1.5. Interface und VR-Präsentationssystem

Zur Navigation, Orientierung und zur Darstellung von Kontextinformation zu den Rekonstruktionen dient im Präsentationssystem TroiaVR ein von ART+COM gestaltetes und vom Troia-Projekt mit Inhalten bestücktes Interface (Abb. 1). In der Museumsinstallation (Abb. 2) erscheint der Inhalt des Interface auf einer Projektionsfläche neben der Projektion der aktuellen Sicht auf die dreidimensionale VR-Modell-Landschaft, in der auch ohne die Benützung des Interface Echtzeitnavigation mit Hilfe einer Space Mouse möglich ist (VR-System und

Verbindung zwischen VR und Interface von ART+COM realisiert). Im Alltag kann das System natürlich auch einfach mit zwei Bildschirmen benützt werden.

Das Interface enthält eine Zeitleiste, eine Darstellung der Phasen von Troia als Stapel von Ebenen, ein Planfenster und ein aufklappbares Menu, mit dem weitere Fenster mit Bild- und Textinhalten aufgerufen werden können. Alle Elemente sind dynamisch (Zeitleiste wandert an die aktuell besuchte Periode, aktuelle Zeitebene wird hervorgehoben, Planausschnitt ändert sich mit Bewegung in den Rekonstruktionen, Planinhalt ändert sich abhängig von gewählter Aktion). Durch Anklicken von im Plan eingezeichneten Hot spots kann in den Rekonstruktionen direkt zum gewählten Punkt "geflogen" werden. Die Hot spots können in den Rekonstruktionen als Fähnchen angezeigt werden. An diesen Punkten stellt das System Zusatzinformationen zur Verfügung (z.B. kurze Texte, Fotos des tatsächlichen Ausgrabungszustandes zum Vergleich mit der Rekonstruktion, Bilder von Funden, die an dieser Stelle gemacht wurden).Wird in der 3D-Umgebung mit Hilfe einer Space Mouse navigiert, ändert sich der Planausschnitt, in dem Standpunkt und Blickrichtung mit einem Cursor angezeigt werden, synchron zur Bewegung. Das VR-System springt nach Anklicken der Zeitleiste oder der Zeitebenen in die entsprechende Phase. Weitere Funktionen sind das An- und Abschalten der Fähnchen, die die Hot spots kennzeichnen, sowie das An- und Abschalten frei rekonstruierter im Gegensatz zu im Grundriss erhaltenen Gebäude.

Hot spots mit ihren Koordinaten sowie Textinhalten und Verweise auf Bilder u.a. Daten werden dem System als XML-Datei zur Verfügung gestellt. Damit erhält das Präsentationssystem inhaltlich und technisch Eigenschaften eines räumlichen Informationssystems. Das Interface selbst ist eine Windows-Anwendung, das VR-System lief in der ersten Phase des Projekts auf einem zweiten PC unter Linux (Verbindung über Crosslink-Kabel und Ethernet). Am Ende des Projekts entwickelte ART+COM eine Windows-VR-Engine, die in der Zukunft die Akzeptanz des Systems bei Archäologen, die meist nur über Windows-Anwender-Kenntnisse verfügen, erhöhen sollte.

Aus dem VR-System können direkt (d.h. ebenfalls in Echtzeit) Bilder der Rekonstruktionen sowie Animationen generiert werden.

2.2. Arbeitssystem

Zur Erstellung der Rekonstruktionen ebenso wie zur Generierung der Hintergrundinformation im Interface sollte das VR-Präsentationssystem auf eine dahinter liegende Informationsschicht zugreifen können. Eine solche ist natürlich auch für die archäologische Forschung unumgängliche Voraussetzung. Andererseits sollte der Inhalt des VR-Systems auch für andere Präsentations- und Publikationsmöglichkeiten genutzt werden können (Bilder, Animationen, Video, Multimedia). Diese Vorgaben wurden unter dem Begriff "Arbeitssystem" zusammengefasst.

Die am Projekt beteiligten Archäologen äußerten zu Projektbeginn deshalb Wünsche, die in die Richtung eines "System of Everything" gingen – am besten sollten alle Pläne, Bilder, Zeichnungen, Rekonstruktionen in ihrer tatsächlichen räumlichen Position jederzeit in unbeschränkter Menge in Echtzeit verfügbar sein und das ganze System auch von Laien bedienbar bleiben. Es versteht sich von selbst, dass es im Rahmen eines Zweijahresprojekts unmög-

lich und darüber hinaus, wie unten genauer dargestellt wird, auch nicht sinnvoll ist, ein solches System vollständig neu zu bauen.

2.2.1. VR-Komponente

Bereits die erste Version des Präsentationssystems gestattete es über via Befehlszeile aufgerufene Skripte, beliebige Ansichten der 3D-Modelle, Szenen und der Landschaft als Bilder auszugeben sowie Echtzeit-Überflüge als Animationen abzuspeichern. Das System enthielt also bereits Authoring-tools.

Die Einbringung von Daten (Texte und Hyperlinks zu Bildern und anderen Daten) als XML-Datei über das Interface, sowie die Verbindung dieser Daten mit der 3D-Umgebung über Koordinatenwerte entsprach vom Konzept her bereits einem Informationssystem mit räumlichem Zugriff auf die Daten (Abb. 1). Beide Funktionen wurden in der VR-Engine für Windows, die ART+COM zu Projektende entwickelte, noch ausgebaut (siehe Schlussbericht "Virtuelle Archäologie - Gesamtprojekt" von ART+COM AG, Berlin).

Ein vollständiges, funktionsfähiges VR-System befindet sich am Troia-Projekt. Darüber hinaus werden alle Rekonstruktionen (Architektur, Landschaft, Szenen) am Troia-Projekt als 3D-Modelle im Format der zum Modellieren verwendeten Software (Cinema 4D) archiviert, damit sie auch nach Projektende weiter ergänzt, korrigiert und bearbeitet werden können.

2.2.2. Archäologisches Informationssystem

Je länger, intensiver und genauer in Troia geforscht wird, desto schwieriger wird es, sich in dem entstehenden riesigen Archiv zurechtzufinden. Allein aus den seit 1988 laufenden neuen Troia-Grabungen gibt es mehrere tausend handgezeichnete Pläne, hunderte Notizbücher, mehr als 40 000 Fotos, tausende Zeichnungen und Daten, die jede Form von Texten über ein Labyrinth von Datenbanken, CAD-Plänen, gescannten Bildern bis zu Satellitendaten haben können – dabei sind die Bibliotheken füllenden Ergebnisse der älteren Ausgrabungen unter der Leitung von Heinrich Schliemann, Wilhelm Dörpfeld und Carl W. Blegen noch gar nicht berücksichtigt. Traditionelle, vollständige Analyse und Publikation der Forschungsergebnisse zur Fundstelle selbst und zur umgebenden Landschaft wird wegen der zunehmenden Größe und Komplexität der Aufgabe immer schwieriger, wenn nicht unmöglich.

Sowohl für die Forschung als auch zur Erstellung von wissenschaftlich fundierten Präsentationen benötigen Archäologen daher ein Informationssystem (Abb. 15). Dieses kann als eine nicht-redundante Sammlung aller für ein Sachgebiet relevanten Informationen mit Prozeduren zum Suchen, Sortieren, Filtern, Analysieren und Abrufen aller Daten definiert werden. In der Archäologie, die sich abstrakt formuliert mit durch vergangene menschlichen Aktivitäten erzeugten Verteilungen von Materie in Zeit und Raum befasst, haben fast alle Daten einen räumlichen Aspekt. Es kann daher ein System mit einem räumlichen und einem konzeptionellen Zugang entworfen werden. Daten können in einem Geographischen Informationssystem (GIS) und relationalen Datenbanken gespeichert werden. Analysewerkzeuge (z.B. für Stratigraphie, Statistik, räumliche Analysen) können hinzugefügt werden. Nicht-

räumliche oder nicht-alphanumerische Daten (z.B. Bilder, Rekonstruktionen) können separat gespeichert und mit Hyperlinks angebunden werden. Aus derart integrierten Daten können verschiedene Formen von Output produziert werden (z.B. für gedruckte oder digitale Berichte, Pläne und Karten, Visualisierungen, Multimedia-Inhalte). Derartige Systeme können großteils mit existierenden Hard- und Softwarekomponenten und spezieller Archäologie-Software realisiert werden. In der Archäologie existieren hierfür theoretische und praktische Vorarbeiten (Beispiele LOCK 2003, besonders 78-123; WHEATLEY U.A. 2002; ARCHAEOLOGY DATA SERVICE; ARCTRON).

Es konnte daher nicht Aufgabe des Projektes "Virtuelle Archäologie" sein, hier das Rad neu zu erfinden und eine proprietäre Neuentwicklung zu versuchen. Wohl aber war es nötig, in Hard- und Software und vor allem Arbeitszeit zu investieren, um im Troia-Projekt die Entwicklung entsprechender Anwendungen und die Erstellung und Integration von Daten voranzutreiben, damit eine entsprechende Arbeitsgrundlage für Forschung, Präsentation und Publikation geschaffen wird.

Für das VR-System war es vor allem wichtig, die für Landschafts- und Architekturmodelle wichtigen Daten zu integrieren. Dazu sollte natürlich auch ein Zugriff zu weiteren Daten, z.B. über Funde, prinzipiell ermöglicht und so weit wie nötig (Kontextinformation im Interface als Beispiel) auch realisiert werden.

Zu diesem Zweck wurde für Troia selbst (Abb. 16-17) und für die umgebende Landschaft (Abb. 18-19) je eine GIS-Anwendung erstellt. Die bestehenden Datenbanken wurden verbessert und in MS-Access überführt, da dieses nahtlos mit dem benützten GIS (ArcView 8) verbunden werden kann. Dieses System steht nun für die weiteren Forschungen in Troia zur Verfügung (genauere Beschreibungen bei ASLAN u.a. 2003; JABLONKA im Druck). Das Informationssystem enthält die folgenden Informationen zu Troia und zur umgebenden Landschaft.

