Entwicklung eines Internet-Geoinformationssystems für archäologische Fundstätten am Beispiel der omanischen Oase Ibra'

Diplomarbeit
im Studiengang Kartographie

an der
Technischen Fachhochschule Berlin
Fachbereich III

Betreuer Prof. Dr. Bernd Meissner

In Zusammenarbeit mit dem
Deutschen Archäologischen Institut
Orient-Abteilung

Betreuerin Dr. Jutta Häser

Vorgelegt von
Martin Grosch (s700007)
am 11.07.2003

Vorwort

Meinen Jugendtraum zu verwirklichen gelang mir mit dem Studium der Kartographie und insbesondere mit der Auswahl und Anfertigung meiner Diplomarbeit.
Schon seit frühester Jugend habe ich mich für alte Karten, antike Ruinenstätten, mittelalterliche Burgen und faszinierende Geschichten aus fernen Ländern interessiert und versucht, alles mittels Zeichnungen (Karten, Bilder) wiederzugeben. Deshalb war es für mich ein großes Anliegen, diese speziellen Neigungen in meiner Abschlussarbeit zu vereinigen und eine Verbindung zwischen Kartographie und Archäologie zu knüpfen.

An erster Stelle möchte ich meinem Betreuer Herrn Prof. Dr. rer. nat. Bernd Meissner danken, da erst durch seine Initiative und Kontakte zum Deutschen Archäologischen Institut diese Arbeit verwirklicht werden konnte. Jederzeit hatte er für meine Probleme und Fragen ein offenes Ohr und stand mir mit Rat und Tat zur Seite.
Weiterhin gilt mein Dank Frau Dr. phil. Jutta Häser, die mich als Archäologin mit den für dieses Projekt relevanten Daten versorgte und mich bei der Gestaltung und archäologischen Fragestellungen beriet und unterstützte.

Auch den Mitarbeitern des Fachbereichs III, die mir mit ihrem Wissen in fachlicher und technischer Hinsicht zur Seite standen, möchte ich danken. Herr Dipl.-Math. Norbert Knorr unterstützte mich bei der technischen Ausgestaltung des Systems und Herr Dipl.-Geograph Daniel Wyss stand mir für GIS-spezifische Fragen zur Verfügung.

Abschließend danke ich auch meiner Mutter Frau Dr. med. Gisela Grosch, die mich vor allem moralisch begleitete und die Möglichkeit bot, meine Diplomarbeit in Ruhe und Konzentration anzufertigen.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis I

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis III

Abbildungen im Text III

Abbildungen im Anhang IV

Tabellen IV

1. Einleitung 1

1.1 Aufgabenstellung und Ziel der Arbeit 2

1.2 Archäologie und Geoinformationssysteme 3

1.3 Aufbau der schriftlichen Arbeit 5

2. Vorstellung des Projektgebietes 6

2.1 Der Oman 6

2.2 Die Oase Ibra' 11

3. Geographische Informationssysteme 15

3.1 Definition 15

3.2 Aufbau eines GIS 17

3.2.1 Objektbildung 18

3.2.2 Das Vierkomponenten-Modell 20

3.3 GIS und Internet 22

3.4 Ausblick 24

4. Die AutoCAD-Produktfamilie 25

4.1 Warum die Programme der AutoCAD-Familie verwendet werden? 25

4.2 AutoCAD Map 2000 26

4.3 Autodesk MapGuide 6 27

5. Datengrundlagen und Vorgehensweise 29

5.1 Datengrundlagen 29

5.1.1 Satellitenbilder 31

5.1.2 Sachdaten 35

5.2 Konzept 35

5.3 Gewinnung von räumlichen Daten 37

5.3.1 Bildinterpretation 37

5.3.2 Digitalisierung 41

5.4 Anbindung von Sachdaten 44

5.5 Datenbearbeitung und Datenexport 49

5.6 Gestaltung des Internet-Geoinformationssystems 53
5.7 Erstellung der Internetpräsentation 59
6. Schlussbetrachtung und Ausblick 61
6.1 Ergebnisse 61
6.2 Fazit 62
6.3 Ausblick 63
Abkürzungsverzeichnis 64
Quellenverzeichnis 65
Literatur, Karten und Bilder 65
Internet 66
Anhang A

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungen im Text

Abb. 1: Der Stein von Rosette – ein erstes einfaches Informationssystem 1
Abb. 2: Übersichtskarte des Oman 7
Abb. 3: Ansichten des Sultanats Oman 8
Abb. 4: Handelsrouten der omanischen Seefahrer 10
Abb. 5: Teilansicht des Oman mit dem östlichen Hajar-Gebirge 11
Abb. 6: Ansichten der Oasensiedlung von Ibra' 12
Abb. 7: Ruine eines altes herrschaftlichen Handelshauses in al-Manzafa (18. Jahrhundert) 13
Abb. 8: Schematische Darstellung verschiedener Ebenen in einem Geoinformationssystems 16
Abb. 9: Definition eines Objektes 18
Abb. 10: Geometriedaten und deren graphische Gestaltung 19
Abb. 11: Bildschirmoberfläche von AutoCAD Map 2000 26
Abb. 12: Die Bildschirmoberfläche von Autodesk MapGuide Author 28
Abb. 13: Das elektromagnetische Spektrum und die Bereiche verschiedener Sensoren 32
Abb. 14: Schematische Darstellung der Abtastung mit einem optisch-mechanischen Scanner 33
Abb. 15: Bildaufnahme mit einer CCD-Bildzeile 33
Abb. 16: „Konzeptbaum" – der Weg zum Projekt-Ziel 36
Abb. 17: Beispiele für unterschiedliche Objektformen 40
Abb. 18: Beispiele für unterschiedliche Funktionen von Siedlungsflächen 40
Abb. 19: Schematische Darstellung des Interpretationsvorgangs 41
Abb. 20: Bildschirmoberfläche von AutoCAD Map 2000 mit zusätzlichen Anmerkungen 41
Abb. 21: Dialogfelder für das Zuordnen eines globalen Koordinatensystems 42
Abb. 22: Dialogfeld für den Layereigenschaften-Manager 43
Abb. 23: Benutzeroberfläche von ArcView GIS 3.2 mit zusätzlichen Erläuterungen 46
Abb. 24: Bildschirmoberfläche der ArcToolbox 46
Abb. 25: Datenansichtsfenster mit zusätzlichen Erläuterungen 48
Abb. 26: Dialogfeld zur Definierung von Abfragen 50
Abb. 27: Dialogfeld zur Erstellung einer Objektdatentabelle 51
Abb. 28: Dialogfeld für das Zuordnen von Objektdaten 51
Abb. 29: Dialogfeld zum Export von Daten in das SDF-Format 52
Abb. 30: Bildschirmoberfläche von Autodesk MapGuide Author mit zusätzlichen Anmerkungen 54
Abb. 31: Dialogfeld für die Festlegung der Eigenschaften des Kartenfensters 56
Abb. 32: Dialogfeld zur Einrichtung und Gestaltung der Layer 57
Abb. 33: Bildschirmoberfläche des Symbol-Managers 58
Abb. 34: Bildschirmoberfläche vom Programm Raster Workshop 59

Abbildungen im Anhang

Abb. I: Internetseiten zur Präsentation des erstellten Internet-Geoinformationssystems _____A
Abb. II: Bildschirmoberfläche von Autodesk MapGuide Viewer mit zusätzlichen Anmerkungen B
Abb. III: Kartenausschnitt mit verschiedenen Objekten mit zusätzlichen Anmerkungen _____B
Abb. IV: Kartenausschnitt mit Satellitenbildunterlegung _____C
Abb. V: Wiedergabe spezieller Sachverhalte _____C
Abb. VI: Auswahl einer Verknüpfung zu einer Webseite _____D
Abb. VII: Darstellung der Siedlung al-Manzafa _____D
Abb. VIII: Einstellungen für das Zoomen nach Maßstab _____E
Abb. IX: Einstellungen zur Auswahl von Kartenobjekten _____E
Abb. X: Auswahl der Funktion zur Messung von Entfernungen _____E
Abb. XI: Darstellung einer Entfernungsmessung über mehrere Punkte _____F
Abb. XII: Einrichtung eines Puffers _____F
Abb. XIII: Darstellung des erstellten Puffers in der Karte _____F

Tabellen

Tabelle 1: Vergleich zwischen Satellitenbildern und topographischen Karten _____ 34

1. Einleitung

Pyramiden, legendäre Steinmonumente, geheimnisvolle Schrifttafeln, Tempelanlagen, versunkene Städte und sagenumwobene Heldenfiguren beflügeln schon seit Jahrhunderten die Phantasie der Menschen. Eine der ersten großen wissenschaftlichen Unternehmungen der Neuzeit, die sowohl durch machtpolitische Erwägungen als auch durch einen großen Forschergeist getragen wurden, war der Ägyptenfeldzug Napoleons (1798-99). Durch teilnehmende Wissenschaftler konnten während dieser Kampagne unzählige wichtige Entdeckungen gemacht werden, die in die neu entstehende Wissenschaft der Ägyptologie – ein Teilbereich der Archäologie – einflossen. Eine bedeutsame Errungenschaft, die im Zusammenhang mit dieser Unternehmung stand, war die Entschlüsselung der auf dem Stein von Rosette befindlichen ägyptischen Hieroglyphen.(1)

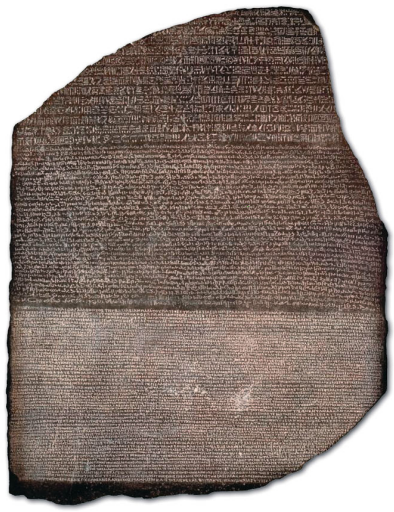

Abb. 1: Der Stein von Rosette – ein erstes einfaches Informationssystem
Quelle: (19)

Die Archäologie beschäftigt sich mit den Geheimnissen unserer Vergangenheit und deren Hinterlassenschaften und versucht dabei, die Mysterien, Traditionen und Lebensweisen unserer Vorfahren zu erfassen, zu deuten und zukünftigen Generationen nahe zu bringen. Der Erhalt des Wissens aus vergangenen Zeiten ist eine der grundlegenden Aspekte, die den Nutzen und die Bedeutung der Archäologie in heutiger Zeit verdeutlichen. Diese Fachdisziplin trägt aber auch dazu bei, bestehende Gegebenheiten, die gegenwärtig zunehmend in Vergessenheit geraten zu dokumentieren und wieder ins Gedächtnis der Menschen zu holen. Die hierbei verwendeten Techniken gehen durch die immer größer werdende Anzahl von Entdeckungen und Erkenntnissen über die einfachen Werkzeuge wie Pinsel, Spachtel und Arbeitskarte hinaus. Für archäologische Untersuchungen werden vermehrt die Hilfsmittel der Fernerkundung (Luft- und Satellitenbilder) und der digitalen Kartographie genutzt. In diesem Zusammenhang gewinnen auch zunehmend geographische Informationssysteme mit ihren umfangreichen Analyse- und Präsentationsmethoden an Bedeutung.

1.1 Aufgabenstellung und Ziel der Arbeit

Die Dokumentation von Ausgrabungsstellen und Fundobjekten ist eine fundamentale Aufgabe der Archäologie. Die hierbei gewonnenen Daten sollen nicht nur verwaltet, sondern auch für weiterführende Fragestellungen und Analysen genutzt werden, um das Wissen über die untersuchten Gebiete zu erweitern und Rückschlüsse auf bestehende Gegebenheiten zuzulassen.

Das der vorliegenden Arbeit zugrunde liegende interdisziplinäre Projekt – Transformationsprozesse in Oasensiedlungen in Oman – befasst sich seit 1999 mit den im Wandel begriffenen Siedlungen im Norden des Oman. Hierfür wurden zwei repräsentative Untersuchungsschnitte festgelegt, die verschiedene Oasensiedlungen abdecken. Das Hauptaugenmerk der laufenden Forschungen reicht von der Erfassung der historischen, architektonischen und städtebaulichen Eigenheiten und Vielfalt der einzelnen Siedlungen bis hin zur Untersuchung des Naturraums. Da der Oman bis Anfang der siebziger Jahre des 20. Jahrhunderts durch eine langanhaltende Isolation gekennzeichnet war, konnten sich viele althergebrachte Lebensweisen und bauliche Besonderheiten erhalten, wodurch das Land reich an traditionellem Wissen ist. Durch den in den letzten Jahrzehnten stattfindenden rasanten gesellschaftlichen, ökonomischen und kulturellen Umbruch besteht die Gefahr, dass diese lebendige Kulturlandschaft völlig verloren geht. In dieser Hinsicht ist es von größter Bedeutung, die bestehende ökonomische und gesellschaftliche Konstellation zu dokumentieren und für die Nachwelt zu erhalten. (DIENER et al. 2003, S. 15) Verschiedene Universitäten (Tübingen, Kassel, Stuttgart und Muscat) und Institutionen sind an dem Projekt beteiligt, wobei der Orient-Abteilung des Deutschen Archäologischen Instituts die Leitung des archäologischen Arbeitsbereichs obliegt (HÄSER 2000, S. 115). Das Deutsche Archäologische Institut ist als „wissenschaftliche Korporation“ eine Bundeseinrichtung, die dem Auswärtigen Amt untersteht. Die etwa 100 Fachwissenschaftler und andere auswärtige Mitarbeiter führen Forschungen im Bereich der Archäologie und ihrer Nachbarwissenschaften durch, die sich nicht nur auf Deutschland beziehen, sondern auch durch Tätigkeiten im Ausland gekennzeichnet sind.(2) Bei den stattfindenden Forschungen im Oasenprojekt in Oman sind Wissenschaftler verschiedenster Fachdisziplinen (Archäologen, Architekten, Ethnographen, Stadtplaner, Computerspezialisten usw.) vertreten, um das gesamte Spektrum der historischen Entwicklung und den heutigen Wandel zu erfassen und mögliche Perspektiven für die Zukunft aufzuzeigen (HÄSER 2000, S. 115). In diesem Zusammenhang ist zu den laufenden Untersuchungen zur Oasensiedlung von Ibra’ die vorliegende Arbeit entstanden, der folgende Aufgabenstellung zugrunde liegt:

Entwicklung eines Internet-Geoinformationssystems für archäologische Fundstätten am Beispiel der omanischen Oase Ibra'.

In Zusammenarbeit mit dem Deutschen Archäologischen Institut besteht das Ziel dieses Projektes darin, ein Geoinformationssystem (GIS) zu entwickeln, das zur Visualisierung

der entdeckten Fundplätze genutzt werden kann und eine ansprechende Präsentationsplattform für die Untersuchungsergebnisse bietet. Hierbei kommt die Internettechnologie zum Einsatz, die sich durch ihre weltumspannende Zugänglichkeit auszeichnet und somit als Portal für einen großen Benutzerkreis verwendet werden kann. Bei der Visualisierung der Fundstellen wird großer Wert auf die lagetreue und zeitlich korrekte Einordnung, aber auch auf eine ansprechende und leicht verständliche Symbolik gelegt. Neben der Darstellung der Fundorte fließen auch naturräumliche Gegebenheiten in das System ein. Dies zeigt sich in markanten topographischen Merkmalen. Dadurch erhält man nicht nur eine größere Anschaulichkeit, sondern auch eine umfangreichere Bearbeitungs- und Analysevielfalt. Das entstehende Geoinformationssystem soll einerseits die Verfügbarkeit der Untersuchungsergebnisse für verschiedene Anwendungsbereiche sicherstellen, andererseits die Sensibilität für die Gegebenheiten in den Oasensiedlungen des Oman und anderer Regionen fördern. Dieses Konzept fungiert auch als ein Pilotprojekt, um den Nutzen von Internet-Geoinformationssystemen in der Archäologie zu testen und zu verdeutlichen. Vom kartographischen Standpunkt aus bietet dieses Projekt in vielerlei Hinsicht wichtige Impulse, sowohl bei der Entwicklung und Gestaltung des Geoinformationssystems, als auch in der Verknüpfung verschiedener Fachdisziplinen, wodurch die Bedeutung der Kartographie bei der Mitwirkung an solchen Projekten gut verdeutlicht werden kann. Bezüglich der verwendeten Software wird eine zusätzliche Untersuchung durchgeführt, um Funktionalität und Leistungsstärke der Programme im Rahmen von Geoinformationssystemen zu prüfen. Aufbauend auf diese Arbeit ist für die Zukunft ein Ausbau des entwickelten Systems für andere Fachbereiche angedacht. Der folgende Abschnitt soll einen kurzen Einblick in die Bedeutung von Geoinformationssystemen für die Archäologie geben und somit die Sensibilität für diesen Themenbereich steigern. Hierbei wird keine vertiefende theoretische Betrachtung der GIS-Technologie vorgenommen, da in Kapitel 3 näher auf dieses Thema eingegangen wird.

1.2 Archäologie und Geoinformationssysteme

Die heutige Zeit ist durch ständig neue Errungenschaften gekennzeichnet, die in den verschiedensten Bereichen unseres Lebens Einzug halten. Auch für Wissenschaft und Forschung ist es eine zwingende Notwendigkeit, mit der Entwicklung Schritt zu halten und neue Technologien in Anspruch zu nehmen, um aussagekräftige und praktikable Ergebnisse zu erzielen. So werden in der Archäologie z. B. Roboter eingesetzt, die der Cheops-Pyramide ihre letzten Geheimnisse entlocken. Aber auch komplexe Computersysteme kommen zur Anwendung, die, wie im Falle des antiken Troja, mittels 3D-Animation alte Stadtstrukturen wieder zum Leben erwecken. Daraus wird ersichtlich, dass viele neue, teilweise sehr experimentelle Methoden und Techniken zu einem wichtigen Hilfsmittel geworden sind, wie beispielsweise die Verwendung von Luft- und Satellitenbildern. Seit dem Ersten Weltkrieg bedient sich die archäologische Fachdisziplin der Luftbildinterpretation zur Entdeckung, Dokumentation und Erforschung historischer Stätten. Dabei haben

sich zwei markante Merkmale bei der Nutzung von Luftbildern herauskristallisiert, die in heutiger Zeit nicht mehr aus der Archäologie wegzudenken sind. Unter bestimmten Bedingungen können durch Luftbilder zum einen archäologische Objekte wahrgenommen werden, z. B. alte Siedlungsreste, die an der Oberfläche nicht mehr oder kaum noch sichtbar sind, zum anderen erhält man durch dieses Medium einen besseren Überblick über ein Untersuchungsgebiet, wodurch örtliche Zusammenhänge und Grundrissformen besser erkenntlich werden. (ALBERTZ 2001, S. 210 f.)

Ende des 20. Jahrhunderts hat die Computertechnologie hinsichtlich der Datenaufnahme und -verarbeitung verstärkt Einzug gehalten. In diesem Zusammenhang entwickelten sich geographische Informationssysteme zu einem kompetenten und hilfreichen Werkzeug in der archäologischen Forschung mit einem enormen Entwicklungspotential. Die Bedeutung und der Nutzen von Geoinformationssystemen soll im Folgenden anhand charakteristischer Merkmale kurz beleuchtet werden.

Geoinformationssysteme bieten heute die Möglichkeit eines leistungsstarken und effizienten Datenmanagements, wodurch die Bearbeitungszeiten von räumlichen Informationen enorm reduziert werden. Durch verschiedene und sich weiterentwickelnde räumliche Analysemethoden und die Kombination unterschiedlicher Datenmaterialien, wie Luft- und Satellitenbilder und thematische Daten, lassen sich aussagekräftige und vielseitige Ergebnisse gewinnen. Somit bietet diese Technologie die Möglichkeit, vielgestaltige Modelle der Vergangenheit zu kreieren, die in der archäologischen Forschung wissenschaftlichen Tests unterzogen werden können (WITCHER 1999, S. 19). Die Entwicklungsumgebung eines Geoinformationssystems erlaubt weiterhin, Resultate der Forschung auf verschiedenste Art und Weise zu veröffentlichen und zu präsentieren (digitale oder gedruckte kartographische Produkte [Karten], multimediale Anwendungen, interaktive graphische Präsentationen usw.) (PREYSLER et al. 1999, S. 133 ff.). Mit Hilfe der GIS-Technologie lassen sich aber nicht nur archäologische Daten einer effektiveren Nutzung zuführen, sondern es können auch bevorstehende Arbeiten im Vorfeld einer Untersuchung besser geplant werden. Dies kann zur Kostenminimierung und Steigerung der Forschungseffizienz beitragen. (WITCHER 1999, S. 19 f.) Trotzdem darf man bei all den Vorteilen eines Geoinformationssystems nie außer Acht lassen, dass es sich hierbei um eine sehr junge Technologie handelt, die noch durch viele „Kinderkrankheiten“ gekennzeichnet ist. In wissenschaftlicher Hinsicht kann es bei falscher Handhabung der teilweise begrenzten Ausrichtung der Analysewerkzeuge dazu kommen, dass zwar auf den ersten Blick eindrucksvolle Bearbeitungsergebnisse archäologischer Daten gewonnen werden, die aber bei näherer Betrachtung eine unrealistische und irreführende Aussage ergeben (PREYSLER et al. 1999, S. 133).

Ein Anliegen dieser Arbeit besteht somit darin, das Potential von Geoinformationssystemen in der Archäologie aufzuzeigen und zu verdeutlichen.

1.3 Aufbau der schriftlichen Arbeit

Die Struktur der schriftlichen Ausarbeitung ist so ausgerichtet, dass mit Hilfe der einzelnen Kapitel ein kontinuierlicher Aufbau der Sachverhalte vorgenommen und das Projekt in all seinen Fassetten wiedergegeben wird. Hierbei ist die vorliegende Arbeit dahingehend aufgebaut, dass in den ersten vier Kapiteln durch die Darstellung wichtiger theoretischer Aspekte die Wissensgrundlage gelegt wird, die zum richtigen Verständnis der praktischen Abhandlungen in Kapitel 5 führt. Kapitel 2 gibt einen kurzen Überblick über das Gebiet der archäologischen Untersuchung, indem sowohl der Oman mit seinen Eigenheiten kurz beleuchtet, als auch die für das Projekt relevante Oasensiedlung von Ibra' beschrieben wird. In Kapitel 3 erfolgt die Vorstellung von Geoinformationssystemen, wobei Bedeutung und Nutzen, sowie der Aufbau dieser Technologie im Vordergrund stehen. Einen Einblick in die für die Entwicklung des Internet-Geoinformationssystems wesentlichen Programme kann man in Kapitel 4 bekommen.

Neben der Betrachtung theoretischer Gesichtspunkte ist ein weiterer Schwerpunkt die Darstellung der zur Erstellung des Systems notwendigen praktischen Schritte. Innerhalb des Themenbereichs – Datengrundlagen und Vorgehensweise – werden alle für den Aufbau des Geoinformationssystems relevanten Arbeitsschritte aufgezeigt. Dieses Kapitel soll die wesentlichen Aspekte in der Konzeption des Internet-Geoinformationssystems erklären. Um die Vielfalt und Aussagekraft der schriftlichen Ausführungen zu vervollkommnen, werden zu exemplarischen, praktischen Erläuterungen auch zusätzliche theoretische Anmerkungen zu speziellen Themenbereichen gebracht. Dadurch erhöht sich einerseits die Anschaulichkeit, andererseits erhält man eine abgerundete thematische Einheit. Am Ende wird im Kapitel 6 ein Resümee gezogen. Darin werden nicht nur die Ergebnisse der Diplomarbeit vorgestellt, sondern auch eine abschließende Betrachtung und ein Ausblick auf Entwicklungstendenzen gegeben. Im Anhang werden beispielhafte und aussagekräftige Abbildungen des erstellten Internet-Geoinformationssystems gezeigt, die auf anschauliche Weise die Ergebnisse dieses Projektes nochmals darlegen.

2. Vorstellung des Projektgebietes

Das aktuelle Projekt befasst sich in seiner wissenschaftlichen und thematischen Arbeit mit dem auf der Arabischen Halbinsel gelegenen Sultanat Oman. Das Hauptaugenmerk der Untersuchungen richtet sich auf die sich im Wandel befindlichen Oasensiedlungen des Landes. Durch eine jahrelange internationale Isolation des Sultanats und die ab den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts rasante kulturelle, soziale und wirtschaftliche Entwicklung, ist der Oman zu einem beispielhaften und enorm wichtigen Forschungsgebiet herangereift. Das kaum erforschte Land weist trotz der rapiden Entwicklung noch traditionelle Lebensweisen in ihren gesellschaftlich-ökologischen Zusammenhängen auf. Durch den gewaltigen Wandel der letzten Jahrzehnte hat der Oman und hierbei besonders die Oasenkulturen eine für viele andere Gebiete dieser Region charakteristische Entwicklung genommen. Im vorliegenden Kapitel soll ein Einblick in das Land und die untersuchte Oasensiedlung Ibra' gegeben werden.

2.1 Der Oman

Der Oman – oft auch als „Das Weihrauchland" bezeichnet – ist in aller Welt als Land der Seefahrer bekannt. Viele der in den Erzählungen aus Tausendundeiner Nacht beschriebenen Geschichten und die Pracht des Orients treffen auf den Oman zu. Sogar die Erzählungen von Sindbad werden mit dem Sultanat verbunden. So stößt man auf den Spuren des legendären Seefahrers auf die alte, ehrwürdige Hafenstadt Sohar, die für sich den Titel beansprucht, der Heimathafen dieses sagenumwobenen Seefahrers zu sein. Im 9. Jahrhundert galt die Stadt als das „Tor zu China und zu den Warenlagern des Orients" und bildete somit den wichtigsten und reichsten Hafen der damaligen islamischen Welt. (POPP 1996, S. 15)

Durch seine günstige geographische Lage entwickelte sich der Oman zu der wohl bedeutendste Seefahrernation des Orients. Das Sultanat liegt am so genannten „Horn von Arabien", im äußersten Südosten der Arabischen Halbinsel. Die Hauptstadt des Landes ist Muscat. Auf einer Fläche von 212.457 km^2 leben heute rund 1,6 Millionen Einwohner, wodurch der Oman einer der am dünnsten besiedelten Länder der Erde ist (8 Einw./km^2). Somit wird auch verständlich, dass eines der auffälligsten Merkmale des Oman die Dominanz der Natur über den Menschen ist. (ECO VERLAG GMBH (Hrsg.) 2000, S. 148)

Das Land ist durch ausgeprägte Gegensätze innerhalb der dortigen Landschaft geprägt. Das Relief lässt sich in vier Teilbereiche untergliedern. Im Norden befindet sich vor dem felsigen Oman-Gebirge (Hajar) die Küstenebene Batina, die sich von Muscat bis nach Sohar erstreckt und durch einen schmalen fruchtbaren Oasengürtel entlang der Küste gekennzeichnet ist. Im Süden erhebt sich das Bergland Dhofar, das als das historische Weihrauchland bekannt ist. Zwischen diesen beiden Gebieten erstreckt sich eine ausgedehnte Ebene, die den größten Teil des Landes einnimmt. Im Landesinneren befindet sich eine

ausgedehnte Geröll- und Schotterwüste, welche von den dort lebenden Beduinen als Jiddat al-Harasis bezeichnet wird. (KABASCI und FRANZISKY 1996, S. 142 ff.)

Abb. 2: Übersichtskarte des Oman
Quelle: (20)

Der Oman grenzt an die Staaten Jemen (Süden), Saudi-Arabien und die Vereinigten Arabischen Emirate (Westen). Im Norden befindet sich die Exklave Musandam an der Straße von Hormuz, die fast vollständig von den Vereinten Arabischen Emiraten umgeben ist. Im Osten besitzt das Sultanat eine natürliche Grenze, eine 1700 km lange Küstenlinie zum Golf von Oman und zum Arabischen Meer. Aus dieser natürlichen Gegebenheit heraus ist verständlich, warum sich der Oman zu einem Seefahrerstaat entwickelte. (KABASCI und FRANZISKY 1996, S. 142)

Obwohl der Handel und die Ausbeutung der Rohstoffquellen in den verschiedenen Perioden wichtige Aspekte in der Ökonomie des Omans waren, bildeten Landwirtschaft und Fischerei immer die wirtschaftliche Grundlage für das Land. Unter der jetzigen Regierung von Sultan Qaboos wurde der verarmte Agrarstaat zu einem wohlhabenden Ölland ausgebaut. Mit den in der Erdöl- und Gasindustrie erwirtschafteten Geldern konnte die marode Infrastruktur und veraltete Landwirtschaft des Landes modernisiert und für die Zukunft fit gemacht werden. (KABASCI und FRANZISKY 1996, S. 213)

Intensive Landwirtschaft wird in der Küstenebene von Batina betrieben (Bewässerung durch Grundwasser); in den anderen Regionen kann, bedingt durch die trockenen klimatischen Verhältnisse, nur durch ein über Jahrhunderte ausgeklügeltes Bewässerungssystem (falaj) der Anbau von Nutzpflanzen gewährleistet werden. Hauptanbauprodukte sind neben

Datteln – den süßen Früchten vom „Baum des Lebens“ – auch Getreide, Gemüse und andere Früchte. Im Dhofar gedeihen bei hoher Luftfeuchtigkeit und Monsunwinden nicht nur die Weihrauchbäume, sondern auch zahlreiche Obst- und Gemüsesorten, wie z. B. Kokospalmen, Bananen und Mangos. Ein weiterer wichtiger Zweig der omanischen Landwirtschaft ist die Viehzucht. Das Sultanat gilt als größter Viehzüchter der Golfregion. (KABASCI und FRANZISKY 1996, S. 219 f.)

