

# Altes Wissen und neue Technik — Zum Behaim-Globus und seiner digitalen Erschließung

Günther Görz, Universität Erlangen-Nürnberg

## Martin Behaim und der Globus von 1492

Martin Behaim, im Jahr 1459 geborener Nürnberger Patriziersohn, Kaufmann in Lissabon und seit 1485 portugiesischer Ritter, kam 1490 zur Regelung von Erbschaftsangelegenheiten in seine Vaterstadt und hielt sich dort drei Jahre auf. In dieser Zeit war er maßgeblich an der Schaffung des ältesten erhaltenen Erdglobus beteiligt, der größtenteils wohl im Jahr 1492 entstanden ist. Über die Herstellung des Globus und die dabei beteiligten Personen gibt die im Stadtarchiv Nürnberg erhaltene Abrechnung des Rats Herrn Georg Holzschuher vom 26.8.1494 detaillierten Aufschluss. Darin wird Behaim als Ideengeber des Unternehmens erwähnt, und dass er dafür bezahlt wurde, dass er eine gedruckte (!) Weltkarte beigetragen hätte. Über die hinter der Anfertigung des Globus stehenden Zwecke ist nichts zu erfahren, und es gibt dazu auch keine weiteren Quellen. Da viele Inschriften auf dem Globus einen wirtschaftlichen Inhalt haben, könnte er als Anschauungsmittel zur Einwerbung oberdeutschen Kapitals für deutsch-portugiesische Handelsfahrten gedient haben. 1493 kehrte Behaim wieder nach Portugal zurück; er starb am 29.7.1507 in Lissabon.

Der Behaim-Globus bietet ein Bild der Erde an der Schwelle zur Neuzeit, das vor allem von der ptolemäischen Geographie geprägt ist, aber auch Elemente von Seekarten und aus der mittelalterlichen Universalkartographie aufnimmt. Mit zahlreichen, heute oft nur noch teilweise erkennbaren Inschriften und Miniaturen ist er eine Enzyklopädie in Erdkugelform, die noch viele Rätsel bietet. Zu deren Aufklärung werden vom Einsatz des Computers wichtige Beiträge erwartet, worüber abschliessend berichtet wird. Im Folgenden soll ein kurzer Überblick über den aktuellen Stand der Forschung mit einer klaren Akzentuierung auf dem Kartenbild des Globus gegeben werden<sup>1</sup>.

Der mit ca. 50 cm Durchmesser relativ große Globus wurde zunächst an prominenter Stelle im Nürnberger Rathaus aufgestellt und erhielt 1510 ein neues metallenes Gestell mit einem massiven Horizontring. Um 1600 wurde er durch einen neuen Globus ersetzt und irgendwann in der folgenden Zeit an die Familie Behaim zurückgegeben. Schon 1730 berichtet Doppelmayr, dass der Globus aufgrund seines Alters sehr unleserlich sei. In der Behaim-Biographie v. Murrs (1778) ist zu lesen, dass ihm der Globus schwarz angestrichen vorkäme, was wohl auf einen zwischenzeitlich durchgeführten Leinölanstrich zurückzuführen ist. 1822/23 wurde der offenbar ziemlich lädierte Globus durch den Mechanikus und Globenbauer Karl Bauer „restauriert“, der eine Reihe von nur noch schlecht lesbaren Inschriften neu schrieb. Ravenstein berichtet von einer weiteren Restaurierung im Jahr 1847; in diesem Jahr wurde eine Kopie des Globus für die Bibliothèque Nationale in Paris angefertigt. 1906 wurde er als Leihgabe dem

---

<sup>1</sup>Eine umfassende wissenschaftliche Darstellung des Stands der Forschung zum Behaim-Globus in Form einer kommentierten Edition liegt bedauerlicherweise bis heute noch nicht vor. Die beste Zusammenfassung bietet der zweibändige Katalog zur Ausstellung „Focus Behaim Globus“ im Germanischen Nationalmuseum von 1992 [1]. Darin sind für unser Thema insbesondere einschlägig die Aufsätze (in der veröffentlichten Reihenfolge im ersten Band) von Lindgren, Herkenhoff, Willers, Bräunlein, Knefelkamp, Jandeseck, Hilsenbeck, Timann, Schewe, Hering und Kraus; aus Platzgründen wird hier auf detaillierte Angaben der Zitate verzichtet. Zu manchen Fragen muss auf die teilweise überholte, aber einzige Monographie von Ravenstein aus dem Jahr 1908 [11] zurückgegriffen werden, der eine Umzeichnung in der Form von Globussegmenten in Originalgröße auf der Grundlage der Pariser Globuskopie von 1847 beiliegt, sowie auf den Aufsatz von Muris [9]. Zur Biographie Behaims sowie zur Geschichte des Globus und seiner Rezeption s.a. [2, 10]. Die Wiener Arbeiten zur kartographischen Erschließung sind in [3] zusammengefasst und die der ersten Phase des Erlanger Forschungsprojekts in [5]. Eine Forschungsbibliographie zum Behaim-Globus und zur Kartographiegeschichte bis 1550 ist einsehbar unter <http://www8.informatik.uni-erlangen.de/mappae/app/>

Germanischen Nationalmuseum (GNM) überlassen. In der zweiten Hälfte der 1920er Jahre versuchte die Familie Behaim, den Globus ins Ausland zu verkaufen, was jedoch verhindert werden konnte, da er als national wertvoller Kunstgegenstand galt. Zunächst von der Familie wieder aus dem Museum zurückgezogen, wurde er nach einer weiteren Restaurierung durch Karl Barfuß 1937 endgültig an das GNM verkauft.