- Semantisch gegliederte Datenbanken: Ausgrabung (Funde), Ausgrabung (Befunde), Archäologische Fundstellen und Landschaft, Archivmaterial (Fotos, Zeichnungen, Pläne), Bibliographie, Verwaltung und Dokumentation.
- GIS Troia: Vermessung, Landkarten, georeferenzierte Satellitenbilder, Geländemodelle, Ergebnisse der geophysikalischen Prospektion und eines archäologischen Surveys, Pläne (ins GIS importierte CAD-Pläne) und Datenbanken zu Befunden (Schichten, Häuser usw.) und Stratigraphie (zeitliche Abfolge), Datenbanken und Auswertungsmöglichkeiten zu Funden und Datierung (C-14 u.a.), Anbindung von Bildern und Rekonstruktionen.
- GIS Landschaft (Troas): Vermessung, Landkarten, georeferenzierte Satellitendaten, Geländemodelle, geologische Karten, Bohrlöcher der paläogeographischen Untersuchungen, Rekonstruktionen der Paläolandschaft, Datenbank und Pläne zu Fundstellen mit Anbindung von Bildern.
- Weltweit einheitliche GIS-Grundkarte: Aus Daten in der Public Domain (VMAP0, GLOBE, TERRAINBASE) zusammengestellt.
- Durch Hyperlinks verbundene Archivmaterialien (externe Speicherung auf DVD, Vorschau in Datenbank und GIS): Digitalfotos, Dias (gescannt), Ausgrabungspläne. Ebenfalls angebunden, bzw. in vereinfachter Form (ohne Texturen) via GIS mit 3D-

Extension direkt an den entsprechenen Stellen der Ausgrabung angezeigt, können die 3D-Architekturmodelle werden.

- Archäologiespezifische Software: Stratigraphie, Fundstatistik, Kalibrierung von C-14-Daten.

Es muß betont werden, dass in erster Linie existierende Datenbestände und für das Projekt "Virtuelle Archäologie" benötigte Daten in das Informationssystem eingebracht wurden. Der weitere Ausbau und die Nutzung dieser Systeme ist Aufgabe der zukünftigen archäologischen Forschungen im Troia-Projekt.

2.2.3 Hard- und Software, Daten bei Projektende

Nach Projektende befinden sich am Troia-Projekt drei Arbeitsplätze mit Desktop-PC sowie zwei mobile Arbeitsplätze (Notebook), die in Tübingen nach Bedarf (Diasammlung, Bibliothek), bei Vorträgen und alljährlich bei den Feldforschungen in Troia eingesetzt werden. Die Arbeitsplätze in Tübingen sind über LAN zu einem Intranet verbunden. Aus Sicherheitsgründen dient nur ein Rechner als abgesichertes Gateway zum Universitätsnetz und über dieses ins Internet. Der Zugriff auf alle Rechner wird über Benutzerkonten verwaltet. Alle Rechner laufen unter MS Windows 2000, mit Ausnahme einer Linux-Partition für das VR-System.

An Zusatzgeräten gibt es einen Diascanner (zur Erfassung der Diasammlung mit 40000 Dias!), einen Flachbettscanner DIN A3 (zur Erfassung von Plänen, Zeichnungen, Tagebüchern, Fachliteratur), CD-Brenner und einen DVD-Brenner (für Datensicherung, Archivierung, Animationen aus dem VR-System), eine Digitalkamera (in erster Linie zur Dokumentation von Funden und Befunden vor Ort in Troia), einen Tintenstrahldrucker (Farbe und Schwarzweiss) und einen Datenprojektor (für Vorträge und Präsentationen).

Weitere Geräte (weitere PCs, ein weiterer Datenprojektor, Laserdrucker, Elektronischer Theodolit und GPS zur Vermessung), die das Troia-Projekt besitzt, konnten bei Bedarf ebenfalls für TroiaVR verwendet werden.

An Software (mit mehreren Lizenzen für alle Arbeitsplätze) steht zur Verfügung: MS Office (besonders Access für die Datenbanken, aber auch Word für Publikationen und Powerpoint für Vorträge und Präsentationen), AutoCAD (zum Anfertigen und Editieren von Plänen, die anschließend ins GIS importiert werden, dessen Editierfunktionen weniger komfortabel sind), Adobe Photoshop (Bildbearbeitung), Adobe Acrobat (PDF-Dateien erstellen), Macromedia Freehand (Vektorgrafik), ArcGIS Desktop Version 8 (GIS-Anwendungen, Ausgrabung Troia und Landschaft), Cinema 4D (3D-Modellierung und Animation), diverse archäologiespezifische Programme und Tools. Von ART+COM werden ein funktionsfähiges VR-System (3D-Daten und Programme unter Linux), das Interface-Programm (auf einem Desktop und auf einem Laptop installiert, um bei Präsentationen weniger Geräte transportieren zu müssen), sowie nach Projektende die Windows-VR-Engine zur Verfügung gestellt.

Die Datenbestände von TroiaVR und andere Daten des Troia-Projektes, soweit bereits ins System integriert, werden jeweils auf zwei Rechnern gehalten. Dies betrifft 3D-Modelle, Datenbanken und GIS. Ältere Versionen der 3D-Modelle, der Datenbanken und GIS-Anwendungen werden unter dem jeweiligen Datum archiviert. In Abständen werden diese

Daten auf CD und DVD archiviert und ausgelagert. Umfangreiche Archivbestände (Pläne, Zeichnungen, Fotos) werden in mehreren, an verschiedenen Orten gelagerten Kopien in hoher Qualität (für gedruckte Publikationen geeignet) auf DVD archiviert. Auf den Arbeitsplatzrechnern werden verkleinerte Vorschaubilder gespeichert.

Mit den beschriebenen Systemen ist nach Projektende für das Troia-Projekt weiterbin ein produktiver IT-Einsatz in Forschung, Lehre, Dokumentation, Archivierung, Publikation und Präsentation möglich geworden.

3. Nutzung und Verwertung

Es kann und darf derzeit nicht Aufgabe des Troia-Projektes als Teil eines den Kulturwissenschaften zugeordneten Universitätsinstituts und einer staatlichen Institution sein, Technologie direkt und mit dem Ziel wirtschaftlichen Profits zu verwerten. Dies bleibt den Projektpartnern aus der Wirtschaft, vor allem ART+COM AG, überlassen. ART+COM setzt u.a. einen Mitarbeiter zur Verwertung von TroiaVR ein und hat eine Info-Broschüre herausgegeben (ART+COM 2002). TroiaVR wird noch für lange Zeit dem Troia-Projekt und derArchäologie an der Universität Tübingen vielfältigen Nutzen bringen.

Im Zuge von Strukturveränderungen in der Hochschullandschaft werden längerfristig auch geistes- und kulturwissenschaftliche Projekte und Institute aufgefordert werden, über direkte Verwertungsmöglichkeiten ihrer Arbeit nachzudenken. TroiaVR hat Möglichkeiten aufgezeigt, wie sich Archäologie in einem derart veränderten Umfeld als Informations- und Dienstleistungsanbieter in den Bereichen Medien, Erziehung und Bildung, Forschung, Raumplanung, Freizeit, Kultur und Tourismus positionieren könnte.

3.1. Technologie- und Know-how Transfer in die Archäologie

Die im Rahmen des Projektes "Virtuelle Archäologie" getätigten Investitionen in Arbeitszeit sowie Hard- und Softwarekomponenten bedeuten für den IT-Einsatz in der Archäologie an der Universität Tübingen einen gewaltigen Sprung nach vorne. Am wichtigsten erscheint hier der Zuwachs an Know-how, der erreicht wurde. Durch Schulung, zum Teil beim Projektpartner ART+COM, sowie "learning on the job" ist es nach Projektende für die Archäologen am Troia-Projekt und darüber hinaus möglich geworden, selbständig professionelle Anwendungen vor allem in den Bereichen 3D-Modelling, Virtual Reality und Geoinforamtionssysteme (GIS) zu entwickeln und voranzutreiben. Dies bedeutet einen Impuls für die Lehre und Forschung ebenso wie Präsentation und Publikation. Mit den nach Projektende der Forschung zur Verfügung stehenden Mitteln wird hier ein nachhaltiger Effekt erreicht. Die erworbenen Kenntnisse wurden bereits in die Lehre eingebracht (GIS in der Archäologie). Im Rahmen der Neugestaltung von Studienplänen wird das Lehrangebot im Bereich IT in der Archäologie, nicht zuletzt auf Grund des Erfolges von TroiaVR, eine noch größere Rolle spielen. Für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von TroiaVR ebenso wie für Studierende ergab sich daraus die Möglichkeit, Schlüsselqualifikationen zu erwerben, die ihre Berufsaussichten verbessern.

Zu Projektbeginn lieferte das Troia-Projekt vor allem aufbereitete Informationen zur weiteren Verarbeitung an ART+COM (Landkarten, Grundrisse, Bilder, Beschreibungen). Am Projektende wurden komplette 3D-Modelle selbständig von Archäologen des Troia-Projektes erstellt und in das VR-Modell eingebracht. Aus den Landkarten und Plänen waren anspruchsvolle GIS-Anwendungen entstanden, die in Verbindung mit Datenbanken weiter genutzt werden. Dieser erfolgreiche Wissenstransfer war aus der Sicht der Archäologen an der Universität Tübingen der erfreulichste Aspekt des Projektes "Virtuelle Archäologie".

3.2. Forschung

In der Forschung entstanden durch die Verbindung von 3D-Visualisierung und Informationssystemen zukunftsweisende Perspektiven (siehe dazu Abschnitte 1 und 2 dieses Berichts). Der weitere Ausbau und die Nutzung dieser Systeme werden zentrale Punkte in der Auswertung der Ausgrabungen in Troia sein. Bestehende Ansätze wurden aufgegriffen und in eine einheitliche Systemarchitektur integriert. Damit stehen mächtige Werkzeuge zur Verfügung, die sämtlichen von Archäologen gewünschten Anforderungen an die Dokumentation und Auswertung ihrer Forschungsergebnisse genügen. Es ist im wesentlichen nur noch eine Sache der Organisation und des Fleißes, alle Informationen zu Troia einzubringen und auszuwerten.