Heute haben neben der Erdölindustrie und der Landwirtschaft auch andere Wirtschaftszweige an Bedeutung gewonnen, wie beispielsweise der Abbau mineralischer Bodenschätze, die Leichtindustrie, das Handwerk und der sich entwickelnde sanfte Tourismus. Hinsichtlich der Bodenschätze spielt der Oman in der Golfregion eine nicht zu unterschätzende Rolle, auch wenn die Förderung von Erdöl mit rund 39 Millionen Tonnen pro Jahr weit hinter der Fördermenge z. B. von Saudi-Arabien oder Kuwait liegt (Popp 1996, S. 14). Das Sultanat gilt als das an Bodenschätzen (Kupfer, Chrom, Magnesium usw.) reichste Gebiete der Arabischen Halbinsel, wobei die Förderung der Rohstoffe die sicherste Wirtschaftsgrundlage für die Zukunft darstellt (KABASCI und FRANZISKY 1996, S. 233 ff.).

Heute wird zunehmend in die Nicht-Erdölindustrie investiert, um das Land von den bestehenden internationalen Abhängigkeiten zu lösen und eine sichere Basis für spätere Generationen zu schaffen (KABASCI und FRANZISKY 1996, S. 214).

Der Oman ist durch eine lebhafte Geschichte gekennzeichnet, die heute noch vielerorts zu erkennen und zu spüren ist, wie z. B. an den vielen über das Land verstreut liegenden Forts und Wohnburgen.

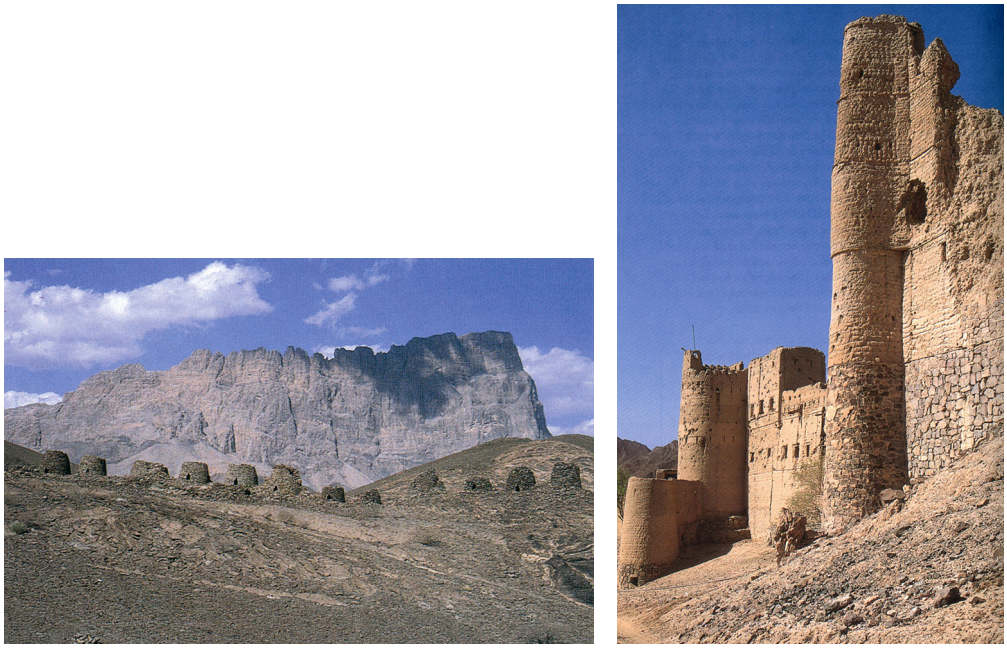

Abb. 3: Ansichten des Sultanats Oman
Links: Landschaft mit Gräbern bei al-Ayn. Rechts: Festungsruine von Bahla
Quelle: KABASCI, FRANZISKY 1996, S. 432 (links); POPP 1996, S. 172 (rechts)

Die Besiedlung des Oman durch den modernen Menschen geht in das 8. Jahrtausend v. Chr. zurück. Die Menschen lebten im Inneren des Landes ausschließlich von der Jagd. Um 3000 v. Chr. wurden sie sesshaft und lebten in ersten Oasensiedlungen. Schon damals war dies nur mit Hilfe von Bewässerungssystemen möglich. Während der Umm an-Nar Periode (2700-2000 v. Chr.), die durch ihre schönen Grabbauten bekannt ist, erlangt die Region eine erste kulturelle Blüte. In sumerischen Keilschrifttexten wird zu jener Zeit das Land Magan erwähnt, aus welchem Kupfer in die antiken Reiche der damaligen Zeit exportiert wurde. Zahlreiche Historiker vermuten, dass sich dieses Magan im Norden des heutigen Oman befand. (KABASCI und FRANZISKY 1996, S. 171 f.)

Ein weitaus bekannterer Teil des Landes ist der Dhofar. Diese Region des Oman und angrenzende Gebiete des Jemen werden auch als das berühmte Weihrauchland umschrieben. In der antiken Welt stellte der Weihrauch eine der kostbarsten Rohstoffe dar. Das aus dem Weihrauchbaum gewonnene Harz wird auch als die „Tränen der Götter“ bezeichnet. Der weltweite Handel mit diesem hochwertigen Rohstoff prägte und verband die Kulturen. Die genaue Lage des Anbaugebietes war zu jener Zeit das bestgehütetste Geheimnis. So ersannen die Weihrauchhändler clevere Geschichten, um sich neugierige Kundschafter vom Hals zu halten und eine gute marktstrategische Lage aufzubauen. In einem Bericht des griechischen Geschichtsschreibers Herodot (um 450 v. Chr.) wird überliefert, dass geflügelte Schlangen die Weihrauchbäume bewachen. (KABASCI und FRANZISKY 1996, S. 531 f.)

Im Jahre 563 v. Chr. begann durch die Eroberungen des Achämenidenkönigs Kyros II. die Herrschaft der Perser, die oft in Zusammenhang mit der Wiederbelebung des Seehandels und der Errichtung von Bewässerungsanlagen gebracht wird (KABASCI und FRANZISKY 1996, S. 178). Bereits im frühen 1. Jahrtausend v. Chr. wurde eine auch heute noch verwendete Bewässerungstechnologie, das sogenannte Falaj-System, genutzt. Die Falaj-Kanäle ermöglichten einen effektiveren Gebrauch des unterirdischen Wassers, was zum Anstieg der Besiedlungsdichte führte. Im sechsten Jahrhundert v. Chr. wird diese Art der Bewässerung zum ersten Mal in historischen Quellen erwähnt und soll ihren Ursprung im persischen Hochland haben (KABASCI und FRANZISKY 1996, S. 221). Es sind verschiedene Legenden über die Einführung dieser Technologie im Umlauf, doch ist bis heute ungeklärt, ob sie vor Ort entwickelt oder aus einer anderen Region eingeführt wurde. Auch der Zeitpunkt ihrer Entstehung bleibt noch zu untersuchen.

Einer alten und heute noch gern erzählten Überlieferung zufolge, flog der berühmte König Salomon auf einem Teppich zusammen mit seinen Geistern über das trockene und ausgedörrte Land. Die Menschen lebten in bitterer Armut und Elend. Auf die Frage hin, ob er ihnen helfen könne, baten sie ihn um Wasser. Mit Hilfe seiner Geister, den djinn, wurde in sieben Tagen ein riesiges Netz aus teilweise unterirdisch verlaufenden Bewässerungskanälen angelegt. (POPP 1996, S. 40 ff.)

Nach der Einführung des Islam im Jahre 630 n. Chr. entwickelte sich der Oman auf Grund seiner günstigen Lage und der großen Erfahrung in der Navigation und dem Schiff-

bau zur führenden Handelsmacht der Islamischen Welt. Im Jahre 660 eröffnete man den Handelsweg nach China und ermöglichte so den Warenaustausch mit kostbaren Rohstoffen, wie z. B. Porzellan und Seide. Zu jener Zeit galten omanische Seefahrer, wie Abu Ubaida ibn Abdullah ibn Qassim, als die erfolgreichsten ihrer Zeit. Ein weiterer wichtiger Faktor für diese Entwicklung war zum einen die nahezu dreitausendjährige Erfahrung im Seehandel und zum anderen das Heraushalten aus jeglichen Konflikten, wodurch man sich gänzlich auf den Handel konzentrieren konnte. (POPP 1996, S. 55 f.)

Über die folgenden Jahrhunderte hinweg konnte sich der Oman als eine führende Handelsmacht behaupten, obgleich es immer wieder zu Invasionen durch andere Staaten kam. Im Jahre 1507 begann der Einfall der Portugiesen, deren Anliegen es war, die Kontrolle über den Seehandel nach Indien zu erlangen. Im Jahre 1650 endete ihre Herrschaft durch den Fall der Hafenstadt Muscat. (KABASCI und FRANZISKY 1996, S. 185 ff.)

Mit Beginn der Regierung von Said bin Sultan (1804) erlangte der Oman seine größte Ausdehnung und erstreckte sich vom Shatt el Arab bis in den Norden Mosambiks. Said bin Sultan wurde aufgrund seiner vielen Handelskontakte als „der heimliche Herrscher“ über die arabische Küste bezeichnet. Sansibar erlangte während jener Epoche Ruhm und Glanz und wurde wirtschaftlicher Mittelpunkt des Sultanats. Bis in das 19. Jahrhundert war der Oman durch seine weitläufigen Handelsbeziehungen ein Bindeglied zwischen den verschiedenen Kulturen, Völkern und Ländern. (POPP 1996, S. 16 f.)

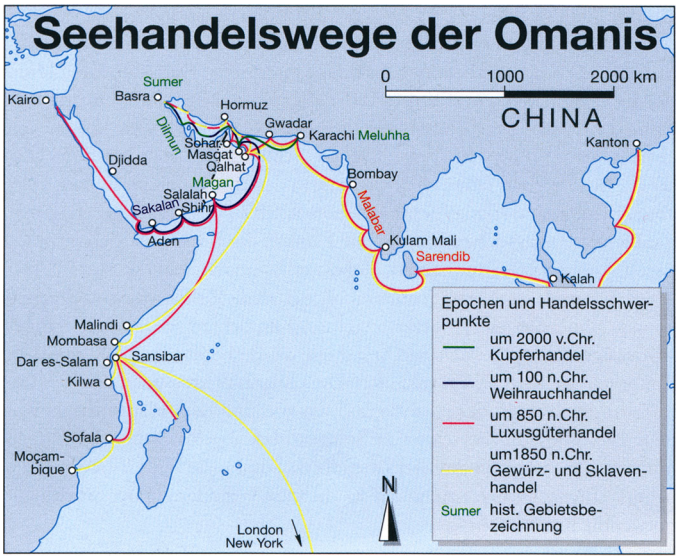

Abb. 4: Handelsrouten der omanischen Seefahrer
Quelle: POPP 1996, S. 60

Nach dem Tod der schillernden Sultanpersönlichkeit versank das Land in der Bedeutungslosigkeit. Bis in das Jahr 1970 schottete sich das Sultanat von der Außenwelt ab und die Menschen lebten in völliger Isolation und Rückständigkeit. Gerade deshalb erhielten sich viele traditionelle Lebensweisen und ein unerschöpfliches Wissen aus alten Zeiten. (POPP 1996, S. 17)

Mit der Regierungsübernahme durch Sultan Qaboos begann die Renaissance und das Aufblühen des Oman, der sich zu einem Modellstaat der arabischen Welt entwickelte, in dem Toleranz und der Erhalt der Tradition von besonderer Bedeutung sind (POPP 1996, S. 17 ff.).

2.2 Die Oase Ibra'

Die Oase Ibra', welche im Rahmen des interdisziplinären Projektes „Transformationsprozesse in Oasensiedlungen" erstmalig archäologisch untersucht wurde, ist innerhalb dieses Projektes die flächenmäßig größte Oasensiedlung. Ibra' liegt am Fuße des östlichen Hajar-Gebirges, am Zusammenfluss zweier großer Wadis (Wadi Ibra', Wadi Gharbi), die sich im Gebiet der Oase mit weiteren zahlreichen kleinen Zuflüssen vereinigen. (DIENER et al. 2003, S. 15 f.)

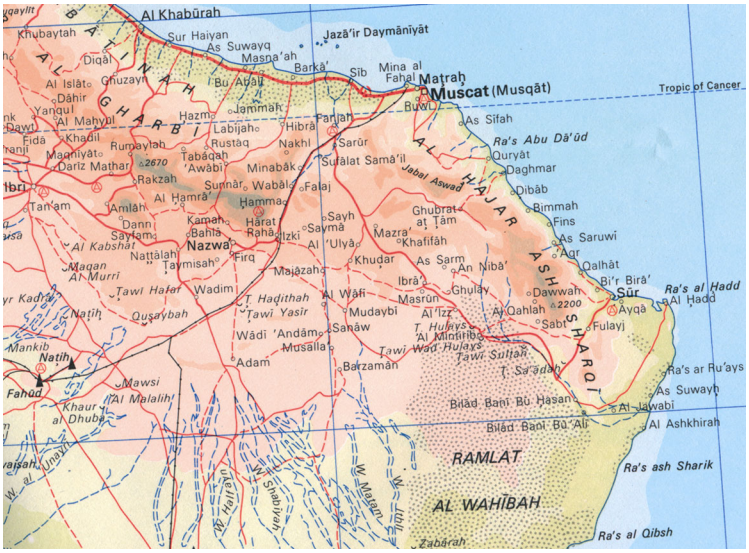

Abb. 5: Teilansicht des Oman mit dem östlichen Hajar-Gebirge
Quelle: JOHN BARTHOLOMEW & SON LTD 1978

Mit ca. 25.000 Einwohnern bildet die Oase den Hauptort der Provinz Sharqiya und besitzt dadurch eine große Anzahl von wichtigen öffentlichen Einrichtungen (Verwaltungssitz der Provinz, Fachhochschule, Krankenhaus etc.). Das historisch gewachsene und traditionelle Siedlungsgebiet von Ibra' unterteilt sich in zwei Bereiche – Ober-Ibra' ('Alayat Ibra') und Unter-Ibra' (Sufalat Ibra'). Es liegt auf der von den beiden großen Wadis umfassten Halbinsel und zu beiden Seiten am Unterlauf des Wadi Ibra' südlich der Einmündung des Wadi Gharbi in das Wadi Ibra'. Diese Zweiteilung beruht nicht nur auf den natürlichen Gegebenheiten, sondern auch auf der entsprechenden Stammeszugehörigkeit. Ober-Ibra' (Nordteil der Halbinsel) ist die Domäne der Maskari, in Unter-Ibra' (am Unterlauf des Wadi Ibra') leben die Harihi. Beide Stammesgruppen pflegten eine jahrhundertlange Fehde, die heute noch durch die vielen Wohnburgen und das Brachland zwischen den beiden Siedlungen erkennbar ist. Diese „Bannmeile" wird zu beiden Seiten von Wehrtürmen flankiert (Abb. 6).(DIENER et al. 2003, S. 16)

Abb. 6: Ansichten der Oasensiedlung von Ibra'
Links: „Bannmeile" zwischen Ober- und Unter-Ibra'; Rechts: Traditioneller Siedlungskern von Ober-Ibra'
Quelle: DAI, ORIENT-ABTEILUNG 2003

Eine alte Geschichte berichtet, dass sich bei einer Seefahrt nach Sansibar auf einem Schiff unter den Reisenden zahlreiche Harihi und nur ein einzelner Maskari befanden. Dieser begann auf hoher See ein Loch in den Rumpf des Schiffes zu schlagen, um das Boot zum Kentern zu bringen. Als sein Versuch fehlschlug, fragte man bei einem Verhör den Maskari, warum er das getan habe, worauf er antwortete: „Das Leben eines Maskari für hundert Harihi". (POPP 1996, S. 209)

Die Wehrtürme, die dem inneren Gleichgewicht der Oase dienten, findet man aber auch an den Rändern der Siedlung. Sie wurden gemeinschaftlich unterhalten und fungierten ebenso als Schutz vor äußeren Feinden. (DIENER et al. 2003, S. 16)

Durch ihre Stammeszugehörigkeit sind die benachbarten Dörfer al-Hazm, an-Nasib, ath-Thabti und al-Yahmadi Ober-Ibra' zugeordnet, wodurch sich dieser Teil der Oase durch eine große Weitläufigkeit auszeichnet. Im Gegensatz dazu steht Unter-Ibra', das aus vielen kleinen eng miteinander verbundenen Ortsteilen aufgebaut ist. Hierbei stellt al-Qanatir den traditionellen Hauptort von Unter-Ibra' dar. Trotz der vielen schon längst verlassenen und verfallenen Gebäude lässt sich heute noch gut das soziale und ökonomische Gefüge dieser alten Siedlung erkennen. Jeder der beiden Hauptorte mit seinen sich anschließenden Palmengärten bildet durch die bestehenden Strukturen ein unabhängiges Zentrum, welches durch das Vorhandensein eines Marktes und einer Freitagsmoschee gekennzeichnet ist. (DIENER et al. 2003, S. 16 f.)

Die Geschichte von Ibra' ist wechselvoll und durch einige interessante Gegebenheiten gekennzeichnet. Die historische Siedlungsentwicklung reicht weit in die vorislamische Zeit zurück. Durch die archäologischen Untersuchungen konnten Hinweise einer Besiedlung, die älter als das 3. Jahrtausend v. Chr. ist, gefunden werden. Ibra' selbst wird erstmalig im Jahre 762 n. Chr. in einer Quelle erwähnt. In ihr wird berichtet, dass die in Ibra' lebenden Harihi in eine Revolte verwickelt waren und bei einem Angriff der Julanda-Herrscher vierzig Mann verloren. Ein bedeutender geschichtlicher Zeitraum war Mitte des 18. Jahrhunderts. Zu jener Zeit begannen von Ibra' aus lang anhaltende Expansions- und Kolonisati-

onsbewegungen in die Sharqiya hinein (gemeint ist der östliche Teil des Nord-Oman), wodurch sich viele neue Oasensiedlungen in dieser Region entwickelten. (KORN 2002, S. 5 f.)

Ein tiefgreifender Wandel innerhalb der Oase fand in den siebziger Jahren des 19. Jahrhunderts statt, als durch den Bau der Fernstraße von Muscat nach Sur eine Verlagerung der Oase an das Westufer des Wadi Ibra' begann. Durch die Verlagerung des Siedlungsschwerpunktes wurden die alten traditionellen Ortskerne nach und nach verlassen und es kristallisierte sich das heutige Bild der Oase heraus, das sich durch ein über 20 km langes Siedlungsband auszeichnet. Auch gegenwärtig ist noch eine klar zu erkennende Zweiteilung ersichtlich, die aber durch einige öffentliche Einrichtungen, wie z. B. eine neue Freitagsmoschee und einen öffentlichen Park, unterbrochen wird. Beide Bereiche weisen eine hohe Anzahl öffentlicher Gebäude und klar parzellierter Wohnquartiere auf, wobei das neu geschaffene Zentrum in Unter-Ibra' durch den modernen Suq (Marktplatz) einen stärkeren kommerziellen Charakter trägt. Ober-Ibra' entwickelte sich zum Verwaltungszentrum mit dem Sitz des Wali, der Provinz- und der Stadtverwaltung. (DIENER et al. 2003, S. 17)

Die traditionelle Wirtschaftsgrundlage war in Ibra', wie auch in den anderen Teilen des Oman, die Landwirtschaft und hierbei besonders der Anbau von Dattelpalmen und anderen Kulturpflanzen, wie beispielsweise Getreide und Gemüse. In den Randzonen der Oase betrieben die Bewohner Viehhaltung (Kamele, Schafe und Ziegen). Zahlreiche Palmengärten und Felder lassen die beschriebenen Strukturen heute noch erkennen. In der Gegenwart arbeitet jedoch nur noch ein Teil der Bevölkerung in der Landwirtschaft. Mehr und mehr Menschen verdienen ihr Geld in der Verwaltung, in der Erdölbranche und im Dienstleistungssektor. So ist Ibra' einer der wichtigsten Markt- und Handelsplätze dieser Region, nicht nur für die eigene Bevölkerung, sondern auch für die umliegenden Oasensiedlungen und viele Nomadenfamilien. Der Handel spielte schon immer eine nicht unwesentliche Rolle. Viele herrschaftliche Häuser konnten durch die in Ostafrika getätigten Handelsgeschäfte errichtet werden. (KORN 2002, S. 4)

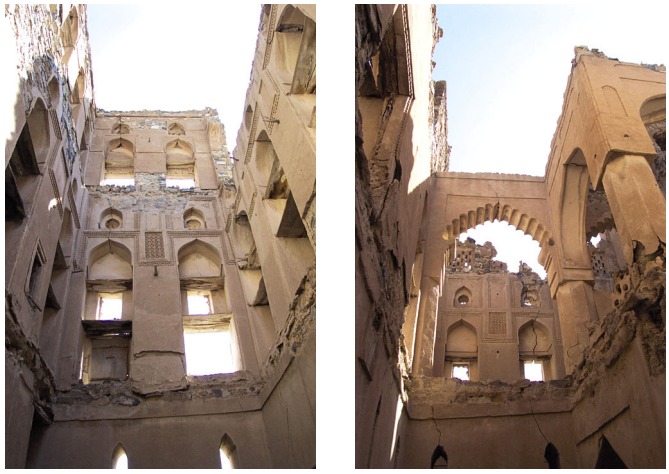

Abb. 7: Ruine eines altes herrschaftlichen Handelshauses in al-Manzafa (18. Jahrhundert)

Quelle: DAI, ORIENT-ABTEILUNG 2003

Beide Stammesgruppen besaßen viele Besitzungen in Ostafrika und auf Sansibar. So geht aus Berichten hervor, dass die Harihi die Gründer der Hauptstadt von Somalia – Mogadischu – seien und die Maskari über längere Zeit die Gouverneure von Mombasa in Kenia stellten. (KABASCI und FRANZISKY 1996, S. 453)

An dieser Stelle zeigt sich markant der Wandel im heutigen Ibra'. Durch die sich neu entwickelnden Strukturen innerhalb der Oasensiedlung und die sich verändernde Lebensweise der Bevölkerung werden traditionelle und sich über Generationen bewährte Kenntnisse und Erfahrungen vernachlässigt bzw. aufgegeben. Diese Veränderung ist besonders an der Bauweise innerhalb der Siedlung zu erkennen. Die traditionelle Lehmarchitektur, die sich über die Jahrhunderte durch optimal an die natürlichen Gegebenheiten angepasste Eigenschaften auszeichnete, wird heute zunehmend durch herkömmliche Betonbauten verdrängt. Viele der alten ehrwürdigen Häuser in den ehemaligen Siedlungskernen sind verlassen und dem Verfall preisgegeben.(DIENER et al. 2003, S. 18)

Die in heutiger Zeit stattfindenden Transformationsprozesse innerhalb der Siedlung von Ibra' sind beispielhaft für die sich im Wandel befindlichen Oasenkulturen.

3. Geographische Informationssysteme

Eine wesentliche Eigenschaft der Menschen ist der „unersättliche Durst“ nach Wissen und Informationen. Seit jeher ist es ein Bedürfnis des Menschen, die Gegebenheiten und Abläufe seines Lebensraumes, aber auch anderer Himmelskörper, durch Analysen zu ergründen, zu dokumentieren und daraus zu lernen. Erst durch die Verarbeitung von Wissen ist eine deutliche Entwicklung möglich. Schon lange werden für die Bearbeitung der gewonnenen Daten einfache raumbezogene Informationssysteme, wie z. B. Karten und Buchwerke, verwendet. Zu Beginn des 21. Jahrhunderts jedoch ist der Mensch auf neue Techniken und Hilfsmittel angewiesen, um die immer größer werdende Flut an Informationen aus den verschiedensten Bereichen zu bewältigen und zu verarbeiten. In dieser Hinsicht spielen die sich ständig weiterentwickelnden geographischen Informationssysteme eine entscheidende Rolle und haben somit eine eindrucksvolle gesellschaftliche Bedeutung in den letzten Jahrzehnten erlangt. Dieses Kapitel soll anhand relevanter Aspekte einen kurzen thematischen Überblick über den komplexen Bereich der Geoinformationssysteme geben.

3.1 Definition

In heutiger Zeit hat fast jeder mit Geoinformationssystemen jeglicher Art zu tun oder kennt sie aus vielen Bereichen der Gesellschaft. So werden mit diesem Begriff häufig digitale Karten, Routenplaner, dreidimensionale Geländemodelle der Erde oder anderer Himmelskörper, wie z. B. dem Mars, in Verbindung gebracht. Diese Beispiele spiegeln jedoch nur einen kleinen Teil der Anwendungsmöglichkeiten und der Bedeutung dieser Technologie wider. An dieser Stelle ist es angebacht, einige beispielhafte Definitionen darzustellen, um dem Bereich der Geoinformationssysteme einen Rahmen zu geben.

> Ein Geographisches Informationssystem – kurz GIS genannt – ist ein System, in dem mittels Hard- und Software verschiedenste Datenmaterialien in ihren komplexen, inhaltlichen und räumlichen Zusammenhängen erfasst, miteinander kombiniert, verwaltet und über komplexe Abfrage- und Analysemethoden bearbeitet werden (3).

> Nach BILL und FRITSCH (1997, S. 5) ist ein Geoinformationssystem „ein rechnergestütztes System, das aus Hardware, Software, Daten und den Anwendungen besteht. Mit ihm können raumbezogene Daten digital erfaßt und redigiert, gespeichert und reorganisiert, modelliert und analysiert sowie alphanumerisch und graphisch präsentiert werden.“

> In der Definition von ALBERTZ (2001, S. 174) kennzeichnet ein Geoinformationssystem solche „Systeme zur Datenverarbeitung, in denen raumbezogene Daten erfaßt, verwaltet und so verarbeitet werden, daß sie für die verschiedensten Aufgabenstellungen genutzt werden können.“

Heutzutage ist durch die enorme technologische Entwicklung auf dem Gebiet der Computertechnik und im Bereich der Geoinformationssysteme eine effiziente Arbeit mit umfangreichen und komplexen Datenmaterialien ohne größere Schwierigkeiten möglich. Im Gegensatz zu herkömmlichen Informationssystemen, die nur auf einer einfachen Frage-Antwort-Beziehung zwischen einer Datenbank und dem Anwender beruhen, werden bei Geoinformationssystemen geometrische (raumbezogene) und beschreibende Daten miteinander kombiniert. Mittels vielseitiger Analysemethoden lassen sich frei definierbare Datenmodelle der Welt gestalten und für ein breites Anwendungsspektrum nutzbar machen. Dadurch hat die GIS-Technologie gegenwärtig enorm an Bedeutung gewonnen, was mit einer ständig steigenden Popularität einhergeht. (BILL und FRITSCH 1997, S. 5 f.)

Der Nutzen eines solchen Systems liegt in der hohen Aktualität, Produktivität und Informationsqualität. Um die hohen Ansprüche, die an ein Geoinformationssystem gestellt werden, zu gewährleisten, sind einige wichtige Kriterien zu erfüllen:

- die Fähigkeit, umfangreiche heterogene Datenmengen zu verwalten
- die Möglichkeit, mittels Abfragen und Analysen große heterogene Datenmengen hinsichtlich verschiedener Gesichtspunkte zu bearbeiten
- eine hohe Flexibilität des Systems, um unterschiedlichen Ansprüchen gerecht zu werden
- die Lernfähigkeit des Systems, um die Vielseitigkeit und Effizienz der Anwendungen zu steigern

(BILL und FRITSCH 1997, S. 11)

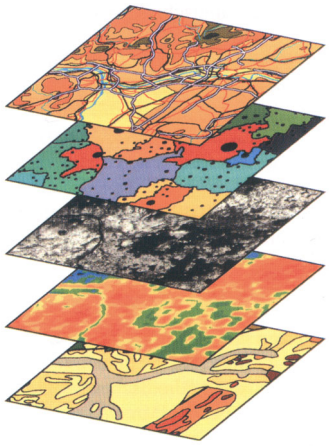

Abb. 8: Schematische Darstellung verschiedener Ebenen in einem Geoinformationssystems
Quelle: ALBERTZ 2001, S. 174

Der Begriff der Geographischen Informationssysteme wird erstmals in den sechziger Jahren mit dem von R.F. Tomlinsen in Kanada entwickelten System (CGIS) in Verbindung gebracht, welches heute als das Mustersystem für diese Technologie gilt (BILL und FRITSCH 1997, S.1). Die begriffliche Ausformulierung fand während des ersten großen

GIS-Symposiums im Jahre 1970 statt. In den nachfolgenden Jahren wurde die neue Technologie hauptsächlich von großen staatlichen Einrichtungen genutzt (Aufbau von Landinformationssystemen), die anspruchsvolle Konzepte entwickelten.(4)

Durch die steigende Leistungsfähigkeit und sinkende Preise für Hard- und Software hat sich das Einsatzfeld von Geographischen Informationssystemen stark erweitert. So findet man heute sowohl bei staatlichen Einrichtungen, als auch in der privaten Wirtschaft ausgefeilte und für die entsprechende Nutzung entwickelte Systeme vor (Logistik und Marketing, Verkehrsmanagementsysteme, Störfallmanagement, Lagerstättenanalyse usw.). (9)

Durch die fachübergreifende Verwendungsmöglichkeit von Geoinformationssystemen ist diese Technologie in den verschiedensten Branchen anzutreffen (Kartographie, Raumplanung, Umweltschutz, Industrie und Wirtschaft, Tourismus usw.), wodurch sich diverse Bezeichnungen herausgebildet haben:

- Geographisches Informationssystem (GIS)
- Landinformationssystem (LIS)
- Rauminformationssystem (RIS)
- Umweltinformationssystem (UIS)
- Topographisch-kartographisches Informationssystem usw. (9)

3.2 Aufbau eines GIS

Die Komplexität eines Geoinformationssystems zeigt sich an den Komponenten, aus denen es aufgebaut ist. Jedes GIS beinhaltet folgende vier Säulen: Hardware, Software, Daten und Anwender. Die Hardware umfasst dabei all diejenigen Elemente, die für die Datenerfassung (Vermessungstechnische Geräte, Scanner usw.), Datenverarbeitung und -verwaltung (Rechnersysteme, Speichermedien usw.) und Datenausgabe (Drucker, Präsentationsgeräte für Bilder usw.) konzipiert sind (BILL und FRITSCH 1997, S. 95). Durch die verwendeten Gerätschaften wird über die Schnelligkeit und Leistungsfähigkeit eines Geoinformationssystems entschieden.

