

Evaluation von kartografischen Werkzeugen in ArcGIS zur Erstellung von topografischen Karten



Masterarbeit von Melanie Wildi

eingereicht am Geographischen Institut der Universität Zürich

Abteilung Geographische Informationssysteme

Abgabe: 31.1.2013

Betreuung:

Prof. Dr. Robert Weibel, Geographisches Institut der Universität Zürich

Dr. Christian Häberling & Samuel Wiesmann, Institut für Kartografie und

Geoinformation der ETH Zürich

Evaluation von kartografischen Werkzeugen in ArcGIS zur Erstellung von topografischen Karten

Masterarbeit (GEO511) von Melanie Wildi

eingereicht am Geographischen Institut der Universität Zürich

Abteilung Geographische Informationssysteme

Abgabe: 31.1.2013

Matrikelnummer: 05712237

Betreuung und Fakultätsvertretung:

Prof. Dr. Robert Weibel, Geographisches Institut der Universität Zürich

Betreuung Institut für Kartografie und Geoinformation der ETH Zürich:

Dr. Christian Häberling & Samuel Wiesmann

Wolfgang-Pauli-Strasse 15

8093 Zürich

Kontakt:

Melanie Wildi

Oberdorf 4

5102 Rapperswil

mewi@gmx.net

Zusammenfassung

In der Kartografie ist ein Wandel von der rein grafischen digitalen Kartografie in die datenbasierte GIS-Kartografie zu beobachten. ESRI hat den Bedarf an kartografischen Funktionen in GIS-Software erkannt und vor einigen Jahren kartografische Repräsentationen in ihrem GIS-Softwarepaket ArcGIS eingeführt. Repräsentationen bieten eine datenbankgestützte, regelbasierte Symbolisierung von Geoobjekten, zusammen mit der Möglichkeit, für einzelne Objekte Ausnahmen von den Repräsentationsregeln zu generieren. Dabei kann die Originalgeometrie auch erhalten bleiben, wenn ein Objekt in seiner Position verschoben wird. ArcGIS stellt zudem weitere Werkzeuge für die kartografische Feinbearbeitung bereit.

In dieser Masterarbeit soll gezeigt werden, wie gut sich der Einsatz von Repräsentationen und kartografischen Geoverarbeitungswerkzeugen im Softwarepaket ArcGIS 10.0 von ESRI eignet, um zweckmässige topografische Karten zu gestalten. Dazu wurde auf Grundlage von aus Literatur zusammengetragenen Gestaltungsgrundsätzen ein Kriterienkatalog für die Evaluation von Repräsentationen und kartografischen Werkzeugen erstellt. Diese Evaluation wurde anhand der Gestaltung von Ausschnitten einer topografischen Karte von der griechischen Insel Nisyros durchgeführt.

In einer Expertenbefragung wurden zudem die kartografischen Ergebnisse beurteilt. Aus diesen Erkenntnissen wurden einerseits Rückschlüsse auf die Eignung von Repräsentationen und Werkzeugen aus der Cartography-Toolbox gezogen, andererseits Verbesserungsideen für die Fertigstellung der topografischen Karte von Nisyros erhalten.

Die Ergebnisse der von der Autorin durchgeführten Evaluation und der Expertenbefragung zeigen, dass mittels Repräsentationen qualitativ hochstehende Symbolisierungen erstellt werden können. Bei den kartografischen Werkzeugen zeigt sich ein differenziertes Bild. Während kartografische Tools zur Generalisierung von Linien gute Resultate liefern, erfordert die Verwendung von Werkzeugen zur Gebäudegeneralisierung aufwändige manuelle Nachbearbeitung. Weitere Werkzeuge aus der Cartography-Toolbox bieten gut funktionierende, interaktive teilautomatisierte Bearbeitungsmöglichkeiten.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich der Einsatz von Repräsentationen und kartografischen Werkzeugen in ArcGIS 10.0 trotz einigen Mängeln eignet, um zweckmässige kartografische Karten zu erstellen. Es bleibt zu hoffen, dass die kartografischen Geoverarbeitungswerkzeuge und insbesondere die Werkzeuge zur Gebäudegeneralisierung in den nächsten Jahren noch weiter verbessert werden.

Danksagung

Ich möchte mich ganz herzlich bei meinen Betreuern Robert Weibel, Christian Häberling und Samuel Wiesmann für die hilfreiche Unterstützung während dieser Arbeit bedanken.

Weiter bedanke ich mich bei:

- Lorenz Hurni für die Ermöglichung dieser Arbeit und für ein spannendes Untersuchungsgebiet.
- Hans-Uli Feldmann, Heinz Weber, Ernst Spiess, Regula Spiess und Stefan Arn für die Teilnahme am Experteninterview.
- Volker Dietrich für die inhaltlichen Tipps für die geplante Fertigstellung der topografischen Karte von Nisyros
- David Burkhard für die emotionale Unterstützung während der Arbeit, für das Durchlesen der Arbeit und guten Ratschläge.
- Meinen Eltern für die Ermöglichung des Studiums.

Persönliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und die den verwendeten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Rapperswil, 30.01.2013

Melanie Wildi

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	I
Danksagung	II
Persönliche Erklärung	III
1 Einführung	1
1.1 Ausgangslage und Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung.....	2
1.3 Abgrenzung des Untersuchungsrahmens	2
1.4 Struktur der Arbeit.....	3
2 Theoretische und arbeitstechnische Grundlagen.....	5
2.1 Stand der Forschung (Forschungskontext)	5
2.1.1 Datenbankbasierte GIS-Kartografie	5
2.1.2 Realisierung eines GIS-basierten Kartenproduktionssystem bei der swisstopo	6
2.1.3 Automatisierte Generalisierung	7
2.1.4 Fazit	10
2.2 Kartografische Repräsentationen	11
2.2.1 Einführung.....	11
2.2.2 Komponenten der Repräsentationssymbologie.....	11
2.2.3 Erstellen und Bearbeiten von Repräsentationen	14
2.2.4 Overrides	14
2.2.5 Freie Repräsentationen	16
2.3 Kartografische Tools in ArcGIS	16
2.4 Arbeitstechnische Grundlagen.....	22
2.4.1 Verwendete Hardware und Software.....	22
2.4.2 Untersuchungsgebiet.....	22
2.4.3 Datengrundlage	23
3 Kartografische Gestaltungsgrundsätze für topografische Karten.....	25
3.1 Allgemeines	25
3.2 Grafische Differenzierbarkeit und Lesbarkeit	25
3.3 Informationsdichte	26
3.4 Kartografische Generalisierung	26
3.4.1 Definition Generalisierung	26
3.4.2 Generalisierungsoperationen	27

3.5	Grafische Minimaldimensionen.....	29
3.5.1	Empfohlene Minimaldimensionen für Punktsignaturen	30
3.5.2	Empfohlene Minimaldimensionen für Liniensignaturen	30
3.5.3	Empfohlene Minimaldimensionen für Flächensignaturen.....	31
3.6	Farben.....	32
3.7	Symbolisierung	34
3.7.1	Punktsymbole	35
3.7.2	Linien	35
3.7.3	Flächen und Flächenmuster	35
3.8	Kartenbeschriftung.....	36
3.8.1	Typografie	36
3.8.2	Schriftplatzierung	36
3.9	Kartenrandangaben	38
3.9.1	Legende	38
3.9.2	Kartenrandangaben	38
4	Methodik	40
4.1	Überblick über das gewählte Vorgehen.....	40
4.2	Einarbeitung in die Software.....	41
4.3	Selektion der Anforderungen	41
4.3.1	Anforderungen an topografische Karte.....	41
4.3.2	Auswahl der Testgebiete für die Evaluation	42
4.3.3	Selektion der kartografischen Werkzeuge.....	42
4.4	Evaluation der Repräsentationen und kartografischen Geoverarbeitungswerkzeuge	44
4.4.1	Ausarbeitung der Evaluationskriterien.....	44
4.4.2	Auswertung der Evaluation.....	44
4.5	Expertenbefragung zur Beurteilung der kartografischen Ergebnisse.....	45
4.5.1	Expertenbefragung als Methode zur qualitativen Datenerhebung	45
4.5.2	Durchführung der Expertenbefragung	45
4.6	Weiteres Vorgehen	46
5	Evaluationskriterien für die Qualitätsbeurteilung	47
5.1	Beurteilungskriterien Repräsentationen	47
5.1.1	Grundsätzliche Anforderungen.....	47
5.1.2	Beurteilungskriterien	48
5.2	Beurteilungskriterien Generalisierung	51

5.2.1	Grundsätzliche Anforderungen	51
5.2.2	Beurteilungskriterien	52
5.3	Beurteilungskriterien Kartografische Geoverarbeitungswerkzeuge	54
5.3.1	Grundsätzliche Anforderungen	54
5.3.2	Beurteilungskriterien	55
6	Erstellung einer topografischen Karte	57
6.1	Datenvorverarbeitung	57
6.1.1	Digitalisierung fehlender Daten.....	57
6.1.2	Organisation der Datenstruktur	58
6.1.3	Überprüfung und Bereinigung der Topologie	59
6.2	Symbolisierung der GIS-Daten mit Repräsentationen	59
6.2.1	Landnutzung	59
6.2.2	Zeitweise wasserführende Flüsse	62
6.2.3	Strassen.....	62
6.2.4	Infrastruktur.....	64
6.2.5	Gebäude	66
6.2.6	Religiöse Einrichtungen	67
6.2.7	Höhenkoten.....	67
6.3	Generalisierung der Strassen	68
6.3.1	Vereinfachen der Strassen	68
6.3.2	Glätten der Strassen	69
6.4	Generalisierung der Gebäude	70
6.4.1	Gebäude zusammenfassen.....	70
6.4.2	Vereinfachung von Gebäuden	71
6.5	Feinbearbeitung mit kartografischen Geoverarbeitungswerkzeugen	72
6.5.1	Feinbearbeitung Gebäude	72
6.5.2	Sackgassen und Strassenverbindungen	73
6.5.3	Ausrichtung der Reservoirs an die Strassen	73
6.5.4	Höhenlinien	74
6.6	Beschriftung mittels Annotations	74
6.7	Schattiertes Relief.....	75
7	Resultate eigene Qualitätsbeurteilung	76
7.1	Qualitätsbeurteilung der Repräsentationen und kartografischen Tools	76
7.2	Handhabung der Generalisierungstools	82

7.3	Handhabung der kartografischen Tools	86
7.4	Weitere Erkenntnisse.....	88
8	Expertenbefragung	89
8.1	Vorbereitung	89
8.1.1	Befragungsgegenstände.....	89
8.1.2	Auswahl von Experten und Kontaktaufnahme.....	89
8.1.3	Interviewleitfaden.....	89
8.2	Durchführung der Experteninterviews	91
8.2.1	Kontaktaufnahme mit Experten	91
8.2.2	Interviewmaterial und Hilfsmittel.....	92
8.2.3	Durchführung der Befragung	92
8.3	Ergebnisse der Befragung	92
8.3.1	Einstiegsfragen	93
8.3.2	Teil 1: Lesbarkeit und Verbesserungsvorschläge	93
8.3.3	Teil 2: Generalisierungsgrad und benötigte manuelle Korrekturen.....	96
8.3.4	Abschlussfragen GIS-Kartografie	100
9	Diskussion der Ergebnisse	102
9.1	Rückschlüsse auf Verwendung von kartografischen Tools in GIS-Software	102
9.1.1	Kartografische Repräsentationen	102
9.1.2	Generalisierung	102
9.1.3	Kartografische Werkzeuge	103
9.1.4	Erfüllung der von Experten aufgestellten Anforderungen an kartografische Tools	103
9.2	Erkenntnisse aus der Evaluation	103
9.2.1	Erkenntnisse aus der Qualitätsbeurteilung der kartografischen Werkzeuge im Gestaltungsprozess	103
9.2.2	Erkenntnisse aus der Expertenbefragung	104
9.2.3	Massnahmen für die Überarbeitung der topografischen Karte von Nisyros.....	104
10	Schlussfolgerungen und Ausblick.....	105
10.1	Zusammenfassung	105
10.2	Schlussfolgerungen	105
10.3	Ausblick.....	106
11	Literatur.....	107
12	Abbildungsverzeichnis.....	111
Anhang	113
	Anhang A.....	114

Anhang B	116
Anhang C	117
Anhang D	122
Anhang E	123
Anhang F	124
Anhang G.....	134

1 Einführung

1.1 Ausgangslage und Problemstellung

Seit einigen Jahren befindet sich die Kartografie im Umbruch. Es ist ein Trend zu beobachten von der traditionellen Papierkarte hin zu digitalen, interaktiven Karten, welche einem breiten Nutzerkreis zur Verfügung stehen. Bei den meist thematischen Karten können die Nutzer nicht nur von Inhalten und umfassenden Funktionen profitieren, sie können auch oft zusätzliche Inhalte selber generieren.

Der Wandel in der Kartografie macht auch vor der klassischen topografischen Karte nicht Halt. Topografische Karten werden nach wie vor zu Orientierungszwecken, für Infrastrukturplanungen oder als Grundlagen für thematische Karten benötigt. Moderne topografische Karten sind Produkte komplexer Herstellungsprozesse. Einige Teilprozesse in der Kartenherstellung wurden in den letzten Jahrzehnten (teil-)automatisiert und vereinfacht (z.B. Generalisierung von Reliefschattierung (Leonowicz et al., 2010) und Gerölldarstellung (Jenny et al., 2010)). Ein grosses Potential der Effizienzsteigerung steckt zudem in der Kartengrafik. Das Bedürfnis nach Effizienz in der Datenverarbeitung bei möglichst geringem personellen und finanziellen Aufwand fördern die Weiterentwicklung der modernen Kartografie unter Einsatz von Geografischen Informationssystemen (GIS).

Gemäss Hardy et al. (2005) ist es bei Kartenproduzenten heute oft üblich, räumliche Daten in einem GIS zu erstellen, zu bearbeiten und danach die gewünschte Auswahl an Daten in ein Grafikformat zu exportieren. Die im GIS nur grob symbolisierten Daten werden danach in Grafiksoftwarepaketen einer kartografischen Feinbearbeitung unterzogen. Dieses Vorgehen sei gemäss Hardy et al. (2005) nicht nur zeitintensiv, es sei auch ineffizient und teuer. Die Wahl dieses Vorgehens ist begründet durch die besseren Möglichkeiten der individuellen Objektbearbeitung in einer Grafiksoftware im Vergleich mit GIS. In GIS können Objekte üblicherweise nur basierend auf Eigenschaftsattributen (z.B. Strassentyp, Landnutzungstyp) oder geografischen Attributen (z.B. Flächen klassiert nach Grösse) symbolisiert und bearbeitet werden. Der Einsatz einer reinen GIS-Lösung in der Gestaltung von topografischen Karten bietet dennoch einige Vorteile gegenüber dem Einsatz von rein grafisch basierten kartografischen Produktionssystemen oder der zuvor erwähnten Kombinationslösung mit GIS zur Datenbearbeitung und Grafiksoftware zur kartografischen Gestaltung. So können in GIS für Vektordaten semantische Beschreibungen und weitere Daten in Attributen gespeichert werden. Des Weiteren bleibt auch der Raumbezug in den kartografischen Objekten in einem GIS bestehen, was die Nachführung von Objekten massgeblich vereinfacht.

Vor einigen Jahren hat die Firma ESRI den Bedarf an kartografischen Funktionen in GIS-Software erkannt und entwickelte für das Softwarepaket ArcGIS (Version 9.2) erste Tools für das kartografische Arbeiten mit GIS. Diese wurden seither stetig weiterentwickelt. Mittels sogenannten kartografischen Repräsentationen, in Englisch genannt «feature class representations», kann die kartografische Darstellung von Objekten (=Features) anhand von Regeln angepasst werden, wobei

die Originalgeometrie unabhängig von der aktuellen Darstellung gespeichert werden kann. Das Repräsentationskonzept bietet nun explizit die Möglichkeit, neben der Bearbeitung von Objektklassen auch einzelne Objekte individuell in Geometrie und grafischer Ausprägung anzupassen. ArcGIS stellt weitere unterstützende kartografische Werkzeuge bereit, welche unter anderem zur Generalisierung, Bearbeitung von Symbolausrichtung und Symbolverteilung oder zur Lösung von Grafikkonflikten dienen.

Bis heute wird noch oft Grafiksoftware für die Bearbeitung von Karten eingesetzt, wenn auch zum Teil in Kombination mit GIS. Unter Kartografen macht sich noch oft die Meinung breit, GIS-Software sei für die kartografische Bearbeitung ungeeignet, da die Gestaltungsmöglichkeiten zu beschränkt sind und die geforderten Qualitätsstandards der Kartografie nicht eingehalten werden können.

Es stellt sich daher folgende **Forschungsfrage**:

Wie gut eignet sich der Einsatz von Repräsentationen und weiteren kartografischen Funktionen im Softwarepaket ArcGIS 10.0, um zweckmässige topografische Karten zu gestalten?

Zur Klärung dieser Forschungsfrage ergeben sich inhaltliche und methodische Aspekte, welche beginnend mit der Zielsetzung im weiteren Verlauf dieses Kapitels dargelegt werden.

1.2 Zielsetzung

In dieser Masterarbeit soll gezeigt werden, wie gut sich der Einsatz von Repräsentationen im Softwarepaket ArcGIS 10.0 von ESRI eignet, um zweckmässige topografische Karten zu gestalten.

Mit vorhandenen GIS-Daten der griechischen Insel Nisyros soll dazu eine topografische Karte im Massstab 1:25'000 (bzw. Ausschnitte davon) erstellt werden, um die Eignung der Repräsentationen aufzuzeigen. Zur Gestaltung der Karte und deren Elemente sollen zusätzlich die Funktionen aus der Cartography-Toolbox unterstützend eingesetzt werden. Die Evaluation der Repräsentationen und der Cartography-Toolbox erfolgt anhand von anerkannten kartografischen Gestaltungsgrundsätzen und mittels davon abgeleiteten Evaluationskriterien. Durch die Beurteilung der kartografischen Ergebnisse durch Kartografen mittels Experteninterviews soll auf die bestmögliche Eignung und sinnvolle Verwendungsmöglichkeiten der implementierten Repräsentationen und der Cartography-Toolbox geschlossen werden.

1.3 Abgrenzung des Untersuchungsrahmens

Der Schwerpunkt dieser Masterarbeit liegt also in der Evaluation der Repräsentationen und kartografischen Tools zur Erstellung einer topografischen Karte in der handelsüblichen und

aktuellen Version 10.0 von ArcGIS. Die Arbeit soll keine Schritt-für-Schritt-Anleitung geben, wie eine topografische Karte mit Repräsentationen erstellt werden kann. Tutorials bietet ESRI in der ArcGIS Online-Hilfebibliothek (ESRI, 2012) an. In der Masterarbeit von Samuel Romer (Romer, 2009) lässt sich zudem ein Handbuch zu Repräsentationen mit Übungsaufgaben finden. Romer hat eine Übersicht über die Möglichkeiten der Repräsentationen erstellt. Nun soll das Konzept vertieft getestet und bewertet werden. Zur Untersuchung sollen Ausschnitte einer topografischen Karte erstellt werden. Die Autorin konzentriert sich in dieser Arbeit auf die Software ArcGIS von ESRI. Vergleiche zwischen verschiedenen Softwarepaketen können in diesem Rahmen nicht durchgeführt werden. Dies könnte Gegenstand einer weiterführenden Arbeit sein.

1.4 Struktur der Arbeit

Nach dem einleitenden Kapitel 1 folgen in Kapitel 2 die theoretischen und arbeitstechnischen Grundlagen. Dazu gehört der Stand der Forschung, gefolgt von einer Einführung in die kartografischen Repräsentationen und einer Übersicht über kartografische Werkzeuge in ArcGIS 10.0. Danach erhält der Leser Auskunft über die arbeitstechnischen Grundlagen.

Kapitel 3 fasst anerkannte kartografische Gestaltungsgrundsätze zusammen und legt damit die Grundlage für die Evaluation der Repräsentationen und kartografischen Werkzeuge fest.

Kapitel 4 stellt die Methodik vor, mit welcher die Zielsetzungen der Masterarbeit erreicht werden sollen.

In Kapitel 5 wird schliesslich ein Kriterienkatalog aufgestellt, um die Repräsentationen und kartografischen Geoverarbeitungswerkzeuge anhand der Bearbeitung einer topografischen Karte am Beispiel der griechischen Insel Nisyros zu beurteilen.

Kapitel 6 dokumentiert den Arbeitsprozess anhand von vier Testgebieten, welche mit Hilfe von Repräsentationssymbologie, Generalisierung und kartografischer Feinbearbeitung mit Geoverarbeitungswerkzeugen in ArcGIS gestaltet werden.

Schliesslich folgt in Kapitel 7 die systematische Auswertung nach den definierten Testfällen.

Kapitel 8 widmet sich anhand einer Expertenbefragung der Evaluation der erstellten Kartenausschnitte. Das Kapitel behandelt das Vorgehen zur Entwicklung des Interviewleitfadens und erläutert die Durchführung. Anschliessend werden die Ergebnisse präsentiert.

In Kapitel 9 werden die Evaluation der Autorin und die Ergebnisse der Expertenbefragung einander gegenübergestellt und es werden Rückschlüsse auf die Verwendung von Repräsentationen und kartografischen Werkzeugen gezogen.

Die Arbeit endet mit den Schlussfolgerungen und einem Ausblick auf mögliche weitere Forschungsthemen.

2 Theoretische und arbeitstechnische Grundlagen

2.1 Stand der Forschung (Forschungskontext)

Dieser Abschnitt soll den Wandel von der rein grafischen digitalen Kartografie in die GIS-basierte Kartografie aufzeigen. Am Beispiel der swisstopo wird gezeigt, was die Beweggründe für ein GIS-basiertes Kartenproduktionssystem waren und wie es realisiert wurde. Abschnitt 2.1.1 dient dem Verständnis für das Bedürfnis von kartografischen Werkzeugen in GIS-Software.

Als weiterer Schwerpunkt wird in diesem Absatz die Automatisierung von Generalisierungsprozessen behandelt. Die Bestrebungen der Automatisierung gab es in diesem Bereich schon früh und es besteht weiterhin grosser Bedarf in der Forschung und Entwicklung von effizienten Generalisierungssystemen und -prozessen.

2.1.1 Datenbankbasierte GIS-Kartografie

Wie bereits in der Einleitung angesprochen, ist der Einsatz von Grafiksoftware in Kombination mit in GIS vorverarbeiteten Daten zur Kartenproduktion ineffizient und kostenintensiv. Gemäss Hardy et al. (2005) gehen die Sachattribute aus den GIS-Daten in der Grafiksoftware verloren und Aktualisierungen müssen in zwei verschiedenen Systemen nachgetragen werden. Es gibt zwar Lösungen in Form von Plugins (z.B. MAPublisher für Adobe Illustrator und Macromedia Freehand) für Vektorgrafiksoftware, welche Sachattribute übernehmen können (Hurni und Schneider, 2000), doch die oben genannten weiteren Nachteilen können auch diese nicht beheben.

Die Verwendung eines einzelnen Systems sowohl für die Datenerfassung und Nachführung von GIS-Daten als auch für die Kartenproduktion hat gemäss Hardy et al. (2005) folgende Vorteile:

- keine oder nur wenig Redundanz in den Daten;
- Sachattribute bleiben verfügbar (auch bei Aktualisierungen);
- ermöglicht einfachere inkrementelle Updates von Karten bei Aktualisierung der Quelldaten;
- vermeidet teure Aufbereitung von Korrekturen in verschiedenen Systemen.

Hardy et al. (2005) haben aus den Anforderungen der amtlichen Kartografie (National Mapping Agencies, NMA) und den Herausforderungen der Technik ein neues Konzept für kartografische Funktionen in GIS-Software aufgestellt. Dabei sollen zu den Objektklassen in einer Datenbank Zusatzinformationen hinzugefügt werden, womit neben Geoinformationen auch Regeln zur automatisierten Darstellung und Symbolisierungsausnahmen zu einzelnen Objekten gespeichert werden können. Dieses Konzept wurde später von ESRI im Softwarepaket ArcGIS umgesetzt und nennt sich Repräsentationskonzept. Wie dieses Konzept im Detail funktioniert, wird in Absatz 2.2 beschrieben. Auch die Automatisierung von weiteren kartografischen Verarbeitungsprozessen und Layoutdarstellungen sowie die Entwicklung von kartografischen Editiertools wurden im Rahmen des Repräsentationskonzepts behandelt (Hardy und Kressmann, 2005). Im folgenden Abschnitt

wird berichtet, wie die datenbankbasierte GIS-Kartografie in ArcGIS anhand eines Auftrags der swisstopo weiterentwickelt wurde.

2.1.2 Realisierung eines GIS-basierten Kartenproduktionssystem bei der swisstopo

Die swisstopo entschied vor einigen Jahren, ihre komplette Produktionsumgebung zu modernisieren. Bisher wurde ein CAD-System mit einer kartografischen Spezialsoftware für die Kartenproduktion verwendet (swisstopo, 2011). Das digitale Landschaftsmodell (DLM) wurde nach Neuffer et al. (2005) jeweils von der Landeskarte 1:25'000 abgeleitet (Abbildung 1). Das DLM war also bereits generalisiert, was eigentlich nicht der Sinn dieses Modells ist. Die Aktualität des DLM hinkte den Karten also jeweils hinterher und der Aktualisierungsaufwand war beträchtlich.

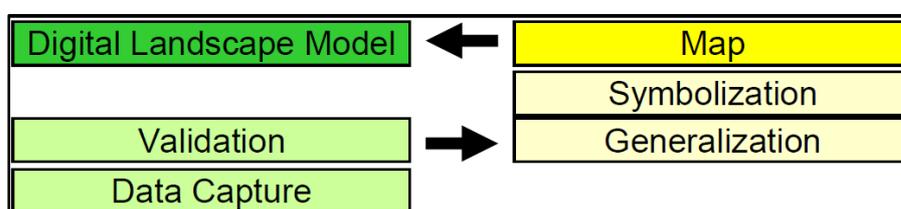


Abbildung 1: Traditioneller Produktionsablauf bei der swisstopo (Neuffer et al., 2005)

Die Kartenproduktion basierte jeweils auf Rasterdaten. Der Workflow sollte neu auf Vektordaten basieren und das DLM als Basis für die Kartenserien dienen. Als Ziele der Produktionsumstellung nennen Neuffer et al. (2005) zudem die schnellere Aktualisierung von DLM und Kartenprodukten, sowie genauere und aktuellere Daten. Der neue Produktionsablauf wird in Abbildung 2 verdeutlicht. Als DLM fungiert hier das TLM (Topografisches Landschaftsmodell der swisstopo). Aus dem TLM werden durch Anwendung der Auswahl-, Generalisierungs- und Symbolisierungsprozesse digitale kartografische Modelle (DKM) erstellt, woraus schliesslich Karten erstellt werden können. Das neue GIS-basierte kartografische Produktionssystem der swisstopo heisst Genius-DB und ist zuständig für die Verwaltung und Editierung der DKM (Eicher et al., 2010). Es basiert auf ArcGIS Desktop von ESRI. Dieses System verwendet kartografische Repräsentationen (vgl. Absatz 2.2 Feature-Class-Repräsentationen). Für das kartografische Arbeiten in ArcGIS hat ESRI weitere auf die swisstopo zugeschnittene Zusatztools

entwickelt, da die Standardtools den hohen Anforderungen der swisstopo nicht genügt haben. Weitere Anforderungen waren gemäss Eicher et al. (2010) unter anderem die Reduktion von Mausklicks für das Ausführen von Werkzeugen, sowie die Verringerung der Distanzen, welche mit der Maus zurückgelegt werden müssen. Es wurden auch kompaktere Menüfenster gewünscht, um mehr Platz für die Kartendarstellung zu haben. Zudem sollte die Qualitätskontrolle verbessert und generell Arbeitsabläufe beschleunigt werden. ESRI hat aufgrund dieser Bedürfnisse Zusatztools entwickelt, welche das effiziente, interaktive kartografische Editieren fördern und die Produktivität der Kartografen erhöhen sollen. Dazu gehört eine benutzerspezifische Editierumgebung mit speziellen Editiertools und Qualitätskontrollen. Bei den Editiertools wurden sogenannte «One Click Tools» integriert, wobei automatische und halbautomatische Prozesse auf ein ganzes Kartenblatt oder auch nur einzelne Objekte angewendet werden können. Die neuen Tools zur Qualitätskontrolle (QA-Tools) können Attributchecks durchführen, Geometrie und Topologie testen und grafische

Konflikte erkennen (Eicher et al., 2010). Genius DB ist nun seit Ende 2011 produktionsreif (ESRI, 2012c).

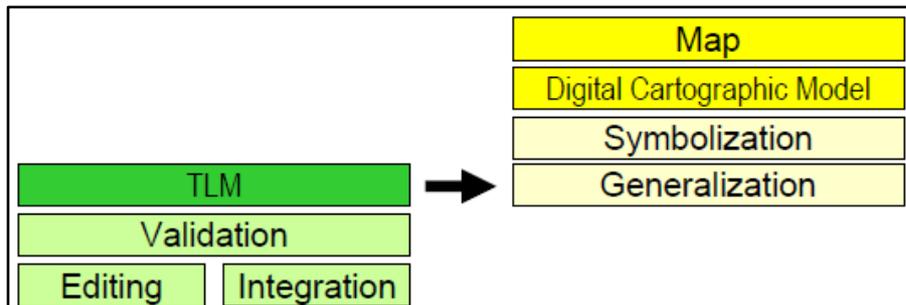


Abbildung 2: Neuer Produktionsablauf bei der swisstopo (Neuffer et al., 2005)

Die Erkenntnisse aus dem Projekt wurden inzwischen von ESRI für die Weiterentwicklung von Standardwerkzeugen und Softwarekomponenten der ArcGIS-Produktpalette verwendet. Einzelne Softwarekomponenten sind auch als Zusatzprodukte bei speziellen Bedürfnissen von ESRI erhältlich.

2.1.3 Automatisierte Generalisierung

Bestrebungen, den Generalisierungsprozess zu automatisieren, gibt es schon seit den Anfängen der digitalen Kartografie (Mackaness et al., 2007). Es wurde aber schon bald erkannt, dass es schwierig ist, das Generalisierungswissen von Kartografen zu formalisieren (Weibel et al., 1995). Um Generalisierungsalgorithmen oder Regeln zu formulieren, war es nötig, Methoden zu entwickeln, mit denen das Wissen bzw. die Überlegungen von Kartografen für eine Generalisierungsaufgabe von GIS-Spezialisten oder Programmierern richtig verstanden und umgesetzt werden konnten (Kilpeläinen, 2000).

Projekt AGENT (Automated Generalization New Technology)

Im AGENT-Projekt, das von 1997 bis 2000 durchgeführt wurde, waren Forscher aus Frankreich, Grossbritannien und der Schweiz (Geografisches Institut der Universität Zürich) dabei. Der Generalisierungsprozess in GIS-Software war bis anhin kompliziert und benötigte eine Mischung aus verschiedenen Methoden und Werkzeugen. Die Autoren Lamy et al. (1999) sowie Barrault et al. (2001) halten fest, dass bestehende Generalisierungstechniken wichtige Voraussetzungen für eine erfolgreiche Generalisierung bisher nicht berücksichtigten. Es sind dies die Abhängigkeiten der Objekte von einander und ihre Beziehungen. Weiter kritisieren sie, dass Generalisierungsalgorithmen isoliert statt kombiniert arbeiten und daher eine stark interaktive Umgebung und Benutzer mit umfangreichem kartografischem Wissen voraussetzen. Ziel des Projekts war daher die Entwicklung einer neuen Methode für die Generalisierung, basierend auf dem Ansatz eines Multiagentensystems.

Lamy et al. (1999) verweisen auf Luck (1997: 309), der die Funktionsweise eines Agenten wie folgt definiert: Ein Agent ist ein eigenständiges Programm, welches die Fähigkeit besitzt, seine eigenen

Entscheidungen und sein Verhalten, basierend auf seine Umgebungswahrnehmung, zu treffen. Bei mehr als einem Agenten wird von Multiagentensystemen (MAS) gesprochen. Gemäss Lamy et al. (1999) entspricht die Umgebung dabei der Karte. Ziel ist es, Darstellungsprobleme auf verschiedenen Massstabsebenen zu lösen. Die Agenten entsprechen den einzelnen Gestaltungsebenen. Es gibt also Agenten für die Mikroebene, welche sich auf das Einzelobjekt (z.B. Gebäude) konzentrieren, Mesoagenten, welche sich auf mehrere Objekte (z.B. Quartier) und ihre Beziehungen zueinander spezialisieren sowie Makroagenten, die sich auf ein grösseres Gebiet (z.B. Stadt oder ganze Karte) beziehen. Die Agenten arbeiten zusammen und teilen sich ihre Erfolge und Fehler mit. Ein Agent kann Objekte analysieren, diese bewerten und Generalisierungsaufgaben ausführen und diese danach wieder selbst bewerten. Auf der Mikroebene wird dazu ein auf Bedingungen basierender (constraint-based) Ansatz verwendet. Die Verwendung von MAS bietet eine neue Perspektive auf das Problem der automatisierten Generalisierung. Diese Perspektive kann helfen, den Generalisierungsprozess besser zu verstehen und modellieren zu können. Mit diesem System sollte es schliesslich möglich sein, Produkte unterschiedlicher Massstäbe aus einer einzigen Datenbank abzuleiten und dies mit möglichst wenig Benutzerinterventionen im Kartengestaltungsprozess. Der Ansatz aus dem AGENT-Projekt wurde nach Projektende mittels Tests von Prototypen, z.B. von Duchêne (2003) weiterverwendet. Er wurde in das kartografiesystem LAMPS2 der Firma LaserScan (heute 1Spatial) integriert, welche damit lange Zeit das führende automatische Generalisierungssystem anbot. Seit Mitte der 2000er Jahre wird das Kartografiesystem der Firma 1Spatial unter dem Namen Clarity angeboten.

EuroSDR-Projekt zum Stand der Technik der automatisierten Generalisierung

Von 2006 bis 2009 wurde in einem EuroSDR-Projekt (European Spatial Data Research Network) der Stand der Technik der automatisierten Generalisierung in kommerziellen Generalisierungssystemen untersucht (Stoter et al., 2010). Im Projektteam waren neben Forschungsinstituten auch nationale Vermessungsämter. Es fand auch eine Zusammenarbeit mit den Softwareproduzenten statt. Ziel der Studie war es, mehr über die Anforderungen der amtlichen Kartografie bzw. NMAs zu erfahren und die Möglichkeiten und Grenzen von kommerziell verfügbaren out-of-the-box Generalisierungssystemen aufzuzeigen. Nicht zuletzt ging es auch darum, Bereiche für die weitere Entwicklung, basierend auf den neusten Forschungsergebnissen, festzulegen.