3.3. Präsentationen und Vorträge

VR-Systeme mit vollständigen Versionen von TroiaVR stehen für ständige **Präsentationen** am Troia-Projekt, Universität Tübingen, und bei ART+COM AG, Berlin zur Verfügung. Das VR-System wurde außerdem bei folgenden Gelegenheiten präsentiert:

16. November 2001 bis 1. April 2002, Troia-Ausstellung, Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland, Bonn (ca. 350.000 Besucher der Ausstellung; halbstündige geführte Touren durch das rekonstruierte Troia in einem Auditorium für etwa hundert Personen).

2. bis 6. April 2002, Computer Applications in Archaeology (CAA) 2002, Iraklion, Kreta, Griechenland.

9. bis 10. September 2002, VR World Congress V, Paris, Frankreich.

11. bis 13. September 2002, Heritage, new technologies, and local development symposium, Ghent, Belgien.

5. bis 6. November 2002, Internationale Statustagung "Virtuelle und Erweiterte Realität", Bundesministerium für Bildung und Forschung, Leipzig, Deutschland.

8. August 2003, Troia, Türkei (vor ausgewählten Journalisten, die von DaimlerChrysler und Siemens Türkei nach Troia eingeladen wurden).

TroiaVR wird in Form von Bildern und Animationen bei nahezu allen Vorträgen und Präsentationen über Troia verwendet. Die folgende Liste enthält nur **Vorträge** auf Fachkonferenzen, die sich speziell mit TroiaVR befassten (bisherige Publikationen (JABLONKA 2002; im Druck; JABLONKA U.A. 2003; KIRCHNER 2002; KIRCHNER u.a. 2001):

Steffen Kirchner. Virtuelle Archäologie - VR-basiertes Wissenmanagement und -marketing in der Archäologie. Kick-Off-Meeting "Virtuelle und Erweiterte Realität", Bundesministerium für Bildung und Forschung, 26. bis 27. Juni 2001, Bonn, Deutschland.

Peter Jablonka, Jordi Serangeli. TroiaVR: A Virtual Reality Model of Troy and the Troad. 7th annual meeting of the European Association of Archeologists (EAA), 18. bis 23. September 2001, Esslingen am Neckar, Deutschland.

Peter Jablonka. TroiaVR: A Virtual Reality Model of Troy and the Troad. Workshop 6 Archäologie und Computer (Gesellschaft Wiener Stadtarchäologie), 5. und 6. November 2001, Wien, Österreich.

Steffen Kirchner, Peter Jablonka, TroiaVR: A Virtual Reality Model of Troy and the Troad. VAST2001, Virtual Reality, Archaeology, and Cultural Heritage, Glyfada, 28. bis 30. November 2001, Athen, Griechenland.

Peter Jablonka, Steffen Kirchner. Virtual dreams and archaeological reality. Observations from practical work with archaeological virtual reality. Computer Applications in Archaeology (CAA) 2002, 2. bis 6. April 2002, Iraklion, Kreta, Griechenland.

Peter Jablonka, Steffen Kirchner, Jordi Serangeli. TroiaVR: A Virtual Reality Model of Troy and the Troad. Computer Applications in Archaeology (CAA) 2002, 2. bis 6. April 2002, Iraklion, Kreta, Griechenland.

Peter Jablonka, Jordi Serangeli. TroiaVR: Ein Virtual-Reality-Modell von Troia und der Troas.Treffen der Arbeitsgemeinschaft Quantitativen Methoden in der Archäologie beim 4. Deutschen Archäologenkongress, 21. bis 24. Mai 2002, Hamburg, Deutschland.

Manfred Korfmann. Troia - Eine Stadt an der Grenze zweier Welten. Internationale Statustagung "Virtuelle und Erweiterte Realität", Bundesministerium für Bildung und Forschung, 5. bis 6. November 2002, Leipzig, Deutschland.

Steffen Kirchner, Virtuelle Archäologie. VR-basiertes Wissensmanagement und -marketing in der Archäologie. Internationale Statustagung "Virtuelle und Erweiterte Realität", Bundesministerium für Bildung und Forschung, 5. bis 6. November 2002, Leipzig, Deutschland.

Steffen Kirchner, Archaeological Dreams and Virtual Reality. New Developments in History and Culture Research using Information Technology, the Sixth REKIHAKU International Symposium, National Museum of Japanese History, 5. bis 6. Februar 2003, Sakura City, Chiba Prefecture, Japan.

Peter Jablonka. Excavating Sites and Archives: Information and Presentation Systems at Troy. Enter the Past - Computer Applications in Archaeology (CAA) 2003, 8. bis 12. April 2003, Wien, Österreich.

Steffen Kirchner. Virtual Archaeology - VR-based knowledge management and -marketing in archaeology - after 2 years. Enter the Past - Computer Applications in Archaeology (CAA) 2003, 8. bis 12. April 2003, Wien, Österreich.

Jordi Serangeli. Troia. Viaggio nella realtà virtuale. Associazione Archeologica Ticinese, 25. November 2003, Lugano, Schweiz.

3.4. Medien, Publikationen

Die Präsenz von TroiaVR in Medien, Publikationen, Präsentationen und Vorträgen bewirkte eine schwer zu quantifizierende, aber sehr hoch einzuschätzende verstärkte Außenwirkung

der archäologischen Forschungen in Troia insgesamt. Es versteht sich von selbst, dass dies auch einen positiven Effekt auf die Bereitschaft von öffentlichen Stellen wie privaten Sponsoren hat, Archäologie im allgemeinen und Troia im besonderen zu fördern. Das Medieninteresse dauert nach Projektende ungebrochen an. Außer Berichten über das Projekt werden häufig Bilder oder Animationen der Rekonstruktionen gebracht. Ein vollständiger Überblick über das Medienecho von TroiaVR wäre nur noch mit Hilfe ausgedehnter Archivrecherchen zu gewinnen.

In zahlreichen Zeitungs- und Zeitschriftenartikeln vom Schwäbischen Tagblatt und der Stuttgarter Zeitung über den Spiegel und andere überregionale deutsche Zeitungen und Ze-Zeitschriften bis zu National Geographic und New York Times wurde TroiaVR alleine oder in Verbindung mit Berichten entweder über Troia oder über das Projekt Virtuelle Archäologie vorgestellt.

Im Fernsehen war oder ist TroiaVR unter anderem auf 3Sat, NDR (Prisma), Pro 7 (Galileo), Schweizer Fernsehen DRS, Channel 4 und BBC (Horizon) präsent.

In einem Sachbuch (BRANDAU U.A. 2004) wird TroiaVR beschrieben; Rekonstruktionen werden dem tatsächlichen Zustand vor Ort in Troia gegenübergestellt. Fachpublikationen zu TroiaVR sind in Abschnitt 4 dieses Berichtes aufgelistet.

3.5. Nachfolgeprojekte

Aus der Präsentation von TroiaVR auf Fachkonferenzen ergab sich eine Einladung zur Beteiligung an einem Antrag für ein Network of Exellence im Rahmen des 6. Rahmenprogramms der Europäischen Union im Bereich Informationstechnologie und Kulturelles Erbe. Dieses Forschungsvorhaben (EPOCH, *E*xcellence in *P*rocessing *O*pen *C*ultural *H*eritage) ist bereits bewilligt.

Ein Projekt "Troy on the internet" (speziell für Schulen, Kinder und Jugendliche) wurde in Zusammenarbeit mit Elizabeth Riorden (Center for Electronic Reconstruction of Historical and Archaeological Sites, College of Design, Architecture and Planning, University of Cincinnati, USA) beim National Endowment for the Humanities (USA) beantragt. In diesem Rahmen könnten die 3D-Modelle von Troia weitergeführt und ergänzt werden. Dieses Projekt befindet sich in der Bewilligungsphase.

4. Veröffentlichungen zu TroiaVR oder Teilaspekten

Anmerkung: In allen Veröffentlichungen wird selbstverständlich darauf hingewiesen, dass das Projekt vom BMBF gefördert wurde. Dies erfolgt jedoch in verschiedener, informeller Weise, da der formal korrekte Hinweis einschließlich Angabe des Förderkennzeichens nach den besonderen Nebenbestimmungen (BNBest-BMBF 98) 6.5 den Autoren erst nach Fertigstellung der Veröffentlichungen bekannt wurde.

ART+COM. 2002. *Troia VR, eine Ausstellung zur virtuellen Erkundung des antiken Troia.* Infobroschüre Deutsch und Englisch. Berlin.

ASLAN, RÜSTEM , GEBHARD BIEG, PETER JABLONKA & PETRA KRÖNNECK. 2003. Die mittel- bis spätbronzezeitliche Besiedlung (Troia VI und Troia VIIa) der Troas und der Gelibolu-Halbinsel. Ein Überblick, *Studia Troica 13:* 165-216.

BRANDAU, BIRGIT, HARTMUT SCHICKERT & PETER JABLONKA. 2004. *Troia – Wie es wirklich aussah*. München: Piper.

JABLONKA, PETER. 2002. TroiaVR: Ein Virtual Reality-Modell von Troia und der Troas, in FORSCHUNGSGESELLSCHAFT WIENER STADTARCHÄOLOGIE (HG.) *Workshop 6 Archäologie und Computer 2001*. CD-Rom-Publikation. Wien: Forschungsgesellschaft Wiener Stadtarchäologie.

JABLONKA, PETER. Im Druck. Excavating Sites and Archives: Information and Presentation Systems at Troy, in: *Enter the Past*. Proceedings of the 31th CAA conference held in Vienna, 2003.

JABLONKA, PETER, STEFFEN KIRCHNER & JORDI SERANGELI. 2003. A Virtual Reality Model of Troy and the Troad, in: Doerr, Martin & Apostolos Sarris (Hgg.). *The Digital Heritage of Archaeology*. Proceedings of the 30th CAA conference held at Heraklion, Crete, Greece, 2-6 April 2002. Athen: Hellenic Ministry of Culture. 13-18.

KIRCHNER, STEFFEN. 2002. VR-basiertes Wissensmanagement und -marketing in der Archäologie, in: PROJEKTTRÄGER IM DLR E.V. SOFTWARESYSTEME (HG.). *Statustagung des BMBF VR-AR 2002. Virtuelle und Erweiterte Realität, Leipzig 5.-6. November 2002*. Berlin: Manuskriptdruck DLR. 125-131.