Mittels der in einem Rechnersystem verwendeten Software werden alle für ein GIS wesentlichen Funktionalitäten realisiert. Hierbei unterscheidet man zwei verschiedene Formen von Software, die aufeinander aufbauen. Erstere legt die Standards eines Systems, wie z. B. Betriebssystem, Programmiersprachen oder Benutzerführung, fest. Die andere umfasst die Software, die alle GIS-spezifischen Grundfunktionen und Applikationen beinhaltet (Verwaltung und Bearbeitung von Daten). (BILL und FRITSCH 1997, S. 97)
Der Datenbestand enthält raumbezogene Daten der verschiedensten Art und ist somit eine der wichtigsten Grundlagen eines Geoinformationssystems. Ohne Daten hätte man nur eine „leere Hülle aus Soft- und Hardware“, ohne Aussagekraft und Nutzen.

Anhand der begrifflichen Erläuterungen zur Objektbildung und zum Vierkomponenten-Modell wird in den folgenden Abschnitten die Struktur eines Geoinformationssystems näher erläutert.

3.2.1 Objektbildung

BILL und FRITSCH (1997, S. 11) zeigen in ihren Ausführungen, dass „die in einem Geo-Informationssystem enthaltenen Einheiten, die elementar oder zusammengesetzt sein können und die sowohl eine quantitative (geometrische) als auch eine qualitative (thematische) Komponente aufweisen“, als raumbezogene Objekte bezeichnet werden.

Durch die Kombination von Geometrie-, graphikbeschreibenden und Sachdaten lassen sich Objekte in einem Geoinformationssystem in fassbare physische, geometrische und begriffliche Dimensionen einordnen, wodurch ein Objekt eine begrenzte Einheit der Natur wiedergibt. Jedes Objekt stellt somit für sich ein Unikat dar, das durch eine spezifische Identität gekennzeichnet ist, aber auch zu einer bestimmten Objektklasse zugeordnet werden kann. Mittels der raumbezogenen Objekte werden geometrische, graphische und beschreibende Gegebenheiten (Informationen) reflektiert. (BILL und FRITSCH 1997, S. 11 f.)

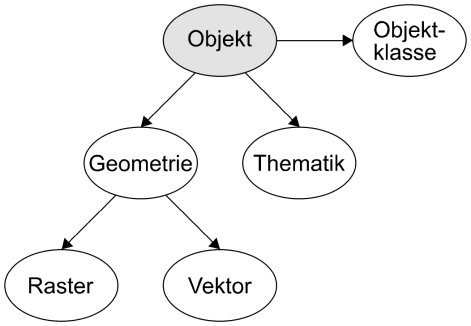

Abb. 9: Definition eines Objektes
Quelle: BILL und FRITSCH 1997, S. 12 (veränderte Darstellung)

Jedes Objekt ist durch folgende Eigenschaften gekennzeichnet:

- Geometriedaten
- topologische Beziehungen
- thematische Ausprägungen
- Objektidentifikatoren (Schlüssel)

(BILL und FRITSCH 1997, S. 12 f.)

Die Geometrie legt die konkrete räumliche Einordnung eines Objektes fest, wodurch ein einheitlicher Bezugsrahmen definiert werden kann. Hierbei wird über die äußere Geometrie (Koordinaten, Winkel usw.) der Raumbezug (Metrik) hergestellt, der in der gesamten GIS-Technologie das verbindende Element ist. Über die innere Geometrie (Topologie) erfolgt die Beschreibung der Beziehungen zwischen den einzelnen Objekten. Geometriedaten lassen sich in Vektor- und Rasterdaten unterteilen. Im folgenden werden die einzelnen Formen näher beschrieben. (BILL und FRITSCH 1997, S. 21 f.)

Bei **Vektordaten** erfolgt die Definition des Raumbezugs mit Hilfe von Punkten, die als Träger der geometrischen Informationen fungieren. Die Grundbausteine sind neben den Punkten

auch Linien (Verbindungssegment zwischen zwei Punkten) und Flächen (geschlossener Linienzug). Das sich dabei bildende Gefüge aus Punkten (Knoten), Linien (Kanten) und Flächen ist durch topologische Beziehungen gekennzeichnet, welche die Eigenschaften eines geometrischen Gebildes beschreiben. Mittels Topologien lassen sich einfache Abfragen und Analysen, wie z. B. Nachbarschaftsbeziehungen, Netzverfolgungs- oder Überlagerungsanalysen, erstellen. (BILL und FRITSCH 1997, S. 22 ff.) In einem Geoinformationssystem sind Vektordaten von grundlegender Wichtigkeit, da durch sie erst eine objektbezogene Datenverarbeitung realisiert werden kann (5). Trotz zeitaufwendiger Datenerfassung haben Vektordaten durch ihre geringe Inanspruchnahme von Speicherplatz und kurze Rechenzeiten eine wesentliche Bedeutung in heutigen Geoinformationssystemen (BILL und FRITSCH 1997, S. 23).

Bei **Rasterdaten** beruht die geometrische Darstellung im Gegensatz zu Vektordaten auf einer flächenhaften Beschreibung. Raumbezogene Objekte werden durch gleichförmig abgegrenzte Bildelemente, den Pixeln (Picture Element), wiedergegeben.(9) Die topologische Beziehung wird hierbei über eine spalten- und zeilenweise Anordnung der Bildelemente innerhalb einer Bildmatrix (Raster) vorgegeben. Dem Vorteil einer schnellen Datenerfassung stehen die relativ hohe Speicherintensität und lange Rechenzeiten gegenüber (BILL und FRITSCH 1997, S. 25 f.).

Mit Hilfe von Graphikdaten (Farbe, Symbole, Texte usw.) lassen sich räumliche Objekte in ihrer Darstellung an eine entsprechende Thematik anpassen, wodurch die Anschaulichkeit und Aussagekraft gesteigert werden kann. Mittels graphischer Beschreibungsangaben werden aus Geometriedaten graphikbeschreibende Daten abgeleitet. (BILL und FRITSCH 1997, S. 26 f.)

a) Geometriedaten

Element	Vektor		Raster	
	Digital	Analog	Digital	Analog
Punkt	x,y Koord.	·	Pixel	
Linie	x,y Koord.-folge		Pixel	
Fläche	geschlossene x,y Koord.-folge		Pixel	

b) Graphische Beschreibungen

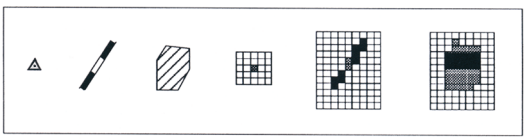

Abb. 10: Geometriedaten und deren graphische Gestaltung
Quelle: BILL und FRITSCH 1997, S. 27 (veränderte Darstellung)

Die Vielfalt eines Geoinformationssystems ist weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass raumbezogene Objekte mit verschiedenen beschreibenden Daten (Sachdaten) versehen sein können, die die Komplexität der Anwendungen steigern. Über sogenannte Objektidentifikatoren (Schlüssel) kann eine reale Zuordnung der Thematik zu Objekten erfolgen. (BILL und FRITSCH 1997, S. 12) Im Kapitel 4 wird auf den Bereich der Sachdaten nochmals näher eingegangen.

Mit Hilfe der in einem GIS enthaltenen Daten kann eine Untergliederung in vektororientierte (Vektor-, Graphik- und Sachdaten) und rasterorientierte (Raster-, Graphik- und Sachdaten) Geoinformationssysteme vorgenommen werden. Durch die Integration von Bilddaten (Rasterdaten) in vektororientierte Systeme lassen sich hybride graphische Geoinformationssysteme erstellen, welche in zukünftigen Entwicklungen eine entscheidende Rolle spielen werden. (BILL und FRITSCH 1997, S. 33)
Die Ausführungen zeigen, dass über die Objekte Verknüpfungen und Zusammenhänge zu topographischen und thematischen Informationen hergestellt werden. Diese Daten verleihen ihrerseits den Objekten Gestalt und Aussage (Eigenschaften).(9)

3.2.2 Das Vierkomponenten-Modell

In einem Geoinformationssystem wird nach Aufbau und Aufgaben unterschieden. Für beide Bereiche kann ein Vierkomponenten-Modell definiert werden. Wie eingangs schon erwähnt, bilden vier Säulen (Hardware, Software, Daten und Anwender) das Hauptgerüst dieses Systems. Da hinsichtlich der zügigen Entwicklung im Bereich der Hardwarekomponenten der Etablierung der GIS-Technologie kaum noch Grenzen gesetzt sind, liegt heute die Arbeit der Entwickler im Wesentlichen im Kreieren neuer Konzepte (Software) zur effizienteren Organisation und Bearbeitung von Daten. (BILL und FRITSCH 1997, S. 33 f.)

Der Nutzen eines Geoinformationssystems liegt darin, mittels brauchbarer Analysemethoden, die in Verbindung mit aussagekräftigen Präsentationen gebracht werden, Entscheidungsprozesse zu unterstützen und neue Erkenntnisse zu erlangen. Hierbei sind die Methoden der Erfassung und Verwaltung von Daten die grundlegenden Voraussetzungen. (HAKE et al. 2002, S. 33) Aus diesen Betrachtungen wird ersichtlich, dass bezüglich der Aufgaben eines GIS eine Aufgliederung in die folgenden vier Komponenten stattfinden kann: Eingabe, Verwaltung, Analyse und Präsentation. Die Bearbeitung der einzelnen Aufgaben wird hierbei durch ausgefeilte Softwarepakete realisiert.

Mit der Eingabe verbindet man zum einen die direkte Datenimplementierung in ein Rechnersystem durch verschiedene Techniken, wie z. B. mit Scannern oder Digitalisiertabletts, zum anderen aber auch die Erfassung von Daten (Photogrammetrie, Fernerkundung usw.) (BILL und FRITSCH 1997, S. 34 ff.). Mit Hilfe der Erfassung und Eingabe wird ein Primärmodell der Umwelt erzeugt, welches einen Ausschnitt der Realität in digitaler Form darstellt. Hierbei kommt der Aspekt einer leistungsstarken Datenverwaltung zum Tragen. (HAKE et al. 2002, S. 33)

Damit in einem Geoinformationssystem eine interaktive Manipulation und Datenverarbeitung stattfinden kann, ist es eine notwendige Vorraussetzung, über eine geeignete Datenstruktur und eine effiziente Datenverwaltung zu verfügen. Raumbezogene Daten werden innerhalb eines GIS in Datenbanken hinsichtlich ihrer Position, Topologie und Thematik gespeichert. Durch komplexe Datenbankmanagementsysteme erfolgt die Organisation und Verwaltung. Die Speicherung von Daten und die dazugehörigen Zugriffsmechanismen werden über physikalische Datenmodelle festgelegt. (BILL und FRITSCH 1997, S. 263)

Für die Organisation der strukturierten raumbezogenen Informationen existieren verschiedene logische Datenmodelle, welche eine komfortable Kommunikation mit der Datenbank ermöglichen. Man unterscheidet folgende Formen: hierarchisch, netzwerkartig, relational, objektorientiert. (BILL und FRITSCH 1997, S. 274 f.)

Der Aufbau in logischen Datenbankmodellen ist durch die Beziehung von Objekten gekennzeichnet, welche über das Entitäts-Relationenmodell beschrieben wird. Hierbei unterscheidet man in :

- 1:1 Beziehungen (einem Objekt ist ein anderes Objekt zugeordnet – eindeutige Zuordnung)
- 1:n Beziehung (einem Objekt sind n andere Objekte zugeordnet)
- m:n Beziehung (m Objekten sind n andere Objekte zugeordnet – verschiedene Verknüpfungen)

(BILL und FRITSCH 1997, S. 275 f.)

Bei einem hierarchischen Datenmodell wird die Hierarchie in den Beziehungen der Daten ausgenutzt, die auf einer 1:1 Beziehung beruht. Dabei ergeben sich festgelegte Wege (schneller Datenzugriff), die in Form einer Baumstruktur ihre Ausprägung finden. Netzwerk-Datenmodelle sind Erweiterungen der hierarchischen Modelle, die durch eine Vergrößerung der Beziehungen der Objekte untereinander gekennzeichnet sind (1:n, n:1, 1:m und n:m Beziehung). So ergeben sich netzwerkartige Verknüpfungen, die sich durch eine Redundanzfreiheit der Daten und eine hohe Flexibilität auszeichnen. Ein heute häufig genutztes Modell ist das relationale Datenmodell, das durch eine übersichtliche tabellarische Struktur seine Anwendung findet. In Tabellen werden die Daten und deren Beziehungen zueinander organisiert und verwaltet. Objektorientierte Modelle sind eine Neuentwicklung, die auf den relationalen Datenmodellen aufbauen. Die Grundidee dieser Modelle ist die Bündelung zusammengehöriger Daten in Objekten, die ihrerseits mit einer Anzahl von Anweisungen versehen sind und diese ausführen können. Dadurch ergeben sich intelligente Modelle, die durch eine hohe Flexibilität in der Objektdefinition und eine realitätsnahe Modellierung gekennzeichnet sind. Durch einen hohen Speicherplatzbedarf und langen Rechenzeiten wird diese Form aber erst in der Zukunft mit Weiterentwicklung der Technik eine größere Bedeutung und Nutzung erlangen. Durch die Kombination verschie-

dener logischer Modelle ergeben sich hybride Datenmodelle, in denen unterschiedliche Datenbanken organisiert werden. (BILL und FRITSCH 1997, S. 277 ff.)

Durch die Analyse von Daten lassen sich über fachspezifische Methoden und Modelle neue Erkenntnisse und Informationen ableiten. Dieser Prozess dient der Lösung von Aufgaben- und Problemstellungen und soll zur Entscheidungsfindung für neue Produkte und Anwendungen beitragen. Hierbei ist es von grundlegender Wichtigkeit, dass dem Benutzer leistungsstarke Softwaremodule zur Verfügung gestellt werden, die komplexe Arbeitsschritte zulassen. Ein wichtiger Bestandteil dieser Softwarepakete ist die Methodenbank, welche die für die Bearbeitung erforderlichen Algorithmen enthält. (BILL und FRITSCH 1997, S. 37 f.)

Die Präsentation der gewonnenen Erkenntnisse ist neben der Analyse von Daten eine der wichtigsten Aufgaben eines Geoinformationssystems. Mit Hilfe einer ansprechenden und aussagekräftigen Visualisierung können Ergebnisse einem großen Benutzerkreis anschaulich präsentiert werden. So wird der Nutzen eines Geoinformationssystems für die unterschiedlichsten Anwendungsbereiche verdeutlicht. Heute setzt man vermehrt auf die kartographische Visualisierung mittels sinnvoller und anschaulich gestalteter Karten. Im Gegensatz zu einfachen graphischen Darstellungen (Tabellen, Diagramme usw.) besitzen Karten eine höhere Aussagekraft und regen das Denken der Benutzer an. (BILL und FRITSCH 1997, S. 38)

Die vorangegangenen Schilderungen haben gezeigt, dass Geoinformationssysteme komplexe Gefüge aus verschiedenen Komponenten darstellen, die erst durch eine sinnvolle Kombination und ein effizientes Zusammenspiel ein leistungsstarkes und funktionsfähiges System ausmachen.

3.3 GIS und Internet

Geographische Informationssysteme sind einem ständigen Wandel unterworfen, der sich sowohl in technischer Hinsicht, als auch in der Präsentation der Ergebnisse widerspiegelt. Gegenwärtig zeigt sich diese Entwicklung vermehrt in der Öffnung der GIS-Welt nach außen. Hierbei wird der Internet-Technologie eine wachsende Bedeutung zugeschrieben. Das Internet ist eine Verknüpfung verschiedener und unabhängiger Netzwerke, die über TCP/IP (Transfer Control Protocol / Internet Protocol) miteinander kommunizieren. Durch diese Technologie ergeben sich völlig neue Möglichkeiten der Kommunikation untereinander, wodurch Teamarbeit über verschiedene Standorte und der Zugriff auf verteilte Datenmaterialien möglich wird.(10)

Mit Hilfe des Internet kann somit ein großer Benutzerkreis angesprochen werden, dem über dieses Medium die Möglichkeit eingeräumt wird, auf bestehende GIS-Ressourcen zuzugreifen. Dadurch kann die Vielfalt von Geoinformationssystemen gesteigert und der Austausch zwischen den verschiedenen Fachbereichen realisiert werden (Nutzung unterschiedlicher Daten und Funktionen). So hat sich in letzter Zeit durch diese Technik der

Charakter der Geoinformationssysteme von einem auf Experten ausgerichteten geschlossenen System zu einer für jedermann zugänglichen Technologie gewandelt. Es haben sich GIS-Programmmodule herausgebildet, die in den verschiedensten Anwendungen zum Einsatz kommen. Bei dem sogenannten WebGIS, auch Internet-GIS genannt, handelt es sich um komplexe kommerzielle und projektspezifische Programmlösungen. Die vorhandenen WebGIS-Produkte, z. B. der Firmen ESRI und Autodesk, sollen die Akzeptanz des Internet als Plattform für GIS-spezifische Anwendungen fördern und den weltweiten Zugriff auf raumbezogene Informationen ermöglichen. Es hat sich aber gezeigt, dass die vorhandenen Systeme noch unausgereift sind und einer ständigen Weiterentwicklung bedürfen.(7)

Ein Beispiel für noch bestehende Problematiken sind rechtliche Unsicherheiten in der Verbreitung und Vermarktung von Daten, welche sich in Zugriffsrechten auf GIS-Ressourcen widerspiegeln (10). Die heute auf dem Markt befindlichen Web-Lösungen lassen sich in fünf Gruppen unterteilen, die im Folgenden kurz beschrieben werden.

Geodatenserver liefern spezifische Daten, welche auf dem Rechner des Benutzers mit lokaler Software im Offline-Modus erfasst und verwaltet werden können.

Der **Map-Server** ermöglicht die Visualisierung von Karten, indem er dem Benutzer die entsprechenden Daten liefert. Hierbei unterscheidet man statische Map-Server (Lieferung von vorgefertigten Karten) und interaktive Map-Server (interaktive Kartengestaltung).

Mittels **kartengestützter Online-Auskunftssysteme** kann der Anwender sowohl vorgefertigte und interaktiv erstellte Karten visualisieren, als auch einfache Abfragen und Analysen durchführen.

Bei einem **Online-GIS** handelt es sich um eine Variante, die dem Benutzer Zugriff auf ein bereitgestelltes Geoinformationssystem gewährt, welches sich auf dem angesteuerten Server befindet. Lediglich auf dem Server vorhandene Daten können so abgerufen und bearbeitet werden.

Der **GIS-Funktions-Server** ermöglicht mit Hilfe von Funktionen eines Server-GIS, vom Benutzer gelieferte Daten zu bearbeiten. Die hierbei entstehenden Analyseergebnisse werden an den Benutzer zur lokalen Weiterverarbeitung zurückgeschickt.(8)

Im Internet lässt sich eine umfangreiche Anzahl von GIS-Angeboten finden, die von einfachen Online-Stadtplänen bis zu komplexen Speziallösungen, wie z. B. dem digitalen Umweltatlas von Berlin (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung), reichen.

An dieser Stelle soll nicht unerwähnt bleiben, dass die vorliegenden Ausführungen nur einen Bruchteil dieser Technologie ausmachen. Viele Varianten und Lösungen sind noch in der Ausarbeitung begriffen und unterliegen einem ständigen Entwicklungszyklus (Erstellung hochwertiger und leistungsstarker Systeme). Daraus ist ersichtlich, dass der Bereich der Internet-Technologie in der zukünftigen Gestaltung von Geoinformationssystemen eine wesentliche Rolle einnehmen wird.(7)

„Standen anfangs zunächst Literatur- und Geodatenrecherche und der Informationsaustausch über GIS im Vordergrund der Nutzung, so sind es heute interaktive raumbezogene Dienste, die GIS-Funktionen und/oder -Daten weltweit verfügbar machen (6).“

3.4 Ausblick

Die künftige Entfaltung von Geoinformationssystemen ist untrennbar mit der technischen und gesellschaftlichen Entwicklung verknüpft. Neue Ideen und Konzepte werden ausgefeilte Soft- und Hardware-Lösungen auf den Markt bringen, die die Vielgestaltigkeit und Bedeutung der GIS-Technologie steigern werden. Schon heute sind Geoinformationssysteme zu einem unersetzlichen Hilfsmittel und wesentlichen Bestandteil in den verschiedensten Fachrichtungen geworden. In den letzten Jahrzehnten ist die Akzeptanz gegenüber dieser Technologie durch anwenderfreundliche Produktlösungen, anschauliche Präsentationen und vielseitige Kommunikation mit raumbezogenen Daten gestiegen. Zukünftige Geoinformationssysteme werden sich durch eine höhere Funktionalität auszeichnen. So liegt der Trend im Ausbau objektorientierter Datenbanken, in der Aufnahme anderer Dimensionen (z. B. Zeit) und im Wechsel zu multimedialen Systemen. Anhand des folgenden Ausspruchs von Jack Dangermond (15), dem Gründer der Firma ESRI, wird die heutige und zukünftige Bedeutung von Geoinformationssystemen ersichtlich: „We understood even then that this new geographic information system technology could bring about a better future. (...) It fundamentally influences and connects our many cultures, societies, and ways of life.”

4. Die AutoCAD-Produktfamilie

Bei der Arbeit an diesem Projekt werden überwiegend die Programme der Firma Autodesk genutzt. Seit 1982 steht das Unternehmen für Know-how und Erfahrung in den Bereichen Design und Konstruktion. (11)

Das bekannteste Produkt von Autodesk ist AutoCAD. „AutoCAD ist ein seltsames Programm. Es wurde zu einer Zeit entwickelt, als PCs noch in den Kinderschuhen steckten und selbst Anhänger dieser neuen Maschinen nicht davon zu träumen wagten, mit ihnen irgendwann einmal CAD (Computer Aided Design) zu machen. Dennoch war AutoCAD, zur Überraschung vieler, vom ersten Tag an ein Verkaufsschlager und hat mittlerweile einen ganz neuen Weg begründet, architektonische, mechanische oder geographische Zeichnungen zu erstellen“ (MIDDLEBROOK und SMITH 2001, S. 19). Aus diesem Zitat wird ersichtlich, dass sich AutoCAD zu einem wichtigen Standard im Bereich Zeichnen und Konstruieren entwickelt hat. Aber dieses Programm ist nur die Spitze des Eisberges, denn AutoCAD stellt die Grundlage für eine Vielzahl von weiteren branchenorientierten Applikationen dar, die das Spektrum der Bearbeitungsmöglichkeiten erhöht haben und heute in den Bereichen Architektur, Maschinenbau und Kartographie genutzt werden.

Zur Produktpalette von Autodesk gehören zum Beispiel:

- Autodesk Architectural Desktop
- AutoCAD Mechanical
- Autodesk Map
- Autodesk MapGuide

Warum aber wird für dieses Projekt auf die Produkte der Firma Autodesk zurückgegriffen, wenn die beiden Autoren MIDDLEBROOK und SMITH (2001, S. 29) auf Folgendes hinweisen: „AutoCAD ist aber auch launisch – manchmal verhält es sich Ihnen, Ihrem Computer und der installierten Software gegenüber freundlich, manchmal tobt es sich dagegen in regelrechter Bösartigkeit aus.“

4.1 Warum die Programme der AutoCAD-Familie verwendet werden?

Der Grund für die Nutzung der AutoCAD-Welt liegt sehr nahe. Zum einen wird seit den neunziger Jahren des 20. Jahrhunderts von den Mitarbeitern des Deutschen Archäologischen Institutes AutoCAD für die Erstellung von Architekturzeichnungen und Karten verwendet, zum anderen bieten die Mappinglösungen von Autodesk dem Bearbeiter die Möglichkeit, hochwertige thematische Karten und jegliche Art von Geodaten zu erstellen, die problemlos mit der vorhandenen Datenstruktur verknüpft werden können. (12)

Dadurch bietet sich die Gelegenheit, Forschungsergebnisse zu analysieren, attraktive Präsentationen zu entwickeln und die Ergebnisse einem großen Kreis von Benutzern zur Verfügung zu stellen.

In den weiteren Ausführungen werden die verwendeten Programme kurz vorgestellt.

4.2 AutoCAD Map 2000

AutoCAD Map 2000 stellt die Kartographielösung von Autodesk dar. Das Unternehmen hat ein Programm entwickelt, welches nicht nur zur Erstellung, Verwaltung und Darstellung von kartographischen Daten in der gewohnten AutoCAD-Umgebung genutzt werden kann, sondern auch den Bearbeiter in die Lage versetzt, Abfragen und Analysen von Karten und Daten durchzuführen. Damit stellt AutoCAD Map 2000 eine interessante Variante eines geographischen Informationssystems dar.

Dieses Programm bietet eine optimale Grundlage für das Arbeiten in der digitalen Kartographie in mehrfacher Hinsicht:

- Erstellen von qualitativ hochwertigen Karten
- Bearbeiten, Präsentieren und Plotten von Karten
- Verwalten von Karten und Daten
- Erstellen von Verknüpfungen zu externen Datenbanken
- Abfrage und Analyse räumlich-geographischer Daten

(AUTODESK DEVELOPMENT S.À R.L. (Hrsg.) 1999, S. 10 f.)

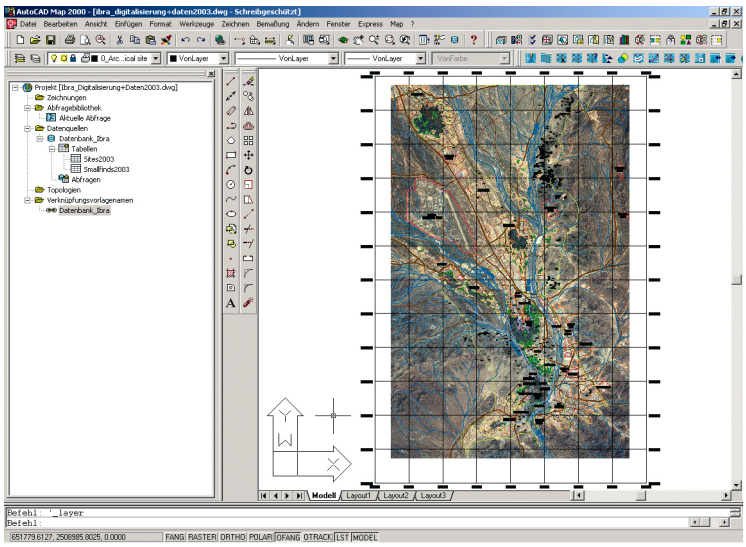

Abb. 11: Bildschirmoberfläche von AutoCAD Map 2000

Mit diesem Programm ergibt sich die Möglichkeit, auf effektive Weise thematische Karten zu digitalisieren, mit externen Datenbanken, aber auch mit Luft- und Satellitenbildern zu verknüpfen und den Informationsgehalt der entstehenden Karten zu vergrößern. Weiterhin kann der Bearbeiter mit Hilfe ansprechender GIS-Werkzeuge, wie z. B. dem Aufbau von Topologien, thematische Teilprodukte durch Abfragen und Analysen erstellen und somit die Informationsvielfalt der gesamten Arbeit steigern.

Natürlich ist AutoCAD Map 2000 nicht das „ultimative Ende“ der Entwicklungsreihe. Seit neuem bringt Autodesk die Autodesk Map Serie auf den Markt, welche ein umfassendes Softwarepaket für den Bereich GIS und Kartographie darstellt.

Die Autodesk Map Serie umfasst folgende drei Produkte:

- Autodesk Map 6
- Autodesk Raster Design 3
- Autodesk OnSite Desktop 7

Das Programm Autodesk Map 6 als ein wichtiger Bestandteil der Map Serie bietet dem Benutzer eine Vielzahl von bedienerfreundlichen und praktikablen Funktionen und Werkzeugen zur Gestaltung, Pflege, Integration und Präsentation von Karten und Geodaten. Somit ist die Autodesk Map Serie mehr als nur ein weiteres GIS-Programm. Durch die Vereinigung leistungsstarker Produktbestandteile stellt es eine lohnende Alternativlösung zu den anderen Kartographie- und GIS-Programmen, wie ArcInfo oder ArcView, dar. (13)

4.3 Autodesk MapGuide 6

Autodesk MapGuide 6 steht für eine Softwarelösung, die durch ihre verschiedenen Softwarekomponenten die Verteilung von Geoinformationssystemen, digitalen Entwurfsdaten und dazugehörigen Anwendungen über ein Netzwerk ermöglicht. (AUTODESK, INC. (Hrsg.) 2001, S. 2)

Dadurch hat sich Autodesk MapGuide 6 als eine führende Internetlösung bei der Unterstützung Geographischer Informationssysteme, Kartographie- und digitaler Konstruktionsanwendungen etabliert. Über die Autodesk MapGuide-Produkte können Informationen, also Daten und Karten, im Netzwerk, im Intranet und Internet für einen großen Kreis von Benutzern zur Verfügung gestellt werden. Dadurch wird die Möglichkeit einer Kommunikation und standortunabhängigen Bearbeitung von räumlichen und geographischen Daten über größere Entfernungen gewährleistet. (14)

Ferner stellt diese Softwarelösung nicht nur eine Schnittstelle zu Netzwerken dar, sondern auch ein leistungsfähiges Geoinformationssystem. Mit den drei Bausteinen – Autodesk MapGuide Author, Autodesk MapGuide Viewer und Autodesk MapGuide Server – lassen sich qualitativ hochwertige interaktive Karten oder Zeichnungen anfertigen und präsentieren. An dieser Stelle ist es angebracht, einige Ausführungen über die Komponenten, aus denen Autodesk MapGuide 6 aufgebaut ist, zu bringen.

