



Bachelorarbeit

Studiengang Geomatik und Planung

Ein interaktives Tool zur Identifikation von Kartenprojektionen

Überarbeitung des bestehenden Tools aus «MapAnalyst»

Autor

Barbara Born
bornb@ethz.ch

Abgabedatum

3. Juni 2011

Leitung

Prof. Dr. Lorenz Hurni

Betreuung

Bernhard Jenny

I. Vorwort und Dankesworte

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen einer Bachelorarbeit am Institut für Kartografie und Geoinformation (IKG) im Departement Bau, Umwelt und Geomatik der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETH). Sie wurde zwischen Februar und Juni 2011 im 6. Semester des Studiengangs Geomatik und Planung geschrieben. Die Bachelorarbeit steht unter der Leitung von Prof. Dr. Lorenz Hurni und wurde von Bernhard Jenny betreut. Das Thema wurde vom IKG ausgeschrieben.

Ein besonderer Dank gilt Bernhard Jenny, dem Betreuer dieser Arbeit. Sowohl in der Konzeptphase als auch bei der anschliessenden Ausführung hat er mich mit seinem Wissen bestmöglich unterstützt.

Ester Neuner, Tabea Probst und Martin Scheidegger danke ich fürs Korrekturlesen und die konstruktiven Verbesserungsvorschläge.

Auch meinen Mitstudenten bin ich für die unterhaltsamen Pausen zwischen dem zum Teil anstrengenden Programmieren und die gegenseitige Motivation sehr dankbar.

Barbara Born

II. Zusammenfassung

Wer mit alten Karten arbeitet und an deren Genauigkeit interessiert ist, muss die Kartenprojektion berücksichtigen. Bei einer Kartenabbildung wird die dreidimensionale Erdoberfläche auf eine Ebene abgebildet. Häufig ist die Kartenprojektion unbekannt, da sie nicht auf der Karte vermerkt wird. MapAnalyst ist eine am Institut für Kartografie und Geoinformation entwickelte Java Applikation und unterstützt den Benutzer bei der Genauigkeitsanalyse einer Karte.

In der Version 1.4 pre-Release 3 von MapAnalyst existiert erstmals ein Tool für die Projektionsanalyse. Der Anwender kann entweder den Kartennetzentwurf selber angeben oder automatisch die passendste Projektion suchen. Diese wird mithilfe von Passpunkten und der Methode der kleinsten Quadrate ermittelt. Dank diesem Tool können bei der Genauigkeitsanalyse die Verzerrungen, die durch die Projektion entstehen eliminiert werden.

Die vorliegende Bachelorarbeit beschäftigt sich mit der Frage, wie dieses Projektionsanalysetool verbessert werden kann und zeigt eine mögliche Umsetzung mit der Programmiersprache Java. Dabei werden eine völlig neue Benutzeroberfläche gestaltet und sowohl der Projektionskatalog als auch die Funktionen des Analysetools erweitert.

Der ProjectionAnalyzer, das neu programmierte Projektionsanalysetool, leitet den Anwender Schritt für Schritt durch die Analyse. Die Funktionen und Einstellungsmöglichkeiten sind auf mehrere Fenster verteilt. Schon im ersten Fenster wird dem Benutzer die passendste Projektion angezeigt. Er kann entweder die Projektion annehmen oder eine benutzerdefinierte Suche starten. Zu jedem Zeitpunkt besteht die Möglichkeit zum letzten Fenster zurückzukehren. Der neu eingebaute Filter schliesst Projektionen aufgrund ihres Erfindungsjahres oder ihrer Netzgeometrie aus und erlaubt es somit, zusätzliche Informationen über die zu analysierende Karte zu verwenden.

Nachdem mehrere Tests durchgeführt wurden, um die Funktionen zu überprüfen, wird der ProjectionAnalyzer kritisch beurteilt. Der ProjectionAnalyzer hat sämtliche durchgeführten Funktionstests bestanden. Mit der Überarbeitung konnten entscheidende Fortschritte gemacht werden. Er unterstützt jedoch nicht mehr alle bisherigen Funktionen. Ausserdem werden Verbesserungsmöglichkeiten für zukünftige Überarbeitungen unterbreitet. Die Verbesserungsvorschläge betreffen unter anderem diesen Missstand und beinhalten Ideen für zukünftige Erweiterungen.

III. Inhaltsverzeichnis

I. Vorwort und Dankesworte	i
II. Zusammenfassung	ii
III. Inhaltsverzeichnis	iii
IV. Abbildungen	v
V. Tabellen	v
1. Einleitung	1
1.1. Ausgangssituation	1
1.2. Ziel der Arbeit	1
1.3. Inhaltsübersicht	2
2. Grundlagen, Methoden und Vorgehen	3
2.1. Bedeutung von Kartenprojektionen	3
2.2. Darstellung der Kartenprojektionen	3
2.3. Identifikation von Kartenprojektionen	5
2.3.1. Lösung von ESRI	5
2.3.2. Lösung von Snyder	5
2.3.3. Fazit	6
2.4. MapAnalyst	6
2.4.1. Das Programm	6
2.4.2. Das Projektionsanalysetool	7
2.4.3. Suche nach der Best Fit Projection	8
2.4.4. Schwachstellen des Projektionsanalysetools	8
2.5. Neuerungen	10
2.5.1. Übersicht	10
2.5.1. Grafische Benutzeroberfläche und Ablauf der Analyse	10
2.5.2. Warnhinweis	10
2.5.3. Filter und Einschränkungsmöglichkeit	10
2.5.4. Auswahl an Projektionen	10
2.6. Software und Sourcecode	11
2.6.1. Software	11
2.6.2. Sourcecode	11
2.6.1. Kartenprojektionen für Java	11
2.7. Grafische Benutzeroberfläche und Ablauf der Analyse	11
2.7.1. Vorgehen	11
2.7.2. Erster Entwurf	12
2.8. Warnhinweis	12
2.9. Filter und Einschränkungsmöglichkeit	13
2.9.1. Filter	13
2.9.2. Einschränkungsmöglichkeit	14

2.10.	Auswahl an Projektionen	14
2.11.	Funktionstests	15
2.11.1.	Übersicht	15
2.11.2.	Berechnungen und mathematische Zusammenhänge	15
2.11.3.	Identifikation von bekannten Projektionen	15
2.11.4.	Filterfunktion	15
3.	ERGEBNISSE	16
<hr/>		
3.1.	Übersicht	16
3.2.	ProjectionAnalyzer	16
3.3.	Neue Projektionen	18
3.4.	Testergebnisse	18
3.4.1.	Einleitung	18
3.4.2.	Berechnungen und mathematische Zusammenhänge	18
3.4.3.	Identifikation von bekannten Projektionen	19
3.4.4.	Filterfunktion	21
3.4.5.	Fazit	22
4.	DISKUSSION UND AUSBLICK	23
<hr/>		
4.1.	Beurteilung des ProjectionAnalyzers	23
4.2.	Ausblick	24
4.2.1.	Einleitung	24
4.2.2.	Warnhinweis	24
4.2.3.	Mehr Projektionen	24
4.2.4.	Zwei Berührungskreise und Achsschiefe berücksichtigen	24
5.	QUELLEN	25
<hr/>		
5.1.	Literatur	25
5.2.	Testkarten	26
5.3.	Grafiken	26
ANHANG		27
<hr/>		
A.	Projektionen und deren Eigenschaften	27
B.	Ablaufdiagramm ProjectionAnalyzer	29
C.	Testergebnisse «Berechnung und Mathematische Zusammenhänge»	30
D.	Testergebnisse «Filterfunktion»	33
E.	Verbesserungsvorschläge für den MapAnalyst	35

IV. Abbildungen

Abbildung 1: Ortelius Oval Projektion mit G.Projector	3
Abbildung 2: Sinusoidal Projektion mit G.Projector	3
Abbildung 3: Anordnung der Passpunkte (Snyder 1985)	5
Abbildung 4: Projektionsanalysetool aus MapAnalyst	7
Abbildung 5: Ablauf bei der Suche nach der Best Fit Projection	8
Abbildung 7: Fehlermeldung	9
Abbildung 8: GUI, 1.Entwurf, Panel 1	12
Abbildung 9: GUI, 1.Entwurf, Panel 2	12
Abbildung 10: GUI, 1.Entwurf, Panel 3	12
Abbildung 11: Filter	13
Abbildung 12: GUI, Endversion, Empfehlung	17
Abbildung 13: GUI, Endversion, Auswahl der Projektionen	17
Abbildung 14: GUI, Endversion, Filter	17
Abbildung 15: GUI, Endversion, Resultate und Auswahl	17
Abbildung 16: Identifikation Nell-Hammer Projektion	20
Abbildung 17: Kegelprojektion mit zwei Berührungskreisen	24
Abbildung 18: Ablaufdiagramm ProjectionAnalyzer	29

V. Tabellen

Tabelle 1: Tools für die Darstellung von Kartenprojektionen	4
Tabelle 2: Vergleich des «Report of Last Computation»	19
Tabelle 3: Auswertung Warnhinweis	20
Tabelle 4: Testergebnis Filter, «Kombinierte Netzgeometrieeigenschaften»	21
Tabelle 5: Testergebnis Filter, «Year of map production»	21
Tabelle 6: Projektionen im ProjectionAnalyzer und deren Eigenschaften	28
Tabelle 7: Testergebnis Filter, «Kombinierte Netzgeometrieeigenschaften», Bedingung 1	33
Tabelle 8: Testergebnis Filter, «Kombinierte Netzgeometrieeigenschaften», Bedingung 2	33
Tabelle 9: Testergebnis Filter, «Kombinierte Netzgeometrieeigenschaften», Bedingung 3	33
Tabelle 10: Testergebnis Filter, «Year of map production», Bedingung 1	34
Tabelle 11: Testergebnis Filter, «Year of map production», Bedingung 2	34
Tabelle 12: Testergebnis Filter, «Year of map production», Bedingung 2	34

1. Einleitung

1.1. Ausgangssituation

Die am Institut für Kartografie und Geoinformation entwickelte Software MapAnalyst¹ ermöglicht die Genauigkeitsanalyse von alten Karten (Jenny & Weber, 2005). Dazu werden Verknüpfungspunkte verwendet, die sowohl in der alten Karte als auch in einer neuen Referenzkarte platziert werden. Für die Berechnung der Genauigkeit ist es besonders bei kleinmassstäblichen Karten unerlässlich, dass die beiden Karten die gleiche Projektion² aufweisen. Die Genauigkeit würde sonst nicht richtig berechnet werden, weil die Verzerrungen, die durch die Projektion entstehen, nicht berücksichtigt werden.

Das Projektionsanalysetool der pre-release Version von MapAnalyst 1.4 erlaubt dem Benutzer die Projektion der alten Karte anzugeben oder sie automatisch finden zu lassen. Die Parameter der zwölf Projektionen, die bisher implementiert sind, lassen sich variieren.

1.2. Ziel der Arbeit

Das Hauptziel dieser Arbeit ist die Verbesserung des Projektionsanalysetools von MapAnalyst. Eine mögliche Umsetzung, welche die nachfolgenden Bedingungen erfüllt, soll mit Java programmiert werden.

- Die grafische Benutzeroberfläche für die Analyse der Projektion wird neu gestaltet. Der Benutzer soll intuitiv mit diesem Tool arbeiten können. Das Design muss einfach und übersichtlich sein. Die neuen und bestehenden Funktionen sind in der Benutzeroberfläche logisch eingebaut.
- Der Benutzer soll die Möglichkeit haben, die Suche nach der passenden Projektion einzuschränken. Dabei handelt es sich um eine benutzerdefinierte Suche, bei der er Projektionen manuell ausschliessen kann oder mit einem Filter automatisch jene ausgewählt werden, die nicht seiner Beschreibung entsprechen.
- Der Projektionskatalog von MapAnalyst soll erweitert werden.
- Die bisherigen Funktionen des Projektionsanalysetools sollen beibehalten werden.

Das neue Projektionsanalysetool soll auf seine Funktionalität getestet werden. Weiterführende Verbesserungsmöglichkeiten werden daraus abgeleitet.

¹ <http://mapanalyst.cartography.ch>

² Der Begriff «Projektion» wird in dieser Arbeit als Synonym für «Kartennetzentwurf» oder «Kartenabbildung» verwendet (Hake, Grünreich, & Meng, 2002)

1.3. Inhaltsübersicht

Im Kapitel 2 werden zuerst die Bedeutung der Kartenprojektionen und die heutigen Möglichkeiten diese darzustellen oder zu identifizieren vorgestellt. Dabei wird speziell auf die Applikation MapAnalyst mit dessen Projektionsanalysetool eingegangen. Dieses Analysetool wird genauer beschrieben und es werden Verbesserungen dafür ausgearbeitet. Kapitel 2.7 bis 2.10 beschreibt die umgesetzten Neuerungen genauer. Der letzte Teil von Kapitel 2 behandelt die auf das neue Projektionsanalysetool anzuwendenden Funktionstests.

Das Kapitel 3 stellt das neue Projektionsanalysetool mit seinen Funktionen und die neuen Projektionen vor. Ausserdem werden die Ergebnisse des Funktionstests ausgewertet.

Das neue Tool wird in Kapitel 4 kritisch beurteilt. Mit den während der Arbeit aufgekommenen Ideen werden neue Verbesserungsmöglichkeiten und Erweiterungen für weiterführende Arbeiten vorgestellt.

2. Grundlagen, Methoden und Vorgehen

2.1. Bedeutung von Kartenprojektionen

Kartenprojektionen sind da anzutreffen, wo die Erde oder ein Teil davon auf eine Ebene abgebildet werden soll. Carl Friedrich Gauss zeigte mit dem «Theorema egregium», dass dabei die Längentreue nie überall auf der Karte eingehalten werden kann (Walser, 2010). Somit entstehen entweder ortsabhängige Flächen- oder Winkelverzerrungen. Auch eine Kombination aus beiden ist möglich.