Das Projekt bestand aus drei Teilen. In einem ersten Schritt wurden die Anforderungen, welche die Generalisierungssysteme zu erfüllen haben, mittels präzisen Constraints (= kartografische Bedingungen) definiert. Die Verwendung solcher Constraints wurde schon früher in der Generalisierungsforschung zur Definition von Bedingungen und zur Kontrolle und Bewertung des Generalisierungsprozesses verwendet (erstmalig durch Beard, 1991). Zudem wurden in dieser Phase die Evaluationsmethoden erarbeitet (z.B. Schmid, 2008).

In der zweiten Projektphase wurden die Generalisierungstests von den Mitgliedern des Projektteams an out-of-the-box Generalisierungssystemen ausgeführt. Zu den getesteten Produkten gehörten ArcGIS von ESRI, Clarity von 1Spatial, Genesys von Axes Systems AG und Change/Push/Typify der Universität Hannover. Auch die Produzenten dieser Systeme wurden

eingeladen, dieselben Testfälle durchzuführen, wobei sie die Systeme jedoch auch weiterentwickeln durften.

In der letzten Projektphase wurden die Ergebnisse der Tests ausgewertet. Dabei kamen drei verschiedene Evaluierungsmethoden zum Einsatz (vgl. Schmid et al., 2008):

- **Automatisierte Constraint-basierte Evaluierung:** Resultate von ausgewählten Situationen und Constraints wurden quantitativ mit den kartografischen Constraints verglichen. Die Differenz zwischen den Resultaten und den Bedingungen (= Constraints) wurden in qualitative Werte umgewandelt (siehe auch Stoter et al., 2009).
- **Vergleichende Evaluierung:** Generalisierungsergebnisse, welche von unterschiedlichen Systemen und Testern für einen bestimmten Testfall generiert wurden, wurden miteinander verglichen.
- **Expertenevaluierung:** Die Generalisierungsergebnisse wurden mit den zu Beginn formulierten kartografischen Constraints verglichen und visuell bewertet.

Das Evaluationsverfahren wird in Burghardt et al. (2008) oder Stoter et al. (2010) im Detail erläutert. Stoter et al. (2010) stimmen überein, dass alle getesteten Systeme für die automatisierte Generalisierung geeignet sind. Keine Software erreichte jedoch in allen Bereichen gute Resultate. Es gibt überall Verbesserungsmöglichkeiten, die zum Teil bereits von den Softwareproduzenten umgesetzt wurden (in ArcGIS sind das z.B. Algorithmen für die Elimination von Gebäuden, sowie die Methode der Verdrängung). Für die nationalen Vermessungsämter sind statt out-of-the-box-Systemen zurzeit jedoch noch aufwändige und teure, massgeschneiderte zusätzliche Lösungen für die Generalisierung nötig.

Stoter et al. (2010) sind zufrieden, dass durch das Projekt der Wissensaustausch zwischen Forschern, der amtlichen Kartografie (NMAs) und Softwareproduzenten angeregt wurde. Dieser Wissensaustausch bleibt nach wie vor wichtig, um Fortschritte in der Automatisierung der Generalisierung zu erreichen. Das methodische Vorgehen zur Definition von Kartenspezifikationen für die automatische Generalisierung ist gemäss Autoren des EuroSDR-Projektreports (Stoter et al., 2010) ein wichtiger Beitrag. Dieser Ansatz wird daher in der zukünftigen Forschung weiter verfolgt.

CollaGen-Modell

Touya und Duchêne (2011) haben erkannt, dass in den letzten Jahren schon viele Prozesse zur automatischen kartografischen Generalisierung entwickelt wurden, wobei sich jeder Prozess mehr oder weniger auf ein bestimmtes Problem konzentriert. Seien dies z.B. Landschaftsmuster (z.B. ländliche und städtische Gebiete), spezifische Datentopics wie Strassen, Gebäude oder Landnutzung, kartografische Konflikte (z.B. Symbolüberlappung) oder eine Mischung aus allem. Die Autoren haben jedoch festgestellt, dass es keine Generalisierungsprozesse gibt, welche die Generalisierung einer Karte in ihrer Gesamtheit ermöglichen. Statt dass die Autoren einen weiteren Generalisierungsprozess entwickelten, welcher diesem Umstand gerecht werden kann, haben sie sich entschlossen, die existierenden Generalisierungsprozesse zu verwenden und sie zusammenarbeiten lassen. Aus dieser Idee entstand das CollaGen-Modell, dessen Namen als Abkürzung

vom englischen Begriff 'Collaborative Generalisation' (CG) hervorgeht. Ziel des CG-Ansatzes ist das Erreichen einer Zusammenarbeit von früher entwickelten Generalisierungsprozessen für die korrekte Generalisierung einer gesamten Karte.

CollaGen kann als Prozess mit sechs Schritten angesehen werden (siehe Abbildung 3). Im ersten Schritt werden die Daten gemäss Touya und Duchêne (2011) in geografische Räume (z.B.

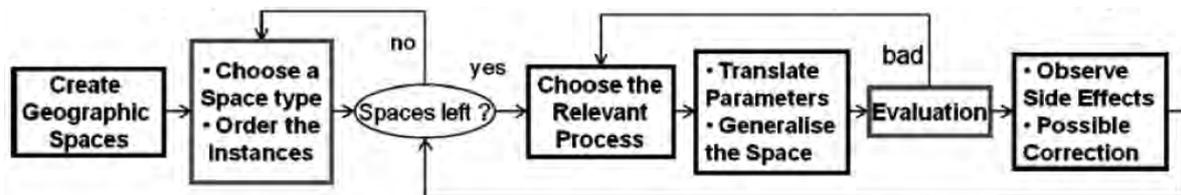


Abbildung 3: CollaGen Workflow in sechs Schritten (Touya und Duchêne, 2011)

Stadtgebiet, ländliches Gebiet, Strassennetzwerk) aufgeteilt. Damit kann einerseits die Verwendung der entsprechenden Generalisierungsmethode optimiert werden, andererseits wird durch das Aufteilen der Daten auch das Verarbeiten von sehr grossen Datensätzen verhindert. Im zweiten Schritt wird einer der zuvor definierten Räume ausgewählt und der dazu passende Generalisierungsprozess gesucht, indem die Spezifikationen des definierten Raumes mit der formalen Prozessbeschreibung verglichen werden. Anschliessend wird der Prozess parametrisiert. Für jeden Generalisierungsprozess gibt es eine Übersetzungsfunktion, welche die Randbedingungen (Constraints) und Bearbeitungsregeln in die spezifischen Parameter des Prozesses übersetzt. Nach der Generalisierung gibt es eine Evaluation, wobei geprüft wird, ob die Spezifikationen erfüllt und die Generalisierung korrekt durchgeführt wurde. Zum Schluss wird zudem getestet, ob die Generalisierung neue Konflikte erzeugt hat. Diese Konflikte, auch «side effects» (Nebeneffekte) genannt, können am Rande des gewählten Raumes infolge der Generalisierung zur benachbarten Zone auftreten. Ein Beispiel ist eine Gebäudeüberlappung entlang von Zonengrenzen. Falls solche Konflikte gefunden werden, müssen sie zuerst korrigiert werden. Danach startet der Prozess erneut mit der Auswahl des nächsten Raumes für die Generalisierung. Touya und Duchêne (2011) haben das CollaGen-Modell bereits erfolgreich getestet. Sie sind zum Schluss gekommen, dass die side-effects-Korrektur weiter erforscht werden muss, damit herausgefunden werden kann, wie weit die Korrekturen gemacht werden können, ohne dass das zuvor Generalisierte wieder rückgängig gemacht wird.

Die oben besprochenen Ansätze und Softwaresysteme unterscheiden sich grundsätzlich vom in dieser Arbeit verwendeten Ansatz, indem in ArcGIS einzelne Generalisierungswerkzeuge unter interaktiver Kontrolle ausgelöst und angewendet werden, statt eine möglichst automatische Generalisierung zu bezwecken (wie bei AGENT, Clarity und CollaGen).

2.1.4 Fazit

Besonders der Aspekt der Formalisierung von Generalisierungswissen in sogenannte Constraints ist für diese Arbeit von Bedeutung, denn für die Evaluation der Repräsentationen und kartografischen Geoverarbeitungswerkzeugen ist die Formalisierung von Anforderungen in Bedingungen ein

wichtiger Prozess. Die Erkenntnisse aus dem Constraint-basierten Evaluationsverfahren von Generalisierungssystemen bieten hinsichtlich der Entwicklung einer Methodik für das Evaluationsverfahren dieser Arbeit eine erste Grundlage.

2.2 Kartografische Repräsentationen

2.2.1 Einführung

Das traditionelle Symbologiemodell in ArcGIS speichert die Symbolisierung von Feature-Classes in separaten Style-Files. Feature-Classes sind dabei definiert als Sammlung von einzelnen Objekten eines einzigen Geometrietyps in einem Layer mit denselben Attributen bzw. meistens zu einem gemeinsamen Thema. Um die symbolisierte Darstellung von Feature-Classes zu behalten, muss entweder ein ArcGIS Kartendokument (*.mxd-Datei) gespeichert oder für jede Feature-Class im Dokument eine Legendendatei (*.lyr-Datei) erstellt werden.

Feature-Class-Repräsentationen (dt. Abkürzung: Repräsentationen, engl.: Representations) sind für Kartenprodukte, bei denen hohe kartografische Qualität gefordert ist, die bessere Symbolisierungslösung. Sie ermöglichen die Symbolisierung von Features (räumliche Objekte) in ArcGIS, wobei die kartografische Symbolisierungsinformation zusammen mit der räumlichen Geoinformation als Feature-Class in einer Datenbank gespeichert wird (ESRI, 2008). Repräsentationen werden in der Feature-Class selbst und in Systemtabellen innerhalb der Geodatabase gespeichert. Unterstützte Datenformate sind Feature-Classes in einer Personal-, File- oder ArcSDE-Geodatabase. Andere Formate wie Shapefiles, Coverages oder Annotations werden nicht unterstützt (ESRI, 2012b).

Ein grosser Nachteil der traditionellen Symbolisierung von Features gegenüber den Repräsentationen ist die Kopplung der Symbologie an die Geometrie. Eine Verschiebung von Objekten zu Darstellungszwecken verschiebt immer die Geometrie des Features. Im Symbologiemodell der Repräsentationen hingegen ist die Symbolisierung von der Geometrie gelöst. Objekte (bzw. deren Repräsentation) können also zur verbesserten Darstellung beliebig verschoben werden, ohne dass sich die Geometrie ändert, ausser die Geometrieänderung wird gewollt gespeichert. So können aus den Originaldaten verschiedene Produkte (z.B. Karten in versch. Massstäben) abgeleitet werden.

2.2.2 Komponenten der Repräsentationssymbologie

Der Symbolisierungsprozess mit Repräsentationsregeln beinhaltet verschiedene Komponenten, welche bearbeitet werden können. Die Komponenten des Symbollayers und optionale geometrische Effekte bilden zusammen die Repräsentationseigenschaften der Repräsentationsregel (ESRI, 2012b).

Symbollayer

Repräsentationsregeln bestehen gemäss ESRI (2012b) aus einem oder mehreren Symbollayern. Symbollayer werden anhand des Symboltyps kategorisiert. Es gibt Marker (Punktsymbol), Linie und Füllung (Polygonfläche). Ein Beispiel wie eine Repräsentationsregel aufgebaut ist, wird in Abbildung 4 gezeigt. Für die Darstellung von Friedhöfen wurde eine Repräsentationsregel erstellt mit drei Symbollayern. Zuerst wurde die Füllung des Polygons mit einem Grauwert als Vollfarbe definiert (3). Darüber wurde eine Umrisslinie (2) um das Polygon mit einem durchgezogenen Strich gelegt. Dort lässt sich neben der Farbe auch die Linienbreite, Typ der Spitze und Verbindung definieren. Zuoberst wird ein Markersymbol (Kreuz, (3)) platziert. Zusätzlich zum Symbol muss noch der Markerplatzierungsstil festgelegt werden. In unserem Beispiel wird das Kreuz im Zentrum des Polygons platziert.

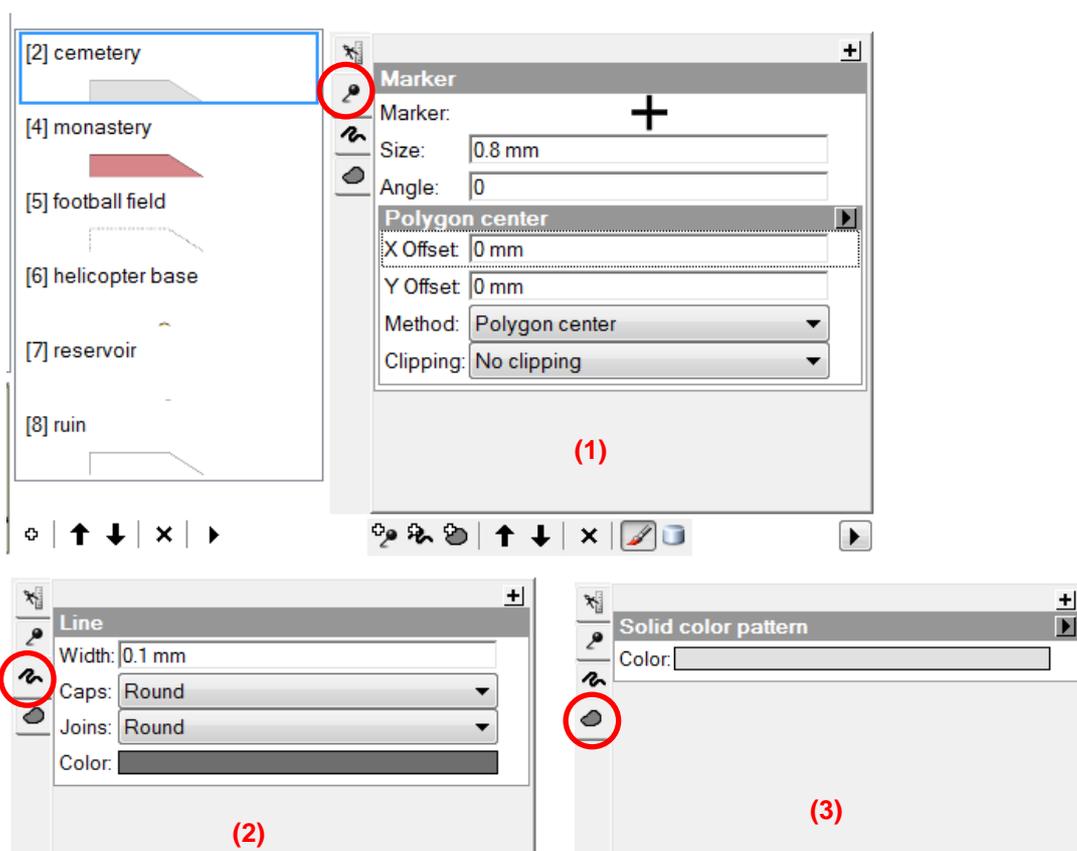


Abbildung 4: Aufbau einer Repräsentationsregel - Registrierkarten mit Symbollayer 1-3 (eigene Darstellung).

Die Geometrie eines Objekts muss mit dem gewählten Symboltyp kompatibel sein. Wenn der Geometriety nicht mit dem Symboltyp übereinstimmt, kann sie jedoch auch dynamisch mit geometrischen Effekten oder Markerplatzierungs-Stils geändert werden. Einer Linie kann z.B. nur ein Fülleffekt hinzugefügt werden, wenn sie einen geometrischen Effekt Linie-zu-Polygon erhält (z.B. Puffer).

Marker können im Marker-Editor (Abbildung 5) individuell bearbeitet werden und als Style für die weitere Verwendung gespeichert werden. Kreise, Quadrate oder alle beliebigen Formen können

gezeichnet werden und wenn gewünscht mit Symbolen aus den installierten Schriftarten kombiniert werden. Die Gestaltungsmöglichkeiten sind vielfältig, sollten jedoch mit den in Kapitel 3 zusammengefassten kartografischen Gestaltungsgrundsätzen in Einklang gebracht werden.

Marker können auf verschiedene Arten entlang von Linien oder innerhalb von Polygonen dargestellt werden. Bei Linien oder auf Polygonumrisslinien können die Marker z.B. in regelmäßigen Abständen oder in abwechselnd verschiedenen Grössen dargestellt werden. In Polygonen können Marker in zufälligen oder geordneten Mustern im Polygon oder in einem Puffer um das Polygon dargestellt werden.

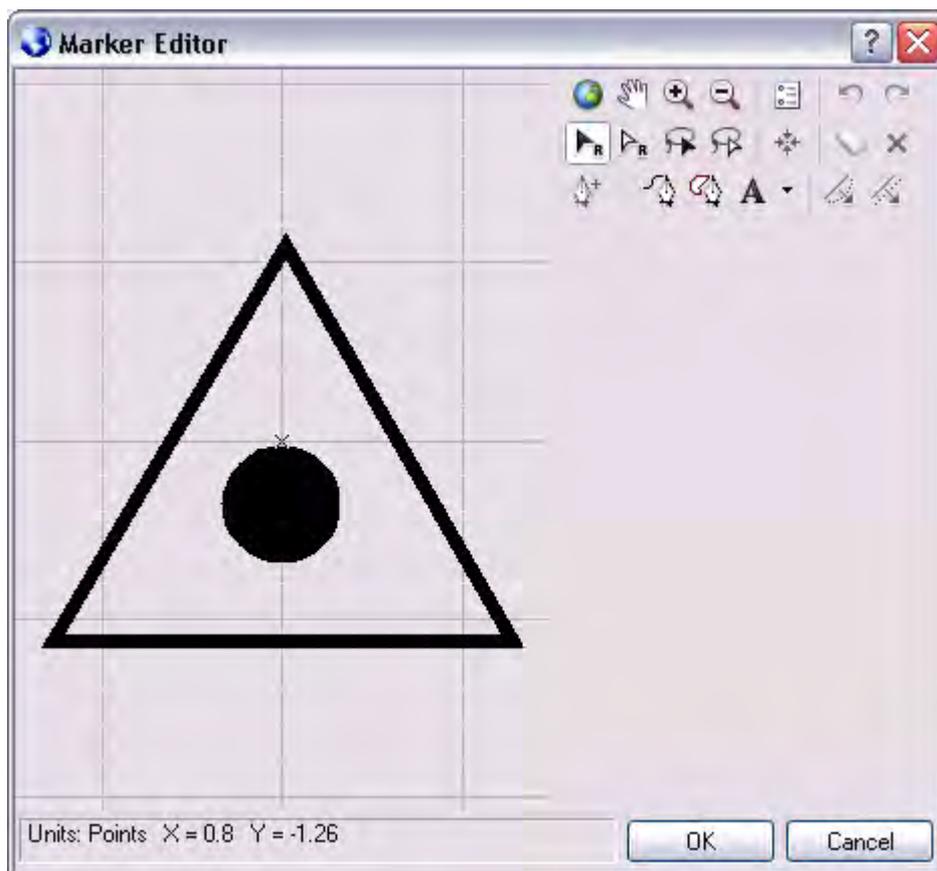


Abbildung 5: Bearbeitung eines Markers im Markereditor (ESRI, 2008)

Geometrische Effekte

Geometrische Effekte dienen dazu, die Geometrie von Objekten dynamisch zu verändern, um die gewünschte Darstellung zu erzeugen. Dabei wird die Originalgeometrie nicht verändert. Geometrische Objekte können auf einzelne Symbollayer oder als globale Effekte auf die gesamte Darstellung angewendet werden. Sie können auch verkettet werden, wobei sie nacheinander von oben nach unten angewandt werden. Für alle Geometrietypen können z.B. Puffer erstellt werden. Für Linien wird häufig der geometrische Effekt 'Dashes' eingesetzt, womit eine Strichlierung erstellt werden kann. Des Weiteren sind diverse Transformationsmethoden wie Rotation oder Verschiebung möglich.

Geometrische Effekte können auch andere Geometrietypen als Output darstellen als im Input

angegeben wurden. Die Input-Feature-Class kann z.B. aus Polygonen bestehen und als Output in den Zentroiden der Polygone Punkte platzieren. Für die Effekte kann eine Fülle von Parametern bearbeitet werden wie für ein Basissymbol (Hardy et al., 2005).

2.2.3 Erstellen und Bearbeiten von Repräsentationen

Die vorhandenen Daten werden zuerst grob mit der traditionellen Symbologiemethode dargestellt. Danach kann die Feature-Class in Repräsentationen konvertiert werden. Repräsentationsregeln werden in einem automatisch erstellten RuleID-Feld vom Typ Integer in der Datenbanktabelle einer Feature-Class gespeichert. Jeder Regel ist ein Integerwert zugewiesen. Auch Overrides (siehe Abschnitt 2.2.4) werden in einem separaten Feld in der Feature-Class gespeichert, wobei mehrere Overrides eines Objekts in dasselbe Feld gespeichert werden können. Alle Ausnahmen werden in das gleiche Override-Feld geschrieben.

Es ist auch möglich, mehrere Repräsentationen für eine Feature-Class zu erstellen (z.B. für Produkte mit verschiedenen Kartenmassstäben). In diesem Fall gibt es jeweils neue Felder für die Repräsentationsregeln und Overrides. Repräsentationen können auch mit dem Geoverarbeitungswerkzeug «Representation Management» erstellt werden. Die Repräsentationsregeln müssen so jedoch von Grund auf erstellt und den Features zugewiesen werden. Die Erstellung der Repräsentationen ist auch über ArcCatalog möglich.

Repräsentationsregeln können bearbeitet werden. Die Features, welchen die Repräsentationsregel zugeordnet ist, werden automatisch aktualisiert. Regeln können auch umbenannt oder gelöscht werden. Beim Löschen geht die Zuweisung der Features zur Regel verloren. Die Zuordnung zu einer anderen Regel kann durch Zuweisung über die Datenbanktabelle oder mit dem Geoverarbeitungswerkzeug 'Repräsentationsregel berechnen' durchgeführt werden.

Repräsentationsregeln können in Styles gespeichert werden und in anderen Repräsentationen angewandt werden. Auch Markersymbole lassen sich als Style speichern und wiederverwenden. «Repräsentationsregeln in einem Style enthalten Symbol-Layer und geometrische Effekte, aber keine Geometrie. Die Standardwerte für jede Eigenschaft werden gespeichert. Die Feldzuordnung zu expliziten Repräsentationsfeldern hingegen wird nicht gespeichert» (ESRI, 2012).

2.2.4 Overrides

Overrides ermöglichen für einzelne ausgewählte Objekte Ausnahmen von den automatischen Repräsentationsregeln. Die Repräsentationsregelstruktur wird so nicht verletzt. Das Konzept der Overrides verhindert das Erstellen von vielen einzelnen Regeln für andersartige Objekte. Sie können entweder manuell oder batchgesteuert mittels Geoverarbeitungswerkzeugen (geoprocessing tools) erstellt werden (Hardy et al., 2005). Ein Override kommt beispielsweise dann zum Zug, wenn eine Strasse speziell markiert werden soll. So könnte eine Standardstrasse mit Linienfarbe Rot in eine blaue Strasse umgewandelt werden. Overrides können nicht nur für die Gestaltung,

sondern auch für die Geometrie erfolgen. Man spricht dann auch von Geometrie- oder Shapeoverrides (im Gegensatz zu Eigenschaftsoverrides). Es ist möglich, Overrides wieder in Repräsentationsregeln umzuwandeln. Das ist praktisch, wenn ersichtlich wird, dass viele Ausnahmen vorhanden sind und mit der Überarbeitung der Repräsentationsregel Overrides überflüssig werden. Overrides können auch wieder entfernt werden. Das Objekt folgt dann wieder der ursprünglichen Repräsentationsregel.

Editiertools

Kartografische Editiertools ermöglichen das interaktive Bearbeiten von einzelnen Objekten. Die gewünschten Objekte können so für die Attribut- oder Geometrieänderung ausgewählt und verändert werden. Änderungsmöglichkeiten gibt es z.B. für die Symbolgröße. Die kartografischen Editiertools sind von der Bedienung her gemäss Hardy und Kressmann (2005) den Editiertools in Grafiksoftware wie Adobe Illustrator oder Macromedia Freehand nachempfunden. Es lassen sich seit Version 10.0 nicht nur im Repräsentations- editiertool, sondern auch in den Editiertools beim Digitalisieren Bézierkurven zeichnen. Abbildung 6 zeigt die Werkzeugleiste «Representation» mit den verfügbaren Editiertools.

Override mit explizitem Feld

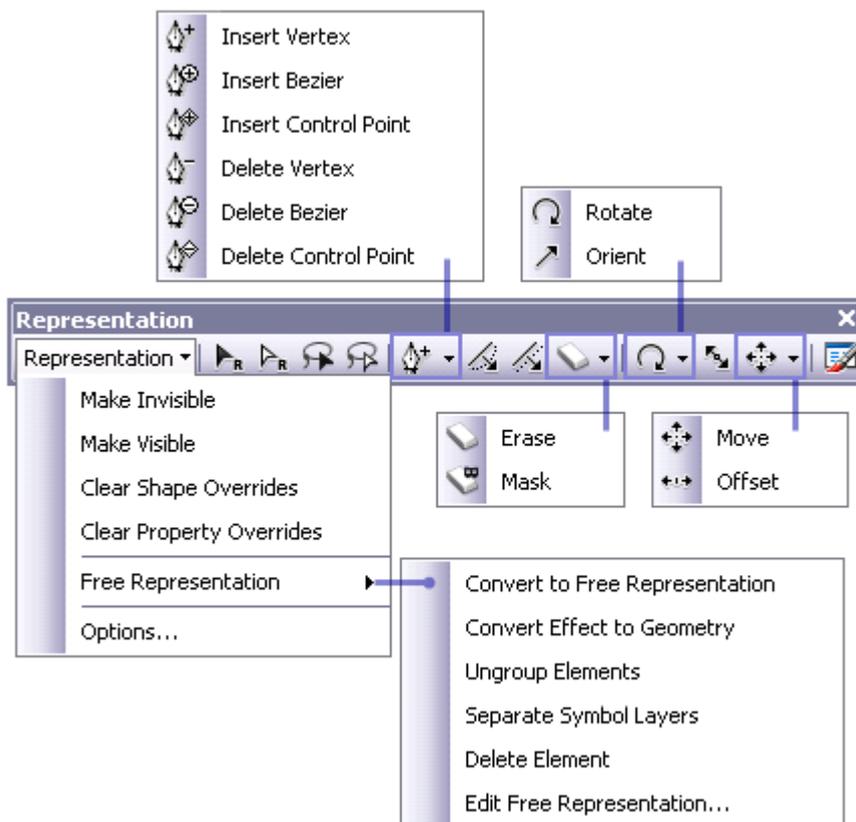


Abbildung 6: Werkzeugleiste «Representation» mit Editiertools (ESRI; 2012)

Die Standardwerte bei den Eigenschaften in Symbollayern können auch durch Werte aus der Datenbank ersetzt werden. Beim Wechsel der Darstellung von den Standardwerten auf «Display field overrides», kann ein Feld ausgewählt werden, dessen Werte für eine bestimmte Darstellungs-

art verwendet werden. So können z.B. Polygonfeatures, welche einen bestimmten Winkel in der Datenbank enthalten, mit der Auswahl des entsprechenden Feldes automatisch nach dem Winkel ausgerichtet werden. Solche Felder können zum Teil auch durch Geoverarbeitungswerkzeuge berechnet werden. Hardy und Kressmann (2005) nennen dazu als Beispiel die Handhabung von Sackgassen anhand der gespeicherten Topologieinformation, welche in die Datenbank geschrieben wird. Overrides werden in einem Feld vom Typ BLOB (Binary Large Object) gespeichert. Die darin gespeicherten Override-Werte können nicht angezeigt werden (ESRI, 2012b).

2.2.5 Freie Repräsentationen

Wenn die Möglichkeiten von Overrides nicht ausreichen, können einzelne Feature-Repräsentationen in freie Repräsentationen konvertiert werden. Die Repräsentationsregel des Objekts erhält so gemäss ESRI (2012b) eine eigene unabhängige Regel, welche nur für das Objekt gilt. Das Objekt kann somit wie in einer Grafiksoftware bearbeitet werden. Die Darstellung wird vom Datenmodell losgelöst. Mit dieser Methode können z.B. einzelne Striche von strichlierten Strassen entfernt werden, um einen Tunnel zu erzeugen. Die Verknüpfung mit den Repräsentationsregeln ist mit dieser Methode allerdings aufgehoben. Diese Methode sollte nur spärlich eingesetzt werden, da die Performance beeinflusst wird. Das vollständige Laden einer Karte nach der Bearbeitung von Objekten dauert bei komplexen Darstellungen lange. Updates müssen manuell gemacht werden. Bevor mit freien Repräsentationen gearbeitet werden kann, sollte überlegt werden, ob die Darstellungslösung nicht mit einer verbesserten Repräsentationsregel erreicht werden kann.

Um die kartografische Darstellung weiter zu optimieren, gibt es die Möglichkeit, Geoverarbeitungswerkzeuge auf die Daten anzuwenden. Einen Überblick über diese Werkzeuge gibt der nächste Abschnitt.

2.3 Kartografische Tools in ArcGIS

Die Autorin wird zur Verbesserung der kartografischen Darstellung zusätzlich zu den Repräsentationen mit Geoverarbeitungswerkzeugen aus der Toolbox «Cartography» arbeiten. Diese Toolbox ist in thematische Untergruppen, sogenannte Toolsets, aufgeteilt. Diese enthalten schliesslich die einzelnen Werkzeuge (=Tools), welche hier kurz vorgestellt werden. Auf eine Beschreibung der Einstellungsmöglichkeiten und In- und Outputdaten, wird hier verzichtet. Diese Informationen finden sich in den Werkzeugen und deren Hilfetexten bzw. online in der ArcGIS Hilfe (ESRI, 2012b), von wo auch die Informationen in diesem Absatz stammen.

Annotations

Standardmässig lassen sich Features in ArcMap dynamisch beschriften. Die Information, welche als Text ausgegeben werden soll, kann aus der Attributtabelle ausgewählt werden. Die Beschriftungsposition, Schriftart, Schriftgrösse und -farbe kann über Einstellungen gesteuert

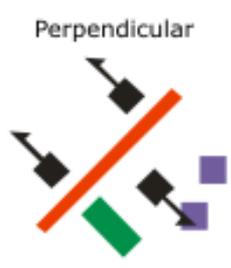
werden. Die Beschriftungsposition kann dabei nicht einzeln geändert werden. Dazu werden die Beschriftungen am besten in Annotations konvertiert. So kann jedes Textelement individuell in seiner Position oder Darstellungseigenschaft (z.B. Schriftgrösse) angepasst werden.

Das Toolset «Annotation» enthält eine Sammlung von Werkzeugen, mit denen der Annotation-Workflow automatisiert werden kann. Das Werkzeug Konturlinien-Annotation ermöglicht es, Annotations mit Maskierung für Konturlinien-Features zu erstellen. Dies führt zur besseren Lesbarkeit der Höhenwerte. Die beiden weiteren Werkzeuge «Kachelschema des Map Server-Cashes zu Polygonen» und «Gekachelte Beschriftungen zu Annotations» werden für Karten, die als Karten-Service veröffentlicht werden oder für Karten mit einer grossen Anzahl von Beschriftungen verwendet. Die Werkzeuge werden hier nicht weiter ausgeführt.

Die eigentliche Umwandlung von Featurebeschriftungen in Annotations (ausser Beschriftungen zu Konturlinien) ist mit dieser Toolbox nicht möglich, sondern wird direkt im Layermenü angeboten.

Cartographic Refinement

Das Toolset «Cartographic Refinement» enthält Werkzeuge zur erweiterten Bearbeitung der Repräsentationssymbologie. Es lassen sich dabei die Ausrichtung und Anordnung von Symbolen bearbeiten.

Werkzeug	Beschreibung	Illustration
Marker an Strich oder Füllung ausrichten (Align Marker to Stroke Or Fill)	Hiermit können die Repräsentationsmarker-Symbole einer Point-Feature-Class an den nächsten Strich- oder Füll-Repräsentationssymbolen in einer Line- oder Polygon-Feature-Class innerhalb einer angegebenen Suchentfernung ausgerichtet werden.	
Linienenden berechnen (Calculate Line Caps)	Ändert den Abschlusstyp für Repräsentationsstrichsymbole und speichert die Änderung als Repräsentations-Override.	
Hauptwinkel von Polygon berechnen (Calculate Polygon Main Angle)	Berechnet die bestimmenden Winkel von Eingabe-Polygon-Features und weist die Werte einem angegebenen Feld in der Feature-Class zu.	
Überführung erstellen Unterführung erstellen (Create Over-/Underpass)	Ermöglicht die Darstellung sich kreuzender Linien als über- oder unterführend. Dazu werden Brückengeländer und Masken erstellt, die das darunter liegende Strassensegment verdecken.	

