

**Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg**  
Technische Fakultät  
Department Informatik  
AG Digital Humanities  
Prof. Dr.-Ing. Günther Görz

# 3D-Modellierung des Behaim-Globus mit Marble



**Diplomarbeit**

Eingereicht von Halimatou Poussani  
13. Dezember 2012

Matrikelnummer 21320729  
Studiengang Informatik (Dipl.)  
Betreuer Prof. Dr.-Ing. Günther Görz

Ich versichere, dass ich die Arbeit ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen angefertigt habe und dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen hat und von dieser als Teil einer Prüfungsleistung angenommen wurde. Alle Ausführungen, die wörtlich oder sinngemäß übernommen wurden, sind als solche gekennzeichnet.

Erlangen, den 13. Dezember 2012

# Danksagung

An dieser Stelle möchte ich meinem Professor Dr. Guenther Goerz dafür danken, dass er mir dieses interessante und lehrreiche Thema zur Abschlussarbeit gegeben hat. Vielmehr bedanke ich mich bei Ihm für seine Betreuung.

Auch gilt mein Dank für Marble Team, besonders dem Gründer Herrn Torsten Rahn, der mir dabei geholfen hat, seine Softwarelösung zu verstehen und die vorliegende Arbeit zu einem guten Ende zu führen.

Weiterhin bedanke ich mich bei meinen Eltern insbesondere meinem Vater Baba Djaouro Poussami, wem ich die Arbeit widme. Er hat mich moralisch und finanziell sehr unterstützt.

Abschließend danke ich meinen Geschwistern und Freunden für ihre unterscheidende Unterstützung.

## Zusammenfassung

Der Behaim-Globus geht auf das Wirken von Martin Behaim in den Jahren 1490-93 zurück. Er ist ein geschichtliches Zeugnis der Welt des Spätmittelalters. Der Globus befindet sich heute im Germanischen Nationalmuseum in Nürnberg. Er ist der älteste erhaltene Globus und seine Geschichte, seine dynamische Materialität und seine Bewahrung sind Gegenstand der aktuellen Forschung geworden. Um die Geschichte des Behaim-Globus besser zu verstehen und weiter zu geben, werden neueste Technologien verwendet: Dazu wurde der Behaim-Globus mehrfach digitalisiert. Ziel dieser Arbeit ist die Erstellung einer 3D-Visualisierung des Behaim-Globus auf der Grundlage der digitalen Bilder mit Hilfe des Programmes Marble. Der Reichtum an Informationen macht dies zu einer besonderen Herausforderung: Einzelheiten dh. Inschriften und Miniaturen (Figuren, Fahnen, Herrscher, Schiffe usw..) müssen genau bearbeitet werden und das Ganze auf einer dreidimensionalen Reproduktion des Globus in einem Infobox dargestellt werden.

## Abstract

The Behaim Globe is a result of Martin Behaim's work during the years 1490-1493. It's an important historical evidence of the late medieval world. Today the globe is in the collections of the Germanisches Nationalmuseum in Nuremberg. The Behaim Globe is the oldest surviving globe and its history, its change in appearance over the years and its conservation are subject to current research. New technologies have been used to get a better understanding of the history of the Behaim Globe and to tell its history. During recent years the Behaim globe has been digitized multiple times. The primary aim of this diploma thesis is the 3D visualization of the Behaim Globe inside the application "Marble". The wealth of information makes this a special challenge: All details, text snippets and miniatures (figures, flags, leaders, ships, etc.) have to be handled carefully and have to be assembled into a three dimensional reproduction of the globe.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
1.1	Ziel der Arbeit .....	1
1.2	Motivation .....	1
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>3</b>
2.1	Die Entstehung der Globus-Bilder .....	3
2.1.1	Bilder von 1990 .....	3
2.1.2	Bilder von 2011 .....	6
2.2	Marble .....	6
<b>3</b>	<b>Bearbeitung der Bilder</b>	<b>9</b>
3.1	Bilder Beschreibung .....	10
3.1.1	Behaim Globus-Bilder (1990) .....	10
3.1.2	Behaim Globus-Bilder (2011) .....	10
3.1.3	Ravenstein-Umzeichnung .....	11
3.1.4	Ghillany-Umzeichnung .....	11
3.2	Bildbearbeitungsprogramme .....	13
3.2.1	Photoshop .....	13
3.2.2	Behaim Cutter .....	13
3.2.3	Stereographic2platecarree .....	16
3.3	Bearbeitung der Behaim-Globus-Bilder .....	16
3.3.1	Behaim-Globus-Bilder (1990) .....	16
3.3.2	Behaim-Globus-Bilder 2011 .....	22
3.3.3	Ravenstein-Umzeichnung .....	23
3.3.4	Ghillany-Umzeichnung .....	24
<b>4</b>	<b>Integration in Marble</b>	<b>27</b>
4.1	Erstellung der "behim1492.dgml" Datei .....	28
4.2	Erstellung der KML-Datei .....	31
4.3	Erstellung der HTML Datei .....	32
4.4	Behaim-Ordner in Marble einfügen .....	32

<b>5</b>	<b>Ergebnis der Visualisierung</b>	<b>35</b>
5.1	Hauptfenster .....	35
5.2	Menü-Auswahl .....	36
5.3	Kartenthema Historic Map 1492 .....	37
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung, Bewertung und Erweiterungen</b>	<b>48</b>
6.1	Zusammenfassung .....	48
6.2	Bewertung .....	48
6.3	Erweiterung .....	48
<b>7</b>	<b>Anhang</b>	<b>50</b>

# Abbildungsverzeichnis

2.1	Aufnahme . . . . .	4
2.2	Differentialumbildung . . . . .	5
2.3	Elliptischer Schnittzylinder . . . . .	6
2.4	Marble . . . . .	7
2.5	Marble Überblick . . . . .	8
3.1	Zylinderprojektion . . . . .	9
3.2	Globus-Segmente 1990 . . . . .	10
3.3	Behaim Globus-Bilder 2011 . . . . .	11
3.4	Ravensteins Umzeichnung . . . . .	12
3.5	Ghillanys Umzeichnung . . . . .	13
3.6	Entfernung von Ränder . . . . .	17
3.7	Verzerren der Segmente . . . . .	18
3.8	Verzerren der Polkappen . . . . .	18
3.9	Behaimglobusbilder zusammensetzen . . . . .	19
3.10	Polarkreise . . . . .	20
3.11	Längen- und Breitenkreise . . . . .	21
3.12	Behaim-Globus: Plattarte (1990) . . . . .	21
3.13	Bearbeitete Polkappen (2011) . . . . .	22
3.14	Behaim-Globuss: Plattkarte (2011) . . . . .	22
3.15	Segmente ausschneiden . . . . .	23
3.16	Ravenstein-Mappe . . . . .	24
3.17	Ghillany-Umzeichnung abschneiden . . . . .	25
3.18	Ghillany-Projektion . . . . .	25
4.1	behaim1492 Vorschaubild . . . . .	28
4.2	Zusammenfassung . . . . .	34
5.1	Hauptfenster . . . . .	35
5.2	Menü-Auswahl . . . . .	36
5.3	Erstellung der Karte . . . . .	37
5.4	Legende . . . . .	38
5.5	Behaim Länder . . . . .	39
5.6	Textbeschreibung . . . . .	41
5.7	Behaim-Globus (Bilder von 2011) . . . . .	42

5.8	Ravenstein-Textur . . . . .	42
5.9	Ghillany-Textur . . . . .	43
5.10	Koordinatengitter . . . . .	44
5.11	Küste . . . . .	44
5.12	Europa Karte 1492 . . . . .	45
5.13	Behaim-Globus mit KML-Overlay der ungefähren politischen Grenzen von 1492 . . . . .	46
5.14	Behaim-Globus mit KML-Overlay der politischen Anführer von 1492 . .	46
5.15	Dateiansicht zur Dokumentenstruktur des KML Overlays . . . . .	47
5.16	Dateiansicht zur Dokumentenstruktur des KML Overlays (2) . . . . .	47



# 1 Einführung

## 1.1 Ziel der Arbeit

Der Behaim-Globus ist die älteste existierende und bekannte Darstellung der Erde in Kugelform. Seine Fertigung wurde im Jahre 1491 von dem Nürnberger Martin Behaim (1459-1507) veranlasst. Der Globus kann jetzt im Germanischen Nationalmuseum in Nürnberg bewundert werden. Behaim nutzte für die Erstellung seines Globus neben den Erkenntnissen aus seinen eigenen Entdeckungsreisen und ältere portugiesische Seekarten. Für die Legenden auf dem Behaim-Globus griff er u.a. auf Reisebeschreibungen Marco Polos und Johann von Mandevilles zurück. Er bediente sich überlieferter Quellen von Wissenschaftlern aus der Antike und dem Mittelalter.

Nach seiner Fertigstellung wurde der Globus, der einen Durchmesser von 51 cm besitzt, im Rathaus aufgestellt. Auf der Oberfläche des Globus sieht man die in der damaligen Zeit bekannten Kontinente Europa, Afrika und Asien. Einige Länder und Gebiete sind auch verzeichnet. Der Globus wird komplettiert durch eine große Anzahl von Symbolen und Texten auf seiner Oberfläche. Die Texte sind Beschreibungen und Namen von Objekten. Viele sind aber heute nicht mehr gut lesbar.

Der Globus wurde im Laufe der Zeit mehrfach wissenschaftlich untersucht und Kopien wurden angefertigt. Als historische Beispiele sind Zeichnungen von Ravenstein oder Ghil-lany zu sehen. Neben der herkömmlichen Methode, Globen-Duplikate durch Aufkleben von Globussegmenten herzustellen, bietet die moderne Computertechnik die Möglichkeit, ein solches wertvolles Original in digitaler Form zu reproduzieren[2]. Deshalb sind viele Fotografien der Globusoberfläche nach einem bestimmten Verfahren gemacht. Die Vorteile einer solchen digitalen Vorgehensweise sind zum einen eine dauerhafte Archivierungsmethode von historischen Objekten[2]. Einen weiteren Vorteil bieten moderne Visualisierungsprogramme, mit denen es möglich ist, solche digitalen Duplikate in Echtzeit auf einem Bildschirm darzustellen und auf diese Art über die weltweite Vernetzung einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen[2]. Ziel der Arbeit ist eine 3D-Digitalisierung des Behaim-Globus.

## 1.2 Motivation

Das Germanische Nationalmuseum als Eigentümer und die Universität Erlangen-Nürnberg als Projektpartner sehen vor, die Globus-Bilder digital erfassen und aufbereiten zu lassen. Die AG Digital Humanities des Departments für Informatik arbeitet an der Realisie-

rung eines Informationssystems über den Globus (siehe [11]). Dieses Projekt befindet sich im Stadium einer Machbarkeitsstudie. Dies erklärt die vorliegende Arbeit.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Die Entstehung der Globus-Bilder

#### 2.1.1 Bilder von 1990

##### Verwendete Fotografie Methode

Eine erste Aufnahme war in 1990 und wurde von Lionel Dorffner gut beschrieben. "Für die fotografischen Aufnahmen wurde eine Linhof-Technica (Format 84x114 mm, Brennweite 150 mm) verwendet. Die Aufnahmeentfernung betrug etwa 0.75 m, die Blendenzahl 22. Daraus kann die Schärfentiefe für eine noch tolerierbare Unschärfe von 40  $\mu\text{m}$  abgeschätzt werden. Sie beträgt nur 35.2 mm; das entspricht einem Zentriwinkel von  $62^\circ$  für die scharf abgebildete Kugelkalotte. Für die Beleuchtung des Behaim-Globus wurden zwei symmetrisch zur Kamera aufgestellte Scheinwerfer verwendet, die mit Polarisationsfilter versehen waren. Durch ein fast orthogonal dazu eingestelltes Polarisationsfilter vor dem Objektiv der Kamera konnte der Kontrast der von der Globusoberfläche zurückgestreuten Strahlung positiv beeinflusst werden. Auf diese Weise entstanden Aufnahmen ohne Spiegelungen mit großen Farbkontrasten, die im Vergleich zum Original eine beeindruckende Farbenpracht aufweisen"[2].

Die Linhof-Technica liefert zwar Bilder von ausgezeichneter fotografischer Qualität, sie ist keine fotogrammetrische Kamera und sie eignet sich nicht für präzise geometrische Rekonstruktionen. "Um trotzdem die gegenwärtige Gestalt des Globus aus diesen Aufnahmen ermitteln zu können, mußte die Linhof-Technica zuerst kalibriert, also geometrisch geeicht, werden. Dazu wurden zusätzliche Aufnahmen von einem orthogonalen Dreibein hergestellt, an dessen Kanten Maßstabsleisten angebracht waren"[2].

"Die Anordnung der insgesamt 34 Aufnahmen ist für die Nordhalbkugel aus Abb. 2.1 ersichtlich. Während einer Aufnahmeserie aus gleicher geographischer Breite blieb die Kamera fest, und der Globus wurde um seine Polachse gedreht. Eine Serie von 12 Aufnahmen wurde mit einer Neigung von  $30^\circ$  gemacht, vier Aufnahmen mit einer Neigung von  $55^\circ$  und eine weitere in Richtung der Polachse. Diese überdecken jeweils einen Bereich von  $90^\circ$  bei einer Rotation um die Polachse"[2].

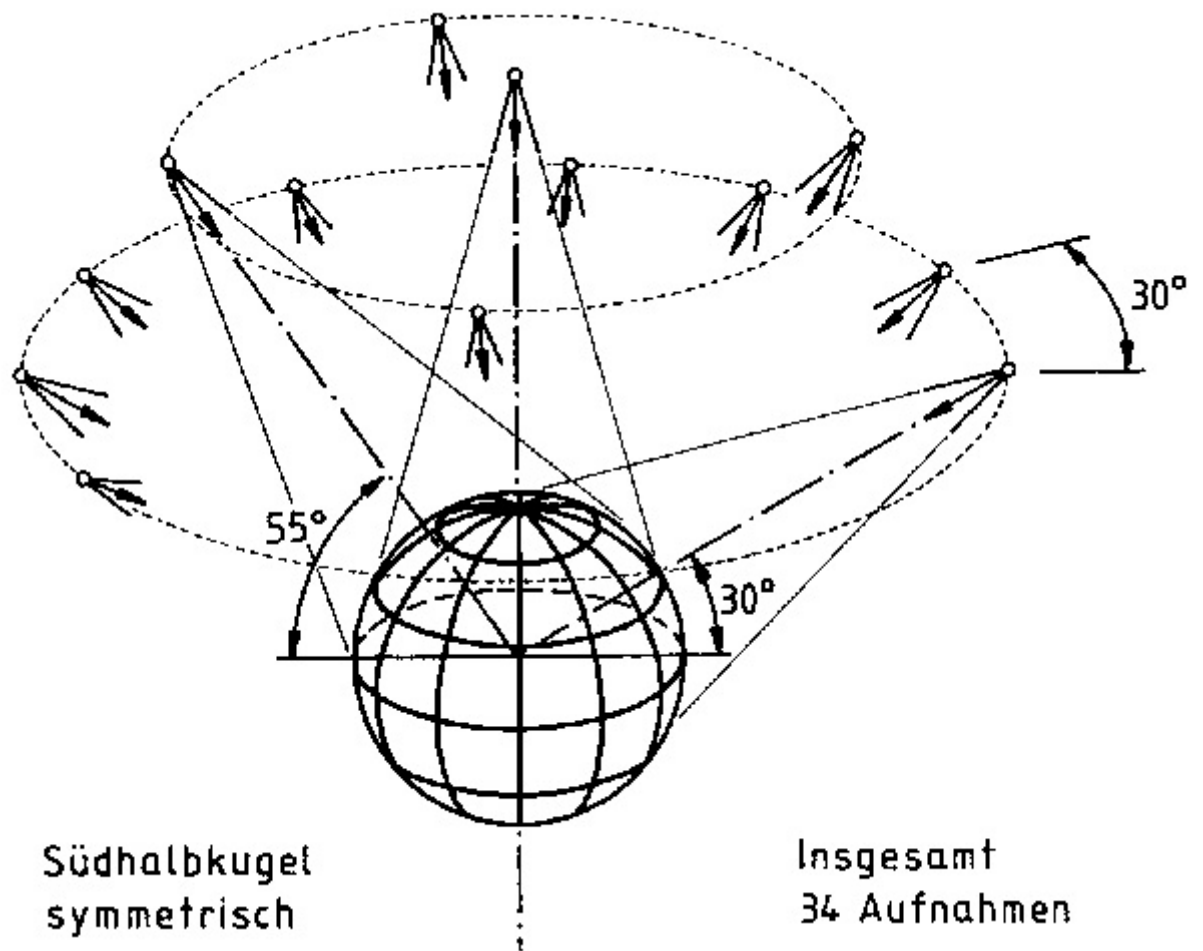


Abbildung 2.1: Aufnahme

### Erzeugung der Polkappen- und der Globuswickel-Bilder

Die folgenden Erklärungen sind von Lionel Dorffner - Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, TU Wien[2].