## Das Kartenbild des Behaim-Globus

Welches Kartenbild zeigt uns Behaims „Erdapfel“? Im Großen ist das Kartenbild der Tradition der ptolemäischen Geographie verpflichtet: auf den ersten Blick gewinnt man den Eindruck einer auf eine Kugel gezeichneten Ptolemäuskarte. Dies betrifft vor allem die Darstellung Europas, Nordafrikas, des nahen Ostens und die viel zu weit nach Osten ausgedehnte asiatische Landmasse. Bei genauerem Hinsehen findet man aber auch Anklänge an spätmittelalterliche Seekarten (Portulane). Und nicht zuletzt kann man eine Vielzahl von Bild- und Textelementen aus der Tradition der enzyklopädischen mittelalterlichen Weltkarten entdecken: Darstellungen zur christlichen Heilsgeschichte, zu antiken Überlieferungen wie z.B. der Alexandersage, Abbildungen von Tieren und Monstern, und vieles andere mehr. Der Behaim-Globus bietet damit in dreidimensionaler Gestalt die letzte vorkolumbianische Zusammenfassung des spätmittelalterlichen Weltwissens in georeferenzierter, d.h. auf das Bild der Erde bezogener Organisation. Zugleich sind auf ihm viele Anzeichen des Umbruchs erkennbar, des Wandels zu einem „modernen“ empirisch-naturwissenschaftlichen Bild der Erde, wie es sich in der ersten Hälfte des 16. Jh.s durch die Karten und Globen von Gerhard Mercator u.a. durchgesetzt hat. Dass im 15. Jh. eine Koexistenz dieser in Zwecksetzung und Ausprägung doch sehr unterschiedlichen Kartentypen nicht als widersprüchlich angesehen wurde, zeigt auch ein von Andrea Bianco 1436 in Venedig gezeichneter Atlas, der neben sieben Portulanen eine runde Weltkarte im spätmittelalterlichen Stil und eine der ersten Ptolemäuskarten im lateinischen Westen in sich vereint.

Als kartographische Quellen für den Behaim-Globus müssen wir Exemplare dieser drei Typen in Betracht ziehen. Weiterhin werden auf ihm verschiedene Textquellen zitiert, u.a. Reiseberichte von Marco Polo und Mandeville, antike geographische Texte von Strabo, Plinius und Ptolemäus und die Enzyklopädie des Isidor von Sevilla. Aufgrund seiner Stellung am portugiesischen Hof kann mit guten Gründen angenommen werden, dass Behaim mit den portugiesischen Plänen vertraut war, Indien zur See um Afrika herum zu erreichen, auch wenn über seine tatsächliche Rolle hierbei keine gesicherte Kenntnis besteht. Doch hatte er wohl Einsicht in Seekarten, die der größten Geheimhaltung unterlagen, und er kannte ohne Zweifel Weltkarten wie z.B. eine große runde Karte des venezianischen Kartographen Fra Mauro, die der portugiesische König Alfonso 1459 beschafft hatte.

Welchen Grund könnte Behaim gehabt haben, Kartenmaterial aus Portugal nach Nürnberg mitzubringen? Für die Vermutung, damit Investoren für die Anfangsphase des Fernhandels über die See jenseits des Mittelmeers zu gewinnen, gibt es gute Gründe. Ob Behaim von Anfang an die Herstellung eines Globus geplant hatte, ob die Idee im Nürnberger Humanistenkreis entstand oder ob der Globus aufgrund einer Bestellung angefertigt wurde, ist ungewiß; jedenfalls spricht die — möglicherweise erst später angebrachte — Widmungsinschrift auf der Südpolkalotte von einer Bestellung durch drei Ratsherren. Auf dem Globus finden sich mehrere Hinweise auf portugiesische Entdeckungsfahrten entlang der afrikanischen Küste — an einer will Behaim sogar selbst teilgenommen haben —, Landnahmen sind durch zahlreiche portugiesische Fähnchen markiert, und der Seeweg nach Indien ist augenfällig. Bemerkenswert ist jedoch, dass von den eben erst entdeckten Inseln fern im Westen des Atlantiks keine Notiz genommen wird. Der sog. Kolumbusbrief wurde 1493 erstmals in Barcelona gedruckt und es ist nur schwer vorstellbar, dass man davon in Nürnberg als einer Metropole des damaligen Fernhandels und eines Zentrums des deutschen Humanismus mit seinen ausgezeichneten Nachrichtenverbindungen nicht alsbald Kenntnis erhielt. Möglicherweise hatte man die Entdeckung unterschätzt; doch wurde Behaims Erdapfel offensichtlich noch 1510 nicht als obsolet erachtet — warum hätte er sonst ein neues Gestell erhalten sollen? Bis dahin waren bereits etliche Weltkarten im Druck erschienen, die den neuen Kontinent zeigen, allen voran die große Karte von Martin Waldseemüller, auf der der Name „Amerika“ zum ersten Mal vorkommt.