Autodesk MapGuide Server: Mit dieser Komponente wird der Zugriff auf Daten und Karten ermöglicht. Bei der Interaktion mit Autodesk MapGuide Author oder Autodesk MapGuide Viewer werden über Autodesk MapGuide Server die abgefragten bzw. angeforderten Daten zur Verfügung gestellt.

Autodesk MapGuide Author: Mit dem Author wird die Schaffung intelligenter bzw. interaktiver Karten durch die Kombination von geographischen und räumlichen Daten in einer

MWF-Datei (Map Window File) ermöglicht. Diese Karten können in ihrem Aussehen und Funktionsweise gestaltet und für die Benutzung in einem Netzwerk optimiert werden.

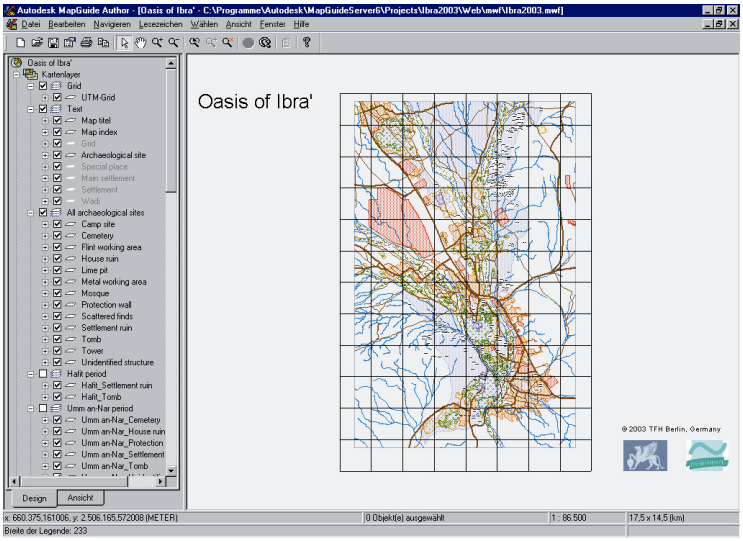

Abb. 12: Die Bildschirmoberfläche von Autodesk MapGuide Author

Autodesk MapGuide Viewer: Mit Hilfe des Viewer können Benutzer auf die erstellten Karten und verknüpften Daten in einem WWW-Browser (World Wide Web) zugreifen und mittels einer äußerst interaktiven graphischen Benutzeroberfläche kleinere Analysen und Abfragen durchführen.

(AUTODESK, INC. (Hrsg.) 2001, S. 2 ff.)

Darüber hinaus sind noch eine Vielzahl von weiteren Hilfsprogrammen und Entwicklungsprodukten, wie z. B. dem Symbol-Manager oder dem Raster Workshop, in Autodesk MapGuide enthalten, die die Arbeit in vielerlei Hinsicht erleichtern und beschleunigen.

Auf die Arbeitsweise und die Arbeit mit den Programmen der AutoCAD-Familie wird im folgenden Kapitel 5 näher eingegangen.

5. Datengrundlagen und Vorgehensweise

Bei der Erstellung einer größeren wissenschaftlichen Arbeit, aber auch von anderen Projekten, ist die richtige Wahl von Daten und eine gut geplante Strategie eine grundlegende Voraussetzung für das Gelingen oder Scheitern eines solchen Vorhabens. Dieses Kapitel soll Einblick in die Vorgehensweise der Erstellung eines Internet-Geoinformationssystems geben. Dabei wird durch die Kombination von theoretischen Einblicken und praktischen Anmerkungen, die durch markante Einfügepunkte hervorgehoben sind, dem Leser die Gelegenheit gegeben, sich einen Eindruck vom Umfang und Ablauf einer solchen Arbeit zu machen und Möglichkeiten für andere Projekte zu eröffnen. Damit das Verständnis für die Vorgehensweise gewahrt bleibt, ist an dieser Stelle ein kurzer Einblick in die Entwicklung digitaler kartographischer Modelle nötig.

Die Kartographie ist eine wissenschaftliche Disziplin, deren Kernaufgabe es ist, die umfangreiche Vielfalt der Umwelt anwendungsorientiert und benutzerangepasst mittels einer Zeichensprache (graphische Beschreibungselemente) darzustellen. Hierbei wird aus einem realitätsnahen Primärmodell mit Hilfe von graphischen Gestaltungsmitteln ein abstraktes Sekundärmodell erzeugt, welches das kartographische Darstellungsmodell wiedergibt. (HAKE et al. 2002, S. 523) Dieses ist durch die Kartengraphik gekennzeichnet, welche nach HAKE et al. (2002, S. 523) „als ein Höhepunkt der kartographischen Wissenschaft und Kunst betrachtet wird." Bei der Präsentation von kartographischen Produkten entsteht beim Benutzer das Tertiärmodell, das als Vorstellungsmodell fungiert und die Auswertung und Interpretation des Sekundärmodells implementiert (HAKE et al. 2002, S. 20).
Mit dem Primärmodell (DOM – digitales Objektmodell) wird das Ergebnis der Datenerfassung verdeutlicht, welches die geometrischen, semantischen und temporalen Beschreibungen von Objekten eines bestimmten Umweltausschnittes beinhaltet. Diese Daten bilden die Grundlage für die Fertigung kartographischer Darstellungen und der Modellberechnung in GIS-Anwendungen, welche zu einem Sekundärmodell der Umwelt (DKM – digitales kartographisches Modell) führt. (HAKE et al. 2002, S. 152)

In den Abschnitten 5.3, 5.4 und 5.5 wird auf die Gewinnung von räumlichen Daten und deren Bearbeitung näher eingegangen. Die Abschnitte 5.6 und 5.7 befassen sich mit der Gestaltung und Präsentation des zu erarbeitenden Internet-Geoinformationssystems. In den folgenden Erläuterungen werden nicht nur die einzelnen Arbeitsschritte näher beleuchtet, sondern auch auf die verwendeten Datengrundlagen und das zugrunde liegende Konzept (Abschnitt 5.1 und 5.2) eingegangen, mit dem Ziel der weiteren Projektabrundung.

5.1 Datengrundlagen

Die Datengrundlagen, ob es sich dabei nun um Sach- , Raster- oder Geometriedaten handelt, sind für ein Geoinformationssystem unverzichtbar. Erst durch die richtige Kombination erlangt ein GIS Reife und Aussagekraft. Dabei ist es von grundlegender Wichtigkeit, dass die vorhandene Datenbasis und die noch abzuleitenden Informationen einen hohen

qualitativen Standard aufweisen und sich durch Vollständigkeit, Fehlerfreiheit und einer optimierten Struktur auszeichnen. Hierbei spielt die Datenerfassung eine entscheidende Rolle, da durch sie ein wesentlicher Schritt zur sinnvollen Nutzung der GIS-Technologie getan wird. (BILL und FRITSCH 1997, S.159)

Bei der Entwicklung des Internet-Geoinformationssystems für archäologische Fundstellen wird die Gestaltung auf der Grundlage verschiedener Datenmaterialien aufgebaut. Für die Gewinnung der Geometriedaten und die Erfassung weiterer wichtiger Sachverhalte über das Untersuchungsgebiet, wie z. B. sozioökonomische Strukturen, werden zwei Satellitenbilder genutzt, die den nördlichen und südlichen Teil der Oase Ibra' abdecken. Die Erstellung der Bilder erfolgte mittels des Fernerkundungssatelliten IKONOS, der im Jahre 1999 gestartet wurde. Sie wurden ferner einer Bildbearbeitung unterzogen, wodurch eine hohe geometrische Auflösung (1 Bildelement = 1m x 1m) erreicht wurde.

Da die Bilder nicht nur für die Erfassung der räumlichen Daten genutzt werden, sondern auch in dem Internet-GIS als eine zusätzliche visuelle Ebene zum Einsatz kommen sollen, ist es notwendig, sie in ihrer Auflösung, Bild- und Speichergröße zu verändern. Dadurch wird eine effektive und aussagekräftige Bearbeitung ermöglicht. Als unterstützendes Hilfsmittel steht weiterhin die topographische Karte Ibra' (Kartentitel – Ibra', Kartennummer – NF 40-8A, Maßstab - 1:100 000, Hersteller - Hunting Surveys Limited, hergestellt für das Ministry of Defence of the Sultante of Oman, Erscheinungsjahr - 1984) zur Verfügung, die aber durch den relativ geringen Aktualitätsgrad und verwendeten Maßstab nur zur Kontrolle und Orientierung zum Einsatz kommt.

Für die Komplementierung der Arbeit mit weiteren Informationen stehen ferner Sachdaten über die archäologischen Fundpunkte zur Verfügung, die während der archäologischen Untersuchungen in der Oase (Untersuchungszeitraum: 26.01. – 05.03.03) aufgenommen wurden. Die Daten liegen in einer Access-Datenbank vor und beinhalten nicht nur die über GPS (Global Positioning System) gemessenen x- und y-Koordinaten der Fundstellen, sondern auch noch weitere wichtige Informationen, wie beispielsweise die Art der Fundstelle, die zeitliche Einordnung und zusätzliche Bemerkungen. Diese Datenbank ist zum einen für die Visualisierung der Fundstellen wichtig, zum anderen kann über sie das zu erstellende Geoinformationssystem mit zusätzlichen Daten versehen werden. Somit erweitert sich die Spannbreite der Bearbeitungsmöglichkeiten und die Informationsdichte wird vergrößert. Hinsichtlich der Lage der einzelnen Fundpunkte ist anzumerken, dass in vielen Fällen die gemessenen Daten nicht unmittelbar mit der Fundstelle übereinstimmen, sondern nur eine „visuelle Markierung" darstellen (Markierung liegt in Sichtweite zu der entsprechenden Fundstelle). So konnte z. B. bei einigen Türmen nur eine Lagebestimmung in der ummittelbaren Nähe (Sichtweite) vorgenommen werden, da zum einen diese Objekte nicht bestiegen werden konnten, zum anderen teilweise direkt am Objekt kein Datenempfang möglich war. In den folgenden beiden Abschnitten werden zu den bei diesem Projekt verwendeten Datenmaterialien kurze theoretische Erläuterungen gegeben, um eine Wissens-

grundlage für die praktischen Abhandlungen zu legen und einen Einblick in die Entstehung und Bedeutung solcher Materialien zu geben.

5.1.1 Satellitenbilder

Die Betrachtung eines Satellitenbildes übt eine besondere Magie auf den Menschen seit seiner Etablierung in den sechziger Jahren aus. Die Erkundung der Erde aus dem Weltraum begann 1965 mit den Gemini- und Apollo-Raumkapseln der Amerikaner. (ALBERTZ 2001, S. 6) Diese Faszination kommt durch die Wahrnehmung der Gestalt der Erde und des eigenen Lebensraums aus einer anderen Perspektive zustande. Ebenfalls können natürliche und gesellschaftliche Entwicklungen besser als auf herkömmlichen Karten wahrgenommen werden, wodurch dieses Medium in den verschiedensten Branchen zum Einsatz kommt. (WINTER und BECKEL 1991, S. 30 f.)

Satelliten- und Luftbilder sind im eigentlichen Sinne Ergebnisse der Erfassung von Daten der Erdoberfläche durch Aufnahmegeräte, welche auf Trägerplattformen, wie z. B. Satelliten oder Flugzeuge, installiert sind. Bei der Aufnahme wird die von der Erdoberfläche ausgehende elektromagnetische Strahlung durch einen Empfänger erfasst und in Messsignale umgewandelt und gespeichert. Im Fall der Luftbilder liefert dieser Vorgang unmittelbar ein Bild. Bei Satellitenbildern müssen die Messwerte erst über Verarbeitungsprozesse zu einem Bild umgesetzt werden. In beiden Fällen werden die Ergebnisse als Rasterdaten umschrieben. Das geometrische Grundelement bildet hierbei das Pixel (engl. Picture Element – Bildelement), welches in einer Matrix in Form von quadratischen oder rechteckigen Elementen zeilen- und spaltenweise angeordnet ist.

Die Fernerkundungs-Sensoren lassen sich bezüglich verschiedener Gesichtspunkte nach

- der Quelle der Strahlung,
- dem Wellenlängenbereich der aufgenommenen elektromagnetischen Strahlung (UV, „Sichtbares Licht“, Infrarot usw.) und
- dem Strahlungsempfänger unterteilen.

Die Quelle der von Fernerkundungssensoren empfangenen Strahlung kann hinsichtlich ihres Ausgangsortes in zwei verschiedene Systeme untergliedert werden. Bei passiven Systemen wird die in der Natur vorkommende elektromagnetische Strahlung (Sonnen- oder Eigenstrahlung) genutzt. Bei aktiven Systemen spricht man von einer Variante, bei der künstliche Strahlung (Radarstrahlung) von einem Sensor ausgesandt wird, der zugleich als Empfänger der reflektierten Strahlung fungiert. Die Empfänger lassen sich bezüglich der verwendeten Technik in die folgenden am häufigsten genutzten Bereiche unterteilen:

- Photographische Systeme
- Abtast-Systeme (Scanner)
- Radar-Systeme

(ALBERTZ 2001, S. 9)

Aus diesen Ausführungen geht hervor, dass die Wiedergabe der Erdoberfläche durch ein komplexes System verschiedener Faktoren beeinflusst wird. Somit ist es ratsam, diese Strukturen kurz zu erläutern.

Die physikalische Grundlage für die Wiedergabe von Informationen auf der Erdoberfläche bildet die elektromagnetische Strahlung. Von Bedeutung ist dabei zum einen die spektrale Zusammensetzung und Intensität der Strahlung, zum anderen die Eigenschaften des Geländes und hierbei insbesondere die Reflektionseigenschaften von Objekten. Bei der elektromagnetischen Strahlung spricht man von einer Form der Energieausbreitung, die als Wellenstrahlung aufgefasst wird, welche sich in Form eines periodisch verändernden elektromagnetischen Feldes in Lichtgeschwindigkeit ausbreitet. Die in dieser Strahlung vorkommenden Wellenlängen werden unter dem Begriff des elektromagnetischen Spektrums zusammengefasst. Das Spektrum wird durch die Art der Entstehung und Wirkung der in ihm enthaltenen Strahlung in verschiedene Bereiche unterteilt, die ohne scharfe Abgrenzung ineinander übergehen. (siehe Abb. 13). (ALBERTZ 2001, S. 10 f.)

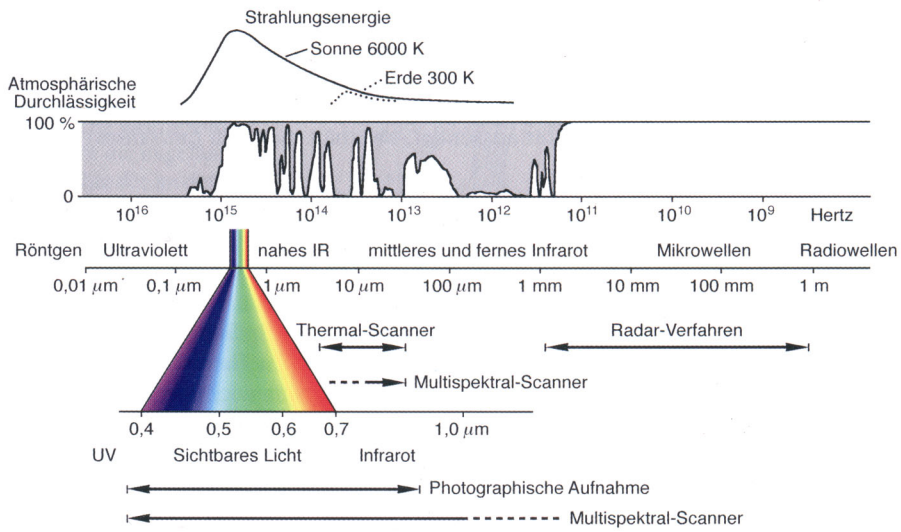

Abb. 13: Das elektromagnetische Spektrum und die Bereiche verschiedener Sensoren
Quelle: ALBERTZ 2001, S. 11.

Natürlich spielen auch andere Faktoren bei der Datenaufnahme, wie beispielsweise der Einfluss der Atmosphäre (Refraktion, Absorption und Streuung), klimatische Bedingungen (Wolkenbildung), aber auch die Sensorik eine entscheidende Rolle (ALBERTZ 2001, S. 14). Im Gegensatz zu früheren Erdbeobachtungssatelliten, die hauptsächlich mit photographischem Material arbeiteten (Spionagesatelliten), verwenden die heutigen Erdbeobachter sogenannte Abtastsysteme (Scanner). Anders als photographische Bilder, die ein Gebiet in seiner Gesamtheit mittels einer Aufnahme wiedergeben, liefern Scanner eine große Anzahl von Einzelbeobachtungen, die dann zu einem Gesamtbild zusammengefügt werden. Hierbei wird die Erdoberfläche abgetastet, wobei man zwei verschiedene Systeme unterscheidet – optisch-mechanische und optisch-elektronische Scanner. (ALBERTZ 2001, S. 45)

Mittels eines rotierenden Spiegels werden bei optisch-mechanischen Scannern die Flächenelemente quer zur Flugrichtung nacheinander aufgenommen. Durch spiegeloptische Systeme wird die Strahlung auf einen Detektor fokussiert, der sie in messbare elektronische Signale umwandelt. Infolge der Flugbewegung kommt es zu einer zeilenweisen Abtastung des Geländes (siehe Abb. 14). Optisch-mechanische Scanner werden bei Satelliten der Landsat-Familie verwendet. (ALBERTZ 2001, S. 45 ff.)

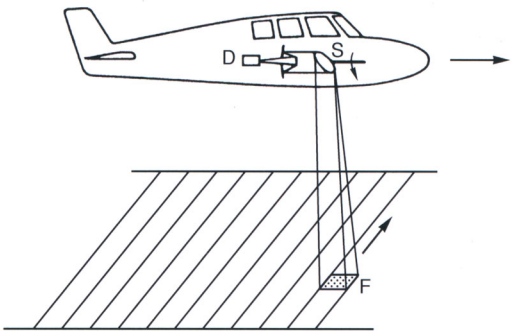

Abb. 14: Schematische Darstellung der Abtastung mit einem optisch-mechanischen Scanner (F = Flächenelement, S = rotierender Spiegel, D = Detektor)
Quelle: ALBERTZ 2001, S. 46.

Bei optoelektronischen Scannern erfolgt die Datenaufnahme durch eine feststehende CCD-Bildzeile (Charge Coupled Devices), die die simultane Erfassung von mehreren Pixeln, also eines ganzen Geländestreifens, ermöglicht (Abb. 15). Im Vergleich zu optisch-mechanischen Scannern kann durch dieses Prinzip eine höhere geometrische Genauigkeit erzielt werden. (ALBERTZ 2001, S. 51)

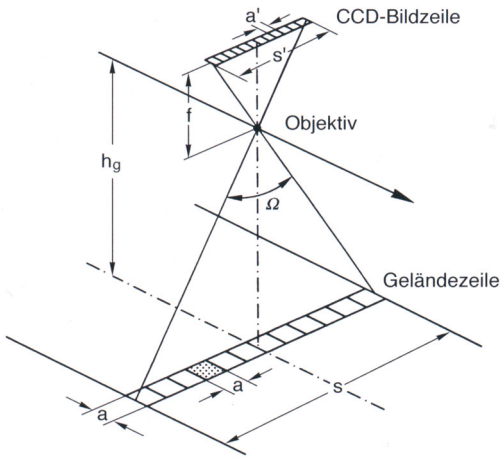

Abb. 15: Bildaufnahme mit einer CCD-Bildzeile
(a = Pixelgröße, hg = Flughöhe, s = Länge des Geländestreifens, Ω = Öffnungswinkel, f = Brennweite)
Quelle: ALBERTZ 2001, S. 51

Diese Variante findet ihren Einsatz bei dem IKONOS-Satelliten, der 1999 in Betrieb ging. Dieses Aufnahmesystem ist eines der ersten, das mit Hilfe der CCD-Technologie hochauflösende Bilddaten liefert, die für die kommerzielle Nutzung eingesetzt werden

können, wie z. B. für die Fernerkundung. Weiterhin zeichnet sich der IKONOS-Satellit durch eine hohe Flexibilität in der Aufnahmetechnik und eine vielseitige Nutzbarkeit aus. (ALBERTZ 2001, S. 56)

Wie schon zu Beginn des Kapitels erwähnt, kommen bei diesem Projekt Satellitenbilder zum Einsatz, die eine objektive Beobachtung großräumiger Gebiete erlauben. Durch die heute verwendete und sich weiterentwickelnde Technik lassen sich Daten über die Erdoberfläche, aber auch über astronomische Himmelskörper erfassen, die mit einer hohen Detailgenauigkeit und Aktualität aufwarten (WINTER und BECKEL 1991, S. 34). Gegenüber topographischen Karten stellen sie eine nicht zu unterschätzende Variante der Datengewinnung dar. An dieser Stelle darf man aber nicht dem Trugschluss verfallen, dass Satellitenbilder an die Stelle von Karten treten. Vielmehr ist die Kombination beider Medien eine häufig verwendete Methode zur besseren Visualisierung räumlicher Daten, da sie sich durch ihre unterschiedliche Informationsvielfalt ergänzen. So liefern topographische Karten durch ihre Beschriftung und Symbolik Daten, die in Satellitenbildern zur exakteren Deutung beitragen. Andererseits kann die hohe Aktualität und Genauigkeit von Satellitenbildern zu einer Vervollständigung und Korrektur von Karten genutzt werden. (WINTER und BECKEL 1991, S. 31) In Tabelle 1 sind wichtige Merkmale beider Medien in einer kurzen Gegenüberstellung aufgelistet (ALBERTZ 2001, S. 93).

Satellitenbilder	*Topographische Karten*
Keine maßstabsgerechte Abbildung	Maßstabsgerechte Abbildung
Hohe Informationsdichte	Geringe Informationsdichte
Große Vielfalt an Formen	Begrenzte Anzahl von Kartenzeichen
Hohe Aktualität	Geringe Aktualität
„Natürliches“ Bild	„Abstraktes“ Bild
Objekte nicht selektiert	Objekte selektiert
Keine Erläuterungen	Erläuterungen
Keine Lesbarkeit gegeben	Lesbarkeit gegeben
Mehrdeutige Interpretation möglich	Eindeutige Aussagen
Echter Raumeindruck möglich	Kein echter Raumeindruck

Tabelle 1: Vergleich zwischen Satellitenbildern und topographischen Karten

Durch die Analyse und Auswertung von Satellitenbildern kann eine Vielzahl hochwertiger Daten gewonnen werden, die in vielfältiger Weise in Wissenschaft und Praxis zum Einsatz kommen:

- thematische und topographische Kartenerstellung (Kartographie)
- Untersuchung des Landschaftshaushalts (Forst- und Landwirtschaft, Gewässerkunde)
- Analyse sozioökonomischer Strukturen (Raumplanung und Archäologie)
- Erfassung landschaftlicher Veränderungen (Geographie und Geologie)

(ALBERTZ 2001, S. 176 ff.)

Da bei diesem Projekt nicht auf ein umfangreiches und aktuelles topographisches Kartenwerk, wie es z. B. in Deutschland und anderen europäischen Staaten existiert, zurückgegriffen werden kann, stellen die hier verwendeten hochwertigen Satellitenbilder eine wertvolle Datenquelle dar.

5.1.2 Sachdaten

Die grundlegenden Bausteine eines Geoinformationssystems sind die unterschiedlichen verwendeten Daten. Sie lassen sich in geometrische und beschreibende Daten unterteilen. Geometriedaten geben die räumlichen Eigenschaften von Objekten wieder und haben somit eine quantitative Aussage. Sie lassen sich in Vektor- und Rasterdaten unterteilen.

Sachdaten hingegen haben eine qualitative Bedeutung. Durch sie lassen sich Fragen über thematische Eigenschaften von Objekten beantworten, wodurch die Komplexität eines Geoinformationssystems deutlich gesteigert werden kann. Sachdaten werden in der Fachliteratur oft als thematische Daten oder Attribute umschrieben, die alle nichtgeometrische Elemente eines GIS, wie Texte, Namen, Zahlen, Eigenschaften usw., beinhalten (BILL und FRITSCH 1997, S. 29). Die Erfassung solcher beschreibender Daten hängt im Wesentlichen von der Anwendung und der in diesem Zusammenhang zu erbringenden Aufgaben ab. Somit kann man sagen, dass die Aufnahme von Sachdaten durch fachspezifische Zusammenhänge beeinflusst wird. (BILL und FRITSCH 1997, S.30)

Die Erfassung von Daten kann über verschiedene Wege erfolgen, ausschlaggebend ist hierbei deren Herkunft:

- originäre Erfassung: Daten werden erstmalig und unmittelbar vom Objekt oder dessen Abbild erhoben – Vermessung, Photogrammetrie, Fernerkundung, Feldaufnahme
- sekundäre Erfassung: Daten liegen bereits in unterschiedlich bearbeiteter Form (Karten, digitale Datensätze, Statistiken) vor – manuelle und semi-automatische Digitalisierung, alphanumerische Dateneingabe

(BILL und FRITSCH 1997, S.160 ff.)

Bei der Datenaufnahme, wie z. B. bei einer archäologischen Untersuchung, können die gewonnenen Informationen sowohl in analoger, als auch in digitaler Form vorliegen. Damit die Daten in einem GIS etabliert und sinnvoll zum Einsatz kommen können, müssen sie vorher in einer Datenbank geordnet und aufbereitet werden.

5.2 Konzept

Zu Beginn jedes größeren Projektes, ob es nun die Erstellung einer Karte, die Vorbereitung einer archäologischen Ausgrabung oder die Entwicklung eines Geoinformationssystems ist, steht die klare Formulierung des Arbeitsweges. Hierfür ist es ratsam, ein Konzept für das anstehende Projekt zu erarbeiten. Bei der Konzipierung von umfangreichen Tätigkeiten

steht am Anfang die Formulierung von Fragestellungen, wie beispielsweise:

- Was ist das eigentliche Ziel der Arbeit?
- Gibt es Möglichkeiten, innerhalb der Arbeit Teilprodukte abzuleiten?
- Welche Arbeitsschritte sind notwendig, um das Ziel zu erreichen?

Dadurch wird dem Bearbeiter die Gelegenheit gegeben, sich leichter mit dem Thema vertraut zu machen und auf diesem Weg einen präzisen Ablauf für die folgenden Tätigkeiten zu planen. Ebenfalls bietet sich in dieser Hinsicht die Skizzierung eines „Konzeptbaumes“ an, aus dem das eigentliche Ziel, die Vorgehensweise und die möglichen Nebenprodukte hervorgehen. Die Abbildung 16 zeigt einen solchen „Konzeptbaum“, der zu dem Projekt – Entwicklung eines Internet-Geoinformationssystems für archäologische Fundstätten am Beispiel der omanischen Oase Ibra’ – entwickelt wurde.

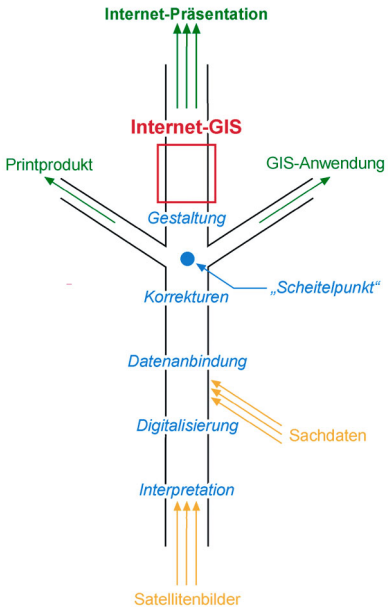

Abb. 16: „Konzeptbaum“ – der Weg zum Projekt-Ziel

Bei der Konzipierung dieses Projektes liegt das Hauptaugenmerk auf der Visualisierung der archäologischen Fundstellen in einem Internet-Geoinformationssystem mittels Satellitenbilder und topographischer Merkmale. So wird einem großen Kreis von Benutzern die Gelegenheit gegeben, sich auf einfache, eindeutige und leicht verständliche Art und Weise mit dem Untersuchungsgebiet vertraut zu machen und ein Verständnis für die dort herrschenden Gegebenheiten zu entwickeln. Aus der Abbildung 16 geht hervor, dass während der Arbeit an einer bestimmten Stelle – dem „Scheitelpunkt“ – die Möglichkeit geschaffen wird, Teilprodukte vom Hauptziel abzuleiten. Durch diese Arbeitsweise erhöht man die Vielseitigkeit und schafft die Gelegenheit, bei eventuell auftretenden Problemen einen anderen Weg einzuschlagen, wodurch das Projekt in eine neue Richtung gelenkt werden kann. Natürlich müssen bei der Erstellung des Konzeptes die zur Verfügung stehenden Programme und Datengrundlagen, sowie der zeitliche Ablauf mit ins Kalkül gezogen wer-

den und einer näheren Erörterung unterliegen, damit eine effektive und präzise Bearbeitung gewährleistet werden kann. Ab Kapitel 5.3 werden die einzelnen Arbeitsschritte näher beschrieben, dennoch soll im Folgenden ein kurzer Abriss der Vorgehensweise und Ausführung des Projektes gegeben werden:

- Interpretation der Satellitenbilder und Kennenlernen des Untersuchungsgebietes
- Digitalisierung wichtiger topographischer Merkmale mit dem Programm AutoCAD Map 2000
- Visualisierung der archäologischen Fundstellen mit dem Programm ArcView GIS 3.2
- Anbindung der Sachdaten an die Fundpunkte mit den Programmen AutoCAD Map 2000 oder Autodesk Map 6
- Erreichen des Scheitelpunkts der Arbeit – Ableiten von Teilprodukten
- Gestaltung des Internet-Geoinformationssystems im Programm Autodesk MapGuide 6 (Entwurf von Symbolen, Gestaltung der graphischen Objekte)
- Einbindung des fertigen Internet-Geoinformationssystems in die für dieses Projekt zu erstellende Internethomepage

Die Konzipierung eines Projektes findet nicht nur am Anfang einer Arbeit statt. Während der Durchführung einer größeren Unternehmung gibt es immer wieder Stellen, an denen das Konzept verändert werden muss. Somit ist die Entwicklung eines Arbeitsplanes ein sich ständig den entsprechenden Anforderungen anpassender Prozess, der eng mit der eigentlichen Aufgabenstellung verknüpft ist.