Der Behaim-Globus hat, durch sein Alter, keine exakte Kugelform mehr. Daher musste zur genauen weiteren Auswertung der Bilder die Abweichung von der exakten Kugelform festgestellt werden. Um den Ursprung des Koordinatensystems in den Mittelpunkt des Globus zu legen, wurde durch alle Punkte eine ausgleichende Kugel gelegt. Der Radius dieser Kugel wurde so gewählt, dass die Quadratsumme der positiven und negativen Abweichungen an den 2181 Punkten minimal ist [2].

“Eine Standardabweichung von  $\pm 0.2$  mm ist festgelegt und die Abweichungen der 2181 Punkte vom idealisierten Globus wurden dann für die Bestimmung eines Deformations-

modells verwendet um somit einen Umbildungsvorgang zu berücksichtigen“[2].

“Um nun die Textur lagerichtig auf die Kugel zu bringen, mussten die digitalen Bilder unter Berücksichtigung des Deformationsmodells umgebildet werden. Bei der fotografischen Aufnahme einer Kugel wird das Gradnetz im Bild zentralperspektiv abgebildet. Treten Abweichungen von der exakten Kugelgestalt auf, so kommt es in Abhängigkeit von Größe und Ort dieser Abweichungen zu Versetzungen im perspektiven Abbild dieses Gradnetzes“[2].

“Bei dieser Prozedur wurde zunächst rein rechnerisch ein Gradnetz in geographischen Koordinaten  $\varphi, \lambda$  auf einer Kugel mit dem idealisierten Globusradius von 247.6 mm ausgebreitet. Für jeden Gradnetz-Punkt konnte dann aus dem Deformationsmodell der Zu- oder Abschlag zum Radius entnommen werden. Aus den für jeden Punkt individuellen sphärischen Polarkoordinaten  $\vartheta, \varphi$  und  $R$  wurden anschließend die dreidimensionalen geozentrischen kartesischen Koordinaten  $X, Y, Z$  berechnet. Damit lagen die Voraussetzungen vor, um diese  $X, Y, Z$  Koordinaten in das jeweilige Vorlagenbild zu transformieren. Das Ergebnis einer solchen zentralperspektivischen Abbildung waren die Bildkoordinaten  $x, y$  des deformierten Gradnetzes. Das Vorlagenbild und das deformierte  $x, y$ -Netz wurden nun verwendet, um ein neues Bild zu erzeugen, das dem Gradnetz entspricht“ (siehe Abb.2.2) [2].

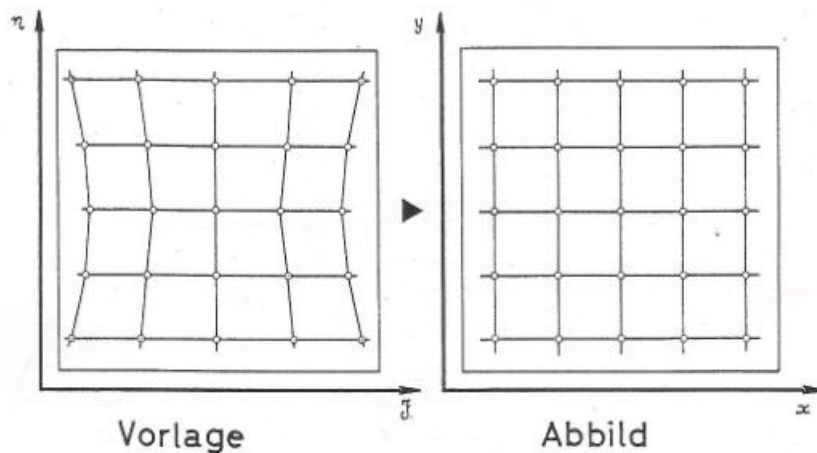


Abbildung 2.2: Differentialumbildung

Für die Globusfertigung benötigt man Globuszwikel mit je zwei längentreuen Begrenzungsmeridianen. Durch diese beiden Begrenzungsmeridiane wird nun ein abwickelbarer elliptischer Schnittzylinder definiert (siehe Abb.2.3). Ein ähnliches Verfahren wurde für die Erzeugung der Polkappen verwendet. Die beiden Polbereiche wurden in einer mittabstandstreuen Azimutalprojektion dargestellt. Am Ende bilden die Bilddaten eine planare Darstellung des Behaim-Globus.

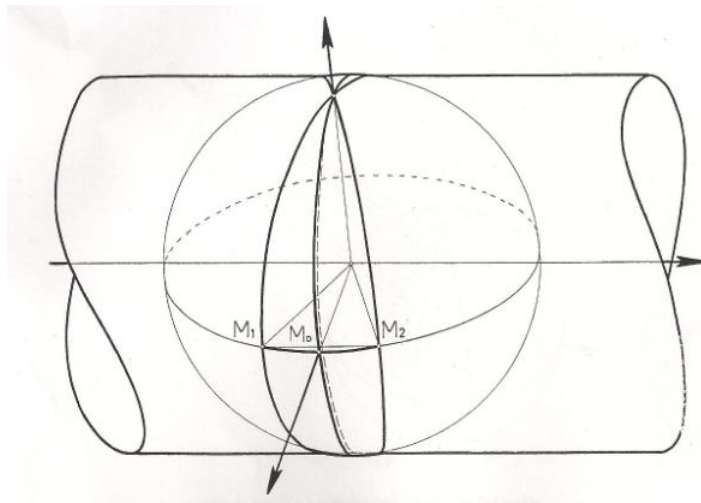


Abbildung 2.3: Elliptischer Schnittzylinder

### 2.1.2 Bilder von 2011

Die zweite Aufnahme war in 2011 und wurde per Photogrammetrie und triangulationsbasierten Laserscanning gemacht. Über 250 Bilder waren mit 0,1 mm Fußabdruck und 25 Scanne (0,3 mm Geometrie-Resolution) aufgenommen. Eine neue Textur-Mapping Prozedur ist benutzt um über 80 Bilder auf der Globus-Oberfläche abzubilden. Das Ergebnis liefert ein 3D-Modell, das über 24 Millionen Polygone hat und eine Größe über 5 Gigabyte. Siehe [3] für mehr Informationen.

## 2.2 Marble

Marble ist ein Computerprogramm zum Anzeigen von geographischen Karten, das für die KDE Software Compilation 4 entwickelt wurde. Es basiert auf Qt4 und ist Teil des KDE-Bildungsprojektes. Es läuft auf allen gängigen Betriebssystemen, wie zum Beispiel Linux, Mac OS X und MS Windows und besitzt eine freie Lizenz (siehe auch [6] und [10]).

Das Programm zeigt einen virtuellen Globus und Weltatlas, den man verwenden kann, um mehr über die Erde zu erfahren. Man kann ihn herumschwenken und zoomen und bestimmte Orte und Straßen sehen. Ein Mausklick auf eine Ortsbeschriftung liefert eine kurze Beschreibung und, wenn möglich, eine integrierte Wikipedia-Seite. [6]. Die Erdkugel und weitere Himmelskörper wie Mond, Merkur, Venus oder Mars sind darstellbar. Weiteres Kartenmaterial ist über eine Webseite verfügbar und kann manuell hinzugefügt werden.

Marble bietet verschiedene thematische Karten: Eine typische topographische Karte,

eine Satellitenansicht, Erde bei Nacht sowie Straßen, Temperatur- und Niederschlagskarten. Alle Karten enthalten eine Kartenlegende mit informativen Weblinks, so dass sie auch als Ergänzung zum Schulunterricht genutzt werden können. Man kann auch Datum / Uhrzeit ändern und beobachten, wie sich Himmel und Dämmerung auf der Karte verändern [6].

Für Programmierer sind alle Funktionalitäten von Marble zur Nutzung in anderen Anwendungen in einer Softwarebibliothek verfügbar (siehe [13]).

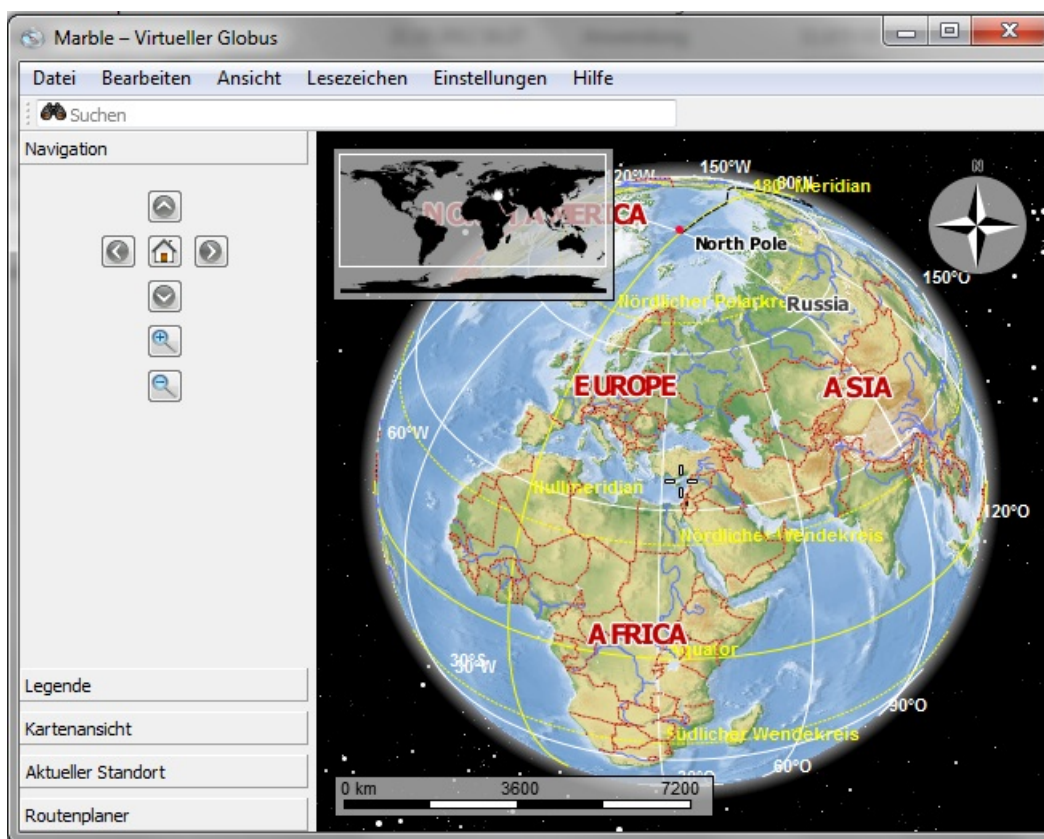


Abbildung 2.4: Marble

Marble hat hauptsächlich folgende Funktionen:

- Einfache Verwendung: Intuitive Kartennavigation erlaubt Bewegen und Vergrößern.
- Standard Kartenthemen: Atlas, OpenStreetMap Karte, Erde bei Nacht, Historische Karten, Mondkarte und mehr.

- Kartendaten (Kachelserver-Layouts): Verschiedene Datenlayer können spezifiziert werden und mit Filtern eingblendet werden. Marble verfügt auch über einen Assistenten zur Kartenerstellung für Benutzer.
- Projektionen: Globus, Plattkarte, Merkator
- Unterstützte Dateiformate: KML/Google Earth(TM) Nutzerdaten, kein KMZ und GPX, OSM, SHP, Formate über Plugins erweiterbar.
- Positionsbestimmung: GPS (über gpsd, Qt Mobility, GeoClue, Maemo 5)
- Navigation und Routing: Die Benutzeroberfläche ermöglicht es Routen über Drag and Drop zu bestimmen.
- Wikipedia Integration und mehr...

Der wichtigste Teil für uns besteht darin, eigene Karten zu erstellen und zu visualisieren. Eine detaillierte Anleitung ist auf Marble Webseite zu finden (Handbuch [14]).



Abbildung 2.5: Marble Überblick



## 3 Bearbeitung der Bilder

Das Kartenmaterial des Behaim-Globus von 1990 steht in Form von Globuswickelsegmenten und kreisrunden Polkappen zur Verfügung. Das für 2011 hat eine plattkarte und zwei kreisrunden Polkappen. Zur Darstellung in Marble ist jedoch eine Bereitstellung des Ausgangsmaterials auf der Festplatte in einer Zylinderprojektion (siehe Abb.3.1) erforderlich. Nur auf der Grundlage einer Zylinderprojektion als „Ausgangsprojektion“ kann Marble die Karte zur Laufzeit des Programms in andere „Zielprojektionen“ umrechnen. Diese Zielprojektionen erscheinen dann auf dem Bildschirm in Form eines Globus, einer Merkatorkarte oder Plattkarte.



Abbildung 3.1: Zylinderprojektion

Marble unterstützt zwei zylindrische Ausgangsprojektionen: die Plattkarte (auch: „Rektangular-Projektion“) und Merkator. Beispielsweise wird die Merkator-Projektion in Marble als Ausgangsprojektion für das Kartenmaterial der OpenStreetMap-Straßenkarte verwendet. Die Merkator-Projektion ist jedoch für unsere Zwecke nicht als Ausgangsprojektion geeignet: Sie kann keine Polregionen ab ca.  $\pm 85^\circ$  Breite abbilden und sie betont die gemäßigten Breiten zu sehr. Für das Behaim-Kartenmaterial ist die Rektangular-Projektion als Ausgangsprojektion daher die bessere Wahl. Das Ziel besteht also darin,

die Globuszwickelsegmente und die Polkappen in die Rektangular-Projektion zu konvertieren.

## 3.1 Bilder Beschreibung

### 3.1.1 Behaim Globus-Bilder (1990)

Insgesamt liegen 26 Dateien vor, zwölf nördliche und zwölf südliche Zwickel und zwei Polkappen im JPEG Format. Die Segmente haben eine Größe zwischen 2 und 2,5 Megabyte und die Polkappen liegen zwischen 3,5 und 5 Megabyte. Bei den Globus-Segmenten wurden jeweils Teile von drei benachbarte Segmenten in einem Bild zusammengefasst. (siehe Abb.3.2).

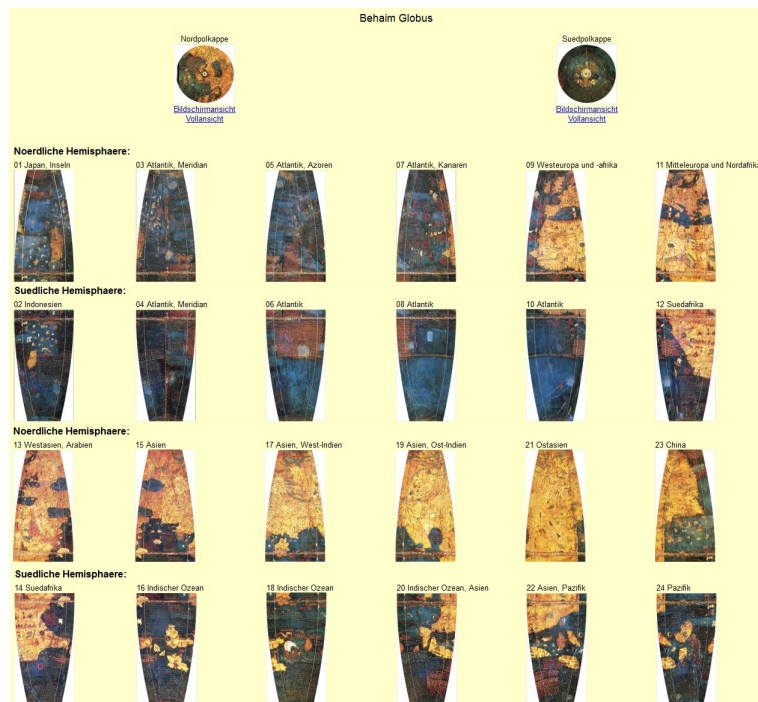


Abbildung 3.2: Globus-Segmente 1990

### 3.1.2 Behaim Globus-Bilder (2011)

In 2011 liegen 3 Bilder vor, eine Plattkarte ohne die Polkappen und zwei Polkappen. (siehe Abb.3.3).