Jeder Karte liegt Kartenprojektion zugrunde, welche die Abbildungsvorschrift beinhaltet. Folglich führt jede Projektion zu einem anderen Kartenbild. Abbildung 1 und Abbildung 2 zeigen, was damit gemeint ist. Auf beiden Karten ist die gesamte Erde zu sehen. Da jedoch verschiedene Projektionen angewendet werden, wird die Erde unterschiedlich verzerrt. Während Libyen in beiden Abbildungen ungefähr gleich aussieht, wird die Antarktis sowohl flächen- als auch formmässig stark verzerrt. Damit ist auch gezeigt, dass die entstehenden Verzerrungen ortsabhängig sind.

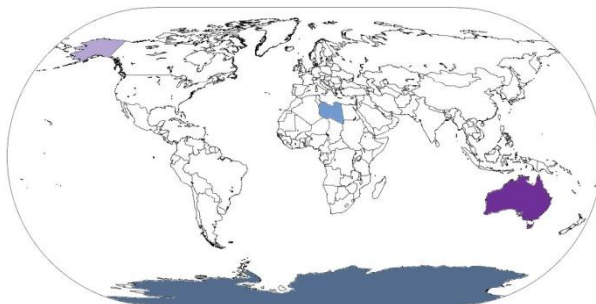


Abbildung 1: Ortelius Oval Projektion mit G.Projector

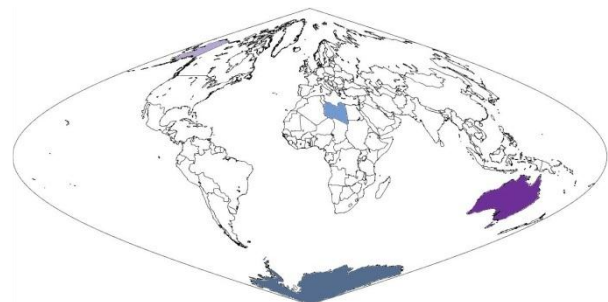


Abbildung 2: Sinusoidal Projektion mit G.Projector

2.2. Darstellung der Kartenprojektionen

Im Internet findet man zahlreiche kostenlose Kartenprojektionstools. Diese erlauben dem Benutzer eine Projektion auszuwählen und diese darzustellen. Zusätzlich können zum Teil Projektionsparameter eingestellt werden. Als Ergebnis bekommt man einen Kartennetzentwurf, in welchem zum Teil die Umrisse der Kontinente eingezeichnet sind.

In der Tabelle 1 werden verschiedene Programme aufgelistet, mit denen Projektionen gezeichnet werden können. Ausserdem werden Namen der Entwickler, Anzahl verfügbare Projektionen und Besonderheiten angegeben. Zu den Grundfunktionen gehören das Darstellen der Projektionen und das Einstellen von Parametern, wobei die Auswahl an Parametern sehr unterschiedlich sein kann. Abgesehen von Geocart sind alle Tools, die unten aufgeführt werden, kostenlos erhältlich. Die meisten laufen im Browser und müssen nicht extra heruntergeladen werden.

Name und Entwickler	Anzahl Projektionen	Besonderheiten
KAPRO ³ Institut für Kartografie und Geoinformation	31	<ul style="list-style-type: none"> • Tissot'sche Indikatrizen darstellbar • Netzentwurf als PDF oder SVG verfügbar (Brandenberger, 2000)
G.Projector ⁴ NASA (National Aeronautics and Space Administration)	95	<ul style="list-style-type: none"> • Bestehende Karte mit einer anderen Projektion abbilden (Bei der zu projizierenden Karte muss es sich um eine äquidistante Zylinderprojektion handeln) • Download notwendig (Schmunk, 2007)
Map Projections ⁵ Instituto de Matemática, Rio de Janeiro	73	<ul style="list-style-type: none"> • Beschreibung zu den Projektionen vorhanden • Distanzmesstool vorhanden (Bortolossi, Vaz de Almeida Jr., Hurrelmann, & Polthier, 2007)
Geocart ⁶ Mapmathematics LLC	> 175	<ul style="list-style-type: none"> • Kommerziell • Für die Projektion von Daten entwickelt (Mapmathematics, n.d.)
Flex Projector ⁷ Institut für Kartografie und Geoinformation, US National Park Service	25	<ul style="list-style-type: none"> • Eigene Projektionen können entworfen werden. • Eigene Daten können projiziert werden • Download notwendig (Jenny & Patterson, Flex Projector, 2007)
Interactive Album of Map Projections ⁸ Dutton e-Education Institute, Penn State Online GIS Education	10	<ul style="list-style-type: none"> • Beschreibung zu den Projektionen vorhanden • Tissot'sche Indikatrizen darstellbar (Baxter, Gutowski, Wherley, Pfieffer, & DiBiase, n.d.)
Java Projection Library Test ⁹ Fred Pospeschil	80	<ul style="list-style-type: none"> • Es können auch verschiedene Ellipsoide statt einer Sphäre ausgewählt werden • Download notwendig (Pospeschil, n.d.)

Tabelle 1: Tools für die Darstellung von Kartenprojektionen

Auch geografische Informationssysteme wie ArcGIS, GeoMedia oder QGIS bieten verschiedene Kartenprojektionen für die Darstellung der räumlichen Informationen an.

³ <http://www.ika.ethz.ch/cgi-bin/projection.pl>

⁴ <http://www.giss.nasa.gov/tools/gprojector>

⁵ http://www.uff.br/mapprojections/mp_en.html

⁶ <http://www.mapmathematics.com/Index.php>

⁷ <http://www.flexprojector.com>

⁸ <http://projections.mgis.psu.edu>

⁹ <http://webpages.charter.net/fred.pospeschil/Completed.htm>

2.3. Identifikation von Kartenprojektionen

Die in Kapitel 2.2 vorgestellten Tools erlauben dem Benutzer die Visualisierung der Projektionen. Besitzt man aber eine Karte mit unbekannter Projektion, ermöglichen diese Tools nur einen visuellen Vergleich.

Unbekannte Projektionen stellen auch bei geografischen Daten für GI-Systeme ein Problem dar. Solange die Projektion der Daten nicht bekannt ist, können sie nicht sinnvoll zusammen mit anderen genutzt werden.

2.3.1. Lösung von ESRI

ESRI, ein internationaler GIS-Anbieter, rät seinen Benutzern, bei Daten mit unbekannter Projektion folgendermassen vorzugehen (ESRI, 2011).

Zuerst sollen die Koordinaten der Daten angeschaut werden. Damit kann bereits entschieden werden, ob es sich um geografische oder um projizierte Koordinaten handelt. Wenn man zusätzlich weiss, wo sich die Daten befinden, können für diese Region übliche Projektionen in der EPSG-Datenbank¹⁰ gesucht werden (Kennedy, 2003).

Sobald man die möglichen Projektionen gefunden hat, lädt man die Daten mit der unbekanntenen Projektion und Vergleichsdaten aus derselben Region mit einer bekannten Projektion ins GIS. Unter «Data Frame Properties» können bei den Daten mit der unbekanntenen Projektion nun die möglichen Projektionen getestet werden. Sobald sich die beiden Datensätze überlagern, ist die richtige Projektion gefunden.

2.3.2. Lösung von Snyder

Karten mit unbekannter Projektion beschäftigten auch John Snyder. 1985 veröffentlichte er den Bericht «Computer-Assisted Map Projection Research» in dem er unter anderem ein computer-gestütztes Verfahren für die Identifikation einer Kartenprojektion vorstellt (Snyder, 1985).

Dazu müssen in der zu analysierenden Karte neun Passpunkte gemessen werden. Diese dürfen nicht frei gesetzt werden, sondern müssen auf jeweils drei Meridianen und drei Breitenkreisen liegen. Abbildung 3 zeigt, was damit gemeint ist. Der mittlere Meridian und der mittlere Breitenkreis müssen nicht in der geometrischen Mitte liegen.

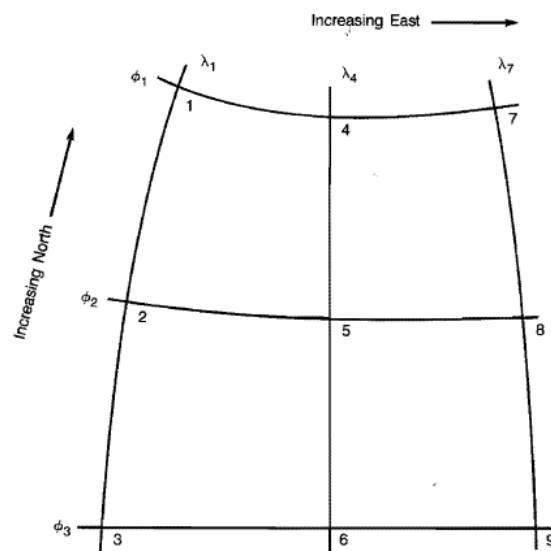


Abbildung 3: Anordnung der Passpunkte (Snyder, 1985)

¹⁰ <http://www.epsg.org>

Mit dieser speziellen Anordnung kann festgestellt werden, ob es sich bei den Meridianen und den Breitenkreisen um Geraden handelt und ob sie parallel zueinander sind. Ausserdem kann bestimmt werden, ob die Breitenkreise konzentrische Kreise sind oder ob sie in gleichen Abständen die Meridiane schneiden.

Snyder entwickelte einen Entscheidungsbaum, der die genannten Eigenschaften verwendet, um die Auswahl der möglichen Projektionen einzuschränken. Wenn zum Beispiel sowohl Meridiane als auch Breitenkreise Geraden sind, handelt es sich um eine Zylinderprojektion. Die anderen Projektionen müssen darum nicht getestet werden. Nun wird die erste Zylinderprojektion getestet. Liegen die Verbesserungswerte nach der Transformation innerhalb der Toleranz, wird diese vorgeschlagen. Ist dies nicht der Fall, wird die Nächste getestet. Falls keine der getesteten Projektionen passt, bekommt der Benutzer den Hinweis, dass es sich um eine dem Programm unbekanntes Zylinderprojektion handelt.

2.3.3. Fazit

Das von ESRI beschriebene Vorgehen ist kompliziert und wirkt eher behelfsmässig. Die Lösung ist somit nicht zufriedenstellend.

Snyders Herangehensweise wirkt logisch und überlegt. Durch den Einsatz eines Entscheidungsbaumes, müssen nicht alle Projektionen getestet werden. Leider können die Passpunkte nicht frei gesetzt werden. Gerade bei Karten, die kein Gitternetz aufweisen, dürfte es schwierig sein, neun markante Punkte zu finden, welchen der Anordnungsanforderungen entsprechen. Ausserdem stellt sich die Frage, wie sinnvoll es ist, die erste Projektion, welche innerhalb der Toleranz liegt, anzunehmen.

Ein weiteres Programm, das sich mit der Identifikation von Kartenprojektionen beschäftigt, ist MapAnalyst. Dieses wird im folgenden Kapitel genauer beschrieben.

2.4. MapAnalyst

2.4.1. Das Programm

MapAnalyst ist eine Software, welche der Genauigkeitsanalyse von alten Karten dient. Homologe Punkte werden in der alten Karte und in der neuen Referenzkarte gesucht, markiert und verknüpft. Mit einer Transformation wird nach der Methode der kleinsten Quadrate die beste Übereinstimmung gesucht. Die verbleibenden Fehler können vier Ursachen haben:

- Genauigkeit der alten Karte
- Ungenaueres oder fehlerhaftes Einmessen der Passpunkte
- Papierverzug
- Projektionsverzerrung

An der Genauigkeit der alten Karte ist man interessiert. Sie stellt die Zielgrösse der Analyse dar. Darum sind die drei anderen Fehler zu minimieren.

Ein genaues Einmessen kann durch viel Sorgfalt und Geduld erreicht werden. Je mehr Punkte gemessen werden, desto eher fallen dem Benutzer grobe Fehler auf, die sich durch grosse Residuen bemerkbar machen. Dadurch können fehlerhafte Messungen verhindert werden. Die Genauigkeit, mit der ein Punkt messbar ist, hängt von der Auflösung, dem Massstab und der Bildqualität ab.

Der Papierverzug kann durch die Lagerung der Karte entstehen. Wenn der Verzug gleichmässig ist, kann er durch die Transformation eliminiert werden (Jenny & Hurni, Analysis and visualization of geometric distortions, 2011). Doch meistens ist der Verzug nicht homogen. In diesem Fall kann er in MapAnalyst nicht eliminiert werden.

Die Projektionsverzerrung resultiert aus der Tatsache, dass die Kugel nicht verzerrungsfrei in eine Ebene abgebildet werden kann (siehe Kapitel 2.1). Wenn jedoch die Projektion berücksichtigt wird und sowohl die alte Karte als auch die neue Referenzkarte mit der gleichen Projektion abgebildet werden, verschwinden die durch die Projektion entstehenden Fehler.

Die nicht eliminierten Fehler werden in MapAnalyst mit einem Verzerrungsgitter oder mit Verschiebungsvektoren visualisiert. Eine numerische Auswertung ist ebenfalls abrufbar.