5.3 Gewinnung von räumlichen Daten

Bei der Erstellung eines Geographischen Informationssystems ist es wichtig, die richtigen Daten miteinander zu kombinieren, um aussagekräftige Ergebnisse zu erlangen. Somit ist verständlich, dass bei der Konzipierung der Arbeit nicht nur auf eine einfache Visualisierung der erfassten archäologischen Fundplätze hingearbeitet wird, sondern auch die räumlichen und gesellschaftlichen Merkmale des Untersuchungsgebietes in das Projekt einbezogen werden, damit sie als zusätzliche Informationsebene fungieren können.

5.3.1 Bildinterpretation

Wie schon in 5.1 angeführt, stehen Satellitenbilder als eine Datengrundlage zur Verfügung. Derartige Bilder liefern eine Fülle von Informationen über abgebildete Projektregionen, die über das Verfahren der Bildinterpretation gesammelt und nutzbar gemacht werden (ALBERTZ 2001, S. 3). Die Bildinterpretation stellt eine grundlegende Methode zur Auswertung von Luft- und Satellitenbildern in der Fernerkundung dar.

> Die **Fernerkundung** (engl. Remote Sensing) ist ein indirektes Verfahren zur Gewinnung von Sachverhalten über ein Untersuchungsgebiet. Dabei werden Informationen über beobachtete Gegenstände erlangt, ohne dass diese unmittelbar berührt werden. Unter der Ferner-

kundung werden also solche Verfahren zusammengefasst, die zur Beobachtung der Erdoberfläche oder der Atmosphäre dienen. (ALBERTZ 2001, S. 1) Die Entwicklung dieser Disziplin fand parallel zur aktiven Entfaltung der Raumfahrt statt. In den sechziger Jahren des 20. Jahrhunderts sprachen viele Wissenschaftler von der „Dritten Entdeckung der Erde" (ALBERTZ 2001, S. 6), da hiermit neue Möglichkeiten der Erforschung und Erfassung der Erdoberfläche aus einem ganz anderen Blickwinkel erschlossen wurden. Mit dem Start des ersten für die zivile Nutzung gebauten Systems – Landsat – im Jahre 1972 wurde die systematische und regelmäßige Erkundung der Erde eingeleitet. (WINTER und BECKEL 1991, S.30) Die eigentlichen Wurzeln der Erforschung der Erdoberfläche liegen aber schon über ein Jahrhundert zurück. Im Jahre 1858 gelang es G. Tournachon, auch Nadar genannt, die ersten photographischen Bilder von Paris aus einem Ballon heraus aufzunehmen. Das war die Geburtsstunde der Luftbildinterpretation. Mit der Etablierung des Flugzeugs Anfang des 20. Jahrhunderts wurde die Luftbildinterpretation zu einer beliebten Methode der Erfassung von Untersuchungsgebieten, sowie der großräumigen Erkundung. (ALBERTZ 2001, S. 3 ff.) Am Ende des 20. und am Anfang des 21. Jahrhunderts erreicht die Entwicklung von hochauflösenden Sensoren neue Dimensionen. Durch den technischen Fortschritt ist es möglich, sehr genaue und detailreiche Informationen zu sammeln und neue Wege der Verarbeitung und Präsentation zu erschließen.

Hinsichtlich von Geographischen Informationssystemen spielen besonders jene Methoden der Erfassung von Daten ein wichtige Rolle, die zur bildhaften Wiedergabe der Erdoberfläche führen. Diesen Bereich nennt man abbildende Fernerkundungssysteme, die aus drei Teilen aufgebaut sind:

- Daten-Aufnahme
- Daten-Speicherung
- Daten-Auswertung

Bei der Daten-Aufnahme werden Objekte auf der Erdoberfläche durch Sensoren aufgenommen, indem die von den Gegenständen ausgehende elektromagnetische Strahlung empfangen wird. Als Ergebnis der Daten-Aufnahme und Speicherung erhält man Luft- oder Satellitenbilder. (ALBERTZ 2001, S. 2)

Das in diesen Bildern enthaltene Potential an Daten und Informationen kann über die Daten-Auswertung nutzbar gemacht werden. Bei den Verfahren der Auswertung unterscheidet man die geometrisch orientierte Photogrammetrie, die sich mit der korrekten Ausmessung der Bilder und der daraus resultierenden Erstellung von topographischen Karten beschäftigt, und die inhaltlich orientierte Interpretation. Die Bildinterpretation untersucht die Eigenschaften der Erdoberfläche und ermöglicht so die Erfassung von Objekten und die Ermittlung ihrer Bedeutung und Funktion. Für eine erfolgreiche Auswertung ist eine umfassende Fachkenntnis erforderlich, um fachgemäße und aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen. (ALBERTZ 2001, S. 3)

Die Auswertungsergebnisse lassen sich in drei Gruppen unterteilen:

- Karten und kartenähnliche Darstellungen
- Graphische Darstellungen
- Integration der Daten in Geoinformationssysteme

(ALBERTZ 2001, S. 171)

Als Vorbereitung zur Digitalisierung ist es zunächst erforderlich, sich über das aufzunehmende Gebiet und dessen räumliche Eigenschaften und Gegebenheiten einen Überblick zu verschaffen. Hierbei spielt die visuelle Bildinterpretation eine entscheidende Rolle, indem sie sich die menschlichen Fähigkeiten zu Nutze macht, das visuell Wahrgenommene bewusst zu erfassen und daraus Schlüsse zu ziehen. (ALBERTZ 2001, S. 123)

Hierfür werden ausgedruckte Exemplare der Satellitenbilder genutzt, die mit Transparentfolien versehen werden und auf welche die zu erfassenden Objekte übertragen werden. Als Vorbereitung auf diese Arbeit ist es wichtig, die Objekte, die sich durch charakteristische Merkmale in den Luftbildern darstellen, in Gruppen aufzuteilen (Siedlungen, landwirtschaftlich genutzte Flächen, Entwässerungsnetz usw.), um eine unkomplizierte und effektive Interpretation zu gewährleisten. Diese systematische Zusammenstellung von Merkmalen wird auch als Verwendung von Interpretationsschlüsseln bezeichnet. Mit Hilfe dieser Methode wird versucht, mehr Objektivität in einen sonst weitgehend von subjektiven Faktoren bestimmten Interpretationsvorgang zu bringen. (ALBERTZ 2001, S. 145)

Bei der Aufteilung der Gruppen ist primär darauf zu achten, dass Objektgruppen gebildet werden, die auch in dem später erstellten Geoinformationssystem für die gezielte Einrichtung von Informationsebenen genutzt bzw. übernommen werden können.

Für die erfolgreiche Interpretation von Luft- und Satellitenbildern spielt das Erkennen von Objekten und Sachverhalten ein wichtige Rolle. Dabei ist nicht nur die geometrische und radiometrische Auflösung von entscheidender Bedeutung, sondern auch die sogenannten Interpretationsfaktoren:

- Helligkeit von Flächen und Helligkeitsunterschiede
- Farbton und Sättigung
- Form von Objekten
- Größe von Objekten
- Textur einer Oberfläche
- Schattierungen und Helligkeitsgradienten
- Relative Lage von Objekten
- Objektmuster

(ALBERTZ 2001, S. 126 ff.)

Folglich ist abzuleiten, dass das Zusammenwirken verschiedener Faktoren beim Erkennen von Objekten von großem Einfluss ist, da dadurch die Gestalt und Struktur von Ge-

genständen, also die Objekteigenschaften, deutlich werden. Dieser Sachverhalt ist aus der folgenden Abbildung 17 gut ersichtlich. Hier werden drei verschiedene Objektgruppen demonstriert, die sich durch ihren Aufbau und Form unterscheiden.

Abb. 17: Beispiele für unterschiedliche Objektformen
Links: Palmengärten und Felder. Mitte: Siedlungsfläche. Rechts: Flussbett.

Das Erkennen ist aber nicht der ausschlaggebende Vorgang bei der visuellen Bildinterpretation. Erst durch die Verknüpfung von wahrgenommenen Sachverhalten und Rückschlüssen aus den gewonnenen Daten wird die Bildinterpretation zu einem effektiven Werkzeug in der Gewinnung von Informationen (siehe Abb. 19). Durch tiefgreifende Analysen der strukturellen Zusammenhänge erschließen sich zusätzliche Daten über erfasste Objekte, wie z. B. die Funktion von Gebäuden, die ökologische Situation in einem Untersuchungsgebiet oder sozioökonomische Strukturen. (ALBERTZ 2001, S. 133) Die folgende Abbildung 18 versucht diese Sachlage zu verdeutlichen. Es werden drei unter-schiedliche Bilder einer Objektgruppe gezeigt, die verschiedene Funktionen aufweisen.

Abb. 18: Beispiele für unterschiedliche Funktionen von Siedlungsflächen
Links: Teilweise verlassene Siedlung. Mitte: Bewohnte Siedlung. Rechts: Siedlungsfläche mit öffentlichen Gebäuden.

Folglich ist vor Beginn der eigentlichen Interpretation eine Vorinterpretation durchzuführen, um sich zunächst mit dem Gebiet vertraut zu machen und die nächsten Arbeitsschritte zu planen. Hierbei ist es ratsam, mit den leichten und gut erkennbaren Objekten zu beginnen, um dann Schritt für Schritt auf die schwierigeren Gegenstände hinzuarbeiten. (ALBERTZ 2001, S. 142 f.)

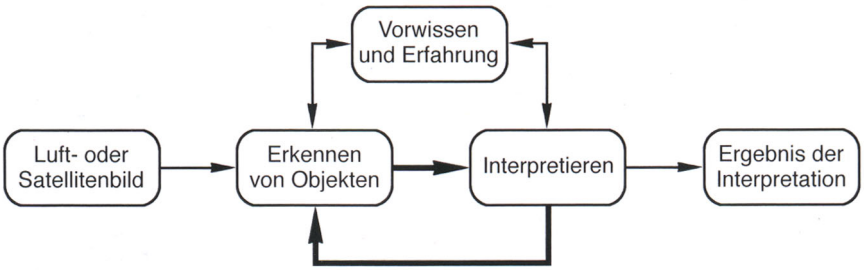

Abb. 19: Schematische Darstellung des Interpretationsvorgangs
Quelle: ALBERTZ 2001, S. 133

5.3.2 Digitalisierung

Nachdem die Bildinterpretation abgeschlossen ist, beginnt die eigentliche Digitalisierung der erfassten Objekte im Programm AutoCAD Map 2000. Bei der Digitalisierung handelt es sich um eine wichtige Methode der digitalen Kartographie zur Umsetzung analoger Darstellungen in digitale Daten (Analog-Digital-Wandlung) (HAKE et al. 2002, S. 233). Diese Arbeitsweise ist eine der am häufigsten angewendeten Varianten zur Datenerfassung für Geoinformationssysteme. Für diesen Zweck werden die umfangreichen Zeichenfunktionen von AutoCAD genutzt, die, wie schon erwähnt, zu den Grundfunktionen von AutoCAD Map 2000 gehören. An dieser Stelle ist es angebracht, einen kurzen Überblick über die Arbeitsweise bzw. den Aufbau von AutoCAD Map 2000 zu bringen.

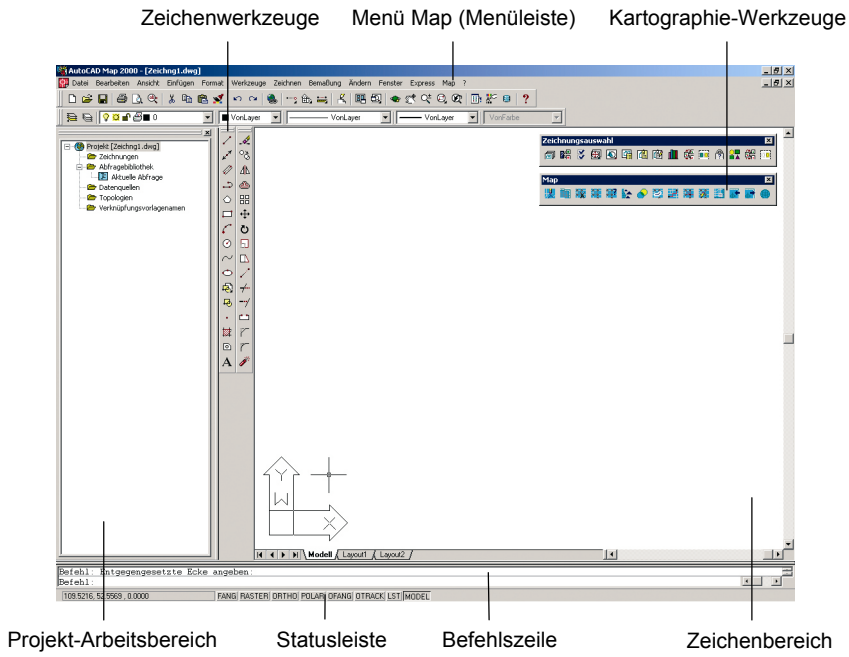

Abb. 20: Bildschirmoberfläche von AutoCAD Map 2000 mit zusätzlichen Anmerkungen

Die zahlreichen Funktionen und Optionen des Programms sind über drei unterschiedliche Wege abrufbar. Eine der gängigen Methode erlaubt einen Zugriff auf Funktionen und Optionen über die Menüleiste. Eine andere Variante wäre die Verwendung von Buttons

aus sogenannten Funktionsleisten, wie beispielsweise für Zeichen- oder Kartographie-Werkzeuge. Letztendlich steht für die Arbeit mit AutoCAD Map 2000 noch ein altes Relikt aus der DOS-Ära zur Verfügung. Über die Befehlszeile lassen sich ebenfalls Funktionen des Programms durch Eingabe von Befehlen abrufen. Um schnell und effektiv mit AutoCAD Map 2000, aber auch mit anderen Produkten der AutoCAD-Familie arbeiten zu können, ist eine geschickte Kombination der drei Varianten ratsam, da dadurch eine höhere Arbeitsqualität erreicht werden kann. Im Projekt-Arbeitsbereich werden alle in einem Projekt verfügbaren Dateien und Definitionen, wie beispielsweise Abfragen, Datenbanken oder Topologien angezeigt, die in diesem Bereich bearbeitet und abgerufen werden können (AUTODESK DEVELOPMENT S.À R.L. (Hrsg.) 1999, S. 635).

Als Vorbereitung auf die Digitalisierung wird eine Datei erstellt, in der zuerst ein neues globales Koordinatensystem festgelegt wird.

- Die Definition erfolgt über das Dialogfeld GLOBALES KOORDINATENSYSTEM ZUORDNEN , das über die Menüleiste – Menüpunkt MAP / WERKZEUGE / GLOBALES KOORDINATENSYSTEM ZUORDNEN – aufgerufen werden kann.

Für dieses Projekt wird ein Koordinatensystem verwendet, welches auf einer UTM-Projektion (Universal Transverse Mercator) basiert (UTM-Zone 40, Sphäroid: WGS 84, Datum: WGS 84).

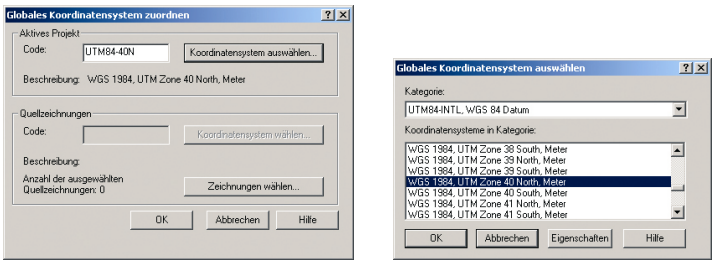

Abb. 21: Dialogfelder für das Zuordnen eines globalen Koordinatensystems

Als nachfolgende Tätigkeit werden über die Befehlszeile die Limiten der Zeichenflächen festgelegt (Eingabeaufforderung: LIMITEN). Hierbei werden die Koordinaten der Satellitenbilder genutzt, die durch ihre Außengrenzen den Zeichenraum einfassen. Eine interessante Eigenschaft dieses Programms besteht darin, dass kein vordefiniertes System von Maßeinheiten wie Meter oder Zoll verwendet wird. Dadurch eröffnet sich dem Bearbeiter die Möglichkeit, eigene Konventionen für seine Zeichnung festzulegen und auf unkomplizierte Weise einen koordinatengetreuen Zeichenraum zu erstellen. Voraussetzung dafür ist ein geometrisch korrektes Satellitenbild.

Für die Digitalisierung der Gegenstände wird die Polygon-Funktion genutzt, da mit ihr Objekte erzeugt werden, die aus mehreren Liniensegmenten bestehen (MIDDLEBROOK und SMITH 2001, S. 144). Durch den zusätzlich verwendeten Fangmodus (Objektfang), werden geschlossene und eindeutig miteinander verbundene Objekte erstellt, die bei der späteren Bearbeitung für den Aufbau von Topologien verwendet werden können.

- Die Aktivierung dieser Funktion erfolgt über den Button – OFANG – aus der Statusleiste.

Zur Einrichtung der Datei gehört auch die Schaffung von Ebenen, auf denen die einzelnen Objekte abgelegt werden. Hierbei kommt wieder das Prinzip der Gruppenbildung zum Tragen, welches schon während der Interpretation angewandt wird. In AutoCAD Map 2000 legt man hierfür Layer an, eine Art transparenter Schichten, auf denen verschiedene kartographische Informationen abgelegt und gruppiert werden können. Layer ermöglichen eine logische Datengruppierung und eine Vereinfachung der Anzeige und Anordnung der zu digitalisierenden Objekte. (AUTODESK DEVELOPMENT S.À R.L. (Hrsg.) 1999, S. 40)

- Über die Menüleiste – Menüpunkt FORMAT / LAYER – oder über die Funktionsleiste für die Objekteigenschaften, lässt sich der LAYEREIGENSCHAFTEN-MANAGER aufrufen, in welchem die Layer verwaltet werden. Hier kann man Layer anlegen und ihre Eigenschaften verändern (Abb. 22).

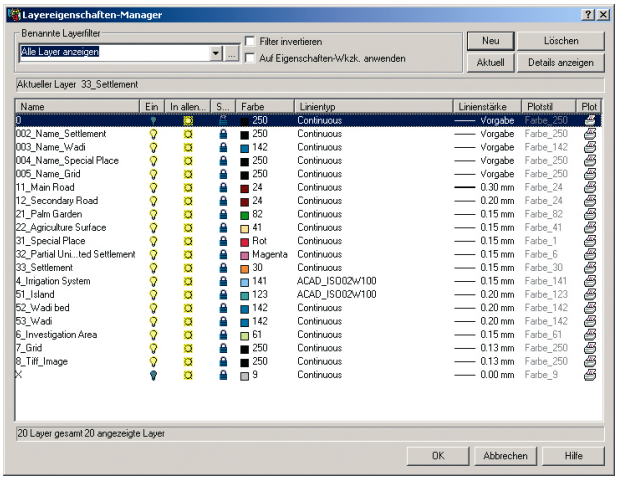

Abb. 22: Dialogfeld für den Layereigenschaften-Manager

Hinsichtlich verschiedener kartographischer Merkmale von Objekten ist es von grundlegender Wichtigkeit, diese auf unterschiedlichen Layern zu platzieren, wodurch eine korrekte Einordnung und Bearbeitung ermöglicht wird.

Am Ende der Vorarbeit steht die Einbindung der beiden bereits erwähnten Satellitenbilder, die als Basis für die Digitalisierung dienen. Hierbei werden die in der geometrischen Auflösung schlechteren Bilder genutzt, da diese zum einen eine geringere Dateigröße als die detailreicheren Bilder aufweisen und zum anderen im weiteren Verlauf der Arbeit für das Internet-GIS als eine visuelle Informationsebene fungieren.

- Das Einfügen der Satellitenbilder erfolgt über die Menüleiste – Menüpunkt MAP / BILD / EINFÜGEN. Wenn beim Öffnen eines Bildes das Kontrollkästchen – KORRELATION ÄNDERN – aktiviert wird, können die Korrelationsinformationen für das Bild in der Dialogfeld BILDKORRELATION überprüft und geändert werden (Einfügepunkt, Maßstab usw.).

Nach Schaffung der Fundamente, beginnt die Digitalisierung der Objekte. Um die korrekte Gestalt eines Gegenstandes wiederzugeben, werden außer dem Anfangs- und Endpunkt noch zusätzliche Stützpunkte gesetzt. Nach der Beendigung des Digitalisierungsvorgangs können die Polylinien nachträglich bearbeitet werden, indem man aus dem Kontextmenü (rechter Mausklick auf ausgewähltes Objekt) die Option – POLYLINIE BEARBEITEN – auswählt. So ist es zum Beispiel möglich, aus einer eckigen eine Kurvenlinie zu erstellen, um eine realistische und ansprechende Darstellung zu gewährleisten. Natürlich muss immer beachtet werden, dass eine solche Nachbearbeitung auch das Speichervolumen der Zeichnungsdatei vergrößert.

Bei der Erfassung von Daten mittels Digitalisierung sind deshalb eine Reihe von kartographischen und gestalterischen Gesichtspunkten zu beachten, um eine leistungsfähige, aber auch ansprechende und korrekte Arbeit zu erstellen:

- geometrische Richtigkeit und Genauigkeit
- Vollständigkeit und Zweckmäßigkeit
- Verständlichkeit, Lesbarkeit und Ästhetik
- Ausrichtung auf Ziel und Zweck der Arbeit

Daraus ergeben sich Kriterien für die Bearbeitung, die in den Grad der Generalisierung einfließen und die Art und Weise der Digitalisierung und das Volumen der Nachbearbeitung beeinflussen.

Neben der Digitalisierung von topographischen Merkmalen werden auch zusätzliche Erläuterungen (Text) in die Datei gebracht. Durch eine Beschriftung von Objekten (Siedlungsnamen, Gebäudebeschriftung usw.) kann der Inhalt einer Karte besser verdeutlicht werden. Zum einen vermag Text die Orientierung in der Karte zu steigern, zum anderen ermöglicht die Gestaltung von Textobjekten, der Kennzeichnung eine qualitative und quantitative Bedeutung zu geben. Daraus wird ersichtlich, dass durch eine Beschriftung von kartographischen Produkten die Verständlichkeit und Aussagekraft enorm erhöht werden kann. (HAKE et al. 2002, S.137) Dabei muss aber immer darauf geachtet werden, dass mit textlichen Anmerkungen sparsam umgegangen werden muss, da sonst die Gefahr einer Überfrachtung der Karte besteht, wodurch die Übersichtlichkeit und Klarheit leidet.

Abschließend kann man feststellen, dass über die Kombination von Interpretation und Digitalisierung eine schnelle und effektive Gelegenheit geboten wird, Daten zu erfassen und in ein GIS zu integrieren. Bei dieser Vorgehensweise kann die Quote einer Fehlinterpretation deutlich gemindert werden, da im eigentlichen Sinne bei der Digitalisierung auch eine Bildinterpretation stattfindet.

5.4 Anbindung von Sachdaten

Um ein Geographisches Informationssystem aussagekräftig zu gestalten ist es notwendig, raumbezogene Daten mit Sachdaten (Attributen) aus Datenbanken zu verbinden und zu un-

terlegen. Durch die Kombination von geometrischen und beschreibenden Daten kann eine Vielzahl von Bearbeitungs- und Analysemethoden geschaffen werden, die zur Erstellung von reellen Modellen der Welt in einer unerschöpflichen Vielfalt führt. (BILL und FRITSCH 1997, S.5)

Auf der Grundlage der archäologischen Untersuchungen ist eine große Anzahl von Daten zu Fundstellen erfasst worden, die in das zu erstellende Internet-GIS integriert werden soll. Da bei AutoCAD Map 2000, aber auch bei den Nachfolgerversionen, wie beispielsweise Autodesk Map 6, eine Anbindung von Sachdaten nur über vorhandene Objekte erfolgt, ist es notwendig, die Fundpunkte vorher zu visualisieren. Hierfür sind Arbeitsschritte erforderlich, die in den folgenden Abschnitten näher beschrieben werden.

Die Darstellung der Fundstellen wird mit dem Programm ArcView GIS 3.2 durchgeführt.

> **Arc View GIS 3.2** ist ein Produkt der Firma ESRI (Environmental Systems Research Institute), die hinsichtlich der Etablierung und Entwicklung von komplexen und effizienten Programmen im Bereich von Geoinformationssystemen auf dem weltweiten Markt richtungsweisend ist. 1981 führte ESRI das Programm ARC/INFO ein, das zu einem Meilenstein in der Welt der Geoinformationssysteme wurde und noch heute ist. Seit 1969 steht ESRI für die Entwicklung von leistungsstarken und auf den Benutzer zugeschnittenen Produkten.(16)
>
> Eines dieser zahlreichen Produkte ist ArcView GIS 3.2. Dieses Programm stellt ein einfach zu bedienendes Desktop-GIS dar, das durch seine umfangreichen Gestaltungs- und Analysefunktionen die Zusammenstellung, Verwaltung und Visualisierung verschiedenster Datenmaterialien ermöglicht, aber auch durch seinen benutzerfreundlichen Aufbau zu einem der beliebtesten Programme in den unterschiedlichsten Anwendungsbereichen wurde. Mit über 700.000 Anwendern weltweit hat sich ArcView GIS 3.2 zu dem populärsten Desktop-Mapping- und GIS-Programm entwickelt.(17)

Für die Visualisierung von Punkten sind deren geodätische Koordinaten notwendig, die über verschiedene Arbeitsprozesse, wie beispielsweise geodätische Vermessungsverfahren oder dem satellitengestützten System GPS, gewonnen werden können. Bei den archäologischen Untersuchungen in der omanischen Oase Ibra' wurden die Koordinaten der einzelnen Fundstellen mit Hilfe von GPS aufgenommen. ArcView GIS 3.2 bietet dem Bearbeiter die Möglichkeit, mittels Datenbanktabellen (dBase- oder Text-Dateien), die vorher in das Projekt eingeladen wurden, die x- und y-Koordinaten von Punkten auf schnelle und einfache Art abzurufen und darzustellen.

- Hierfür kommt die Option – ADD EVENT THEME – zur Anwendung, die über die Menüleiste – Menüpunkt THEME – abgerufen wird.

In ArcView GIS 3.2 werden Zeichnungen, Bilder oder auch Tabellen in einem Projekt gespeichert. Die für die Bearbeitung notwendigen Daten werden über das Projektfenster (PROJECT WINDOW) eingeladen, welches die einzelnen Komponenten, die in einem Projekt enthalten sind, auflistet (siehe Abb. 23).

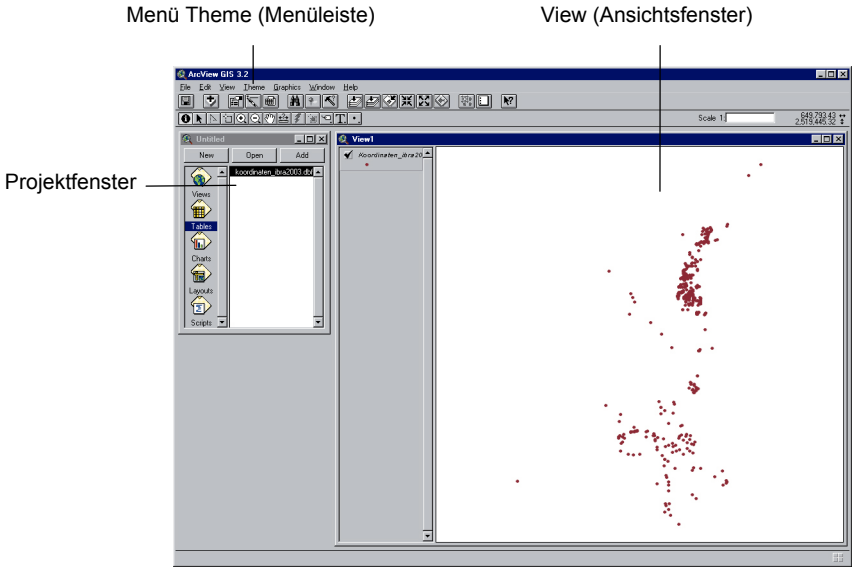

Abb. 23: Benutzeroberfläche von ArcView GIS 3.2 mit zusätzlichen Erläuterungen

Zur weiteren Verwendung der Punkte für die Datenanbindung müssen diese in ein Shapefile konvertiert werden, welches seinerseits in der ArcToolbox als DXF-Datei (Drawing Exchange Format) exportiert wird. Die ArcToolbox ist ein Programmmodul eines weiteren hochkomplexen GIS-Produktes der Firma ESRI – ArcGIS 8.1. Diese Softwarelösung stellt eine Produktfamilie dar, die sich durch ideal aufeinander abgestimmte GIS-Programme auszeichnet. Die ArcToolbox ist eine ArcGIS Desktop-Anwendung, in der die in ArcGIS 8.1 enthaltenen Geoprocessing-Tools übersichtlich angeordnet und zusammengefasst sind.(18)

- Für die Erstellung eines DXF-Files werden die CONVERSION TOOLS (EXPORT FROM SHAPEFILE / SHAPEFILE TO DXF) der ArcToolbox genutzt.