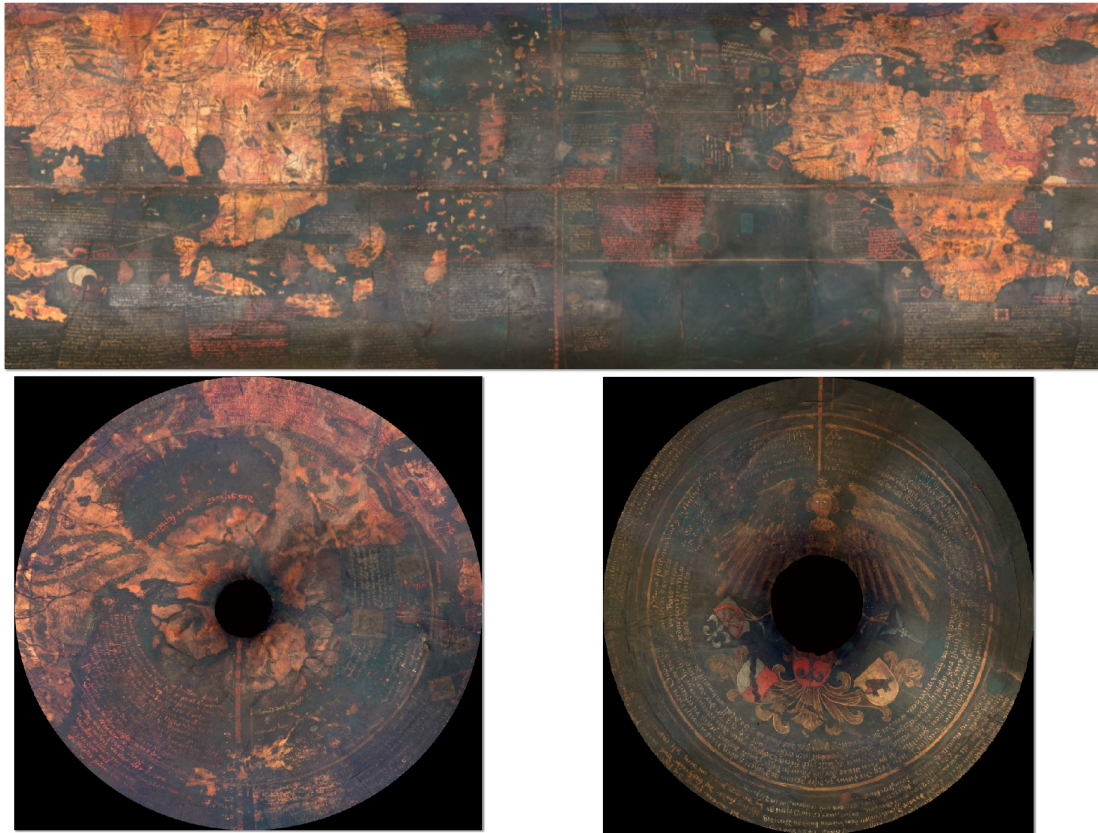


Abbildung 3.3: Behaim Globus-Bilder 2011

### 3.1.3 Ravenstein-Umzeichnung

Die Umzeichnung von Ravenstein hat denselben Zuschnitt, wie die Fotografischen Segmente, jedoch sind 12 genaue Zwickel und 2 Polkappen (siehe Abb.3.4). Sie sind in 4 JPEG-Dateien zusammengefasst und haben eine Größe zwischen 10 und 16 Megabyte.

Alle diese Bilder wurden bearbeitet, um eine flache Karte für unsere Visualisierung zu erstellen. Dafür wurden die einzelnen Daten mit unterschiedlichen Programmen, die im folgenden beschrieben werden, weiter bearbeitet.

### 3.1.4 Ghillany-Umzeichnung

Friedrich Wilhelm Ghillany hat zwei kreisförmige Abbildungen der Oberfläche des Behaim-Globus gezeichnet. Diese Abbildungen sind als stereografische Projektion gemacht, wie man in Abb. 3.5 sehen kann.

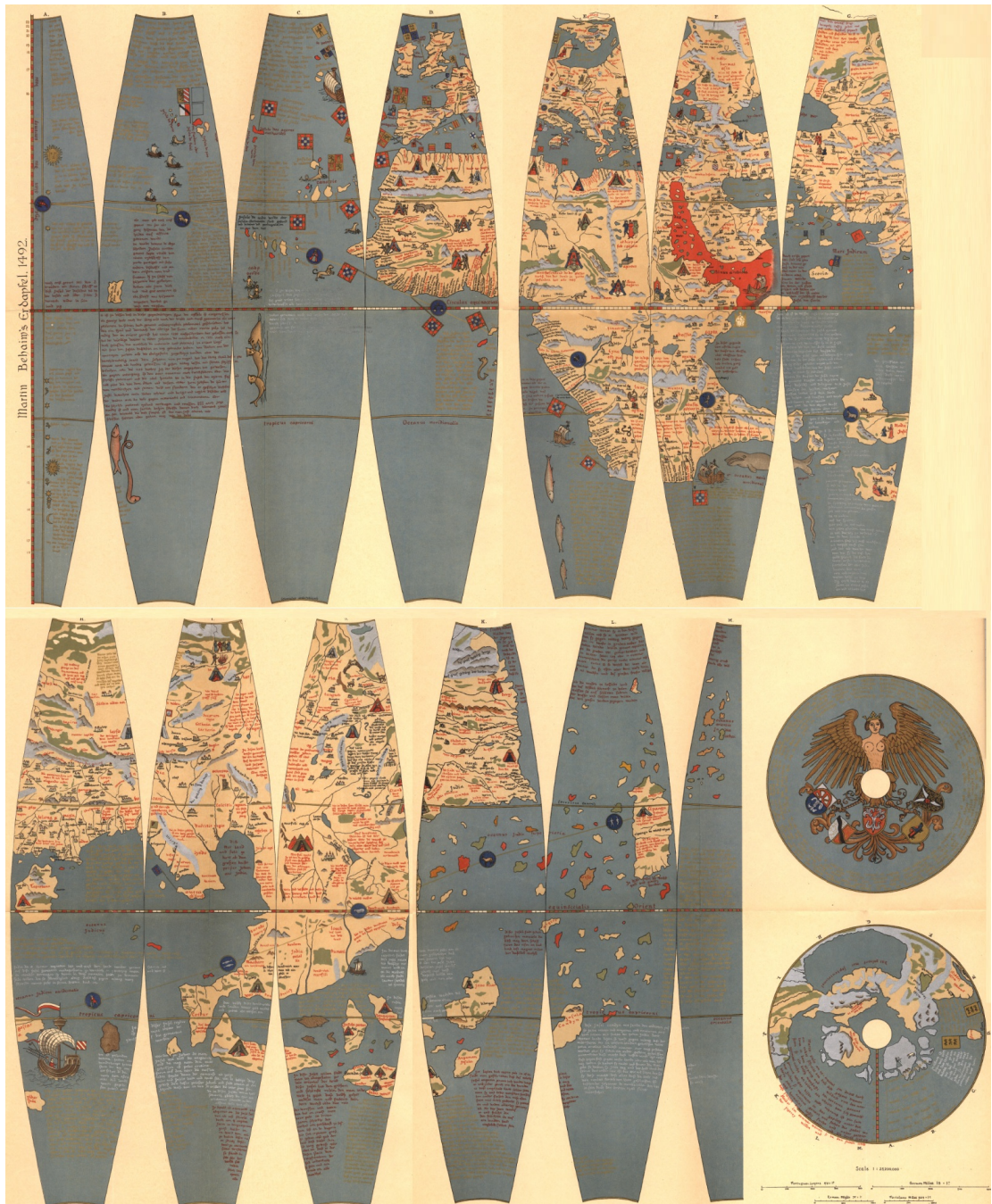


Abbildung 3.4: Ravensteins Umzeichnung

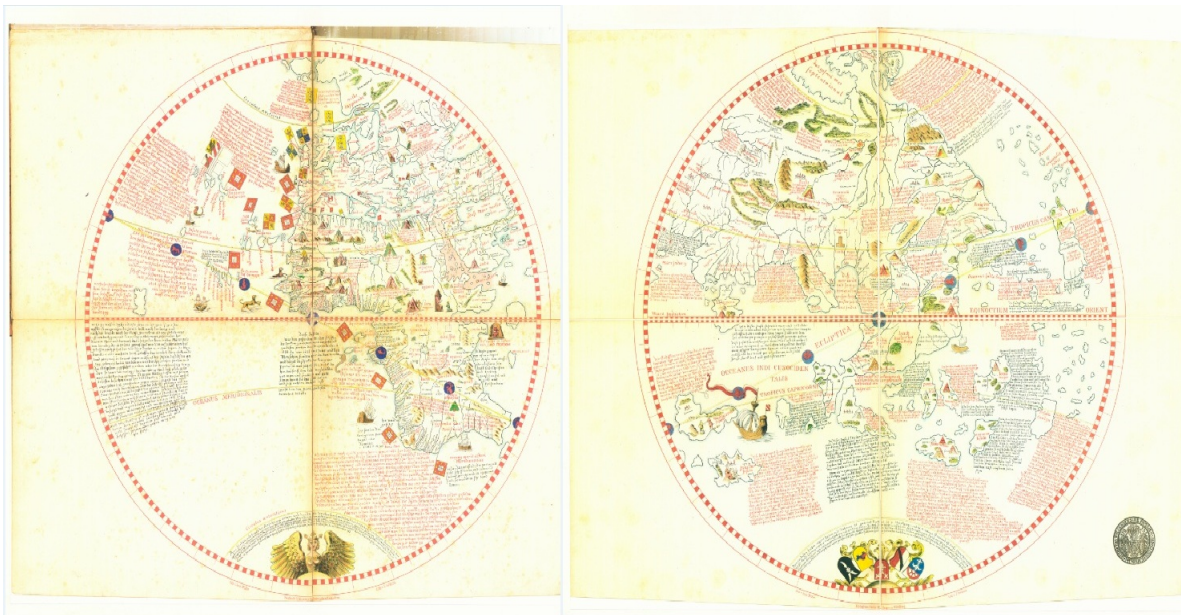


Abbildung 3.5: Ghillany's Umzeichnung

## 3.2 Bildbearbeitungsprogramme

### 3.2.1 Photoshop

Adobe Photoshop ist der Standard für professionelle Bildbearbeitung und das führende Produkt der Adobe Photoshop-Familie. Das Programm wurde speziell für Designer gemacht und ist lizenzpflichtig. Dieses Programm wird Studenten an der Universität zur Verfügung gestellt und wird im Rahmen der Medieninformatik sehr oft benutzt.

In dieser Arbeit dient Photoshop für folgende Aufgaben:

- Ausschneiden der genauere Bildschnitte
- Zusammensetzung der Bilder als Flache Karte

### 3.2.2 Behaim Cutter

Das Behaim Programm "behaimcutter" wurde speziell für diesen Zweck geschrieben: Es wandelt ganze Globuswickel oder deren Teilsegmente in die Rektangularprojektion um. Die genaue Ausgangsprojektion der Globuswickel ist in diesem Fall nicht bekannt.

Außerdem ist die Genauigkeit des Kartenmaterials aufgrund von Aspekten, wie z.B. der Globusdeformation, Polachsendefinition und der Zeichengenauigkeit weiteren Fehlern unterworfen. Darum begnügen wir uns bei der Projektionskonvertierung der Globuswickelsegmente mit einer linearen Interpolation.

Das Programm “beahimcutter“ wurde in C++ unter Verwendung der Qt Softwarebibliothek geschrieben. Es lädt zunächst ein Bild in der Ausgangsprojektion als QImage in den Speicher. Dann wird ein leeres Bild für die Umrechnung in die Zielprojektion erstellt. Dabei wird darauf geachtet, dass die Bildgröße für die Zielprojektion groß genug ist, um die hohe Genauigkeit des Bildmaterials zu bewahren.

```

1 QSize outputSize;
2 if (isPole)
3     outputSize = QSize ( M_PI * inputImage.height(), inputImage.height()
4         / 2 );
5 else
6     outputSize = QSize ( inputImage.width(), inputImage.height() );
7 QImage outputImage( outputSize, QImage::Format_ARGB32 );

```

Listing 3.1: Outputbildgröße setzen

Der “beahimcutter“ durchläuft dann zeilenweise alle Pixelpositionen im Zielbild. Für jede Pixelposition im Zielbild wird die entsprechende Pixelposition im Ausgangsbild berechnet. Der RGB-Farbwerte an der Pixelposition im Ausgangsbild wird dann in die ursprüngliche Pixelposition im Zielbild gespeichert. Auf diese Weise erfolgt eine zeilenweise Reprojektion des Ausgangsbildes. Bei genauerer Betrachtung unterscheidet sich die zeilenweise Reprojektion für die Globuswickelsegmente und die Polkappen:

**Globuswickelsegmente:** Bei den Globuswickelsegmenten wird für jede Zeile zunächst ermittelt, wie breit das Segment in der jeweiligen Zeile ist. Dies erfolgt in der Methode `getLineLimits()`, wo das Start- und Endpixel für jeden Abschnitt ermittelt wird. Dazu wird geprüft, bis zu welchen x-Koordinaten die Farbe `#FFFFFF` (“weiß“) in den Pixeln verwendet wird. Dieser Trick erfordert natürlich, dass die Segmente vorher sorgfältig und genau mit der weißen Farbe `#FFFFFF` “freigestellt“ bzw. “maskiert“ werden. Außerdem wird dabei vorausgesetzt, dass das Kartenbild selbst nicht den Farbton `#FFFFFF` verwendet. Dies muss für jedes Globuswickelsegment vorab geprüft werden. Das Behaim-Kartenmaterial ist jedoch relativ dunkel, so dass hier kein Problem entstand. Auch muss jedes Globuswickelsegment genau bündig beschnitten werden.

```

1 void getLineLimits( const QImage & img, int * start, int * end,
2     int y )
3 {
4     *start=0; *end=0;
5     for ( int x=0; x < img.width(); ++x ) {
6         QRgb value = img.pixel(x,y);
7         if ( ! ( (value == 0xffffffff) || qAlpha(value) == 0x00 ) ) {
8             *start=x; break;
9         }
10    }
11    for ( int x=img.width()-1; x >= 0; --x ) {
12        uint value = img.pixel(x,y);

```

```

12     if ( ! ( (value == 0xffffffff ) || qAlpha(value) == 0x00 )
13         ) {
14         *end=x; break;
15     }
16 }

```

Listing 3.2: Methode getLineLimits()

Sobald der vom Kartenmaterial verwendete Abschnitt einer Bildzeile ermittelt ist, wird der Abschnitt auf die volle Breite des Zielbildes gestreckt. Dies geschieht in der Methode getInputRgb(). Die Streckung erfolgt linear. Um die Genauigkeit zu erhöhen werden die RGB-Werte für die Pixel in der Zielprojektion linear interpoliert. Dies führt zu sanfteren Farbübergängen.

```

1  QRgb getInputRgb( const QImage & inputImage, qreal start, qreal
   end, const QImage & outputImage, qreal x, qreal y )
2  {
3      if ( outputImage.width() == 0 ) return qRgb(0,0,0);
4
5      qreal stretchFactor = (end - start) / outputImage.width();
6
7      qreal xreal = start + x * stretchFactor;
8
9      qreal fraction = xreal - qFloor(xreal);
10
11     QRgb leftPixelRgb = inputImage.pixel(qFloor(xreal), y);
12     QRgb rightPixelRgb = inputImage.pixel(qCeil(xreal), y);
13
14     return qRgb( (1.0-fraction) * qRed(leftPixelRgb) + fraction *
   qRed(rightPixelRgb),
15                 (1.0-fraction) * qGreen(leftPixelRgb) + fraction
   * qGreen(rightPixelRgb),
16                 (1.0-fraction) * qBlue(leftPixelRgb) + fraction *
   qBlue(rightPixelRgb));
17 }

```

Listing 3.3: Methode getInputRgb()

**Polkappen:** Bei den Polkappen ist eine zeilenweise Ermittlung der Ausmaße wie bei den Globuszwickeln nicht nötig: Hier muss lediglich auf den bündigen Beschnitt geachtet werden. Außerdem setzt unser Algorithmus voraus, dass das Polkappenbild exakt quadratisch ist - dies wird jedoch von unserem Programm zu Beginn in der main()-Funktion geprüft. Die eigentliche Reprojektion erfolgt für die Polkappe in der Methode getPoleInputRgb(): Die x-Koordinaten Position aus dem Zielbild wird in einen Längenkreiswinkel umgerechnet. Mithilfe des Längenkreiswinkels wird dann im Ausgangsbild die Position für den zu ermittelnden Farbwert berechnet: Wir stellen uns einen Positionsvektor vor, der vom Pol ausgeht und mit

zunehmendem Längenkreiswinkel jeweils einen Breitenkreis beschreibt. Über die Kathete und Ankathete des Positionsvektors mit dem eingeschlossenen Längenkreiswinkel erhalten wir die x- und y-Koordinate des gesuchten Farbwertes. Dieser Farbwert wird dann an der ursprünglichen Position im Zielbild eingetragen. Eine weitere Interpolation der Farbwerte erscheint hier nicht nötig, da bei der Polregion in der Darstellung als Globus ohnehin eine Übergenauigkeit (“Oversampling“) entsteht.

```
1 QRgb getPoleInputRgb( const QImage & inputImage, qreal x, qreal y
  )
2 {
3     if ( inputImage.height() == 0 ) return qRgb(0,0,0);
4     qreal radius = inputImage.height() / 2;
5     qreal alpha = 2.0 * x / inputImage.height();
6     return inputImage.pixel(radius + y * sin(alpha), radius + y *
  cos(alpha));
7 }
```

Listing 3.4: Methode getPoleInputRgb()

### 3.2.3 Stereographic2platecarree

Das Programm ist ein lizenzfreies Tool, das von Marble zur Verfügung gestellt ist. Seine Aufgabe, wie sein Name andeutet, ist eine stereographische Karte als Input zu lesen und eine flache Karte auszugeben. Dieses Programm wird für die Umwandlung der Ghillany Bilder verwendet.