2.4.2. Das Projektionsanalysetool

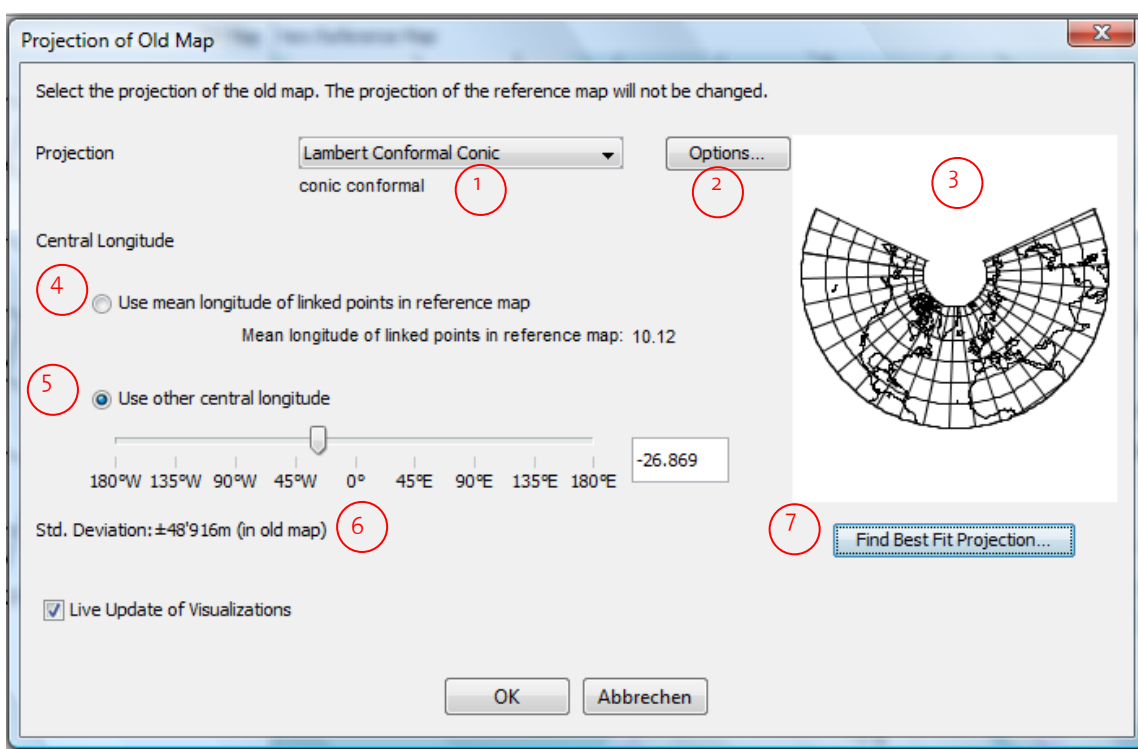


Abbildung 4: Projektionsanalysetool aus MapAnalyst

Wie in Kapitel 2.4.1 erwähnt wurde, ist es wichtig die Projektion zu beachten, wenn die Genauigkeit der Karte gesucht wird. Die pre-release Version von MapAnalyst 1.4 verfügt aus diesem Grund über ein Tool, mit dem sich die Projektion der alten Karte analysieren lässt (Abbildung 4).

In diesem Tool kann der Benutzer die Kartenprojektion auswählen (1). Mit dem nebenstehenden Button «Options» (2) gelangt man zu einem Eingabefeld in dem man die Breite des

Berührungskreis für Kegel- und Zylinderprojektionen angeben kann. Im Preview Fenster (3) wird die gewählte Projektion dargestellt. Neben dem Berührungskreis hat auch der zentrale Meridian¹¹ einen Einfluss auf das Aussehen der Projektion. Entweder entscheidet sich der Benutzer den Mittelwert der Verknüpfungspunkte als zentralen Meridian zu nehmen (4) oder er wählt manuell eine Länge (5). Ebenfalls in diesem Fenster wird die Standardabweichung der alten Karte angegeben (6).

Falls der Anwender die Projektion vollautomatisch suchen will, führt ihn der «Find Best Fit Projection» Button zum Resultat der Auswertung. Die Parameter des Analysetools werden automatisch mit den Parametern der Best Fit Projection ersetzt. Die Best Fit Projection ist jene Projektion die als die wahrscheinlichste Projektion angenommen wird. Wie diese von MapAnalyst gefunden wird, wird im nächsten Abschnitt beschrieben.

2.4.3. Suche nach der Best Fit Projection

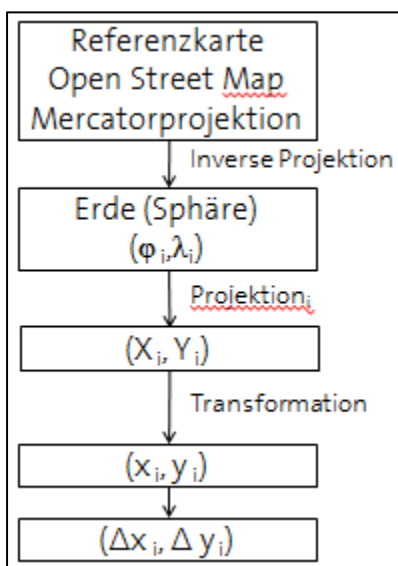


Abbildung 5: Ablauf bei der Suche nach der Best Fit Projection

Voraussetzung für die automatische Suche nach der Best Fit Projection ist, dass es sich bei der neuen Referenzkarte um die Open Street Map handelt¹². Open Street Map verwendet die Mercatorprojektion (Jenny & Weber, MapAnalyst, 2005).

Abbildung 5 zeigt, wie die Best Fit Projection gefunden werden kann. Da die Projektion der Referenzkarte bekannt ist, können die Koordinaten der Passpunkte in der Open Street Map auf die Kugel projiziert werden. Dabei handelt es sich um eine sogenannte «inverse Projektion». Mit der anschließenden Projektion können die Sollkoordinaten der Passpunkte in der alten Karte berechnet werden. Weil die alte Karte jedoch nicht georeferenziert ist, stimmen die Sollkoordinaten und die Passpunkte der alten Karte nicht überein. Mit einer Transformation können die Sollpunkte möglichst gut in Übereinstimmung mit den Passpunkten der alten Karte gebracht werden. Für eine gute Übereinstimmung der beiden Koordinatensätze wird die Länge des zentralen Meridians automatisch variiert.

Vergleicht man nun die verbleibenden Residuen, findet man die Best Fit Projection mit der Methode der kleinsten Quadrate. Dazu werden für jede Projektion die Beträge der Residuen ins Quadrat gesetzt und addiert. Die Best Fit Projection ist demzufolge jene Projektion mit der kleinsten Summe. (Jenny & Hurni, 2011)

$$\sum \sqrt{\Delta x_i^2 + \Delta y_i^2} = \min$$

2.4.4. Schwachstellen des Projektionsanalysetools

Alleine die Map Projection Library für Java von Jerry Huxtable zählt 80 Projektionen (Huxtable, n.d.). National Atlas spricht von mehreren hundert Projektionen (National Atlas, n.d.).

¹¹ Der zentrale Meridian ist der Meridian, welcher in der Kartenmitte ist. Bei Weltkarten wird häufig der Nullmeridian als zentraler Meridian gewählt.

¹² Open Street Map ist eine lizenzkostenfreie Weltkarte.

MapAnalyst kennt jedoch nur zwölf gängige Projektionen. Vielen Karten wird eine falsche Projektion zugeordnet, da die Richtige gar nicht implementiert ist. Weil dadurch zusätzliche Verzerrungen entstehen, kann es sein, dass die Genauigkeitsanalyse ungenauer ist, als wenn die Projektion nicht berücksichtigt werden würde.

Das einzige Kriterium, das bei der Suche nach der Best Fit Projection verwendet wird, ist die Summe der Residuen. Diese muss minimal sein. Andere Informationen, welche der Benutzer über die Karte besitzt, werden nicht berücksichtigt. Diese könnten jedoch zum Ausschluss einer Projektion führen, was die Suche vereinfachen würde.

Die Variablen der Projektionen sind der zentrale Meridian und die Breite des Berührkreises bei konischen und zylindrischen Projektionen. Die Breite des Berührkreises muss in jedem Fall vom Benutzer eingestellt werden, denn sie wird nicht automatisch angepasst. Wenn eine ungültige Breite, zum Beispiel ein Buchstabe, eingegeben wird, erscheint eine unpassende Fehlermeldung (Abbildung 6).

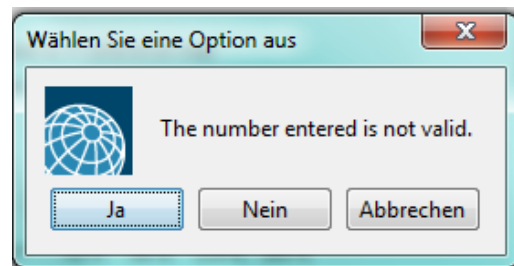


Abbildung 6: Fehlermeldung

Der zentrale Meridian verändert die Geometrie der Karte bei Zylinder- und Kegelprojektionen nicht. Das erkennt man an den Kontinenten, die immer die gleiche Form haben oder an der Standardabweichung, die nicht variiert, wenn der zentrale Meridian leicht verschoben wird.

Wenn jedoch der zentrale Meridian derart falsch eingestellt ist, dass ein Passpunkt über den 180° Meridian auf die andere Seite geschoben wird, gibt es bei der Transformation für diesen Punkt ein sehr grosses Residuum. Auch die Residuen der anderen Punkte werden dadurch verfälscht. Der Fehler wird umso grösser je mehr Punkte über den 180° Meridian geschoben werden.

Trotzdem ist es nicht nötig den zentralen Meridian für Zylinder- und Kegelprojektionen mit einer Ausgleichung anzupassen. Der Mittelwert vom westlichsten und vom östlichsten Passpunkt reicht für die Transformation aus.

Die aktuelle Benutzeroberfläche (Abbildung 4) ist kompakt und übersichtlich. Jemanden, der nur wenig über Kartenprojektionen weiss und selten mit dem Computer arbeitet, schreckt diese Oberfläche mit den vielen Einstellungsmöglichkeiten jedoch ab.

2.5. Neuerungen

2.5.1. Übersicht

Im Folgenden werden die neuen Funktionen vom ProjectionAnalyzer kurz vorgestellt. Eine genauere Beschreibung der einzelnen Neuerungen folgt ab Kapitel 2.7.

2.5.1. Grafische Benutzeroberfläche und Ablauf der Analyse

Eine neue grafische Benutzeroberfläche ermöglicht die ideale Einbindung der neuen Funktionen in das Projektionsanalysetool. Zudem wird der Benutzer mit dem neuen Ablauf stärker durch die Analyse hindurch begleitet. Die Suche nach der Best Fit Projection ist auch für Leute, die das Programm nicht kennen, einfach.

2.5.2. Warnhinweis

Ein Warnhinweis macht den Benutzer darauf aufmerksam, dass die gefundene Best Fit Projection möglicherweise nicht die gesuchte Kartenprojektion ist. Damit wird verhindert, dass der Benutzer denkt, es handle sich mit Sicherheit um die vorgeschlagene Projektion.

2.5.3. Filter und Einschränkungsmöglichkeit

Ein Filter unterstützt den Benutzer dabei Projektionen auszuschliessen. Der Filter berücksichtigt zwei Aspekte. Zum einen kann eine Projektion aufgrund des Herstellungsjahres der Karte ausgeschlossen werden und zum anderen aufgrund der Geometrie des Netzentwurfs. Ausserdem hat der Benutzer die Möglichkeit die Anzahl Projektionen manuell einzuschränken, indem er einzelne Projektionen oder ganze Gruppen von der Analyse ausschliesst.

2.5.4. Auswahl an Projektionen

Damit die Wahrscheinlichkeit, die richtige Projektion zu finden, grösser ist, werden mehr Projektionen getestet. Dazu müssen die Projektionen in die Liste von MapAnalyst aufgenommen und geringfügig erweitert werden.

2.6. Software und Sourcecode

2.6.1. Software

MapAnalyst wurde in Java programmiert. Für die Überarbeitung des Projektionsanalysetools wird folglich auch Java verwendet. Swing wird für die grafische Benutzeroberfläche eingesetzt. Eine genauere Beschreibung zu Swing findet sich unter Kapitel 2.7.1. Die Version 6.9.1 der Open-Source Software NetBeans IDE dient als Entwicklungsumgebung.

2.6.2. Sourcecode

Das Analysetool für die Projektion wird neu erstellt. Wo es sinnvoll erscheint, wird der vorhandene Sourcecode übernommen oder abgeändert. Der ProjectionAnalyzer wird in den erweiterten und angepassten Quellcode von MapAnalyst integriert.

2.6.1. Kartenprojektionen für Java

Gerald Evenden schrieb mit PROJ.4 eine Kartenprojektionssammlung in der Programmiersprache C (Evenden G., 2008). PROJ.4 wurde von Jerry Huxtable für Java umgeschrieben. Die daraus entstandene «Java Map Projection Library» ist gratis und der Source Code für alle einsehbar und editierbar (Huxtable, n.d.).

2.7. Grafische Benutzeroberfläche und Ablauf der Analyse

2.7.1. Vorgehen

Nachdem die Funktionalitäten bekannt sind, werden diese möglichst übersichtlich und logisch in eine kompakte grafische Benutzeroberfläche (GUI) eingebettet. Doch dafür muss zuerst der grobe Ablauf der Analyse bekannt sein. Mit einem sogenannten Ablaufdiagramm kann dieser Prozess schematisch und übersichtlich dargestellt werden.

Der Entwurf der Benutzeroberfläche ist ein iterativer Prozess. Dabei ändern sich der geplante Ablauf der Analyse und das dazugehörige Diagramm, das Aussehen des GUI und somit auch der Programmcode ständig.