Ohne Zweifel ist der Behaim-Globus durch seine Einzigartigkeit und Vielgestalt mit überaus reichhaltiger Beschriftung und Verzierung durch Miniaturen ein überaus interessanter Forschungsgegenstand. Dass

er nicht der früheste Erdglobus ist, kann ziemlich sicher angenommen werden, denn es gibt Zeugnisse über andere Globen im 15. Jh., aber er ist der älteste erhaltene. Unsere Arbeiten am Behaim-Globus sind in ein übergreifendes Forschungsprogramm zur (spät-)mittelalterlichen Kartographie in Zusammenhang mit dem DFG-Graduiertenkolleg zum Kulturtransfer im europäischen Mittelalter eingebettet. Mittelalterliche Weltkarten sind in erster Linie kognitive Karten, die unterschiedliche Wissensarten, Geschichten und Geschichte in einem geographischen Bezugsrahmen miteinander verbinden. Vorrangig werden alle Informationen, Bilder und Texte kartographisch codiert; ihre Verortung erleichtert das Merken und Wiederfinden und ihre räumliche Verbindung fordert zu Themenreisen heraus. Wissen nach kognitiven Kriterien zu strukturieren, also nach Strategien der Wahrnehmung, des Lernens, des Gedächtnisses und der assoziativen Verknüpfung, war den mittelalterlichen Kartographen vertraut; so befassen sich Augustinus oder Hugo v. St. Victor ausführlich mit der assoziativen Organisation des Gedächtnisses, u.a. mit der räumlichen Anordnung von Wissens-elementen in Strukturen von Gebäuden — die semantischen Netzwerke werden auf anschauliche architektonische Strukturen abgebildet. Auf der Grundlage eines Bestands grundlegender Texte bilden sich ikonographische Traditionen heraus, womit die Kartographie einen eigenständigen Beitrag zum kulturellen Gedächtnis leistet. Das in Karten dargestellte Wissen ist keinesfalls statisch: Der Wissenstransfer, der aus dem Aufeinandertreffen antiker, christlich-mittelalterlicher und arabisch-jüdischer Traditionen des Kartographierens entsteht, führt zu einer beachtlichen Variationsbreite des Text-Bild-Materials, dessen Veränderungspotential noch systematisch zu erfassen und auszuwerten ist. Daher steht am Beginn der Forschung der Aufbau einer multimedialen Datenbank repräsentativer mittelalterlicher und frühneuzeitlicher Weltkarten, die als Grundlage zu ihrer Erschließung durch einen vergleichenden Stellenkatalog und damit für die Ausarbeitung der dargestellten kognitiven Beziehungen und deren Wandel dient.

## Die Digitalisierung des Kartenbilds

Die Aufbereitung der Bildvorlagen stellt gerade im Fall des Behaim-Globus wegen seines schlechten Erhaltungszustands eine besondere Herausforderung dar; zudem sind für jede Form des Kartenvergleichs mit ihm zweckdienliche Lösungen der Grundfrage der Kartographie, der Abbildung der Kugeloberfläche in die Ebene und umgekehrt, vorauszusetzen. Die oberste Schicht des Globus besteht aus Papier, das von Georg Glockendon bemalt wurde. Aufgrund einer jahrhundertelangen aus Erhaltungsgesichtspunkten wenig sachgemäßen Aufstellung und etlicher ziemlich verunglückter Restaurierungsversuche, wobei ein früher Leinölfirnis vermutlich den größten Schaden angerichtet hat, bietet die Oberfläche, die zudem stellenweise bis zu 2 cm von der Kugelgestalt abweicht, ein uneinheitliches, ziemlich schlecht erhaltenes Kartenbild. Schon wegen der Fragilität des Objekts verbieten sich bis auf weiteres physische Eingriffe, so dass man im Sinne einer „virtuellen Restaurierung“ auf Techniken der digitalen Bildverarbeitung angewiesen ist. Neben ausgezeichneten Schwarzweissfotos von ca. 1940 stehen die im Rahmen der Vorbereitungen zur Ausstellung „Focus Behaim-Globus“ 1992 aufgenommenen Farbbilder zur Verfügung. Die in polarisiertem Licht aufgenommenen Farbbilder zeigen erstaunlich viele Details, die sich bei normalem Licht nicht erkennen lassen, allerdings kann über die Farbtreue nichts ausgesagt werden, da kein Farbnormkeil mitfotografiert wurde. Aufnahmen in monochromatischem sichtbarem Licht, im Infrarot- oder Ultraviolettbereich sowie Schlaglichtfotos, wie sie von der Handschriftenforschung eingesetzt werden, gibt es nicht — lediglich die Feststellung, dass entsprechende Versuche keine greifbaren Ergebnisse gezeigt hätten. Da die Chance, neue digitale Aufnahmen zu erstellen, sehr gering sein dürfte, sind wir auf das vorhandene Bildmaterial angewiesen. Weiterhin liegen photogrammetrisch orthonormierte Globussegmentbilder vor, die nach einem zur Entzerrung von Satellitenbildern benutzten computergesteuerten optischen Verfahren, also von den Originalfotos analog wieder auf Film, an der TU Wien hergestellt wurden — allerdings nicht in der heute üblichen völdigitalisierten Form. Diese Bilder, die je Halbsegment mit 30 Längengraden etwa DIN A4-Größe haben, wurden wie die Originalfotos in bestmöglicher Auflösung digitalisiert. Mit den Mitteln der digitalen Bildverarbeitung lassen sich dann verschiedene Versuche durchführen, u.a. auch zur Rekonstruktion der früheren Farbigkeit — wie Farbanalysen an der durch eine Holzscheibe verdeckten und daher lange vom Tageslicht ferngehaltenen Südkalotte ergeben haben, war der Globus ursprünglich sehr bunt.