## 3.3 Bearbeitung der Behaim-Globus-Bilder

Nachdem im vorherigen Abschnitt die für die Bildbearbeitung benötigten Programme erläutert wurden, wird jetzt die Bearbeitung der einzelnen Bilddaten beschrieben.

Es wurden verschiedene Versuche der Bearbeitung durchgeführt (GIS Programm und andere geschriebene Programme). Diese Variante hat die besten Ergebnisse gebracht und wurde deshalb für die Bearbeitung der Bilder angenommen.

### 3.3.1 Behaim-Globus-Bilder (1990)

**Abschneiden der überstehenden Ränder:** Alle Bildsegmente haben auf der linken und rechten Seite, wo sich die benachbarten Segmente anschließen, überstehende Ränder. Mittels Photoshop werden alle Ränder ausgeschnitten, um das überschneidungsfreie Bild zu haben (siehe Abb.3.6). Dieser Schritt wurde für alle Bilder durchgeführt. Das Gleiche wurde für die Polkappen gemacht. Wichtig ist dabei, genau ein Viereck auszuschneiden.



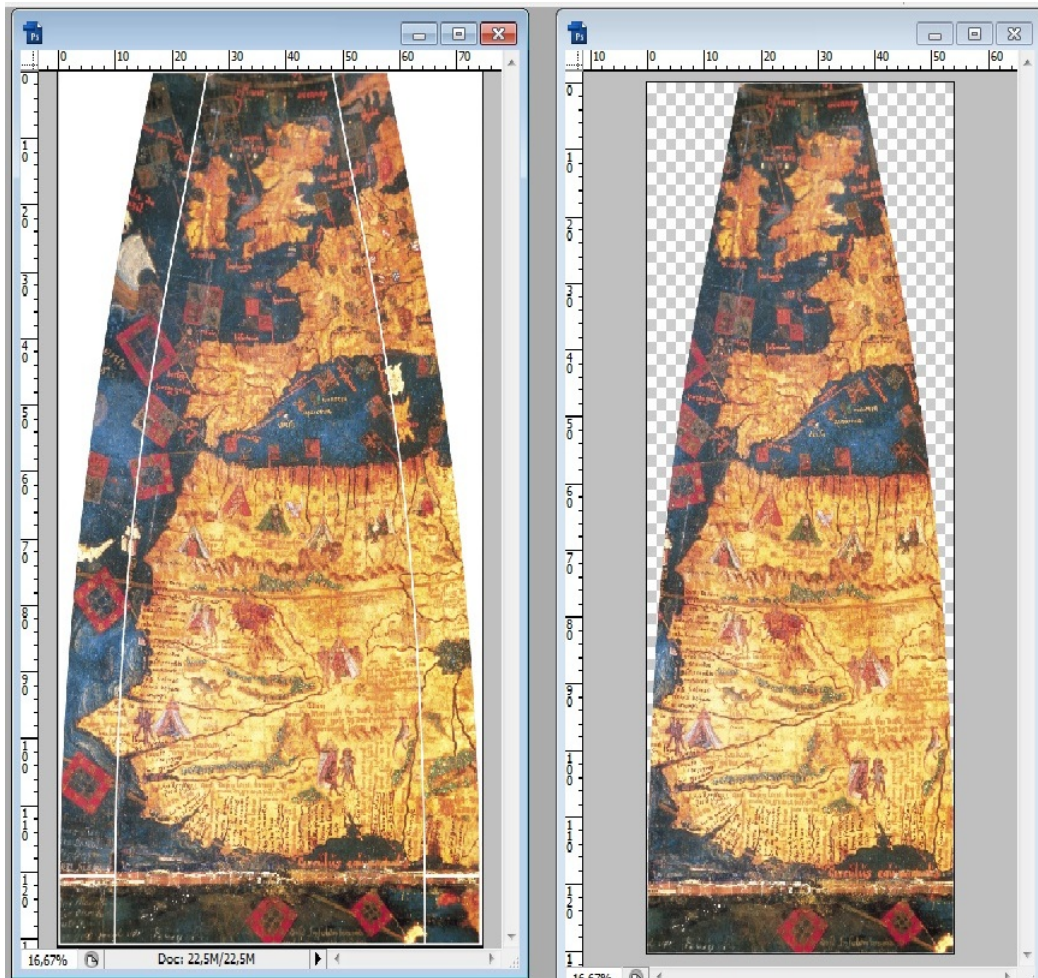


Abbildung 3.6: Entfernung von Ränder

**Umprojektion der vorherigen Ergebnisse:** Das Umprojizieren aller Bilder ist wichtig, um die flache Karte zu erstellen. Dieser Vorgang wurde mit Hilfe des Programms "behaimcutter" ausgeführt. Das Programm wird mit folgenden Eingaben für die Segmente aufgerufen:

"-i <input Bildname> -o <output Bildname>"

Und für die Polkappen:

"-i <input Bildname> -o <output Bildname> -p"

Das Ergebnis ist auf den Abbildungen 3.7 und 3.8 dargestellt.



Abbildung 3.7: Verzerren der Segmente



Abbildung 3.8: Verzerren der Polkappen

**Zusammensetzen der neue Bilder:** Nach Anwendung des behaimcutter-Programms auf die Globuswickelsegmente und auf die Polkappen entstehen rechteckige Kacheln. Die Bilder können dann horizontal einfach zusammengefügt werden (mit Photoshop - siehe Abb.3.9).

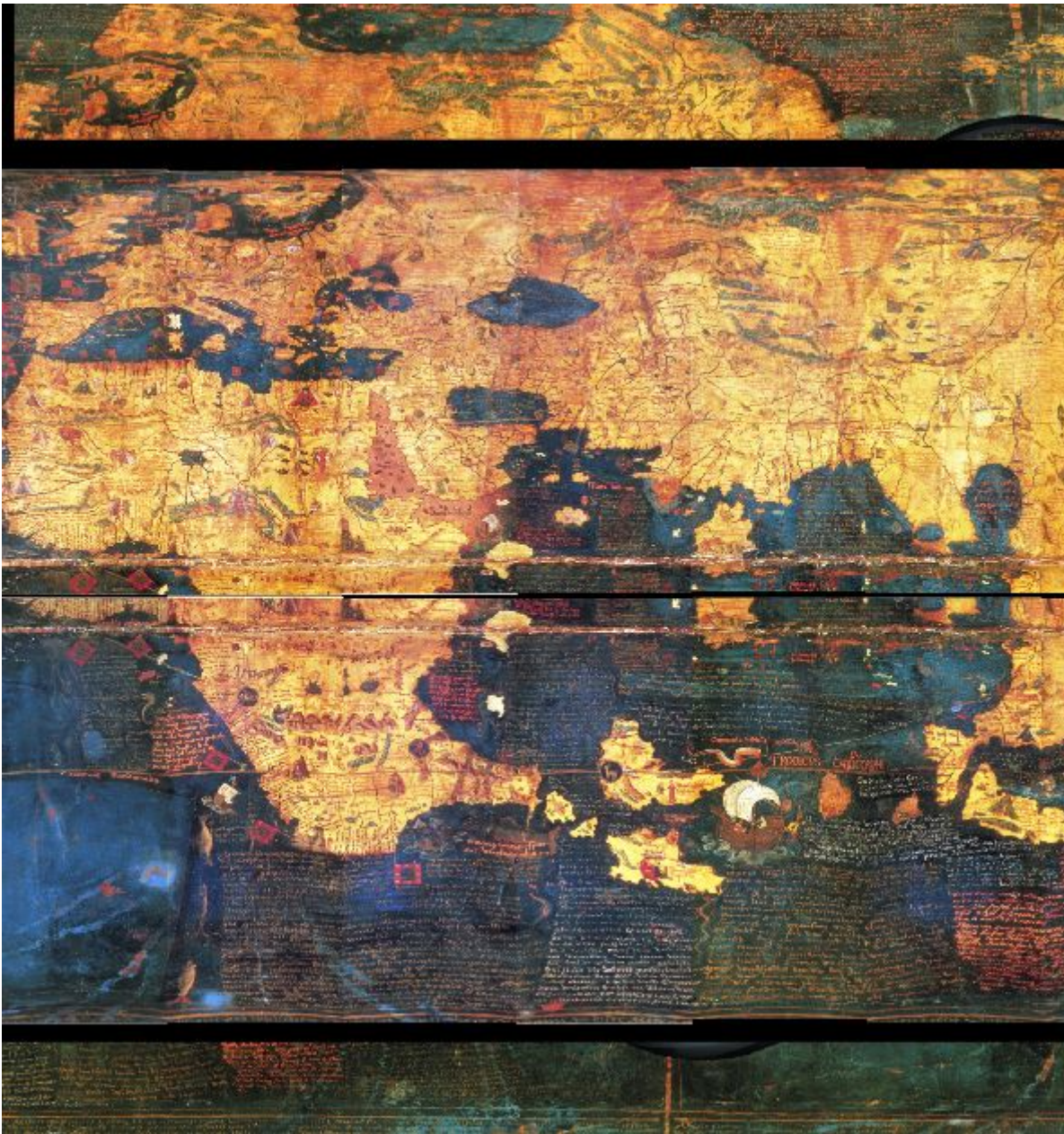


Abbildung 3.9: Behaimglobusbilder zusammensetzen

Hinter diesem Punkt steckt viele Handarbeit, da die Genauigkeit hoch dargestellt werden soll. Es entstehen dann zwei Streifen aus den Globuswickeln, die wiederum bündig am Äquator zu einem einzelnen Streifen zusammengefügt werden können. Die beiden Streifen, die aus den Polkappen entstehen, können nun oben und unten an den Globuswickelstreifen ansetzen (siehe Abb.3.10). Damit entsteht eine komplette Weltkarte. Allerdings gibt es noch ein Problem: Es muss festgelegt werden, welchen Bereich die Polkappenstreifen in der fertigen Weltkarte einnehmen.

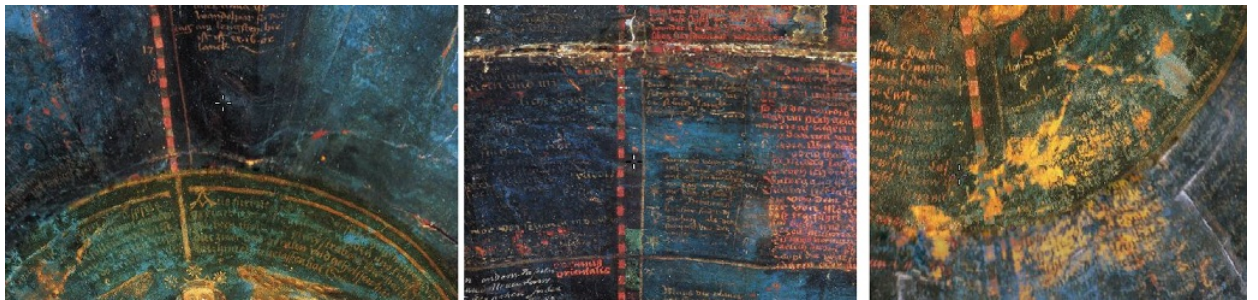


Abbildung 3.10: Polarkreise

Dazu werden die Polarkreise verwendet: Die Polkappenstreifen werden auf den Bereich innerhalb der Polarkreise beschnitten. Der Globuswickelstreifen wird auf den Bereich außerhalb der Polarkreise beschnitten. In der Weltkarte in Rektangularprojektion werden die Positionen der Polarkreise bestimmt und ins Verhältnis zur Weltkarten-Höhe gesetzt. Auf diese Weise können die Polkappenstreifen und der Globuswickelstreifen im korrekten Verhältnis zueinander gestreckt und abschließend zu einem Bild kombiniert werden. Hier muss man nicht nur die Bilder zusammensetzen, sondern auch die Positionen von Kontinenten und Polkappen müssen beachtet werden. Die Referenzlinien an dieser Stelle waren der Nullmeridian und der Äquator. Wenn diese Position angepasst ist, wird nun die Breiten-Skala kalibriert (siehe Abb.3.11). Normalerweise besteht das Problem darin, dass man auf vielen alten Karten eine solche Breitenkreis-Skala nicht findet. Auf dem Behaim-Globus ist sie nicht mehr gut erkennbar. Deshalb braucht man einen anderen Anhaltspunkt um diese Skala zu eichen. Was man auf dem Behaim-Globus schön erkennen kann sind die Wendekreise und die Polarkreise. Diese kann man als Anhaltspunkt nehmen, um für die Polkappen und die mittlere Karte die Verteilung auf der Breitenkreis-Skala zu bestimmen (siehe Abb.3.12[8]).

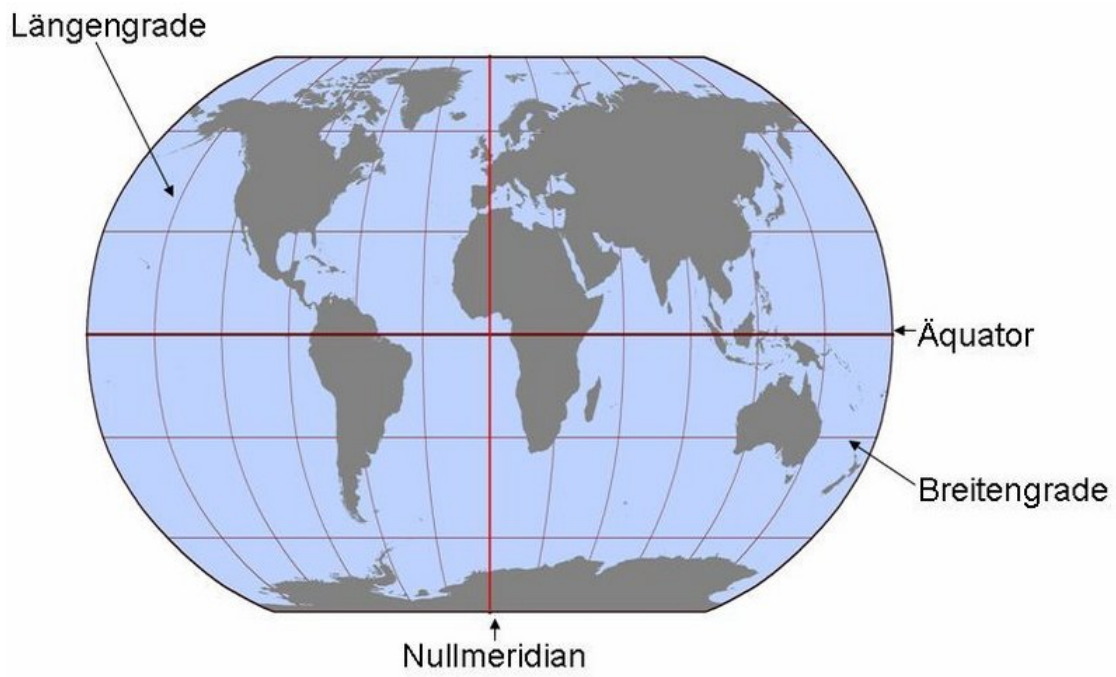


Abbildung 3.11: Längen- und Breitenkreise



Abbildung 3.12: Behaim-Globus: Plattarte (1990)

### 3.3.2 Behaim-Globus-Bilder 2011

Hier wurde nur die Polkappen genau bearbeitet wie für die 1990 (siehe Abb.3.13) und die 3 Bilder wurde zusammengesetzt (siehe Abb.3.14).