Die Oberfläche wird mit Java Swing-Komponenten erstellt. Dabei handelt es sich um das Paket «javax.swing» mit dessen Klassen sich GUI's einfach erzeugen lassen. In Netbeans können mit dem «Swing GUI Builder» die Grafikkomponenten mittels Drag and Drop zusammengestellt werden. Es handelt sich dabei um das WYSIWYG-Prinzip «What you see is what you get». Im Vordergrund sieht der Programmierer das fertige GUI und kann die Eigenschaften der Komponenten in einer Benutzeroberfläche anpassen, während im Hintergrund der Source-Code dazu erstellt wird. Sobald das GIU optisch zusammengestellt ist, muss der Programmierer die Aktionen für die Komponenten definieren.

2.7.2. Erster Entwurf

Anfangs wurde das GUI mit Handskizzen entworfen. Der erste digitale Entwurf der grafischen Benutzeroberfläche in Java geht davon aus, dass der Benutzer zu Beginn wählt, ob er die Best Fit Projektion haben will oder ob er erweiterte Einstellungen vornehmen will

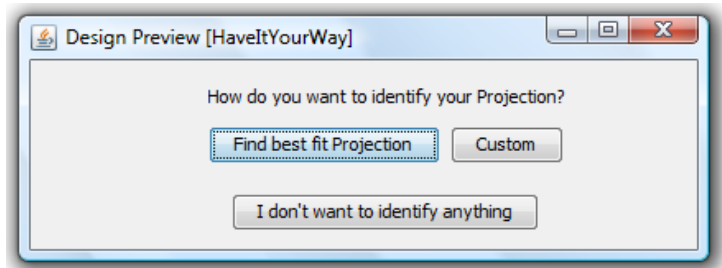


Abbildung 7: GUI, 1.Entwurf, Panel 1

(Abbildung 7). Möchte er Letzteres, so kommt er zu einem neuen Fenster, in dem er einerseits die Projektionen filtern und andererseits die Projektionsparameter fixieren kann (Abbildung 8).

Im dritten Fenster werden die Resultate dargestellt. Der Benutzer kann nun wählen, welche Projektion er anwenden möchte (Abbildung 9).

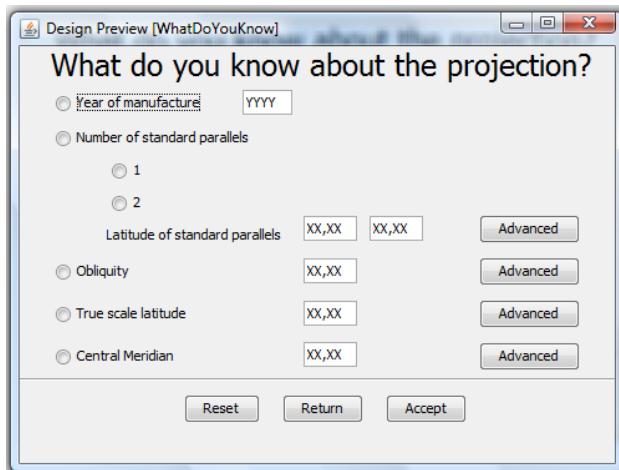


Abbildung 8: GUI, 1.Entwurf, Panel 2

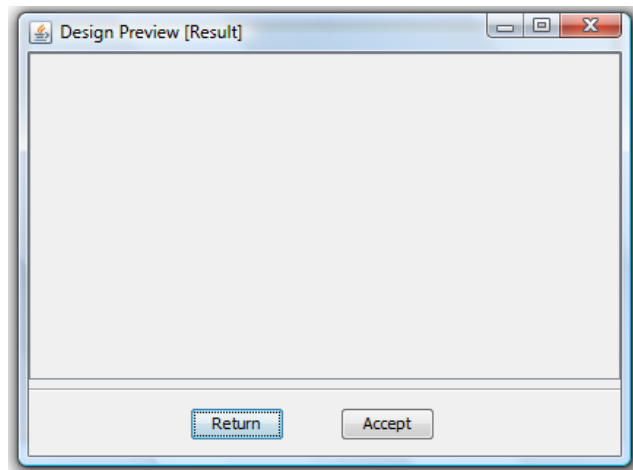


Abbildung 9: GUI, 1.Entwurf, Panel 3

Dieser erste Entwurf wird mehrmals komplett überarbeitet. Dank NetBeans mit dem integrierten GUI Builder entsteht dabei keine Unordnung. NetBeans löscht nämlich im Hintergrund laufend nicht mehr benötigten Soucecode, wenn eine Grafikkomponente gelöscht wird.

2.8. Warnhinweis

Im ProjectionAnalyzer kann im ersten Fenster ein Warnhinweis erscheinen. Er erscheint, wenn eine Projektion eine kleinere Standardabweichung hat als die doppelte Standardabweichung der Best Fit Projektion. Das Auftreten kann zwei Ursachen haben. Entweder kennt MapAnalyst die richtige Kartenprojektion gar nicht oder die Projektion ist nicht eindeutig identifizierbar.

Mögliche Gründe für die schlechte Identifizierbarkeit sind:

- Unzureichende Messgenauigkeit, zum Beispiel weil die Auflösung der alten Karte schlecht ist
- Sehr schlechte Genauigkeit der alten Karte
- Es handelt sich um eine Karte mit einem grossen Massstab. Die durch die Projektion entstehenden Verzerrungen sind zu klein, um die Projektion eindeutig zu identifizieren
- Der Papierverzug ist zu stark

2.9. Filter und Einschränkungsmöglichkeit

2.9.1. Filter

Ist das Produktionsjahr der Karte bekannt, können alle Projektionen die nachträglich entworfen wurden, ausgeschlossen werden. Projektionen, die nicht datiert werden können, sollten sicherheitshalber in der Auswahl belassen werden.

Um das Produktionsjahr der Karte anzugeben, kann das entsprechende Jahr entweder mit dem Slider eingestellt oder im Textfeld eingegeben werden. Gibt der Benutzer das Jahr im Textfeld ein, prüft der Projection-Analyzer, ob das Eingegebene eine gültige Jahreszahl ist. Ausserdem sind Slider und Textfeld miteinander verknüpft, so dass das Textfeld automatisch den aktuellen Wert des Sliders anzeigt und umgekehrt. Wird beim Textfeld eine ungültige Zahl eingegeben und mit «Enter» bestätigt, erscheint eine Fehlermeldung, welche den Benutzer anweist eine gültige Zahl einzugeben. Gültig sind Zahlen zwischen 0 und dem aktuellen Jahr.

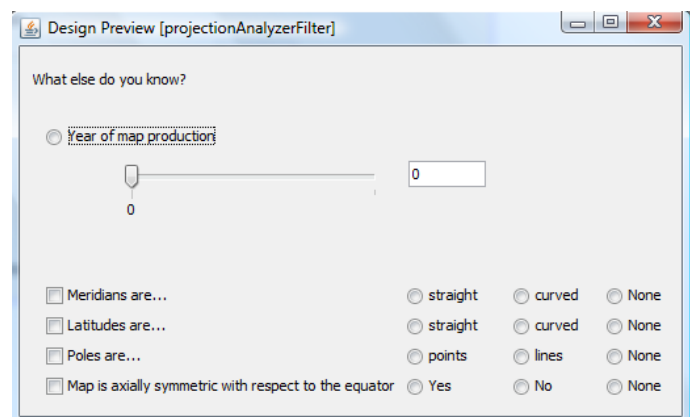


Abbildung 10: Filter

Die Geometrie eines Kartennetzentwurfs kann mit folgenden Eigenschaften grob beschrieben werden:

- Sind die Meridiane Geraden?
- Sind die Breitenkreise Geraden?
- Werden die Pole als Punkt abgebildet?
- Ist der Netzentwurf achssymmetrisch bezüglich des Äquators?
- Ist der Netzentwurf achssymmetrisch bezüglich des mittleren Meridians?

Welche Eigenschaften den Projektionen zugeordnet sind, zeigt Tabelle 6 im Anhang A auf Seite 27. Zusätzlich zu diesen Eigenschaften sind auch die Jahreszahlen, in denen die Projektionen entworfen wurden, aufgeführt. Abklärungen haben ergeben, dass alle Projektionen, welche der ProjectionAnalyzer kennt, achssymmetrisch bezüglich des mittleren Meridians sind. Es macht also keinen Sinn, diese Eigenschaft zu berücksichtigen.

Wie in Abbildung 10 zu sehen ist, müssen für die Eigenschaften drei Radio Buttons pro Element erstellt werden. Meridiane können beispielsweise «straight» oder «curved» sein. Mit einer ButtonGroup wird sichergestellt, dass immer nur eine Eigenschaft ausgewählt ist. Da aber laut Java API (Application Programming Interface) nicht mehr alle RadioButtons einer ButtonGroup deselektiert werden können, nachdem einmal einer selektiert wurde, muss ein zusätzlicher unsichtbarer RadioButton der Gruppe hinzugefügt werden (Oracle, 2010). Entscheidet sich der Benutzer, nachdem er einen der sichtbaren Buttons ausgewählt hat, dieses Element doch nicht zu berücksichtigen, entfernt er das Häkchen in der CheckBox und im Hintergrund wird der unsichtbare RadioButton ausgewählt. Die beiden sichtbaren sind somit deselektiert.

2.9.2. Einschränkungsmöglichkeit

Im ProjectionAnalyzer werden die Projektionen folgenden Gruppen zugewiesen:

- Zylindrische Projektionen
- Pseudozylindrische Projektionen
- Konische Projektionen
- Diverse

Die Zuteilung der Projektion zu den Gruppen zeigt Tabelle 6 im Anhang A auf Seite 28. Die Zuteilung erfolgt über die Superklassen der Projektionen. Erbt also zum Beispiel die Mollweide-Projektion von der Klasse «PseudoCylindricalProjection», so wird die Projektion automatisch der Gruppe «Pseudozylindrische Projektionen» zugewiesen.

Der Benutzer kann nun mit einer Checkbox wählen, welche Projektionen er analysieren will. Die Funktionen «Select All» und «Select None» sowie die Möglichkeit eine ganze Projektionsgruppe auf einmal auszuwählen, bieten dabei zusätzlichen Komfort. Wählt er alle ab, so kann er nicht fortfahren. Eine Fehlermeldung fordert ihn auf mögliche Projektionen zu wählen.

2.10. Auswahl an Projektionen

Wie in 2.5.4 bereits erwähnt wurde, soll die Auswahl an Projektionen erhöht werden. Die Projektionen bestehen bereits in der «Java Map Projection Library». Sie müssen etwas erweitert und in den ProjectionAnalyzer integriert werden. Die Erweiterungen sind wegen dem neuen Filter nötig. Sie umfassen fünf Getter, auch Abfragemethoden genannt, welche die Informationen über das Entwicklungsjahr und die Geometrie des Netzentwurfs liefern. Die Integration in MapAnalyst erfolgt über ein einfaches Textfile, in welchem die Namen der Projektionen aufgeführt werden.

2.11. Funktionstests

2.11.1. *Übersicht*

Um zu sehen, ob beim neuen ProjectionAnalyzer alle mathematischen Zusammenhänge und Berechnungen richtig integriert wurden, werden die Resultate miteinander verglichen. Zusätzlich wird untersucht, ob der Analyzer die richtige Projektion ermittelt, falls er sie kennt. Ausserdem wird abgeklärt, ob der Warnhinweis einen zusätzlichen Nutzen bringt. Anhand von Stichproben wird auch der neue Filter getestet.

2.11.2. *Berechnungen und mathematische Zusammenhänge*

Um zu sehen, ob die Analyse der Projektion gleich abläuft wie in der Ausgangsversion, werden die Ergebnisse der Transformation miteinander verglichen. Mit beiden Versionen wird mit identischen Punkten die Best Fit Projection gesucht. Sowohl die gefundene Projektion als auch die Parameter der Transformation und die einzelnen Residuen müssen gleich sein. Für diesen Test wird der «Report of Last Computation» verwendet. Die Werte aus diesem Report werden in Microsoft Excel miteinander verglichen.

2.11.3. *Identifikation von bekannten Projektionen*

Mit Stichproben wird geprüft, ob der ProjectionAnalyzer die neuen Projektionen erkennt. Mit jeweils zehn Passpunkten und der 2D Helmerttransformation wird bei fünf Karten die Best Fit Projection gesucht. Dafür werden Weltkarten verwendet. Durch den kleinen Massstab ist die Projektion einfacher identifizierbar. Bei den Karten handelt es sich um Karten mit bekannter Projektion. Somit kann geprüft werden, ob die richtige Projektion erkannt wird.

Ausserdem wird abgeklärt, ob der Warnhinweis einen zusätzlichen Nutzen erbringt. Werden gut identifizierbare Weltkarten, die eine hohe Auflösung und Genauigkeit aufweisen analysiert, sollte der Hinweis nicht erscheinen. Wird hingegen eine Karte mit einem kleinen Gebiet oder mit einer dem ProjectionAnalyzer unbekannten Projektion verwendet, ist die Identifizierung nicht mehr eindeutig. Der Warnhinweis sollte darum erscheinen.

2.11.4. *Filterfunktion*

Der neu eingebaute Filter wird getestet, indem jede Netzgeometrieeigenschaft einzeln getestet wird. Ausserdem müssen immer beide Zustände überprüft werden, damit ausgeschlossen werden kann, dass für eine Projektion der Zustand der Geometrie nicht definiert wurde. Zusätzlich werden zur Sicherheit stichprobenweise Kombinationen dieser Geometrieeigenschaften getestet. Das wird auch dann gemacht, wenn der Test, bei dem die Geometrieeigenschaften einzeln überprüft werden, positiv ausfällt. Denn es könnte sein, dass der Filter nicht zwei Eigenschaften kombinieren kann.

Zusätzlich muss überprüft werden, ob die richtigen Projektionen ausgeschlossen werden, wenn man das «Year of map production» eingibt. Dies geschieht anhand von Stichproben.