KIRCHNER, STEFFEN & PETER JABLONKA. 2001. Virtual archaeology: VR based knowledge management and marketing in archaeology first results – nexts steps, in ARNOLD, DAVID, ALAN CHALMERS & DIETER FELLNER (Hgg.). *Proceedings of the 2001 conference on Virtual reality, archeology, and cultural heritage, Glyfada, Greece*. New York: ACM Press. 235-240.

TROIAVR http://www.uni-tuebingen.de/troia/vr/

5. Literatur- und Quellenverzeichnis zum Schlussbericht

AHRENS, CLAUS. 1990. *Wiederaufgebaute Vorzeit. Archäologische Freilichtmuseen in Europa.* Neumünster: Karl Wachholtz.

ARCHÄOLOGISCHES LANDESMUSEUM BADEN-WÜRTTEMBERG U.A. (HGG.). 2001. *Troia – Traum und Wirklichkeit. Begleitband zur Ausstellung.* Stuttgart: Konrad Theiss.

ARCHAEOLOGY DATA SERVICE http://ads.ahds.ac.uk/

ARCTRON http://www.arctron.de/

ART+COM. 2002. *Troia VR, eine Ausstellung zur virtuellen Erkundung des antiken Troia.* Infobroschüre Deutsch und Englisch. Berlin.

ASLAN, RÜSTEM, STEPHAN BLUM, GABRIELE KASTL, FRANK SCHWEIZER & DIANE THUMM (HGG.). 2002. *Mauerschau: Festschrift für Manfred Korfmann.* Remshalden-Grunbach: Bernhard Albert Greiner.

ASLAN, RÜSTEM , GEBHARD BIEG, PETER JABLONKA & PETRA KRÖNNECK. 2003. Die mittel- bis spätbronzezeitliche Besiedlung (Troia VI und Troia VIIa) der Troas und der Gelibolu-Halbinsel. Ein Überblick, *Studia Troica 13:* 165-216.

BARCELÓ, JUAN A., MAURIZIO FORTE & DONALD A. SANDERS. 2000. *Virtual Reality in Archaeology.* Brithish Archaeological Reports International Series 843. Oxford: Archaeopress.

BLEGEN, CARL W., JOHN L. CASKEY, MARION RAWSON & JEROME SPERLING. 1950. *Troy 1. The First and Second Settlements.* Princeton: University Press.

BLEGEN, CARL W., JOHN L. CASKEY & MARION RAWSON. 1951. *Troy 2. The Third, Fourth, and Fifth Settlement.* Princeton: University Press.

BLEGEN, CARL W., JOHN L. CASKEY & MARION RAWSON. 1953. *Troy 3. The Sixth settlement.* Princeton: University Press.

BLEGEN, CARL W. , CEDRIC G. BOULTER, JOHN L. CASKEY & MARION RAWSON. 1958. *Troy 4. The Settlements VIIa, VIIb and VIII.* Princeton: University Press.

BRANDAU, BIRGIT, HARTMUT SCHICKERT & PETER JABLONKA. 2004. *Troia – Wie es wirklich aussah*. München: Piper.

DÖRPFELD, WILHELM. 1902 (1968). *Troia und Ilion. Ergebnisse der Ausgrabungen in den vorhistorischen und historischen Schichten von Ilion 1870-1894.* Athen: Beck & Barth. (Nachdruck Osnabrück: Otto Zeller).

EASTON, DONALD F. 2002. *Schliemann's Excavations at Troia 1870-1873.* Studia Troica Monographien 2. Mainz: Philipp von Zabern.

EASTON, DONALD F. & BERNHARD WENINGER. 1993. Troia VI Lower Town - Quadrats İ8 and K8: A Test Case for Dating by Pottery Seriation, *Studia Troica 3:* 45-96.

EGGERT, MANFRED K.H. 2001. *Prähistorische Archäologie: Konzepte und Methoden*. UTB 2092. Tübingen – Basel: A. Francke.

FRIRDICH, CHRISTIANE. 1997. Die Keramik der Maritimen Troia-Kultur (Troia I-III), *Studia Troica 7:* 111-258.

HARTMANN, CHRISTIAN. 2001. *ITRF-basierter Aufbau und Integration präziser archäologischer und geowissenschaftlicher Grundlagennetze.* Karlsruhe: Diplomarbeit Fachhochschule Karlsruhe.

HAUßNER, CHRISTOPH & MATTHIAS RAIDT. 2000. *Rüya und der Traum von Troia.* Hamm: Roseni.

JABLONKA, PETER. 2000. Computergestützte Rekonstruktion und Darstellung der Stratigraphie von Troia, *Studia Troica 10:* 99-122.

JABLONKA, PETER. 2002. TroiaVR: Ein Virtual Reality-Modell von Troia und der Troas, in FORSCHUNGSGESELLSCHAFT WIENER STADTARCHÄOLOGIE (HG.) *Workshop 6 Archäologie und Computer 2001*. CD-Rom-Publikation. Wien: Forschungsgesellschaft Wiener Stadtarchäologie.

JABLONKA, PETER. Im Druck. Excavating Sites and Archives: Information and Presentation Systems at Troy, in: *Enter the Past*. Proceedings of the 31th CAA conference held in Vienna, 2003.

JABLONKA, PETER, STEFFEN KIRCHNER & JORDI SERANGELI. 2003. A Virtual Reality Model of Troy and the Troad, in: Doerr, Martin & Apostolos Sarris (Hgg.). *The Digital Heritage of Archaeology*. Proceedings of the 30th CAA conference held at Heraklion, Crete, Greece, 2-6 April 2002. Athen: Hellenic Ministry of Culture. 13-18.

JANSEN, HANS GÜNTER &NORBERT BLINDOW. 2003. The Geophysical Mapping of the Lower City of Troia/Ilion, in: WAGNER, GÜNTHER A., ERNST PERNICKA & HANS-PETER UERPMANN (HGG.). *Troia and the Troad. Scientific Approaches.* Science in Archaeology. 325-340. Berlin – Heidelberg – New York: Springer.

KAYAN, İLHAN , ERTUĞ ÖNER , LEVENT UNCU , BEYCAN HOCAOĞLU & SERDAR VARDAR. 2003. Geoarchaeological interpretations of the "Troian Bay", in: WAGNER, GÜNTHER A., ERNST PERNICKA & HANS-PETER UERPMANN (HGG.). *Troia and the Troad. Scientific Approaches.* Science in Archaeology. Berlin – Heidelberg – New York: Springer. 379-401.

KIRCHNER, STEFFEN. 2002. VR-basiertes Wissensmanagement und -marketing in der Archäologie, in: PROJEKTTRÄGER IM DLR E.V. SOFTWARESYSTEME (HG.). *Statustagung des BMBF VR-AR 2002. Virtuelle und Erweiterte Realität, Leipzig 5.-6. November 2002*. Berlin: Manuskriptdruck DLR. 125-131.

KIRCHNER, STEFFEN & PETER JABLONKA. 2001. Virtual archaeology: VR based knowledge management and marketing in archaeology first results – nexts steps, in ARNOLD, DAVID, ALAN CHALMERS & DIETER FELLNER (Hgg.). *Proceedings of the 2001 conference on Virtual reality, archeology, and cultural heritage, Glyfada, Greece*. New York: ACM Press. 235-240.

KORFMANN, MANFRED (HG.). 1991-2003. *Studia Troica. Band 1-13*. Mainz: Philipp von Zabern.

LOCK, GARY. 2003. *Using Computers in Archaeology. Towards Virtual Pasts.* London – New York: Routledge.

MESSMER, EBERHARD. 1992. Grundlagenvermessung als Basis für ein archäologisches Informationssystem in Troia, *Studia Troica 2:* 71-82.

PROJEKT TROIA. http://www.uni-tuebingen.de/troia/

RIECHE, ANITA & BEATE SCHNEITDER (HGG.). 2002. *Archäologie virtuell. Projekte, Entwicklungen, Tendenzen seit 1995.* Schriften zur Bodendenkmalpflege in Nordrhein-Westfalen 6. Bonn: Habelt.

RIORDEN, ELIZABETH. 1996. Three-Dimensional Aided Drafting (CAD) in Anastylosis: A Case- Study at the Odeion, *Studia Troica 6:* 103-110.

SCHMIDT, HARTWIG. 2000. *Archäologische Denkmäler in Deutschland – rekonstruiert und wiederaufgebaut.* Archäologie in Deutschland Sonderheft 2000. Stuttgart: Konrad Theiss.

TROIAVR http://www.uni-tuebingen.de/troia/vr/

WAGNER, GÜNTHER A., ERNST PERNICKA, HANS-PETER UERPMANN (HGG.). 2003. *Troia and the Troad. Scientific Approaches.* Science in Archaeology. Berlin – Heidelberg – New York: Springer.

WENINGER, BERNHARD. 2002. Pottery Seriation Dating at Troy in the Early Bronze Age, Based on the Cincinnati Classification System, in: ASLAN, RÜSTEM , STEPHAN BLUM, GABRIELE KASTL, FRANK SCHWEIZER & DIANE THUMM (HGG.). *Mauerschau: Festschrift für Manfred Korfmann.*. 1035-1062. Remshalden-Grunbach.

WHEATLEY, DAVID & MARK GILLINGS. 2002. *Spatial Technology and Archaeology*. The archaeological applications of GIS. London – New York: Taylor & Francis.

ZÖLLER, WOLFGANG & ROSEMARIE ACKERMANN. 2001. *Troia, 3000 Jahre im Modell. CD-ROM*. Stuttgart: Konrad Theiss Verlag.