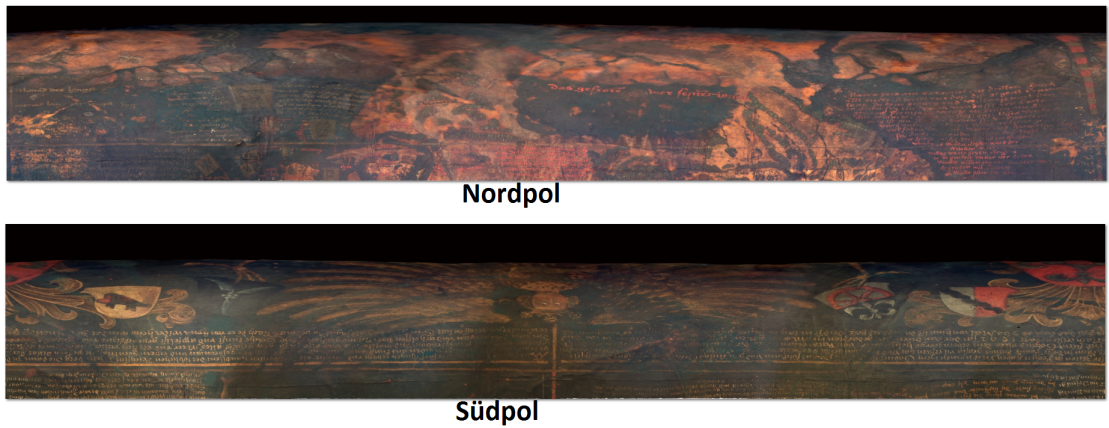


Abbildung 3.13: Bearbeitete Polkappen (2011)

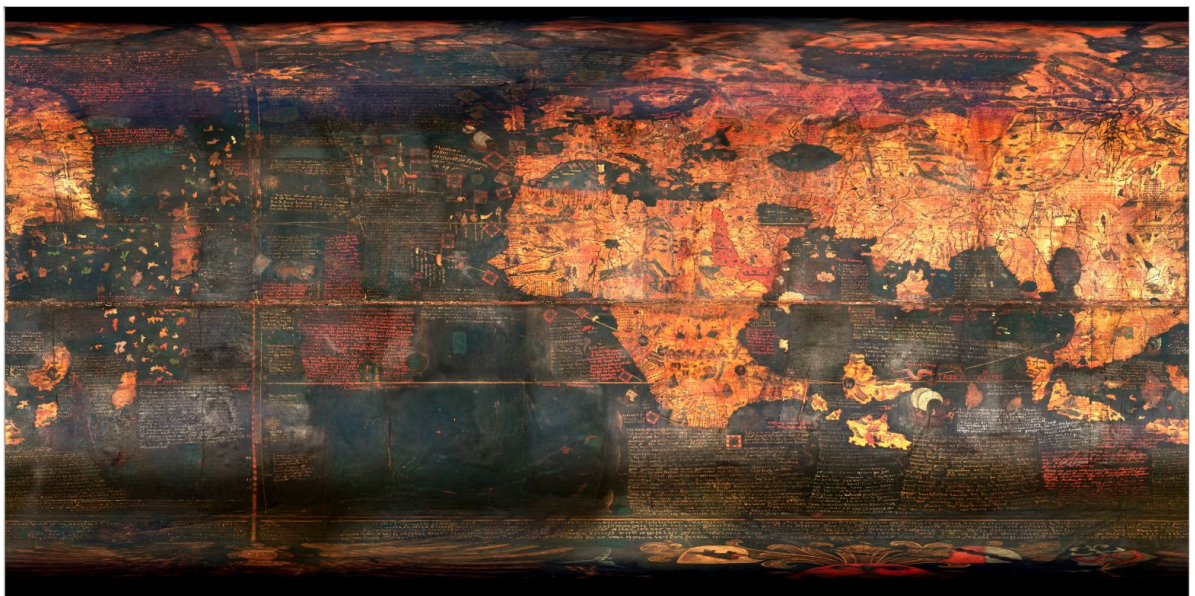


Abbildung 3.14: Behaim-Globuss: Plattkarte (2011)

### 3.3.3 Ravenstein-Umzeichnung

Der Vorgang ist der gleiche wie bei den Behaim Globus-Bildern. Diese wurden mit Photoshop beschnitten, um die einzelne Segmente zu erhalten (siehe Abb.3.15).

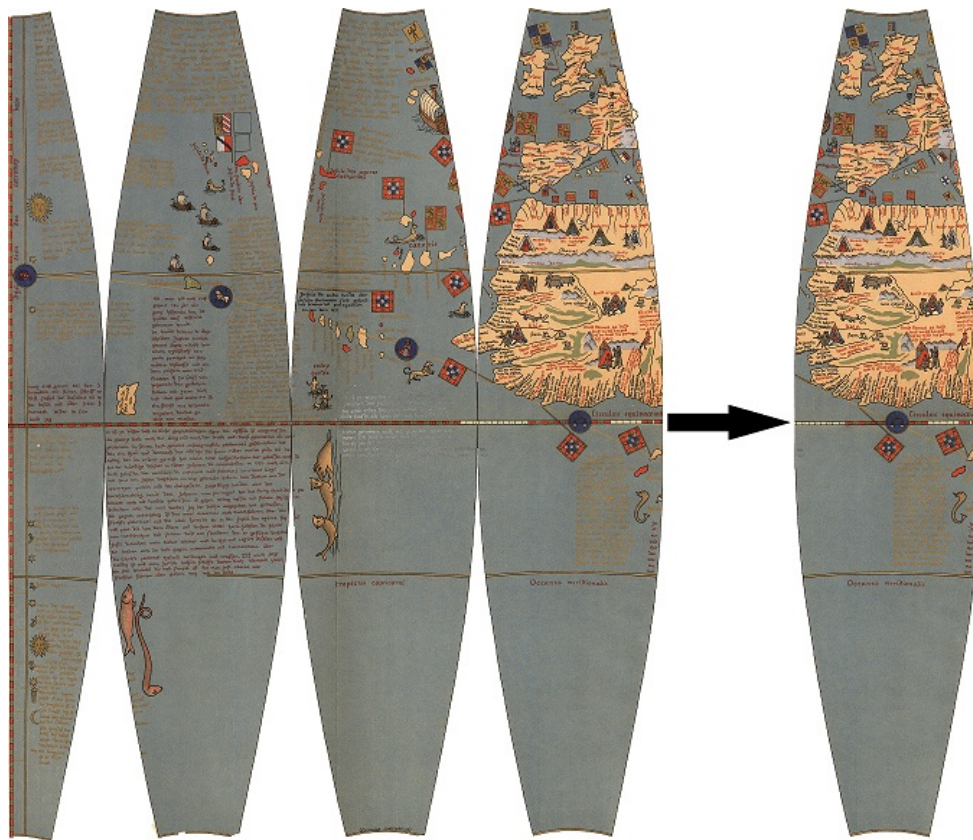


Abbildung 3.15: Segmente ausschneiden

Nach diesem Vorgang wurden die Bilder mit “behaimcutter“ um-projiziert (siehe Punkt 3.3.1). Alle Segmente und Polkappen wurden bearbeitet und am Ende zusammengesetzt. Die Abbildung 3.16 zeigt das Ergebnis.



Abbildung 3.16: Ravenstein-Mappe

### 3.3.4 Ghillany-Umzeichnung

**Zeichnungen abschneiden:** Die Ghillany Zeichnungen sind stereographische Bildprojektionen, die man mit dem Werkzeug “Stereographic2platecarree“ in einer Plattkarte umwandeln kann. Zuerst muss man mit Photoshop die beiden Hemisphären genau beschneiden (siehe Abb.3.17). Die Höhe und Breite müssen die gleiche Länge erhalten, sonst funktioniert das Projektionstool nicht. Wenn die Größen nicht passen, kann man Skalierungsalgorithmen mit hoher Qualität wie Lanczos oder Bicubic benutzen um die Bildqualität zu erhalten.

Die Bilder müssen als .ppm Datei gespeichert werden, da das Programm nur dieses Dateiformat einlesen kann.

**Umprojizieren der beiden Hemisphären:** Sobald die Bilddateien vorbereitet sind, wird nun das Programm “Stereographic2platecarree“ wie folgt aufgerufen:

```
“./stereographic2platecarree -i ghillany01.ppm -o ghillanyP01.ppm“
```

```
1 Importing PPM 'ghillany01.ppm'..
2 Import done.
3 Converting projection..
4 Conversion done.
5 Exporting PPM 'ghillanyP01.ppm'..
6 Export done.
```

Das Ergebnis wird wie auf Abbildung 3.18 aussehen.



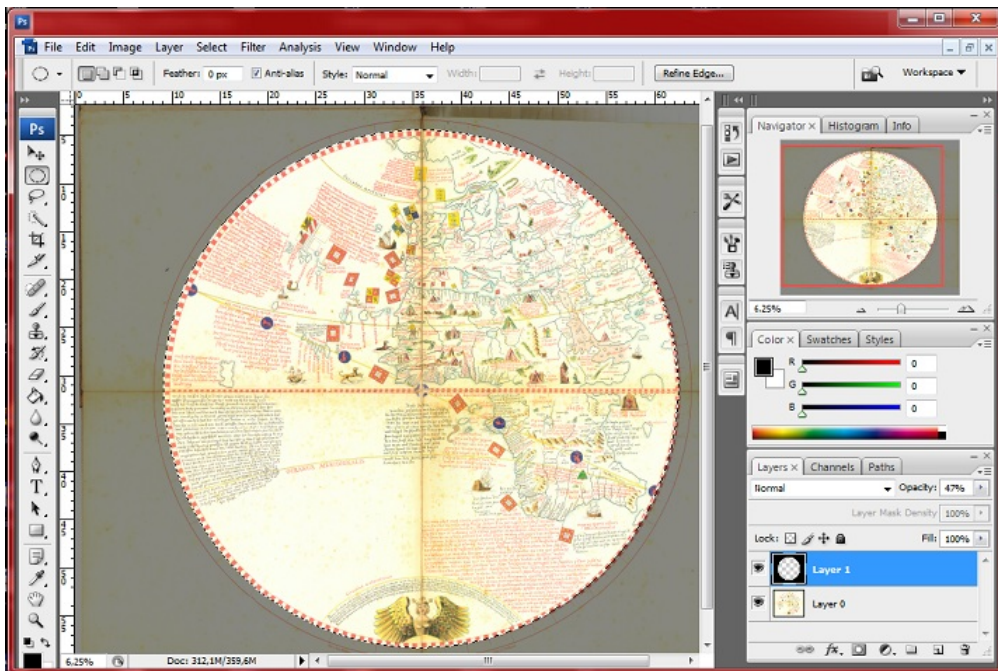


Abbildung 3.17: Ghillany-Umzeichnung abschneiden

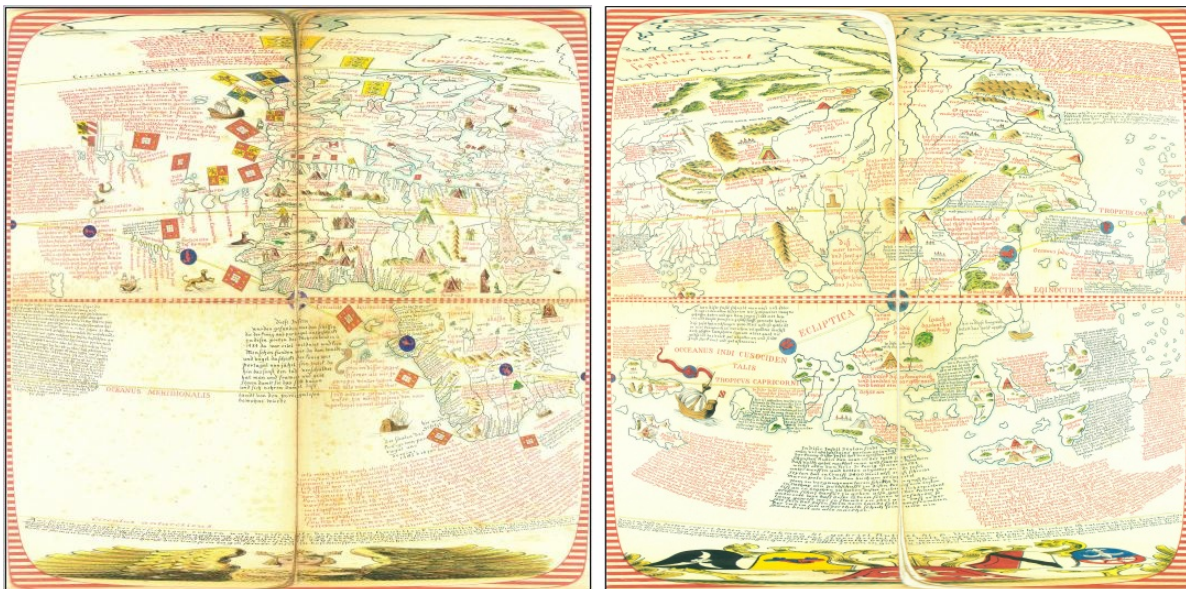


Abbildung 3.18: Ghillany-Projektion

**Zusammensetzen der Ergebnisse:** Wie schon oben bei den Behaim-Globus-Bildern erklärt wurde, muss das Zusammensetzen der Segmente präzise und genau erfolgen. Die Linien müssen richtig ausgerichtet sein. Der Äquator muss perfekt ausgerichtet werden, so dass keine Pixellücken in der Mitte oder auf der rechten Seite entstehen. Danach wurden nochmals die Längen- und Breitengrade angepasst. Bei den Ghillany-Umzeichnungen wurde festgestellt, dass die Positionen der Kontinente oder Figuren nicht genau übereinstimmen. Diese Karte wird darum mit dieser bekannten Ungenauigkeit visualisiert.

## 4 Integration in Marble

Marble kann eine Vielfalt von Daten visualisieren: Bitmap- und Vektordaten, aber auch Datensätze, die Points of Interest (“Placemarks“) und deren Metadaten enthalten. Aus diesen Daten können fertige Kartenthemen zusammengestellt werden. Der Benutzer kann aus einer Liste von Kartenthemen das gewünschte Thema wählen. Auf diese Weise werden dann alle Daten angezeigt, die in diesem Kartenthema referenziert sind. Die Kartenthemen selbst werden dann in einem Unterordner abgelegt, der die selbst gewählte Kennung des Kartenthemas in Kleinbuchstaben trägt.

Hier wurde einen Ordner “beheim1492“ erstellt, der alle notwendige Dateien enthalten soll:

- Die Bilddatei: dies ist die im vorherigen Kapitel erstellte Plattkarte. Auf der Basis dieser flachen Weltkarte müssen Kacheln erstellt werden, die Marble einlesen kann. Bei kleinen Weltkarten (bis ca. 21600x10800 Pixel) kann Marble die Kacheln selbst erzeugen. Bei großen Karten müssen die Kacheln vorweg mit einem geeigneten Programm (z.B. Maptiler) erstellt werden. In beiden Fällen werden mehrere Ordner erzeugt, die sich dann im Ordner "beheim1492" befinden. Diese Ordner enthalten eine Bildpyramide, in der die verschiedenen Kacheln nach Zoomleveln geordnet sind. Marble sucht bei der Auswahl des Kartenthemas erst einmal nach den Kacheln. Wenn diese nicht zu finden sind, dann wird die tatsächliche Karte eingelesen. Die zugehörigen Kacheln werden dann wie bereits beschrieben automatisch erstellt und damit auch die Textur.
- Das Vorschaubild wird in der Kartenansicht des Navigations-Panel angezeigt (siehe Abb.4.1).
- Eine XML-Datei, die das Kartenthema genau beschreibt.  
Die Marble-Entwickler haben dazu das Dateiformat DGML entwickelt. Entsprechend setzt sich der Dateiname aus der Kennung und der Endung “.dgml“ zusammen (z.B. “beheim1492.dgml“). Die DGML-Datei beschreibt einerseits allgemeine Eigenschaften des Kartenthemas (Name, Symbol, Beschreibung). Außerdem referenziert es die Kartenebenen und die Daten, die im Kartenthema verwendet werden. Und schließlich enthält die DGML-Datei eine Beschreibung der Kartenlegende. Alle Daten, die zum Kartenthema gehören (Kacheln, KML/GPX-Dateien, Legendensymbole), sollten sich möglichst im gleichen Verzeichnis oder in einem Unterverzeichnis befinden.

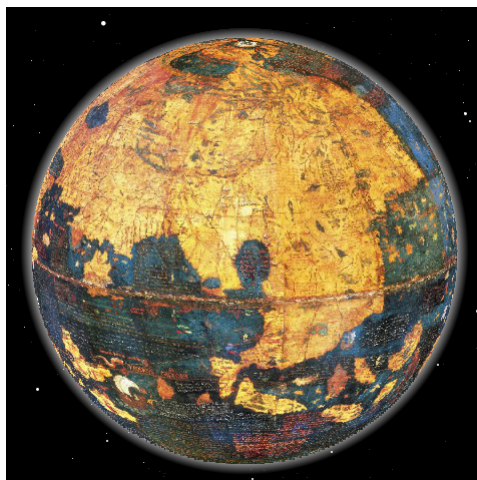


Abbildung 4.1: behaim1492 Vorschaubild

Diese Dateien sind erforderlich für die Zusammenstellung und die Beschreibung des Kartenthemas. Auf ihr Format werden wir später noch genauer eingehen.

- Die KML Dateien, wenn es weitere Beschreibungen gibt. Diese werden in die DGML-Datei integriert um, Informationen auf der Karte darzustellen.
- Das Legendenverzeichnis mit der zugehörigen HTML-Datei.