3. Ergebnisse

3.1. Übersicht

Der in Kapitel 2 beschriebene ProjectionAnalyzer wurde mit Java programmiert. In diesem Kapitel wird das daraus entstandene Analysetool, die neu aufgenommenen Projektionen und die Auswertung der Funktionstests vorgestellt.

3.2. ProjectionAnalyzer

Die folgenden Abbildungen zeigen die Oberflächen während einer Analyse. Das Ablaufdiagramm im Anhang B zeigt die schematische Darstellung der beschriebenen Schritte.

Nachdem der ProjectionAnalyzer gestartet wird, zeigt das erste Fenster (Abbildung 11) bereits die eine Projektionsempfehlung, die Best Fit Projection. Zusätzlich zum Projektionsname werden auch der Bericht der Transformation und eine Vorschau der Projektion angezeigt. Falls es weitere Projektionen gibt, deren Standardabweichung kleiner ist als die doppelte Standardabweichung der Best Fit Projection, erscheint ein Warnhinweis.

Der Anwender hat nun die Möglichkeit mit «Show Report» den Bericht der Transformation für alle Projektionen anzuschauen. Falls er sich entscheidet, die vorgeschlagene Projektion zu übernehmen, drückt er den mittleren Button. Sollte er jedoch den Vorschlag nicht annehmen wollen, gelangt er mit dem Button «Use Other Projection» zum nächsten Fenster.

Hier werden die Kandidaten für die Analyse mit einer Checkbox ausgewählt (Abbildung 12). Diese sind in einer TreeTable¹³ angeordnet. Es können einzelne Projektionen, ganze Gruppen, Alles oder Nichts ausgewählt werden. Zusätzlich kann hier ein Filter aufgerufen werden. Der Anwender hat ausserdem die Möglichkeit zum ersten Fenster zurückzukehren oder fortzufahren.

Der Filter (Abbildung 13) kann mit einem Button im zweiten Fenster aufgerufen werden und nutzt zusätzliche Informationen, um einzelne Projektionen abzuwählen. Leider ist es nur möglich Projektionen auszuschliessen und nicht auszuwählen. Die Default-Einstellung ist darum, dass Anfangs alle Projektionen ausgewählt sind. Dem Anwender steht frei, welche Angaben er machen will. Wenn er unsicher ist, ist es besser, wenn er eine Information weglässt, anstatt eine falsche Angabe zu machen. Sobald er den Filter mit «Apply» anwendet, gelangt er zurück zum Fenster mit der TreeTable, wo nun nur noch die Projektionen ausgewählt sind, welche den Filter passiert haben. Mit «Next» startet der Benutzer die Analyse, welche ihm den Report für die ausgewählten Projektionen erstellt und zum letzten Fenster (Abbildung 14) bringt.

¹³ Eine TreeTable ist eine Liste. Diese besteht aus verschiedenen Kategorien / Ästen, denen einzelne Elemente / Blätter zugeordnet sind. In diesem Fall sind die Projektionsgruppen die Äste und die Projektionen die Blätter

Nun muss er sich entscheiden, welche der verbleibenden Projektionen er für die alte Karte übernehmen will. Oben im Fenster sind die Projektionen mit den Transformationsparametern aufgeführt. Unten kann er die Projektionen auswählen und anzeigen lassen. Falls der Benutzer mit dem Ergebnis nicht zufrieden ist, kann er jederzeit zurück zum letzten Fenster und weitere Projektionen auswählen. Drückt er den Button «Apply» wird die von ihm gewählte Projektion übernommen und die Genauigkeit der alten Karte unter Berücksichtigung der Projektion neu ausgewertet.

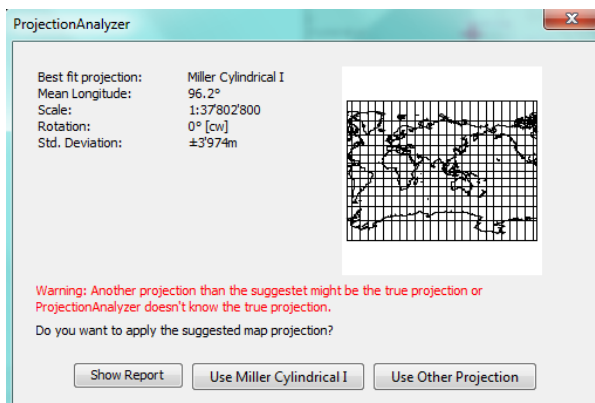


Abbildung 11: GUI, Endversion, Empfehlung

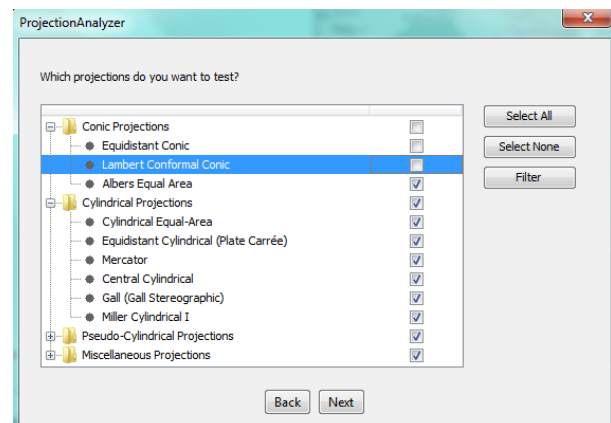


Abbildung 12: GUI, Endversion, Auswahl der Projektionen

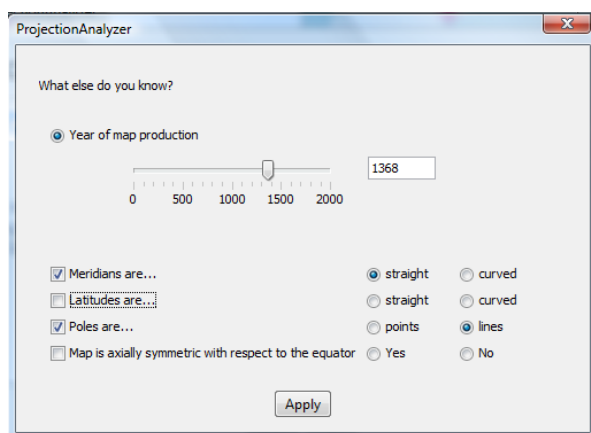


Abbildung 13: GUI, Endversion, Filter

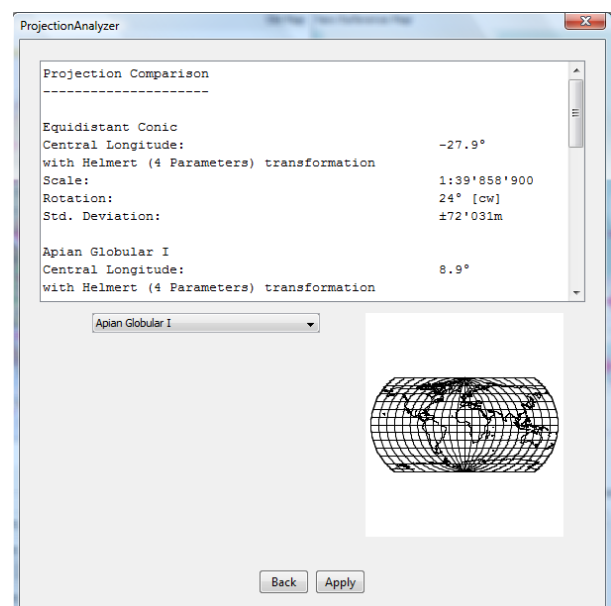


Abbildung 14: GUI, Endversion, Resultate und Auswahl

3.3. Neue Projektionen

Es konnten 20 neue Projektionen hinzugefügt werden. Insgesamt erkennt der ProjectionAnalyzer nun 32 Kartenprojektionen. Die Wahrscheinlichkeit, dass die alte Karte mit einer dieser Projektionen abgebildet wurde, ist wesentlich grösser.

Dennoch besteht nach wie vor die Gefahr, dass die Karte eine dem ProjectionAnalyzer unbekannte Projektion aufweist. Dieser wird dann trotzdem eine Projektion zuordnen, welche aber nicht die Richtige ist. Dadurch entstehen neben den bereits vorhandenen Projektionsverzerrungen zusätzliche Fehler durch die vermeintlichen Korrekturen.

Die neuen Projektionen sind:

- Albers Equal Area
- Central Cylindrical I
- Collignon
- Craster Parabolic
- Eckert I
- Eckert II
- Eckert IV
- Eckert V
- Eckert VI
- Fahey
- Gall Stereographic
- Hatano Asymmetrical
- Loximuthal
- Miller Cylindrical
- Mollweide
- Nell-Hammer
- Nell
- Wagner II
- Wagner III
- Winkel I

3.4. Testergebnisse

3.4.1. Einleitung

Die in 2.11 beschriebenen Funktionstests werden mit dem neuen ProjectionAnalyzer ausgeführt und ausgewertet. Im Folgenden werden nun die Ergebnisse der einzelnen Tests kurz vorgestellt.

3.4.2. Berechnungen und mathematische Zusammenhänge

Mit dem Vergleich des «Report of Last Computation» wird überprüft, ob die Projektionsanalyse bei beiden Versionen dasselbe Ergebnis ergibt. Bei der nachfolgenden Tabelle handelt es sich um einen Überblick dieses Vergleichs. Die vollständige Auswertung ist im Anhang C ab Seite 30 zu finden. Für die Berechnung der Best Fit Projection werden 102 Passpunkte verwendet. Beide Versionen finden dieselbe Best Fit Projection. Auch die Transformationsparameter der 2D-Helmerttransformation sind identisch. Und sowohl bei den Genauigkeitsmassen als auch bei den Residuen treten keine Differenzen auf. Es darf daher angenommen werden, dass sich an der Berechnung und den mathematischen Zusammenhänge nichts geändert hat.

Grösse	Wert Originalversion	Wert neue Version	Differenz
Best Fit Projection	Sinusoidal	Sinusoidal	Keine
Transformation parameters and standard deviations computed with 102 points:			
x_0 Translation Horizontal [m]:	0.7220065454	0.7220065454	Keine
y_0 Translation Vertical [m]:	0.3612525066	0.3612525066	Keine
m Scale Factor:	27708328.4	27708328.4	Keine
alpha Rotation: [deg ccw]	359.9670367791	359.9670367791	Keine
Standard deviation and root mean square position error for all points:			
σ in Destination Map [m]:	13076.2355168974	13076.2355168974	Keine
σ in Source Map [m]:	0.0004719244	0.0004719244	Keine
RMSPE in Destination Map [m]:	18492.5896127811	18492.5896127811	Keine
RMSPE in Source Map [m]:	0.0006674018	0.0006674018	Keine
Residuen			
Summe der Residuen [m]:	0.05184	0.05184	Keine

Tabelle 2: Vergleich des «Report of Last Computation»

3.4.3. Identifikation von bekannten Projektionen

Mit fünf Weltkarten wird geprüft, ob der ProjectionAnalyzer die neuen Projektionen erkennt. Es werden jeweils zehn Passpunkte verwendet. Karten mit folgenden Projektionen werden dazu verwendet¹⁴.

- Nell-Hammer
- Mollweide
- Sinusoidal
- Miller Cylindrical
- Eckert IV

Abbildung 15 zeigt das Ergebnis dieses Tests für die Nell-Hammer Projektion. Bei den anderen vier Karten kann die Projektion mit zehn Passpunkten ebenfalls problemlos identifiziert werden. Auch mit weniger Passpunkten wäre in diesen fünf Fällen eine eindeutige Identifikation möglich gewesen. Wenn jedoch der Massstab grösser oder die Genauigkeit der Karte schlechter wäre, wird die Identifikation schwieriger.

¹⁴ Die Quellen der Karten sind im Kapitel 5.2 aufgeführt.

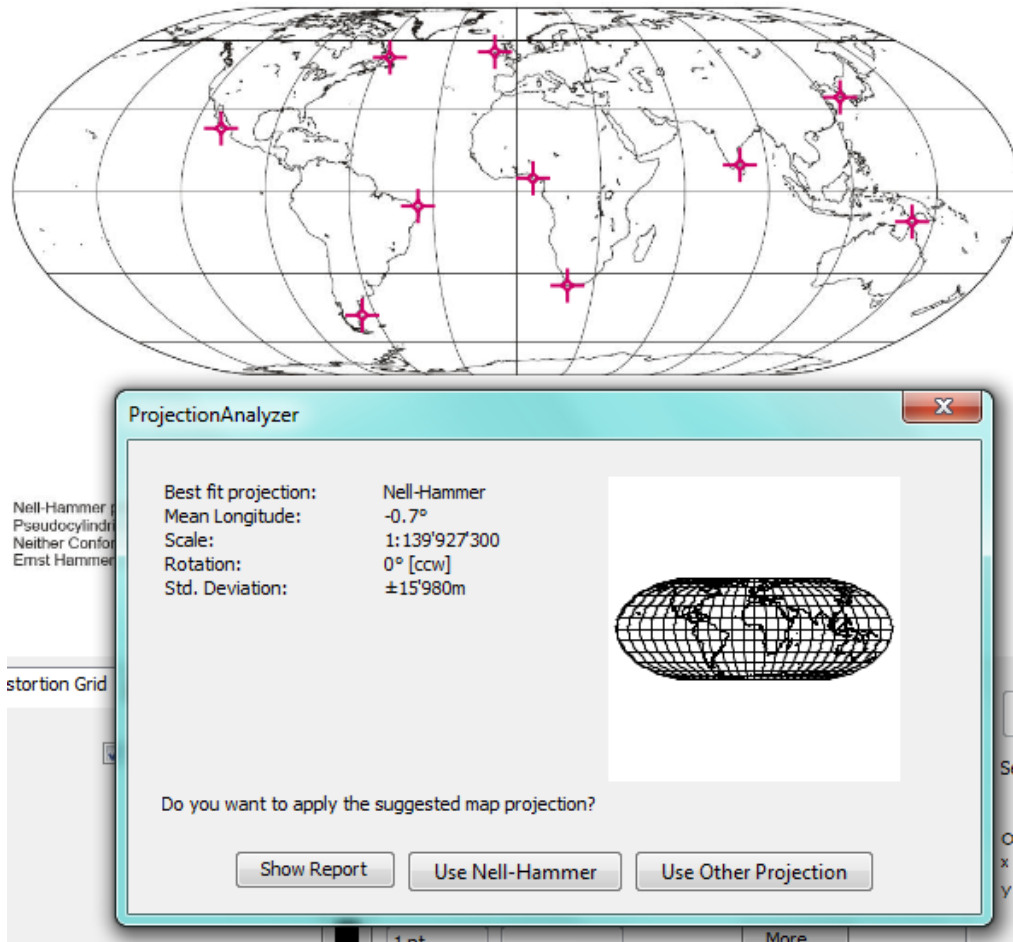


Abbildung 15: Identifikation Nell-Hammer Projektion

Der Warnhinweis erscheint, wie Tabelle 3 zeigt, bei den ersten fünf Versuchen nicht. Bei diesen fünf Versuchen handelt es sich um die eben erwähnten Tests mit der Weltkarte und den bekannten Projektionen. Die Standardabweichung der gefundenen Best Fit Projektion, die gleichzeitig die richtige Projektion ist, unterscheidet sich deutlich von der zweitplatzierten Projektion.