Der erste Schritt der Interpretationsarbeit besteht nun in einer neuen Lesung aller Globusinschriften, der Beschreibung der zahlreichen, etwa 110 Miniaturen und einer ausführlichen Kommentierung. Hierfür

hat Ulrich Knefelkamp Ende der 1980er Jahre die wesentliche Grundlagenarbeit geleistet. Was die Inschriften betrifft, kann man drei Gruppen unterscheiden: Ein oder zwei Wörter, i.d.R. Eigennamen von Örtern oder Personen (*Venedig, Insule martini, konik organ*), Kurztexte, d.h. Wortgruppen bis zur Länge eines Satzes (*Di santig wüstung, alexanders altar, der heilige 3 drei / konig einer aus india*) und ca. 50 lange Textpassagen, zumeist auf die Ozeanflächen geschrieben, auf deren Inhalte wir noch einzugehen haben. Es fällt gleich auf, dass neben einer sehr frühen Handschrift, vermutlich der Glockendons — in der ca. 2000 Ortsnamen und die meisten der Kurztexte geschrieben sind —, sich auf dem Globus etwa weitere sechs (?) unterschiedliche Handschriften befinden, die dem 16. bis 19. Jh. zuzuordnen sind. Fast alle von den letzteren Händen geschriebenen langen Texte sind Palimpseste, d.h. es befindet sich unter ihnen eine ältere Beschriftung, die teilweise über die neuen Ränder hinausragt oder zwischen den Zeilen zu sehen ist. Teilweise wurde wohl eine nicht mehr gut lesbare Inschrift neu geschrieben — was aber waren die Vorlagen? Wurden dazu historische Abschriften benutzt, von denen mehrere erhalten sind und die wir vollständig erfaßt haben? Was wurde verändert oder ergänzt? Es gibt auch nicht wenige erkennbar beschrieben gewesene Stellen, nicht mehr lesbar sind. Unter den Miniaturen finden sich Darstellungen von Menschen, Tieren und Monstern, Schiffen, Gebäuden, Stadtsilhouetten und Festungen, vieler Herrschaftszeichen wie Fahnen und Wappen, astronomischer Objekte wie Tierkreiszeichen, Sonne, Mond und Planeten, und etlicher Szenen, beispielsweise kniender Figuren vor dem Zelt eines Herrschers in Afrika. Das größte Schiff ist im Indischen Ozean abgebildet, einer Stelle, die zu diesem Zeitpunkt die Portugiesen noch nicht erreicht hatten! Alle diese visuellen Komponenten müssen nun genau klassifiziert, formal beschrieben und einander sowie Örtern auf der Karte zugeordnet werden, um aus ihnen ein assoziatives Netzwerk aufzubauen, in dem dann mittels des Computers logische Verknüpfungen durchgeführt werden können, etwa, um komplexe Anfragen zu beantworten. Doch zunächst soll das Kartenbild genauer betrachtet werden.

#### Ptolemäuskarten

Die „Geographikè Hyphegesis“ des Klaudios Ptolemaios (ca. 100–180 n.Chr., Alexandria) ist v.a. eine Anleitung zur Anfertigung von Karten. Anknüpfend an Autoren wie Marinus v. Tyrus, deren Werke nicht erhalten sind, bietet es im ersten Buch die theoretischen Grundlagen für Kartennetzentwürfe und gibt im zweiten bis achten Buch Koordinaten von über 8000 Orten zwischen Kanaren (0° Länge) und Ostasien (180°) sowie Zentralafrika (-15° Breite) und Nordeuropa/Asien (65°) an. Von Konstantinopel gelangte das Werk Anfang des 15. Jh. durch Emigranten nach Italien, wo die erste lateinische Übersetzung von Jacobus Angelus 1406 erschien, allerdings ohne Karten. Die meisten der 40 erhaltenen Codices enthalten eine Weltkarte und Regionalkarten, so auch die zahlreichen gedruckten Ausgaben ab 1478.