## 4.1 Erstellung der “behaim1492.dgml“ Datei

Diese Datei ist in XML geschrieben und hat vier Haupttags:

- `<head>` Tag: hier werden Basis-Informationen wie Name, kurze Beschreibung und Vorschaubild eingeben.

```
1 <head>
2   <name>Historic Map 1492 "Erdapfel" </name>
3   <target>earth</target>
4   <theme>behaim1492</theme>
5   <icon pixmap="behaim1492-preview.png"/>
6   <!-- describes whether the map theme item will be hidden (e.g.
7     for a clouds layer): -->
8   <visible> true </visible>
9   <!-- The description allows for rich text of course: -->
10  <description><![CDATA[<p> Martin Behaim's <i>Erdapfel</i> (
11    German: 1492) is the oldest known globe that still exists
12    today. It was created while Christopher Columbus reached the
13    Americas. <i>Credits: Germanisches Nationalmuseum / IPF TU
14    Wien</i></p>]]></description>
```

```

10 <zoom>
11   <discrete> true </discrete>
12   <minimum> 900 </minimum>
13   <maximum> 3500 </maximum>
14 </zoom>
15 </head>

```

Listing 4.1: DGML Datei: <head> Tag

- <map> Tag: in dieser Stelle werden alle Schichten definiert. Die erstellten Texturen (Bilddateien) und die passenden KML-Dateien werden hier eingelesen. Dafür wurde der Tag <layer></layer> eingefügt und wie folgend benutzt:

```

1 <!-- This layer creates the elevation model -->
2 <layer name="behaim1492" backend="texture">
3   <texture name="behaim1492_data"><!-- type="texture"-->
4     <sourcedir format="JPG"> earth/behaim1492 </sourcedir>
5     <installmap> behaim1492.jpg </installmap>
6   </texture>
7   <texture name="ghillany"> type="texture"
8     <sourcedir format="JPG"> earth/behaim1492/ghillany </sourcedir
9     >
10    <installmap> ghillany.jpg </installmap>
11 </texture>
12 </layer>
13 <layer name="standardplaces" backend="geodata">
14   <geodata name="behaimplaces">
15     <sourcefile format="KML">maps/earth/behaim1492/behaim1492.kml
16     </sourcefile>
17   </geodata>
18   <geodata name="figuren">
19     <sourcefile format="KML">maps/earth/behaim1492/figuren.kml</
20     sourcefile>
21   </geodata>
22   <geodata name="texte">
23     <sourcefile format="KML">maps/earth/behaim1492/texte.kml</
24     sourcefile>
25   </geodata>
26   <geodata name="kontinente">
27     <sourcefile format="KML">maps/earth/behaim1492/kontinente.kml
28     </sourcefile>
29   </geodata>
30 </layer>

```

Listing 4.2: Texturen einfügen

- <settings> Tag stellt die Visualisierung des Inhalts der KML Datei ein.

```

1 <settings>
2 <group name="Places">
3   <property name="places">

```

```

4     <value>true</value>
5     <available>true</available>
6 </property>
7 <property name="cities">
8     <value>>false</value>
9     <available>true</available>
10 </property>
11 <property name="otherplaces">
12     <value>>false</value>
13     <available>true</available>
14 </property>
15 <property name="terrain">
16     <value>>false</value>
17     <available>true</available>
18 </property>
19 </group>
20 </settings>

```

Listing 4.3: Verfügbarkeit und Sichtbarkeit einstellen

- `<legend>` Tag: Es gibt die Möglichkeit eine Legende in Marble zu erstellen. Neben der HTML-Datei kann man dort Checkboxes einfügen, die interaktiv ein- und ausgeschaltet werden können. Die erstellten KML-Dateien und die verschiedenen Schichten können mittels der Checkboxes nach Wunsch dargestellt werden.

```

1 <legend>
2   <section name="populatedplaces" checkable="false" spacing="12">
3     <heading>Populated Places</heading>
4   </section>
5   <section name="cities" checkable="true" connect="cities" spacing
6     = "12">
7     <heading>Behaim Places</heading>
8   </section>
9   <section name="terrain" checkable="true" connect="terrain"
10     spacing="12">
11     <heading>Kontinente</heading>
12 </section>
13 <section name="otherplaces" checkable="true" connect="
14   otherplaces" spacing="12">
15   <heading>Texte</heading>
16 </section>
17 <section name="ghillany" checkable="true" connect="ghillany"
18   spacing="12">
19   <heading>Ghillany Textur</heading>
20 </section>
21 <section name="behaim2011" checkable="true" connect="behaim2011
22   " spacing="12">
23   <heading>Behaim 2011</heading>
24 </section>

```

```

20 <section name="coordinate-grid" checkable="true" connect="
    coordinate-grid" spacing="12">
21 <heading>Coordinate Grid</heading>
22 </section>
23 <section name="coastlines" checkable="true" connect="coastlines"
    spacing="12">
24 <heading>Accurate Coastline</heading>
25 </section>
26 </legend>

```

Listing 4.4: Legende einfügen

## 4.2 Erstellung der KML-Datei

Die KML-Datei wird benutzt, um geographische Daten in einer Karte anzuzeigen. Ursprünglich stammt das Format aus Google Earth und wird dort zur Darstellung von Benutzerdaten verwendet. Es wurde von Google als offener Standard entwickelt und als solcher vom OGC (Open Geospatial Consortium) anerkannt. Das KML-Format verwendet eine tag-basierte Struktur mit verschachtelten Elementen und Attributen und basiert auf dem XML-Standard.

Placemark ist eines der am häufigsten verwendeten Tags. Es markiert eine Position auf der Oberfläche mit einem Symbol. Die einfachste Ortsmarke umfasst nur ein `<Point>` Element, das den Standort der Ortsmarke angibt. Namen und benutzerdefiniertes Symbol für die Ortsmarke können angegeben werden oder auch andere Geometrie-Elemente. Das folgende Beispiel markiert einen Ort "DEUTSCHLAND" mit Hilfe der eingegebenen Koordinaten und einer einfache Beschreibung.

```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <kml xmlns="http://www.opengis.net/kml/2.2">
3 <Placemark>
4 <name>DEUTSCHLAND</name>
5
6 <description>Die wichtigsten Fl"usse sind erkennbar. An
    Ortsbezeichnungen sind unter anderem "friesland", "sachsen", "
    dering" (Th"uringen), "beiern" und "basel" zu entziffern.
7 Ausserdem werden die Wappen von Westfalen, Sachsen, Mainz, Bayern
    und N"urnberg gezeigt.</description>
8 <Point>
9 <coordinates>12.00676,49.43369,0</coordinates>
10 </Point>
11 </Placemark>
12 </kml>

```

Listing 4.5: KML Datei

Im Marble muss Folgenden beachtet werden. Um die Legende mit Checkboxes mit der KML-Datei zu kombinieren, ist es notwendig, Rollen zu definieren. Diese Anzeigeoption

ist in Marble fest kodiert, so dass jede Rolle mit einer bestimmten Eigenschaft verbunden ist. Für die “Behaim Places“-Punkte in der Legende wird die Rolle “S“ für alle Länder in der Karte eingegeben. Genauso wird die Rolle “P“ für Texte und Figuren verwendet. Weitere Details für die Erstellung von KML Dateien sind hier zu finden [1].

## 4.3 Erstellung der HTML Datei

Die Legende kann auch über eine normale HTML-Datei erstellt werden. Weitere Informationen können mit Bildern und externen Weblinks dargestellt werden. Die Datei soll nur “legende“ heißen und der folgende Kommentar gibt einen Hinweis auf den Marble-Legendenbrowser, wo weitere Legendenelemente, die mit DGML-Datei generiert sind, eingefügt werden.

```
1 <?xml version="1.0" encoding="iso-8859-1"?>
2 <!DOCTYPE html
3     PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Strict//EN" "DTD/xhtml1-strict.dtd">
4 <html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml" xml:lang="en" lang="en">
5 ...
6 <body>
7 ...
8 <!-- ##customLegendEntries:all## -->
9 ...
10 </body>
```

Listing 4.6: Kommentar muss vorhanden sein

## 4.4 Behaim-Ordner in Marble einfügen

Damit Marble die Daten eines Kartenthemas darstellen kann, müssen die Daten lokal auf der Festplatte abgespeichert werden. Die Speicherung kann prinzipiell an zwei Orten erfolgen:

- Systemweite Daten (“system path“): Daten, die mit dem Marble-Installationspaket ausgeliefert werden, werden bei einer normalen Installation in der Regel in einem Systemverzeichnis abgelegt. Unter Linux oder unter Mac OS X kann dies zum Beispiel im Verzeichnis /usr sein, unter Windows im Verzeichnis C:\Programme. Ausnahme: Erfolgt unter Mac OSX die Installation im Bundle, so verbleiben die Daten dort. Daten, die im Systemverzeichnis installiert werden, sind üblicherweise für alle Benutzer verfügbar. Sie können von allen Anwendern gleichzeitig verwendet werden. Eine Änderung der Daten im Systemverzeichnis selbst ist jedoch ohne Administrationsrechte nicht ohne weiteres möglich.
- Lokale Daten im persönlichen Verzeichnis (“local path“): Zusätzlich zu den Installationsdaten kann der Anwender bei der Benutzung von Marble weitere Daten



herunterladen. Dies geschieht entweder automatisch während der Navigation, also beim Vergrößern oder beim Umherwandern auf der Karte, oder werden die Karten bewusst vom Nutzer als neues fertiges Kartenthema heruntergeladen. In beiden Fällen landen die Karten im persönlichen Ordner des Anwenders (unter Linux z.B. unter `~` bzw. `/home`). Die Daten im persönlichen Verzeichnis sind nur vom jeweiligen Benutzer verwendbar.

Marble sucht immer die Daten zuerst lokal im persönlichen Verzeichnis. Findet es dort einige Daten nicht, so sucht es anschließend im Systemverzeichnis. Die Topographische Karte ist zum Beispiel bis zum Level 4 im Systemverzeichnis vorinstalliert. Level 5 wird beim Vergrößern der Karte bei Bedarf vom Internetserver heruntergeladen und inkrementell im persönlichen Verzeichnis gespeichert. Beim Laden sucht Marble zunächst nach den Daten im Homeverzeichnis. Erst wenn Marble die Daten dort nicht findet (wie zum Beispiel beim Level 1-4 der Topographischen Karte), wird danach im Systemverzeichnis weitergesucht.

Falls nötig, können die voreingestellten Suchpfade für die Daten beim Kompilieren oder beim Start von Marble geändert werden. Damit können zum Beispiel auch fertig aufbereitete Daten gelesen werden, die auf Netzlaufwerken bereitgestellt sind. Auf diese Änderung des "Marble Data Path" wollen wir an dieser Stelle jedoch nicht eingehen. Sie wird auf der Marble-Webseite ausführlich erklärt (siehe [7]).

Von besonderem Interesse sind für uns die Daten für die Kartenthemen der Erde. Der genaue Ort, an dem diese Daten systemweit oder benutzerspezifisch gespeichert wird, hängt vom Betriebssystem ab:

- Persönliches Verzeichnis: Unter Linux findet man die Daten im Homeverzeichnis unter `~/.local/share/marble/maps/earth`. Unter Mac OS X werden sie unter `~/.marble/data/maps/earth` gespeichert. Unter Windows befinden sie sich im Application Data Pfad unter `.marble/data/maps/earth`.
- Systemverzeichnis: Bei der KDE-Version von Marble werden die Kartenthemadaten üblicherweise unter `/usr/share/kde4/apps/marble/data/maps/earth` gespeichert. Bei der reinen Qt-Version finden sich die Daten unter Linux in `/usr/local/share/marble/data/maps/earth`. Letzteres sollte auch bei der Mac Version der Fall sein, wenn sie nicht als Bundle kompiliert wird. Unter Windows findet man die Daten im Marble-Installationsverzeichnis unter `data/maps/earth`.

Wenn die Installation fertig ist (siehe Abb.4.2), dann ist auch das Kartenthema bereit in Marble visualisiert zu werden. Eine Vorschau der Visualisierung wird in Kapitel 5 dargestellt.

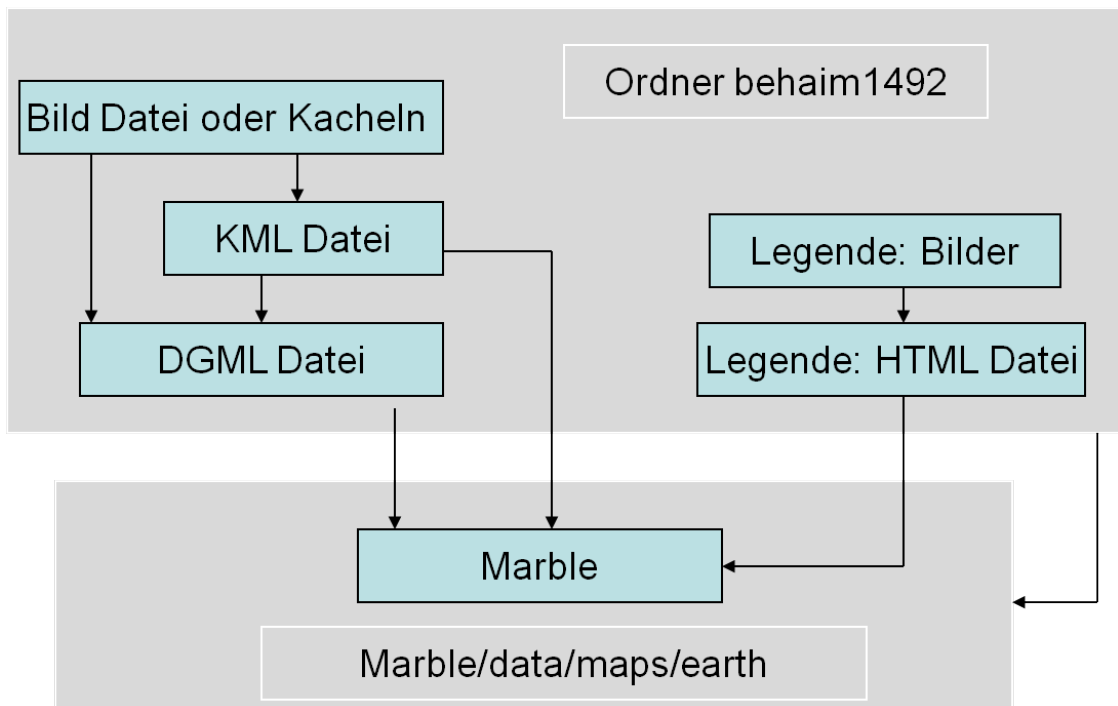


Abbildung 4.2: Zusammenfassung

# 5 Ergebnis der Visualisierung

Mit Hilfe des Marble-Programms kann der Benutzer die bearbeiteten Globussegmente in der dreidimensionalen Darstellung des Behaim-Globus wiedergeben (siehe [14]).

## 5.1 Hauptfenster

Wie in Kapitel 2 schon erklärt wurde, hat Marble viele Funktionalitäten. Für diese Arbeit wurde nun die Visualisierung des Behaim-Globus-Kartenthemas berücksichtigt. Das schon installierte Marble-Programm wird - je nach Betriebssystem - normal aufgerufen. Das Hauptfenster zeigt erst einmal ein vorinstalliertes Kartenthema und ein Menü auf der linken Seite (siehe Abb.5.1).