Richtige Projektion	Vorgeschlagene Projektion	Warnhinweis angezeigt	σ Best Fit Projection	σ der zweitbesten Projektion
1. Nell-Hammer	Nell-Hammer	Nein	$\pm 15'980m$	$\pm 40'469m$
2. Sinusoidal	Sinusoidal	Nein	$\pm 14'448m$	$\pm 161'602m$
3. Mollweide	Mollweide	Nein	$\pm 6'401m$	$\pm 113'465m$
4. Miller Cylindrical I	Miller Cylindrical	Nein	$\pm 6'026m$	$\pm 445'839m$
5. Eckert IV	Eckert IV	Nein	$\pm 8'960m$	$\pm 153'823m$
6. Robinson	Eckert V	Ja	$\pm 239'460m$	$\pm 263'627m$
7. Miller Cylindrical I	Miller Cylindrical I	Ja	$\pm 3'974m$	$\pm 7'314m$

Tabelle 3: Auswertung Warnhinweis

Der sechste Versuch wird mit einer Karte durchgeführt, welche mit der Robinson Projektion erstellt wurde. Der ProjectionAnalyzer kennt diese Projektion nicht. Darum sucht er die nächstbeste ihm bekannte Projektion. Dass es sich dabei um eine Falsche handelt, erkennt man an der grossen Standardabweichung im Vergleich zu den ersten fünf Analysen. Der Warnhinweis erscheint, um den Benutzer darauf aufmerksam zu machen.

Beim letzten Versuch handelt es sich um eine Karte mit einem Ausschnitt aus der Karte aus Versuch 4. Durch den kleineren Ausschnitt ist die Projektion schwieriger zu identifizieren. Darum erscheint auch hier der Warnhinweis, obwohl es sich bei der Best Fit Projektion um die Richtige handelt. Als zweitbeste Projektion schlägt der ProjectionAnalyzer die Mercatorprojektion vor, welche ebenfalls eine Zylinderprojektion ist.

3.4.4. Filterfunktion

Alle Zustände der Netzgeometrie werden einzeln geprüft. Es werden dabei immer die richtigen Projektionen deselektiert. Damit kann ausgeschlossen werden, dass für eine Projektion die Netzgeometrie nicht richtig definiert wurde.

Stichprobenweise werden auch drei Kombinationen der Netzgeometrieeigenschaften im Filter eingegeben. Tabelle 4 zeigt eine der Stichproben¹⁵. In der obersten Zelle sind die Bedingungen an die Netzgeometrie aufgeführt. Unten links sind die Projektionen aufgelistet, welche diese Bedingungen erfüllen und rechts jene, die der ProjectionAnalyzer findet. In keiner der drei Stichproben weichen die Ist-Projektionen von den Soll-Projektionen ab. Der Filter kann also auch mehrere Geometrieeigenschaften kombiniert auswerten.

Bedingung : Meridians are straight Latitudes are curved Poles are lines Map is axially symmetric with respect to the equator: No	
Soll	Ist
<ul style="list-style-type: none"> • Albers Equal Area • Equidistant Conic • Lambert Conformal Conic 	<ul style="list-style-type: none"> • Equidistant Conic • Lambert Conformal Conic • Albers Equal Area

Tabelle 4: Testergebnis Filter, «Kombinierte Netzgeometrieeigenschaften»

Wird das «Year of map production» eingegeben, sollten alle Projektionen, die später entwickelt wurden, ausgeschlossen werden. Anhand von drei Stichproben wurde das getestet. Eine der drei Stichproben zeigt Tabelle 5¹⁶. Da keine Abweichung zwischen Soll und Ist gefunden wird, darf angenommen werden, dass der Filter funktioniert.

Bedingung: Year of map production: 500	
Soll	Ist
<ul style="list-style-type: none"> • Central Cylindrical • Equidistant Conic • Equidistant Cylindrical 	<ul style="list-style-type: none"> • Lambert Conformal Conic • Equidistant Cylindrical • Central Cylindrical

Tabelle 5: Testergebnis Filter, «Year of map production»

¹⁵ Alle drei Stichproben sind im Anhang D auf Seite 30 zu finden.

¹⁶ Alle drei Stichproben sind im Anhang D auf Seite 31 zu finden

3.4.5. Fazit

Da alle durchgeführten Tests die erwarteten Ergebnisse liefern, darf angenommen werden, dass das Tool keine groben Fehler aufweist. Es muss jedoch beachtet werden, dass es sich beim Test «Berechnungen und mathematische Zusammenhänge» lediglich um einen Vergleich mit der Originalversion handelt. Ein unabhängiger Vergleich existiert nicht.

4. Diskussion und Ausblick

4.1. Beurteilung des ProjectionAnalyzers

ProjectionAnalyzer erfüllt drei der vier im Kapitel 1.2 gesetzten Teilziele und hat alle Funktionstests bestanden. Im Folgenden wird auf die Erreichung der einzelnen Teilziele genauer eingegangen.

Der Aufbau des neuen GUI, der dem eines Wizards¹⁷ gleicht, ermöglicht eine intuitive Anwendung. Falsche Eingaben seitens des Benutzers werden mit Fehlermeldungen abgefangen. Dank den neu aufgenommenen Projektionen und des Filters sinkt das Risiko, dass eine falsche Projektion angenommen wird.

Der neu eingebaute Filter arbeitet zwar einwandfrei, kann aber nur Projektionen ausschliessen und nicht auswählen. Das könnte den Benutzer verunsichern. Ein zusätzlicher Dialog, in dem der Benutzer angeben kann, ob die Projektionen, die den Angaben entsprechen, ausgewählt oder die Gegenmenge abgewählt werden soll, könnte Abhilfe verschaffen. Der manuelle Ausschluss von Projektionen durch das Abwählen der Checkbox und die beiden Buttons «Select all» und «Select none» funktioniert problemlos.

Leider konnten nicht alle Funktionen beibehalten werden. Die Breite für den Berührungskreis kann nicht mehr angegeben werden. Da die Breite bislang nicht automatisch angepasst wird, werden die Default-Einstellungen verwendet, was in einigen Fällen sehr ungünstig sein kann. Eine Möglichkeit diesen Parameter anzugeben oder sogar eine automatische Anpassung ist dringend nötig.

Auch der zentrale Meridian kann nicht mehr eingestellt werden. Er wird aber automatisch angepasst. Diese Anpassung könnte optimiert werden, wenn die in 2.4.4 gemachten Überlegungen zu den Kegel- und Zylinderprojektionen beachtet würden. Die Autorin dieser Arbeit ist der Meinung, dass eine manuelle Eingabe des zentralen Meridians für die Identifikation der Kartenprojektion nicht nötig ist.

Im Analysetool der Originalversion, wird angegeben, um welche Projektionsgruppe es sich handelt, sobald der Benutzer eine Projektion auswählt. Diese Information ist im ProjectionAnalyzer durch die TreeTable ebenfalls ersichtlich. Trotzdem wäre es interessant, wenn zu den Projektionen mehr Informationen verfügbar wären, als nur die Projektionsgruppe und eine kleine Vorschau des Kartennetzentwurfs.

¹⁷ Ein Wizard, auch Assistent genannt, bezeichnet ein GUI, das den Benutzer durch mehrere Dialoge führt. Wizards werden häufig für die Softwareinstallation verwendet.

4.2. Ausblick

4.2.1. Einleitung

Aufgrund der mangelnden Alternativen in Bezug auf die Identifikation einer Kartenprojektion, könnte das Projektionstool aus MapAnalyst neben der Genauigkeitsanalyse von alten Karten weitere Anwendungsmöglichkeiten haben. Sowohl in der Konzeptphase als auch während dem Programmieren kamen konkrete Ideen für mögliche Erweiterungen des Projektionsanalysetool auf. Die Bedeutendsten werden in diesem Abschnitt kurz erläutert. Im Anhang E werden ausserdem Verbesserungen für den MapAnalyst betreffend dem Setzen, Auswählen, Verschieben und Löschen von Passpunkten vorgeschlagen.

4.2.2. Warnhinweis

Bislang ist der Warnhinweis nur von der Eindeutigkeit der Best Fit Projektion abhängig. Möglicherweise könnte das Erscheinen zusätzlich von einer masstabsabhängigen Standardabweichung abhängig gemacht werden. Es zeigte sich, dass die Standardabweichung für eine perfekt abgebildete Weltkarte unter 20km liegt (siehe Tabelle 3). Zu beachten ist hier, dass diese Karten mit dem Computer erstellt wurden. Die Genauigkeit dieser Karten ist sehr gut. Der Schwellenwert von 20km für Weltkarten wäre also zu tief für alte Karten.

4.2.3. Mehr Projektionen

Je mehr Projektionen das Analysetool kennt, desto grösser ist die Wahrscheinlichkeit, dass die gesuchte Kartenprojektion bei den bekannten Kartennetzentwürfen dabei ist. Damit sinkt das Risiko, dass eine falsche Projektion, welche die Projektionsverzerrungen nicht richtig eliminiert, die Kartengenauigkeit verfälscht.

4.2.4. Zwei Berührungskreise und Achsschiefe berücksichtigen

Sowohl Kegel- als auch Zylinderprojektionen können zwei Berührungskreise haben (Abbildung 16). Momentan ist nur ein Berührungskreis zugelassen. Eine Erweiterung auf zwei mögliche Berührungskreise wäre durchaus sinnvoll.

Schiefachsige oder transversale Projektionen werden häufig in der Landesvermessung verwendet. Darum sollen auch diese berücksichtigt werden.

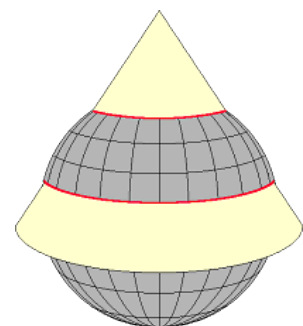


Abbildung 16: Kegelprojektion mit zwei Berührungskreisen

5. Quellen

5.1. Literatur

- Baxter, R., Gutowski, M., Wherley, M., Pfeiffer, C., & DiBiase, D. (n.d.). *Interactive Album of Map Projections*. <http://projections.mgis.psu.edu> (Zugriff: 1. Mai 2011)
- Bortolossi, H., Vaz de Almeida Jr., R., Hurrelmann, J., & Polthier, K. (2007). *Map Projections*. http://www.uff.br/mapprojections/mp_en.html (Zugriff: 1. Mai 2011)
- Brandenberger, C. (2000). *KAPRO - Map Projections Tool*. <http://www.ika.ethz.ch/cgi-bin/projection.pl> (Zugriff: 1. Mai 2011)
- ESRI. (2011). *Identify an unknown projected coordinate system using ArcMap*. <http://support.esri.com/en/knowledgebase/techarticles/detail/24893> (Zugriff: 26. Mai 2011)
- Evenden, G. (2008). *Evenden's Home*. <http://home.comcast.net/~gevenden56/proj/manual.pdf> (Zugriff: 15. April 2011)
- Evenden, G. (n.d.). *PROJ.4*. <http://trac.osgeo.org/proj> (Zugriff: 9. März 2011)
- Hake, G., Grünreich, D., & Meng, L. (2002). *Kartografie* (8. Aufl.). Berlin: Walter de Gruyter, 604 S.
- Huxtable, J. (n.d.). *JH Labs*. <http://www.jhlab.com/java/maps/proj/index.html> (Zugriff: 7. Mai 2011)
- Jenny, B., & Hurni, L. (2011). Studying cartographic heritage: Analysis and visualization of geometric distortions. *Computers & Graphics*, 35(2), S. 402-411.
- Jenny, B., & Patterson, T. (2007). *Flex Projector*. <http://www.flexprojector.com> (Zugriff: 1. Mai 2011)
- Jenny, B., & Weber, A. (2005). *MapAnalyst*. <http://mapanalyst.cartography.ch> (Zugriff: 1. Mai 2011)
- Kennedy, M. (2003). *Data with unknown projection*. <http://forums.esri.com/Thread.asp?c=93&f=1149&t=102036> (Zugriff: 26. Mai 2011)
- Mapmathematics. (n.d.). *Mapmathematics and Geocart*. <http://www.mapmathematics.com> (14. April 2011)
- National Atlas. (n.d.). *Map Projections: From Spherical Earth to Flat Map*. http://www.nationalatlas.gov/articles/mapping/a_projections.html (Zugriff: 15. April 2011)
- Oracle. (2010). *ButtonGroup (Java 2 Platform SE v1.4.2)*. <http://download.oracle.com/javase/1.4.2/docs/api/javax/swing/ButtonGroup.html> (Zugriff: 17. Mai 2011)
- Pospeschil, F. (n.d.). *Making maps with computers*. <http://webpages.charter.net/fred.pospeschil> (Zugriff: 24. Februar 2011)