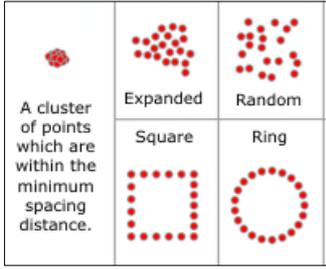
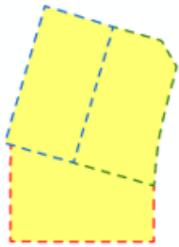
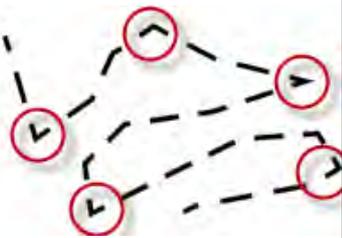
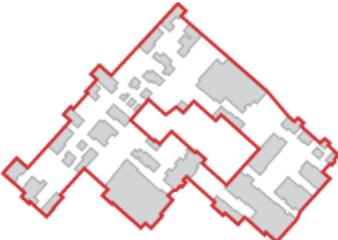
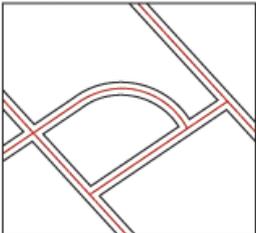
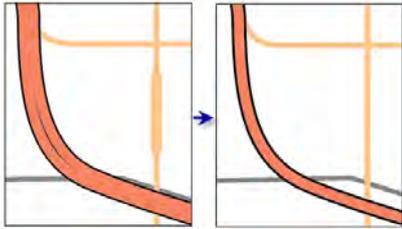
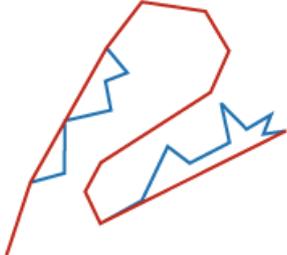
<p>Marker verteilen (Disperse Markers)</p>	<p>Sucht nach Repräsentationsmarkern, die einander überlappen oder einen zu geringen Abstand zueinander haben, und verteilt diese anhand eines Mindestabstands und eines Ausbreitungsmusters.</p>	 <p>A cluster of points which are within the minimum spacing distance.</p> <p>Expanded Random</p> <p>Square Ring</p>
<p>Repräsentationspasspunkt an Schnittpunkt festlegen (Set Representation Control Point At Intersect)</p>	<p>Dieses Werkzeug wird normalerweise verwendet, um Grenzsymbologie für benachbarte Polygone zu synchronisieren. Es erstellt einen Repräsentationspasspunkt an Stützpunkten, die zu einem oder mehreren Linien- oder Polygon-Features gemeinsam gehören.</p>	
<p>Repräsentationspasspunkt nach Winkel festlegen (Set Representation Control Point By Angle)</p>	<p>Platziert einen Repräsentationspasspunkt an Stützpunkten entlang einer Linie oder Polygon-Umrisslinie an einer Stelle, an der durch eine Änderung in der Linienrichtung erstellte Winkel kleiner oder gleich einem festgelegten maximalen Winkel ist.</p>	

Tabelle 1: Toolset «Cartographic Refinement» (nach ESRI, 2012b, verändert)

Generalization

Im Toolset «Generalization» befinden sich Werkzeuge zum Vereinfachen oder Verfeinern von Features zur Darstellung in kleineren Massstäben.

Werkzeug	Beschreibung	Illustration
<p>Punkte zusammenfassen (Aggregate Points)</p>	<p>Erstellt Polygon-Features um Cluster benachbarter Punkt-Features.</p>	
<p>Polygone aggregieren (Aggregate Polygons)</p>	<p>Kombiniert Polygone innerhalb einer bestimmten Entfernung miteinander zu neuen Polygonen.</p>	

<p>Doppellinien zu Mittelachsen zusammenfassen (Collapse Dual Lines To Centerline)</p>	<p>Leitet aus Features mit Doppellinien (z. B. Strassenbegrenzungen) Mittelachsen ab, die auf angegebenen Breitentoleranzen basieren.</p>	
<p>Getrennte Fahrbahnen zusammenführen (Merge Divided Roads)</p>	<p>Generiert Features mit einspurigen Strassen anstelle von zugeordneten Paaren von getrennten Fahrbahnen.</p>	
<p>Gebäude vereinfachen (Simplify Buildings)</p>	<p>Mit diesem Werkzeug werden Grenzen oder Grundrisse von Gebäudepolygonen unter Beibehaltung der wesentlichen Form und Grösse vereinfacht.</p>	
<p>Linie vereinfachen (Simplify Line)</p>	<p>Hiermit wird eine Linie durch Entfernen unwesentlicher Biegungen vereinfacht, behält aber die wesentliche Form bei.</p>	
<p>Polygon vereinfachen (Simplify Polygon)</p>	<p>Hiermit wird ein Polygon durch Entfernen unwesentlicher Biegungen vereinfacht, behält aber die wesentliche Form bei.</p>	
<p>Linie glätten (Smooth Line)</p>	<p>Glättet spitze Winkel in Linien, um die ästhetische oder kartografische Qualität zu verbessern.</p>	
<p>Polygon glätten (Smooth Polygon)</p>	<p>Glättet spitze Winkel in Umrisslinien von Polygonen, um die ästhetische oder kartografische Qualität zu verbessern.</p>	

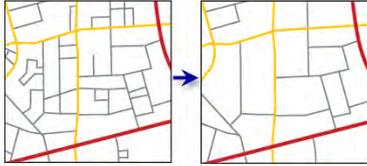
Strassennetzwerk ausdünnen (Thin Road Network)	Generiert ein vereinfachtes Strassennetz zur Darstellung in einem kleineren Massstab, indem die Konnektivität und das allgemeine Muster beibehalten werden.	
------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

Tabelle 2: Toolset «Generalization» (nach ESRI, 2012b, verändert)

Graphic Conflicts

Mit den im Toolset «Graphic Conflicts» enthaltenen Werkzeugen lassen sich Grafikkonflikte zwischen symbolisierten Features erkennen und lösen.

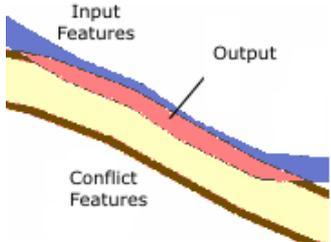
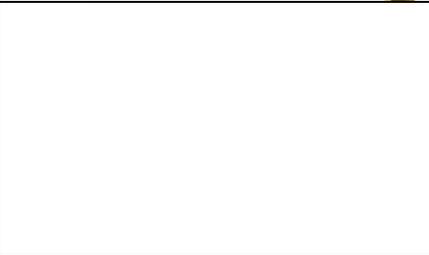
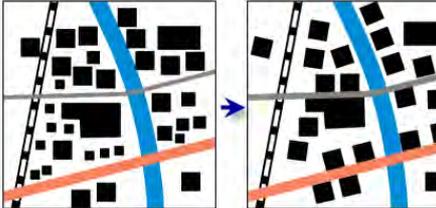
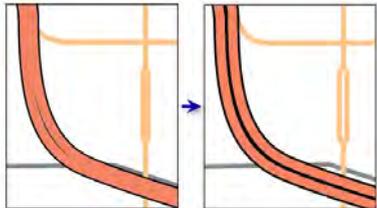
Werkzeug	Beschreibung	Illustration
Grafikkonflikte ermitteln (Detect Graphic Conflicts)	Erstellt Polygone, bei denen zwei oder mehr symbolisierte Features in grafischem Konflikt stehen.	
Versatz propagieren (Propagate Displacement)	Wendet den Versatz aus der Anpassung von Strassen mit den Werkzeugen «Strassenkonflikte lösen» und «Getrennte Fahrbahnen zusammenführen» auf benachbarte Features an.	
Gebäudekonflikte lösen (Resolve Building Conflicts)	Löst Symbolkonflikte zwischen Gebäuden und in Bezug auf lineare Barrieren-Features durch Verschieben oder Verbergen von Gebäuden.	
Strassenkonflikte lösen (Resolve Road Conflicts)	Löst Grafikkonflikte zwischen symbolisierten Strassen-Features durch Anpassen von Teilen von Liniensegmenten.	

Tabelle 3: Toolset «Graphic Conflicts» (nach ESRI, 2012b, verändert)

Masking Tools

Das Toolset Masking Tools beinhaltet Werkzeuge zur Erstellung von Masken zur Verbesserung der kartografischen Anzeige. Dabei werden in Konflikt stehende Feature-Symbologien verdeckt.

Werkzeug	Beschreibung
Sackgassen-Maskierung (Cul-De-Sac Masks)	Erstellt eine Feature-Class mit Polygonmasken aus einem symbolisierten Eingabelinien-Layer.
Maskierung für Feature-Umrisslinien (Feature Outline Masks)	Erstellt Maskierungs-Polygone mit einem festgelegten Abstand und der angegebenen Form um die symbolisierten Features im Eingabe-Layer.
Maskierung für sich schneidende Layer (Intersecting Layers Masks)	Hiermit werden Maskierungs-Polygone mit der festgelegten Form und Grösse an den Schnittpunkten zweier symbolisierter Eingabe-Layer – Maskierungs-Layer und maskierter Layer erstellt.

Tabelle 4: Toolset «Masking» (nach ESRI, 2012b, verändert)

Representation Management

Dieses Toolset enthält Werkzeuge zur Verwaltung von Feature-Class-Repräsentationen und Repräsentations-Overrides.

Werkzeug	Beschreibung
Repräsentation hinzufügen (Add Representation)	Fügt einer Geodatabase-Feature-Class eine Feature-Class-Repräsentation hinzu.
Repräsentationsregel berechnen (Calculate Representation Rule)	Weist vorhandene Repräsentationsregeln den Features in einer Feature-Class-Repräsentation durch Berechnung des RuleID-Feldes zu.
Repräsentation löschen (Drop Representation)	Hiermit wird eine Feature-Class-Repräsentation aus einer Geodatabase-Feature-Class gelöscht.
Override entfernen (Remove Override)	Entfernt Geometrie- und/oder Repräsentationseigenschaften-Overrides aus Features, die zu einer Feature-Class-Repräsentation gehören.
Feature nach Override auswählen (Select Feature By Override)	Wählt Features aus, die über Repräsentations-Geometrie- oder -Eigenschaften-Overrides verfügen.
Layer-Repräsentation festlegen (Set Layer Representation)	Legt eine Repräsentation für einen Feature-Layer fest. Hierbei handelt es sich um einen temporären Feature-Layer, der für die Dauer einer ArcGIS-Sitzung gespeichert wird und für die Verwendung in Modellen und Skripten verfügbar ist.

Override aktualisieren (Update Override)	Überträgt Feature-Repräsentations-Overrides wie von den Repräsentationsregeln in der Repräsentation definiert vom Standard-Override-Feld in explizite Felder.
---------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabelle 5: Toolset Representation Management (nach ESRI, 2012b, verändert)

Weitere Toolsets sind «Data Driven Pages» und «Grids & Graticules». Mit dem Toolset «Data Driven Pages» lassen sich Kartenserien erstellen. So kann z.B. ein sehr grosses Gebiet in einzelne Kacheln mit gleichen Flächen unterteilt werden und diese als einzelne Karten mit demselben Layout erzeugt werden. Das Toolset «Grids & Graticules» bietet Werkzeuge mit zusätzlichen Formatierungsoptionen für Koordinatengitter und –beschriftungen. Auf diese Werkzeuge wird nicht näher eingegangen, da sie in diese Arbeit nicht benötigt werden.

2.4 Arbeitstechnische Grundlagen

2.4.1 Verwendete Hardware und Software

Für diese Masterarbeit wurde mit einem handelsüblichen Notebook mit Intel Core i7 Prozessor (1.73 GHz), 8GB Arbeitsspeicher und Windows 7 Professional (64 Bit) gearbeitet. Verwendet wurde ArcGIS 10.0 mit ArcInfo-Lizenz und installiertem ServicePack 5. Die Daten wurden in einer File-Geodatabase gehalten.

2.4.2 Untersuchungsgebiet

Für diese Arbeit wurden vom Institut für Kartografie und Geoinformation (IKG) der ETH Zürich GIS-Daten der griechischen Insel Nisyros zur Verfügung gestellt. Anhand dieser Daten sollte eine topografische Karte (bzw. Ausschnitte davon) im Massstab 1:25'000 erstellt werden. Grund für den Entscheid des IKG, diese Insel als Untersuchungsgebiet zu wählen, ist das Fehlen einer aktuellen topografischen Karte in diesem Massstab. Nisyros ist eine rund 41 km² grosse vulkanische Insel mit rund 1000 Einwohnern. Der grösste Ort der Insel ist Mandraki (Abbildung 7). Neben Mandraki gibt es die drei kleineren Ortschaften Pali, Emborios und Nikia. Im Übrigen ist Nisyros sehr dünn besiedelt. Die nahezu runde Insel mit einem ungefähren Durchmesser von 8 km besitzt im Innern eine Caldera mit dem bekannten Stefanos-Krater.



Abbildung 7: Nisyros mit Hauptort Mandraki (eigenes Bild)

2.4.3 Datengrundlage

Die vom IKG erhaltenen GIS-Daten stammen aus unterschiedlichen Quellen, wobei die genaue Herkunft nicht immer klar war. In der untenstehenden Tabelle 6 sind die weiterverwendeten Datensätze für das Erstellen der topografischen Karte ersichtlich. Die meisten Datensätze stammen ursprünglich vom Unternehmen Geoconcept, welches die Daten aus sechs handgezeichneten militärischen Karten im Massstab 1:5000 digitalisiert hat. Die Daten wurden im Datenformat ArcInfo Coverage einzeln nach Kartenblatt abgespeichert. Zu einem späteren Zeitpunkt wurden die Daten umgewandelt in Shapefiles, inhaltlich zusammengefasst und teilweise aktualisiert. Als Datenquellen für die Aktualisierung wurde für die Gebäude vermutlich ein IKONOS Satellitenbild verwendet. Neue Daten unbekannter Herkunft kamen dazu, wie z.B. ein Datensatz mit verschiedenen Gotteshäusern, Landnutzungen und verschiedene geologische Datensätze. Die Geologie wurde in dieser Arbeit nicht verwendet. Die vorhandenen Daten wurden im Laufe dieser Arbeit weiter bearbeitet oder zum Teil sogar neu erfasst. Details zum Arbeitsablauf sind in Kapitel 4 und 6 beschrieben.

Datensatz (Geometrietyp)	Objekttypen	Beschreibung
Gebäude (Polygon)	building	Gebäude liegen bereits in generalisierter Form vor
	cemetery	Friedhöfe
	church	Kirchengebäude
	footballfield	Fussballfeld (mit Anlage)
	monastery	Klöster
	reservoir	Wasserreservoir
	ruin	Ruinen
	village	Dorfumrisse
Strassen (Linien)	primary secondary gravelgood gravelbad traces trail	Strassentypen
Religion (Punkte)	Chapel Church Monastery	Standorte von Kirchen, Kapellen und Klöstern
Höhenkurven (Punkte)		Äquidistanz: 10m, 20m, 50m, 100m
Landnutzung (Polygone)	Landwirtschaft Strand Wald Nichtlandwirtschaftl. genutzt Feld Scree Settlement area	Landnutzung
Namen (Punkte)	Ortschaften Gebirge Regionen Plätze	Berge und Triangulationspunkte mit Höhenangabe
Zeitweise wasserführende Flüsse (Linien)		Zeitweise wasserführende Flüsse oder Trockentäler

Tabelle 6: verwendete Datengrundlage (eigene Zusammenstellung)

3 Kartografische Gestaltungsgrundsätze für topografische Karten

Die vermehrte Verwendung von GIS-Software führt dazu, dass oft Autoren ohne vertiefte Kartografieausbildung Kartenprodukte erstellen. Für eine gute Qualität einer Karte ist es unabdingbar, gewisse kartografische Gestaltungsgrundsätze einzuhalten, um dem Kartennutzer eine gut les- und interpretierbare Karte zu präsentieren. Verbindliche Regeln gibt es jedoch nur wenige; man spricht daher mehr von Richtlinien und Konventionen. Nach Tyner (2010: 27) sind Konventionen oft historisch begründet. So wird z.B. Siedlungsgebiet oft in einem Rotton dargestellt, da früher rote Ziegel für Hausdächer verwendet wurden. Weitere Konventionen, wie z.B. die Verwendung von Blautönen für Gewässer, sollten möglichst beibehalten werden, um den Kartenbenutzer nicht zu verwirren.

In diesem Kapitel fasst die Autorin die Begriffe «Regeln», «Richtlinien» und «Konventionen» für die Kartengestaltung unter dem Sammelbegriff «Kartografische Gestaltungsgrundsätze» zusammen. Die Grundsätze wurden aus der Literatur sowie aus der eigenen Ausbildung zusammengetragen. Sie dienen als Grundlage für die Erstellung von Kartenausschnitten der griechischen Insel Nisyros. Die Zusammenstellung soll zudem später dazu dienen, Anforderungen an das Repräsentationskonzept und die kartografischen Tools zu definieren, deren Erfüllung durch Kriterien beurteilt werden soll.

3.1 Allgemeines

Ein ästhetisches Kartenbild lädt den Kartennutzer ein, sich mit der Karte vertieft auseinanderzusetzen. Das Layout soll überzeugend sein und die Karte soll alle Komponenten wie Titel, Legende, Kartenbild, Massstabsangabe, Kennzeichnung der Nordrichtung, Angaben zur Nachvollziehbarkeit und zur Projektion, sowie eventuell einen Druckbewilligungsvermerk enthalten (Brun, 2000: 107). Zudem sollten Angaben zum Kartenautor, Datenquellen und Stand der Daten gemacht werden.

Ein grafisch klar lesbares, gut gestaltetes und damit auch leicht interpretierbares Kartenbild ist wichtig (Spiess, 1996: 468). Das Verhältnis zwischen der Grösse des Kartenbildes und den übrigen Komponenten muss zudem ausgewogen erscheinen (Brun, 2000: 107).

3.2 Grafische Differenzierbarkeit und Lesbarkeit

Für die Lesbarkeit der Karte wichtig ist gemäss Zollinger (2008: 7) neben der grafischen Auflösung auch die grafische Differenzierbarkeit, welche von der Unterscheidbarkeit und logischen Konsistenz der Kartenelemente abhängt.

Nachfolgend einige weitere Gestaltungsgrundsätze betreffend Lesbarkeit aus SGK (2002):

- Eindeutigkeit hat Vorrang gegenüber der absoluten Genauigkeit. Objekte sollen nach Möglichkeit jedoch so lagegenau wie möglich abgebildet werden.

- Die richtige relative Nachbarschaft ist wichtiger als die absolute Genauigkeit. Die Lage von Objekten darf aber nur verschoben werden, wenn die Lesbarkeit verbessert wird. Benachbarte Objekte müssen in diesem Fall ebenfalls angepasst werden.
- «Das in Wirklichkeit sichtbare Objekt hat Vorrang gegenüber dem nicht sichtbaren» (SGK, 2002: 32). Als nicht sichtbare Objekte gelten z.B. Grenzen oder die Beschriftung.
- «Die Formgenauigkeit ist nur eingeschränkt durch die Forderung nach guter Lesbarkeit und Verhältnistreue» (SGK, 2002: 39).
- Die Höhenkurven sind nicht als Einzellinien zu behandeln, sondern sind zur richtigen Wiedergabe der Geländestruktur aufeinander abzustimmen.

3.3 Informationsdichte

Weiter ist für die Lesbarkeit zudem die Informationsdichte wichtig. Sie definiert sich durch den Informationsgehalt pro Fläche und ist abhängig vom Kartenmassstab und der Generalisierung. Damit die Informationsdichte nicht zu hoch und die Karte noch gut lesbar ist, soll sich der Kartenautor auf das Wesentliche der verfügbaren Informationen beschränken. Überflüssiges und Nebensächliches soll weglassen werden. Nichtzusammengehörende Elemente sollten freigestellt werden (z.B. Eisenbahnlinien von parallel dazu verlaufenden Strassen trennen). Die Informationsdichte spielt besonders bei der kartografischen Generalisierung eine grosse Rolle. Bei einer Massstabsreduktion muss auch die Informationsdichte reduziert werden. Die kartografische Generalisierung wird im folgenden Absatz näher erläutert.

3.4 Kartografische Generalisierung

Auf einer Karte sollten nicht alle Daten dargestellt werden, das würde nur zu einem Durcheinander und einer kaum lesbaren Karte führen. Daher ist für jede Karte der Prozess der kartografischen Generalisierung nötig.

3.4.1 Definition Generalisierung

Die Generalisierung verbessert die Kommunikationsfähigkeit von Karten und kann wie folgt definiert werden:

«Die Generalisierung ist die massstabsgerechte inhaltliche und grafische Vereinfachung der komplexen Wirklichkeit auf der Grundlage digitaler Landschaftsmodelle, von Plänen oder Karten grösseren Massstabes. Die Generalisierung besteht hauptsächlich aus der zweckentsprechenden Auswahl und Zusammenfassung der Objekte sowie der möglichst lagegenauen, charakteristischen, richtigen und eindeutigen grafischen Darstellung» (SKG, 2002: 41).

Ziel der Generalisierung ist eine dem Abbildungsmassstab entsprechende optimale Informationsvermittlung. Bei einer Massstabsverkleinerung muss ein grösseres Gebiet auf derselben Fläche abgebildet werden. Die Informationsdichte muss verringert werden, damit das Kartenbild lesbar bleibt (SGK, 2002).

Der Oberbegriff «Generalisierung» wird in der computergestützten Kartenherstellung in einzelne Prozesse aufgeteilt. So spricht man bei der eigentlichen Datenerfassung von «Objektgeneralisierung», wobei als Resultat ein erstes digitales Objektmodell oder eine Karte entsteht (Hake et al. (2002). Von «Modellgeneralisierung» wird bei der Ableitung aus einem Objektmodell in ein neues

Modell mit geringerer semantischer und geometrischer Auflösung gesprochen. In der kartografischen Generalisierung hingegen geht es hauptsächlich um die grafische Vereinfachung von Objekten, also Vereinfachung der Geometrie, Verdrängung von Objekten bei Konflikten und um das Zusammenfassen von Kartenobjekten. Vergleiche dazu SGK (2002: 121) und Hake et al. (2002: 168).

Der Generalisierungsgrad ist abhängig vom Kartenzweck und Abbildungsmaßstab und soll bewusst definiert und eingehalten werden (SGK, 2002). Der Generalisierungsgrad muss zudem über das gesamte Kartenbild einheitlich gewählt werden (Brun, 2000: 131).

Die nachfolgenden Regeln zur Generalisierung stammen aus SGK (2002). Vergleiche dazu Abbildung 8.

- Die Auswahl der Objekte muss dem Kartenmaßstab und dem Verwendungszweck entsprechen.
- Objekte sollen bereits bei der Modellgeneralisierung sinnvoll klassiert werden (z.B. Gewässer).
- Ähnliche Objekte sollten zusammengefasst werden.
- Lageverschiebungen von Objekten erfolgen nur zur Erhöhung der Lesbarkeit und Verdeutlichung in unklaren Situationen. Die benachbarten Objekte müssen zudem angepasst werden.
- Kleinst- und Zufallsformen sollen eliminiert, die auffälligsten Formen der Wirklichkeit hingegen belassen werden. Zudem müssen Zusammenhänge und Abhängigkeiten in der Wirklichkeit beachtet werden.
- Überflüssige Elemente sollen weggelassen werden (z.B. Brückenstützen)
- «Die mengenmäßige Generalisierung (Dichte resp. Schwarz-Weiss-Verhältnis) von gestreuten Objekten (z.B. Häuser) orientiert sich an der Dichte der Objekte in der Wirklichkeit» (SGK, 2002: 40)

Bei der Generalisierung werden diverse Operationen angewendet. Diese werden im nächsten Abschnitt erläutert.

3.4.2 Generalisierungsoperationen

Der Aspekt der Generalisierung wurde bis jetzt schon von vielen Kartografen erforscht. Die Kategorisierung in verschiedene Generalisierungsoperationen kann daher je nach Autor variieren. In dieser Arbeit werden die Kategorien von Tyner (2010) verwendet. Die Einteilung der Kategorien sind bei anderen Autoren z.T. anders kombiniert (Kraak und Ormeling, 2003) oder stärker unterteilt, wie z.B. bei Mackaness (1991).

Tyner (2010: 83) verwendet die acht Operationen «Auswahl» (selection), «Vereinfachung» (simplification), «Glättung» (smoothing), «Gruppierung» (grouping), «Klassierung» (classification), «Übertreiben» (exaggeration), «Verschieben» (displacement) und «Symbolisierung» (symbolization). Die Generalisierungsoperationen nach Tyner (2010) werden nachfolgend kurz erläutert.

Auswahl (Selection)

Mit «Auswahl» ist einerseits die Auswahl der Objektkategorien, die auf der Karte dargestellt werden sollen, gemeint. Andererseits die Menge an Information innerhalb der Kategorien. Es stellt sich z.B. die Frage, ob nur Seen ab einer bestimmten Grösse dargestellt werden sollen. Die Selektion geschieht in einem subjektiven und subtilen Entscheidungsprozess. Die Automatisierung ist daher eher schwierig.

Vereinfachung

Mit kleiner werdendem Massstab müssen komplexe Objektklassen wie z.B. Küstenlinien oder Gebäude vereinfacht werden. Es muss nicht mehr jede Küsteneinbuchtung gezeichnet werden, genauso wenig interessiert bei einem kleinen Massstab die exakte Form eines Gebäudes. Man sollte jedoch darauf achten, dass die Basisform eines Objekts erhalten bleibt. Je grösser der Massstab, desto mehr Details eines Objekts können dargestellt werden.

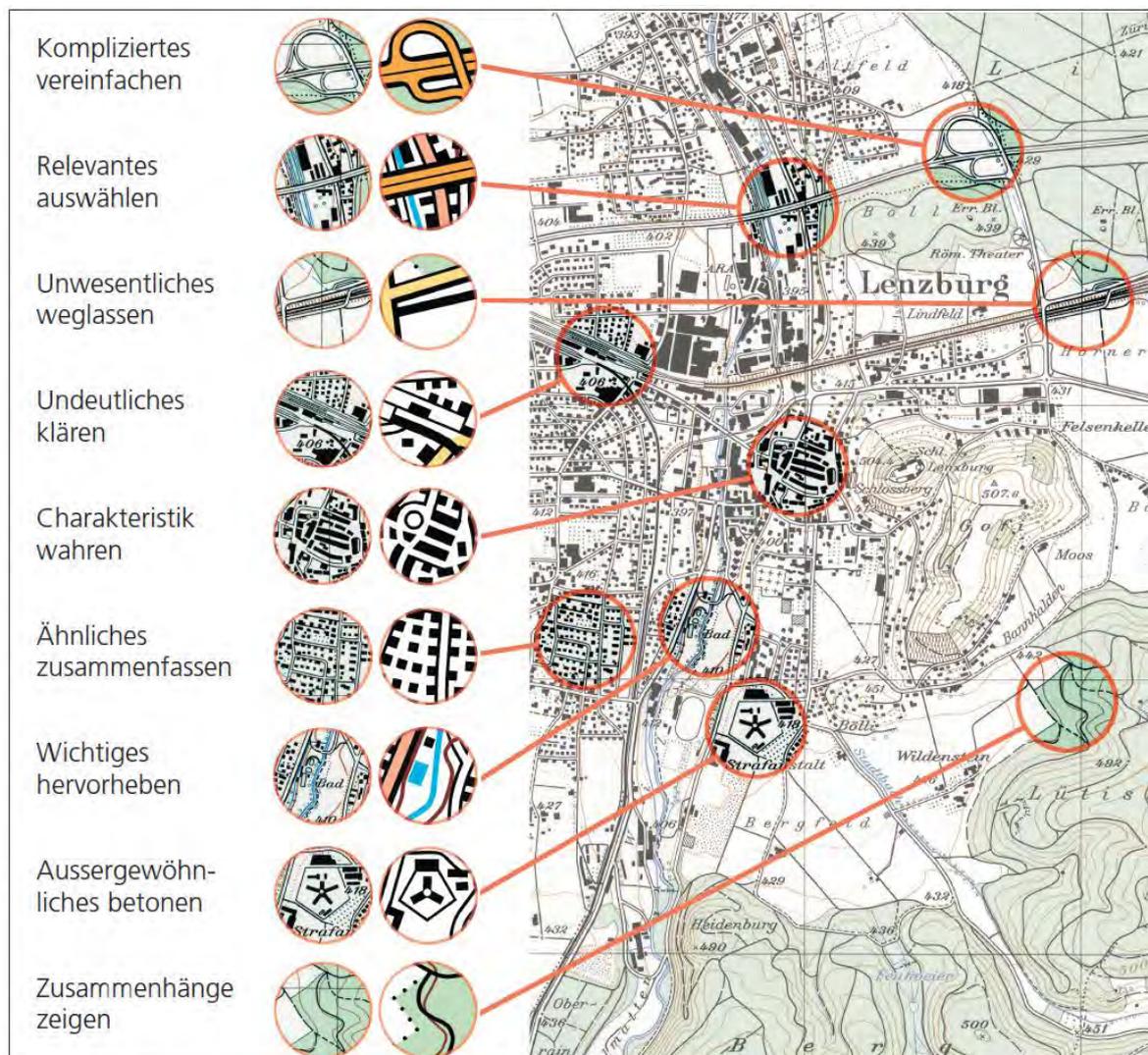


Abbildung 8: Generalisierungsoperationen. (SGK, 2002:41, verändert)

Glättung

Glättung kann ebenfalls als Vereinfachung angesehen werden. Eine Strasse mit vielen Haarnadelkurven oder ein stark mäandrierender Fluss sollte bei Massstabsverkleinerung geglättet werden, so dass auch hier der Charakter des Objekts, also die Basisform, erhalten bleibt. Der geglättete Fluss soll also weiterhin die Hauptrichtungsänderungen zeigen. Abbildung 9 zeigt ein Flusssystem vor (B) und nach der Glättung (A).

Gruppierung

Viele kleine Objekte werden oft zu übergeordneten Objekten gruppiert (z.B. Einzelbäume zu einer Waldfläche oder einzelne Gebäude einer Ortschaft als Siedlungsfläche). Gruppierung kann auch zum Zug kommen, falls zu viele Objektkategorien vorhanden sind. Kategorien (z.B. Vegetationsarten) können nochmals zusammengefasst werden, um die Komplexität der Karte zu reduzieren.

Klassierung

Daten werden klassiert, um sie bedeutungsvoller zu machen und um räumliche Muster der Verteilung klarer zu zeigen oder gar zu betonen. Klassierung wird bei topografischen Karten z.B. für die Erstellung einer Strassenklassierung eingesetzt.

Übertreiben

Um eine Situation zu klären oder etwas zu betonen, wird manchmal zur Methode der Übertreibung gegriffen. Beispiel: Durch ein Tal führen eine Strasse, eine Eisenbahnlinie und ein Fluss parallel nebeneinander. Um alle Objekte ohne Überlappung zeigen zu können, kann das Tal verbreitert gezeichnet werden.

Verschieben

Ähnlich zur Methode der Übertreibung werden Objekte, z.B. sich überlappende Linien, zur Klärung etwas verschoben, sodass sie voneinander getrennt wahrgenommen werden.

Symbolisierung

Die Generalisierungsoperation «Symbolisierung» beschreibt die Auswahl und Darstellung von Symbolen, um geografische Phänomene darzustellen. Nicht alle Kartografen stimmen überein, dass Symbolisierung als Teil der Generalisierung zu verstehen ist, da sie die Zuordnung von Signaturen zu Objekten als zentralen eigenständigen Prozess bei der Kartenerstellung betrachten. Tyner (2010) begründet ihre Einteilung nicht.

3.5 Grafische Minimaldimensionen

Mit der Generalisierung eng verbunden sind die grafischen Minimaldimensionen. Minimaldimensionen werden von Bollmann und Koch (2002) definiert als «Mindestwerte zur Wahrnehmung (Auffassbarkeit, Lesbarkeit) eines Kartenzeichens bzw. eines graphischen Elements in Bezug auf

seine Grösse und seinen Abstand von einem anderen Kartenzeichen unter normalen Wahrnehmungsbedingungen.».

Um eine gute Lesbarkeit zu gewährleisten, ist es nötig grafische Minimaldimensionen einzuhalten. «Die Minimaldimensionen von Signaturen und Zwischenräumen sollen deutlich grösser gewählt werden als die Grenzen der visuellen Wahrnehmung» (SGK, 2002: 27). «Grössenunterschiede zwischen Punktsignaturen von gleicher (ähnlicher) Form oder Strichstärkenunterschiede müssen als solche erkannt werden können.» (SGK, 2002: 28).

Es muss beachtet werden, dass der Einsatz von grafischen Minimaldimensionen zu einer unmassstäblichen Darstellung führt, da Signaturen zu Gunsten der Lesbarkeit vergrössert werden.

Nachfolgend werden die wichtigsten von der SGK (SGK, 2002) empfohlenen Minimaldimensionen für Punkt-, Linien- und Flächensignaturen zusammengestellt.

3.5.1 Empfohlene Minimaldimensionen für Punktsignaturen

Die empfohlenen Minimaldimensionen wie Mindestgrösse und Mindeststrichstärke für Punktsignaturen sind in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** ersichtlich. Grössenunterschiede zwischen gleichen oder ähnlichen Punktsignaturen müssen als solche sichtbar sein. Hohlformen müssen generell etwas grösser sein als Vollformen (SGK, 2002: 26). Aus der Tabelle wird zudem ersichtlich, dass farbige Hohlformen eine kleinere Mindestgrösse haben dürfen als schwarze Hohlformen. Die Mindeststrichstärke muss aber aufgrund des geringeren Kontrastes und der Helligkeit grösser sein, da diese schlechter erkennbar ist.

Vergrösserung 4:1	1:1	Mindestgrösse	Mindeststrichstärke	Mindestabstand	Bemerkungen
Punktsignaturen					
	+ x	0,80 mm	0,12 mm		Kreuz
	△	1,20 mm	0,08 mm		Schwarze Hohlform
	◻	0,70 mm	0,08 mm		Schwarze Hohlform
	·	0,30 mm			Runder Punkt
	◉	0,60 mm	0,10 mm		Farbige Hohlform

Abbildung 10: Minimaldimensionen für Punktsignaturen, Darstellung ist nicht massstabsgetreu (nach SGK, 2002: 27, verändert)

3.5.2 Empfohlene Minimaldimensionen für Liniensignaturen

Die empfohlenen Minimaldimensionen sind in Abbildung 11 zusammengefasst. Wichtig ist, dass Strichstärkenunterschiede als solche erkannt werden können. Die Unterschiede müssen deutlich grösser als 0.02 mm sein, ein guter Wert ist z.B. 0.04 mm. Gemäss SGK (2002) gilt zudem «Je breiter die Linien, desto grösser das Intervall» dazwischen. Bei gewellten Linien gilt für die minimale Linienbewegung eine Mindestgrösse von 0.30 mm (maximale Distanz zwischen zwei benachbarten Kurvenausschlägen) und die Mindeststrichstärke 0.08 mm.

Vergrosserung 4:1	1:1	Mindestgrösse	Mindeststrichstärke	Mindestabstand	Bemerkungen
Liniensignaturen					
			0,08 mm		Schwarz / Weiss
			0,08 mm	0,25 mm	Doppellinie
			0,08 mm	0,25 mm	Linienschar 3 Linien/mm
		0,30 mm	0,08 mm		Minimale Linienbewegung
		0,15 mm	0,15 mm	0,40 mm	Punktierte Linie

Abbildung 11: Minimaldimensionen für Liniensignaturen, Darstellung ist nicht massstabsgetreu. (nach SGK, 2002: 27, verändert)

3.5.3 Empfohlene Minimaldimensionen für Flächensignaturen

Die untenstehende Tabelle fasst die empfohlenen Minimaldimensionen für Flächensignaturen zusammen (Abbildung 12). Die Mindestgrösse für ein volles Quadrat beträgt dabei 0.35 mm. Bei Farbflächen vergrössern sich die Mindestgrössen um mehr als das Doppelte, mit Schraffuren muss die Mindestfläche sogar noch grösser gezeichnet werden.