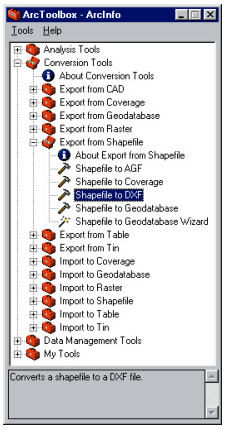

Abb. 24: Bildschirmoberfläche der ArcToolbox

Für die Datenanbindung kommt das Programm Autodesk Map 6 zum Einsatz, eine weiterführende Version von AutoCAD Map 2000. Gegenüber früherer Versionen bietet das Programm eine höhere Funktionalität durch die Entwicklung neuer Bearbeitungsmethoden, wie z. B. die Klassifizierung von Daten. Außerdem gestatten vereinfachte Arbeits-

prozeduren und übersichtlich gestaltete Dialogfenster eine höhere Benutzerfreundlichkeit. Hinsichtlich der Datenanbindung bietet das Programm im Gegensatz zu AutoCad Map 2000 die Möglichkeit, sich über das Eigenschaftenfenster die mit einem Objekt verbundenen Datensätze auf einfache Art anzeigen zu lassen, was eine erstaunliche Arbeitserleichterung mit sich bringt.

In diesem Produkt der Firma Autodesk kann man über Verknüpfungsprozesse Daten aus einer externen Datenquelle mit graphischen Objekten in einer Zeichnung verbinden, ohne die entsprechende Datenbankanwendung verwenden zu müssen (AUTODESK DEVELOPMENT S.À R.L. (Hrsg.) 1999, S. 320 f.). Wenn einem Projekt Datenquellen zugeordnet sind, werden diese im Projekt-Arbeitsbereich dargestellt bzw. aufgelistet mit der Erkenntnis, dass diese Datenquellen relevante Informationen enthalten (AUTODESK DEVELOPMENT S.À R.L. (Hrsg.) 1999, S. 325). Eine der gängigen Methoden für die Zuordnung von Datenquellen ist der Weg über den Projekt-Arbeitsbereich.

- Durch Anklicken des Feldes – DATENQUELLE – mit der rechten Maustaste kann aus dem erscheinenden Kontextmenü die Option – ZUORDNEN – gewählt werden.

Nachdem die Datenquelle dem Projekt hinzugefügt wurde, ist als Voraussetzung zur Datenanbindung eine Verknüpfungsvorlage zu definieren. Bei der Verknüpfung von Daten mit Objekten werden Verknüpfungsdaten gespeichert, wodurch eine Beziehung zwischen dem Objekt und der Datenbanktabelle hergestellt wird. Diese Beziehung wird durch ein einfaches Prüfsystem ermöglicht, welches über Verknüpfungsvorlagen etabliert wird. Über eine festgelegte Schlüsselspalte, beispielsweise einer ID-Nummer, werden die gespeicherten Verknüpfungsdaten mit der Tabelle verglichen und im Falle einer Übereinstimmung erfolgt eine Verbindung des Datensatzes mit dem Objekt. (AUTODESK DEVELOP-MENT S.À R.L. (Hrsg.) 1999, S. 352)

- Das Definieren von Verknüpfungsvorlagen kann ebenfalls über den Projekt-Arbeitsbereich durchgeführt werden, indem man mit der rechten Maustaste auf eine Tabelle klickt und aus dem Kontextmenü die Option – VERKNÜPFUNGSVORLAGE DEFINIEREN – auswählt.

Nach erfolgter Vorarbeit beginnt die eigentliche Datenanbindung. Hierfür stehen dem Benutzer drei verschiedene Möglichkeiten zur Auswahl:

- Manuelles Verknüpfen von Daten mit Objekten
- Automatisches Verknüpfen von Daten mit Objekten
- Verknüpfen von Daten mit Objekten bei der Digitalisierung.

Bei vorliegender Arbeit wird auf die erste Variante zurückgegriffen, da durch sie eine bessere Kontrolle möglich ist und der Bearbeiter einen guten Einblick in die Daten erhält. Für ein zügiges Vorgehen ist es in Vorbereitung auf die Datenanbindung weiterhin notwendig, die einzelnen Punkte zu beschriften, um eine effiziente und fehlerfreie Bearbei-

tung zu gewährleisten. Die Verknüpfung der einzelnen Objekte mit den entsprechenden Datensätzen erfolgt über die Datenansicht der verknüpften Tabelle, die über einen Doppelklick auf die Verknüpfungsvorlage im Projekt-Arbeitsbereich geöffnet werden kann. Folgende Arbeitsschritte kommen zum Einsatz:

- Auswahl eines zu verknüpfenden Datensatzes
- Anklicken des Werkzeuges – DATENSÄTZE VERKNÜPFEN – über die Werkzeugkästen der Datenanzeige
- Auswahl des Objektes aus der Zeichnung, das mit dem Datensatz verbunden werden soll

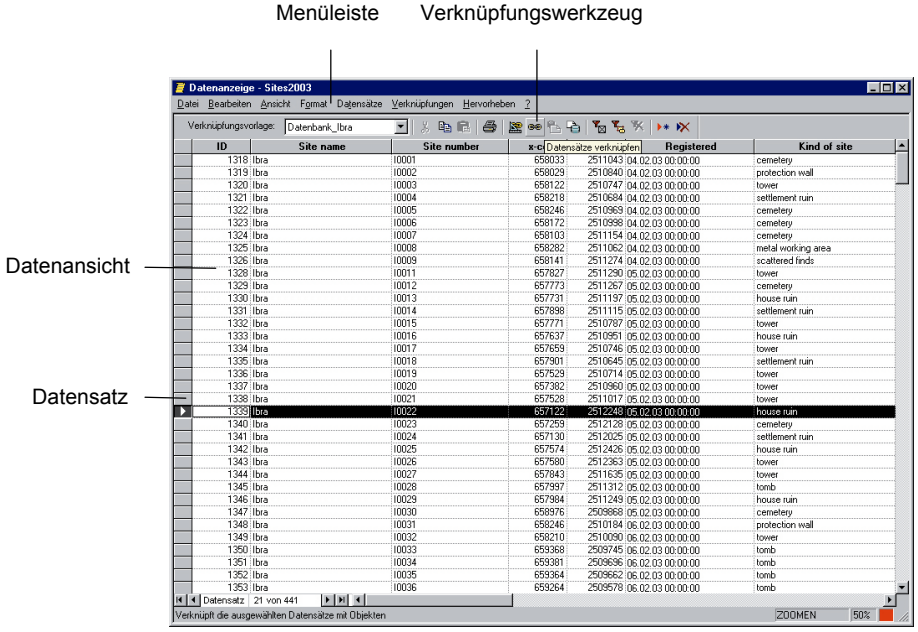

Abb. 25: Datenansichtsfenster mit zusätzlichen Erläuterungen

Beim Umgang mit großen Datenmengen sind Fehler nicht auszuschließen. Deshalb ist die Kontrolle eine unumgängliche Voraussetzung für ein fehlerfrei funktionierendes und korrektes Geoinformationssystem. Hierfür stehen dem Bearbeiter in Autodesk Map 6 zahlreiche Bearbeitungsvarianten zur Verfügung, die sich sowohl über die Menüleiste, als auch über die Werkzeugkästen der Datenanzeige für verknüpfte Tabellen abrufen lassen.

Nachdem die Datenanbindung abgeschlossen ist, müssen die Fundplätze nach verschiedenen Kriterien gruppiert und auf unterschiedliche Layer platziert werden. Die Gruppierung der Punkte erfolgt nach der zeitlichen Einordnung (vierzehn Zeitperioden), wobei nochmals in die Typen der Fundstellen untergliedert wird (Siedlungsruine, Moschee, Turm, Grab usw.). Durch die Einteilung der Fundplätze wird eine feingliedrige Struktur geschaffen, die zum einen eine effektive Nutzung der Daten in dem zu erstellenden Internet-Geoinformationssystem ermöglicht, zum anderen die Kreierung zusätzlicher Analysevarianten gestattet.

5.5 Datenbearbeitung und Datenexport

Bei der bereits erfolgten Konzeptvorstellung war vom „Scheitelpunkt“ die Rede, einer wichtigen Stelle innerhalb des Projektes. An diesem Punkt der Bearbeitung besteht die Möglichkeit, aus den bis zu diesem Moment erstellten Daten verschiedene Produkte abzuleiten. Bevor der sogenannte „Scheitelpunkt“ erreicht werden kann, ist es eine zwingende Voraussetzung, die unterschiedlichen raumbezogenen Informationen auf ihre Korrektheit (Lagetreue, geschlossene Polygone, exakte Datenverknüpfung usw.) zu überprüfen, damit sie beispielsweise für die Erstellung von Topologien zum Einsatz kommen können. Ebenfalls müssen die gewonnenen und erstellten Daten (Fundpunkte mit Sachdaten und digitalisierte topographische Merkmale) in einer gemeinsamen Datei zusammengeführt werden, um eine effektivere Nutzung und weiterführende Arbeiten zu gewährleisten.

Nach Schaffung dieser Grundlagen besteht die Gelegenheit, das Projekt in verschiedene Richtungen zu lenken. Mit Hilfe der kompletten Datei ist es z. B. möglich, Printprodukte zu entwerfen, die für verschiedene Arbeits- aber auch Präsentationszwecke zum Einsatz kommen können (Arbeitskarten, Poster usw.). Eine andere Variante wäre die Verwendung der fertigen Datei für weiterführende wissenschaftliche Untersuchungen, die man mittels der Analysefunktionen von AutoCAD Map 2000 oder Autodesk Map 6 durchführen kann (Flächenberechnungen).

Bei der Zusammenführung der verschiedenen Daten wird die Datei mit der Linien-Geometrie (topographische Merkmale) als Grundlage genutzt, in die die Fundpunkte mit den dazugehörigen Daten mittels einer einfachen Abfrage integriert werden. Zuvor muss die Datei mit den Punkten aber erst als Quellzeichnung definiert und zugeordnet werden. Die hierfür nötigen Arbeitsschritte werden über den Projekt-Arbeitsbereich ausgeführt. Ebenso ist es möglich, die einzelnen Bearbeitungsoptionen über die Menüleiste abzurufen. Da der Projekt-Arbeitsbereich jedoch eine bessere Übersichtlichkeit bietet, werden die verschiedenen Arbeitsschritte über dieses Fenster organisiert.

- Das Zuordnen von Quellzeichnungen zu einem aktiven Projekt erfolgt durch die Erstellung einer Zeichnungsauswahl, indem man im Projekt-Arbeitsbereich mit der rechten Maustaste auf das Feld – ZEICHNUNGEN – klickt und aus dem erscheinenden Kontextmenü die Option – ZUORDNEN – auswählt.

Nachdem die Zuordnung erfolgt ist, werden über die Positionsabfrage alle Objekte aus der Quellzeichnung in das aktive Projekt überführt, wobei auch festgelegte Verknüpfungen mit der externen Datenbanktabelle übernommen werden.

- Zur Definition der Abfrage benutzt man die Option – DEFINIEREN – , die aus dem Kontextmenü abrufbar ist, welches man durch Anklicken des Feldes – AKTUELLE ABFRAGE – im Projekt-Arbeitsbereich erhält.

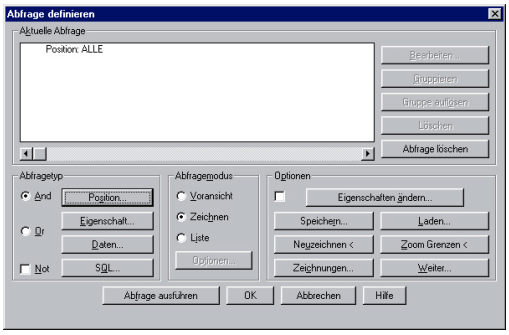

Abb. 26: Dialogfeld zur Definierung von Abfragen

- In dem erscheinenden Dialogfeld ABFRAGE DEFINIEREN wird über die Schaltfläche – POSITION – die Abfrage generiert .
- Im Bereich ABFRAGEMODUS des Dialogfeldes ABFRAGE DEFINIEREN legt man mittels drei verschiedener Optionen (VORANSICHT, ZEICHNEN, LISTE) fest, wie die abgerufenen Objekte im aktiven Projekt dargestellt werden sollen. Um Objekte permanent in eine neue Zeichnung zu überführen, ist die Option – ZEICHNEN – zu verwenden, da diese eine Bearbeitung und Speicherung ermöglicht.

Abschließend ist nochmals eine Kontrolle der neu erschaffenen Datei durchzuführen, um eventuell noch bestehende kleinere Fehler, wie z. B. Überlappungen der zusammengebrachten Objekte, zu bereinigen.

Als Vorbereitung für die Gestaltung und Erstellung des Internet-Geoinformationssystems im Programm Autodesk MapGuide 6 ist es erforderlich, die erzeugten raumbezogenen Daten in ein spezielles Datenformat zu exportieren. Hierbei handelt es sich um das systemeigene SDF-Dateiformat (Spatial Data File). In Autodesk MapGuide 6 gibt es auch die Variante, mit DWG-Dateien (Autodesk-Zeichnungsformat) zu arbeiten und daraus DWG-Layer zu gestalten, die bei diesem Projekt nur für Kontrollzwecke zum Einsatz kommt. Der Grund hierfür liegt in den geringen Bearbeitungsmöglichkeiten hinsichtlich der Gestaltung und Veränderung der erstellten DWG-Layer, wodurch auf das Standardformat zurückgegriffen wird.

Um bei späterer Benutzung von Autodesk MapGuide 6 einen effektiven Arbeitsablauf zu gewährleisten, ist die Übernahme der bestehenden Layerstruktur empfehlenswert. Hierzu werden die einzelnen Ebenen in das SDF-Dateiformat umgewandelt. Dadurch erhält man eine klare Differenzierung der Daten, wodurch in dem folgenden Aufbau des Internet-Geoinformationssystems eine leicht verständliche Strukturierung durchzuführen ist.

Bevor der Export beginnen kann, müssen die Daten noch für den Gebrauch in Autodesk MapGuide 6 aufbereitet werden, damit sie einer effizienten und korrekten Nutzung zugeführt werden können. Zu diesem Zweck erfolgt eine nochmalige Überprüfung der Geometrie. Außerdem werden spezielle Objektgruppen (Siedlungsflächen, wichtige Einrichtungen, Wadis, Grid und Text) mit Objektdaten versehen. Das Anfügen von Objektdaten ermöglicht zum einen die Darstellung von Textobjekten in Autodesk MapGuide 6, zum anderen

können durch Objektdaten in dem zu erstellenden Internet-Geoinformationssystem zusätzliche Abfrage- und Analysevarianten eingebaut (Objektsuche) und die Anschaulichkeit (Erstellung von QuickInfo-Fenstern bzw. Karteninfo-Fenstern – kontextsensitive Textfenster) gesteigert werden. Damit Objektdaten benannt werden können, ist als erster Schritt eine Objektdatentabelle zu erzeugen.

- Die Definierung der Objektdatentabelle findet über die Dialogfeld OBJEKTDATEN DEFINIEREN statt, die über die Menüleiste – Menüpunkt MAP / OBJEKTDATEN / DEFINIEREN – abgerufen werden kann. Im sich öffnenden Dialogfeld kann man eine neue Tabelle mit den dazugehörigen Datenfeldern anlegen.

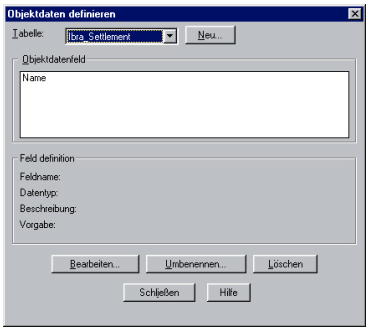

Abb. 27: Dialogfeld zur Erstellung einer Objektdatentabelle

Nachdem die Anlage der Objektdatentabelle abgeschlossen ist, beginnt die Festlegung und Zuordnung der Objektdaten.

- Hierzu bestimmt man in dem Dialogfeld OBJEKTDATEN ZUORDNEN/LÖSEN, welches über die Menüleiste – MENÜPUNKT MAP / OBJEKTDATEN / ZUORDNEN/LÖSEN – angefordert wird, einen speziellen Datenwert. Die Verknüpfung mit dem Objekt wird über die Schaltfläche – OBJEKTEN ZUORDNEN – durchgeführt.

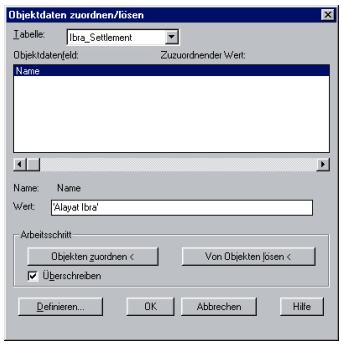

Abb. 28: Dialogfeld für das Zuordnen von Objektdaten

Nach Vollendung der Optimierung der Daten für den Gebrauch in Autodesk MapGuide 6 beginnt der abschließende Export der raumbezogenen Informationen – die Erstellung der SDF-Dateien. Für die Konvertierung der Daten in das spezielle Format stehen verschiedene Wege zur Verfügung. Zum einen kann man Hilfsprogramme, wie den SDF Loader oder den SDF Component Toolkit verwenden, die zu dem Produktpaket von Autodesk

MapGuide 6 gehören, zum anderen verfügt das Programm Autodesk Map 6 über eine Bearbeitungsfunktion zum Datenexport in das SDF-Format. Bei diesem Projekt erfolgt die Konvertierung der Daten im Programm Autodesk Map 6, da sich die erwähnte Bearbeitungsfunktion durch eine anwenderfreundliche Gestaltung auszeichnet .

- Die hierfür benötigte Option ist über die Menüleiste – Menüpunkt MAP / WERKZEUGE / ALS AUTODESK MAPGUIDE SDF-DATEI EXPORTIEREN – abrufbar.

Die Einrichtung der Export- bzw. Konvertierungsparameter erfolgt über das Dialogfeld SDF-EXPORT - ... , das sich nach Eingabe eines Namens für die zu erstellende Datei öffnet. Innerhalb des Dialogfeldes sind zwei Registrierkarten sichtbar – AUSWAHL und OPTIONEN (siehe Abb. 29).

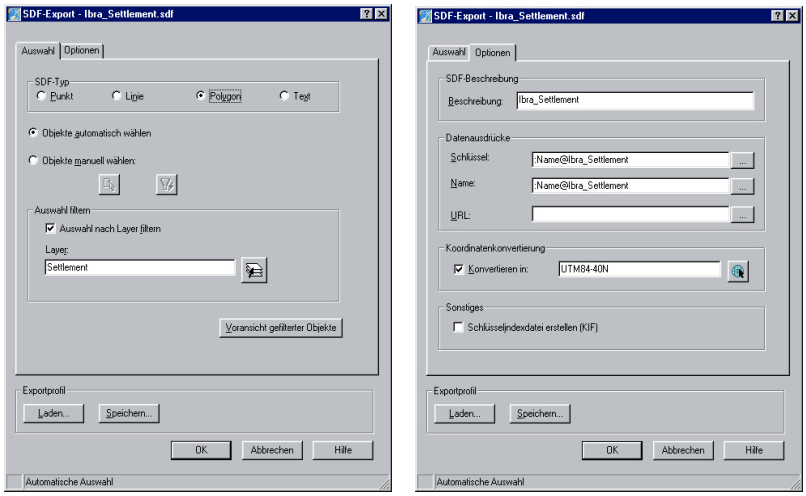

Abb. 29: Dialogfeld zum Export von Daten in das SDF-Format
Links: Registrierkarte Auswahl. Rechts: Registrierkarte Optionen

Auf der Registrierkarte AUSWAHL wird der Typ für die SDF-Datei festgelegt (Punkt, Linie, Polygon, Text) und die zu exportierenden Daten durch die Auswahl des entsprechenden Layers definiert. Über die Registrierkarte OPTIONEN können die den Objekten zugeordneten Daten aus externen Datenbanken oder Objektdatentabellen mit einer SDF-Datei verknüpft werden.

Mit Abschluss des Datentransfers endet die Arbeit in den Programmen AutoCAD Map 2000 und/oder Autodesk Map 6 und es beginnt die Gestaltung des Internet-Geoinformationssystems, welches im nächsten Abschnitt näher betrachtet wird. Abschließend kann resümiert werden, dass die genannten Programme trotz anfänglicher Schwierigkeiten sich durch eine bedienungsfreundliche Systemgestaltung und effektive Bearbeitungsvarianten ausgezeichnet haben. Dadurch war eine anwenderfreundliche Benutzung und zügige Bearbeitung möglich, die brauchbare Ergebnisse geschaffen hat, die in verschiedenen Bereichen zum Einsatz kommen können.

5.6 Gestaltung des Internet-Geoinformationssystems

Der Vorgang der kartographischen Gestaltung, also der graphischen Umsetzung von raumbezogenen Daten, ist der Weg von einem Primär- zu einem Sekundärmodell der Umwelt. Hierbei spielt die richtige Auswahl und Darstellung der Kartengraphik eine entscheidende Rolle.

Mit der **Kartengraphik** wird die für kartographische Produkte typische Darstellungsweise bezeichnet, die sich als ein Zeichensystem auffassen lässt. Dabei besteht jedes kartographische Zeichensystem aus einzelnen Kartenzeichen, die Informationselemente darstellen und somit umfangreiche Aussagen über Raumbezüge und Eigenschaften von Objekten zulassen. Ein Zeichensystem ist durch einen dreistufigen Aufbau gekennzeichnet:

- graphische Elemente (Punkt, Linie, Fläche)
- zusammengesetzte Zeichen (Zusammenfügung graphischer Elemente – Signaturen)
- graphische Gefüge (Erzeugung typischer graphischer Strukturen bei bestimmten Objektarten – Gewässer, Isolinien usw.)

Graphische Elemente und zusammengefügte Zeichen ergeben gemeinsam die kartographischen Gestaltungsmittel. Somit stellt die Kartengraphik ein entscheidendes Hilfsmittel zum richtigen Verständnis von kartographischen Produkten dar. (HAKE et al. 2002, S. 106 f.)

Um die durch eine Kartengraphik implementierte Aussage und Bedeutung dem Benutzer exakt wiederzugeben, werden bestimmte Kriterien der Gestaltung von kartographischen Darstellungen zugrunde gelegt, um eine eindeutige Wahrnehmung zu ermöglichen:

- Erzeugung einer hohen graphischen Differenzierung durch Anwendungen verschiedener graphischer Varianten
- Vermeidung einer zu starken graphischen Dichte, um eine hohe Lesbarkeit und Anschaulichkeit zu gewährleisten
- kontrastreiche, harmonische Farbgebung, um eine gute Erkennbarkeit, Aussagekraft und ästhetische Gestaltung zu ermöglichen
- Zusammenhänge innerhalb der Darstellung sollten wahrnehmbar sein (Strukturen)
- Einbeziehung von Gewohnheiten und Vorstellungen des Kartennutzers

(HAKE et al. 2002, S. 111 f.)

Natürlich spielen in diesem Zusammenhang auch noch andere Bedingungen, wie geometrische Korrektheit, Vollständigkeit, Darstellung wichtiger Sachverhalte in einfacher, verständlicher Form, eine nicht unwesentliche Rolle bei der Gestaltung kartographischer Produkte. Hinsichtlich des zu erstellenden Internet-Geoinformationssystems sind die Bedingungen für Vollständigkeit und geometrische Korrektheit durch die während der Gewinnung raumbezogener Daten stattfindenden Prozesse gegeben.

In diesem Stadium der Arbeit wird über das Bild und das spätere Aussehen des Systems entschieden. Die Erstellung und Gestaltung des Internet-Geoinformationssystems erfolgt

im Programm Autodesk MapGuide 6. Wie bereits in Kapitel 4 beschrieben, handelt es sich dabei um ein GIS-Produkt, welches aus verschiedenen Einzelkomponenten aufgebaut ist (MapGuide Server, MapGuide Author, MapGuide Viewer). Autodesk MapGuide 6 ermöglicht die Erarbeitung und Bereitstellung von Anwendungen, die verschiedenste Informationen, wie beispielsweise kartographische Darstellungen (Karte) oder Graphiken, beinhalten, die über ein Netzwerk (Internet und Intranet) bearbeitet, verteilt, veröffentlicht und betrachtet werden können (AUTODESK, INC. (Hrsg.) 2001, S. 2).

Die beiden Programmmodule MapGuide Author und MapGuide Viewer besitzen den gleichen Aufbau (Bildschirmoberfläche) und Analysefunktionen. Der Unterschied zwischen beiden Bestandteilen liegt in deren Aufgabenstellung. Mit dem MapGuide Author werden kartographische Anwendungen erstellt. Der MapGuide Viewer dagegen dient der Betrachtung und Analyse gefertigter Karten oder Graphiken über ein Netzwerk. Das hierfür verbindende Element bildet der MapGuide Server, der die Daten zur Verfügung stellt.

Bevor die Gestaltung des Internet-Geoinformationssystems im Autodesk MapGuide Autor beginnen kann, müssen die einzelnen Daten (SDF-Dateien) in das Programm eingeladen werden. Hierbei wird über die Gestaltung des Systems entschieden. An dieser Stelle ist es angebracht, einen kurzen Überblick über das Programm Autodesk MapGuide Author zu geben. Die Bildschirmoberfläche von MapGuide Author gliedert sich in zwei große Bereiche. Auf der linken Seite befindet sich der Karten-Explorer, in dem die Layerstruktur einer Karte gezeigt wird. Dieser Bereich unterteilt sich in zwei Registrierkarten – DESIGN und ANSICHT. Über die Registrierkarte DESIGN können Karten erstellt und gestaltet werden, indem neue Layer angelegt und bearbeitet werden. Die Registrierkarte ANSICHT gibt die spätere Kartenlegende wieder, welche bei der Betrachtung der Karte im Programm Autodesk MapGuide Viewer sichtbar wird. Auf der rechten Seite befindet sich das Kartenfenster, das die aktuell bearbeitete Karte zeigt und zur späteren Darstellung der vollendeten Arbeit dient.

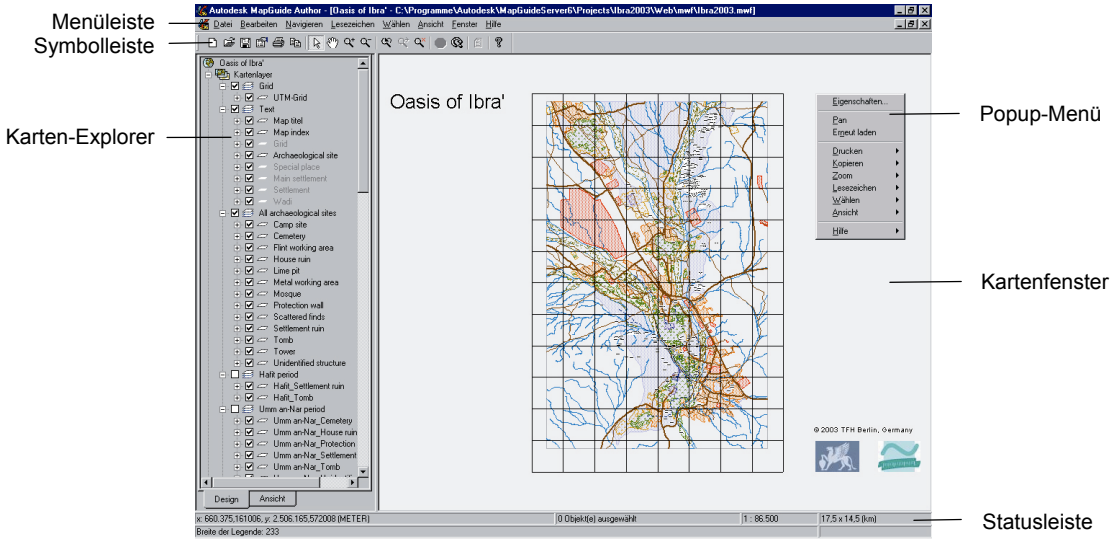

Abb. 30: Bildschirmoberfläche von Autodesk MapGuide Author mit zusätzlichen Anmerkungen

Weiterhin findet man Funktionsleisten, wie z. B. Menü-, Symbol- und Statusleiste, über die Bearbeitungs- und Analyseoptionen (Navigieren, Objekte wählen, Entfernungen messen, Drucken usw.) abrufbar sind und die zusätzliche Informationen (Koordinaten, Maßstab usw.) wiedergeben. Auch gibt es innerhalb dieses Programms die Möglichkeit, über ein Popup-Menü, welches über die rechte Maustaste innerhalb des Kartenfensters geöffnet werden kann, die verschiedenen Bearbeitungs- und Analyseoptionen zu nutzen.

Wie aus den eben beschriebenen Anmerkungen hervorgeht, wird bei der Arbeit mit Autodesk MapGuide 6 von der Erstellung und Bearbeitung kartographischer Produkte berichtet. Im eigentlichen Sinne kann man bei diesem Projekt ebenfalls von der Entwicklung einer interaktiven kartographischen Anwendung sprechen, die durch zusätzliche programminterne Analyseoptionen eine hohe Funktionalität erhält und somit die Charakterzüge eines Geoinformationssystems bekommt.

Um eine Karte im MapGuide Author herzustellen, ist es notwendig, im Karten-Explorer Layer zu gestalten, auf denen sich spezielle Objektgruppen befinden. Um eine übersichtliche und gut strukturierte Anordnung zu gewährleisten, ist es von Vorteil, Layergruppen anzulegen, in denen bestimmte in Beziehung stehende Layer zu einem Themenkreis zusammengefasst sind, wie beispielsweise topographische Merkmale oder textliche Anmerkungen. Bei der Erstellung der Layer ist die schon bestehende Layerstruktur, die bei der Gewinnung der räumlichen Informationen erzeugt wurde, von großem Vorteil. Dadurch ergibt sich eine enorme Arbeitserleichterung und die Gestaltung der einzelnen Layer und Layergruppen kann problemlos vollzogen werden.