Die Bestimmung der Koordinaten von Referenzorten, also der Länge und Breite, musste astronomisch erfolgen. Die Ptolemäuskarten sind landorientiert und es gibt stichhaltige Indizien, dass Ortskoordinaten durch Landvermessung relativ zu Orten bekannter Position bestimmt wurden.

Bei ptolemäischen Weltkarten, und so auch beim Behaim-Globus, fällt sofort auf, dass das Kartenbild erhebliche Verzerrungen aufweist. Das Mittelmeer ist viel zu lang, so dass Italien fast von Westen nach Osten statt von Norden nach Süden erläuft, und die riesige asiatische Landmasse reicht viel zu weit nach Osten. Cipangu (Japan) liegt etwa dort, wo sich auf einem modernen Globus Mittelamerika befindet — kein Wunder, dass Kolumbus glaubte, in Asien gelandet zu sein! Wie kommt es zu diesen Verzerrungen? Eratosthenes hatte doch im 3. Jh.v.Chr. den Erdumfang mit 252.000 Stadien (knapp 40.000 km) recht genau berechnet! Ptolemäus war bedauerlicherweise einem auf Poseidonius zurückgehenden Irrtum aufgesessen, der von einer um den Maßstabsfaktor 5/7 verkleinerten Erdkugel ausging. Unter Berücksichtigung aller Fehlerquellen konnte nachgewiesen werden, dass ptolemäische Regionalkarten nach einer geodätischen Entzerrung eine Genauigkeit von bis zu 10 km aufweisen [6]! Ptolemäische Weltkarten haben in Nürnberg um 1490 ohne Zweifel vorgelegen; die meisten dieser Zeit, wie die in dem berühmten Ulmer Druck von 1482/86 und auch die in der Schedelschen Weltchronik von 1492, zeigen jedoch nur Nordafrika sowie den Indischen Ozean als Binnenmeer, von einem riesigen unbekanntem Südkontinent umschlossen, der Ostafrika mit Ostasien verbindet. Es gibt jedoch Ausnahmen: Die Karten des um 1490 in Florenz wirkenden Henricus Martellus, von denen zwei Exempare erhalten sind (London, Yale), weisen eine erstaunliche Ähnlichkeit mit dem Behaim-Globus auf. Das betrifft vor allem Asien und den Indischen Ozean. Afrika ist mit dem Kap der guten Hoffnung darge-

stellt, jedoch weist die Form von Behaims Afrika erhebliche Unterschiede auf, ebenso die Benennung der Küstenorte im südlichen Teil. So könnte durchaus eine Weltkarte des Martellus-Typs als Vorlage gedient haben, aber es ist noch immer ein Rätsel für die Forschung, warum gerade Afrika, worüber Behaim ja besondere Kenntnisse behauptet, diese Abweichungen aufweist; insbesondere sind für Behaims Nomenklatur keinerlei Quellen bekannt.

#### Portulane (Nautische Karten)

Mehrfach wurde darauf hingewiesen, dass die westafrikanische Küste bei Behaim auch Darstellungselemente von nautischen Karten aufweist. Wie steht es also mit Portulanen als Vorlagen? Im Unterschied zu den landorientierten Ptolemäuskarten mit Längen- und Breitengraden sind sie an der Praxis der Navigation mit dem Kompaß orientiert und zeigen in der Regel nur die Küstenlinien, diese allerdings sehr präzise. Portulane sind systematisch konstruiert; sie bilden Windrosen ab, von denen ein Netz von Kompasslinien ausgeht, und enthalten üblicherweise eine Maßskala: Richtung und Entfernung sind für die Navigation wesentlich [12]. Entstanden sind sie vermutlich aus genauen Segelanleitungen, welche Beschreibungen des Küstenverlaufs und besonderer Landmarken angaben [7].

Portulane weisen eine erstaunliche geographische Genauigkeit auf; ein Vergleich anhand 350 identifizierbarer Punkte bei 15 Portulanen ergab einen maximalen Punktfehler von  $\pm 40$  km, was  $1/3^\circ$  auf einem Großkreis entspricht [8]. Für eine Positionsbestimmung an Bord jedoch waren die verfügbaren Winkelmeßinstrumente zu ungenau. Dies änderte sich erst im 15. Jh.; die Portugiesen begannen mit der systematischen astronomischen Navigation. Hier mag auch Behaim mit seinen Kontakten in die Heimat eine Rolle gespielt haben, denn Nürnberg hatte sich zu einem europäischen Zentrum der Meßinstrumentefertigung entwickelt. Also bleibt nur die Annahme, dass die Positionen von Referenzorten an der Küste astronomisch auf dem Land bestimmt wurden.