6. Abbildungen 1-19

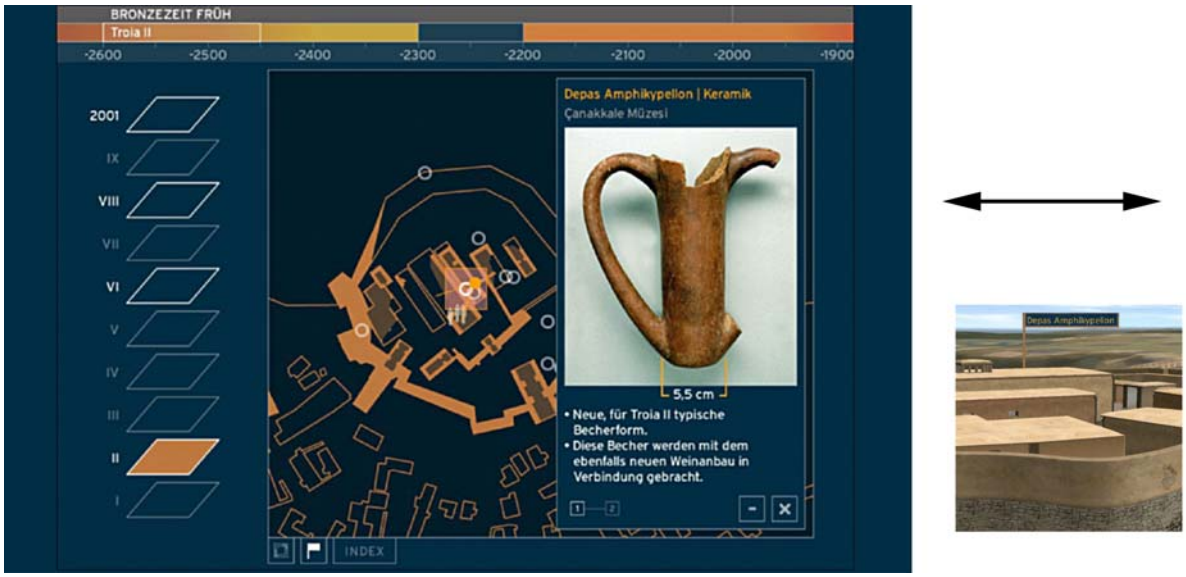

Abb. 1: TroiaVR Präsentationssystem. Interface mit Zeitleiste, Zeitebenen, Plan mit hervorgehobenem Hot spot, Bild- und Textinformation dazu, und dazugehörige 3D-Szene mit durch Fähnchen gekennzeichnetem Hot spot.

Abb. 2: TroiaVR Präsentationssystem. Museumsinstallation als VR-Theater, wie sie ähnlich in der Troia-Ausstellung, Bundeskunsthalle Bonn, realisiert wurde.

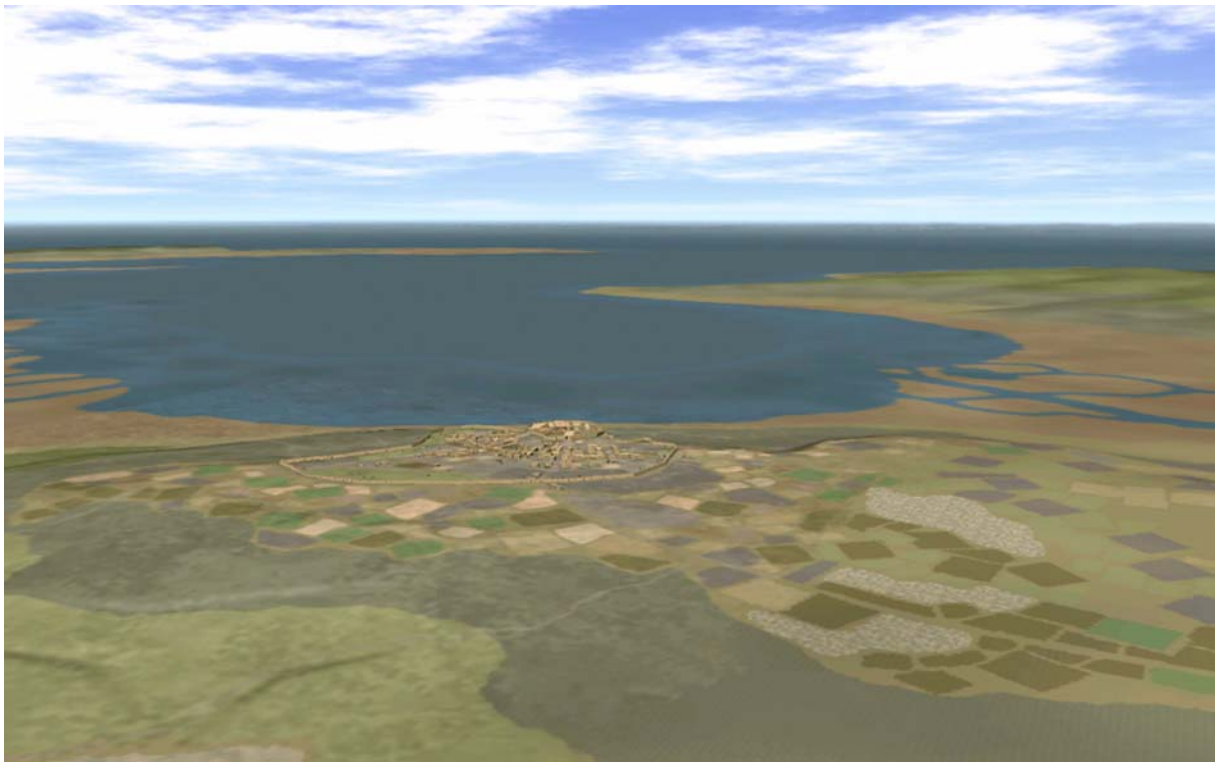

Abb. 3: Troia II (um 2300 v.Chr.), Rekonstruktion von Landschaft und Fundstelle.

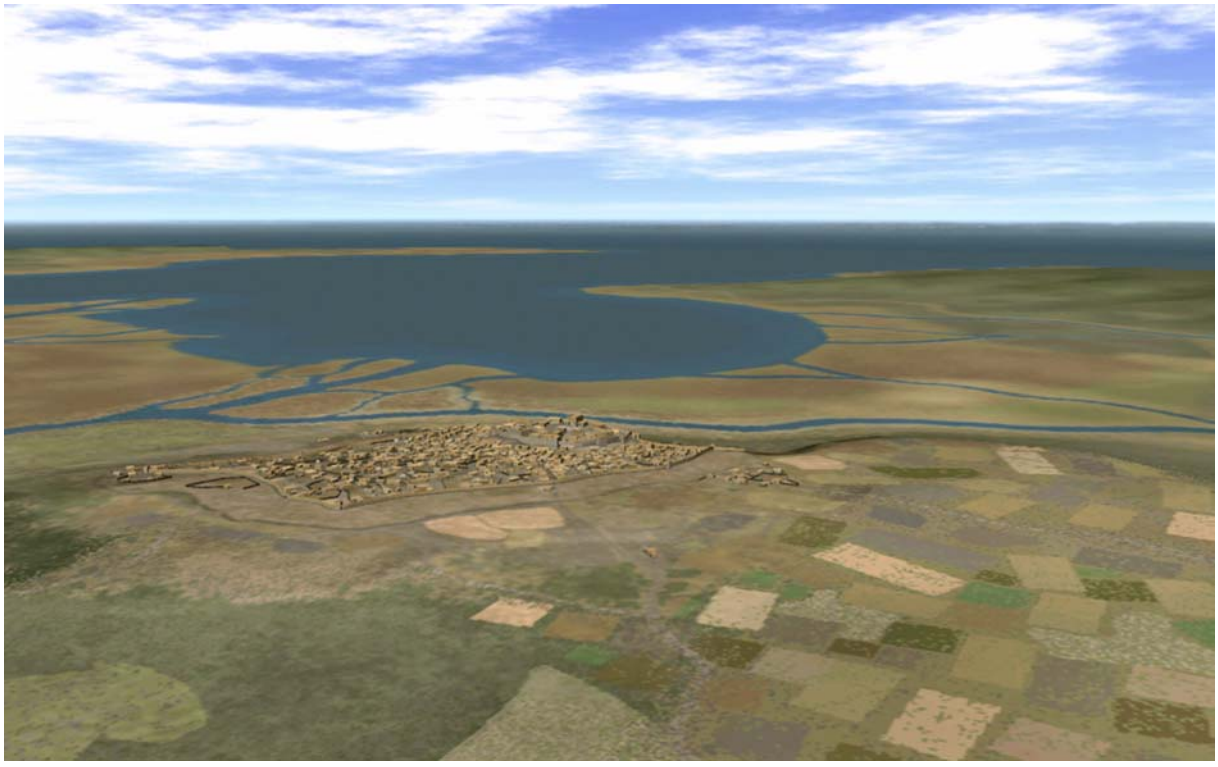

Abb. 4: Troia VI (um 1300 v.Chr.), Rekonstruktion von Landschaft und Fundstelle.

Abb. 5: Troia VIII (um 200 v.Chr.), Rekonstruktion von Landschaft und Fundstelle.