Bevor die eigentliche Kartengestaltung beginnen kann, ist es notwendig, noch einige Systemeinstellungen vorzunehmen, um die Benutzerumgebung und das Grundgerüst der Karte festzulegen. Hierbei wird zum einen durch die Anpassung des MapGuide Author entschieden, welche Kartenmaßeinheiten genutzt und ob die Mausposition angezeigt werden soll, zum anderen kann man über die Festlegung der Eigenschaften des Kartenfensters bestimmen, welches Koordinatensystem für die Karte verwendet, welcher Anfangsmaßstab angezeigt und ob zum Schutz der Karte ein Kennwort festgelegt werden soll.

- Die Voreinstellungen für MapGuide Author werden in dem Dialogfeld VOREINSTELLUNGEN durchgeführt, das über die Menüleiste – Menüpunkt DATEI / VOREINSTELLUNGEN – geöffnet wird.
- Die Eigenschaften für das Kartenfenster sind im Dialogfeld EIGENSCHAFTEN DES KARTENFENSTERS vorzunehmen, welches aus dem Kontextmenü zu erhalten ist, das mittels der rechten Maustaste im Kartenfenster geöffnet werden kann.

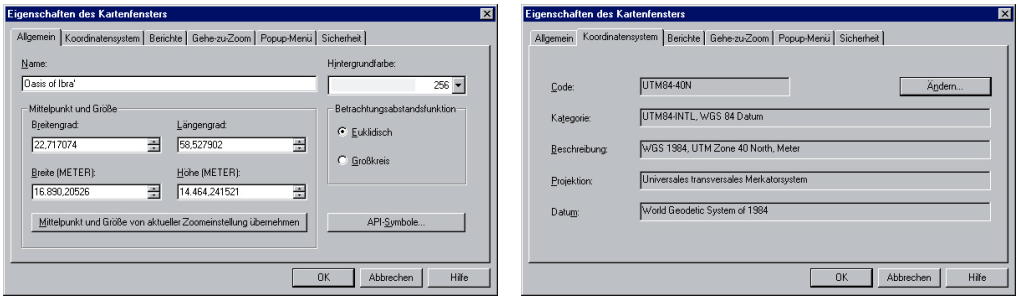

Abb. 31: Dialogfeld für die Festlegung der Eigenschaften des Kartenfensters
Links: Registrierkarte Allgemein. Rechts: Registrierkarte Koordinatensystem

Die im Vorfeld der Kartengestaltung exportierten SDF-Dateien werden für die Erstellung der einzelnen Kartenlayer genutzt.

- Die Einrichtung eines Layers erfolgt über den Karten-Explorer auf der Registrierkarte DESIGN, indem man auf das Feld – KARTENLAYER – klickt und aus dem erscheinenden Kontextmenü die Option – NEUER LAYER – auswählt.

An dieser Stelle ist zu entscheiden, welcher Layertyp zur Anwendung kommen soll; sieben Varianten stehen zur Auswahl:

- Text
- Punkt
- Polylinie
- Polygon
- Autodesk-DWG
- Autodesk GIS Design Server-Thema
- Raster

Die sich öffnende Dialogfeld EIGENSCHAFTEN DES KARTENLAYERS – ... besteht aus verschiedenen Registrierkarten, über welche die Eigenschaften des Layers festgelegt werden. Auf der Registrierkarte ALLGEMEIN werden generelle Eigenschaften des zu erstellenden Layers bestimmt, wie beispielsweise die Bezeichnung, ob der Layer in der Viewerlegende angezeigt werden und ob eine Zuordnung von Daten erfolgen soll.

Die Zuordnung der Daten kann über zwei Wege geschehen – dynamisch oder statisch. Durch dynamische Kartenlayer werden immer nur die Kartendaten geladen, die in dem sichtbaren Bereich des Kartenfensters vorhanden sind, wodurch die Dateigröße klein gehalten wird. Bei statischen Kartenlayern wird eine photographische Kopie des gesamten Kartenfensters (gesamte Datei) erzeugt und in die Kartendatei eingebettet, was bei großen Datenmengen zu einer Leistungsminderung führen kann. (AUTODESK, INC. (Hrsg.) 2001, S. 164)

Auf der Registrierkarte DATENQUELLEN werden die Datenquelleneigenschaften eines Layers bestimmt. Hier legt man die Datenquellen mit den Objekten fest (SDF-Dateien, DWG-Dateien), die auf dem entsprechenden Layer geladen und angezeigt werden sollen.

Auf der Registrierkarte STILE erfolgt die Festlegung des Aussehens von Objekten auf einem Layer. In diesem Bereich kann man sowohl die Stileigenschaften verändern, wodurch die Objekte eine Gestalt und Charakter erhalten, als auch einen Maßstabsbereich festsetzen, in welchem die einzelnen Objekte angezeigt werden. Diese Option hat den Vorteil, dass in bestimmten Maßstabsbereichen nur bestimmte Objekte bzw. Layer sichtbar sind. Dadurch kann zum einen die Übersichtlichkeit erhöht (keine Überfrachtung durch zu viele Objekte), zum anderen aber auch die Leistungsfähigkeit gesteigert werden (nicht alle Objekte werden geladen).

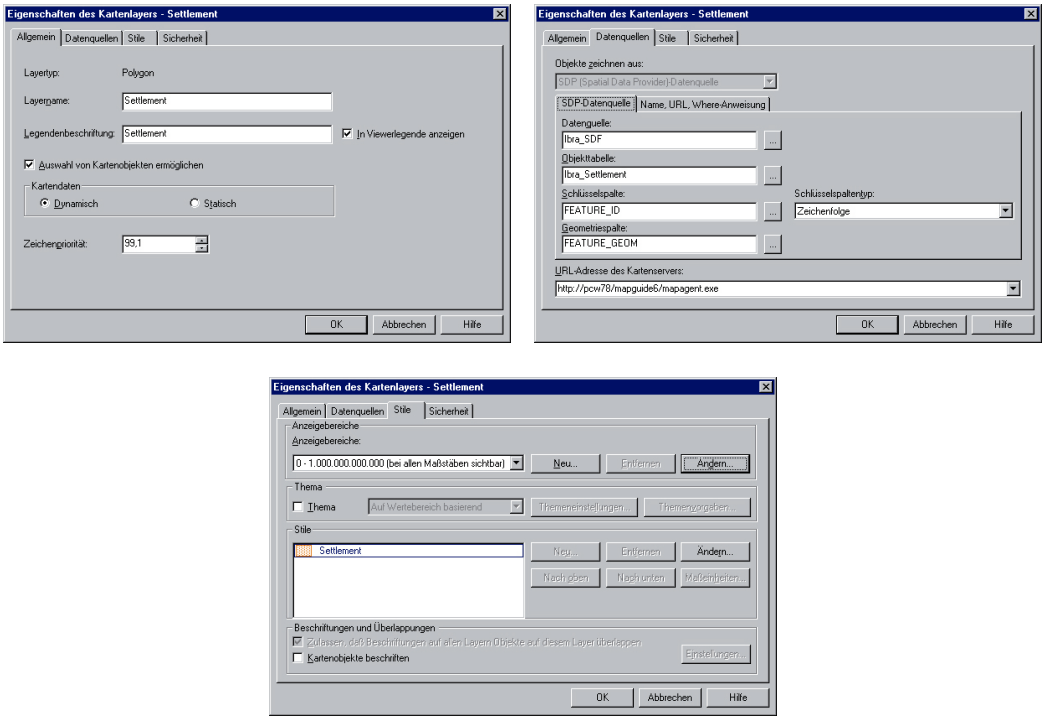

Abb. 32: Dialogfeld zur Einrichtung und Gestaltung der Layer
Oben links: Registrierkarte Allgemein. Oben rechts: Registrierkarte Datenquelle.
Unten: Registrierkarte Stile

Bei der Gestaltung raumbezogener Daten wird sowohl bei den topographischen Objekten als auch bei den archäologischen Fundplätzen versucht, eine wirklichkeitsnahe Darstellung zu entwickeln, um eine eindeutige und schnelle Wahrnehmung zu ermöglichen. Hierbei muss darauf geachtet werden, eine naturnahe und harmonische Farbgebung zu finden, um eine sinngemäße Einordnung der Objekte zu gewährleisten. Bei diesem Projekt wird darauf verzichtet, Flächen mit Farben auszufüllen; vielmehr wird auf eine aussagekräftige Schraffierung und den Einsatz von Mustern gesetzt, die dann in der Farbgebung eine natürliche und gleichmäßige Gestaltung aufzeigen. Durch teilweise durchsichtige Schraffuren können zum einen sich überlagernde Flächen besser unterschieden werden, zum anderen kann das Satellitenbild als unterstützende Informationsebene unterlegt werden. Hinsichtlich der Fundplätze werden im Programm Freehand 9, einem beliebten Graphik- und Zeichenprogramm der Firma Macromedia, das verstärkt in der kartographischen Produktherstellung eingesetzt wird, einfach strukturierte und leicht verständliche Signa-

turen entworfen. Eine Signatur ist eine genormte, uniforme Kleinfigur, die nicht nur in Karten als Informationselement vorkommt, sondern auch in anderen Bereichen für den Menschen als wichtige Mitteilungs- und Ausdrucksform dient (IMHOF 1972, S. 60). Durch die vielseitigen Darstellungsmöglichkeiten von Signaturen (bildhaft, symbolhaft, geometrisch usw.) sind diese Kartenzeichen zu einem wichtigen Gestaltungsmittel in der kartographischen Visualisierung von Objektmerkmalen geworden (HAKE et al. 2002, S. 122 f.). Die einzelnen entwickelten Signaturen werden in einer SMB-Datei (Symboldatei) integriert (siehe Abb. 33). Dieser Arbeitsgang erfolgt unter Zuhilfenahme der systemeigenen Anwendung Symbol-Manager, die ein Bestandteil des Produktpaketes von Autodesk MapGuide 6 ist.

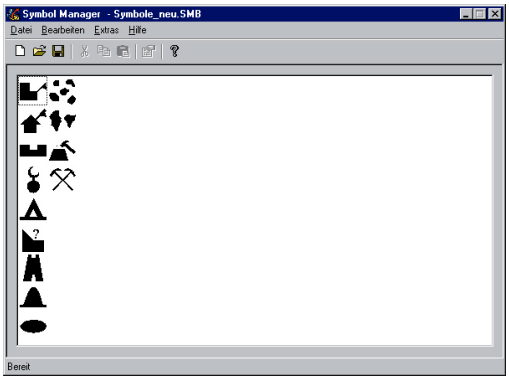

Abb. 33: Bildschirmoberfläche des Symbol-Managers

Diese SMB-Datei dient in MapGuide Author zur Gestaltung der Fundpunkte, indem dem einzelnen Kartenlayer – entsprechend der Typisierung – ein Kartenzeichen zugeordnet wird. Wie eben angesprochen, wird bei der Entwicklung der Signaturen versucht, einfache, aber trotzdem ansprechende Zeichen zu kreieren, die eine eindeutige Wahrnehmung ermöglichen und trotzdem die Ästhetik der Darstellung steigern.

Bei der Gestaltung der verschiedenen Punktlayer (Layer mit Fundpunkten), die nach den Zeitperioden in Layergruppen aufgeteilt sind, werden – wie bei IMHOF (1972, S. 25) empfohlen – „Sachgruppierungen und Sachzusammenhänge (...) graphisch durch entsprechende Gruppenbildung der Signaturenformen und Farben zum Ausdruck (...)“ gebracht.

Nachdem die Gestaltung der verschiedenen Layer abgeschlossen ist, werden noch zusätzliche Informationsebenen in die Karte eingefügt, welche die Satellitenbilder enthalten. Auf den Rasterlayern werden nicht nur die für die Bildinterpretation und Digitalisierung verwendeten Satellitenbilder (in ihrer geometrischen Auflösung heruntergerechnete Bilder) genutzt, sondern auch die aus den detailreichen Ausgangsbildern entnommenen beispielhaften Ausschnitte (alte Siedlungskerne). Diese Bilder weisen eine hohe Detailgenauigkeit auf (hohe Auflösung – 1m x 1m Pixelgröße), wodurch in den abgebildeten Bereichen die Siedlungsstrukturen sehr gut zu erkennen sind. Zusammen mit den beiden flächendeckenden Satellitenbildern wird es möglich gemacht, die in dieser Oase herrschenden Zusammenhänge und Gegebenheiten besser zu verdeutlichen. Dadurch wird die Anschaulichkeit

und Aussagekraft der Arbeit erheblich gesteigert. Damit die Bilder in einem Rasterlayer dargestellt werden können, müssen sie zuvor mit dem Programm Raster Workshop bearbeitet werden. Hierbei handelt es sich um ein Dienstprogramm, welches mit dem Produktpaket von Autodesk MapGuide 6 mitgeliefert wird. Mit diesem Programm können Rasterbilder optimiert werden und eine koordinatenmäßige Einordnung (Georeferenz-Informationen) von Bildern kann erfolgen. Bei diesem Projekt werden im Raster Workshop unterteilte TIFF-Dateien (Tagged Image File Format) erstellt, da diese eine hohe Performance aufweisen.

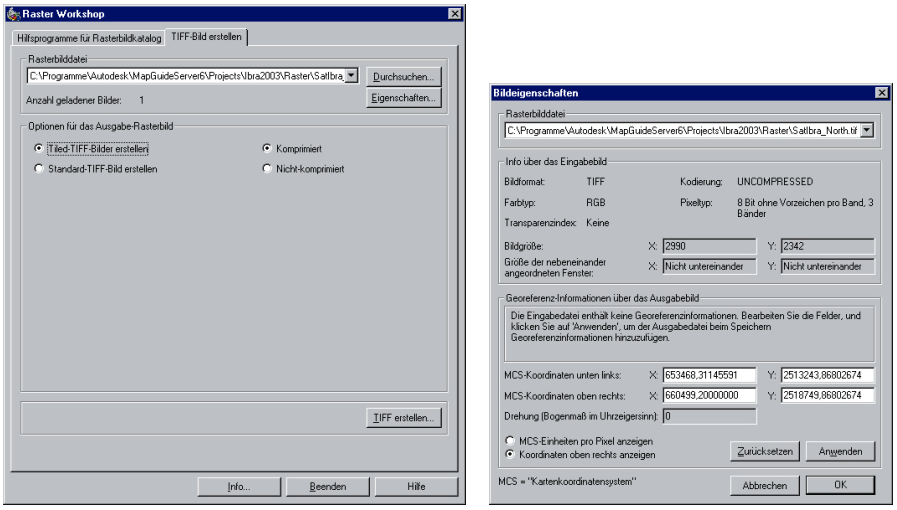

Abb. 34: Bildschirmoberfläche vom Programm Raster Workshop
Links: Registrierkarte zur Erstellung von TIFF-Bildern. Rechts: Dialogfeld zur Festlegung der Bildeigenschaften

Der Vorteil dieses Dateiformates liegt in der erhöhten Zugriffsgeschwindigkeit. Wird ein geteiltes TIFF im Author oder Viewer angezeigt, werden immer nur die Bereiche geladen, die im Kartenfenster sichtbar sind. Natürlich ist es mit dem Raster Workshop auch möglich, andere Dateiformate zu erzeugen, wie z. B. Rasterbildkatalogdateien. (AUTODESK, INC. (Hrsg.) 2001, S. 106)

Bei der Zusammenstellung und Bearbeitung von Daten in Autodesk MapGuide Author werden die entstehenden kartographischen Anwendungen in einer MWF-Datei (Kartenfensterdatei) gespeichert. Diese Datei enthält alle relevanten Spezifikationen über Aussehen und Funktion einer Karte. Damit eine Karte veröffentlicht werden kann, muss die MWF-Datei in eine Webseite eingebettet bzw. mit ihr verknüpft werden. Im folgenden Abschnitt wird die Gestaltung der Internetpräsentation kurz beschrieben.

5.7 Erstellung der Internetpräsentation

Für die Gestaltung der Internetpräsentation wird eine schon bestehenden Webseite genutzt, auf der die Ergebnisse der ersten Studien über Oasensiedlungen dargestellt wurden.

Die vorliegende Struktur wird übernommen und durch die für dieses Projekt relevanten Spezifikationen verändert und erweitert. Durch die Verwendung einer schon bestehen Prä-

sentationsgrundlage kann zum einen der Bearbeitungsaufwand minimiert werden, zum anderen wird durch die bereits verwendete bewährte Struktur der Wiedererkennungswert genutzt.

Die für die Veränderung notwendigen Arbeitsschritte werden in einem Texteditor durchgeführt. Korrekturen sind hinsichtlich der Projektbeschreibung notwendig. Weiterhin wird eine zusätzliche Seite mit Abbildungen beigefügt, um die Anschaulichkeit und Ästhetik der Präsentation zu steigern. Hinsichtlich einer besseren Wiedergabe der archäologischen Untersuchungsergebnisse ist eine zusätzliche Visualisierung der Fundplätze mittels Bildern angedacht. Die Verwirklichung dieser Aufgabenstellung wird ebenfalls über HTML-Seiten (HyperText Markup Language) ermöglicht. Die hierfür notwendigen Verknüpfungen mit den Fundpunkten werden über die interaktive Karte durchgeführt. Bei der Betrachtung der Karte soll nicht nur über ein Karteninfo-Fenster die Möglichkeit bestehen, Informationen über ein Objekt zu erhalten, wie z. B. den Objektnamen, sondern auch über eine Verknüpfung zu einer externen HTML-Seite, die Fundstelle durch eine Abbildung zusätzlich darzustellen. Hierfür werden im Programm Autodesk MapGuide 6 Optionen genutzt, die eine solche Verbindung über eine URL-Adresse (Uniform Resource Locator) ermöglichen. Zu diesem Zweck ist es notwendig, in der Access-Datenbank eine neue Spalte mit den URL-Adressen anzufügen. Weiterhin muss im MapGuide Author die Funktion für eine Internetverknüpfung geschaffen werden.

- Hierzu wird im Dialogfeld EIGENSCHAFTEN DES KARTENLAYERS – ... auf der Registrierkarte DATENQUELLEN eine Verknüpfung zu einer sekundären Tabelle geschlossen (Registrierkarte NAME, URL, WHERE-ANWEISUNG).

Die Festlegung der Verknüpfung erfolgt immer nur bei den Layern, auf denen sich Objekte befinden, die eine Verbindung zu einer HTML-Seite ermöglichen sollen.

Anschließend werden die bearbeiteten HTML-Seiten auf ihre Funktionalität überprüft und eventuell bestehende Fehler behoben. Hierbei muss darauf hingewiesen werden, dass es sich bei dieser Internetpräsentation vorerst um eine Testversion handelt, die bei späterer Vollendung und Weiternutzung optimiert werden muss.

Nachdem diese Arbeiten abgeschlossen sind, kann man von einer ersten Version des fertigen Produktes sprechen. In diesem Stadium der Arbeit ist die Entwicklung des Internet-Geoinformationssystems abgeschlossen und kann zur Veröffentlichung im Internet zur Verfügung gestellt werden. Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse dieser Diplomarbeit vorgestellt und abschließend ein Fazit gezogen.

6. Schlussbetrachtung und Ausblick

In diesem Kapitel wird ein Überblick der erzielten Ergebnisse gegeben und auf die Funktionalität und Benutzungsmöglichkeiten des erstellten Internet-Geoinformationssystems näher eingegangen. Die dabei stattfindenden Betrachtungen werden durch zusätzliche Abbildungen verdeutlicht, welche im Anhang übersichtlich zusammengefasst sind. Im Fazit wird eine kurze Bewertung der benutzten Programme gebracht, die in einem Resümee der Arbeit münden. Hier werden positive aber auch negative Eindrücke wiedergegeben. Abschließend erfolgt ein Ausblick auf zukünftige Arbeiten. Dabei werden sowohl mögliche Aspekte einer Fortführung und Vervollständigung der Arbeit aufgezeigt, als auch Ideen für andere Fachdisziplinen gebracht.

6.1 Ergebnisse

Die in Kapitel 5 vorgestellten Ausführungen im Rahmen dieses Projekts haben gezeigt, dass bei der Entwicklung des Internet-Geoinformationssystems nicht nur ein fertiges Produkt erstellt wurde, sondern viele verschiedene Einzelergebnisse erzielt werden konnten, die sowohl in dem Internet-GIS zusammenlaufen, als auch für sich allein als ein Teilprodukt gesehen werden und für verschieden Zwecke zum Einsatz kommen können.

Das eigentliche Ziel der Arbeit war die Erstellung eines Geoinformationssystems, welches über das Internet durch eine Vielzahl von Anwendern genutzt werden kann. Die Arbeit hat hierbei ein ansprechendes und praktikables System ergeben, das nicht nur für die Präsentation der Ergebnisse der archäologischen Untersuchung zum Einsatz kommt, sondern auch durch einige einfachere Analysefunktionen die Möglichkeit bietet, weiterführende vertiefende Studien durchzuführen (siehe Abb. II-V). Im Folgenden wird die Spannbreite des erstellten Produktes näher vorgestellt.

Die Funktionalität der Arbeit reicht von einer interaktiven kartographischen Darstellung raumbezogener Daten, bis hin zu einfachen Analyse- und Bearbeitungsfunktionen. Mittels einer übersichtlich gestalteten Kartenlegende lassen sich nach Belieben und Aufgabenstellung Kartenlayer aus- und einblenden, wodurch unterschiedliche und spezielle Sachverhalte im Kartenfenster dargestellt werden können (siehe Abb. V). Über das Popup-Menü besteht das Angebot, verschiedene Navigationsfunktionen, wie z. B. – Zoomen nach Maßstab – zu nutzen, als auch Kartenobjekte über ein Dialogfeld oder Polygon auszuwählen (siehe Abb. VIII und IX). Weiterhin kann man Entfernungen zwischen Objekten, aber auch über längere Strecken messen (siehe Abb. X und XI). In einer GIS-spezifischen Anwendung lassen sich Puffer um Objekte erzeugen, die für bestimmte Fragestellungen genutzt werden können, wie z. B.: „Welche Objekte befinden sich in einem Abstand von 200 Meter um das ausgewählte Gebilde?“ (siehe Abb. XII und XIII). Hierbei ist zu beachten, dass nicht alle Objekte in der Karte auswählbar und markierbar sind. Bei der Erstellung des Systems wurde nur für bestimmte Objektgruppen diese Funktion eingerichtet (Fundplätze, Siedlungen und spezielle Gebäude), da hier durch eine fast vollständige Be-

zeichnung eine eindeutige und unkomplizierte Auswahl möglich ist. Wie schon im vorangegangenen Kapitel beschrieben, soll dieses Internet-Geoinformationssystem nicht nur zur Vorstellung der Resultate der archäologischen Untersuchungen dienen, sondern auch für ein breites Publikum die bestehenden Konstellationen und Zusammenhänge innerhalb der Oasensiedlung aufzeigen und die momentane Situation einer sich im Wandel befindlichen Kultur vorstellen. Die Sensibilität für diesen Sachverhalt wird sowohl durch die Wiedergabe wichtiger topographischer Merkmale geweckt, die ein Bild der zugrunde liegenden Gegebenheiten widerspiegeln, als auch durch die zusätzlich verwendeten Satellitenbilder (siehe Abb. VII), die das Gefüge in der Oasensiedlung anschaulich verdeutlichen (Siedlungsstruktur, geschichtliche Aspekte, situative Merkmale usw.). Hinsichtlich der Visualisierung der archäologischen Fundplätze besteht nicht nur die Gelegenheit, sich die entsprechenden Punkte in der Karte anzeigen zu lassen, sondern es wird auch eine bildhafte Wiedergabe über HTML-Seiten, die Abbildungen gewählter Fundpunkte zeigen, ermöglicht (siehe Abb. VI). Um dem Internet-Geoinformationssystem einen ansprechenden Nutzungs- und Präsentationsrahmen zu geben, ist das erstellte System in eine einfache, aber anschauliche Webseite integriert (siehe Abb. I).

Die dargelegten Ausführungen zeigen, dass ein abgerundetes Produkt entstanden ist, das sowohl zur Vorstellung von Ergebnissen als auch für weiterführende Arbeiten genutzt werden kann. Daraus ergibt sich ein attraktives Hilfsmittel zur Erweiterung des Wissens über Oasensiedlungen; gleichzeitig wird die Basis für ein besseres Verständnis für Entwicklungen derartiger Gebiete gelegt .

6.2 Fazit

Die Arbeit mit Programmen der Firma Autodesk war nicht immer von Erfolg gekrönt, was zum einen an noch teilweise nicht ausgereiften Arbeitsoptionen lag, zum anderen aber auch durch eine gewöhnungsbedürftige Arbeitsweise der verschiedenen Programme zustande kam. Mit zunehmender Arbeitspraxis hat sich aber herausgestellt, dass AutoCAD Map 2000, Autodesk Map 6 und Autodesk MapGuide 6 durch zahlreiche benutzerfreundliche Eigenschaften und Systemeinstellungen den Arbeitsablauf enorm unterstützt haben. Trotz der anfänglichen Schwierigkeiten konnte in einem zeitlich begrenzten Arbeitsfenster ein funktionierendes System erstellt werden. Hierbei hat sich die programmübergreifende Funktionalität der Produkte der AutoCAD-Familie bewährt, wodurch eine unkomplizierte Arbeit möglich war. Nach Einarbeitung in die Gedankenwelt von AutoCAD & Co konnte man feststellen, dass sich die Programme der Firma Autodesk durch eine hohe Bedienerfreundlichkeit auszeichnen. Diese Tatsache ist beispielsweise bei der Festlegung eines Koordinatensystems, von Zeichnungseinheiten oder bei der Datengewinnung zu erkennen (Digitalisierung und Datenanbindung). Trotzdem dürfen neben all diesen Vorteilen die angesprochenen Probleme nicht außer Acht gelassen werden. Das anschaulichste Beispiel hierfür ist die Erstellung von Punkten mittels einer Datenbank. In AutoCAD Map 2000 oder Autodesk Map 6 gibt es zur Zeit noch keine Option, Punkte über eine Datenbank in

einem Projekt zu visualisieren, sodass stellenweise auf andere Programme zurückgegriffen werden musste (wie auf ArcView GIS 3.2 und ArcGIS 8.1). Ein anderes Problem ist die Benutzung von DWG-Dateien in Autodesk MapGuide 6. Trotz der neu geschaffenen Möglichkeit, DWG-Dateien zu verwenden, gibt es aber kaum Eingriffsmöglichkeiten in die Gestaltung der erstellten Layer, was die Funktionalität und Anschaulichkeit sehr einschränkt. Deshalb wurde der traditionelle Weg über das SDF-Dateiformat eingeschlagen, welches zwar mehr Zeit in Anspruch nahm, letztendlich dennoch nicht von Nachteil war.

Abschließend kann man feststellen, dass die positiven Seiten bei der Verwendung der Produkte der AutoCAD-Familie gegenüber den bestehenden Nachteilen überwiegen. Insgesamt war eine zügige und fehlerfreie Arbeit gewährleistet.

Als Fazit zum gesamten Projekt ist zu sagen, dass durch die unterschiedlichen Programme, Daten und Vorgehensweisen eine abwechslungsreiche Tätigkeit möglich wurde, die durch komplexe und sehr informative Arbeitsabläufe und -strukturen gekennzeichnet war. Viele wichtige Aspekte konnten nicht nur aus den Ergebnissen gezogen werden, sondern bildeten sich schon bei der Entwicklung und Gestaltung des Internet-Geoinforamtionssystems heraus. So konnten nicht nur umfangreiche Erkenntnisse über das Untersuchungsgebiet gewonnen werden, sondern es wurden auch wichtige Grundlagen für die zukünftige Ausgestaltung kartographischer Anwendungen und das Arbeiten mit GIS-Produkten gelegt und weiterentwickelt.

6.3 Ausblick

Die eben vorgestellte Schlussbetrachtung hat gezeigt, dass das erstellte Produkt in verschiedene Richtungen weitergeführt werden kann. Trotz der Tatsache, dass auch andere Firmen, wie z. B. ESRI, Programmmodule auf den Markt gebracht haben (ArcIMS, ArcExplorer), die zur Betrachtung und Bearbeitung von erstellten Anwendungen über ein Netzwerk genutzt werden können, bieten die Produkte von Autodesk hinsichtlich der Gestaltung und Präsentation von kartographischen Erzeugnissen eine gute Basis und Vorraussetzung. Da diese Tatsache auch in archäologischer Hinsicht eine nicht unwesentliche Rolle spielt, ist die Weiternutzung der in dieser Diplomarbeit verwendeten Programme zu empfehlen. Hinsichtlich des erstellten Internet-GIS ist eine weiterführende Arbeit erstrebenswert und sinnvoll, um die bestehenden Funktionalitäten durch zusätzliche Informationen zu steigern. So besteht die Möglichkeit der Integration weiterer Fachdisziplinen, wie beispielsweise der an den Untersuchungen beteiligten Architekten. Durch die Präsentation weiterer Ergebnisse kann die Aussagekraft und Bearbeitungsvielfalt gesteigert werden, wodurch ein größerer Benutzerkreis angesprochen wird und die Ausführungen in größerem Umfang publik gemacht werden können. Ferner hat sich gezeigt, dass die geschaffenen Teilprodukte auch für andere Anwendungen zum Einsatz kommen können (Arbeitskarten, gedruckte Präsentationsprodukte, verschiedene GIS-Anwendungen). Eine weiterführende und vertiefende Bearbeitung wäre vorteilhaft, um neue Arbeitsgebiete zu erschließen.

Abkürzungsverzeichnis

CAD	Computer Aided Design
CCD	Charge Coupled Devices
DKM	Digitales kartographisches Modell
DOM	Digitales Objektmodell
DWG	Autodesk-Zeichnungsformat
DXF	Drawing Exchange Format
GIS	Geographisches Informationssystem
GPS	Global Positioning System
HTML	HyperText Markup Language
LIS	Landinformationssystem
MWF	Map Window File
RIS	Rauminformationssystem
SDF	Spatial Data File
SMB	Symboldatei
TCP/IP	Transfer Control Protocol / Internet Protocol
TIFF	Tagged Image File Format
UIS	Umweltinformationssystem
URL	Uniform Resource Locator
UTM	Universal Transverse Mercator
WWW	World Wide Web

Quellenverzeichnis

Literatur, Karten und Bilder

ALBERTZ, J. (2001[2]): Einführung in die Fernerkundung. Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.