Mit einer derartigen Genauigkeit kann die Darstellung der westafrikanischen Küste auf dem Behaim-Globus nicht konkurrieren. Zwar weist sie eine größere Nähe zu Portulandarstellungen auf als zu den älteren Ptolemäuskarten, aber es hat wohl kein portugiesischer Portulan als Vorlage gedient, wie verschiedentlich vermutet wurde. Die Abweichungen in Form und Größe Afrikas, aber auch in der Nomenklatur, sprechen deutlich dagegen.

#### Mittelalterliche Weltkarten

Der Einfluß mittelalterlicher Weltkarten [4] äußert sich auf dem Globus durch seinen enzyklopädischen Charakter in vielen langen erklärenden Texten, aber auch in den zahlreichen Miniaturen. Als herausragende Beispiele der spätmittelalterlichen Universalkartographie gelten die große Weltkarte aus dem Kloster Ebstorf vom Ende des 13. Jh. und die einige Jahrzehnte jüngere Weltkarte in der Kathedrale von Hereford, die beide auf der Grundlage des sog. „T-O“-Schemas einen mythologischen Raum christlicher Weltorientierung veranschaulichen. Das T-O-Schema (Terrarum Orbis) zeigt ein kreisförmiges („O“) geostetes Bild der Erde, dessen obere Hälfte vom asiatischen Kontinent eingenommen wird. Der linke untere Quadrant stellt Europa dar, der rechte Afrika. Jerusalem befindet sich in der Mitte, und die drei Kontinente sind durch Wasserläufe getrennt.

Was die Miniaturen des Behaim-Globus betrifft, kann zusammenfassend festgestellt werden, dass gegenüber den mittelalterlichen Weltkarten, die vor allem christliche und antike Motive abbilden, eine Ergänzung durch profane Motive erfolgt. Es gibt biblische Motive wie Evangelisten oder die Arche Noah auf dem Berg Ararat, Motive antiker Sagen wie der von der Alexanderreise, viele See- und Landtiere, aber daneben findet man eben auch etliche Handelsschiffe oder einen Eisbärenjäger mit Pfeil und Bogen. Bei den langen Inschriften liegt jedoch das Übergewicht deutlich auf der profanen Seite: Texte, die sich auf den Globus selbst beziehen, die die konsultierten Autoren von geographischen und naturwissenschaftlich-encyklopädischen Werken und von Reiseberichten nennen; auch die Erwähnung von Behaims afrikanischer Seereise und die Widmungsinschrift gehören dazu. Die überwiegende Mehrzahl der Legenden befindet sich im afrikanisch-asiatischen Raum und handelt von Besonderheiten fremder Länder, ihrem Klima, ihren Bewohnern mit Ernährungsgewohnheiten, Sitten, Gebräuchen und Religionen, auch Monstern und Menschenfressern, aber dann vor allem von für Handelsreisende wichtigen Tieren und Pflanzen, Spezereien und anderen Handelswaren wie Pelzen, Elfenbein, Gold und

Edelsteinen. Ein ausführlicher Text beschreibt den Fernhandel mit zehn Zwischenstationen und allen, die daran verdienen, bis die Waren Europa erreichen. Auch Reisezeiten und wichtige geographische Besonderheiten wie die magnetischen Inseln werden erwähnt. Mehrfach wird der sagenhafte Priesterkönig Johannes genannt, der für die europäische Expansion als christlicher Herrscher jenseits der muslimischen Länder ein potentieller Bündnispartner sein sollte. Auf dem Behaim-Globus wird die virtuelle Pilgerreise zur erdumgreifenden Handelsfahrt, er führt den Wandel „vom Heilsweg zur Handelsstraße“ (Hilsenbeck) sinnfällig vor Augen.

## Zur digitalen Erschließung des Behaim-Globus

Für die aktuellen Arbeiten zum Kartenbild des Behaim-Globus besteht zum einen die Aufgabe, den erreichten Forschungsstand zu dokumentieren und abzusichern, andererseits ein Inventar von Methoden zu bestimmen, das verspricht, Lösungen der noch offenen Forschungsfragen näher zu kommen. In beiden Fällen richten sich große Erwartungen an den Einsatz des Computers. Dabei werden Methoden und Verfahren der Informatik in drei Bereichen zur Unterstützung der Forschung eingesetzt: Dies sind erstens die erwähnte Datenbank von Kartenbildern, zweitens der Einsatz von Methoden der digitalen Bildverarbeitung und drittens die Anwendung computergerechter formaler Beschreibungsverfahren mit dem Ziel, einen vergleichenden Stellenkatalog zu erstellen.