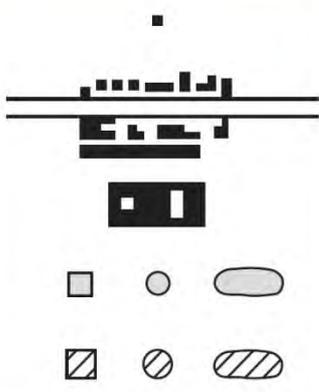
Vergrößerung 4:1	1:1	Mindestgrösse	Mindeststrichstärke	Mindestabstand	Bemerkungen
Flächensignaturen					
		0,35 mm		0,20 mm	Volles Quadrat
		0,25 mm			Einsprünge
		0,40 mm			Hohlform
		0,80 mm	0,08 mm		Farbflächen mit Kontur
		1,00 mm	0,08 mm		Schraffur 3 Linien/mm

Abbildung 12: Minimaldimensionen für Flächensignaturen, Darstellung ist nicht massstabsgetreu (nach SGK, 2002: 27, verändert)

Minimaldimensionen bei der Gebäudegeneralisierung

Bei der Generalisierung von Gebäuden sind die Minimaldimensionen und Mindestabstände sehr wichtig. Zur besseren Verdeutlichung dieser Anforderungen sei hier auf Abbildung 13 verwiesen. Die SGK (2002) behandelt das Thema Siedlungsgeneralisierung detailliert.

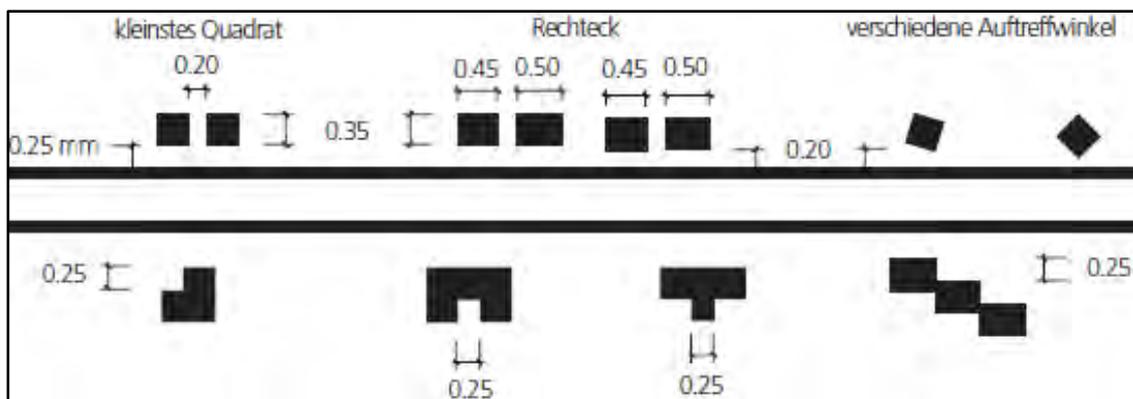


Abbildung 13: Minimaldimensionen Gebäude, Werte sind in mm angegeben, Darstellung ist nicht massstabsgetreu (SGK, 2002: 70).

3.6 Farben

Farbe hat grossen Einfluss auf die Wahrnehmung und das subjektive Empfinden des Kartenlesers. Sie steigert die Aufmerksamkeit und führt das Auge. Farbe dient als klärendes und vereinfachendes Element und hilft Hierarchien innerhalb von Kategorien besser zu erkennen (Tyner, 2010: 57).

Brewer (2005) führt ins Feld, dass Farben auf Karten nicht beliebig gewählt werden sollen. Es sollen folglich je nach Zweck bestimmte Farbschemen verwendet werden. Es gibt dabei sequenzielle, divergierende und qualitative Schemen. Für topografische Karten werden hauptsächlich qualitative Farbschemen verwendet. Ein gut gestaltetes Schema suggeriert weder, dass die Daten geordnet sind noch dass eine Kategorie wichtiger als eine andere ist. Um dies zu gewährleisten, soll darauf geachtet werden, dass die Farbtöne ähnliche Kontraste mit dem Kartenhintergrund aufweisen. Wenn logische Beziehungen zwischen Kategorien bestehen, können diese mit ähnlichen Farben dargestellt werden. Als Beispiel erwähnt Brewer (2005: 122) Hellrot für «normale Siedlung» und Dunkelrot für den Siedlungstyp «Altstadt».

Das Aussehen von Farben ist abhängig vom Kontext. Unterschiedliche Hintergründe bzw. umgebende Farben können die Farbwirkung beeinflussen. Die Art, wie Farben miteinander interagieren, sollten gemäss Tyner (2010: 67) stets im Hinterkopf behalten werden. Es können optische Täuschungen wie «Simultankontrast» entstehen. Ein Beispiel einer solchen Täuschung zeigt Abbildung 14. Die Farben sollten also sorgfältig gewählt werden und vor Abschluss einer Karte überprüft werden (Brewer, 2005: 129).

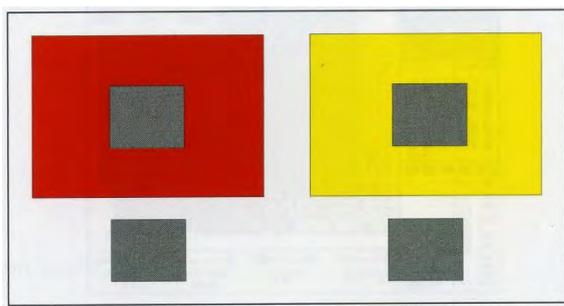


Abbildung 14: Simultankontrast; das Grau wirkt je nach umgebender Farbe anders, obwohl der Farbwert in beiden Quadraten gleich ist (Tyner, 2010: 129).

Weitere Richtlinien zur Farbwahl sind im Folgenden zusammengestellt:

- Zu beachten sind Konnotationen, Konventionen, Präferenzen und die Interaktion mit anderen Farben (Tyner, 2010: 57).
- «Ein maximaler Farbkontrast und deutlicher Hell-Dunkel-Kontrast erhöhen die Lesbarkeit» (SGK, 2002: 24).
- Flächenfarben dürfen nicht zu dunkel gewählt werden, damit Schrift und Liniensignaturen noch ausreichend lesbar sind und das Kartenbild nicht durch die dunklen Farben überladen wirkt (Spiess, 1996: 468).
- Je kleiner eine Fläche, desto dunklere Farbtöne oder Graustufen sollten gewählt werden (Häberling, 2003: 26; Brewer, 2005: 122), damit die Flächen besser sichtbar sind.
- Farben müssen gut unterscheidbar sein und Farbskalen müssen gute Abstufung besitzen.
- Die Farbgebung sollte harmonisch wirken. Die Farbwahl soll assoziativ zu den Objektklassen gewählt werden. Wald soll also grün und nicht rot sein.

- Die Helligkeit kann für die Ordnung von Attributen verwendet werden. Es gilt z.B. meistens «je dunkler, desto mehr».
- Für Artunterschiede sollen möglichst unterschiedliche Farbrichtungen gewählt werden (SGK, 2002: 24).
- Dunkle Farben sind für Punkt- und Liniensignaturen, Flächenmuster und Beschriftung geeignet, während eher helle Farben für Flächentöne, Farbbänder (z.B. Strassenfüllungen) und Relieftöne verwendet werden sollen (SGK, 2002: 24).

Auf die verschiedenen Farbräume und die Spezifikation von Farben mit Farbton, Helligkeit und Sättigung wird hier nicht näher eingegangen. Brewer (2005: 98-105) bietet hierzu eine gute Übersicht.

3.7 Symbolisierung

Die in den letzten Abschnitten behandelten kartografischen Gestaltungsgrundsätze fließen auch bei der Symbolisierung ein. Mit Symbolisierung ist die Verknüpfung von Signaturen mit der Objektgeometrie gemeint (SGK, 2002). Für die Darstellung von zweidimensionalen räumlichen Phänomenen gibt es folgende Möglichkeiten für die Kartenelemente: Punkte, Linien oder Flächen. Zu diesen drei Basiselementen gibt es die visuellen Variablen nach Bertin (1974). Es sind dies Position (X/Y) Form, Grösse, Helligkeit, Farbe, Muster (Körnung) und Richtung (Orientierung). Manche Autoren haben die Variablen hinsichtlich 3D-Karten und Webkarten noch erweitert, z.B. durch MacEachren (1995) mit den Variablen «Schärfe», «Auflösung» und «Transparenz».

Die nachfolgenden generellen Empfehlungen zur Symbolisierung stammen aus SGK (2002).

Symbole sollen möglichst selbsterklärend sein und spontan die richtigen Assoziationen hervorrufen. Die Form und Bedeutung muss klar sein. Vorzugsweise werden Symbole als Piktogramme oder assoziative Form gewählt, manchmal muss auch auf abstrakte Formen zurückgegriffen werden (vgl. Abbildung 15 für Beispiele). Je kleiner die Signaturen, desto einfachere Formen sollen dafür gewählt werden. Die Symbolisierung muss gut unterscheidbar sein und für die gleichen Objekte müssen immer die gleichen Signaturen verwendet werden. Für die Wahl der Form gilt es, eine möglichst einfache Grafik ohne überflüssige Details zu verwenden (Bsp. Kreise statt Baum als Symbol für Einzelbäume). «Wirklichkeitsnahe Proportionen erleichtern die Signatureninterpretation und betonen die Wichtigkeit. Um ein harmonisch wirkendes Kartenbild zu erhalten, sind die Signaturen aufeinander abgestimmt.» (SGK, 2002: 23).

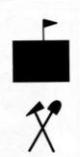
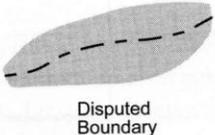
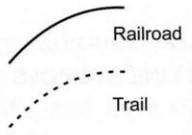
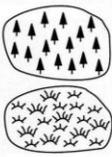
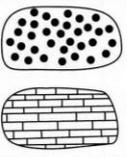
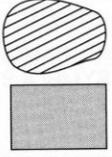
	PICTORIAL	ASSOCIATIVE	ABSTRACT
POINT SYMBOLS	 <p>School</p> <p>Mine</p>	 <p>Mountain Peak</p> <p>Building</p>	 <p>City</p> <p>Airport</p>
LINE SYMBOLS	 <p>Highway</p> <p>Railroad</p> <p>River</p>	 <p>Disputed Boundary</p>	 <p>Railroad</p> <p>Trail</p>
AREA SYMBOLS	 <p>Coniferous Forest</p> <p>Grassland</p>	 <p>Woodland</p> <p>Limestone</p>	 <p>Forest</p> <p>Crops</p>

Abbildung 15: Beispiele für Punkt-, Linien- und Flächensymbole als Piktogramme, assoziative und abstrakte Formen (Tyner, 2010).

3.7.1 Punktsymbole

Aufgrund der geringen Ausdehnung von Punktsymbolen in einer Karte sind die Variationsmöglichkeiten auf wenige Grössen- und Helligkeitsabstufungen sowie Farbunterschiede beschränkt. Die beste Unterscheidung wird über die Form erreicht. Über sie kann auch die Orientierung als weiteres Unterscheidungskriterium verwendet werden, wobei die Anwendung dieser Variable eher bescheiden ist. Grösse und Helligkeit sollten nur für quantitative Zwecke verwendet werden (Tyner, 2010). Die Symbolgrösse repräsentiert Datenwerte. Je grösser ein Symbol ist, desto höher der Datenwert (Brewer, 2005: 129).

3.7.2 Linien

Die Unterscheidung von Linien geschieht hauptsächlich über die Strichstärke und bei Doppellinien zusätzlich über das Intervall (z.B. Innenraum von Doppellinie einer Strasse). Weitere Unterscheidungsmerkmale sind Muster, Farbe und Helligkeit (Tyner, 2010: 139). Muster werden für die Strichlierung von Linien benötigt (z.B. unterbrochene Linie für Wanderweg). Neben Strichelementen können auch einfache Punktsymbole wie Punkte oder Kreuze verwendet werden (Brewer, 2005: 154). Spiess (1996) weist darauf hin, dass Linien dem Massstab entsprechend dargestellt und nicht zu eckig erscheinen dürfen, sonst ist eine Glättung nötig. Glättung wird auch als Generalisierungsoperation eingesetzt.

3.7.3 Flächen und Flächenmuster

Für die qualitative Darstellung von Flächen können Farbe und Muster (dazu auch Orientierung) verwendet werden. Ein Muster ist ein räumliches Gefüge von kleineren Grafikelementen (z.B. Punkte oder Linien) innerhalb des Symbols (Tyner, 2010: 177).

Flächenmuster dürfen nicht zu grob für feingliederige Konturen sein. Liegen Linien über den Flächenmuster (z.B. Strassen durch Rebenraster oder Wald), soll mit einer Maskierung gearbeitet werden (vgl. Spiess, 1996). Flächenmuster sollten nicht zu regelmässig sein, da sie dadurch unnatürlich wirken und bei einer Maskierung unkontrollierte Fragmente und Lücken hinterlassen. Somit sollte also ein Muster aus zufällig verteilten Signaturen gewählt werden (Spiess, 1996: 471). Spiess empfiehlt weiter eine genügende Transparenz von Flächenmustern (max. 20%).

3.8 Kartenbeschriftung

Die Beschriftung dient zur Erläuterung und Orientierung in Karten. Neben der eigentlichen Beschriftung des Karteninhaltes werden auch Kartenrandangaben wie Legende, Titel und Massstabsangaben mit Text versehen. Die folgenden zwei Absätze geben Anhaltspunkte über die Typografie (Schriftgestaltung) und Platzierung von Kartenbeschriftung.

3.8.1 Typografie

Die Schrift muss gut lesbar sein. Das heisst, die Schriftgrösse sollte eine gewisse Minimalgrösse nicht unterschreiten (Häberling, 2003: 27). Brewer (2005: 51) empfiehlt mindestens 6 Punkte. Empfehlenswert sind serifenlose Schriften mit Schriftschnitt normal oder halbfett. Für die Wahl der Schriftart soll gemäss Tyner (2010: 52) auch auf den Zweck der Karte, die Eignung zum Druck und die Übertragbarkeit geachtet werden. Bei der Verwendung von mehreren Schriften soll darauf geachtet werden, dass diese miteinander harmonieren. Mehr als zwei verschiedene Schriftarten sollten nicht verwendet werden und höchstens eine davon mit Serifen (Tyner, 2010: 53). Um Rangordnungen zu verdeutlichen oder Unterschiede zu betonen, empfiehlt Tyner die Variation von Schrift in Grösse, Tonwert, Farbe und Zeichenabstand, Orientierung oder eines anderen Schriftschnitts. Variiert werden kann z.B. die Schriftstärke (mager, normal, fett), die Schriftbreite oder die Lage (normal, kursiv). Orientierung kann auch für Richtungsangaben wie z.B. Fliessrichtung verwendet werden. Grosse und fette Schriften zeigen Wichtigkeit, Schriftschnitte und Farbe machen Unterschiede im Typ klar (z.B. Unterscheidung Fluss und Strasse). Kursive Schriften werden vor allem für fließende Objekte wie Flüsse, Ozeane oder allenfalls Beschriftung von Zählkurven (Höhenlinien) verwendet (Peterson, 2009: 71). Unterscheidungen in der Schriftgrösse werden oft für die Ortsbeschriftung verwendet (Peterson, 2009: 71), wobei nach Einwohnerzahlen klassiert wird. Schriften stehen meistens auf farbigem Hintergrund, manchmal wechselt dieser sogar mitten im Wort. Dabei muss die Lesbarkeit stets gewährleistet werden (Tyner, 2010: 53).

3.8.2 Schriftplatzierung

Die korrekte Positionierung der Schrift ist sehr wichtig, damit die Zuordnung zum Objekt eindeutig ist. Die Platzierung der Beschriftung erfolgt je nach Platzverfügbarkeit auf der Karte. Für die Platzierung der Beschriftungen bei Punkten, auf Flächen und entlang von Linien gibt es verschiedene Regeln die eingehalten werden sollen. Die Beschriftung von Punkten erfolgt in der Regel horizontal, während die Bezeichnung von Flächen der Form angepasst ist und sich

innerhalb der Fläche befindet (bei grossen Flächen als gesperrte Schrift). Linien werden entlang ihrer Ausdehnung beschriftet und können der Form folgen. Nach Brewer (2005: 74) rückt eine gesperrte Beschriftung in der Beschriftungshierarchie nach hinten, obwohl die Beschriftung mehr Platz einnimmt. Der Grund dafür liegt in der schlechteren Lesbarkeit.

Dieser Abschnitt bezieht sich auf Imhof (1962). Gewässer sind oft in Kursivschrift geschrieben. Flussnamen haben keine gesperrten Buchstaben. Der Name kann bei langen Flusslinien repetiert werden. Er folgt der Linienform, wird aber nach Möglichkeit dort platziert wo die Linie möglichst gerade ist. Bei grossen Wasserflächen, wie Seen und Meeren sollte die Beschriftung vollständig innerhalb der Fläche stehen. Wenn die Fläche zu klein ist, so sollte der Name komplett ausserhalb platziert werden. Die Uferlinie sollte nicht durchbrochen werden.

Bei regionalen Namen wie Staaten und Ländern sollte die Beschriftung der Ausdehnung der Fläche und ihrer Form Rechnung tragen. Falls nötig, sollen folglich entlang der Flächenform gebogene Schriften mit gesperrten Buchstaben verwendet werden. Das gilt auch für Gebirge.

Punktobjekte sollten nicht auf derselben Linie wie das Symbol platziert werden, da das Symbol unter Umständen als Buchstabe aufgefasst werden könnte. Die beste Platzierung ist oben rechts des Objekts. Abbildung 16 zeigt die Platzierungsempfehlung, wobei 1 die beste und 8 die schlechteste Möglichkeit ist.

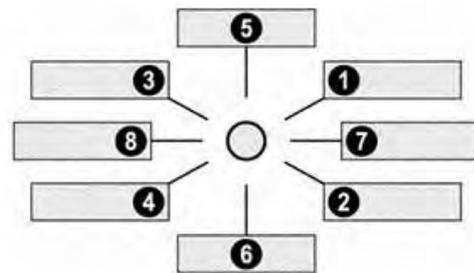


Abbildung 16: Prioritäten der Anordnung von Punktobjekten (Räber, 2005).

Die Platzierung der Beschriftung erfolgt je nach Platzverfügbarkeit auf der Karte. Eine Ausnahme dieser Regel kann bei Ortsbeschriftungen an Flüssen gemacht werden. Wenn eine Stadt westlich eines Flusses platziert ist, sollte sie auch westlich des Flusses angeschrieben werden und nicht auf der anderen Seite des Flusses. Linien sollten nicht durch Beschriftungen durchschnitten werden. Falls dies nicht verhindert werden kann, so kann die Linie durchbrochen werden.

Generell sollen die Namen so platziert werden, dass darunterliegende Kartenelemente nicht oder nur leicht beeinträchtigt werden. Für die bessere Lesbarkeit sollen Beschriftungen mittels Maskierung freigestellt werden. Dabei soll zwischen der Schriftfarbe und dem Hintergrund auf gute Kontraste geachtet werden (Häberling, 2003: 27). Die Schriftgrösse soll bei Objektklassen abgestuft werden. Nicht zuletzt sollte daran gedacht werden, beim Generalisieren auch die Beschriftung zu berücksichtigen.

Gemäss Peterson (2009: 73) ist die automatische Platzierung von Schriftelementen mit GIS heute noch nicht zufriedenstellend. Es braucht noch immer Kartografen oder geübte Personen für die manuelle Feinplatzierung. Diese müssen Überlappungen mit anderen Labels oder Kartenobjekten korrigieren und das Zusammenspiel der Objekte optimieren. Das wird sich in nächster Zeit auch kaum ändern.

3.9 Kartenrandangaben

Nicht nur für Kartenelemente gelten Gestaltungsgrundsätze. Es gibt auch einige Regeln für die Legende und die weiteren Kartenrandangaben.

3.9.1 Legende

Die Legende enthält erklärenden Text zur Karte. Dieser Text sollte möglichst knapp gehalten werden, muss aber die Kartensymbole ausreichend erklären (Tyner, 2010: 45). Ein Legendentitel kann gemäss Tyner verwendet werden, es sollte jedoch nicht «Legende» geschrieben werden, da die Funktion ja klar ist.

Der logische Aufbau der Legende ist wichtig, einzelne Themen sind blockweise zusammenzufassen. Falls es der verfügbare Platz auf der Karte zulässt, sollte die Legende nicht aufgeteilt werden. Sollte dies dennoch nötig sein, ist eine Ausrichtung der einzelnen Legendenteile zueinander immanent wichtig. Brun (2002: 108) empfiehlt zudem, keine überflüssigen Rahmen um die Legende zu setzen und keine zu grossen Leerflächen zuzulassen. Die Legende sollte nicht zu stark auseinandergezogen oder zusammengedrückt werden, um den Platz auszugleichen. Für die Lesbarkeit ist es wichtig, dass Legendenelemente gleich wie in der Karte dargestellt werden (z.B. gleich grosse Punktsymbole) (Brewer, 2005: 175).

3.9.2 Kartenrandangaben

Masstabsangaben

In jeder gedruckter Karte muss eine numerische Angabe des Masstabs enthalten sein. Die numerische Angabe sollte wenn möglich als runde Zahl (z.B. 1:300'000) gewählt werden. Zusätzlich empfiehlt sich für eine topografische Karte auch die grafische Masstabsangabe als Masstabsleiste mit definierten Längen und Einheiten. Der grafische Masstab sollte dem Generalisierungsgrad angepasst sein. So sollte z.B. für einen Masstab 1:50'000 nicht eine Abstufung in Meter, sondern in Kilometer angegeben werden, da Meterangaben zu detailliert wären.

Kartenprojektion

In der Legende ebenfalls nicht fehlen sollte die Bezeichnung der Kartenprojektion. Sie hilft bei der räumlichen Kartenanalyse. Für den Kartennutzer ist so ersichtlich, ob in der Karte z.B. Flächentreue oder Längentreue herrscht. Falls kein Koordinatennetz verwendet wird, ist zudem die Platzierung eines Nordpfeils nötig.

Datenquellen

Die Quelle der verwendeten Daten muss unbedingt genannt werden (Tyner, 2010: 46) und sollte vollständig und genau sein (Brun, 2000).

Kartentitel

«Der Kartentitel bezeichnet kurz und prägnant das Kartenthema und die räumliche und zeitliche Begrenzung der Karte, zu der er gehört» (Brun, 2000: 110). Brewer (2005: 166) formuliert es noch

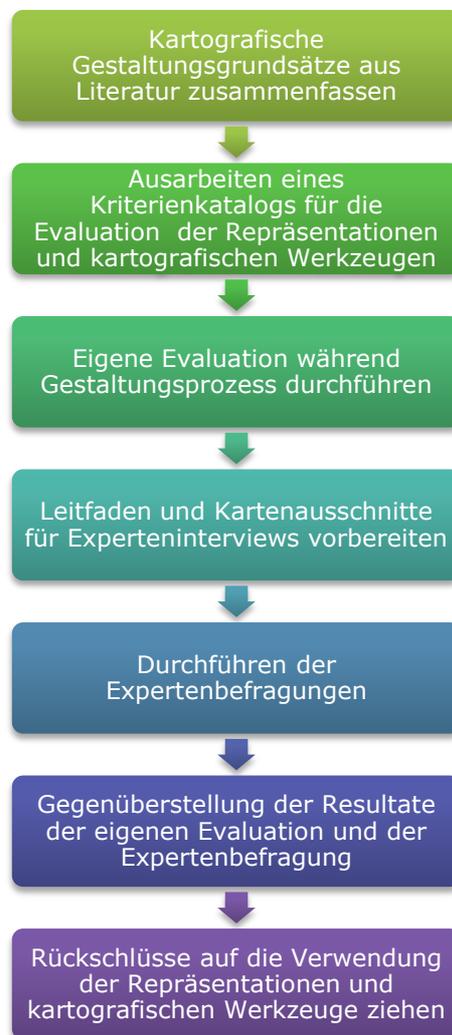
prägnanter: Ein Titel soll Auskunft geben über: wer, was, wo und wann. Wenn der Titel zu lang wird, dürfen diese Informationen auch über einen zusätzlichen Untertitel vermittelt werden.

4 Methodik

Dieses Kapitel soll die Vorgehensweise zur Erreichung der Zielsetzungen dieser Arbeit erläutern. Als Grundlage für die Überprüfung der Eignung der Repräsentationen und kartografischen Werkzeuge in ArcGIS sollen topografische Kartenausschnitte von Nisyros im Massstab 1:25'000 erstellt werden.

4.1 Überblick über das gewählte Vorgehen

Im nachfolgenden Diagramm ist der Ablauf des geplanten Vorgehens zusammenfasst.



4.2 Einarbeitung in die Software

Um die Verwendung der Repräsentationen und kartografischen Geoverarbeitungswerkzeuge überhaupt beurteilen zu können, hat zuerst eine Einarbeitungsphase in diese Softwarebestandteile stattgefunden. Nach dem Studium der theoretischen Grundlagen hat sich die Autorin mittels verschiedenen Übungsaufgaben aus der ArcGIS-Onlinehilfe (ESRI, 2012a) und aus Schulungsunterlagen (ESRI, 2008) mit der Handhabung der Repräsentationen und den kartografischen Geoverarbeitungswerkzeugen vertraut gemacht. Der Zeitaufwand für das reine Üben im Selbststudium betrug dabei rund 20 Stunden.

4.3 Selektion der Anforderungen

Für die Qualitätsbeurteilung der Repräsentationen, Generalisierungswerkzeuge und weiteren kartografischen Tools der Cartography-Toolbox wurden Beurteilungskriterien aufgestellt. Die von der Autorin selbst durchgeführte Evaluation wurde aus Aufwandsgründen in einem abgegrenzten Rahmen durchgeführt. Dazu wurde aus den verschiedenen Komponenten, wie verwendete Daten oder räumliche Ausdehnung, eine Auswahl getroffen. Auch aus den kartografischen Geoverarbeitungswerkzeugen wurde bereits vorab eine Selektion von Tools durchgeführt. So sollte die Evaluation möglichst zielgerichtet vorgenommen werden können.

4.3.1 Anforderungen an topografische Karte

Als Basis für die Evaluation der Repräsentationen und kartografischen Tools aus der Cartography-Toolbox wurde eine topografische Karte von Nisyros im Zielmassstab 1:25'000 erstellt. Die Karte sollte nach den kartografischen Gestaltungsgrundsätzen aus Kapitel 3 erstellt werden. Im Rahmen dieser Arbeit reichte es, Kartenausschnitte darzustellen. Diese Ausschnitte sollten sich aber in einem möglichst vollständig symbolisierten Zustand befinden.

Als Vorbild für die Kartengestaltung diente die Schweizer Landeskarte 1:25'000 (LK25). Die Gestaltung sollte jedoch vom Landeskartenlayout abweichen, da sich Nisyros landschaftlich stark von der Schweiz unterscheidet. So ist die Schweiz ein Binnenland mit politischen Grenzen, während Nisyros als Insel nur vom Meer abgegrenzt wird. Nisyros ist zwar auch gebirgig, jedoch sind die Erhebungen vulkanischen Ursprungs und lange nicht so mächtig wie die Schweizer Alpen. Auf Nisyros fehlen zudem verkehrstechnische Elemente wie Autobahnen, Bahnlinien, Brücken und Tunnels. Als Gewässer sind ferner nur kleine, periodisch wasserführende Flüsse vorhanden. Die Grundlagedaten von Nisyros wiesen zudem nicht dieselbe hohe Detailstufe der LK25 auf. Auch die Signaturen der LK25 waren nicht öffentlich verfügbar.

Es sollte darauf geachtet werden, die Kartenausschnitte von Nisyros mit möglichst aktuellen und vollständigen Daten zu erstellen. Weiter sollten Lage und Geometrie der Kartenobjekte möglichst korrekt gezeichnet werden und der Generalisierungsgrad analog zu SKG (2002) dem Massstab angepasst werden.

4.3.2 Auswahl der Testgebiete für die Evaluation

Für die Evaluation wurden vier Testgebiete ausgewählt. Dabei wurde der Fokus besonders auf die am stärksten besiedelten Gebiete gelegt. Die drei Ortschaften Pali, Nikia und Mandraki haben jeweils verschiedene Siedlungscharakter und eigneten sich daher bestens als Testgebiete für die Symbolisierung mit Repräsentationen und für die Gebäudegeneralisierung im Besonderen. Ein weiteres Testgebiet sollte speziell für die Strassengeneralisierung ausgewählt werden. Das hierzu definierte Gebiet wurde ziemlich gross gewählt und beinhaltet detailreiche Strassenverläufe, was sich ideal für das Testen von Generalisierungsfunktionen eignete. Im selben Gebiet hat es ausserdem eine grössere Waldfläche, welche als offener Wald gestaltet werden sollte.

Testgebiet	Geplante Methoden
1 Region Pali	Anwendung der Repräsentationen, Darstellung von Strassenenden, Gebäudegeneralisierung
2 Nikia	Anwendung der Repräsentationen, Gebäudegeneralisierung
3 Strassen im Inselinnern	Strassengeneralisierung, Symbolisierung des Waldes
4 Region Mandraki	Gebäudegeneralisierung, Grafische Konflikte testen, Symbolisierung Kirchen

Tabelle 7: Definierte Testgebiete

4.3.3 Selektion der kartografischen Werkzeuge

Die Möglichkeiten und Einschränkungen der Repräsentationen sollten so umfassend wie möglich getestet und evaluiert werden. Zusätzlich wurden Werkzeuge der Cartography-Toolbox für die kartografische Feingestaltung und Generalisierung angewendet und getestet. Diese wurden bereits in Absatz 2.3 vorgestellt. Für die Evaluation konnten nicht alle Werkzeuge verwendet werden. Daher wurde hier vorgängig eine Auswahl getroffen.

Folgende Werkzeuge wurden ausprobiert und wenn möglich in die Evaluation einbezogen:

Toolset Annotation

- Contour Annotation

Toolset Cartographic Refinement

- Marker an Strich oder Füllung ausrichten (Align Marker to Stroke Or Fill)
- Linienenden berechnen (Calculate Line Caps)
- Hauptwinkel von Polygon berechnen (Calculate Polygon Main Angle)
- Repräsentationspasspunkt nach Winkel festlegen (Set Representation Control Point By Angle)

Toolset Generalization

- Polygone aggregieren (Aggregate Polygons)
- Gebäude vereinfachen (Simplify Building)
- Linie vereinfachen (Simplify Line)
- Linie glätten (Smooth Line)

Toolset Graphic Conflicts

- Grafikkonflikte ermitteln (Detect Graphic Conflict)
- Versatz propagieren (Propagate Displacement)
- Gebäudekonflikte lösen (Resolve Building Conflicts)

Toolset Representation Management

- Repräsentationsregel berechnen (Calculate Representation Rule)
- Repräsentation löschen (Drop Representation)
- Override löschen (Remove Override)
- Feature nach Override auswählen (Select Feature By Override)
- Override aktualisieren (Update Override)

Diese Auswahl wurde aus mehreren Gründen getroffen. Beim Durchlesen der Werkzeugbeschreibungen machte sich die Autorin Gedanken zur Machbarkeit von Umsetzungsideen mit diesen Werkzeugen (z.B. die Gebäudegeneralisierung und der damit einhergehenden Konfliktlösung mit Strassen).

Schnell wurde auch klar, welche Geoverarbeitungswerkzeuge nicht für die Bearbeitung der Testregionen benötigt werden. So fehlen z.B. Objekte wie Brücken, Bahnlinien, Autobahnen und Tunnels. Werkzeuge zur kartografischen Gestaltung dieser Objekte wurden daher weder verwendet noch evaluiert. Wie bereits in Absatz 2.3 erwähnt, wurden die Toolsets «Data Driven Pages» und «Grids & Graticules» nicht verwendet, da ihr Nutzen für diese Arbeit fehlte. Insgesamt wurden 17 von 43 (ohne «Data Driven Pages» und «Grids & Graticules» wären es insgesamt 35) Werkzeugen verwendet, was knapp 40% aller kartografischen Werkzeuge entspricht.

Des Weiteren wurden bei der Einarbeitung bereits einige der ausgewählten Tools an Übungsdaten verwendet und die Verwendung sollte nun mit komplexeren Daten getestet werden. Zudem wurden beim Einarbeiten Werkzeuge (z.B. «Set Representation Control Point By Angle») verwendet, welche nicht die erwarteten Resultate lieferten. Daher wurden diese Tools gezielt auf Fehler getestet und Limitierungen in der Funktionsweise dokumentiert.

4.4 Evaluation der Repräsentationen und kartografischen Geoverarbeitungswerkzeuge

4.4.1 Ausarbeitung der Evaluationskriterien

Die Beurteilungskriterien wurden auf die zuvor ausgewählten Werkzeuge und Testgebiete angewendet. Evaluiert wurden die Kartografischen Repräsentationen sowie die kartografischen Geoverarbeitungswerkzeuge mit den Generalisierungswerkzeugen als separater Schwerpunkt.

Zuerst wurden jeweils Anforderungen zu diesen drei Themen analysiert und in Prosaform zusammengefasst. Anschliessend wurden die Anforderungen in Beurteilungskriterien überführt. Die Kriterien wurden wo möglich nach dem Prinzip der Constraint-basierten Evaluation formuliert. Gemäss Schmid (2008) müssen die Kriterien bei diesem Ansatz so konkret wie möglich aus den Anforderungen formalisiert werden, damit sie später eindeutig bewertet werden können. Ehrliholzer (1996) spricht auch von Spezifikationen, womit z.B. Minimaldimensionen gemeint sein können. Das *Einhalten von Spezifikationen* (z.B. Minimaldimensionen) ist dann jedoch ein Qualitätskriterium.

Der Kriterienkatalog ist unterteilt nach den drei Themen «Repräsentationen», «Generalisierungswerkzeuge» und «kartografische Geoverarbeitungswerkzeuge». Die definierten Beurteilungskriterien sind zur einfacheren Handhabung in Fälle nummeriert.