AUTODESK DEVELOPMENT S.À R.L. (Hrsg.) (1999): AutoCAD Map 2000. Benutzerhandbuch. Neuchatel.

AUTODESK, INC. (Hrsg.) (2001): Autodesk MapGuide Release 6. Benutzerhandbuch.

BILL, R. u. D. FRITSCH (1997[3]): Grundlagen der Geo-Informationssysteme. Band 1: Hardware, Software und Daten. Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag.

DIENER, C., GANGLER, A. u. A. FEIN (2003): Transformationsprozesse in Oasensiedlungen Omans. Das Beispiel Ibra. In: Trialog 76. Frankfurt am Main: IKO – Verlag für Interkulturelle Kommunikation. S. 15-21.

ECO VERLAG GMBH (Hrsg.) (2000): Geographie der Erde. Neue Enzyklopädie. Eltville/Rhein: ECO Verlag GmbH.

HÄSER, J. (2000): Formation and transformation processes of oasis settlements in the Sultanate of Oman: preliminary report on a new field project. In: Proceedings of the Seminar for Arabian Studies 30. S. 115-118. (unveröffentlichtes Manuskript)

HAKE, G., GRÜNREICH, D. u. L. MENG (2002[8]): Kartographie. Visualisierung raum-zeitlicher Informationen. Berlin, New York: Walter de Gruyter & Co..

IMHOF, E. (1972): Thematische Kartographie. (= Lehrbuch der Allgemeinen Geographie, Band 10). Berlin, New York: Walter de Gruyter & Co..

JOHN BARTHOLOMEW & SON LTD (Hrsg.) (1978): World Travel Map. Arabian Peninsula. Edinburgh: John Bartholomew & Son LTD.

KABASCI, K. u. P. FRANZISKY (1996): Oman. Geheimnisvolles Sultanat zwischen Gestern und Übermorgen. Hohenthann: REISE KNOW-HOW Verlag Därr GmbH.

KORN, L. (2002): Ibra'. Geographie, Geschichte und historische Bausubstanz. Tübingen. (unveröffentlichtes Manuskript)

MIDDLEBROOK, M. u. B. SMITH (2001): AutoCAD 2002 für Dummies. Bonn: mitp-Verlag.

POPP, G. (1996[2]): Oman. Nürnberg: EDITION ERDE im BW Verlag.

PREYSLER, J. B., BLASCO, C., ESPIAGO, J. u. A. RIO (1999): 13. Geographic Information Systems and Archaeology: Methodological Aspects of the Presentation and Display of Results. In: GILLINGS, M., MATTINGLY, D. u. J. VAN DALEN (Ed.): Geographical Information Systems and Landscape Archaeology. (= The Archaeology of Mediterranean Landscapes 3). Oxford: Oxbow Books. S. 133-137.

WINTER, R u. L. BECKEL (1991): Satellitenbilder – Eine Einführung. Von Satellitenaufnahmen zum Satellitenbildatlas Deutschland. In: WINTER, R. u. L. BECKEL (Hrsg.): GEO Satellitenbildatlas Deutschland. Berlin et al.: RV Reise- und Verkehrsverlag GmbH. S. 30-34.

WITCHER, R. E. (1999): 3. GIS and Landscape of Perception. In: GILLINGS, M., MATTINGLY, D. u. J. VAN DALEN (Ed.): Geographical Information Systems and Landscape Archaeology. (= The Archaeology of Mediterranean Landscapes 3). Oxford: Oxbow Books. S. 13-22.

Bilder (Abbildungen) vom Projektgebiet (Oasensiedlung von Ibra') wurden mit freundlicher Unterstützung vom Deutschen Archäologischen Institut (DAI), ORIENT-ABTEILUNG (2003) zur Verfügung gestellt.

Internet

(1) ZDF – WISSEN UND ENTDECKEN (Hrsg.) (2003): Auf den Spuren Alexanders. Napoleons Ägyptenfeldzug. Abrufbar unter: http://www.zdf.de/ZDFde/inhalt/26/0,1872,2028826,00.html (Datum: 4.7.2003).

(2) DEUTSCHES ARCHÄOLOGISCHES INSTITUT (Hrsg.) (2002-2003): Aufgaben des Deutschen Archäologischen Instituts. Abrufbar unter: http://www.dainst.org/index_139_de.html (Datum: 4.7.2003).

(3) STAHL, R. (1997): Einleitung: GIS - Mehr als digitale Landkarten. Abrufbar unter: http://www.gis-tutor.de/einleitg/einleit.htm (Datum: 4.7. 2003).

(4) STAHL, R. (1997): Wie alles begann: ein kurzer historischer Rückblick. Abrufbar unter: http://www.gis-tutor.de/einleitg/history.htm (Datum: 4.7. 2003).

(5) STAHL, R. (1997): Datenstrukturen oder what's so special about spatial?. Abrufbar unter: http://www.gis-tutor.de/theorie/grundlag/datstruk/datstruk.htm (Datum: 4.7. 2003).

(6) FITZKE, J. (1999): GIS im Internet. Vom Nachschlagewerk zum Betriebssystem. Abrufbar unter: http://www.gis-tutor.de/internet/inetgis/welcome.htm (Datum: 4.7. 2003).

(7) FITZKE, J. (1999): Internet und WWW als Betriebssystem für GIS – GIS online. Abrufbar unter: http://www.gis-tutor.de/internet/inetgis/421.htm (Datum: 4.7. 2003).

(8) FITZKE, J. (1999): GIS online: WebGIS-Typen. Abrufbar unter: http://www.gis-tutor.de/internet/inetgis/423.htm (Datum: 4.7. 2003).

(9) OTT, T. (2002): Geographische Informationssysteme – Ein Überblick. Abrufbar unter: http://www.oagis.com/gis3.htm (Datum: 4.7.2003).

(10) STAHL, R. (1997): GIS im Internet und Intranet. Technologie, Einsatzmöglichkeit und Perspektiven. geoinformatik_online 2/97. Abrufbar unter: http://gio.uni-muenster.de/beitraege/ausg97_2/stahl/stahl.htm (Datum: 4.7.2003).

(11) AUTODESK, INC. (Hrsg.) (2003): Über Autodesk. Abrufbar unter: http://www.autodesk.de/adsk/servlet/index?siteID=403786&id=474685 (Datum: 4.7.2003).

(12) AUTODESK, INC. (Hrsg.) (2003): Solutions. Geographische Informationssysteme – Mapping. Abrufbar unter: http://www.autodesk.de/adsk/servlet/index?siteID=403786&id=1101170 (Datum: 4.7.2003).

(13) AUTODESK, INC. (Hrsg.) (2003): Autodesk Map Series. Abrufbar unter: http://www.autodesk.de/adsk/servlet/index?siteID=403786&id=2090371 (Datum: 4.7.2003).

(14) AUTODESK, INC. (Hrsg.) (2003): Autodesk MapGuide. Allgemeine Produktinformationen. Abrufbar unter: http://www.autodesk.de/adsk/servlet/item?siteID=403786&id=959805 (Datum: 4.7.2003).

(15) ESRI (Hrsg.) (2003): About ESRI. Greeting from Jack Dangermond. Abrufbar unter: http://www.esri.com/company/about/letter.html (Datum: 4.7.2003).

(16) ESRI (Hrsg.) (2003): About ESRI. ESRI History. Abrufbar unter: http://www.esri.com/company/about/history.html (Datum: 4.7.2003).

(17) ESRI GEOINFORMATIK GMBH (Hrsg.) (2003): ArcView GIS. Abrufbar unter: http://www.esri-germany.de/products/arcviewgis/index.html (Datum: 4.7. 2003).

(18) ESRI GEOINFORMATIK GMBH (Hrsg.) (2003): ArcGIS – Raum für Lösungen. ArcGIS Desktop Anwendungen – ArcToolbox. Abrufbar unter: http://www.esri-germany.de/products/arcgis/applications/arctoolbox_m.html (Datum: 4.7. 2003).

(19) FELSKE, C. (2003): Eine alte Schrift wird entschlüsselt. Abrufbar unter: http://www.selket.de/entschlues.htm (Datum: 4.7.2003).

(20) U.S. CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY (Hrsg.) (1996): Country Map – Oman (Map #802 428). UT Library Online – Perry-Castañeda Library Map Collection. Abrufbar unter: http://www.lib.utexas.edu/maps/oman.html (Datum. 4.7.2003).

Anhang

Merkmale des Internet-Geoinformationssystems

Im folgenden Abschnitt wird mit Hilfe von zahlreichen Abbildungen ein kurzer Überblick über den Aufbau und die Funktionalität des entwickelten Internet-Geoinformationssystems gebracht. Die Darlegungen sollen nicht als Bedienungsanweisung für das erstellte Produkt gesehen werden, sondern mehr als Ergänzung und nähere Verdeutlichung der in Kapitel 6 vorgestellten Projektergebnisse. Die hier gezeigten Abbildungen stehen in enger Beziehung zu den gebrachten Erläuterungen. Die gezeigten Bilder werden durch kurze Stichpunkte näher erklärt. Diese Ausführungen geben nicht den gesamten Inhalt des Systems wieder, sondern liefern einen Eindruck von der Vielfältigkeit des erstellen Internet-Geoinformationssystems.

a) Präsentationsplattform

- einfache, dezente und klar strukturierte Internetpräsentation
- englische Textblöcke und Bezeichnungen, um eine internationale Verwendung zu ermöglichen

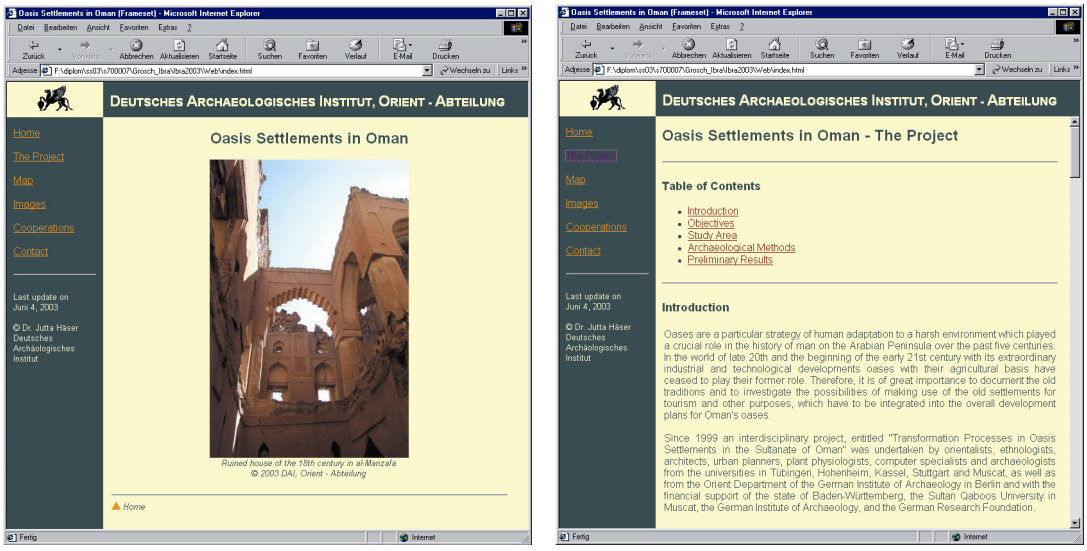

Abb. I: Internetseiten zur Präsentation des erstellten Internet-Geoinformationssystems
Links: Hauptseite. Rechts: Seite mit Projektvorstellung.

b) Aufbau des Internet-Geoinformationssystems

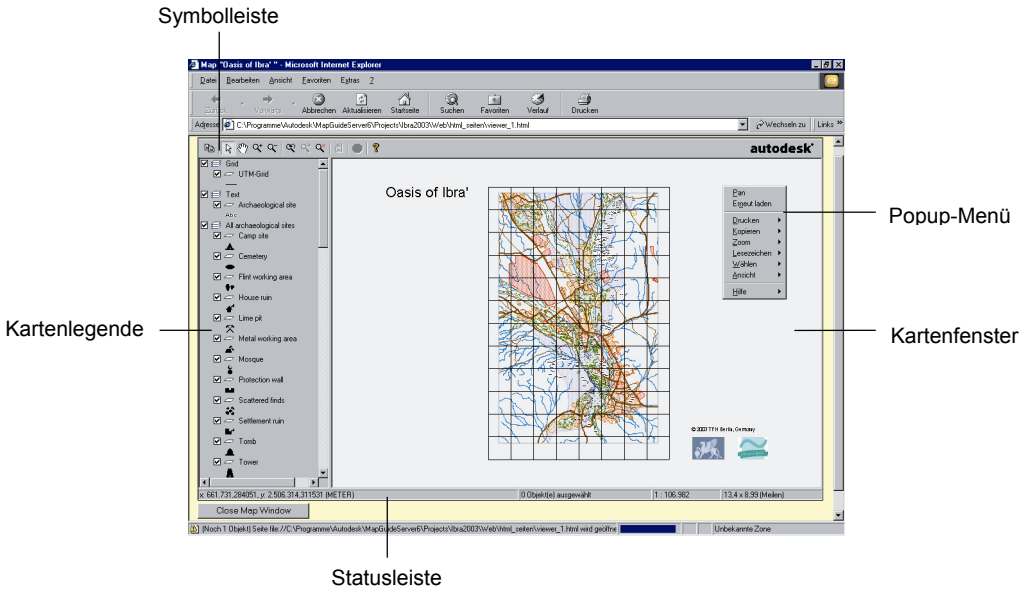

Abb. II: Bildschirmoberfläche von Autodesk MapGuide Viewer mit zusätzlichen Anmerkungen

c) Gestaltung des Internet-Geoinformationssystems

- harmonische und klare Kartengestaltung (schlichte und naturnahe Farbgebung, verständliche Schraffuren)
- hohe Anschaulichkeit durch Karteninformationen in der Statusleiste (Koordinatenangabe, Maßstab usw.) und zusätzliche Karteninfo-Fenster im Kartenfeld (Layerbezeichnung, Objektname usw.)

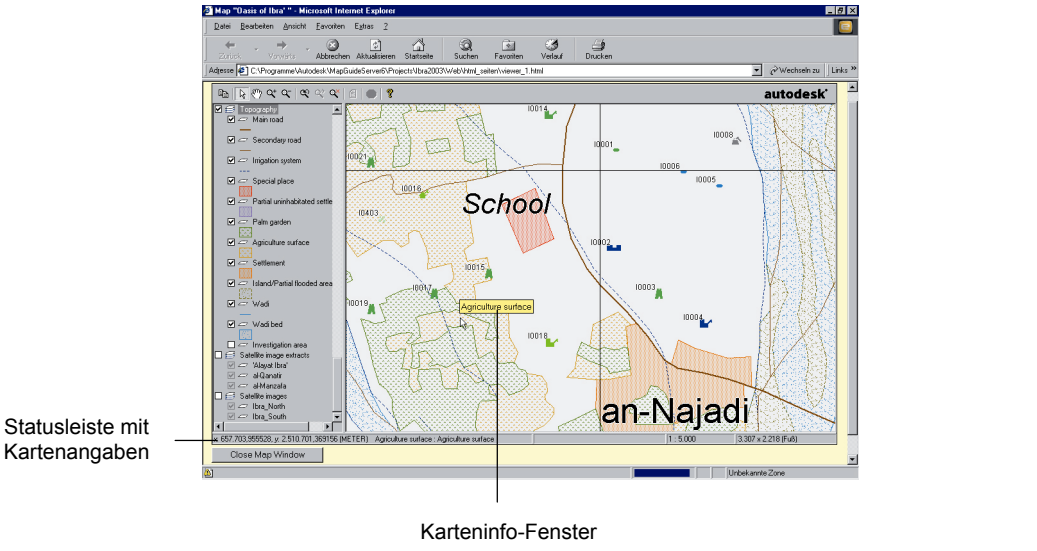

Abb. III: Kartenausschnitt mit verschiedenen Objekten mit zusätzlichen Anmerkungen

- hohe Vielseitigkeit bei der Betrachtung und Studium raumbezogener Daten durch verschiedenartige Darstellungsvarianten (Raster- und Vektordaten) – hybrides Geoinformationssystem

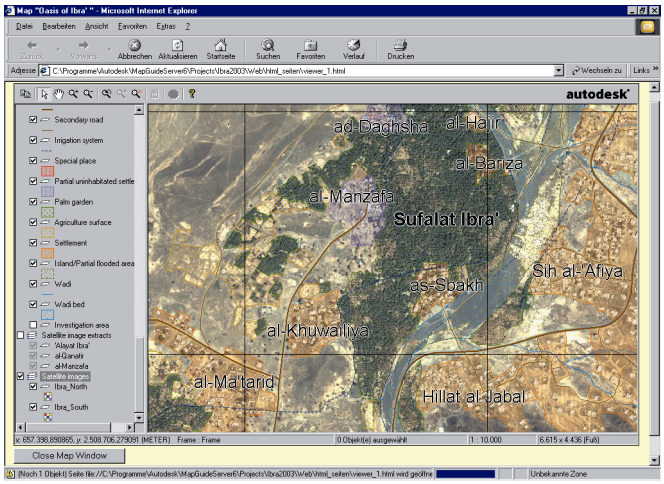

Abb. IV: Kartenausschnitt mit Satellitenbildunterlegung

d) Interaktivität der kartographischen Darstellung

- einfache interaktive Gestaltungsmöglichkeiten für den Kartennutzer durch die Darstellung verschiedener und spezieller Karteninhalte und Sachverhalte

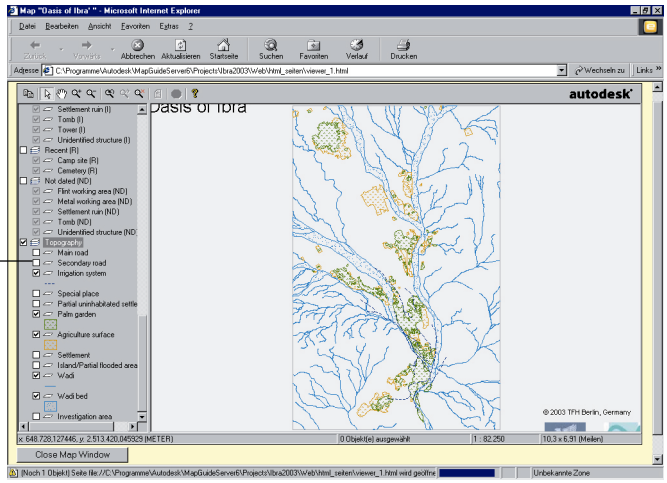

Abb. V: Wiedergabe spezieller Sachverhalte
Darstellung von landwirtschaftlichen Anbauflächen
(Palmengärten und Felder) und dem Entwässerungsnetz

e) Hoher Informationsgehalt

- Verknüpfung von archäologischen Fundplätzen mit HTML-Seiten, wodurch zusätzliche Informationen abgerufen werden können (Abbildungen, Kurzbeschreibungen usw.)

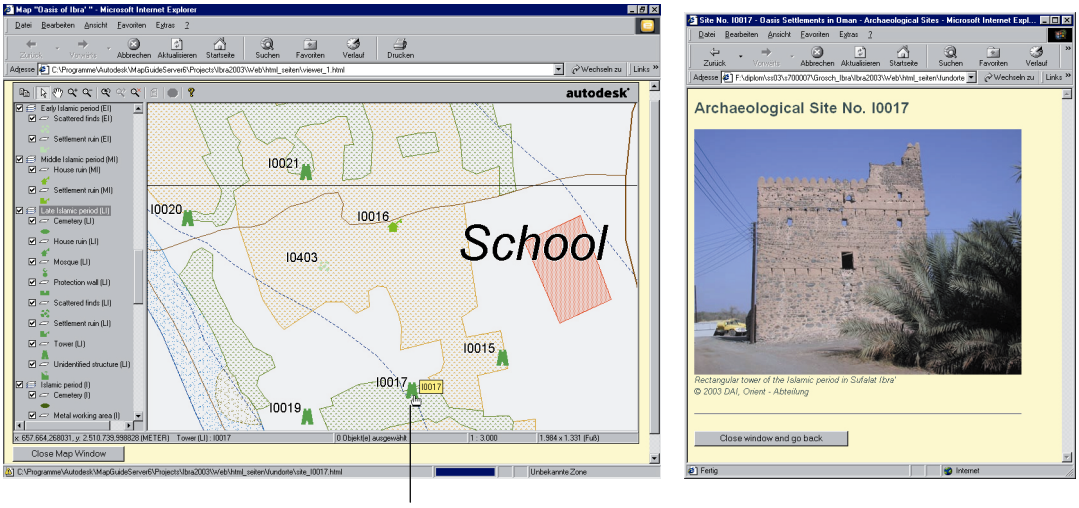

Abb. VI: Auswahl einer Verknüpfung zu einer Webseite
Links: Auswahl des Objektes. Rechts: HTML-Seite mit Darstellung des Objektes

- Darstellung von detaillierten Satellitenbildausschnitten, um Strukturen und Zusammenhänge innerhalb der Karte besser zu verdeutlichen

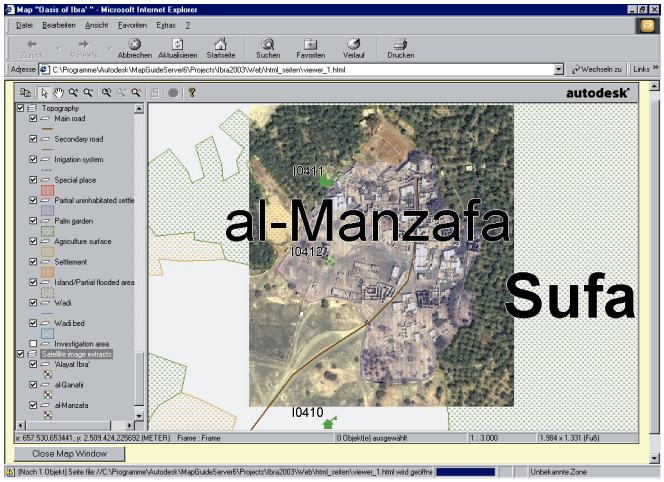

Abb. VII: Darstellung der Siedlung al-Manzafa
Wiedergabe spezieller Informationen über ein Satellitenbild
und Vektorgeometrien (topographische Gegebenheiten und Fundplätze)

f) Benutzerfreundlichkeit

- einfache und bedienerfreundliche Navigation innerhalb der Karte (Pan, Zoom)

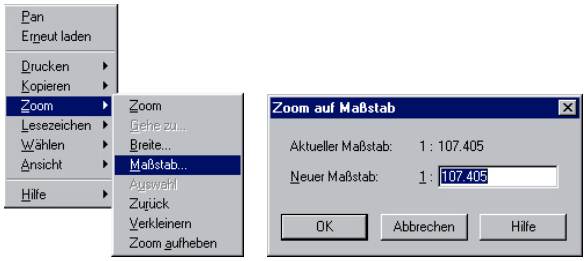

Abb. VIII: Einstellungen für das Zoomen nach Maßstab
Links: Popup-Menü. Rechts: Dialogfeld Zoom auf Maßstab

- einfache und anschauliche Auswahl von Objekten

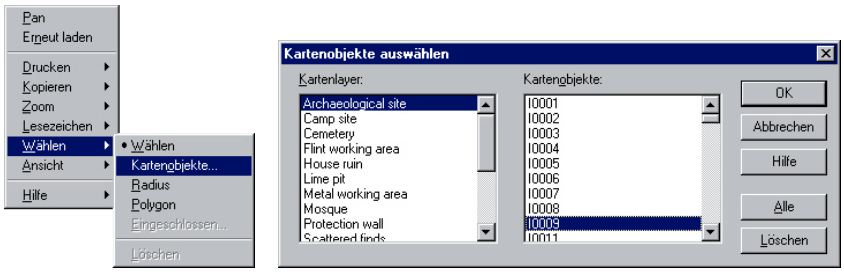

Abb. IX: Einstellungen zur Auswahl von Kartenobjekten
Links: Popup-Menü. Rechts: Dialogfeld Kartenobjekte auswählen

g) Analyse- und Bearbeitungsmöglichkeiten

- Messen von Entfernungen zwischen einzelnen Punkten und über eine längere Strecke (mehrere Zwischenpunkte)

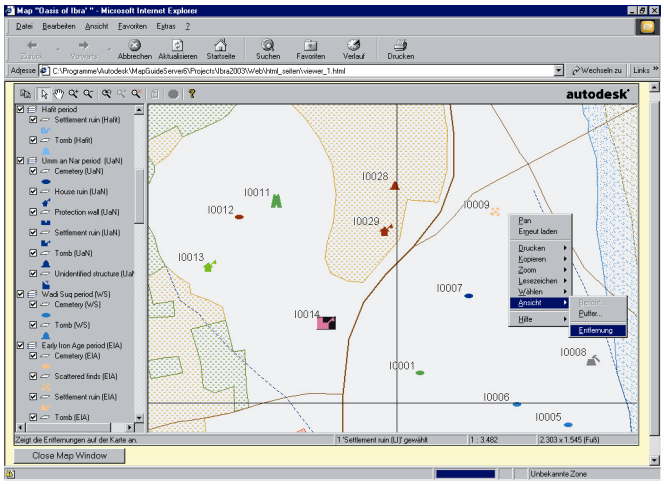

Abb. X: Auswahl der Funktion zur Messung von Entfernungen

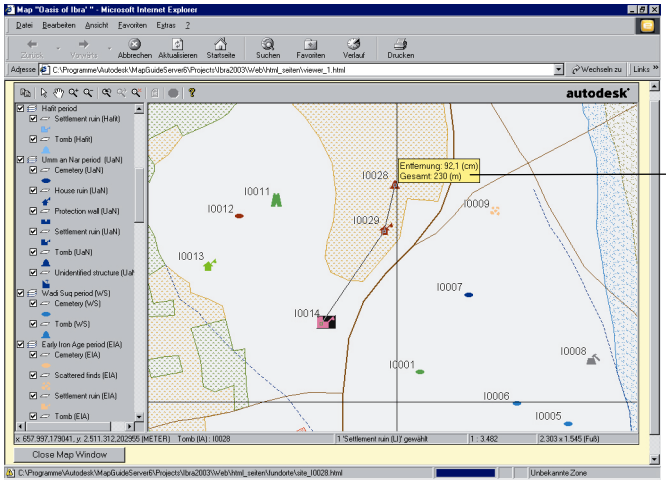

Abb. XI: Darstellung einer Entfernungsmessung über mehrere Punkte

- Erstellung von Puffern um ein Objekt, um zusätzliche Analysen zu ermöglichen (Beziehungen zwischen Objekten usw.)

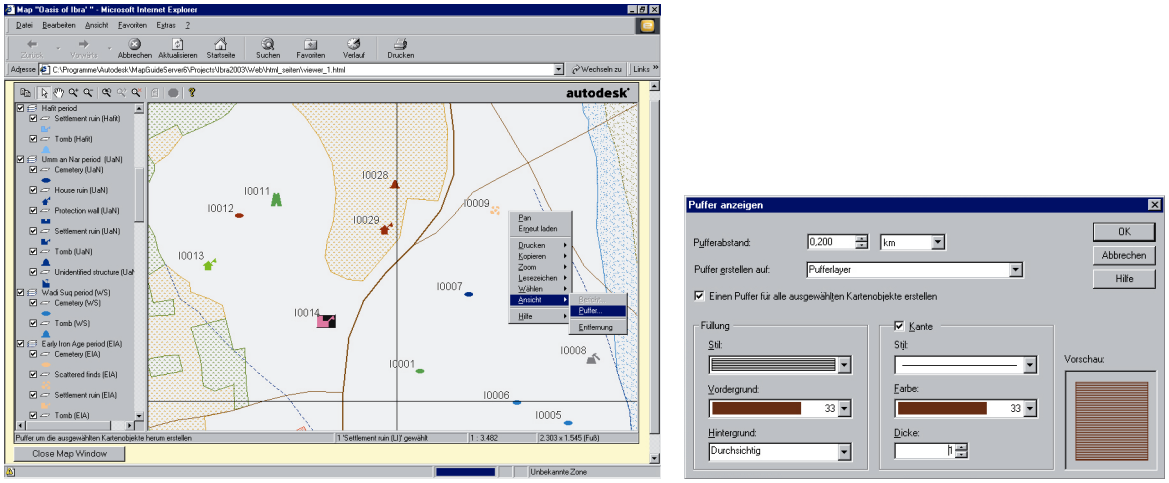

Abb. XII: Einrichtung eines Puffers
Links: Abfrage der Funktion zur Erstellung eines Puffers. Rechts: Dialogfeld Puffer anzeigen

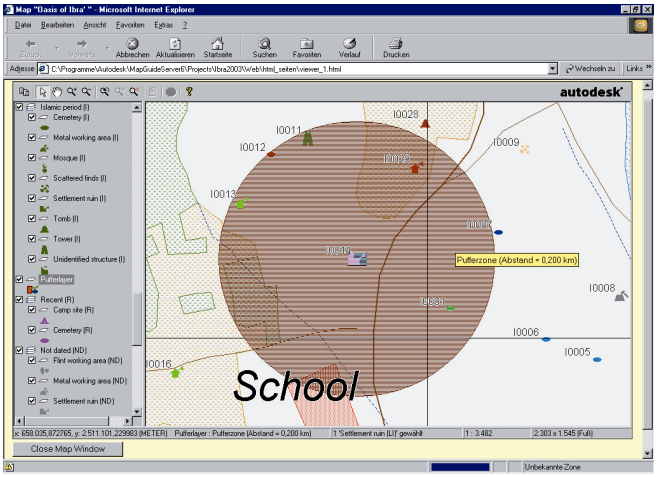

Abb. XIII: Darstellung des erstellten Puffers in der Karte