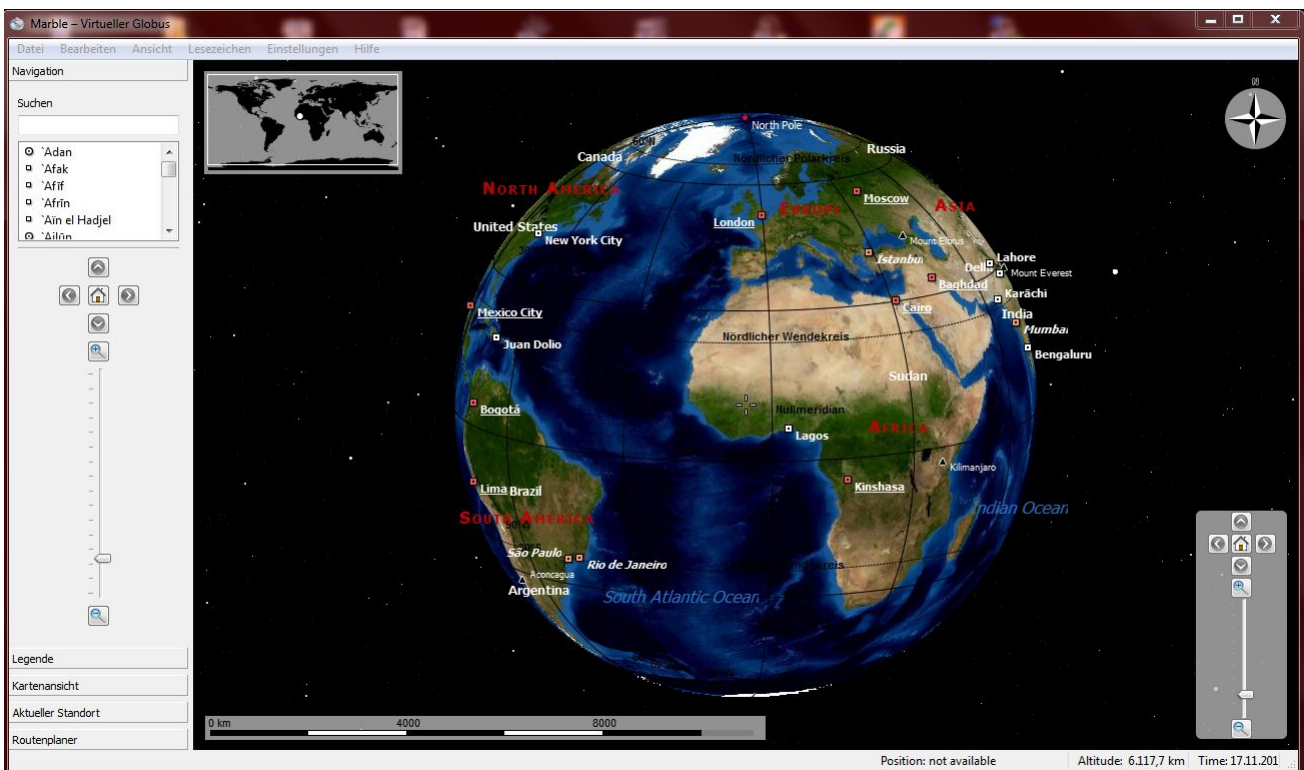


Abbildung 5.1: Hauptfenster

## 5.2 Menü-Auswahl

Es ist möglich, folgende Auswahl zu treffen (siehe Abb.5.2):

- Navigation gibt die Möglichkeit aus einer Karte heraus- und in sie hineinzuzoomen.
- Die Legende erklärt die auf die Karte benutzten Symbole oder weitere Menüs, die man auswählen kann.
- Die Kartenansicht hat drei Untermenüs. Erstens kann man die Projektion zwischen Globus, Plattkarte oder Merkator auswählen. Zweitens gibt es die Himmelskörper, die man anschauen möchte (Erde oder Mond). Und drittens hat man eine Liste, die die installierten Kartenthemen anzeigt.

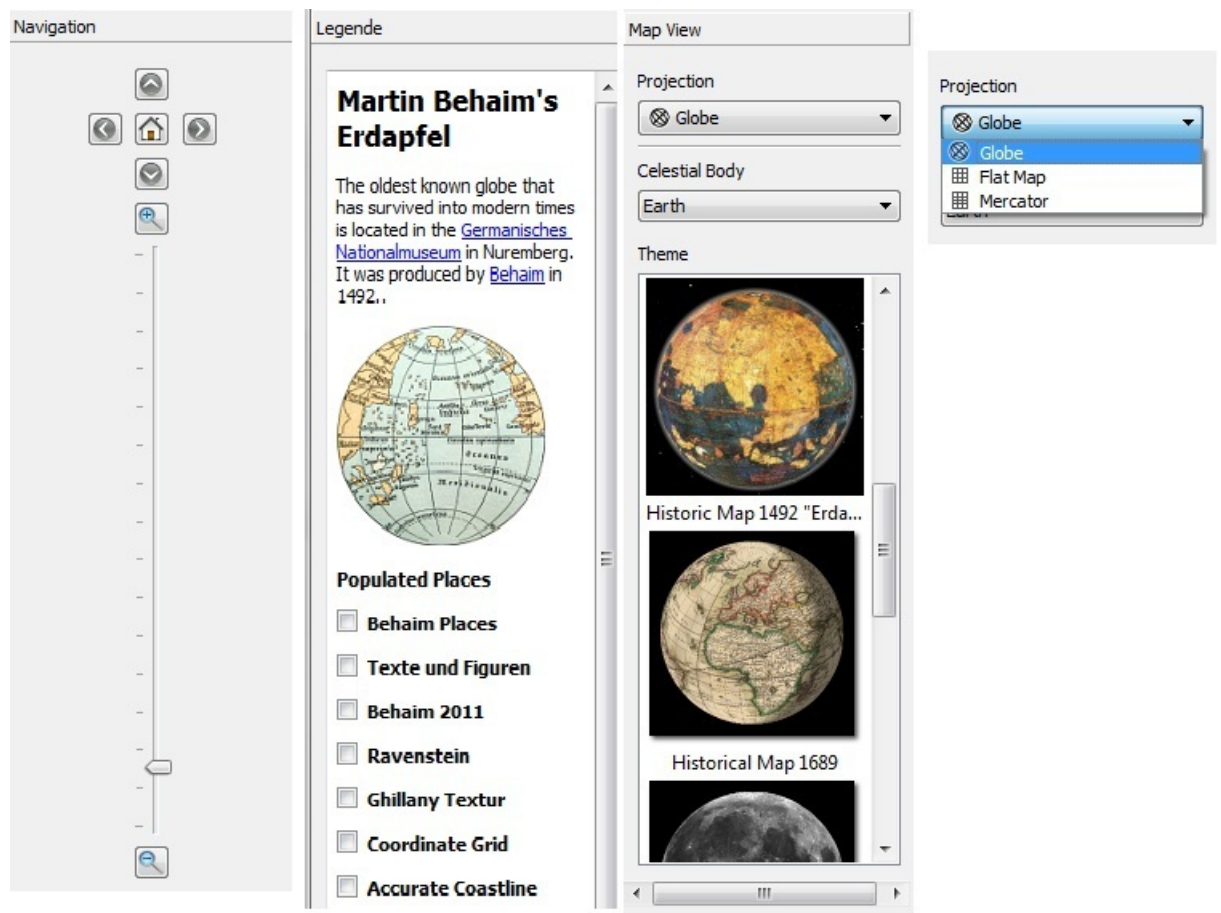


Abbildung 5.2: Menü-Auswahl

## 5.3 Kartenthema Historic Map 1492

Der in dieser Arbeit bearbeitete Behaim-Globus hat in Marble den Name "Historic Map 1492 "Erdapfel"". Mit einem einfachen Klick auf die Ansicht startet Marble die Karte. Vor dem ersten Aufruf der Karte muss die Karte in Kacheln zerlegt werden. Dieser Vorgang kann - je nach Rechner - ein paar Sekunden oder Minuten dauern.

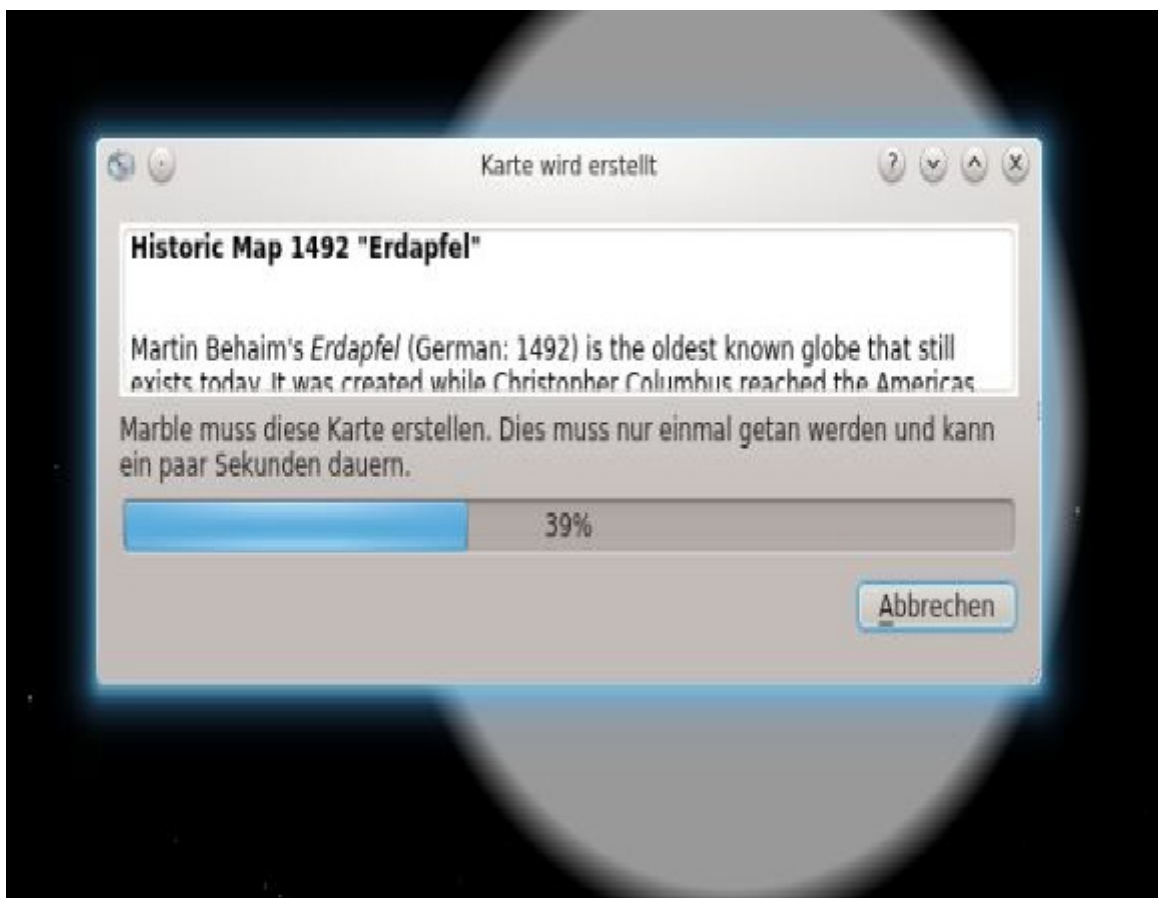


Abbildung 5.3: Erstellung der Karte

Nach der einmaligen Erstellung steht der Behaim-Globus bereit zur Visualisierung. Mit Hilfe der "legende.html" Datei hat Marble eine Legende für die neue Karte generiert (siehe Abb.5.4).

### Martin Behaim's Erdapfel

The oldest known globe that has survived into modern times is located in the [Germanisches Nationalmuseum](#) in Nuremberg. It was produced by [Behaim](#) in 1492..



#### Populated Places

- Behaim Places
- Texte und Figuren
- Behaim 2011
- Ravenstein
- Ghillany Textur
- Coordinate Grid
- Accurate Coastline



[Martin Behaim](#) created this globe during the time where [Columbus](#) made his first discovery travel to the Americas.

So the American continent is missing on this globe. Also note the detailed inscriptions in medieval German.

Abbildung 5.4: Legende

Eine kurze Beschreibung und Wikipedia Links sind dort eingefügt und folgende Funktionen wurden für das Kartenthema aktiviert:

- “Behaim Places“ stellt die Länder, die auf dem Behaim-Globus vorhanden sind und deren Beschreibungen dar (siehe Abb.5.5).

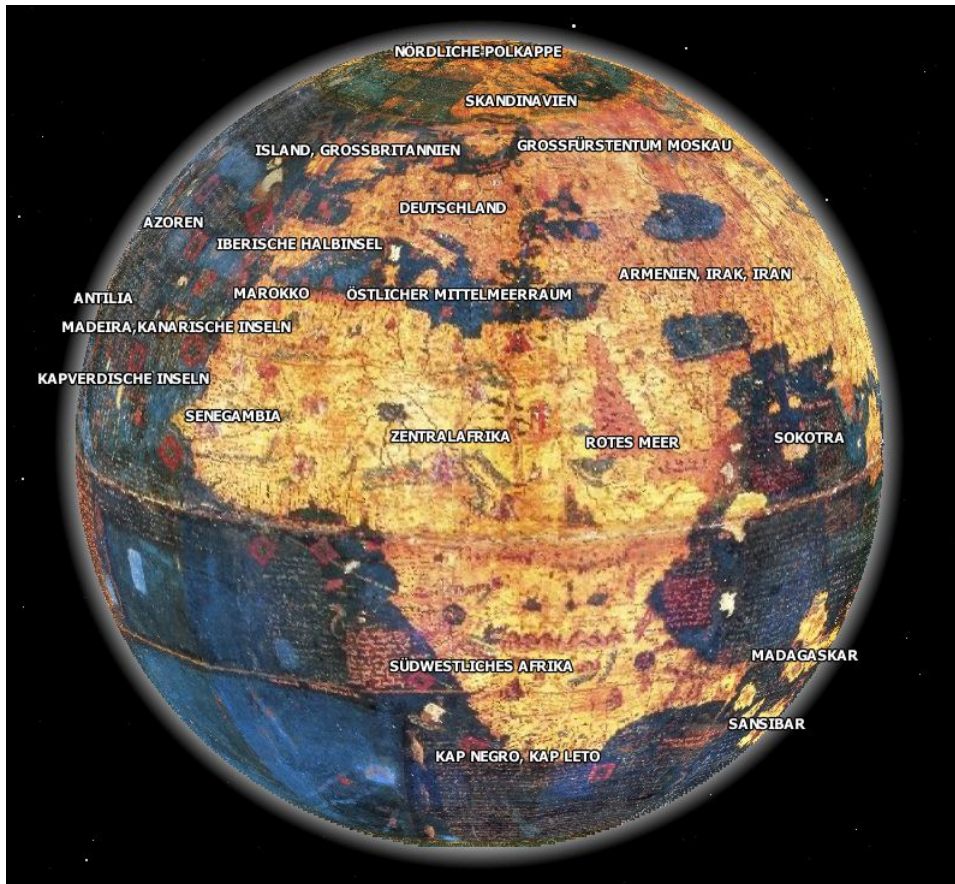


Abbildung 5.5: Behaim Länder

- “Texte und Figuren“ beschreiben die Inschriften und die Miniaturen. Wie man auf dem Globus sehen kann, gibt es Miniaturen, Toponyme (Orts- und Flurnamen) und zahlreiche Kurz- und Langtexte. Martin Behaim hat seinen Globus auf diese Weise gut dokumentiert. Er nutzte die Reisebeschreibungen von Marco Polo und Johann von Mandeville um seine Beschriftungen zu machen. Außerdem bediente er sich diverser Quellen von “Wissenschaftlern“ aus der Antike und dem Mittelalter. Reinhard Jakob schrieb im “Stadtlexikon Nürnberg“, dass ein Teil diese Beschreibungen sich in drei Punkten zusammenfassen lassen [4]

- Einmal dokumentierte er mit seinem Globus portugiesische Entdeckungsfahrten
- zum anderen vermittelte er den Reisebericht des Diogo Gomes ('De prima inventione Guineae')
- schließlich war er neben anderen von König Joao II. beauftragt, die astronomischen Navigationsmethoden zu verbessern

Eine Eintragung auf dem Globus lautet (siehe Abb.5.6):

```

1 "es ist zu wissen, dass in dieser | gegenwaertigen figur des
  apffels ist | ausgemessen die gantze welt nach der | laeng und
  nach der braite nach kunst | geometria als uns ptolameu in
  seinen | buch genant cosmographia ptolmeaei | geschrieben hat
  das ain thail und | darnach das uebrige der from ritter | marco
  polo 1250 v_o venedig der in | orient gereist hat a. 1250
  aufgeschriben | hat gelassen auch so hat der wuerdige | doctor
  und ritter Johann de Manda-|villa a. 1322 auch ein buch
  gelassen | das nemblich die unbekande land | ptolemaej in
  orient lieg_e mit samt den | jnseln daselbsten an tag gebracht
  | haben von da_nen uns die specereyen | perlein und die
  edelgestein zugefuehrt | werden aber der durchleuchtig konik |
  don Johann von Portugal hat das | uebrig thail dass ptolomaeo
  noch nit | kundig gewessen ist gegen mittag | lassen mit seinen
  schiffen besuchen a_no | dni. 1485. dareby Ich der diesen |
  apffel angegeben hat gewesen bin | gegen untergang ist das meer
  oceanus | auch durchfahren ber die schrift | ptolomaei und
  die saeul herculis bis | in die jnsell dos azores fajal und |
  pico die von dem edlen und vesten | ritter hern Jobsten de
  huerter von | morkirchen mit seinen volk aus | flandern das er
  gefuehrt dieselbe jnsel | bewohnt mein lieber schwer und |
  besizzt und regirt diselbe und der | weiten orth der welt gegen
  mitternacht | end tramontana ber die schrift | ptolomei
  eysland norwegen und | reussen uns auch jetzt kundig ist und |
  man jarlich dahin schifft daran doch | niemand zweifeln soll,
  wiewohl die | welt simpel ist das man just ueberal | mit
  schiffen fahren oder gehen mag |wie hie steht".