Pro Fall wurde folgendes charakterisiert:

- Anforderungstyp
- Objektklasse und Geometrietyt
- Beurteilungskriterium
- Evaluationsmethode
- Art der Methode (qualitativ oder quantitativ)
- Untersuchungseinheit (Nummern der Testgebiete)

Der vollständige Kriterienkatalog zur Evaluation folgt in Kapitel 5.

4.4.2 Auswertung der Evaluation

Die Resultate der Evaluation werden in Kapitel 7 präsentiert. Die Auswertung soll möglichst objektiv ausfallen. Die Fälle, die nach der Erfüllung der Kriterien fragen (z.B. dort wo konkrete Constraints vorhanden sind), erhalten die Beurteilung «erfüllt» oder «nicht erfüllt» sowie eine kurze Begründung. Bei Kriterien zur Beurteilung der Funktionsweise wird die Beurteilung nicht völlig objektiv möglich sein. Zum Evaluationsresultat soll jeweils ein Qualitätsurteil zugeordnet werden, wobei die Beurteilung nach Ehrliholzer (1996:39) wie folgt klassiert wird:

Das Beurteilungskriterium wird als

- gut
- akzeptabel
- schlecht

- unbrauchbar

bewertet und auch hier wieder mit einer Begründung versehen.

4.5 Expertenbefragung zur Beurteilung der kartografischen Ergebnisse

Neben einer eigenen Beurteilung der Repräsentationen und der kartografischen Geoverarbeitungswerkzeuge sollen in einer zweiten Evaluationsphase auch die erstellten Kartenausschnitte beurteilt werden. Nachfolgend wird die Methode der Expertenbefragung vorgestellt und das geplante Vorgehen erläutert.

4.5.1 Expertenbefragung als Methode zur qualitativen Datenerhebung

In einem sogenannten Experteninterview sollen Experten zu ihrem Wissen befragt werden (Mieg und Näf, 2005). Es handelt sich dabei um eine qualitative Forschungsmethode, die besonders in der Sozialforschung sehr verbreitet ist (Flick et al., 2007). Ein Experte wird von Mieg und Näf (2005: 7) definiert als «jemand, der/die aufgrund langjähriger Erfahrung über bereichsspezifisches Wissen/Können verfügt». Im Vordergrund stehen somit v.a. die Fachkompetenz und die langjährige Erfahrung (mindestens 10 Jahre) in einem bestimmten Fachbereich.

Für die Durchführung von Experteninterviews kann ein Interviewleitfaden verwendet werden. Im Interviewleitfaden sollen nach Mieg und Näf (2005) vorgängig die interessierenden Fragen formuliert werden. Man spricht dann gemäss Flick et al. (2007: 351) von teilstandardisierten Interviews. Dabei soll auf vorab definierte Befragungsgestände fokussiert werden. Das Gespräch kann so strukturiert mit Hilfe des Leitfadens geführt werden, bietet aber trotzdem die Möglichkeit, vorbereitete Fragen auszubauen oder anzupassen.

Vorteil dieser Methode ist die Flexibilität der Interviewgestaltung. Diese Flexibilität kann jedoch auch zu Schwierigkeiten führen. So betont Flick et al. (2007: 358), dass der Befragende in der Lage sein muss einzuschätzen, wann es inhaltlich angemessen ist vom Interviewleitfaden abzuweichen oder an welchen Stellen es erforderlich ist nachzufragen. Die Freiheit der Experten, bestimmte Aspekte detailliert auszuführen, kann zudem interessante Gesichtspunkte hervorbringen.

4.5.2 Durchführung der Expertenbefragung

Die Methode des Experteninterviews kam somit in dieser Arbeit für die Beurteilung der Kartenausschnitte zum Einsatz. Aus den Ergebnissen der Befragung sollten Rückschlüsse auf die Verwendbarkeit von kartografischen Werkzeugen in ArcGIS abgeleitet werden. Die Wahl von Experteninterviews als Forschungsmethode für diese Arbeit konnte mit der Notwendigkeit von detailliertem Fachwissen und langjähriger Erfahrung begründet werden. Als Experten wurden daher Kartografen mit einer Berufserfahrung von mindestens 10 Jahren angefragt. Die Anzahl der

Befragten wurde auf 4-7 Personen festgelegt. Diese Anzahl scheint zwar gering, reichte aber aufgrund des sehr spezifischen Befragungsgegenstandes aus und liess Vergleiche der Resultate zu. Geeignete Experten wurden mit Hilfe der Betreuer gesucht und per E-Mail angefragt.

Für eine erfolgreiche Evaluation der Kartenausschnitte wurden Fragen für einen strukturierten Interviewleitfaden zusammengestellt. Zudem wurden Kartenausschnitte für die Befragungsgrundlage vorbereitet. Vor Beginn der Expertenbefragung empfehlen Mieg und Näf (2005) einen Vortest des Leitfadens. Nach einer allfälligen Anpassung des Interviews können die Gespräche danach durchgeführt werden. Ein Vortest mit einem Kartografen konnte aus zeitlichen Gründen nicht mehr durchgeführt werden, der Interviewleitfaden wurde jedoch von einem Bekannten durchgesehen. Angestrebt wurden Einzelbefragungen, da die Autorin bei Gruppengesprächen weniger klare Ergebnisse und eine geringere Vergleichbarkeit der einzelnen Fragen vermutete. Zur Auswertung der Gespräche wurden diese mit Einverständnis der Experten aufgezeichnet. Ergebnisse wurden in der Arbeit anonym wiedergegeben.

4.6 Weiteres Vorgehen

Im nächsten Kapitel werden die Evaluationskriterien formuliert, die aus der in diesem Kapitel beschriebenen Methodik resultieren. Die Evaluation wurde von der Autorin während der Erstellung der Kartenausschnitte von Nisyros durchgeführt. Die Erstellung der topografischen Testkarten wird in Kapitel 6 dokumentiert. Die Resultate der Evaluation folgen in Kapitel 7.

Anschliessend wurden die Testkarten von Kartografen mittels Expertenbefragungen beurteilt (Kapitel 8). Aus den Ergebnissen wurden Verbesserungsmöglichkeiten für den Kartengestaltungsprozess abgeleitet sowie Rückschlüsse auf die Verwendungsmöglichkeiten und Eignung der Repräsentationen und kartografischen Tools zur Erstellung von topografischen Karten gezogen. Die Ergebnisse aus den beiden Evaluationsteilprozessen wurden schliesslich diskutiert (Kapitel 9) und es wurde ein Fazit gezogen (Kapitel 10).

5 Evaluationskriterien für die Qualitätsbeurteilung

Um eine erste Qualitätsbeurteilung der Repräsentationen und kartografischen Tools vornehmen zu können, wird die Qualität des Gestaltungsprozesses mittels quantitativen und qualitativen Methoden untersucht und durch die Autorin bewertet. Die Evaluationskriterien basieren zum Teil auf den in Kapitel 3 formulierten kartografischen Gestaltungsgrundsätzen für topografische Karten. Weiter gibt es aber auch Kriterien, welche die Funktionsweise von Repräsentationseinstellungen und kartografischen Werkzeugen thematisieren.

5.1 Beurteilungskriterien Repräsentationen

5.1.1 Grundsätzliche Anforderungen

Die Evaluation der Repräsentationsfunktionalitäten ist nicht trivial, da das Aufstellen von messbaren Kriterien nur beschränkt möglich ist. Es wurde versucht, einige qualitative Kriterien anhand von Anforderungsüberlegungen zu formulieren. Diese Überlegungen werden hier kurz zusammengefasst.

Es interessiert grundsätzlich die Frage, ob das Repräsentationskonzept in ArcGIS 10.0 eine gute Alternative zur Kartenerstellung in Grafiksoftware ist und wie gross der Anteil der automatisierten, regelbasierten Bearbeitung am gesamten Gestaltungsprozess ist. Weiter soll die Handhabung der Repräsentationen evaluiert werden. Funktioniert das Erstellen und Ändern von Repräsentationsregeln wie gewünscht? Genügt der Funktionsumfang der Repräsentationen, um qualitativ gute topografische Karten zu erstellen?

Können die in Kapitel 3 aufgestellten kartografischen Gestaltungsgrundsätze mittels Repräsentationsregeln eingehalten werden? Wie in Absatz 3.5 gezeigt, gelten für Signaturen und Abstände zwischen Signaturen Minimaldimensionen, welche bei der Gestaltung eingehalten werden müssen. Es soll nun untersucht werden, ob und wie diese Minimaldimensionen (z.B. Mindeststrichstärke) bei der Erstellung von Signaturen als Repräsentationsmarker kontrolliert und eingehalten werden können. Während die Minimaldimensionen von Objekten selbst in diesem Absatz betrachtet werden, sollen die geforderten Minimalabstände zwischen Objekten erst in 5.3 behandelt werden, da die Bearbeitung der Minimalabstände mit den kartografischen Geoverarbeitungswerkzeugen erfolgt.

Es muss unterschieden werden zwischen dem Representation Marker Editor und dem Menü, in welchem die Repräsentationsregeln definiert werden (siehe Kapitel 2). Bei letzterem können nämlich die effektiven Symbolgrößen eingestellt werden.

Wie in Abschnitt 2.2.4 beschrieben, können Overrides als Ausnahmen von Repräsentationsregeln erstellt werden, wenn es Objekte innerhalb einer Feature-Class gibt, welche anders symbolisiert werden sollen als der Grossteil der Objekte. Overrides können zum Teil auch wieder in neue

Repräsentationsregeln umgewandelt werden. Wie gut funktioniert die Handhabung von Overrides und deren Umwandlung?

Es stellt sich auch die Frage, ob featureübergreifende Repräsentationen möglich sind. Können z.B. Punktsymbole wie Symbole für Kirchen mit Hilfe von Repräsentationen innerhalb von Kirchengebäuden (Polygone) eines anderen Layers dargestellt werden?

Auch die Verwaltung von Repräsentationsregeln sollte analysiert werden. Können Repräsentationsmarker und Regeln gespeichert und wiederverwendet werden? Welche Möglichkeiten gibt es?

5.1.2 Beurteilungskriterien

Die aus dem obigen Abschnitt hervorgegangenen Überlegungen sollen nun zu Kriterien formuliert werden, die anschliessend anhand der Kartenerstellung von Niysros beurteilt werden sollen.

Fall	Anforderungstyp	Objektklasse und Geometrietyp	Beurteilungskriterium	Evaluationsmethode	Qualitativ oder Quantitativ	Testgebiete (1-4)	Werkzeuge
1.1	Overrides	Gebäude, Strassen, Landnutzung, periodische kleine Flüsse, Höhenkoten, Trigonometrische Punkte, Höhenlinien	Der Anteil manuell bearbeiteter Objekte (Overrides und freie Repräsentationen) an der Gesamtzahl der dargestellten Objekte beträgt weniger als 25%.	Anzahl der notwendigen Overrides (=Ausnahmen) und freien Repräsentationen (manuellen Darstellungen) dokumentieren und Verhältnis zum reinen regelbasierten Arbeiten abschätzen	qualitativ und quantitativ	alle	Repräsentationssymbologie (Layereigenschaften), Cartography Toolbox
1.2	Minimaldimensionen	wie in Fall 1.1	Die Minimaldimensionen (nach Absatz 3.5) können für die Erzeugung von Repräsentationsmarker kontrolliert und eingehalten werden.	Repräsentationsmarker testen	quantitativ	alle	Repräsentationsmarker-editor
1.3	Funktionsweise	wie in Fall 1.1	Das Erstellen und Ändern von Repräsentationsregeln funktioniert korrekt (d.h es gibt keine softwarebedingten Fehler) und der Funktionsumfang ist ausreichend, um Richtlinien zur Symbolisierung gemäss Kapitel 3 einzuhalten.	Repräsentationsregeln anwenden, Handhabung und allfällige Fehler dokumentieren.	qualitativ	alle	Repräsentationssymbologie (Layereigenschaften), Repräsentationsmarker-editor

1.4	Markerplatzierungsstile	Gebäude vom Typ Friedhof, Landnutzung vom Typ Fels	Das gewünschte Ausrichten von Markers innerhalb von Polygonen an die Form des Polygons funktioniert korrekt.	Markerplatzierungsstile in Repräsentationsregeln auswählen	qualitativ	alle	Repräsentationssymbologie (Layereigenschaften)
1.5	Overrides	Wie in Fall 1.1	Das Erstellen von Overrides in Repräsentationsregeln funktioniert. Overrides werden nur eingesetzt, wo sie unbedingt nötig sind.	Overrides für einzelne Objekte erzeugen und Resultate überprüfen	qualitativ	alle	Repräsentationseigenschaften
1.6	Geometrische Effekte und Markerplatzierungsstile	Landnutzung vom Typ Wald	Offene Waldgrenzen können mit geometrischen Effekten und Markerplatzierungsstilen realisiert werden.	Symbolisierung mit Repräsentationsregeln ausprobieren und Resultate überprüfen	qualitativ	3	Repräsentationssymbologie (Layereigenschaften)
1.7	Funktionsweise	Gebäude, Religion (Kirchen)	Feature-Class-übergreifende Repräsentationen sind möglich (z.B. Kombination von Kirchensymbolen mit Gebäuden).		qualitativ	alle	Repräsentationssymbologie (Layereigenschaften)
1.8	Funktionsweise	Wie Fall 1.1	Erstellte Repräsentationsregeln können abgespeichert werden und sind mit den Feature-Classes verbunden.	Abspeichern der Repräsentationsregeln ausprobieren	qualitativ		

5.2 Beurteilungskriterien Generalisierung

5.2.1 Grundsätzliche Anforderungen

Wie bereits erwähnt, werden auf Grund des immensen Aufwandes in dieser Arbeit nur Gebäude und Strassen kartografisch generalisiert. Die manuelle Generalisierung von Gebäuden braucht viel Zeit. Wie bereits gezeigt, geht der Trend in der Generalisierung deutlich in Richtung automatisierte Verfahren. In der vorliegenden Arbeit sollen die in ArcGIS vorhandenen Generalisierungstools getestet und evaluiert werden.

Das Einhalten von Minimaldimensionen ist ein Qualitätskriterium für Generalisierungslösungen, wobei die Minimaldimensionen selbst die Spezifikationen darstellen (Ehrlholzer, 1996). Wie bei der Erstellung von Symbolen mit kartografischen Repräsentationen müssen also auch hier Minimaldimensionen berücksichtigt werden. Dazu soll ein konkreter Anwendungsfall mit minimalen Gebäudeflächen betrachtet werden.

Natürlich interessiert auch das Gesamtergebnis im Vergleich zu den Ausgangsdaten. Wieviele Gebäude müssen nach der Generalisierung manuell nachbearbeitet werden? Hierzu soll eine erste persönliche Einschätzung gemacht werden.

Was besonders bei der Liniengeneralisierung interessiert, ist die Erhaltung der Konnektivität von Strassenstücken nach der Generalisierung.

Allfällige softwarebedingte Fehler oder Einschränkungen im Generalisierungsprozess sollen dokumentiert werden.

Der Autorin stellt sich auch die Frage, ob die Generalisierungstools nach Attributen eingesetzt werden können. So sollen z.B. nur Gebäude des gleichen Typs zusammen aggregiert werden (z.B. Wohnhäuser ohne Kirchen). Auch bei EuroSDR ist dies gemäss Stoter et al. (2009: 11) eine Bedingung (EuroSDR constraint ID 1-20).

Bevor generalisiert wird, muss zuerst die Topologie getestet und korrigiert werden, damit nach der Generalisierung nur allfällige Topologiefehler, welche durch die Generalisierung entstanden sind, betrachtet werden.

5.2.2 Beurteilungskriterien

Fall	Anforderungstyp	Objektklasse und Geometriety	Beurteilungskriterium	Evaluationsmethode	Qualitativ oder quantitativ	Testgebiete (1-4)	Werkzeuge
2.1	Minimaldimensionen	Gebäude	Die minimale Gebäudefläche von Einzelgebäuden ausserhalb des Siedlungsgebiets darf 40 m ² nicht unterschreiten, sonst sollen sie eliminiert werden.	Generalisierungswerkzeug suchen, welches diese Auswertung direkt vornehmen kann.	quantitativ	1	Simplify Building
2.2	Topologie	Strassen	Verbundene Strassenstücke müssen nach der Linienvereinfachung verbunden bleiben.	Topologie testen auf Konnektivität (Topologieregel: Must Not Have Dangles)	qualitativ	3	Simplify Line, Smooth Line
2.3	Funktionsweise	Gebäude vom Typ Gebäude	Die Anzahl Gebäude, welche in Form, Position oder Orientierung nach der Generalisierung manuell bearbeitet werden müssen, beträgt weniger als 25% aller Gebäude.	Manuelle Bearbeitungsschritte dokumentieren und mit Gesamtanzahl Gebäude vergleichen (Abschätzung)	quantitativ	1, 4	Simplify Building, Aggregate Building, Repräsentationseigenschaften

2.4	Modellgeneralisierung	Gebäude	Es dürfen keine verschiedenen Gebäudetypen zusammen aggregiert werden.	Funktion «Aggregate Polygons» testen	qualitativ	1, 2, 4	Aggregate Polygons
2.5	Funktionsweise	Gebäude, Strassen	Die Anwendung der ausgewählten Generalisierungstools funktioniert korrekt und gibt keine softwarebedingten Fehler aus.	Generalisierungstools anwenden und allfällige Fehler dokumentieren.	qualitativ	alle	Simplify Building, Aggregate Building, Simplify Line, Smooth Line

5.3 Beurteilungskriterien Kartografische Geoverarbeitungswerkzeuge

5.3.1 Grundsätzliche Anforderungen

In 5.1.2 wurden Bedingungen an die Minimaldimension von Einzelobjekten gestellt. Es sind jedoch gemäss den spezifizierten Minimaldimensionen auch Anforderungen an Abstände zwischen Objekten zu stellen. Diese Abstände können nach dem Erstellen von Repräsentationen mittels kartografischen Tools kontrolliert werden. Weiter soll überprüft werden, ob die kartografischen Werkzeuge korrekt funktionieren.

5.3.2 Beurteilungskriterien

Fall	Anforderungstyp	Objektklasse und Geometrietyp	Beurteilungskriterium	Evaluationsmethode	Qualitativ oder Quantitativ	Testgebiete (1-4)	Werkzeuge
3.1	Funktionsweise	Gebäude, Strassen	Die Gebäudeausrichtung an Strassen funktioniert korrekt.	Ausrichtung der Gebäude vor und nach Anwendung des Tools «Align Marker To Stroke Or Fill» vergleichen	1	1, 2	Align Marker To Stroke Or Fill
3.2	Minimaldimensionen	wie Fall 1.1	In den kartografischen Werkzeugen lassen sich Parameter zur Erhaltung von Mindestabständen angeben. (vgl. Fall 1.2).	Einstelloptionen in ausgewählten Tools überprüfen.	quantitativ	alle	Toolset Graphic Conflicts, Resolve Building Conflicts
3.3	Funktionsweise	wie Fall 1.1	Die Anwendung der ausgewählten kartografischen Tools funktioniert korrekt und gibt keine softwarebedingten Fehler aus.	Kartografische Tools anwenden und allfällige Fehler dokumentieren.	quantitativ	alle	
3.4a	Position	Gebäude, Strassen	Zwischen Gebäuden und Strassen bestehende Grafikkonflikte (Überlappungen) werden nach Anwendung der Tools «Propagate Displacement» und «Resolve Building Conflicts» korrekt angepasst.	Zentroide der Gebäude vor Displacement und nach Behebung der Grafikkonflikte erzeugen und Distanzen berechnen (Distanzen müssen 0 sein oder Wert von Grafikkonflikt)	quantitativ	2, 4	Detect Graphic Conflict, Propagate Displacement, Resolve Building Conflicts

3.4b	Position	Gebäude vom Typ Gebäude	Die Lageänderung von verdrängten Gebäuden beträgt nicht mehr als +/- 3 m.	Prüfen, ob das eingestellt werden kann. Gebäudemittelpunkte vor und nach Generalisierung vergleichen.	quantitativ	2	Detect Graphic Conflict, Propagate Displacement, Resolve Building Conflicts
------	----------	-------------------------	---------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------	---	-----------------------------------------------------------------------------

6 Erstellung einer topografischen Karte

Die Gestaltung von Ausschnitten einer topografischen Karte von Nisyros im Massstab 1:25'000 soll hier möglichst knapp dokumentiert werden. Komplizierte Gestaltungsteilprozesse werden umfangreicher erläutert. Ein Kartenentwurf ist als separate Beilage vorhanden.

6.1 Datenvorverarbeitung

6.1.1 Digitalisierung fehlender Daten

Die vorhandenen Gebäudedaten wurden während der Digitalisierung durch das Unternehmen Geoconcept bereits für den Zielmassstab 1:25'000 generalisiert. Da sie nicht mehr aktuell sind und für die Evaluation auch die Generalisierungswerkzeuge überprüft werden sollen, wurden die Gebäude neu digitalisiert.

Grundlagedaten

Da keine erschwinglichen hochaufgelösten Luft- oder Satellitenbilder zugänglich waren, hat die Autorin die Satellitenbilder von GoogleMaps als Digitalisierungsgrundlage verwendet. Die Aufnahmen stammen von einem Satelliten des Unternehmens GeoEye vom 8.7.2009. Die benötigten Bildausschnitte wurden mit Hilfe der Software «Google Satellite Maps Downloader» heruntergeladen und automatisch zusammengefügt. Anschliessend wurde das zusammengesetzte Bild im Format *.tif in ArcMap geöffnet und mittels der bekannten Eckpunkte georeferenziert, um den korrekten Raumbezug zu erhalten. Die Originaldaten liegen im Referenzsystem WGS1984 vor.

Kartenprojektion

Die vorhandenen Vektordaten waren im Referenzsystem GRS80 (Geodetic Reference System 1980) gespeichert. Alle Daten wurden schliesslich in das für Griechenland gängige Koordinatensystem GGRS87 / Greek Grid transformiert.

Digitalisierung

Die Gebäude wurden nun vollständig ab Satellitenbild von Google Maps digitalisiert. Die bestehenden Gebäudedaten sowie die handgezeichnete Karte und das IKONOS-Satellitenbild wurden wo nötig als Vergleich eingesetzt. Insgesamt wurden rund 1700 Gebäude von Hand digitalisiert.

Zusätzlich wurden die Strassenverläufe kontrolliert und wo nötig angepasst. Viele Strassen haben gefehlt. Da innerhalb von Ortschaften fast keine Strassen vorhanden waren, wurden die wichtigsten Gassen erfasst.

6.1.2 Organisation der Datenstruktur

Die verwendeten Daten wurden in eine File-Geodatabase abgelegt. Tabelle 8 gibt Auskunft über die verwendeten Daten. Die Reihenfolge der Tabelleneinträge entspricht der Anordnung im Inhaltsverzeichnis des Kartendokuments von ArcMap. Die Zeichnungsreihenfolge ist in ArcMap von unten nach oben.

Datensatz	Datensatzname	Objekttypen	Beschreibung	Datentyp
Beschriftung Höhenkoten	heightAnno2	TextString	Beschriftung aus Datensatz «names» abgeleitet	Annotations
Beschriftung	namesAnno	TextString	Beschriftung aus Datensatz «names» abgeleitet	Annotations
Testgebiete	testareas	testareanr	Testgebiete 1-4	Polygone
Höhenpunkte	names	peak trigonometric point	Standorte der Höhenpunkte	Punkte
Namen	names	village place region peak trigonometric point	Berggipfel und Triangulationspunkte mit Höhenangabe	Punkte
Religion	religion	church chapel monastery	Religiöse Einrichtungen	Punkte
Gebäude	buildings_aggr_simpl_e1 buildings_aggr_simpl_e2 buildings_aggr_simpl_e4 buildings_compl_extract_ausserh_gebiete	building	Datensätze e1, e2, e4 mit generalisierten Gebäude & Datensatz mit Originalgebäuden ausserhalb der Ausschnitte	Polygone
Infrastruktur	building_orig	cemetery helicopter base footballfield monastery reservoir ruin	Infrastrukturobjekte	Polygone
Strassen	roads_SmoothLine	primary secondary gravelgood gravelbad alleyway trail	Strassentypen	Linien
Zeitweise wasserführende Flüsse	river	rivertype	kleine periodische Flüsse	Linien
Höhenkurven	contours	type	Intervalle: 10m, 20m, 50m, 100m	Linien
Höhenkurvenbeschriftung	Contour_FeaturesAnno	TextString	Zählkurven	Annotations
Landnutzung	landcover	agricultural land non-agricultural land beach rock scree settlement area forest	Landnutzung	Polygone
Schattiertes Relief	relief.tif		schattiertes Relief für Hintergrund	Rasterfile

Tabelle 8: Verwendete Datensätze für Kartenausschnitte

6.1.3 Überprüfung und Bereinigung der Topologie

Nach dem Digitalisieren von fehlenden Gebäude- und Strassendaten wurden die Daten auf Topologiefehler überprüft. Es kamen dabei folgende Topologieregeln zum Zug:

Strassen:

- Must Not Overlap
- Must Not Have Dangles
- Must Not Self-Overlap
- Must Not Self-Intersect
- Must Be Single Part

Gebäude: Must Not Overlap

Die Topologiefehler wurden anschliessend korrigiert.

6.2 Symbolisierung der GIS-Daten mit Repräsentationen

Alle Datenlayer wurden zuerst mit der traditionellen Symbolisierungsmethode symbolisiert. Dabei wurden die darzustellenden Attributausprägungen auf einfache Weise symbolisiert. Danach wurden die einzelnen Layer jeweils mit «Convert Symbology to Representation» in Repräsentationen umgewandelt. Die Gestaltungsmerkmale der einzelnen Datenlayer werden nachfolgend beschrieben. Auf eine detaillierte Dokumentation des Bearbeitungsvorgangs wird im Rahmen dieser Arbeit verzichtet. Dies kann der ArcGIS-Onlinehilfe (ESRI, 2012b) entnommen werden.

6.2.1 Landnutzung

Der GIS-Datensatz «Landnutzung» befindet sich im Inhaltsverzeichnis des Kartendokuments in ArcGIS von den Vektordaten an unterster Stelle. Damit das darunterliegende schattierte Relief erkennbar ist, wurde eine Transparenzeinstellung von 35% gewählt. Aufgrund dieser Transparenz mussten die Farben der einzelnen Repräsentationsregeln sorgfältig gewählt werden, da die durchscheinenden Grauwerte die Farben beeinflussen. Die Repräsentationsregeln der Landnutzungstypen enthalten teilweise mehrere Symbollayer und aufwändige Markerplatzierungsstile. Die einzelnen Elemente sind in Tabelle 9 dokumentiert.

Landnut- zungstyp	Fill (RGB)	Stroke (RGB)	Marker 1	Marker 2	Geometrischer Effekt (1)/ Markerplatzie- rungsstil (2)
agricultural land	233/255/190	-	-	-	-
non- agricultural land	255/255/173	-	-	-	-
beach	255/227/161	-	Brauner Kreis Grösse: 0.3 mm RGB: 168/112/0	-	(2): Randomly inside Polygon X- & Y-Step: 0.7 mm Clipping: Whole Markers cross boundary
rock	235/235/235	-	Felsmuster mit Füllung: RGB: 130/130/130, & Flat Tolerance 0.35 mm Linie:78/78/78 mit 0.2 mm Strichstärke, Caps & Joins rund & Flat Tolerance 0.35 mm	-	(2): Inside Polygon X-Step: 16 mm Y-Step: 12 mm Clipping: Clip markers at boundary
scree	-	-	Schwarzer Kreis Grösse: 0.35 mm	Schwarzer Kreis Grösse: 0.2 mm	(2): Randomly inside polygon Marker 1: X- & Y- Step: 0.8 mm Marker 2: X- & Y- Step:2 mm Clipping: Whole markers cross boundary

settlement area	255/194/112	230/152/0 Strichstärke: 0.14 mm Caps & Joins: round	-	-	-
forest	137/205/153	38/115/0 Strichstärke: 0.1 mm Caps & Joins: round	Weisser Kreis Grösse: 1mm Umrisslinie: 38/115/0 Strichstärke: 0.1 mm Caps & Joins: Butt & Miter	Weisser Kreis Grösse: 0.8 mm Umrisslinie: 38/115/0 Strichstärke: 0.1 mm Caps & Joins: Butt & Miter	(1): Globaler Effekt: Buffer mit 0.5 mm & Buffer bei Marker 1 von 0.8 mm (2): Randomly along outline Marker 1: Step: 3/5/3 Marker 2: Step: 3/2/4/2/4 Endings: With marker Randomization: Low

Tabelle 9: Repräsentationsregeln für die Landnutzung

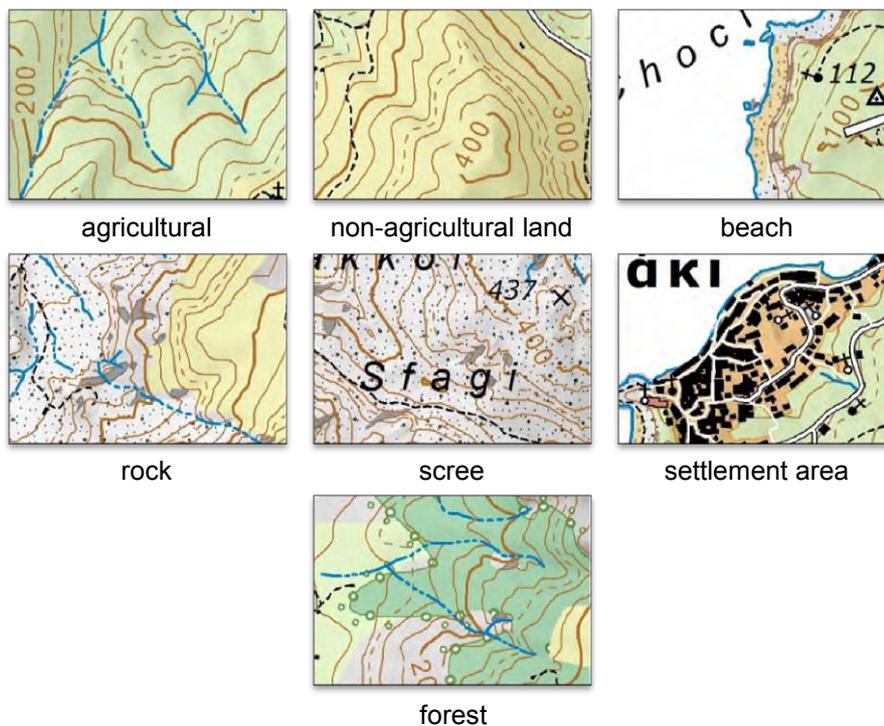


Abbildung 17: Kartenausschnitte Landnutzung (eigene Darstellung)

6.2.2 Zeitweise wasserführende Flüsse

Auf Nisyros gibt es nur zeitweise wasserführende Flüsse (Englisch: creek). Die Symbolisierung ist somit für alle Objekte dieselbe.

Flusstyp	Stroke	Markerplatzierungsstil
Intermittent creek	RGB: 0/125/197 Strichstärke: 0.25 mm Caps & Joins: Round	Dashes: 2.1/0.4/0.4/0.4/0.4/0.4/0.4/0.4 Endings: With full pattern Offset at end: 2.1 mm

Tabelle 10: Repräsentationsregel für zeitweise wasserführende Flüsse

6.2.3 Strassen

In den Originaldaten gibt es für die unbefestigten Strassen zwei verschiedene Attributausprägungen «gravelgood» und «gravelbad». Es wurde entschieden die unbefestigten Strassen in den Typ «unpaved roads» zusammenzufassen. Wie in diesem Kapitel bereits erwähnt, mussten noch Gassen (Englisch: alleyway) erfasst werden, da die Strassen in den dicht besiedelten Orten jeweils plötzlich aufhörten. Im Sinne der Generalisierung wurden die «traces» weggelassen, da diese zu detailliert sind und von Jahr zu Jahr wieder ändern können.

Strasstyp	Stroke 1	Stroke 2	Geometrische Effekte
Primary	weisse Linie Strichstärke: 0.4 mm Caps: Round Joins: Miter	Schwarze Linie Strichstärke: 0.8 mm Caps: Round Joins: Miter	-
Secondary	Weisse Linie Strichstärke: 0.3 mm Caps & Joins: Round	Schwarze Linie Strichstärke: 0.6 mm Caps: Round Joins: Miter	-
Unpaved road	Weisse Linie Strichstärke: 0.26 mm Caps & Joins: Round	Schwarze Linie Strichstärke: 0.5 mm Caps: Round Joins: Miter	-
Alleyway	Weisse Linie Strichstärke: 0.22 mm Caps: Round Joins: Miter	-	-

Trail	Schwarze Linie Strichstärke: 0.2 mm Caps& Joins: Round	-	Dashes: 0.7/0.35 Endings: With full pattern Offset at end: 0.7
-------	--------------------------------------------------------------	---	----------------------------------------------------------------------

Tabelle 11: Repräsentationsregeln für Strassen

Mit den Einstellungen der Repräsentationsregeln überzeugt die Darstellung der Strassen noch nicht (Abbildung 19). Über die Symbolebenendarstellung (englisch: Symbol Levels) im Menü der Repräsentationen kann die Darstellungsreihenfolge angepasst werden. Damit die Strassen korrekte Kreuzungen aufweisen, müssen zusätzlich noch Kontrollkästchen gemäss Abbildung 18 bei Join und Merge gesetzt werden. So gibt es korrekte Verbindungen von gleichen Strassen und mit Strassen von anderen Typen (Abbildung 20).

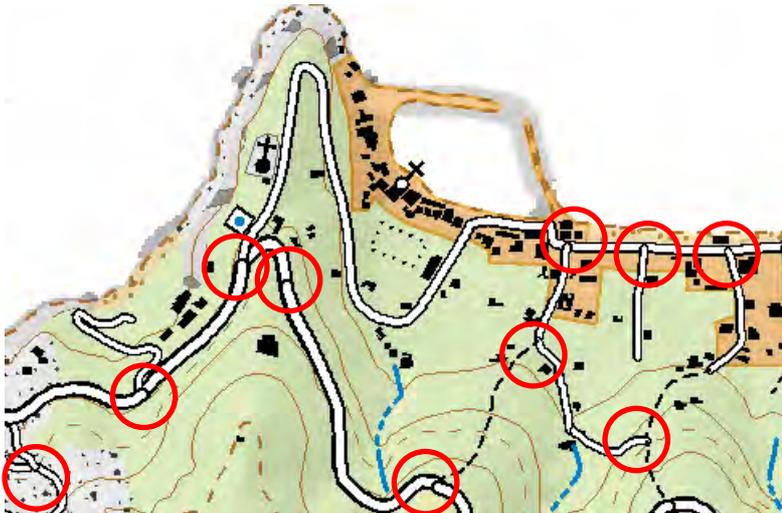


Abbildung 19: Repräsentation der Strassen vor Einstellung der Symbolebenendarstellung. Unschöne Strassenverbindungen sind rot eingekreist (eigene Darstellung).