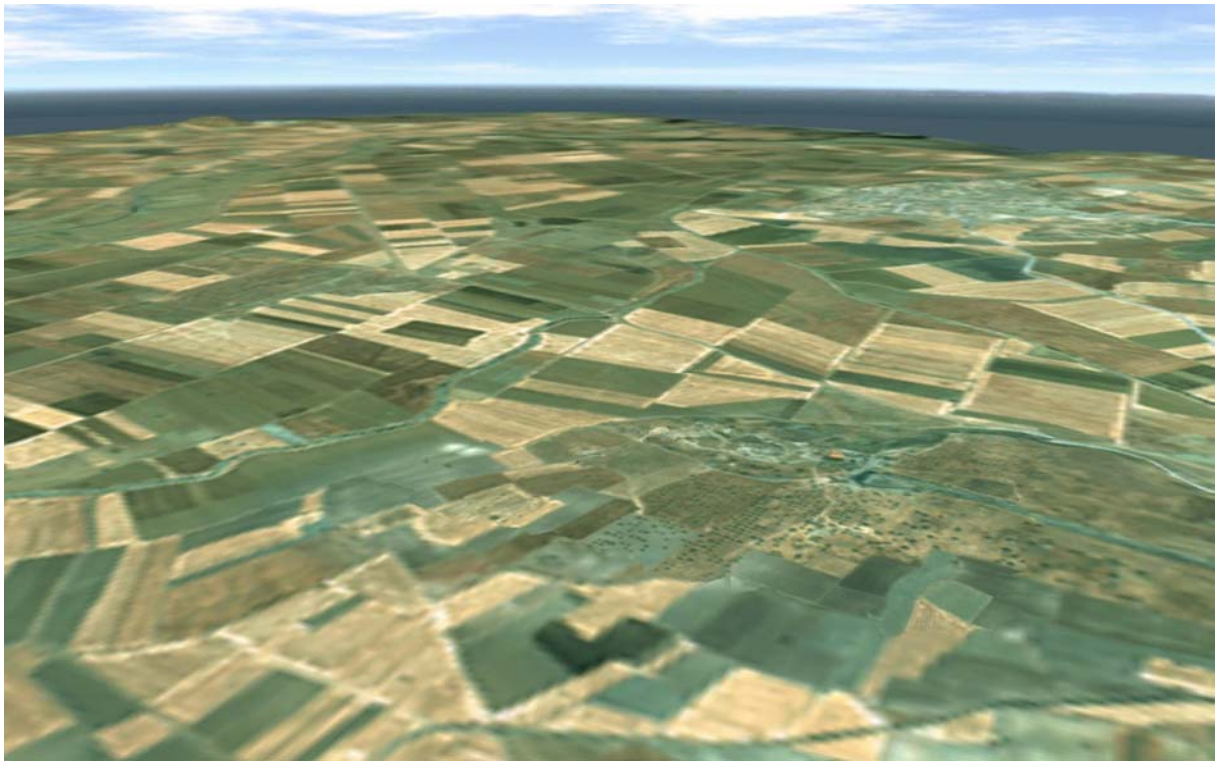

Abb. 6: Troia heute, Darstellung mit Geländemodell und Satellitenbild für VR-Präsentation.

Abb. 7: Rekonstruktion. Troia II, Rampe und Tor zur Burg.

Abb. 8: Rekonstruktion. Troia III, Innenraum eines Megaron-Hauses.

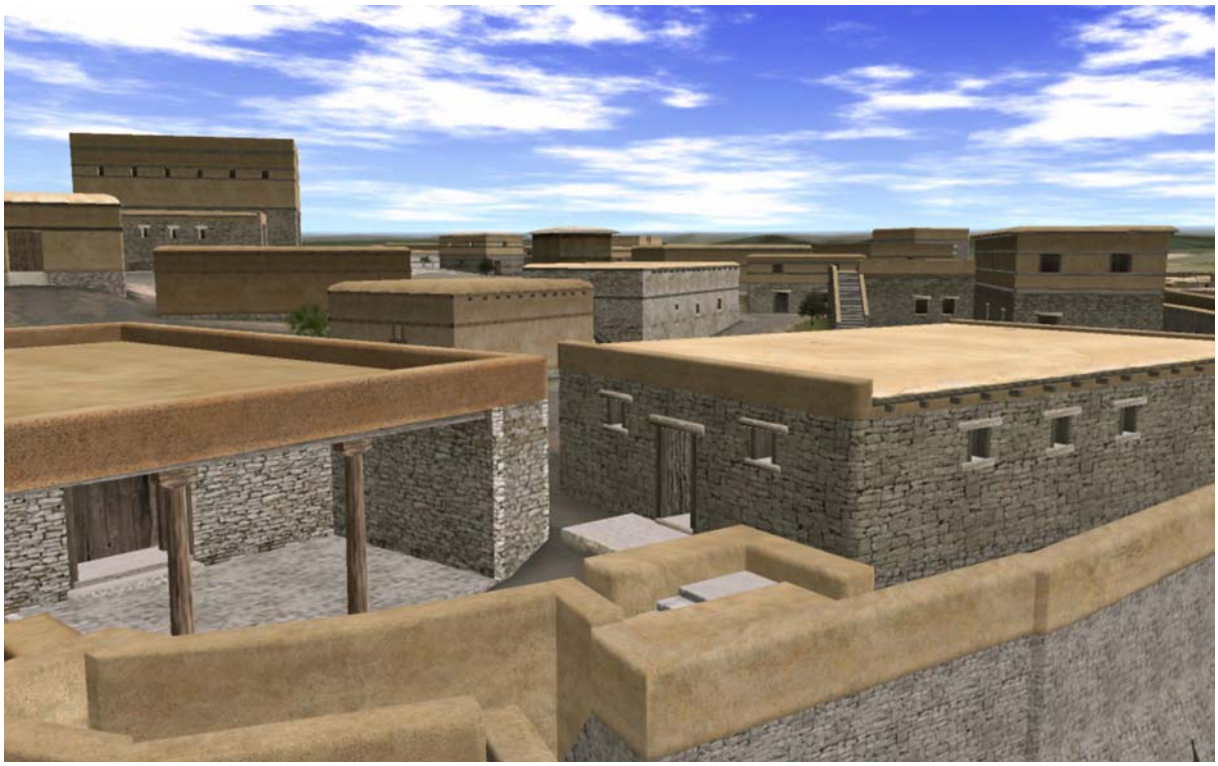

Abb. 9: Rekonstruktion. Troia VI, Blick auf die Burg.

Abb. 10: Rekonstruktion. Troia VII, Innenraum eines Hauses in der Unterstadt.

Abb. 11: Rekonstruktion. Troia VIII, Wohnhaus.

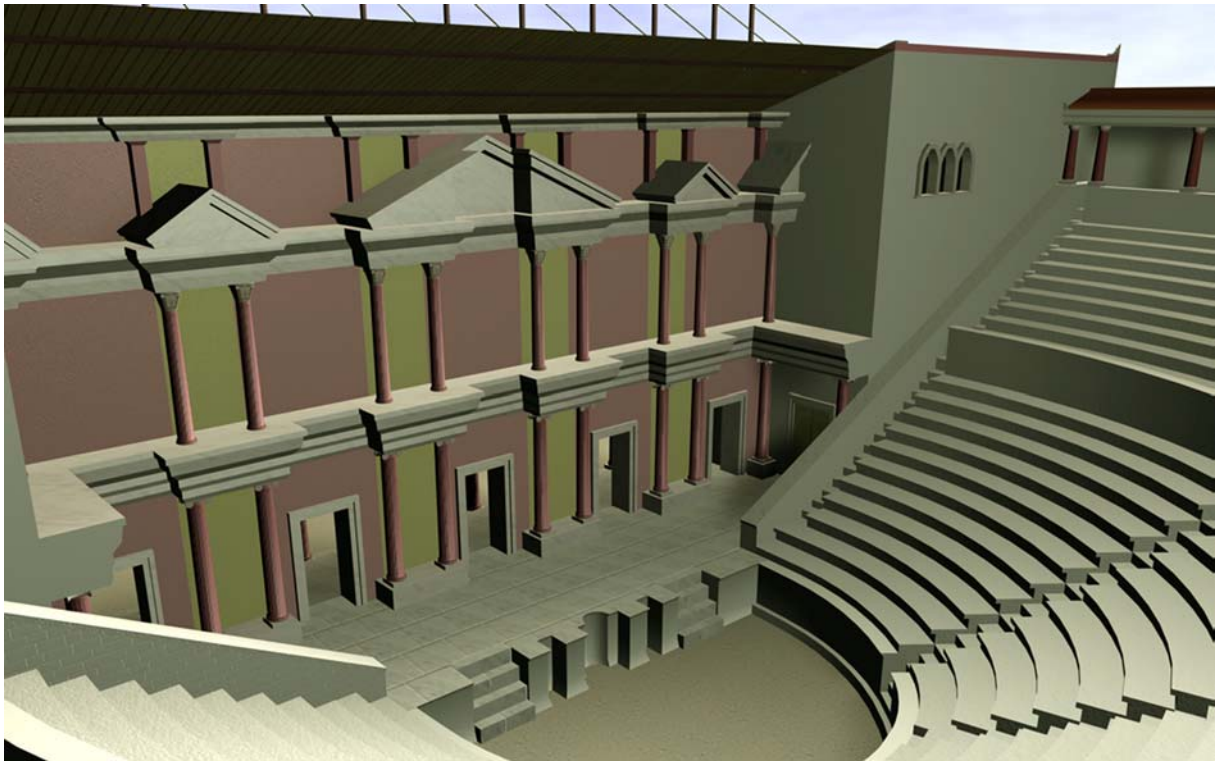

Abb. 12: Rekonstruktion. Troia IX, kleines Theater (Odeion).

Abb. 13: Stilisierte Szenen. Weintrinker und Schatztruhe, Troia II (links oben); Streitwagen und Krieger, Troia VI (rechts oben); Familienszene, Troia VI (links unten); Philosophen oder antike Touristen, Troia VIII (rechts unten).

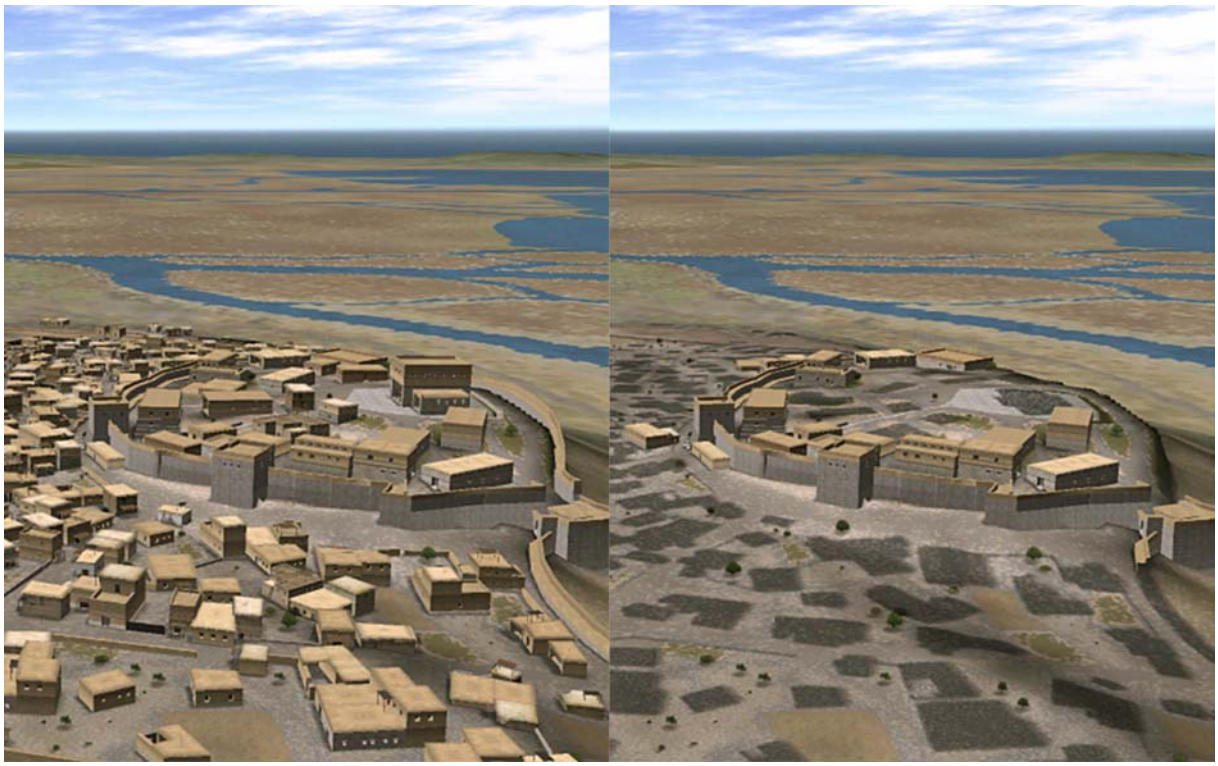

Abb. 14: Rekonstruktion aller (links) und nur der im Grundriss annähernd vollständig erhaltenen Gebäude von Troia VI (rechts).