- Schmunk, D. (2007). *G.Projector*. <http://www.giss.nasa.gov/tools/gprojector> (Zugriff: 22. März 2011)
- Snyder, J. (1985). *Computer-Assisted Map Projection Research*. U.S. Geological Survey Bulletin 1629
- Snyder, J. (1993). *Flattening the earth: two thousand years of map projections*. Chicago: University of Chicago Press, 384S.
- Snyder, J., & Voxland, P. (1989). *An Album of Map Projections*. Washington: U.S. Government Printing Office, 249S.
- Walser, H. (2010). *Kartenprojektionen*. http://jones.math.unibas.ch/~walser/institut/vorlesungen/10hs/Kartografie/Vorlesung/V_Karto.pdf (Zugriff: 7. Mai 2011)

5.2. Testkarten

Nell Hammer (Zugriff: 21. Mai 2011):

http://lh3.ggpht.com/_3LsrhMlcXHY/R3YVFAYMSLI/AAAAAAAAAAsk/hGjLc45sVvY/Nell-Hammer.jpg

Mollweide (Zugriff: 21. Mai 2011):

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/31/Mollweide10ost.jpg>

Sinusoidal (Zugriff: 21. Mai 2011):

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c2/Sinusoidal_Projection_11-5-30.jpg

Miller (Zugriff: 21. Mai 2011):

http://maps.grida.no/go/graphic/human_impact_year_2002_miller_cylindrical_projection

Eckert IV (Zugriff: 21. Mai 2011):

http://maps.grida.no/go/graphic/human_impact_year_2002_miller_cylindrical_projection

Robinson (Zugriff: 21. Mai 2011):

<http://www.free-photos.biz/images/nature/earth/world-map-2004-cia-factbook-large-2m.jpg>

5.3. Grafiken

Banner MapAnalyst (Deckblatt) (Zugriff: 15. Mai 2011):

<http://mapanalyst.cartography.ch>

Abbildung 16: Kegelprojektion mit zwei Berührungskreisen (Zugriff: 23. Mai 2011):

http://www.gs-enduro.de/pics/pics_orientierung/pics_navigation/kegelprojektion_lambert.gif

Anhang

A. Projektionen und deren Eigenschaften

Projektion	Meridian=Gerade	Breitenkreis=Gerade	Pol=Punkt	Achssymmetrie Äquator	Erfindungsjahr ¹⁸	Projektionsgruppe
Apian Globular I	×	✓	×	✓	1524	Miscellaneous Projection
Apian Globular II	×	✓	✓	✓	1524	Pseudo-Cylindrical Projection
Bacon Globular	×	✓	✓	✓	1265	Miscellaneous Projection
Cylindrical Equal Area	✓	✓	×	✓	1772	Cylindrical Projection
Equidistant Conic	✓	×	×	×	100 n. Chr.	Conic Projection
Equidistant Cylindrical	✓	✓	×	✓	100 n. Chr.	Cylindrical Projection
Fournier II	×	✓	✓	✓	1643	Pseudo-Cylindrical Projection
Lambert Conformal Conic	✓	×	×	×	1772	Conic Projection
Mercator	✓	✓	×	✓	1569	Cylindrical Projection
Nicolosi Globular	×	×	✓	✓	1660	Miscellaneous Projection
Ortelius Oval	×	✓	✓	✓	1544	Miscellaneous Projection
Sinusoidal	×	✓	✓	✓	1570	Pseudo-Cylindrical Projection
Albers Equal Area	✓	×	×	×	1805	Conic Projection
Central Cylindrical	✓	✓	×	✓	Uncertain	Cylindrical Projection
Collignon	✓	✓	×	×	1865	Pseudo-Cylindrical Projection
Craster Parabolic	×	✓	✓	✓	1929	Pseudo-Cylindrical Projection
Eckert I	✓	✓	×	✓	1906	Pseudo-Cylindrical Projection
Eckert II	✓	✓	×	✓	1906	Pseudo-Cylindrical Projection
Eckert IV	×	✓	×	✓	1906	Pseudo-Cylindrical Projection
Eckert V	×	✓	×	✓	1906	Pseudo-Cylindrical Projection
Eckert VI	×	✓	×	✓	1906	Pseudo-Cylindrical Projection
Fahey	×	✓	✓	✓	1975	Pseudo-Cylindrical Projection
Gall Stereographic	✓	✓	×	✓	1855	Cylindrical Projection
Hatano Asymmetrical	×	✓	×	✓	1972	Miscellaneous Projection

¹⁸ Die Jahreszahlen stammen aus folgenden Quellen: (Mapmathematics, n.d.), (Snyder, 1993), (Snyder & Voxland, 1989)

Loximuthal	×	✓	×	×	1935	Pseudo-Cylindrical Projection
Miller Cylindrical I	✓	✓	×	✓	1942	Cylindrical Projection
Mollweide	×	✓	✓	✓	1805	Pseudo-Cylindrical Projection
Nell-Hammer	×	✓	×	✓	1900	Pseudo-Cylindrical Projection
Nell	×	✓	×	✓	1890	Pseudo-Cylindrical Projection
Wagner II	×	✓	×	✓	1949	Pseudo-Cylindrical Projection
Wagner III	×	✓	×	✓	1932	Pseudo-Cylindrical Projection
Winkel I	×	✓	×	✓	1914	Pseudo-Cylindrical Projection

Tabelle 6: Projektionen im ProjectionAnalyzer und deren Eigenschaften

B. Ablaufdiagramm ProjectionAnalyzer

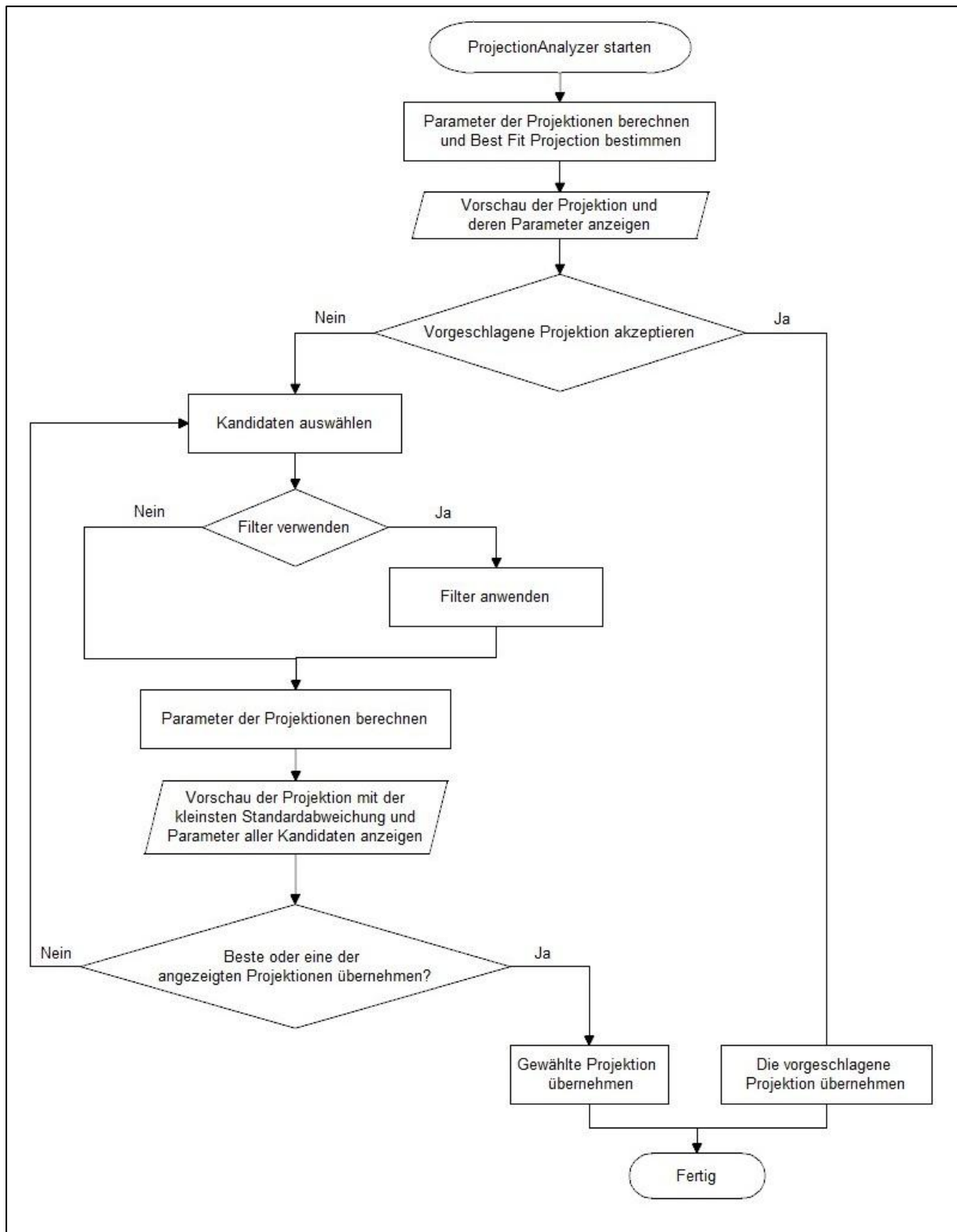


Abbildung 17: Ablaufdiagramm ProjectionAnalyzer

C. Testergebnisse «Berechnung und Mathematische Zusammenhänge»

MapAnalyst Version 1.4 Pre-Release 3

21.05.2011 14:13

Description of Transformation:

Helmert (4 Parameters)

4 Parameters:

 $X = x_0 + ax - by$ $Y = y_0 + bx + ay$ $a = m \cdot \cos(\alpha)$ $b = m \cdot \sin(\alpha)$

x0: Horizontal Translation

y0: Vertical Translation

m: Scale Factor

alpha: Rotation in Counter-Clockwise Direction

Transformation parameters and standard deviations computed with 102 points:

Parameter	Originalversion		ProjectionAnalyzer		Differenz
x0 Translation Horizontal [m]:	0.722006545	±0.00005	0.7220065454	±0.00005	0.0000000000
y0 Translation Vertical [m]:	0.361252507	±0.00005	0.3612525066	±0.00005	0.0000000000
m Scale Factor:	27'708'328.4011	±4177.58916	27'708'328.4011	±4177.58916	0.0000000000
alpha Rotation: [deg ccw]	359.9670368	±0.00864	359.9670367791	±0.00864	0.0000000000

Standard deviation and root mean square position error for all points:

Parameter	Originalversion	ProjectionAnalyzer	Differenz
Standard Deviation in Destination Map [m]:	13076.2355168974	13076.2355168974	0.0000000000
Standard Deviation in Source Map [m]:	0.0004719244	0.0004719244	0.0000000000
Root Mean Square Position Error in Destination Map [m]:	18492.5896127811	18492.5896127811	0.0000000000
Root Mean Square Position Error in Source Map [m]:	0.0006674018	0.0006674018	0.0000000000

Projection

Control points of the reference map are transformed to the Sinusoidal Projection.