Sym...	Layer Name	Label	Join	Merge
	roads_SmoothLine	alleyway		
	roads_SmoothLine	primary	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	roads_SmoothLine	secondary	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	roads_SmoothLine	unpaved road	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	roads_SmoothLine	trail		

Abbildung 18: Korrekte Symbolebenendarstellung der Strassen (eigene Darstellung)

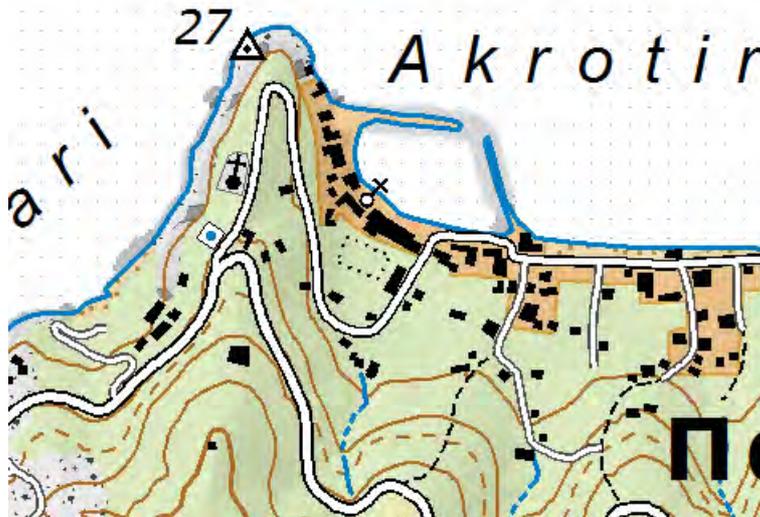


Abbildung 20: Repräsentation der Strassen mit Symbolebenen-
darstellung (eigene Darstellung)

6.2.4 Infrastruktur

Der Datensatz «Infrastruktur» beinhaltete zu Beginn noch den Infrastrukturtyp «buildings». Da die Gebäude jedoch später noch generalisiert werden sollen, wurden sie als separater Datensatz exportiert.

Für die Fussballplätze wurden gleich zu Beginn Overrides eingesetzt. Die beiden Plätze bei Mandraki mussten in ihrer Position leicht verschoben werden, da es verschiedene Überlappungen gab (siehe Abbildung 21).

Infrastruktur-typ	Fill (RGB)	Stroke	Marker	Geometrischer Effekt (1)/ Markerplatzierungsstil (2)
Cemetery	255/255/255	Farbe: 110/110/110 Strichstärke: 0.1 mm Caps & Joins: Round	Schwarzes Kreuz Grösse: 0.8mm	(2): Polygon center Clipping: No clipping
Monastery	214/133/137	Farbe: schwarz Strichstärke: 0.1 mm Caps & Joins: Round	-	-

Football-field	Keine Füllung	Farbe: schwarz Strichstärke: 0.15 mm Caps: Butt Joins: Round	-	(1): Dashes Endings: With half pattern Position: -0.075 mm
Helicopter base	Keine Füllung	-	Oktagon Grösse: 3 mm Füllung: RGB: 255/239/164 und schwarzem H und Umrisslinie als Füllung	(2): Polygon center X-Offset: -0.9 mm Y-Offset: -0.2 mm Clipping: No clipping
Reservoir	Keine Füllung	-	Schwarzes Quadrat mit weisser Füllung und blauem Kreis (RGB: 0/135/197) in der Mitte Grösse: 1.2 mm	(2): Polygon center Clipping: No clipping
Ruin	Weisse Füllung	Farbe: schwarz Strichstärke: 0.1 mm Caps: Butt Joins: Miter	-	-

Tabelle 12: Repräsentationsregeln für die Infrastruktur

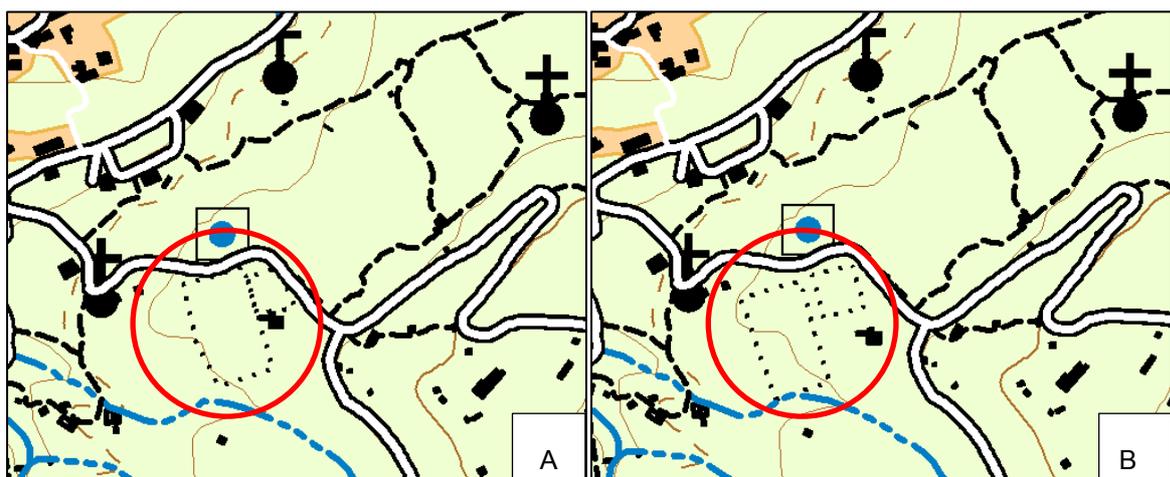


Abbildung 21: Fussballplätze: A: Repräsentation ohne Bearbeitung, B: Repräsentation mit Geometrieoverride (eigene Darstellung)

Als Folge des Geometrieoverrides durchquert nun eine Höhenlinie eines der Fussballfelder. Dieser Missstand wird vorerst so belassen, müsste für ein fertiges Kartenprodukt aber noch behoben werden. Ein weiterer Fussballplatz in Pali wurde etwas vergrössert, damit die Lesbarkeit gewährleistet ist.

Die Friedhöfe sind noch nicht optimal gestaltet. Sie werden in der Feinbearbeitung nach der Gebäudegeneralisierung angepasst.

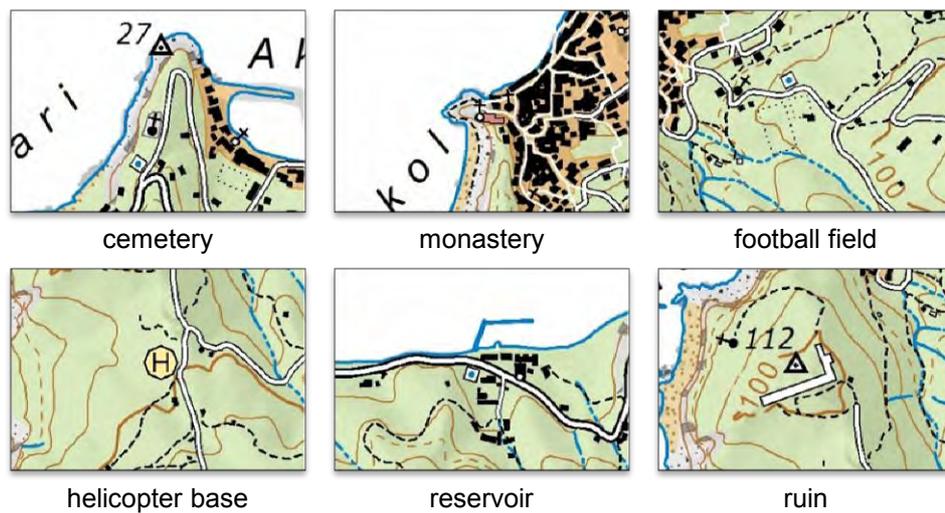


Abbildung 22: Kartenausschnitte Infrastruktur (eigene Darstellung)

6.2.5 Gebäude

Die Gebäude werden gemäss Tabelle 13 symbolisiert. Zuerst waren die Gebäude im Datensatz «Infrastruktur» (buildings_orig) enthalten. Da die Gebäude vom Typ «building» jedoch noch generalisiert und weiter bearbeitet werden mussten, wurden sie der Einfachheit halber in einzelne Datensätze exportiert. Die Daten wurden nach Untersuchungsgebiet aufgeteilt (vgl.4.3.2).

Gebäudetyp	Fill	Stroke	Kartenausschnitt
building	Farbe: Schwarz	Farbe: Schwarz Strichstärke: 0.1mm Caps: Butt Joins: Miter	

Tabelle 13: Repräsentation für Gebäude

6.2.6 Religiöse Einrichtungen

Die Informationen zu Kirchen, Kapellen und Klöstern sind einerseits im Datensatz «Infrastruktur» als Gebäudeflächen, aber auch im Punktlayer «Religiöse Einrichtungen» enthalten. Da in den Infrastrukturdaten vermutlich zu wenige Kirchen enthalten sind und die Positionen nicht übereinstimmen, wurden mit der Topologieregel «Must be properly inside» die Positionen getestet. Die Resultate wurden miteinander verglichen und bereinigt.

Die Gebäudeumrisse von Kirchen und Kapellen werden am Schluss weggelassen, da sie zu klein sind. Die Markersymbole dienen als Stellvertreter und Vereinfachung für die Gebäude. Nur bei den Klöstern wurden die Gebäudeumrisse zusätzlich zum Kirchensymbol belassen.

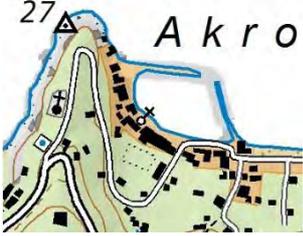
Objekttyp religiöse Einrichtungen	Marker	Markerplatzierungsstil	Kartenausschnitt
Church / monastery	Schwarzes Kreuz mit weissem Kreis und schwarzem Umriss Grösse: 2 mm	On point	
Chapel	Schwarzes Kreuz mit vollem Kreis in Schwarz Grösse: 2 mm	On point	

Tabelle 14: Repräsentationsregeln für religiöse Einrichtungen

6.2.7 Höhenkoten

Trigonometrische Punkte und sonstige Höhenkoten sind nur wenige vorhanden. Es wurden keine zusätzlichen Punkte von Höhendaten abgeleitet.

Höhenkoten- typ	Marker	Markerplatzie- rungsstil	Kartenausschnitte
Peak	Schwarzes Dreieck mit weisser Füllung und schwarzem Punkt in der Mitte Grösse: 2 mm	On point	
Trigonometric point	Schwarzes Kreuz Grösse: 2 mm Winkel: 45 Grad	On point	

Tabelle 15: Repräsentationsregeln für Höhenkoten

6.3 Generalisierung der Strassen

Die Strassenverläufe waren für den Massstab 1:25'000 zu detailliert (siehe Ausschnitt Abbildung 23) und mussten daher generalisiert werden. Für das Untersuchungsgebiet 3 sollte nun die Generalisierung des Strassennetzes getestet werden. Für die Vereinfachung und Glättung wurden jeweils 6 Varianten getestet, wobei für die Glättung der Strassen Inputdaten aus dem Vereinfachungsprozess verwendet wurden.

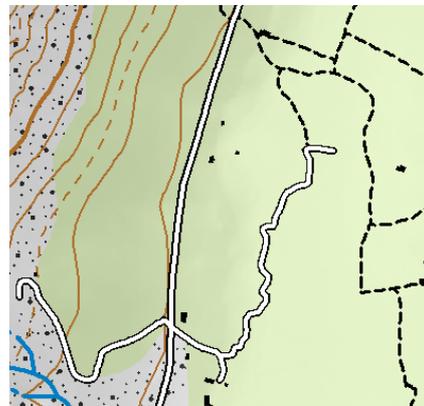


Abbildung 23: Ausschnitt ungeneralisierte Strassen (eigene Darstellung)

6.3.1 Vereinfachen der Strassen

Für die Vereinfachung von Linien bietet ArcGIS zwei verschiedene Methoden, welche im Werkzeug «SimplifyLine» ausgewählt werden können.

Methoden

1) Point Remove

Mit der Methode «Point Remove» können mit dem Algorithmus von Douglas und Peucker (1973) überflüssige Stützpunkte entfernt werden. Die kritischen Punkte, welche die wesentliche Form der

Linie beschreiben, werden beibehalten (ESRI, 2008). Mit zunehmender Vereinfachungstoleranz wird eine Linie eckiger.

2) Bend Simplify

Mit dieser Methode werden die Ergebnisse ästhetischer. Geringfügige Biegungen an den Linien werden nach dem Algorithmus von Wang und Müller (1998) entfernt. Die Vereinfachung ist geringer als bei «Point Remove», dafür aber feiner.

Gewählte Variante

Die minimale Linienbewegung (Amplitude) sollte gemäss SGK (2002) mindestens 0.3 mm bzw. gerechnet auf den Zielmassstab 7.5 m betragen. Beim Algorithmus «Point remove» passt dieser Wert für den Amplitudenparameter (Simplification Tolerance) gut. Für den Algorithmus «Bend simplify» entspricht der Parameter «Simplification Tolerance» der Länge der Basislinie einer Biegung (ESRI, 2008). Der Wert musste mit 20 m einiges grösser gewählt werden um ein zufriedenstellendes Ergebnisse zu erzielen. Diese beiden Varianten (2 & 6) wurden als Inputdaten für die Strassenglättung weiterverwendet. Alle getesteten Varianten sind in Anhang A ersichtlich.

6.3.2 Glätten der Strassen

Mit Smooth Line wurden nun in den zuvor vereinfachten Strassen noch die spitzen Winkel geglättet. Dazu wurden die zwei verschiedenen Glättungsalgorithmen «PEAK» und «Bezier Interpolation» angewendet.

Mit PEAK (Polynomial Approximation with Exponential Kernel) werden Linien mit Hilfe einer Glättungstoleranz geglättet. Die Glättungstoleranz definiert die Länge eines gleitenden Fensters, das bei der Berechnung von neuen Stützpunkten verwendet wird. Je geringer die Länge, desto mehr Details bleiben erhalten (ESRI, 2008). Bei der Funktion «Bezier Interpolation» werden Bézierkurven zwischen den Stützpunkten erstellt. Hier ist keine Toleranz nötig. Die Endpunkte sollen jeweils erhalten und topologische Fehler markiert werden.

Gewählte Variante

Die Kombination der Vereinfachung mit «Point Remove» und anschliessender Glättung mit «PEAK» oder «Bezier Interpolation» ergab keine zufriedenstellenden Resultate. Das beste Resultat wurde mit der Inputdatei aus der Methode «Bend Simplify» und der Glättungsmethode «Bezier Interpolation» erreicht. Das Resultat gemäss Abbildung 24 wurde anschliessend für die gesamte Karte verwendet. Eine Übersicht über alle Testfälle befindet sich in Anhang A.



Abbildung 24: Strassen nach der Generalisierung (eigene Darstellung)

6.4 Generalisierung der Gebäude

Bevor die Gebäude generalisiert werden können, muss sichergestellt werden, dass sie keine Strassen überlappen. So können allfällige neue Topologiefehler nach der Generalisierung erkannt werden. Zudem kann es bei zu wenig Abstand vorkommen, dass Gebäude auf beiden Seiten der Strasse miteinander aggregiert werden. Für die Überprüfung von Überlappungen zwischen Linien- und Polygonobjekten gibt es keine Topologieregel. Die Überprüfung kann aber mit dem Werkzeug «Detect Graphic Conflict» aus der Cartography-Toolbox durchgeführt werden. Die Konflikte werden als Polygonflächen gezeichnet (Beispiel siehe Abbildung 25). Eine Verdrängungsfunktion, womit die Gebäude anhand dieser Konfliktzonen von der Strasse wegverschoben werden könnten, ist zwar vorhanden, ergab jedoch mangelhafte Resultate (vgl. Abschnitt 6.5.1). Die Anpassungen mussten somit von Hand vorgenommen werden. In Untersuchungsgebiet 1 und 2 wurden je 51 Gebäude manuell verschoben, im Untersuchungsgebiet 4 mussten 248 Gebäude verschoben werden. Die Positionsverschiebungen wurden als Geometrieoverrides gespeichert. Die detaillierte Auswertung befindet sich in Anhang B.

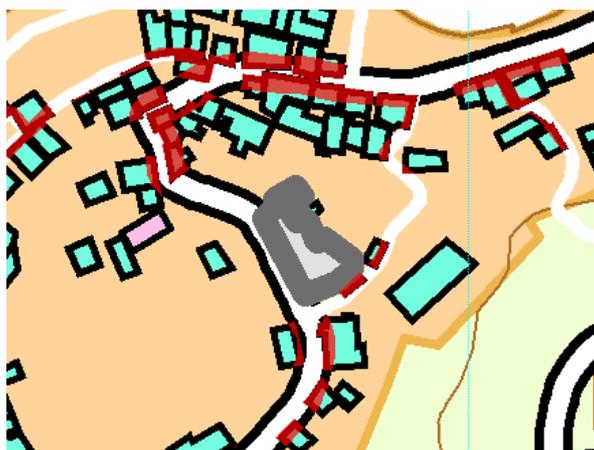


Abbildung 25: Überlappungen von Strassen mit Gebäude als Konfliktzonen (rot)

6.4.1 Gebäude zusammenfassen

Die Gebäude sollten nun im Sinne der Generalisierung aggregiert werden. Erste Tests mit dem Generalisierungswerkzeug «Aggregate Polygons» zeigten, dass Geometrieoverrides von Repräsentationen bei der Anwendung der Generalisierungswerkzeuge nicht berücksichtigt wurden. Stattdessen wurde die Originalgeometrie als Inputgeometrie verwendet. Daher mussten Geometrieoverrides mit dem Werkzeug «Update Override» (Toolset Representation) in die Standardgeometrie geschrieben werden, bevor generalisiert werden konnte.

Die Gebäudeaggregation wurde zuerst an Untersuchungsgebiet 1 getestet. Die beste Variante wurde danach auch für die Untersuchungsgebiete 2 und 4 gesondert angewendet. Für die separate Anwendung des Werkzeuges, wurden jeweils alle Gebäude im jeweiligen Testgebiet von Hand selektiert. Alle übrigen Attributausprägungen wurden aus der Selektion ausgeschlossen.

Gewählte Variante

Wie bereits bei den Strassen wurden auch wieder verschiedene Varianten getestet (vgl. Anhang C). Angewendet auf alle Testgebiete wurde schliesslich eine Lösung mit einer Aggregationsdistanz von 3.0 m. Alle Polygone, welche weniger als 3.0 m voneinander entfernt waren, wurden somit zusammengefasst. Diese Distanz lässt sich wie folgt begründen: Der Abstand zwischen zwei Gebäuden muss gemäss SGK (2002) mindestens 0.20 mm auf der Karte betragen oder im Zielmassstab der zu erstellenden Karte 5 m. Da keine Funktion vorhanden ist, welche das

Aggregieren von Gebäuden über Strassen hinweg verhinderte, musste der Wert weiter angepasst werden. Der kleinste Strassentyp «trail» war nämlich gerade 0.2 mm bzw. 5 m breit. Damit die Gebäude nicht über die Wege oder über die 0.22 mm breiten Gassen hinweg aggregiert wurden, wurde die Aggregationsdistanz auf 3.0 m verringert. Da alle Gebäude vorerst beibehalten werden sollten, wurde beim Parameter «Minimum Area» 0 m eingegeben. Für die Mindestgrösse von beizubehaltenden Polygonlöchern wurden 40 m² gewählt. Dieser Wert wurde aus dem minimalen empfohlenen Einsprung von 0.25 mm Seitenlänge gemäss SGK (2002) berechnet und aufgrund der Umrandungslinie aufgerundet. Die Option für das Beibehalten von rechteckig geformten Features wurde ausgeschaltet, da die Ergebnisse nicht überzeugten. Die entstandenen Formen waren zum Teil übergeneralisiert (zu viele Objekte aggregiert oder Formen wurden fehlerhaft generalisiert). Nach der Erzeugung der einzelnen neuen Datensätze wurde schliesslich die Vereinfachung der Gebäude durchgeführt.

6.4.2 Vereinfachung von Gebäuden

Mit den erhaltenen Resultaten nach der Gebäudeaggregation wurden nun in einem zweiten Generalisierungsschritt die Gebäudeformen vereinfacht. Gemäss SGK (2002: 70) müssen Einsprünge und Anbauten mindestens Seitenlängen von 0.25 mm aufweisen. Bei der Umrechnung in den Zielmasstab sind dies 6.25 m. Dieser Wert wurde als Vereinfachungstoleranz für die Anwendung des Werkzeugs «Simplify Buildings» gewählt. Für den Parameter «Minimumfläche» wurde 0 angegeben, damit keine Gebäude automatisch gelöscht wurden. Das Werkzeug bietet auch an, auf Konflikte zu testen. Diese Funktion wurde jedoch nicht verwendet, da die separate Funktion «Detect Graphic Conflicts» hilfreicher war, da sie Konfliktpolygone generiert statt nur Datenbankrecords mit einem neuen Attribut zu markieren. Abbildung 26 zeigt die Siedlungssituation in Mandraki vor und nach der Gebäudegeneralisierung.

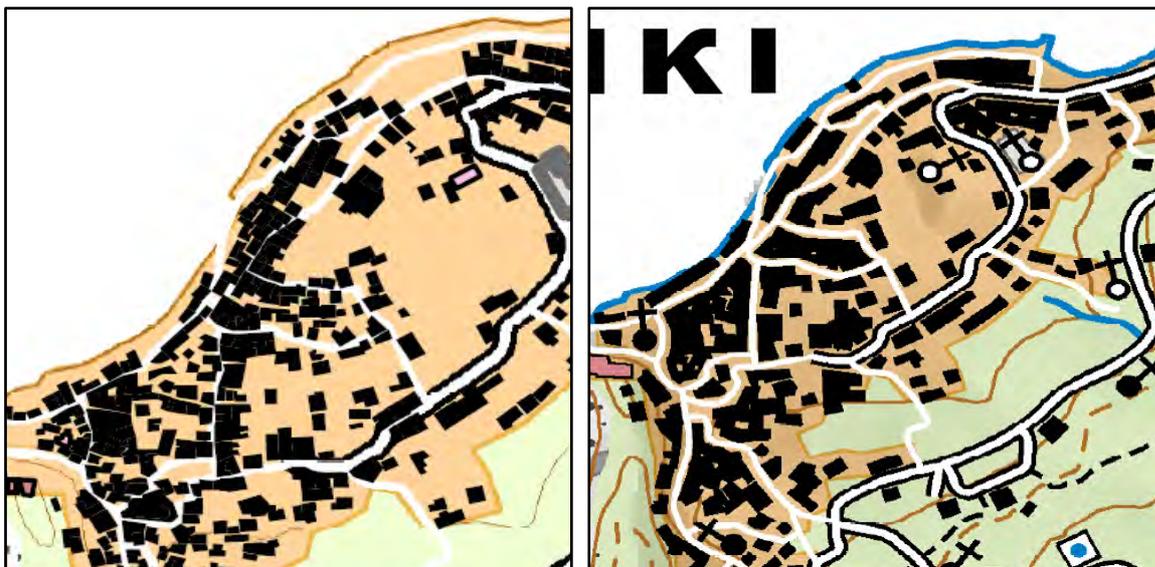


Abbildung 26: Generalisierung der Gebäude (links vorher, rechts nachher) (eigene Darstellung)

6.5 Feinbearbeitung mit kartografischen Geoverarbeitungswerkzeugen

Bis jetzt wurde hauptsächlich mit den Repräsentationen gearbeitet. Nun sollten die Geoverarbeitungswerkzeuge aus der Cartography-Toolbox verwendet werden, um die kartografische Darstellung einzelner Feature-Klassen zu verbessern.

6.5.1 Feinbearbeitung Gebäude

Die Gebäude innerhalb der Testgebiete wurden generalisiert, standen aber noch in Konflikt mit anderen Objekten, besonders den Strassen. Mit der kartografischen Funktion «Detect Graphic Conflicts» wurden diese Daten auf Konflikte mit den Strassen geprüft. Das Vorgehen wird nachfolgend erklärt. Als Inputlayer wurden die Gebäude ausgewählt (z.B. für Testgebiet 1: *buildings_aggr_simpl_e1*) und als Konfliktlayer die Strassen (*roads_SmoothLine*). Als Konfliktdistanz wurde 0.25 mm verwendet. Dieser Wert stammt aus SGK (2002) für den Mindestabstand zwischen Gebäude und Strasse. Für die Linienverbindungsdistanz wurde 1 mm verwendet. Beim Ausführen des Tools wurde ein neuer Datensatz (*roads_bldgs_conf_e1*) erzeugt, welcher die Konflikte mit Polygonen anzeigte (Abbildung 25). Dieses Vorgehen musste nun für alle Untersuchungsgebiete wiederholt werden.

Die Konflikte mit den Strassen konnten danach mit dem Werkzeug «Resolve Building Conflicts» bearbeitet werden. Für die Abstände zwischen Gebäuden wurde der Wert 0.20 mm aus Spiess (2002: 70) verwendet. Die Umrechnung mit Massstab 1:25'000 auf die Realität ergibt 5 m ($0.20 \text{ mm} \times 25'000 = 5 \text{ m}$). Für die «Minimum Allowable Building Size» wurde gemäss Spiess 0.45 mm bzw. 11.25 m verwendet.

Die Testergebnisse (Abbildung 27) zeigen, dass die Gebäude zwar meistens korrekt von der Strasse verdrängt wurden, dabei jedoch neue grafische Fehler entstanden. Daher wurde das

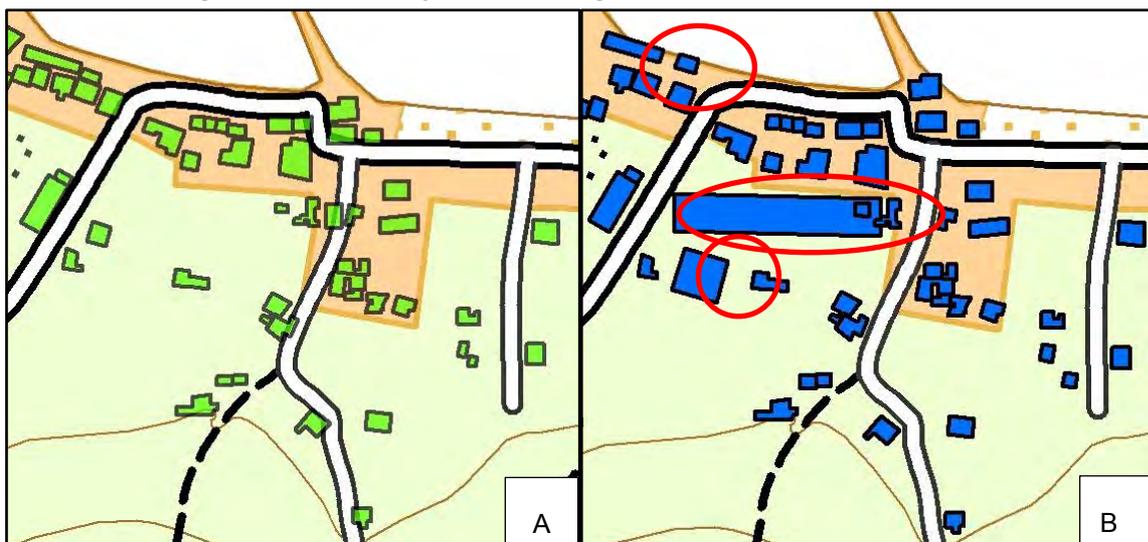


Abbildung 27: A: Grafische Konflikte zwischen Gebäude und Strasse vor der Korrektur, B: Gebäude nach der Verdrängung mit grafischen Fehlern (rot eingekreist). (eigene Darstellung)

Werkzeug nicht weiter verwendet und das Lösen der Überlappungskonflikte wurde von Hand gelöst. Zuvor wurden die Gebäudedaten jedoch wieder in Repräsentationen umgewandelt. Die Gebäude wurden von Hand neu positioniert, wobei die Geometrie wieder in Overrides gespeichert wurde.

Gebäude sollten gemäss SGK (2002) eine Mindestseitenlänge von 0.35 mm, bzw. umgerechnet auf den Zielmasstab 8.75 m, haben. Die Seitenlänge kann jedoch nur im Werkzeug «Resolve Building Conflicts» eingegeben werden. Wenn dieses Werkzeug nicht verwendet werden möchte, gibt es keine andere Möglichkeit über die Seitenlänge zu kleine Objekte zu eliminieren. Es muss über die Gebäudefläche gegangen werden. Nach dem Generalisieren der Ausschnitte wurden jeweils Gebäude mit einer Minimalfläche kleiner als 40 m² mittels Selektion gesucht. Diese Gebäude wurden für Testgebiet 1 und 2 und 4 gelöscht. Der Wert von 40 m² lässt sich damit begründen, dass für die Gebäude noch eine Umrisslinie verwendet wird. Die effektive Fläche kann also mit der Umrisslinie sogar noch kleiner als 40m² sein.

6.5.2 Sackgassen und Strassenverbindungen

Die Strassendarstellung wurde bereits mittels Symbolebenenarstellung verbessert, nun sollten auch noch die Sackgassen angepasst werden. Für die Darstellung der Strassen wurden runde Linienenden verwendet. Für Sackgassen wurden jedoch Linienenden ohne Abschlüsse vorgezogen. Dies konnte mit dem kartografischen Tool «CalculateLineCaps» erreicht werden. Das Werkzeug erkennt gemäss ArcGIS-Help (ESRI, 2012b) die Linienenden und überschreibt die Abschlüsse mit Linienenden ohne Abschlüsse oder mit quadratischen Enden. In Abbildung 28 ist das Resultat ersichtlich.



Abbildung 28: Symbolisierte Linienabschlüsse bei Sackgassen (eigene Darstellung)

6.5.3 Ausrichtung der Reservoirs an die Strassen

Für eine ästhetischere Darstellung sollten die Reservoirs entlang von Strassen ausgerichtet werden. Die Reservoirs sind zwar vom Geometrietyp Polygon, wurden aber in der Repräsentationsregel als Markerlayer mit transparenten Polygonflächen symbolisiert. Aufgrund der Polygonflächen war es nicht möglich, das Werkzeug «Align Marker To Stroke Or Fill» einzusetzen. Als Lösung des Problems diente jedoch gerade diese unerwünschte Polygonfläche. Mit «Calculate Polygon Main Angle» wurde der Hauptwinkel der Polygone berechnet und ins Datenbankfeld «Angle» geschrieben. In der Repräsentationsregel wurde danach unter «Display Field Overrides» das Feld für den Winkel zugewiesen. Die Signaturen richteten sich nun nach den Polygonflächen aus, welche meistens entlang der Strassen liegen. Dort wo die Ausrichtung noch nicht überzeugte, wurde von Hand nachbearbeitet.

6.5.4 Höhenlinien

Für die Beschriftung von Höhenlinien kann das Werkzeug «Contour Annotation» verwendet werden. Wenn das Werkzeug für den gesamten Layer angewendet wird, werden für alle Linien Beschriftungen erzeugt. Da nur die 100er-Äquidistanz als Zählkurve dienen sollte, musste zuerst eine Selektion der Features mit "type" = 100 gemacht werden. Die Ausgabe der Daten geschieht automatisch in traditioneller Symbologie. Da die zuvor erstellten Repräsentationsregeln noch bestanden, konnte die gespeicherte Repräsentationssymbologie ausgewählt werden (Tabelle 16). In den Repräsentationen sind neu die Linien in der 100er-Äquidistanz mit den Höhenwerten versehen. Unter den Höhenwerten sind die Linien jeweils ausmaskiert. Die Beschriftungsart der Zählkurven ist in Tabelle 17 aufgeführt. Die Küstenlinien mit Äquidistanz 0 wurden nachträglich mittels Eigenschaftsoverrides farblich angepasst auf blaue Linien mit RGB 0/125/197.

Äquidistanz Konturlinie	Stroke	Geometrischer Effekt
20	RGB: 172/110/41 Strichstärke: 0.13 mm Caps & Joins: Round	
50	RGB: 172/110/41 Strichstärke: 0.15 mm Caps & Joins: Round	Dashes: 0.7/0.7 Endings: with full pattern Offset at End: 0.7 mm
100	RGB: 172/110/41 Strichstärke: 0.25 mm Caps & Joins: Round	

Tabelle 16: Repräsentationsregeln für Höhenlinien

6.6 Beschriftung mittels Annotations

Neben den Höhenlinien sollen weitere Features beschriftet werden. Tabelle 17 zeigt die verwendeten Schriften.

Die Ortsnamen wurden in lateinischer und griechischer Schrift dargestellt. Alle anderen Objektklassen wurden nur in lateinischer Schrift dargestellt. Als Schriftfarbe wurde überall ausser bei der Höhenlinienbeschriftung schwarz verwendet. Bei den Zählkurven wurde als Farbe RGB 172/110/41 eingesetzt.

Objektklassen	Schriftart	Schrift- grösse	Schriftschnitt (Schriftstärke, Schriftlage, Schriftbreite)	Sperrung
Grosse Ortschaften	Verdana	13 pt	fett, stehend, normal	20 pt

Kleine Ortschaften	Verdana	11 pt	Normal, stehend, normal	20 pt
Regionen	Arial	10 pt	Normal, liegend, normal	20 pt
Berge	Verdana	9 pt	Normal, liegend, normal	0 pt
Triangulationspunkte und Höhenkoten	Verdana	7 pt	Normal, liegend, schmal	0 pt
Zählkurvenwerte Höhenlinien	Arial	7 pt	Normal, stehend, schmal	0 pt

Tabelle 17: Beschriftung

6.7 Schattiertes Relief

Damit der räumliche Eindruck der Landschaft besser zur Geltung kommt, wurde im Hintergrund ein schattiertes Relief unterlegt. Die über dem Relief liegende Landnutzung wurden wie bereits in 6.2.1 erwähnt mit einer Transparenz von 35% versehen. Das Relief in Grautönen wurde mit einer Gammakorrektur von 1.15 versehen und der Kontrast wurde noch etwas erhöht.