Der Aufbau der Kartendatenbank, die die besten in der kartographiehistorischen Literatur verfügbaren Reproduktionen eines repräsentativen Inventars mittelalterlicher Karten und ihnen zugeordnete formale Beschreibungen, sog. Metadaten, enthält, ist weitgehend abgeschlossen. Die hohen qualitativen Anforderungen konnten aber nur bei einem Teil der knapp 1000 Bilder von insgesamt einigen hundert Kartenvorlagen erfüllt werden. Über eine Anfragemaske können im Webbrowser Karten nach verschiedenen Merkmalen gesucht werden. Die Treffermenge wird durch Bilder in Briefmarkengröße angezeigt, aus der dann einzelne Bilder zur Anzeige in Bildschirmgröße oder in voller Auflösung ausgewählt werden können. Für die Anzeige der letzteren wird das Programm DIGILIB benutzt, das eine Vergrößerungsfunktion bietet und erlaubt, Bildausschnitte anzuwählen. Weiterhin besteht die Möglichkeit, im Bild Marken zu setzen und Bilder oder Bildausschnitte durch Webadressen zu referenzieren. Diese URLs können benutzerseitig gespeichert und zu einem späteren Zeitpunkt wieder aufgerufen werden, was eine Neuberechnung des betreffenden modifizierten Bilds bewirkt. Zu jedem solchen Bild können auch Kommentare abgelegt werden.

Die weitere digitale Bearbeitung der Bilder, z.B. Farb- und Kontrastveränderungen, muss z.Zt. auf dem lokalen Arbeitsplatzrechner mit Programmen wie Photoshop oder Gimp oder für spezielle Leistungen mit eigens implementierten Programmen erfolgen. Ein aktuelles Problem ist die Verbesserung der Lesbarkeit der unterliegenden Schrift in Palimpsesten, wofür besondere Filter und Konturerkennungsverfahren benötigt werden. Für den dynamischen Vergleich und zur 3D-Darstellung von Karten wurde im Projekt das Programm MapViewer implementiert. Ihm liegt die Methode der Bildregistrierung zugrunde, ein Verfahren, um zwei Bilder, die analogen Inhalt in unterschiedlicher Darstellung abbilden, geometrisch aneinander anzupassen. Das Ergebnis kann an einer Überlagerung des transformierten Ausgangsbilds mit dem Vergleichsbild oder durch sog. Verzerrungsgitter veranschaulicht werden. Überraschende Einblicke können sich ergeben, wenn historische Karten auf eine Kugel projiziert werden. Besonders instruktiv ist die Animation derart erzeugter virtueller Globen, vor allem das interaktive Drehen und Zoomen.

Für den Stellenkatalog muss zuerst eine Systematik für die in ihm abzulegenden Objektbeschreibungen, d.h. ein Klassifikationsschema für die Objekttypen und ihre Eigenschaften, erarbeitet werden. Diese Beschreibungen sind in Positionen auf den zugehörigen Kartenbildern zu verankern. Die Einträge im Stellenkatalog bestehen aus strukturierten formalen Beschreibungen. Die grundsätzliche Vorgehensweise zu einer solchen semantischen Erschließung wurde in einem vorangegangenen Projekt zum Behaim-Globus [5] entwickelt. Ein derartiges Konzeptmodell ist die formale Darstellung einer Begriffshierarchie, d.h. zu jedem Objekttyp („Konzept“) wird ein Schema von Attributen (Merkmalen, Eigenschaften) festgelegt und die Konzepte selbst sowie gegebenenfalls die Attribute werden in einer Vererbungshierarchie vom allgemeinen zum Speziellen angeordnet. Jede Objektbeschreibung, also jeder Eintrag des Stellenkatalogs, ist nichts anderes als ein für den jeweiligen Objekttyp mit Attributwerten ausgefülltes Schema, eine „Instanz“. Unsere Beschreibungsmethode orientiert sich direkt an den visuellen Erscheinungsfor-

men auf den Karten; wir unterscheiden zwischen geographischen (z.B. *Kontinent, Fluß, Stadt*) und nicht-geographischen (z.B. *Wappen, Herrscher, Stadtsilhouette*) Konzepten, die jeweils Oberbegriffe haben (z.B. *Bauwerk* für *Stadtsilhouette*). Eine Instanz des Konzepts *Kontinent* wäre beispielsweise *Afrika* mit entsprechenden Eigenschaftsausprägungen wie Größe, Lage, etc.

Zur Bearbeitung komplexer Anfragen ist maschinelles logisches Schließen erforderlich. Damit wird zugleich eine automatische Strukturierung des formalisierten Wissensbestands möglich; die Klassifikation von Objektbeschreibungen und die Anordnung der Konzepthierarchie kann berechnet werden. Zur computergerechten Notation der logischen Ausdrücke — Konzeptdefinitionen, Instanzen und daraus zusammengesetzte Formeln — wird eine der leistungsstärksten logischen Sprachen benutzt, die „Semantic Web Ontology Language“ OWL-DL.