```

Listing 5.1: Text aus Ravensteins Lesung

Einige Beschreibungen sind hier als Ortsmarke dargestellt und sind per Klick in einem neuen Fenster lesbar (siehe Abb.5.6). Diese Option gibt die Möglichkeit, schwierig zu lesende Texte in diesem Fenster zu öffnen und lesen. Die Texte sind nicht verändert und stammen aus Ravenstein Lesungen [9]. Weitere Informationen zu Inhalten sind auf der Webseite von Prof. G.Görz verfügbar [4], [12].



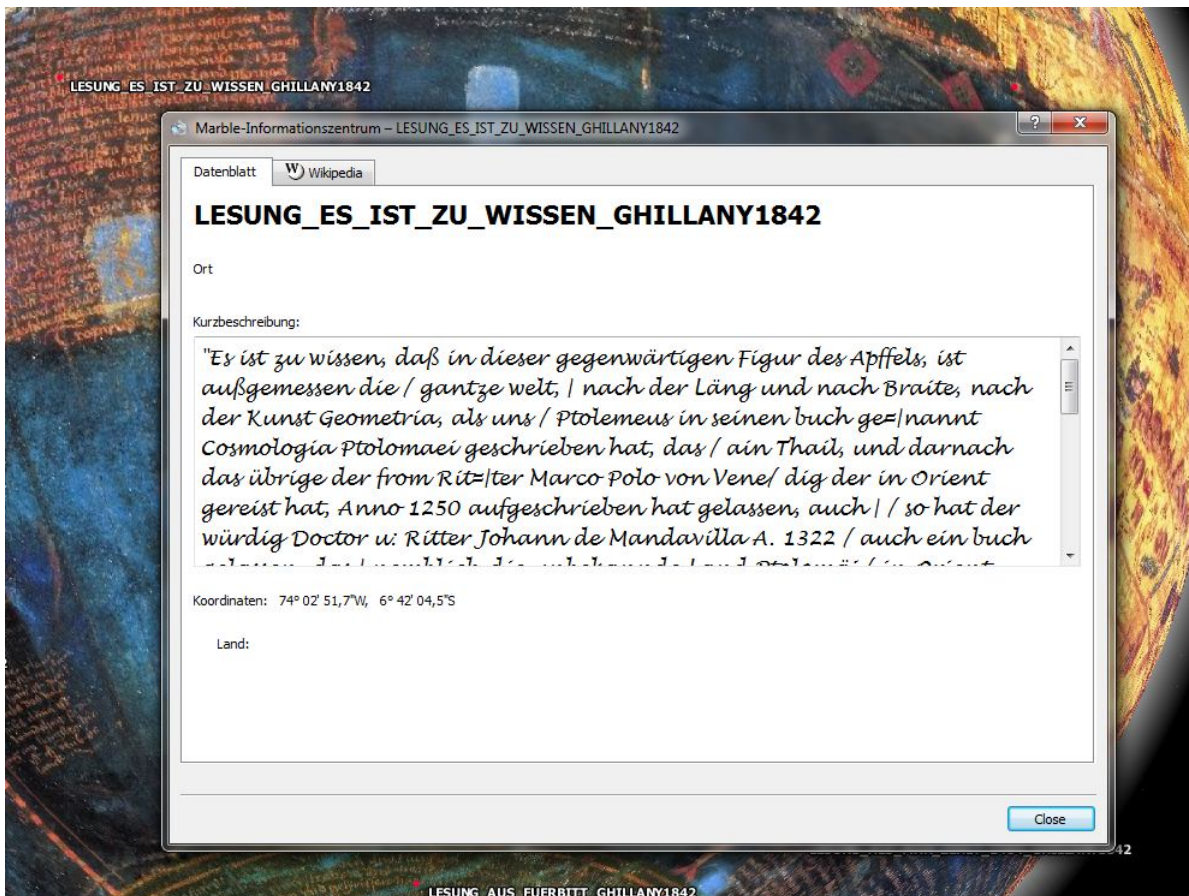


Abbildung 5.6: Textbeschreibung

Die drei weiteren Menüpunkte zeigen andere Behaim-Globus Visualisierungsmöglichkeiten. Die Ghillany- und Ravenstein-Zeichnungen und die neuen Behaim-Globus-Bilder (2011) sind auch in dieser Arbeit bearbeitet und als Texturen in Marble eingefügt. Die verschiedenen Texturen überlappen sich nicht genau, da die Zeichnungen nicht eins zu eins erstellt wurden. Fehler-Ursachen könnten sein:

- Messungenauigkeiten
- Zeichenungenauigkeiten
- falsche Umprojektion (aufgrund geringfügig falsch angenommener Projektionen)
- Fehler beim Einscannen (nicht plan liegende Seite, Doppelseite, nicht präzise aneinander geklebte Seiten)
- Fehler bei der Bildbearbeitung (falscher Anschnitt oder nicht horizontal ausgerichtete Vorlage)

- “Behaim 2011“ (siehe Abb.5.7)



Abbildung 5.7: Behaim-Globus (Bilder von 2011)

- “Ravenstein-Textur“ (siehe Abb.5.8 )

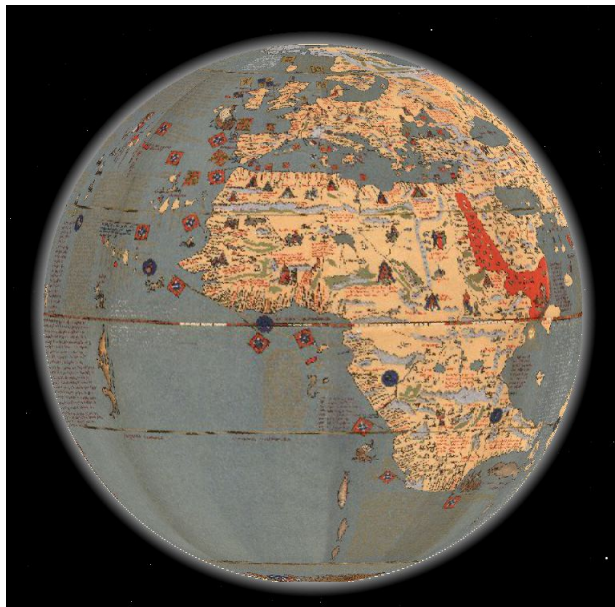


Abbildung 5.8: Ravenstein-Textur

- “Ghillany-Textur“ (siehe Abb.5.9)



Abbildung 5.9: Ghillany-Textur

Neben dieser Visualisierung ist es auch möglich, den Behaim-Globus am Bildschirm digital zu vermessen. Marble gibt die Möglichkeit, einzelne Messpunkte auf dem Globus einzufügen und die Distanz zwischen zwei Punkten zu bestimmen. Auf diese Art ist es möglich, Lage und Umfang ganzer Kontinente zu erfassen und den Vergleich mit modernen Karten zu machen. Die zwei letzten Punkte sind Vektor Daten der heutigen Koordinatengitter und Küstenlinien. Die Überlagerung mit den Küstenlinien zeigt, dass die Position von Europa, Asien und Japan am Behaim-Globus große Fehler bezüglich ihrer geographischen Länge aufweist. Der Grund für diese falschen Dispositionen liegt nach Lionel Dorffner [2] höchstwahrscheinlich in einem von Behaim in Anlehnung an Ptolemäus verwendeten zu kleinen Erdradius.

- “Coordinate grid“ (siehe Abb.5.10)

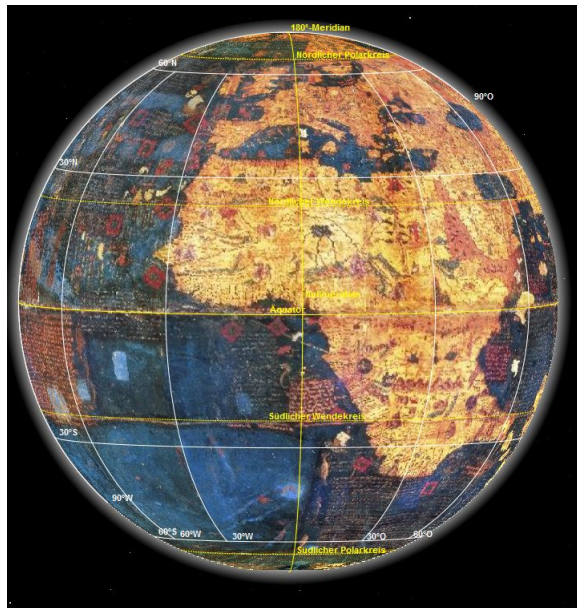


Abbildung 5.10: Koordinatengitter

- “Accurate coastline“ (siehe Abb.??)



Abbildung 5.11: Küste

Außerdem kann man auch eine KML Datei mit Marble öffnen. Mit Hilfe einer historischen Europakarte mit den Staatsgrenzen wurde eine KML Datei erstellt und in Marble geöffnet (siehe Abb.5.12)[5]. Beim Erstellen der Karte wurden die Staatsgrenzen so gezeichnet, dass sie sich an den eingezeichneten Flüssen und Küstenlinien orientieren. Im Rahmen der Genauigkeit der Karte fügen sie sich in das Kartenbild des Behaim-Globus (siehe Abb. 5.13). Diese vereinfachte Karte, die nicht den Anspruch erhebt, wissenschaftlich korrekt zu sein, dient nur als “proof of concept“: Sie soll zeigen, welche KML-Funktionalität Marble bereits beherrscht. Außerdem zeigt dieses Beispiel, wie man durch die Visualisierung ergänzender Informationen dem Betrachter die Welt näherbringen kann, in der der Globus entstanden ist.

Mit der gleichen Motivation wurden die Bilder der damaligen politischen Anführer (Könige, Dogen, Papst) in das Kartenbild als zusätzliche Kartenebene eingefügt (siehe Abb.5.14) [15].

Marble erlaubt es also nicht nur auf den Texturen zusätzlich Ortsmarken (‘Placemarks’) als zusätzliche Kartenebene zu definieren. Es können auch Geometrien, also Linienzüge und Polygone als Kartenebene visualisiert werden. Die einzelnen Objekte können in Marble in der sogenannten ‘Dateiansicht’ separat über ein Auswahlfeld aktiviert und deaktiviert werden. Um diese Dateiansicht in Marble zu verwenden, muss Marble mit dem Parameter “-enableFileView“ gestartet werden (siehe Abb. 5.15 und 5.16).







Abbildung 5.12: Europa Karte 1492



Name	Type	Popularity
Behaim_Political_Map.kml	GeoDataDocument	
Country Names	GeoDataFolder	
Leaders	GeoDataFolder	
Shapes	GeoDataFolder	
Lesezeichen	GeoDataDocument	
Position Tracking	GeoDataDocument	
Search Results	GeoDataDocument	
behaim1492	GeoDataDocument	
figuren	GeoDataDocument	
texte	GeoDataDocument	

Abbildung 5.15: Dateiansicht zur Dokumentenstruktur des KML Overlays

Name	Type	Popularity	PopIndex
Country N...	GeoDataFolder		
Leaders	GeoDataFolder		
	A... GeoDataPlacemark	0	19
	B... GeoDataPlacemark	0	19
	C... GeoDataPlacemark	0	19
	F... GeoDataPlacemark	0	19

Aktueller Standort

Routenplaner

Abbildung 5.16: Dateiansicht zur Dokumentenstruktur des KML Overlays (2)





# 6 Zusammenfassung, Bewertung und Erweiterungen

## 6.1 Zusammenfassung

Diese Arbeit zeigt Schritt für Schritt den Vorgang der Erstellung einer Visualisierung des Behaim-Globus mit Marble. Am Anfang gab es nur die Bilder in Form von Zwickeln oder in Form der stereographischen Projektion. Am Ende steht nun ein fertiger dreidimensionaler Globus bereit. Mit den heutigen Technologien ist es möglich, die antiken Schätze wie wertvolle, denkwürdige, kulturelle und geheimnisvolle Karten weiter zu bewahren. Damit können wir der Welt zeigen, wie es damals war. Das Ergebnis dieser Arbeit erlaubt dem Nutzer den Behaim-Globus dreidimensional zu visualisieren. Außerdem gibt es weitere Visualisierungsmöglichkeiten, wie die Behaim-Globus Zeichnungen und moderne Karten.

## 6.2 Bewertung

Die Arbeit war sehr interessant und instruktiv. Die Bildbearbeitung brauchte viel Zeit, da die Zwickel einzeln und genau bearbeitet werden mussten. Andere Möglichkeiten waren, die hoch aufgelösten Bilder mit einem GIS(Geoinformationssystem)-Programm zu bearbeiten wie im Beispiel von David Rumsey - oder mit einem Morphprogramm eine platte Karte zu erstellen. Es ist schwierig, den richtigen Weg zu finden - aber das Ergebnis ist wichtiger. Bezüglich der Visualisierung könnten die Optionen viel besser sein. Da einige Darstellungen in Marble hartkodiert sind, ließen sich einige Wünsche nicht umsetzen - hier besteht noch Verbesserungspotential. Schwierig war es, die möglichen Punkte herauszufinden und sie zu benutzen, aber die größte Schwierigkeit lag an der Bildbearbeitung.

## 6.3 Erweiterung

Das erzielte Ergebnis dient als grobe Visualisierung ohne tiefe Navigation wie bei modernen Karten. In der Zukunft gibt es weiteres Potential, das Behaim-Kartenthema zu verbessern: Der Behaim-Globus hat sich mit seinen Texten und Zeichnungen im Rahmen der Zeit aufgrund der Restaurationen und des Altersprozesses verändert. Hier könnte

man die zeitliche Veränderung nach dem Stand der Forschung visualisieren und die unterschiedlichen Schichten des Globus virtuell entblättern. Außerdem gibt es noch viele Möglichkeiten, den Anwender durch ergänzende Informationen in die damalige Zeit zu versetzen, indem man weitere Layer erstellt, die z.B. Schiffswege oder die einzelnen Länderlinien ergänzen. Eine Erweiterung kann die Berechnung von Routen zwischen zwei Punkten ermöglichen. Auf diese Weise kann der Globus ein lebendiges Bild der damaligen Zeit und ein besseres Verständnis für seine Entstehung liefern.

# 7 Anhang

Auf der beigefügten CD-ROM befindet sich eine PDF-Version dieser Ausarbeitung sowie eine am 13. Dezember 2012 erstellte Kopie des Projektverzeichnisses.



# Literaturverzeichnis

- [1] Developers, G.: *Keyhole Markup Language*, <https://developers.google.com/kml/documentation/>.
- [2] Dorffner, L.: *Der digitale Behaim-Globus - Visualisierung und Vermessung des historisch wertvollen Originals*, <https://www.ipf.tuwien.ac.at/publications/ldch96.html>.
- [3] Fabio Menna, E. N. D. F. R. A. G., Alessandro Rizzi: *High resolution 3D modeling of the Behaim Globe*, FBK Trento, ETH Zurich.
- [4] Goerz, G.: *mappae: Digitale Texte und Quellen*, [http://www8.informatik.uni-erlangen.de/mappae/application/main\\_D.html](http://www8.informatik.uni-erlangen.de/mappae/application/main_D.html).
- [5] Kalipedia, : *Bild Europa 1492*, [http://www.kalipedia.com/kalipediamedia/historia/media/200707/17/hisuniversal/20070717klphisuni\\_77.Ees.SCO.png](http://www.kalipedia.com/kalipediamedia/historia/media/200707/17/hisuniversal/20070717klphisuni_77.Ees.SCO.png).
- [6] KDE, : *Marble*, <http://marble-globe.org/>.
- [7] KDE, : *Marble Install*, <http://edu.kde.org/marble/obtain.html>.
- [8] Kmf164, W.: *Primemeridian nolabels.jpg*, 2005, [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Primemeridian\\_nolabels.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Primemeridian_nolabels.jpg).
- [9] Knefelkamp, U.: *Lesung von Ulrich Knefelkamp*.
- [10] Marble, : *Marble (Computerprogramm)*, [http://de.wikipedia.org/wiki/Marble\\_\(Computerprogramm\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Marble_(Computerprogramm)).
- [11] Museum, G. N.: *Digitalfotografische Erfassung und Erstellung eines 3D-Computermodells des Behaim-Globus*, <http://www.gnm.de/index.php?id=181>.
- [12] Oswald Muris, G. G.: *Der Ärdapfel"des Martin Behaim*, [http://www8.informatik.uni-erlangen.de/mappae/application/main\\_D.html](http://www8.informatik.uni-erlangen.de/mappae/application/main_D.html).
- [13] Techbase, K.: *Project/Marble*, <http://techbase.kde.org/Projects/Marble>.
- [14] Torsten Rahn, D. N.: *Das Handbuch zu Marble*, 2010, <http://docs.kde.org/stable/de/kdeedu/marble/index.html>.
- [15] Wikipedia, : *List of state leaders in 1492*, [http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_state\\_leaders\\_in\\_1492](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_state_leaders_in_1492).