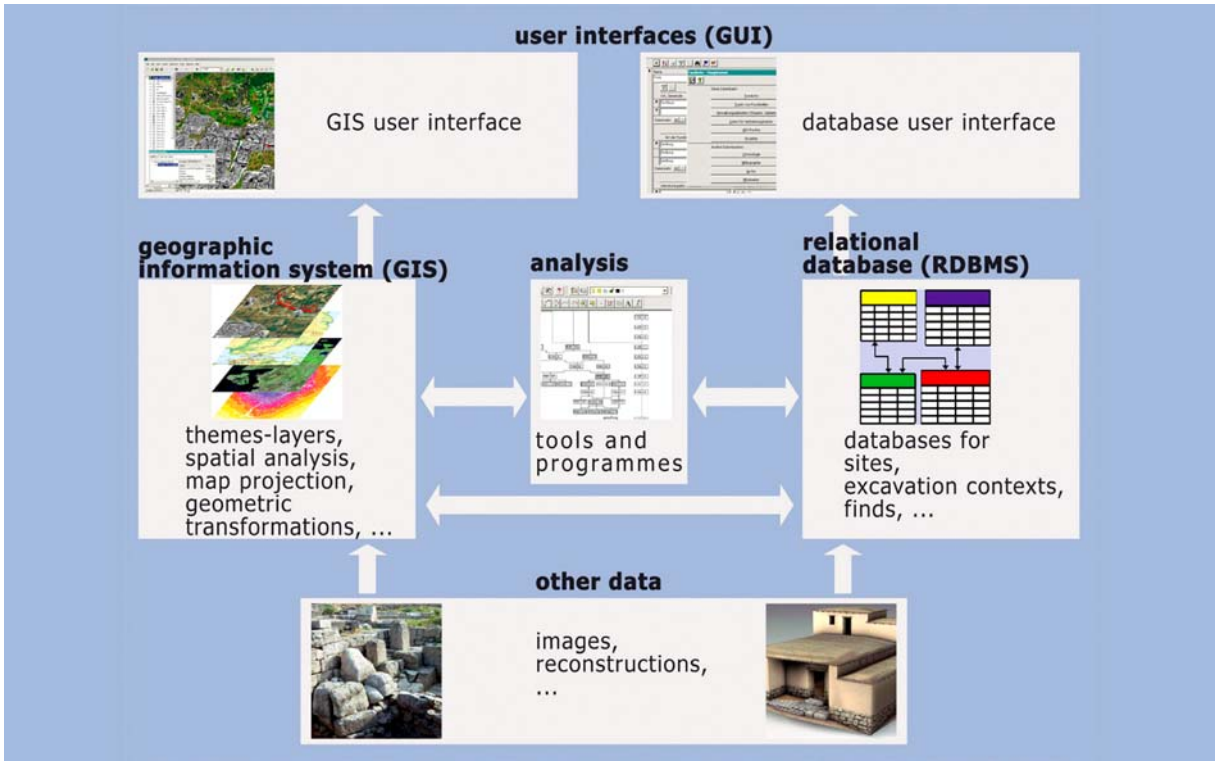

Abb. 15: Technischer Aufbau eines archäologischen Informationssystems (aus JABLONKA, im Druck).

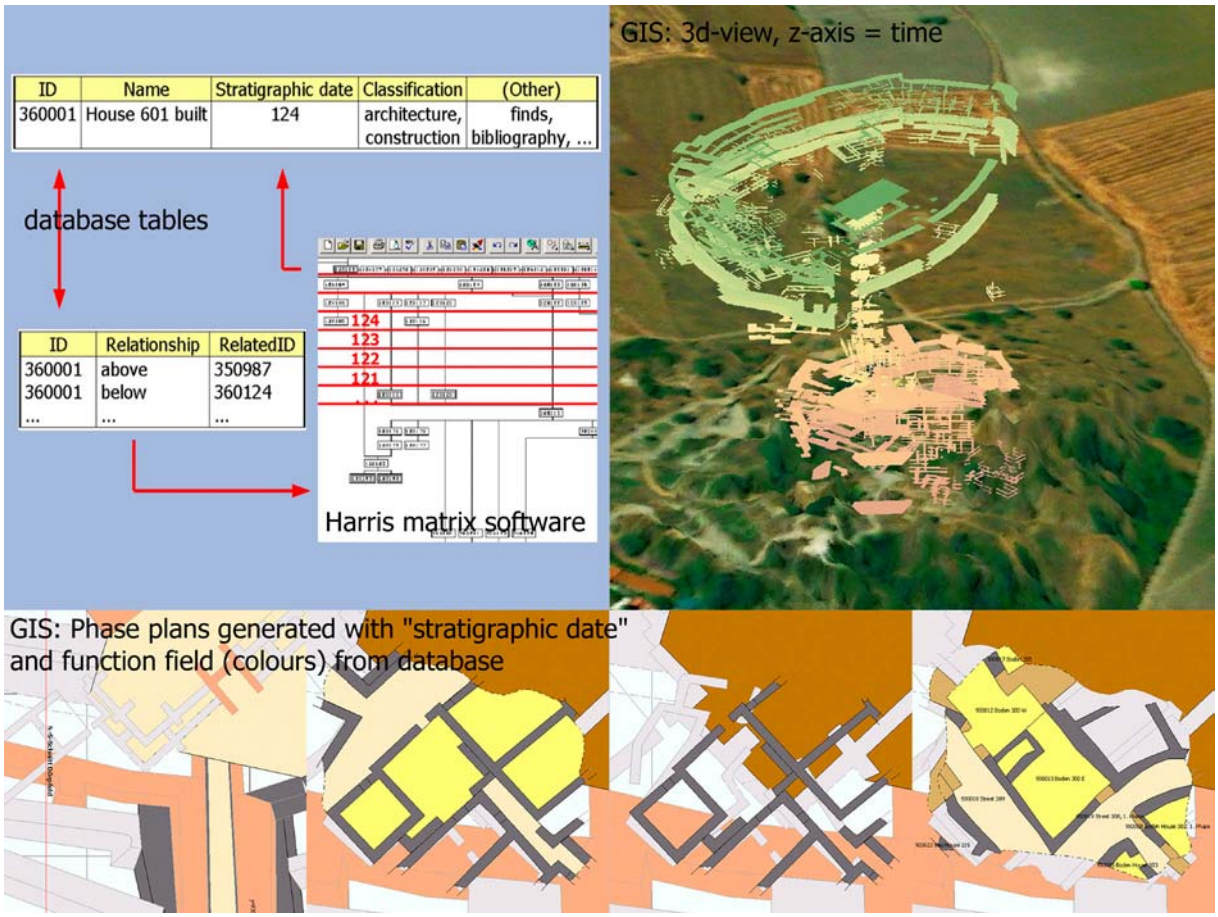

Abb. 16: Berechnung und Darstellung der Stratigraphie (zeitlichen Abfolge) in Troia mit GIS, Datenbank und Archäologie-Software (aus JABLONKA, im Druck).

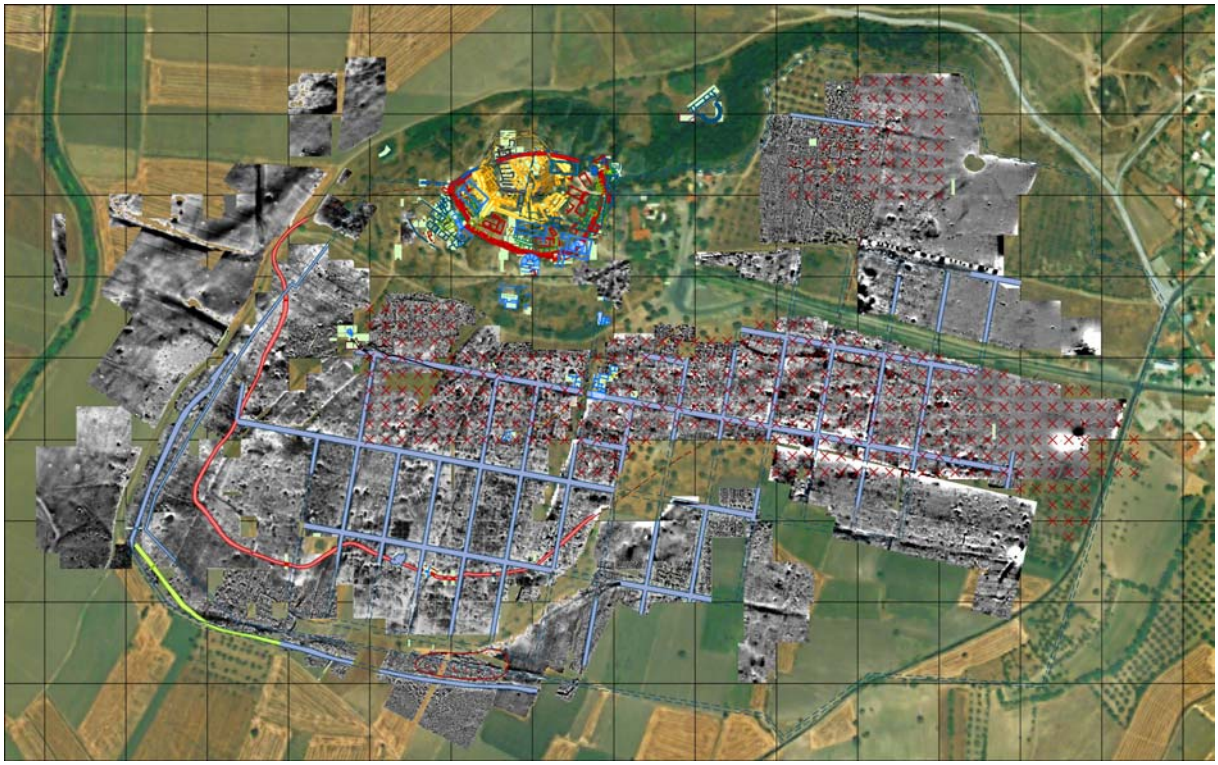

Abb. 17: GIS-Anwendung Troia (Satellitenbild, Archäologie, magnetische Prospektion).