7 Resultate eigene Qualitätsbeurteilung

Dieses Kapitel enthält die Ergebnisse der Evaluation mittels Kriterienkatalog aus Kapitel 5. Für jeden Fall werden die Ergebnisse erläutert. Es handelt sich um die Einschätzung der Autorin basierend auf der Erstellung der topografischen Kartenausschnitte gemäss Kapitel 6.

7.1 Qualitätsbeurteilung der Repräsentationen und kartografischen Tools

Fall 1.1.: Anteil manuell bearbeiteter Objekte

Für die Evaluation wurden die Anzahl verwendeter Overrides und freie Repräsentationen ausgewertet und dokumentiert und mit der Gesamtanzahl Objekte einer Objektklasse verglichen. Die Resultate sind in untenstehender Tabelle nach Repräsentationsregel aufgeführt. Für die Evaluation wurden allerdings nur diejenigen Overrides betrachtet, welche bewusst und manuell durch die Anwenderin erstellt wurden. Diese sind in Tabelle 18 blau markiert. Overrides welche unbewusst durch Geoverarbeitungswerkzeuge entstanden sind, werden nicht gezählt, da diese durch einen automatisierten Vorgang entstanden sind.

Repräsentationsregel	Anzahl Overrides (Geometrie-overrides / Eigenschaften-overrides)	Total Objekte	Anteil Geometrieoverrides	Anteil Eigenschaften-overrides
Primary road	3 (0/3)	39	-	7.7%
Secondary road	12 (2/11)	67	2.6%	14.5%
Unpaved road	41 (2/41)	113	1.8%	36.3%
Alleyway	26 (4/25)	29	13.8%	86.2%
Trail	81 (2/81)	252	0.8%	32.1%
Buildings (Testgebiete 1, 2 & 4)	359 (359/0)	457	78.6%	-
Contour features	63 (0/63)	750	-	8.4%
Football field (Testgebiet 1 & 4)	3 (3 /1)	3	100%	33.3%
Reservoir	7 (7/6)	7	100%	85.7%
Cemetery	4 (4/4)	4	100%	100%

(Testgebiete 1, 2 & 4)				
------------------------	--	--	--	--

Tabelle 18: Auswertung Overrides nach Repräsentationsregel, wobei die markierten Overrides aus der bewussten manuellen Editierung stammen, während nicht markierte Overrides unbewusst aus Geoverarbeitungswerkzeugen entstanden.

Freie Repräsentationen wurden keine verwendet.

Für die Strassen («primary road», «secondary road», «unpaved road», «alleyway» und «trail») gibt es insgesamt 163 Overrides von insgesamt 500 Objekten, wobei 10 auf die Geometrie- und 161 auf die Eigenschaftenoverrides fallen. Die grosse Anzahl an Eigenschaftenoverrides stammt ziemlich sicher aus dem Werkzeug «Calculate Line Caps». Es handelt sich dabei um eine Vermutung, da das Zustandekommen der Overrides nicht dokumentiert wird. Bewusst wurden jedenfalls keine solchen Overrides erstellt. Die Geometrieoverrides hingegen stammen aus der manuellen Anpassung von Strassenobjekten.

Die Gebäude wurden nach der Generalisierung gemäss Absatz 6.4 von Hand bearbeitet. Daraus entstanden die vielen Geometrieoverrides.

Die Overrides bei den Höhenkurven stammen aus der manuellen Anpassung der Küstenlinie. Zuvor wurde das Werkzeug «Contour Annotation» angewendet, welches die Höhenlinien mit Maskierung für die Zählkurven erstellt hat.

Bei den Fussballplätzen, Reservoirien und Friedhöfen wurden jeweils alle Objekte in der Position bearbeitet. Ein Fussballplatz wurde auch in seiner Form angepasst. Die beiden anderen Objekttypen wurden durch Geoverarbeitungswerkzeuge mit Eigenschaftsoverrides versehen.

Beurteilung: nicht erfüllt.

Die Bedingung, dass weniger als 25% der Objekte pro Klasse manuell bearbeitet sein dürfen, wurde zwar bei den Strassen und Höhenkurven erreicht, bei den Gebäuden jedoch hoch überschritten. Fussballfelder, Reservoirie und Friedhöfe aus dem Datensatz «Infrastruktur» wurden gar komplett in der Geometrie angepasst. Daher gilt die Bedingung insgesamt als nicht erfüllt.

Fall 1.2: Minimaldimensionen bei Repräsentationsmarkern

Beim Gestalten von Markern im Repräsentationsmarkereditor können Raster eingeblendet werden. Die Rasterweite sowie die Einheit können nach Wunsch eingestellt werden. Als Einheit wurde Millimeter gewählt. Stützpunkte der Zeichnung können auf 1Pixel genau ans Raster gesnappt werden. Der Marker kann somit gemäss empfohlenen Minimaldimensionen nach SGK (2002) gestaltet werden. Nach der Bearbeitung im Markereditor muss die Grösse für den Marker nochmals ausgewählt werden. Dabei muss berücksichtigt werden, dass der Marker entsprechend

skaliert wird. Falls z.B. ein Quadrat mit 2 mm Seitenlänge gezeichnet wird und die Markergrösse danach auf 1mm eingestellt wird, so ist das Quadrat auf der Karte effektiv nur noch 1mm gross. Die Autorin empfiehlt die Marker im Markereditor gleich mit dem korrekten Durchmesser zu gestalten und denselben Wert anschliessend für die Markergrösse zu verwenden. Falls die gewünschte Markergrösse noch nicht klar ist, kann die Signatur auch im Markereditor innerhalb eines Rasters von z.B. 1 mm gestaltet und danach entsprechend vergrössert werden. Dies erzwingt jedoch mehr Aufmerksamkeit für das Einhalten der Minimaldimensionen.

Beurteilung: erfüllt

Die Bedingung gilt als erfüllt, da die Marker mittels Raster (vgl. Abbildung 5) ziemlich exakt gestaltet werden können.

Fall 1.3: Funktionsweise und -umfang von Repräsentationsregeln

Funktionsumfang

Für die Erstellung von Repräsentationsregeln sind viele Einstellmöglichkeiten in den einzelnen Layern (Marker, Stroke, Fill) und über Geometrieeffekte möglich. Auch die Signaturen aus der traditionellen Symbolisierung (=Markersymbole) können in Repräsentationsregeln mit «Import Symbol» importiert werden. Diese Signaturen sind jedoch wie bei der traditionellen Symbolisierung abhängig vom Geometrietyp der Regel. So werden bei der Auswahl nur diejenigen Signaturen angeboten, welche zum Geometrietyp der Repräsentationsregel passen. Falls Signaturen aus der traditionellen Symbolisierung für weitere Repräsentationslayer verwenden werden möchten, schafft ein Workaround Abhilfe. Schriftart und Unicode der gewünschten Signatur sind aufzuschreiben, danach kann in der Repräsentationsregel ein neuer Markerlayer erstellt werden. Im Markereditor wird zum Zeichnen die Methode «Glyph» gewählt und es wird dort das entsprechende Zeichen der Schriftart über den Unicode ausgewählt. Das Zeichen kann nun nach Wunsch angepasst werden.

Eine direkte Unterstützung für das Importieren von Signaturen aus Bitmap- oder EMF-Dateien fehlt leider. Der Import kann über die oben beschriebene Methode «Import Symbol» gemacht werden, indem eine Signatur editiert wird. Als Symboltyp muss dazu «Picture Marker Symbol» gewählt werden. Das Bild kann dann ausgewählt und als Signatur gespeichert werden. Die Signatur kann für eine Repräsentationsregel mit Punktgeometrie über «Import Symbol» integriert werden.

Was im Funktionsumfang weiter fehlt, ist eine massstäbliche Vorschau der Signaturen im Markereditor oder im Repräsentationsmenü (Eigenschaften der Repräsentationsregel). Eine Vorschau der Marker besteht zwar, sie gibt jedoch nicht die korrekten Dimensionen wieder. Für das exakte Aussehen muss jedes Mal das Repräsentationsmenü geschlossen werden und die Karte konsultiert werden.

Weiter fehlt eine Funktion zum Kopieren von einzelnen Symbol Layern innerhalb der Repräsentationsregel. Gerade für das Erstellen von ähnlichen Markern wäre diese Funktion praktisch.

Beurteilung: akzeptabel

Da im Funktionsumfang eine direkte Unterstützung zum Importieren der oben genannten Bilddateien fehlt und einzelne Symbollayer nicht kopiert werden können, gilt die Qualitätsbeurteilung «akzeptabel».

Funktionsweise

In den Repräsentationseigenschaften wird in der linken Spalte eine Übersicht über die Repräsentationsregeln aufgeführt. Dort gibt es jedoch bei Regeln mit Geometrietyp Polygon Darstellungsfehler, wenn Marker im Zentrum von Polygonen platziert werden. Dabei spielt es keine Rolle, ob für die Füllung eine Farbe oder «No Color» gewählt wurde.

Ein weiterer Fehler tauchte beim Löschen einer Repräsentationsregel im Datensatz «landcover» auf (Abbildung 29). Es gab dort einen unbekanntenen Fehler in der Software. Die Fehlermeldung wurde nicht detaillierter ausgegeben und ist erst wieder mit Klick auf «Abbrechen» verschwunden. Die Software hat danach wieder einwandfrei funktioniert. Der Grund für den Fehler konnte nicht eruiert werden.

Insgesamt kann gesagt werden, dass das Erstellen und Anpassen von Repräsentationsregeln sehr gut funktioniert. Die oben genannten aufgetretenen Fehler wurden nicht als störend empfunden. Der Funktionsumfang für die Bearbeitung von Repräsentationsregeln könnte allerdings grösser sein. Die Autorin hat sich besonders an der fehlenden massstäblichen Vorschau der Signaturen gestört.

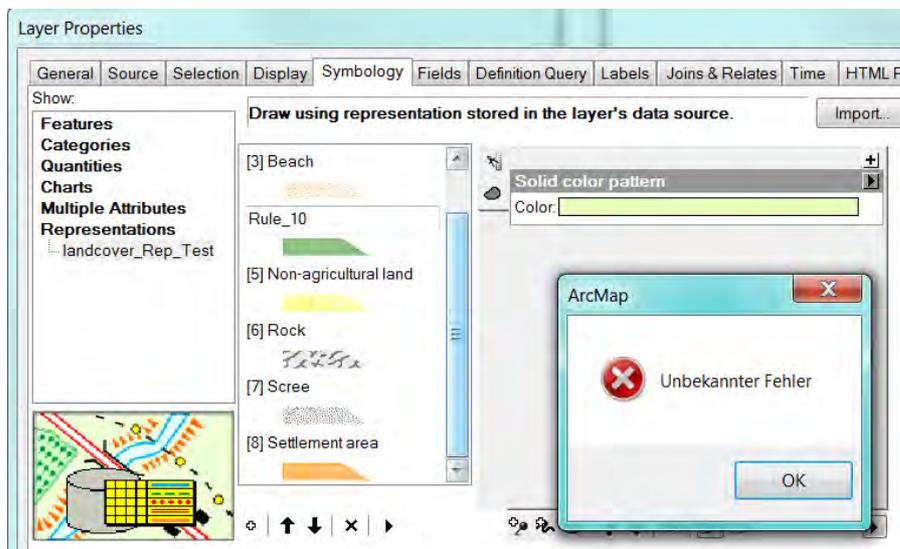


Abbildung 29: Unbekannter Fehler in ArcMap (eigene Darstellung)

Beurteilung: gut

Aus den oben genannten Gründen, wird die Bedingung als gut erfüllt angesehen.

Fall 1.4: Ausrichten von Markern

Die Möglichkeiten der Markerplatzierung entlang von Polygonumrisslinien sind umfangreich, während der Variantenreichtum innerhalb von Polygonen ziemlich bescheiden ist. Marker können entweder regelmässig oder zufällig innerhalb des Polygons platziert werden oder ein Marker wird in der Mitte platziert. Vermisst wird die Platzierung eines Markers in variabler Grösse. Diese Variante ist leider nur für die Polygonumrisslinie möglich. Gerade aber für Geröll oder Sand wäre diese Funktion sehr hilfreich. Als Workaround sei die Erstellung von mehreren Markern in unterschiedlicher Grösse empfohlen.

Beurteilung: akzeptabel

Fall 1.5: Erstellen von Overrides

Das Erstellen von Overrides funktioniert gut. Eigenschaftsoverrides können in den Repräsentationseigenschaften leicht erzeugt werden, indem einzelne Eigenschaften wie z.B. Farbe geändert werden. Am selben Ort können diese Overrides auch wieder rückgängig gemacht werden. Es existiert auch die Geoverarbeitungsfunktion «Remove Override», womit alle Overrides eines Layers gelöscht werden können und die Repräsentationsregel wieder angewendet wird.

Für das Erzeugen von Geometrieoverrides (z.B. freie Verschiebung der Position, Transformationen wie Drehung, Skalierung etc.) können Repräsentationswerkzeuge (Abbildung 6) verwendet werden. Leider können nicht für alle Werkzeuge direkte Zahlenwerte eingestellt werden (z.B. Vergrösserung der Objektform mit Beibehaltung der Repräsentationseigenschaften).

Wie sich bereits in Evaluationsfall 1.1 gezeigt hat, können besonders aus der Verwendung von Geoverarbeitungswerkzeugen viele Overrides entstehen (v.a. Shapeoverrides). Mit dem Werkzeug «Select Feature by Override» können zwar alle Objekte mit Overrides selektiert und somit lokalisiert werden, wie die Overrides allerdings zu Stande gekommen sind, ist nicht mehr ersichtlich. Man sieht durch eine Einstellung in der Abfrage nur, welche Art Override vorhanden ist. Ob der Override selbst durchgeführt wurde oder durch ein Geoverarbeitungswerkzeug entstanden ist, wird nicht dokumentiert.

Beurteilung: akzeptabel

Fall 1.6: Offene Waldgrenzen mittels Markerplatzierungsstilen und geometrischen Effekten

Vom Typ Wald existiert im Testdatensatz nur ein grösseres Objekt. Das Objekt soll mit einer offenen Waldgrenze symbolisiert werden, da die Waldgrenze unklar verläuft und in Einzelbäume ausläuft. Es kann dazu eine Repräsentationsregel erstellt werden, wobei mit zwei verschiedenen Markern und Markerplatzierungsstilen, einer Füllung, einem Strokelayern und einem geometrischen

Effekt gearbeitet wird. Die Darstellung des Features entspricht aber nicht dem gewünschten Resultat. Benachbarte Polygone mit anderen Landnutzungstypen überdecken die Symbolisierung zum Teil. Der Grund dafür scheint an der Reihenfolge der Erfassung der Features zu liegen. Bei Polygonen mit einer OBJECTID (eindeutige ID in der Datenbank) kleiner als derjenigen des Waldpolygons sind die Marker des Waldes an den Rändern sichtbar, bei Polygonen mit einer OBJECTID grösser als die des Waldpolygons sind die Marker an der Grenze überdeckt.

Das Resultat enttäuscht, da die im Repräsentationskonzept von ESRI propagierten kartografischen Gestaltungsmöglichkeiten hier versagen.

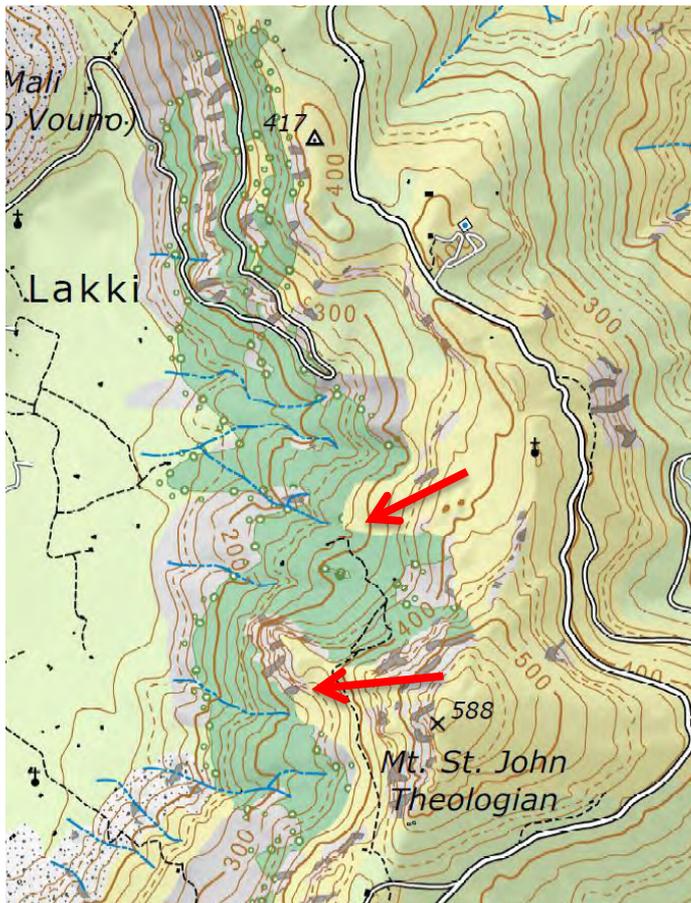


Abbildung 30: Repräsentationsregel für den Wald kann nicht korrekt dargestellt werden. Die Pfeile zeigen wo an den Wald angrenzende Polygonelemente Repräsentationsmarker aufgrund einer höheren OBJECTID überdecken.(eigene Darstellung)

Beurteilung: nicht erfüllt, da die Waldgrenzen nicht richtig dargestellt werden können.

Fall 1.7: Feature-Class-übergreifende Repräsentationen

Featureübergreifende Repräsentationen zur Kombination von verschiedenen Layern sind nicht möglich. Für eine Kombination von Layern wie Punkte, welche in Polygonen liegen müssen (z.B. Kirchensignaturen aus Layer «Religion» innerhalb eines Klosterpolygons des Layers «Infrastruktur»), muss eine andere Lösung gefunden werden. So können die beiden Objekte jeweils separat als Repräsentationsregel erstellt werden. Danach können ihre Signaturpositionen mittels Geometrieoverride angepasst werden.

Beurteilung: schlecht

Fall 1.8 Speichern von Repräsentationsregeln

Repräsentationsregeln werden in der jeweiligen Featureclass gespeichert. Tests haben gezeigt, dass beim Öffnen einer Feature-Class mit Repräsentationen in einem leeren ArcMap-Dokument die Symbolisierung mit Repräsentationsregeln korrekt wiedergegeben wird. Die Repräsentationsregeln und Repräsentationsmarker können auch in ein Style-Dokument gespeichert werden, damit sie auch für andere Feature-Classes zur Verfügung stehen. Voraussetzung ist einzig, dass diese auch die gleichen Geometrietypen besitzen. Die Regeln können im Repräsentationsmenü eines Layers importiert werden. Repräsentationsmarker können im «Representation Marker Selector» mittels Auswahl des korrekten Style-Dokuments geladen und im Markereditor falls nötig angepasst werden.

Beurteilung: erfüllt, Repräsentationsregeln können leicht gespeichert und wiederverwendet werden.

7.2 Handhabung der Generalisierungstools

Fall 2.1: Minimaldimensionen

Das Eliminieren von Gebäuden mit einer Minimalfläche kleiner als 40m^2 kann mit verschiedenen Einstellungen erreicht werden. Im Generalisierungswerkzeug «Aggregate Polygons» kann in einem Parameter ein Wert für «Minimum Area» eingegeben werden. Dieser Wert gibt an, welche Mindestgrösse aggregierte Polygone haben müssen, damit sie bestehen bleiben. Diese Mindestgrösse kann auch im Werkzeug «Simplify Buildings» angegeben werden und bestimmt die Mindestgrösse der Gebäude nach der Vereinfachung.

Die Funktionen wurden mit einer «Minimum Area» = 40 m^2 (vgl. Abschnitt 6.5.1) getestet und funktionieren einwandfrei. Für die Daten wurde aber schliesslich mit einer Minimalfläche von 0m^2

weitergearbeitet, damit alle Gebäude bestehen bleiben. Die Gebäude können auch später mittels Selektion ausgewählt und gelöscht werden.

Beurteilung: erfüllt

Fall 2.2: Topologie

Beim Generalisieren der Strassen mit den Werkzeugen «Simplify Line» und «Smooth Line» gab es keine nennenswerten neuen topologischen Fehler. Die Überprüfung der Topologie fand mit den bereits früher verwendeten Topologieregeln aus Abschnitt 6.1.3 statt. Die Konnektivität der Strassenstücke blieb bestehen. Einzig bei Strassen mit Kreisbögen, welche in eine andere Strasse einmündeten, gab es geringfügige Überlappungen. Diese stören allerdings für kartografische Zwecke nicht, da sie nicht sichtbar sind.

Beurteilung: erfüllt

Fall 2.3: Anteil der manuellen Bearbeitung nach Generalisierung

Die Auswertung von Testfall 1.1 zeigt, dass 78.6% aller Gebäude in den Testgebieten nach der Generalisierung manuell nachbearbeitet wurden. Gebäudeformen wurden nur vereinzelt angepasst. Der Grossteil der Gebäude musste aber aufgrund von Überlappungen mit Strassen oder anderen Objekten verschoben werden. Wenn das Tool «Resolve Building Conflicts» bessere Resultate liefern würde, hätte dieses verwendet werden können. So hätte sich die Zahl der manuell erstellten Overrides vermutlich stark verringern lassen (vgl. Evaluationsfall 3.1 für Details).

Beurteilung: nicht erfüllt

Fall 2.4: Aggregation von verschiedenen Gebäudetypen

Es wurden Tests mit dem Originaldatensatz «buildings_unbearbeitet» durchgeführt. In diesem Datensatz sind neben der Infrastruktur auch alle übrigen Gebäude enthalten. Mit dem Anwenden des Generalisierungstools «Aggregate Polygons» wurden jedoch auch Gebäude unterschiedlichen Attributtyps zusammengefasst (vgl. Abbildung in Anhang C). Eine Einstellungsmöglichkeit für die Aggregation nach einer Attributausprägung ist nicht vorhanden.

Um zu verhindern, dass Gebäude unterschiedlichen Typs zusammen aggregiert werden, ist es nötig, diese separat zu selektieren und das Werkzeug «Aggregate Polygons» auf jeden Attributtyp einzeln anzuwenden.

Beurteilung: nicht erfüllt

Fall 2.5: Funktionsweise Generalisierungstools

Beim Testen der Generalisierungsfunktionen wurde festgestellt, dass Geometrieoverrides beim Ausführen der Generalisierungstools nicht berücksichtigt werden. Abbildung 31A zeigt die Testsituation mit Originalgeometrie. In Abbildung 31B wurden zwei Polygone mittels Repräsentationseditwerkzeug so verschoben, dass der Mindestabstand zu benachbarten Gebäuden mehr als 3m beträgt (gelbe Polygone). Die gelben Polygone in B sollten also nicht mit benachbarten Gebäuden aggregiert werden. Mit dem Werkzeug «Aggregate Polygons» wurden nun die Gebäude mit einer «Aggregation Distance» von 3.0 m für Variante A und B zusammengefasst. Abbildung 31C zeigt, dass für beide Situationen dasselbe Resultat herausgekommen ist. Für die Generalisierung muss also mit Originalgeometrie gearbeitet werden. Falls zuvor mit Repräsentationen und Overridegeometrie gearbeitet wurde, muss die Originalgeometrie erst mit der Overridegeometrie überschrieben werden. Nach dem Generalisieren können die Daten wieder mit der Repräsentationsgeometrie dargestellt werden. Dass die Geometrieoverrides bei den Generalisierungsfunktionen nicht verarbeitet wird, sieht die Autorin als grossen Mangel an. Es wurden zudem keine entsprechenden Hinweise bei den Generalisierungswerkzeugen selbst oder in den Hilfe-dokumenten gefunden. In anderen Werkzeugen der Cartography-Toolbox wird die Repräsentationsgeometrie berücksichtigt.

Unter Verwendung der Originalgeometrie funktionierten die Generalisierungstools in der Regel. Die Qualität der Ergebnisse hat jedoch nicht immer überzeugt. Beim Aggregieren der Gebäude mit den Testversionen 1 und 2 (gemäss Tabelle in Anhang C), lieferte die Option mit orthogonalen Outputfeatures an einem Ort (rote Markierung in Abbildung 32) Gebäude, welche keine Füllung aufweisen. Die Gebäude liegen so nah beieinander, dass sie aggregiert wurden, wobei die Art der Aggregation jedoch unbrauchbar ist. Die Rechtecke wurden jeweils an einem Eckpunkt verbunden, so dass zwar aus zwei Objekten eines geworden ist, dies aber optisch nicht ersichtlich ist. Zudem wurde die Symbolisierung nicht mehr richtig angewendet. Die Füllung ist nun weiss.

Die Generalisierung der Strassen hat nach Meinung der Autorin adäquate Resultate geliefert

Beurteilung: schlecht bis akzeptabel



Abbildung 31: A: Originalsituation mit Originalgeometrie, B: Veränderte Situation mit Repräsentationen und Geometrieoverrides (gelbe Polygone), C: Resultat nach der Gebäudeaggregation mit «Aggregate Polygons» für Situation A und B.(eigene Darstellung)



Abbildung 32: Fehlerhafte Darstellung von zwei Gebäuden nach der Aggregation.(eigene Darstellung)

7.3 Handhabung der kartografischen Tools

Fall 3.1 Gebäudeausrichtung an Strassen

Das Ausrichten von Gebäuden an Strassen funktioniert nicht mit dem Werkzeug «Align Marker To Stroke or Fill», da das Werkzeug nur Punktobjekte ausrichtet. Für die Ausrichtung von Polygonen (z.B. Gebäude) an Linienobjekte wie Strassen, muss das Werkzeug «Resolve building conflicts» verwendet werden. Die im Werkzeug verwendeten Parameter sind in Anhang D ersichtlich. Im Resultat in Abbildung 33 ist ersichtlich, dass die Abstände zwischen Gebäuden zwar eingehalten wurden, die Ausrichtung an die Strasse jedoch nicht funktioniert hat. Die Gebäude wurden auch nicht an die Strassen herangerückt, obwohl dies in einem Parameter so eingestellt wurde.

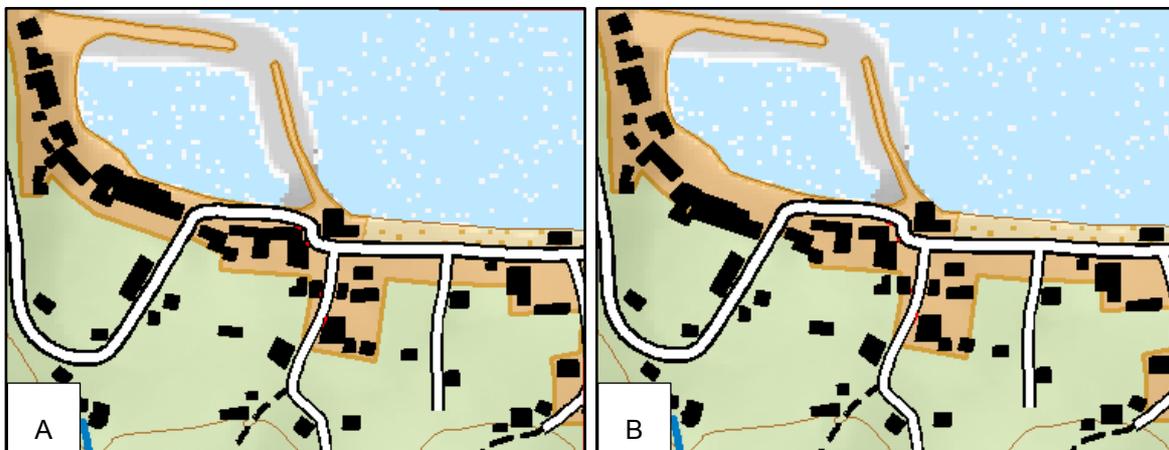


Abbildung 33: A: Aggregierte und vereinfachte Gebäude, B: Gebäude aus A nach Anwendung von «Resolve building conflicts» (eigene Darstellung)

Beurteilung: schlecht, da das Werkzeug nicht die gewünschten Resultate liefert.

Fall 3.2: Mindestabstände

In den Werkzeugen «Detect Graphic Conflict» und «Resolve Building Conflicts» können Parameter zur Erhaltung von Mindestabständen eingegeben werden. Es lassen sich auch die Einheiten wählen. Im Werkzeug «Detect Graphic Conflicts» kann auf eine Konfliktdistanz getestet werden, während in «Resolve Building Conflicts» neben dem Abstand zu den Konfliktobjekten auch ein Wert für die Mindestdistanz zwischen Gebäuden eingegeben werden kann.

Beurteilung: gut, Bedingung wird vollständig erfüllt.

Fall 3.3: Funktionsweise kartografische Werkzeuge

Muss eine grosse Anzahl Features verarbeitet werden (z.B. 1700 Gebäude innerhalb des gesamten Extents), so gab es oft Abstürze der Software. Bei Beschränkung auf die Features innerhalb der Untersuchungsgebiete hat es schliesslich geklappt. Untersuchungsgebiet 4 hatte mit 648 die meisten Objekte. Das wurde z.B. bei Anwendung des Werkzeugs «Resolve Building Conflicts» festgestellt. Dort gab es bei Berechnung mit allen Features einen sofortigen Absturz, während die Berechnung bei Untersuchungsgebiet 1 zwar rund 12 Minuten gedauert hat, aber schliesslich funktionierte.

Die Wahl der Einheiten war nicht immer klar. Müssen Karteneinheiten oder reale Einheiten verwendet werden? Dies ist nicht immer eindeutig dokumentiert.

Beurteilung: akzeptabel

Fall 3.4a: Grafikkonflikte

In Fall 3.1 wurden bereits Fehler beim Einsatz des Werkzeugs «Resolve building conflicts» dokumentiert. Es entstanden dort zum Teil unlogische Grafikfehler. So wurde nach der Anwendung des Tools z.B. ein neues Objekt erzeugt, das gar nicht existieren sollte (Abbildung 27).

Das Werkzeug «Propagate Displacement» funktioniert nur für Strassen. Es wurde jedoch nicht benötigt und daher nicht getestet.

Beurteilung: schlecht, da Gebäudekonflikte nicht gelöst werden.

Fall 3.4b: Lageänderung von verdrängten Gebäuden

Im Werkzeug «Resolve Building Conflicts» können der Abstand zu den Strassen sowie die Gebäudeabstände eingestellt werden, so dass die Bedingung der maximalen Lageänderung erfüllt werden kann.

Beurteilung: gut, da Einstellungen vorgenommen werden können.

7.4 Weitere Erkenntnisse

Je mehr komplexe Repräsentationsregeln vorhanden sind, desto langsamer wird die Software beim Bildaufbau und Speichern.

Es gibt keine Topologieregel, wo Strassen und Gebäude, also Linien und Polygone, miteinander getestet werden können, um Überlappungen zu erkennen.

Flächen- und Längenwerte werden nur für die Originalgeometrie im Shapefeld angezeigt. Die Werte für die Repräsentationen sind leider nicht ersichtlich. Für Abfragen und Auswahlprozesse im Sinne der Generalisierung wäre dies sehr nützlich.

Der Bearbeitungsprozess mit Anwendung von Repräsentationssymbologie und kartografischen Werkzeugen wurde nun anhand konkreter Beispiele evaluiert. Die Qualität der Darstellung soll nun zusätzlich von Kartografen in einer Expertenbefragung beurteilt werden.

8 Expertenbefragung

Nach der eigenen Beurteilung der Repräsentationen und kartografischen Tools in ArcGIS sollen in einer zweiten Evaluationsphase die erstellten Kartenausschnitte durch Experten beurteilt werden. Aus den Ergebnissen möchte die Autorin einerseits Verbesserungsmöglichkeiten für die Gestaltung einer kompletten topografischen Karte von Nisyros gewinnen, andererseits auch Rückschlüsse auf die Verwendungsmöglichkeiten und Einschränkungen von Repräsentationen und kartografischen Geoverarbeitungswerkzeugen ziehen. Als Evaluationsmethode wurde hier das in Kapitel 4 vorgestellte qualitative Experteninterview angewendet.

8.1 Vorbereitung

8.1.1 Befragungsgegenstände

Aus GIS-Daten der griechischen Insel Nisyros wurde mittels Repräsentationen und kartografischen Geoverarbeitungswerkzeugen eine Karte im Massstab 1:25'000 erstellt. Fertig bearbeitet wurden einzelne Kartenausschnitte davon. Diese sollen hinsichtlich ihrer kartografischen Qualität beurteilt werden. Evaluert werden sollen also die Art der Symbolisierung, die Lesbarkeit und die Resultate der Generalisierung.

8.1.2 Auswahl von Experten und Kontaktaufnahme

Die Beurteilung der Kartenausschnitte erfordert viel Erfahrung in der Kartografie. Als Experten wurden somit Kartografen mit grossem Fachwissen ausgewählt, welche mindestens 10 Jahre Berufserfahrung aufweisen. Wie bereits in 4.5.2 erwähnt, sollten 4-7 Experten für das Experteninterview gewonnen werden. Schliesslich haben 5 Teilnehmer an der Befragung mitgemacht.

8.1.3 Interviewleitfaden

Für die Expertengespräche wurde ein Leitfaden gemäss Mieg und Näf (2005) erstellt. Der Leitfaden sollte als Gedächtnisstütze bei der Interviewführung dienen. Er enthält mehr oder weniger strukturierte Fragen sowie Informationen, wie Frageblöcke eingeleitet werden sollen. Zudem wurden wichtige Handlungsaktionen vermerkt, damit nichts vergessen geht. Im folgenden Abschnitt wird der Leitfaden grob vorgestellt und die gestellten Fragen begründet. Der komplette Leitfaden mit Abbildungen ist in Anhang E zu finden. Einige der Fragen entstanden bereits bei der Erstellung des Kriterienkatalogs in Kapitel 5 zu Sachverhalten, welche sich besser für eine Expertenbefragung als für eine Evaluation durch die Autorin eigneten. Die restlichen Fragen entstanden nach der Gestaltung der Kartenausschnitte. Eine externe Beurteilung der Kartenausschnitte ist objektiver und zudem sinnvoller, da die Erfahrung und das grosse Fachwissen in der Kartografie bei der Autorin noch nicht so stark ausgeprägt sind wie bei Experten.