Nun greift jede derartige formale Darstellung eines Anwendungsbereichs — hier historische Karten — auf Allgemeinbegriffe für Zeit und Raum, Ereignisse, Handlungsträger, Prozesse und weitere zurück, die für die begriffliche Modellierung aller lebensweltlichen Gegenstandsbereiche wichtig sind. Im Gebiet der Dokumentation des Kulturerbes liegt bereits ein geeignetes Begriffsnetz vor, das unserer Konzepthierarchie für historische Karten vorgeschaltet werden soll. Es handelt sich dabei um das vom Internationalen Komitee für die Dokumentation des „International Council of Museums“ (ICOM-CIDOC) entwickelte objektorientierte „Conceptual Reference Model“ (CRM) (siehe [13]; Website: <http://cidoc.ics.forth.gr/>). Es wurde geschaffen mit dem Ziel, einen (museumsübergreifenden) Datenaustausch zu ermöglichen. Ein Beispiel in unserem Zusammenhang wäre etwa die Verknüpfung der Beschreibung eines bestimmten auf dem Globus abgebildeten Herrschers mit einer biographischen Datenbank, die weitere Informationen zur betreffenden Person bietet. Mit einer derartigen der formalen Darstellung können komplexe Anfragen bearbeitet werden, die weit über die Möglichkeiten herkömmlicher Datenbanken hinausgehen. Durch eine Zusammenführung der Stellenkataloge verschiedener Karten werden vielfältige Vergleiche von Bildern und Texten möglich, beispielsweise, wie sich die Darstellung Jerusalems mit den Kreuzzügen und in der folgenden Zeit verändert hat. Auf diese Weise kann eine neue Qualität für die komparative Arbeit erreicht werden.

Überdies sollen mittelfristig auch Verfahren der maschinellen Textanalyse für die Legenden eingebunden werden, was eine besondere Herausforderung darstellt, da wir mittellateinische bzw. bei Behaim frühneuhochdeutsche Texte ohne normierte Orthographie vor uns haben. Mit dem Einsatz des Computers eröffnen sich so neue Potentiale für die Forschung, die anderweitig nicht realisierbar wären, sei es mittels Bildbearbeitung und -transformation, Bildvergleich, Textanalyse und logischen Verknüpfungen. Fernziel des Projekts ist die Ausarbeitung der in den Karten niedergelegten kognitiven Beziehungen und deren Wandel auf der Grundlage des Stellenkatalogs.

## Literatur

- [1] Bott, G.; Willers, J. (Hrsgb.): *Focus Behaim-Globus. Ausstellungskatalog, 2 Bde.*, Germanisches Nationalmuseum Nürnberg, Nürnberg, Dezember 1992.
- [2] Bräunlein, P.: *Martin Behaim — Legende und Wirklichkeit eines berühmten Nürnbergers*, Bayerische Verlagsanstalt, Bamberg, 1992.
- [3] Dorffner, L.: *Der digitale Behaim-Globus — Visualisierung und Vermessung des historisch wertvollen Originals*, *Cartographica Helvetica*, Bd. 14, 1996, S. 20–24.
- [4] Edson, E.; Savage-Smith, E.; Brincken, D. v. d.: *Der mittelalterliche Kosmos. Karten der christlichen und islamischen Welt*, Primus Verlag, Darmstadt, 2005.
- [5] Görz, G.; Holst, N.: *The Digital Behaim Globe (1492)*, in Bearman, D.; Trant, J. (Hrsgb.): *Museum Interactive Multimedia 1997: Cultural Heritage Systems — Design and Interfaces. Selected Papers from ICHIM-97, The Fourth International Conference on Hypermedia and Interactivity in Museums, Paris 1997*, Archives & Museum Informatics, Pittsburgh, Penn., September 1997, S. 157–173.
- [6] Kleineberg, A.; Knobloch, E.; Lelgemann, D.: *Die Weltkarte des Klaudios Ptolemaios — geodätisch entzerrt*, *Spektrum der Wissenschaft*, April 2006, S. 88–93.
- [7] Lanman, J. T.: *On the Origin of Portolan Charts*, Nr. 2 in Occasional Publication, The Newberry Library, Chicago, 1987.
- [8] Mesenburg, P.: *Portolankarten — Die „vermessene“ Welt des Mittelalters*, in *Gutenberg und die Neue Welt*, Kap. 3, Wilhelm Fink Verlag, München, 1994, S. 59–76.
- [9] Muris, O.: *Der „Erdapfel“ des Martin Behaim. (Geleitwort zu:) Der Behaim-Globus zu Nürnberg. Eine Faksimile-Wiedergabe in 92 Einzelbildern*, *Ibero-Amerikanisches Archiv*, Bd. 17, Nr. 1–2, April–Juli 1943, S. 1–49–64.
- [10] Pohle, J.: *Deutschland und die überseeische Expansion Portugals im 15. und 16. Jahrhundert*, Bd. 2 von *Historia profana et ecclesiastica*, LIT, Münster, 2000, Zugl.: Köln, Univ., Diss., 1999.
- [11] Ravenstein, E.: *Martin Behaim. His Life and His Globe*, George Philip & Son, London, 1908.
- [12] Roncière, M.; Mollat du Jordin, M.: *Les Portulans — Cartes Marines du XIIIe au XVIe siècle*, Office du Livre, Fribourg, 1984, deutsch: *Portulane. Seekarten vom 13. bis zum 17. Jh.* München: Hirmer, 1984.
- [13] Stein, R.; et-al., : *Das CIDOC Conceptual Reference Model: Eine Hilfe für den Datenaustausch?*, Nr. 31 in *Mitteilungen und Berichte aus dem Institut für Museumskunde, Staatliche Museen zu Berlin*, Berlin, Oktober 2005.