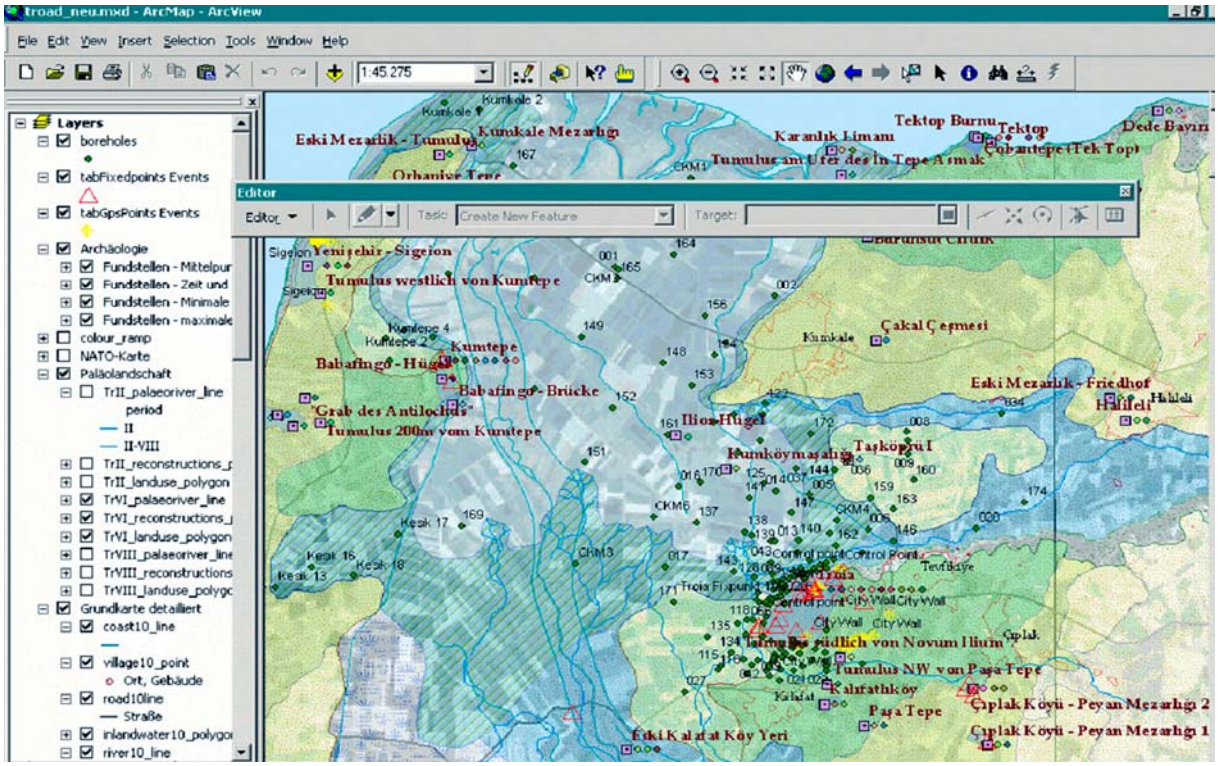

Abb. 18: Screenshot der GIS-Anwendung zur Troas (Archäologie, Paläogeographie, georeferenziertes Satellitenbild).

Abb. 19: 3D-Ansicht der Troas mit archäologischen Fundstellen (Satellitendaten und Höhenmodell).

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN--	2. Berichtsart Schlussbericht
3a. Titel des Berichts Virtuelle Archäologie - TroiaVR. Schlussbericht	
3b. Titel der Publikation ---	
4a. Autoren des Berichts (Name, Vorname(n)) Jablonka, Peter	5. Abschlussdatum des Vorhabens Juli 2003
4b. Autoren der Publikation (Name, Vorname(n)) ---	6. Veröffentlichungsdatum Januar 2004
	7. Form der Publikation Manuskript
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Troia-Projekt, Institut für Ur- und Frühgeschichte und Archäologie des Mittelalters, Universität Tübingen Schloss D-72070-Tübingen	9. Ber. Nr. Durchführende Institution ---
	10. Förderkennzeichen *) 01 IRA 11 B
	11a. Seitenzahl Bericht 37
	11b. Seitenzahl Publikation --
13. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	12. Literaturangaben 41
	14. Tabellen --
	15. Abbildungen 19
16. Zusätzliche Angaben Weitere Publikationen zum Vorhaben sind im Bericht genannt	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) --	

18. Kurzfassung

Mehr als hundert Jahre archäologische Forschung in Troia haben ein gewaltiges Archiv von Forschungsergebnissen in Form von Originaldokumenten, Publikationen und elektronisch verarbeiteten Daten entstehen lassen. Heute ist Troia nach wie vor ein Zentrum der fachwissenschaftlichen Forschung, erfreut sich aber auch großer Popularität bei einem breiten Publikum.
Daraus ergeben sich zwei Aufgaben: 1. Die Integration, Auswertung und Publikation der fachwissenschaftlichen Ergebnisse; 2. Die Präsentation dieser Ergebnisse für die Allgemeinheit.
Mit TroiaVR (Teil des Verbundprojekts Virtuelle Archäologie) wurde untersucht, wie weit Virtual Reality-Technologie (VR) Archäologen bei diesen Aufgaben unterstützen kann.
Es wurde ein Präsentationssystem auf PC-Basis entwickelt, in dem Rekonstruktionen von Architektur und Landschaft mit Kontextinformationen verbunden sind. Das System ist voll interaktiv , erlaubt Echtzeitbewegung im gesamten 3D-Datenraum und wurde in einer Ausstellung über Troia in Form eines VR-Theaters installiert. Die Verbindung von VR-System und Zusatzinformation geht über die reine Präsentation hinaus und weist Züge eines räumlichen Informationssystems auf.
Zur Unterstützung der Forschung und als Datenbasis für VR-Präsentationen wurden existierende Datenbestände und Informationen in einem Informationssystem auf der Basis relationaler Datenbanken und Geographischer Informationssysteme erstellt.
Nachfolgeprojekte zur Weiterentwicklung der Systeme wurden begonnen. Die neuen Präsentations- und Forschungsmöglichkeiten werden nach Projektende weiter intensiv genutzt.

19. Schlagwörter

Archäologie, Virtual Reality, 3D Computergrafik, Datenbanken, Geographische Informationssysteme

20. Verlag ---	21. Preis ---

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN ---	2. Type of Report final report
3a. Report Title Virtuelle Archäologie - TroiaVR. Schlussbericht	
3b. Title of Publication ---	
4a. Author(s) of the Report (Family Name, First Name(s)) Jablonka, Peter	5.End of Project July 2003
	6. Publication Date January 2004
4b. Author(s) of the Publication (Family Name, First Name(s)) ---	7. Form of Publication manuscript
8. Performing Organization(s) (Name, Address) Troia-Projekt, Institut für Ur- und Frühgeschichte und Archäologie des Mittelalters, Universität Tübingen Schloss D-72070-Tübingen	9. Originator's Report No.
	10. Reference No. 01 IRA 11 B
	11a. No. of Pages Report 37
	11b. No. of Pages Publication ---
13. Sponsoring Agency (Name, Address) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	12. No. of References 41
	14. No. of Tables ---
	15. No. of Figures 19
16. Supplementary Notes other publications of the project quoted in report	
17. Presented at (Title, Place, Date) --	

18. Abstract

More than a hundred years of archaeological research at Troy resulted in the creation of a huge archive consisting of manuscript documents, publications, and computerized data. Today Troy is still a focus of research, but it is also extremely popular with the wider public. Thus researchers are faces with two tasks: 1. Integration, analysis, and publication of the results from scientific and scholarly research; 2. Presentation of these results for the general public.

TroiaVR (part of a joint project Virtual Archaeology) looked into possible support virtual reality (VR) technology could offer to accomplish these tasks.

A PC-based presentation system linking reconstructions of architecture and landscape with contextual information has been developed. The fully interactive system allows for real-time movement within the complete 3D-data-space and was installed as a VR-theater during an exhibition on Troy. The connection of VR-system and additional information is not just a presentation, but also implements characteristics of spatial information systems.

To support research and to base the presentation on actual data existing information and data has been integrated into an information system consisting of relational databases and geographic information system applications.

Follow-up projects to further develop these systems have been started. After the end of the project, the new possibilities for research and presentation are intensively used.

19. Keywords

archaeology, virtual reality, 3D computer graphics, databases, geographic information systems

20. Publisher ---	21. Price --

Kontaktadresse:

Dr. Peter Jablonka
Troia Projekt - Project Troia - Troia Projesi
Universität Tübingen - Institut für Ur- und Frühgeschichte
Schloss
D-72070 Tübingen
Tel. ++49-7071-2975288 Fax ++49-7071-295269
Email peter.jablonka@uni-tuebingen.de