Residuals (id, name, vx [m], vy [m], v [m], * if v > 3 sigma0)

Werte Originalversion			Werte ProjectionAnalyzer			Differenz
-0.00014	-0.00008	0.00016	-0.00014	-0.00008	0.00016	0.0000000000
0.00047	-0.00066	0.00082	0.00047	-0.00066	0.00082	0.0000000000
0.00009	0.00007	0.00012	0.00009	0.00007	0.00012	0.0000000000
0.00049	0.0006	0.00077	0.00049	0.0006	0.00077	0.0000000000
0.00015	-0.0001	0.00017	0.00015	-0.0001	0.00017	0.0000000000
0.00054	-0.00043	0.00069	0.00054	-0.00043	0.00069	0.0000000000
0.00024	-0.00044	0.0005	0.00024	-0.00044	0.0005	0.0000000000
0.00023	0.00023	0.00032	0.00023	0.00023	0.00032	0.0000000000
0.00001	0.00005	0.00006	0.00001	0.00005	0.00006	0.0000000000
-0.00011	0.00005	0.00012	-0.00011	0.00005	0.00012	0.0000000000
-0.00018	-0.00019	0.00026	-0.00018	-0.00019	0.00026	0.0000000000
0.00041	0.0002	0.00045	0.00041	0.0002	0.00045	0.0000000000
-0.00026	0.00233	0.00234 *	-0.00026	0.00233	0.00234 *	0.0000000000
0.00059	-0.00003	0.00059	0.00059	-0.00003	0.00059	0.0000000000
-0.00036	-0.00042	0.00056	-0.00036	-0.00042	0.00056	0.0000000000
0.00167	-0.00046	0.00173 *	0.00167	-0.00046	0.00173 *	0.0000000000
-0.00007	-0.00085	0.00085	-0.00007	-0.00085	0.00085	0.0000000000
-0.00062	0.00007	0.00063	-0.00062	0.00007	0.00063	0.0000000000
-0.00024	0.00038	0.00045	-0.00024	0.00038	0.00045	0.0000000000
-0.00008	0.00011	0.00013	-0.00008	0.00011	0.00013	0.0000000000
0.0001	0.00001	0.0001	0.0001	0.00001	0.0001	0.0000000000
-0.00044	-0.00041	0.0006	-0.00044	-0.00041	0.0006	0.0000000000
0.00013	0.00014	0.00019	0.00013	0.00014	0.00019	0.0000000000
-0.0004	0.00016	0.00043	-0.0004	0.00016	0.00043	0.0000000000
-0.00105	0.00023	0.00108	-0.00105	0.00023	0.00108	0.0000000000
-0.00001	0.00002	0.00002	-0.00001	0.00002	0.00002	0.0000000000
0.00026	-0.00028	0.00038	0.00026	-0.00028	0.00038	0.0000000000
-0.00025	0.00016	0.0003	-0.00025	0.00016	0.0003	0.0000000000
0.00051	-0.00043	0.00067	0.00051	-0.00043	0.00067	0.0000000000
-0.00013	-0.0006	0.00062	-0.00013	-0.0006	0.00062	0.0000000000
-0.00132	-0.00117	0.00176 *	-0.00132	-0.00117	0.00176 *	0.0000000000
0.00166	-0.00018	0.00167 *	0.00166	-0.00018	0.00167 *	0.0000000000
-0.00159	0.00024	0.00161 *	-0.00159	0.00024	0.00161 *	0.0000000000
-0.00027	-0.00012	0.0003	-0.00027	-0.00012	0.0003	0.0000000000
0.00004	-0.00014	0.00015	0.00004	-0.00014	0.00015	0.0000000000
0.00026	-0.00012	0.00028	0.00026	-0.00012	0.00028	0.0000000000
0.00019	-0.00011	0.00021	0.00019	-0.00011	0.00021	0.0000000000
-0.00055	0.00002	0.00055	-0.00055	0.00002	0.00055	0.0000000000
-0.00022	-0.00006	0.00023	-0.00022	-0.00006	0.00023	0.0000000000
0.00043	-0.00016	0.00046	0.00043	-0.00016	0.00046	0.0000000000
0.00081	-0.00016	0.00083	0.00081	-0.00016	0.00083	0.0000000000
-0.00009	0.00036	0.00037	-0.00009	0.00036	0.00037	0.0000000000
-0.00007	-0.00004	0.00008	-0.00007	-0.00004	0.00008	0.0000000000
-0.00066	-0.00065	0.00093	-0.00066	-0.00065	0.00093	0.0000000000
0.00008	-0.00002	0.00008	0.00008	-0.00002	0.00008	0.0000000000
0.00036	0.00004	0.00037	0.00036	0.00004	0.00037	0.0000000000
-0.00013	-0.00019	0.00023	-0.00013	-0.00019	0.00023	0.0000000000
0.00002	0.00029	0.00029	0.00002	0.00029	0.00029	0.0000000000
0.00056	0.00064	0.00085	0.00056	0.00064	0.00085	0.0000000000
0.00039	-0.00037	0.00054	0.00039	-0.00037	0.00054	0.0000000000
0.00002	0.00021	0.00021	0.00002	0.00021	0.00021	0.0000000000
-0.00014	-0.00002	0.00014	-0.00014	-0.00002	0.00014	0.0000000000
0.00016	0.00022	0.00027	0.00016	0.00022	0.00027	0.0000000000
-0.00006	0.00026	0.00027	-0.00006	0.00026	0.00027	0.0000000000
0.00014	-0.00005	0.00015	0.00014	-0.00005	0.00015	0.0000000000
0.00039	-0.00031	0.0005	0.00039	-0.00031	0.0005	0.0000000000

-0.00015	0.0002	0.00025		-0.00015	0.0002	0.00025		0.0000000000
-0.00006	0.00013	0.00014		-0.00006	0.00013	0.00014		0.0000000000
0.00121	0.00089	0.0015	*	0.00121	0.00089	0.0015	*	0.0000000000
-0.00037	0.00078	0.00086		-0.00037	0.00078	0.00086		0.0000000000
0.00016	0.00029	0.00033		0.00016	0.00029	0.00033		0.0000000000
-0.00053	-0.00038	0.00066		-0.00053	-0.00038	0.00066		0.0000000000
0	-0.00042	0.00042		0	-0.00042	0.00042		0.0000000000
0.00046	-0.00015	0.00048		0.00046	-0.00015	0.00048		0.0000000000
-0.00077	0.0004	0.00087		-0.00077	0.0004	0.00087		0.0000000000
0.00028	-0.00022	0.00035		0.00028	-0.00022	0.00035		0.0000000000
0.0001	0.00039	0.0004		0.0001	0.00039	0.0004		0.0000000000
-0.00112	0.00016	0.00113		-0.00112	0.00016	0.00113		0.0000000000
0.00004	-0.00018	0.00019		0.00004	-0.00018	0.00019		0.0000000000
0.00068	0.00019	0.00071		0.00068	0.00019	0.00071		0.0000000000
0.00072	0	0.00072		0.00072	0	0.00072		0.0000000000
0.00041	-0.00026	0.00049		0.00041	-0.00026	0.00049		0.0000000000
0.00103	0.00022	0.00105		0.00103	0.00022	0.00105		0.0000000000
0.00024	-0.00013	0.00028		0.00024	-0.00013	0.00028		0.0000000000
-0.0002	-0.00005	0.00021		-0.0002	-0.00005	0.00021		0.0000000000
-0.00012	-0.00013	0.00018		-0.00012	-0.00013	0.00018		0.0000000000
-0.00031	-0.00018	0.00036		-0.00031	-0.00018	0.00036		0.0000000000
-0.00009	-0.00011	0.00014		-0.00009	-0.00011	0.00014		0.0000000000
-0.00032	0.00032	0.00045		-0.00032	0.00032	0.00045		0.0000000000
-0.00092	0.00074	0.00118		-0.00092	0.00074	0.00118		0.0000000000
0.00009	0.00009	0.00013		0.00009	0.00009	0.00013		0.0000000000
-0.00003	0.00017	0.00017		-0.00003	0.00017	0.00017		0.0000000000
-0.0002	-0.00029	0.00035		-0.0002	-0.00029	0.00035		0.0000000000
-0.00014	-0.00072	0.00074		-0.00014	-0.00072	0.00074		0.0000000000
-0.00005	-0.00006	0.00008		-0.00005	-0.00006	0.00008		0.0000000000
-0.00028	0.00003	0.00028		-0.00028	0.00003	0.00028		0.0000000000
0.00002	0.00013	0.00014		0.00002	0.00013	0.00014		0.0000000000
0.00006	-0.00006	0.00009		0.00006	-0.00006	0.00009		0.0000000000
-0.00064	0.00012	0.00065		-0.00064	0.00012	0.00065		0.0000000000
-0.00011	-0.00011	0.00016		-0.00011	-0.00011	0.00016		0.0000000000
0.0003	-0.00004	0.0003		0.0003	-0.00004	0.0003		0.0000000000
-0.00034	-0.0002	0.00039		-0.00034	-0.0002	0.00039		0.0000000000
-0.00045	-0.00035	0.00057		-0.00045	-0.00035	0.00057		0.0000000000
-0.00067	0.0006	0.0009		-0.00067	0.0006	0.0009		0.0000000000
0.00043	-0.00043	0.00061		0.00043	-0.00043	0.00061		0.0000000000
-0.00032	0.00022	0.00039		-0.00032	0.00022	0.00039		0.0000000000
0.00022	-0.00008	0.00024		0.00022	-0.00008	0.00024		0.0000000000
0.00057	0.00088	0.00105		0.00057	0.00088	0.00105		0.0000000000
-0.00071	-0.00021	0.00074		-0.00071	-0.00021	0.00074		0.0000000000
0.00034	0.00011	0.00035		0.00034	0.00011	0.00035		0.0000000000
-0.00056	-0.00001	0.00056		-0.00056	-0.00001	0.00056		0.0000000000
0.00012	-0.0001	0.00016		0.00012	-0.0001	0.00016		0.0000000000

D. Testergebnisse «Filterfunktion»

Bedingung 1: Meridians are straight Latitudes are curved Poles are lines Map is axially symmetric with respect to the equator: No	
Soll <ul style="list-style-type: none"> • Albers Equal Area • Equidistant Conic • Lambert Conformal Conic 	Ist <ul style="list-style-type: none"> • Equidistant Conic • Lambert Conformal Conic • Albers Equal Area

Tabelle 7: Testergebnis Filter, «Kombinierte Netzgeometrieeigenschaften», Bedingung 1

Bedingung 2: Meridians are curved Latitudes are straight Poles are lines Map is axially symmetric with respect to the equator: Yes	
Soll <ul style="list-style-type: none"> • Apian Globular • Eckert IV • Eckert V • Eckert VI • Hatano Asymmetrical • Nell • Nell-Hammer • Wagner I • Wagner II • Winkel I 	Ist <ul style="list-style-type: none"> • Eckert IV • Eckert V • Eckert VI • Nell-Hammer • Nell • Wagner I • Wagner II • Winkel I • Apian Globular • Hatano Asymmetrical

Tabelle 8: Testergebnis Filter, «Kombinierte Netzgeometrieeigenschaften», Bedingung 2

Bedingung 3: Meridians are curved Latitudes are straight Poles are points Map is axially symmetric with respect to the equator: Yes	
Soll <ul style="list-style-type: none"> • Apian Globular II • Bacon Globular • Craster Paraboloc • Fahey • Fournier II • Mollweide • Ortelius Oval • Sinusoidal 	Ist <ul style="list-style-type: none"> • Apian Globular II • Fournier II • Sinusoidal • Craster Paraboloc • Fahey • Mollweide • Bacon Globular • Ortelius Oval

Tabelle 9: Testergebnis Filter, «Kombinierte Netzgeometrieeigenschaften», Bedingung 3

Bedingung 1: Year of map production: 500	
Soll	Ist
<ul style="list-style-type: none"> • Central Cylindrical • Equidistant Conic • Equidistant Cylindrical 	<ul style="list-style-type: none"> • Lambert Conformal Conic • Equidistant Cylindrical • Central Cylindrical

Tabelle 10: Testergebnis Filter, «Year of map production», Bedingung 1

Bedingung 2: Year of map production: 1600	
Soll	Ist
<ul style="list-style-type: none"> • Apian Globular I • Apian Globular II • Bacon Globular • Central Cylindrical • Equidistant Conic • Equidistant Cylindrical • Mercator • Ortelius Oval • Sinusoidal 	<ul style="list-style-type: none"> • Equidistant Conic • Equidistant Cylindrical • Mercator • Central Cylindrical • Apian Globular II • Sinusoidal • Apian Globular I • Bacon Globular • Ortelius Oval

Tabelle 11: Testergebnis Filter, «Year of map production», Bedingung 2

Bedingung 3: Year of map production: 1900	
Soll (alle ausser)	Ist (alle ausser)
<ul style="list-style-type: none"> • Fahey • Hatano Asymmetrical • Loximuthal • Miller Cylindrical I • Wagner II • Wagner III 	<ul style="list-style-type: none"> • Miller Cylindrical I • Fahey • Loximuthal • Wagner II • Wagner III • Hatano Asymmetrical

Tabelle 12: Testergebnis Filter, «Year of map production», Bedingung 2

E. Verbesserungsvorschläge für den MapAnalyst

Einleitung

Während der Arbeit mit MapAnalyst konnten mehrere kleine Schwachstellen der Applikation bezüglich des Umgangs mit Passpunkten ausgemacht werden. Diese erschweren die Arbeit. Die Behebung der folgenden drei Probleme wäre wünschenswert.

Automatisches Verlinken

Nachdem die Passpunkte gesetzt sind, muss für jedes Paar der Button «Link» geklickt werden. Der Vorteil davon ist, dass zuerst alle Punkte in der alten Karte und dann die entsprechenden in der neuen Referenzkarte gesucht werden können. Sind alle Punkte gesetzt, werden in der Gesamtansicht homologe Punkte ausgewählt und verknüpft. Wenn man hingegen einen Punkt zuerst in der alten und dann in der neuen Karte markieren will, muss immer an den Link-Button gedacht werden.

Eine Möglichkeit nicht auf den Vorteil verzichten zu müssen und trotzdem nicht immer an den Link-Button denken zu müssen, wäre, den zweiten Punkt mit einem Doppelklick setzen zu können. Dabei würde auch gleich ein Eingabefenster für den Namen des Punktes erscheinen.

Werkzeuge vereinen

Es gibt drei Werkzeuge, um mit einem Passpunkt zu arbeiten. Mit einem Werkzeug kann man Markierungen setzen, eines ist zum Auswählen eines gesetzten Punktes und mit dem dritten kann der Punkt verschoben werden. Hat man einen Punkt am falschen Ort gesetzt und will ihn verschieben, so muss man zuerst das Auswahlwerkzeug nehmen und dann das Werkzeug zum Verschieben eines Punktes.

Es wäre angenehmer, wenn es nur ein Punkte-Werkzeug gäbe. Mit einem Klick können neue Punkte gesetzt werden. Falls sich innerhalb einer Snap-Distanz bereits ein Punkt befindet, wird dieser ausgewählt und kein neuer gesetzt. Das Snapping könnte natürlich auch ausgeschaltet werden, damit auf engem Raum mehrere Punkte markiert werden können. Ist ein Punkt ausgewählt, kann er mittels Drag and Drop verschoben werden.

Punkte Löschen

Um einen Punkt zu löschen, muss er angewählt und in der Menüliste unter «Edit» gelöscht werden. Das ist recht aufwändig. Viel einfacher wäre es, mit der Delete-Taste den Punkt löschen zu können.