In der Einleitung des Leitfadens werden die Beweggründe für die Masterarbeit und die Ziele der Expertenbefragung erläutert. Die Verwendung der kartografischen Repräsentationen und Geoverarbeitungswerkzeuge wird zudem kurz erklärt. Danach wird über den Ablauf des Interviews informiert. Es wurde besonders darauf hingewiesen, dass nur Kartenelemente innerhalb der Testregionen 1, 2 und 4 komplett bearbeitet wurden und in Testregion 3 nur die Strassengeneralisierung getestet wurde. Vor dem Beginn der Interviews, wurden die Experten um Erlaubnis für eine Tonaufnahme des Gesprächs gefragt.

Als erstes wurden folgende Einstiegsfragen gestellt:

Mit welchen Techniken und mit welcher Software erstellen Sie Karten?

Wie gut kennen Sie ArcGIS?

Damit sollte etwas über den Hintergrund der Befragten erfahren werden. Anschliessend wurde die topografische Karte im Massstab 1:25'000 mit den rot markierten Testregionen zur Ansicht abgegeben und den Experten erklärt, was wo gemacht wurde. In diesem ersten Hauptbefragungsteil gab es zwei Frageblöcke zur allgemeinen Gestaltung der Karte. Im Frageblock «Lesbarkeit» wurde nach der Lesbarkeit bzw. grafischen Differenzierbarkeit der Kartenausschnitte gefragt:

Ist die Lesbarkeit der Kartenausschnitte gewährleistet?

- *Ist die grafische Differenzierbarkeit der Objekte gegeben?*
- *Sind die Objekte eindeutig erkennbar?*
- *Welche Objektklassen sind gut lesbar, welche schlecht?*

Im zweiten Frageblock ging es darum, konkrete Verbesserungsvorschläge für eine künftige Vollendung der Karte zu erhalten:

Wie könnte die Karte verbessert werden?

- *Welche Objekte könnten besser symbolisiert werden?*
- *Wie beurteilen Sie die gewählten Farben?*
- *Ist die Beschriftung in der Art und Positionierung ausreichend?*

Danach folgte der zweite Befragungsteil mit zwei Frageblöcken zur Generalisierung. Zu diesen Fragen wurden insgesamt sieben vergrösserte Kartenausschnitte für zwei verschiedene Gebiete abgegeben (Anhang F). Die Ausschnitte zeigten jeweils die Situation vor der Generalisierung, den ersten Generalisierungsschritt der Aggregation, den zweiten Generalisierungsschritt der Vereinfachung und beim zweiten Ausschnitt zusätzlich die Gebäude nach der manuellen Korrektur. Dieser letzte Schritt war beim ersten Ausschnitt bereits in Bild 3 integriert. Der erste Frageblock

fragte nach der Erfüllung des Generalisierungsgrades. Es sollten dabei aber nicht nur die vergrösserten Kartenausschnitte betrachtet werden, sondern auch die Karte in Originalgrösse aus dem ersten Befragungsteil verwendet werden, damit die vergrösserten Ausschnitte entsprechend in Originalgrösse beurteilt werden konnten. Folgende Fragen wurden gestellt:

Entspricht der Generalisierungsgrad der Karte dem Zielmassstab 1:25'000?

- *Stimmt der Detaillierungsgrad mit dem Massstab 1:25'000 überein?*
- *Wo wurde zu viel oder zu wenig generalisiert (bei Gebäuden und Strassen)?*
- *Wo entsprechen die Vereinfachungen der Gebäude den Grundsätzen der Gebäudegeneralisierung nicht?*

Der zweite Frageblock war ähnlich. Hier ging es vor allem darum, dass die Experten Generalisierungsmängel von Gebäuden in der Karte einzeichneten. Die Fragen lauteten:

Welche Gebäude müssten manuell angepasst werden? Bitte je 3-5 Gebäude auf den Kartenausschnitten einkreisen.

- *Aggregation nicht ok*
- *Form nicht ok (Grundform nicht eingehalten)*
- *Position nicht ok*

Zum Schluss wurden noch zwei offene Abschlussfragen zur GIS-Kartografie gestellt:

Wo liegen Ihrer Meinung nach die Stärken und wo die Schwächen von kartografischen Tools gegenüber der Bearbeitung von Hand? (Vermutungen, falls keine Erfahrung mit solchen Tools)?

Welche Anforderungen würden Sie an kartografische Werkzeuge in einer GIS-Software stellen?

8.2 Durchführung der Experteninterviews

8.2.1 Kontaktaufnahme mit Experten

Die Experten wurden per Email angeschrieben. Der Text der Email befindet sich in Anhang E. Von fünf Personen haben vier zugesagt. Eine der befragten Personen vermittelte jedoch noch einen zusätzlichen Experten für ein Gruppengespräch, so dass insgesamt fünf Personen an der Befragung teilnehmen konnten. Die Teilnehmer kommen aus den Bereichen Hochschule (1), Privatwirtschaft (2) und der Bundesverwaltung (swisstopo) (2).

8.2.2 Interviewmaterial und Hilfsmittel

Neben dem persönlichen Interviewleitfaden (siehe Anhang F) wurde auch eine verkürzte Version davon für die Experten erstellt. Dieser Leitfaden beinhaltet nur die Fragen. In dieser Version stehen nur die gestellten Fragen. Für jedes Interview wurden die Karte von Nisyros im Originalmassstab mit den eingezeichneten Testregionen sowie den sieben vergrösserten Kartenausschnitte für die Fragen zur Generalisierung bereitgestellt. Die Unterlagen wurden jeweils auf Format A4 bzw. die Karte von Nisyros im Format A3 gezeigt (siehe Beilage).

Als Hilfsmittel für die Auswertung wurde ein Tonbandgerät für die Aufnahme der Gespräche eingesetzt. Zudem wurde Schreibzeug und Papier für die Befragung bereitgelegt.

8.2.3 Durchführung der Befragung

Für die Durchführung der Experteninterviews konnte ein Raum am IKG benutzt werden. Drei Einzelgespräche haben dort stattgefunden. Das Gruppengespräch mit zwei Teilnehmern wurde an deren Arbeitsort durchgeführt. Der zeitliche Rahmen der Gespräche wurde im Vorfeld auf etwa eine Stunde geschätzt. Diese angestrebte Zeit wurde bei zwei Personen eingehalten, bei den weiteren Befragungen haben die Gespräche bis zu einer halben Stunde länger gedauert.

8.3 Ergebnisse der Befragung

Die Auswertung erfolgte anhand der Gesprächsnotizen, den Tonaufnahmen und den Zeichnungen in den Kartenausschnitten. Die Auswertung wurde unterteilt in die beiden Befragungsteile, da die Frageblöcke schlecht voneinander trennbar sind. In Abschnitt 8.3.2 werden somit die Lesbarkeit und Verbesserungsideen ausgewertet, in 8.3.3 der Generalisierungsgrad und die nötigen manuellen Anpassungen nach der Generalisierung. Die Aussagen der Experten wurden nach Objektklassen zusammengefasst. Zum Verständnis der Ergebnisse empfiehlt es sich die Karten aus der Beilage während der Lektüre zu konsultieren.

Nach dem ersten Gespräch wurde die Karte nochmals etwas angepasst. Dies wurde gemacht, weil davon ausgegangen wurde, dass die Experten in den weiteren Gesprächen dieselben Punkte wieder ansprechen würden. So konnte für die optimierte Darstellung bereits Feedback erhalten werden. Die nachfolgenden vier Interviews fanden mit der überarbeiteten Karte statt. Folgende Änderungen wurden vorgenommen:

- Unpaved Roads: Bei den Konturen wurde etwas weniger Schwarz verwendet als bei den anderen Strassen.
- Die Küstenlinie wurde von braun auf blau geändert und die Zählkurvenbeschriftung mit Text 0m entfernt.
- Die Zählkurven wurden zudem mit einer grösseren Strichstärke dargestellt und die Schrift etwas verkleinert.

- Die Beschriftung wurde für alle Objektklassen individuell angepasst, damit diese auch schon beurteilt werden konnte, obwohl die Beschriftung auf Arealen noch nicht richtig ausgerichtet werden konnte.

8.3.1 Einstiegsfragen

Alle Befragten gaben an, dass Sie ArcGIS zwar etwas kennen, jedoch bisher gar nicht oder fast nicht damit arbeiteten. Vier Personen gaben an, mit Adobe Illustrator zu arbeiten, eine dieser Personen verwendet zudem Photoshop. Zwei Personen arbeiten zusätzlich mit einer CAD-Software. Zwei der Befragten haben früher oft mit Freehand gearbeitet.

8.3.2 Teil 1: Lesbarkeit und Verbesserungsvorschläge

Die Frage, ob die Lesbarkeit der Kartenausschnitte gewährleistet ist, wurde von keinem der Befragten generell für die vorhandenen Testregionen beantwortet. Eine Person hat jedoch angemerkt, dass die Signaturen ohne Legende genügend intuitiv erfassbar sind und die Differenzierung der verschiedenen Signaturen generell gut ist.

Strassenklassierung

Alle Befragten stimmten überein, dass die Strassenklassierung verbessert werden sollte. Es wurden jedoch meist unterschiedliche Verbesserungsvorschläge gemacht. Empfohlen wurde eine generelle Verbreiterung für alle Strassentypen mit Doppellinie. Für diese Strassen rieten zwei der Befragten, jeweils gleiche Konturbreiten (z.B. 0.12 mm) zu wählen. Die beiden Experten betonten, dass die Wichtigkeit über die Breite des Innenraums gesteuert werden soll, wobei das Verhältnis zwischen Innenraum und Kontur stimmen müsse. Eine Person empfahl konkrete Werte, wobei die Konturbreiten zwischen 0.10 mm und 0.14 mm für die drei Klassen «primary road», «secondary road» und «unpaved road» variieren.

Vier Personen bemerkten, dass die Klasse «unpaved road» auch als Einzellinie dargestellt werden könnte. Der Fussweg sei zudem besser als die unbefestigte Strasse sichtbar, da diese leicht grau dargestellt ist. Die unbefestigte Strasse wurde nach der ersten Befragung von der Autorin leicht grau dargestellt, um die Unterscheidung zur Nebenstrasse zu verbessern.

Die Gässchen wurden von allen Experten als ungeeignet eingestuft. Eine Person meinte, dass die Differenzierbarkeit bei den Übergängen vom Siedlungsgebiet ins Landwirtschaftsgebiet schwierig sei, während eine andere Person einwandte, dass die Gebäude im Ort Mandraki mit den dünnen Gässchen optisch zusammenfallen. Alle Personen würden eine schwarze Kontur bei den Gassen begrüßen. Bei den Fusswegen (trails) waren sich alle einig, dass die Abstände der Strichlierung etwas vergrössert werden sollten. Eine Person könnte sich für den Fussweg auch eine durchgezogene Linie vorstellen. Eine andere bewertete die rechtwinkligen Strassenabschlüsse bei Sackgassen positiv.

Gebäude und Ruinen

Für die Siedlungsdarstellung empfahl ein Experte, etwas weniger Schwarz zu verwenden. Die Kirchensignatur und Beschriftung wären so besser sichtbar. Die Ruinen wurden in einem Fall als zu klein angegeben, in einem anderen Fall wurde die grösste Ruine in Mandraki gar als Flugpiste interpretiert. Beide Personen empfahlen, entweder eine Signatur zur Stellvertretung zu verwenden oder die Ruinen auf die Mindestflächen zu vergrössern.

Religiöse Einrichtungen und Friedhöfe

Die Signaturen für Kirche und Kapelle wurde von vier Personen als gut befunden. Ein Experte befand das Kreuz gegenüber dem Kreis in den Signaturen als zu gross. Einer bemerkte zudem, dass die Kirchen und Kapellen vertauscht sein könnten, da besonders ausserhalb von Siedlungen eher Kapellen als Kirchen zu erwarten sind.

Friedhöfe wurden von zwei Personen als schlecht erkennbar eingestuft. Ein Experte schlug vor, eine Signatur zu verwenden, welche immer gleich gross ist, statt den Friedhof nach Flächengrösse darzustellen. Generell sind die Friedhöfe sehr klein. Eine andere Möglichkeit wäre, den schlecht sichtbaren Friedhof bei der Kirche von Mandraki wegzulassen und Friedhöfe nur dort darzustellen, wo keine Kirche angrenzt. Der Experte meinte, man könne davon ausgehen, dass dort wo es eine Kirche habe, auch ein Friedhof vorhanden sei.

Bei der Darstellung von Klöstern vertreten zwei Teilnehmer gegensätzliche Meinungen. Eine Person empfahl das Kloster mit Vollfarbe in Rot darzustellen, da es eine Kleinform sei, während für den anderen Experten die momentane Darstellung in einem schwachen Rotton bereits zu auffällig war. Er empfahl die Darstellung mit Kirchensignatur und Mauer, oder allenfalls sogar als normales Gebäude, falls das Kloster nicht als solches erkennbar ist.

Helikopterbasis

Für die Helikopterbasis rät ein Befragter die Verwendung eines Kreises statt eines Oktagons und die Verstärkung der Farbe in Vollgelb.

Flüsse

Die periodisch wasserführenden Flüsse sind gemäss einem Befragten als solche erkennbar. Ein zweiter Experte bemerkte, dass die Flüsse mit einer regelmässigeren Strichlierung versehen werden sollten, da nicht ganz klar ist, ob die Flüsse auf Teilabschnitten permanent vorkommen oder nicht. Ein anderer Experte würde die Flussmündungen noch ganz ans Meer hinunterziehen, dort wo von einer Einmündung ausgegangen werden kann. Alle Experten waren sich einig, dass man die Bezeichnung «river» in der Legende umbenannt werden müsste, z.B. in creek.

Höhenkoten und Höhenlinien

In der Nähe von Koten muss gemäss einer befragten Person die Zählkurve nicht beschriftet werden. Zwei Experten stimmten überein, dass es keine Rolle spiele, ob Zählkurven kursiv oder stehend beschriftet werden. Es sollten aber alle Höhenbeschriftungen gleich dargestellt werden. Eine andere Person zog die kursive Beschriftung vor, während einer bemerkte, dass die Koten

etwas kleiner beschriftet werden könnten. Ein Teilnehmer meinte, die Zählkurvenbeschriftung könne etwas kleiner ausfallen. Zudem bemerkte er zusammen mit einer weiteren Person, dass zusätzliche Koten für die Orientierung hilfreich wären, besonders dort wo keine Namen oder Objekte vorhanden sind oder auch bei Kreten und Küstenvorsprüngen. Zwei Teilnehmer bemängelten zudem, dass mitten durch ein Fussballfeld bei Mandraki eine Höhenlinie führt.

Die Zählkurven wurden in der ersten Befragung als zu dünn empfunden. Sie wurden daher vor den restlichen Befragungen etwas stärker betont. Die Höhenlinien wurden zudem als zu hell betrachtet und im Geröll als schlecht sichtbar eingestuft. Das Ausmaskieren der Höhenlinien wurde dort von einem weiteren Teilnehmer empfohlen. Ein Experte bewertete die Höhenkurve mit Äquidistanz 50 m als negativ. Diese Kurven sollten weggelassen werden, ausser dort wo sie für das Ablesen von Höhen unterstützen.

Von zwei Experten wurde angemerkt, dass die Küstenlinie etwas markant daherkommt. In der ersten Kartenversion war die 0m-Linie zudem noch beschriftet und in braun dargestellt. Für die zweite Version wurde die Linie blau eingefärbt und die Beschriftung entfernt. Die entstandenen Unterbrüche durch die Zahlen kamen aber bei einem Experten nicht gut an.

Fels, Geröll und Strand

Eine Person hatte den Eindruck, dass der Fels durch die immer gleiche Ausrichtung die Flächen etwas zerschneidet. Eine andere meinte, es brauche keine Konturen um die Felssignaturen, da dies fleckig wirke. Die anderen Befragten hielten die Felsdarstellung für gelungen.

Beim Geröll wurde zweimal die Meinung vertreten, dass ein lockereres Raster genügen würde und die Punkte etwas kleiner sein dürften. Ein Experte würde beim Geröll einen leichten Bodenton setzen oder die Farbintensität von allen Bodenbedeckungen generell etwas reduzieren.

Der Strand wurde von vier Personen als gut befunden, eine Person empfahl eine Aufhellung, um den Kontrast zum nicht-landwirtschaftlichen Gebiet zu vergrössern.

Wald

Vier Experten waren sich einig, dass der Wald besser ohne Kontur dargestellt werden sollte. Begründet wurde dies mit der unklaren Definition der Waldgrenze, sowie dass in der Natur keine Linie sichtbar ist. Die ausserhalb der Grenze platzierten Einzelbäume sollten zudem mehr auf die eigentliche Grenze verschoben werden. Gemäss zwei Experten sollte die Waldfläche zudem etwas heller dargestellt werden.

Schattiertes Relief

Der Reliefton wurde dreimal als gut befunden, einmal als etwas zu schwach. Gewünscht wurde etwas mehr Kontrast, damit die Lichtseite markanter wirkt.

Farben

Die Karte wurde von drei Teilnehmern als eher bunt angesehen, besonders die landwirtschaftlichen und nicht-landwirtschaftlichen Flächen. Dies ist jedoch für die Befragten in Ordnung. Eine weitere Person meinte auch, dass die Farben gut gewählt seien.

Beschriftung

Drei Experten merkten an, dass die Ortsbeschriftungen nicht gesperrt dargestellt werden sollten. Zwei Teilnehmer meinten, dass mit der Beschriftung der Ortschaften nicht auf die Einwohnerzahl geschlossen werden kann, da die Schriftgrösse nicht variiert wurde. Zudem seien die Ortsnamen eher zu gross für Siedlungen. Die Beschriftung sollte mit derselben Klassierung auf ein gesamtes Land übertragbar sein.

Alle Befragten stimmten überein, dass die Beschriftung maskiert werden sollte. Bei der ersten Befragung wurde angemerkt, dass die Schriften stärker differenziert werden sollten. Dies wurde vor den anderen Befragungen umgesetzt.

Legende

Eine Person empfahl, den Massstabsbalken in der Legende nicht automatisch mit Tausendertrennzeichen zu bezeichnen. Die Zahlen der Äquidistanzen bei den Höhenlinien sollten jedoch noch in Meter angeschrieben werden.

8.3.3 Teil 2: Generalisierungsgrad und benötigte manuelle Korrekturen

Auf die behandelten Fragen betreffend Generalisierungsgrad wurden untenstehende Antworten erhalten. In Klammern ist jeweils vermerkt, wieviele Personen dieselbe Aussage gemacht haben.

Ausschnitt Pali und generelle Bemerkungen:

- Der Ausschnitt von Pali ist ziemlich gut, während der Ausschnitt von Mandraki nicht überzeugt (3x).
- Gebäude, welche nicht eindeutig wahrnehmbar sind, müssten zu Rechtecken generalisiert werden. Dies ist in diesem Ausschnitt jedoch nicht immer der Fall (2x).
- Die Strassen sind gut generalisiert (4x).
- Der Generalisierungsgrad der Höhenkurven sollte mit den Strassen übereinstimmen. Die Strassen sind hier ruhiger als die Höhenkurven. Dies ist besser als umgekehrt (2x).

Mandraki:

- Generell wurde eher zu wenig als zu stark generalisiert (1x).
- Der Charakter der Siedlung ist erhalten geblieben (1x)
- Grundformen und Anzahl Gebäude sind gut (1x).
- Die Darstellungen sind zum Teil zu wenig deutlich (1x).
- Bei Mandraki sind die Innenhöfe zum Teil viel zu klein (5x). Es müssten deutlichere Innenhöfe erstellt werden (z.B. Rechtecke) (3x).
- Gebäude müssten näher an die Strassen gerückt werden (5x).
- Die Gebäude sollten noch mehr zusammengefasst werden (2x).

- Häuser fallen zu stark zusammen. Zum Teil muss mehr getrennt werden, an anderen Orten muss hingegen stärker zusammengefasst werden (1x).
- Gebäudeblöcke sollten zu den Strassen hin komplett aufgefüllt werden (3x).
- Die Gebäude müssen zum Teil noch stärker vereinfacht werden. Die Vorsprünge und Einsprünge sind zum Teil noch zu detailliert (kleiner als 0.25 mm Seitenlänge) (5x).
- Ausserhalb von Siedlungen sind Gebäude zur Orientierung auf der Karte wichtig. Sie sollten bei Unterschreitung der Minimaldimensionen entsprechend vergrössert werden. Dasselbe gilt auch für Ruinen (1x).

Auswertung Kartenausschnitte

Die Experten hatten gemäss den beiden Fragestellungen zur Generalisierung Mängel in die Kartenausschnitte eingezeichnet (siehe Anhang G). Oft wurden jedoch die eingekreisten Situationen nicht mit Zahlen beschriftet. Dies wurde deshalb von der Befragerin selbst in den beiden Endversionen durchgeführt (Abbildung 34 und Abbildung 35). Die Mängelkategorien sind in Tabelle 19 ersichtlich. Dabei wurden nur die wichtigsten bezeichneten Mängel eingezeichnet. Die Abbildungen haben exemplarischer Charakter. Die von den Experten bearbeiteten Ausschnitte befinden sich im Anhang. Nicht bearbeitete Ausschnitte wurden weggelassen.

Kategorie	Im Leitfaden definierte Mangelkategorie	Begründungen Experten
1	Zu viel oder zu wenig generalisiert	A: zu viel generalisiert B: zu wenig generalisiert (Innenhöfe sind zu klein)
2	Die Vereinfachungen der Gebäude entsprechen den Grundsätzen der Gebäudegeneralisierung nicht.	A: Gebäudeblöcke sollten von Strassen komplett eingefasst sein. B: Gebäude müsste stärker vereinfacht werden.
3	Aggregation ist ungenügend	A: Von 6 Gebäuden wurde in eine 2er-Gruppe und in eine 3er-Gruppe aggregiert. Es wären am besten alle zusammen aggregiert worden. B: das kleinere Gebäude hätte an das grössere angeschlossen werden sollen.
4	Form ist nicht in Ordnung (Grundform wurde nicht eingehalten)	Gebäude welche nicht eindeutig wahrnehmbar sind, müssen zu Rechtecken generalisiert werden.
5	Position der Gebäude ist nicht in Ordnung	Gebäude müssten näher an die Strasse gerückt werden.

Tabelle 19: Kategorien von Generalisierungsmängel mit Begründung von Experten

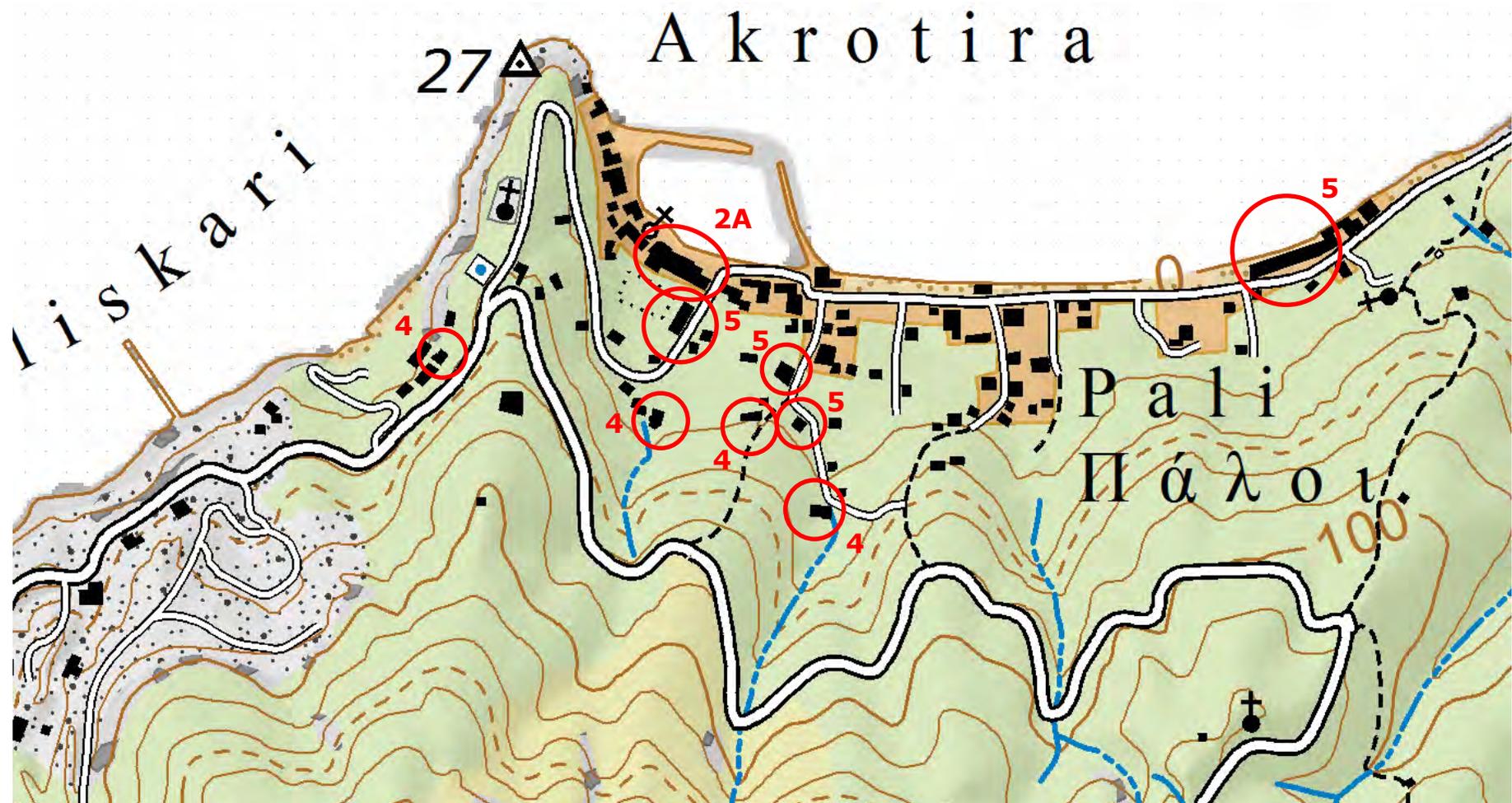


Abbildung 34: Auswertung Ausschnitt Pali (eigene Darstellung)



Abbildung 35: Auswertung Ausschnitt Mandraki (eigene Darstellung)

8.3.4 Abschlussfragen GIS-Kartografie

Es wurde nach den Stärken und Schwächen von kartografischen Werkzeugen gefragt. Nachfolgend wurden alle relevanten Antworten gesammelt. Die Antworten wurden nicht zusammengefasst.

Stärken kartografische Werkzeuge:

- Bei den Repräsentationen sind offenbar viele Gestaltungsmöglichkeiten verfügbar und die wichtigsten Funktionalitäten scheinen vorhanden zu sein.
- Schnelle Einstellungsmöglichkeiten, wie Farbflächen füllen oder Strichstärken definieren sind vorhanden.
- Dort, wo es einfach ist, geht es zügig vorwärts.
- Gewisse Homogenität im Vorgehen zur Generalisierung von Gebäuden kann erreicht werden, bei reiner Bearbeitung von Hand hängt es von menschlicher Subjektivität ab.
- Farben und Transparenzeinstellungen sind in der Software verfügbar und auch unregelmässige Muster können erstellt werden.
- Hohe Geschwindigkeit beim Generalisieren von einfachen Gebäudegrundformen.
- Computer machen gegenüber dem Menschen keine Fehler, bzw. sie vergessen keine Objekte. Wenn es Fehler gibt, so sind sie systematisch und nicht zufällig wie beim Menschen.
- Einfache Aufgaben können durch Computer übernommen werden, so dass der Mensch Zeit hat, um die anspruchsvollen Aufgaben zu erfüllen.

Schwächen kartografischer Werkzeuge:

- Der Computer weiss im Gegensatz zum Menschen nicht, was «optisch schön» heisst.
- Die Beschriftung und Generalisierung muss für eine gute Lesbarkeit noch mehrheitlich manuell angepasst werden.
- Höhenkurvenzahlen werden nicht dort platziert, wo es ideal ist.
- Die Generalisierung von dichten Siedlungen (z.B. Altstadt) ist noch zu schlecht, so dass noch viel von Hand korrigiert werden muss.
- Die Generalisierungswerkzeuge liefern noch unbefriedigende Resultate. Vermutlich wird es bei komplexen Siedlungsstrukturen nie ohne manuelle Bearbeitung gehen. Generalisierungsfunktionen werden wahrscheinlich nie befriedigend sein.
- In dicht bebauten Gebieten gibt es Probleme bei der Verdrängung.
- Die Beurteilung als Ganzes (z.B. Gebäudeblock) bei der Generalisierung ist zu wenig möglich.
- Die Generalisierungswerkzeuge haben Schwierigkeiten bei Kleinformen. Es muss entschieden werden, welche Formen typisiert und welche verallgemeinert werden. Ein Kartograf wäre für diese Entscheidungsfindung besser geeignet.
- Untypische bzw. unregelmässige Stellen von generalisierten Gebäuden sollen zu Gunsten des Ganzen nicht gezeigt werden. Die Software unterdrückt diese Darstellungen jedoch nicht.

Anforderungen an kartografische Tools:

- Beschriftung muss gut automatisch platzierbar sein.
- Generalisierungswerkzeuge müssen gute Resultate liefern.
- Automatische Verdrängung von Häusern und Strassen.
- Eingreifen bei systematischen Fehlern sollte möglich sein (Übersteuerungsfunktion).
- Es sollten höchstens noch 20% der generalisierten Objekte manuell nachbearbeitet werden.
- Werkzeuge sollen korrekte Topologie unterstützen.
- Verfügbarkeit von Werkzeugen zur Verhinderung von Grafikkonflikten.
- Gute Schriftendifferenzierung soll ermöglicht werden.
- Bei Strichlierung darf es bei Winkeln und bei Einmündungen in andere Strassen keine unschönen Lücken geben.
- Funktion, welche die Abstände zwischen Gebäuden und Strassen misst und bei Unterschreitung eines bestimmten Wertes die Häuser an die Strasse zieht.
- Maskierung von Beschriftung und anderen Kartenobjekten soll möglich sein.

Von den genannten Anforderungen sind alle Punkte bereits in ArcGIS realisiert. Bei systematischen Fehlern muss allerdings ein Vorgang wiederholt werden und neue Daten produziert werden.

9 Diskussion der Ergebnisse

9.1 Rückschlüsse auf Verwendung von kartografischen Tools in GIS-Software

Die Ergebnisse der Expertenbefragung werden nun mit den Erkenntnissen der eigenen Evaluation der kartografischen Werkzeuge in ArcGIS verglichen. So soll die Basis geschaffen werden, die aufgeworfene Forschungsfrage zu beantworten.

9.1.1 Kartografische Repräsentationen

Die Autorin ist grundsätzlich zufrieden mit den Möglichkeiten der kartografischen Repräsentationen in ArcGIS. Der Funktionsumfang zur Erstellung und Bearbeitung von Repräsentationen ist angemessen, könnte aber weiter ausgebaut werden. Wie in Kapitel 7.1 erwähnt, wünscht sich die Autorin eine bessere Unterstützung für den Import von Signaturen aus Bilddateien, eine Kopierfunktion für Symbollayer innerhalb Repräsentationsregeln sowie eine masstäbliche Vorschau der Signaturen im Repräsentationsmenü. Auch die Experten zeigen sich auf Grund der Resultate hinsichtlich der Gestaltungsmöglichkeiten und der Vielfalt von möglichen Einstellungen zufrieden.

9.1.2 Generalisierung

Die Generalisierungswerkzeuge für die Vereinfachung und Glättung von Linien überzeugten die Autorin am Beispiel der Strassengeneralisierung und mit dem Ergebnis in der Karte waren auch die Experten zufrieden. Die Werkzeuge für die Generalisierung von Gebäuden hingegen genügten den Ansprüchen der Autorin und den befragten Kartografen nicht. Die Resultate von Aggregations- und Vereinfachungsprozessen sind in eher locker besiedelten Ortschaften wie in Testgebiet 1 zwar befriedigend, in dicht bebauten Gebieten wie Testgebiet 4 allerdings gar nicht zufriedenstellend. So sind zum Beispiel die Innenhöfe bei Gebäudeblöcken oft zu klein und von der Form her zu undeutlich. Die Experten stimmen überein, dass Gebäude zum Teil noch stärker vereinfacht werden sollten. Die Autorin ist basierend auf den erreichten Resultaten enttäuscht, dass dies anhand der verwendeten Einstellungen nicht besser funktioniert hat. Alle Befragten bemängelten besonders, dass Gebäude, welche an Strassen liegen, nicht komplett an den Strassenrand gerückt wurden. Es hat ganze Gebäudeblöcke mit unschönen Lücken zwischen den Strassen und den Gebäuden. Die Autorin hat es nicht geschafft, diese Lücken mit kartografischen Geoverarbeitungswerkzeugen zu verhindern. Schlussendlich muss eingesehen werden, dass die Gebäudegeneralisierung mit den vorhandenen Daten und Werkzeugen nicht zufriedenstellend ausgeführt werden kann und für eine adäquate kartografische Darstellung aufwändige manuelle Nachbearbeitung nötig ist. Gerade diese Nachbearbeitung sollte aber gemäss Expertenmeinung höchstens 20% betragen. Bei der durchgeführten Evaluation im Beispiel von GIS-Daten von Nisyros betrug die Rate der manuellen Bearbeitung aller generalisierten Gebäude jedoch über 78%. Die Autorin hat sich bei der Anwendung der Generalisierungswerkzeuge besonders daran gestört, dass die Repräsentationsgeometrie bzw. Overridegeometrie nicht unterstützt wurde und

mit der veränderten Geometrie die Originalgeometrie überschrieben werden musste. Gerade dieser Umstand widerspricht der Philosophie der kartografischen Repräsentationen, bei der die Symbolisierung eigentlich unabhängig von der Originalgeometrie dargestellt werden sollte.

9.1.3 Kartografische Werkzeuge

Bei den kartografischen Werkzeugen zeigt sich ein unterschiedliches Bild. Einige der in der Arbeit verwendeten Werkzeuge wie das Erzeugen von beschrifteten Höhenlinien (mit Maskierung) mit «Contour Annotation» oder die Erstellung von ästhetischen Strassenabschlüssen mit «Calculate Line Caps» überzeugten sowohl die Autorin als auch die Experten, während manche Werkzeuge im Zusammenhang mit der Gebäudegeneralisierung nicht korrekt funktionierten, wie z.B. «Resolve Building Conflicts».

9.1.4 Erfüllung der von Experten aufgestellten Anforderungen an kartografische Tools

Die von den befragten Experten geschilderten Anforderungen an kartografische Werkzeuge (vgl. 8.3.4), werden grösstenteils erfüllt. Nur die Anforderungen an die Generalisierungswerkzeuge wurden nicht erfüllt.

9.2 Erkenntnisse aus der Evaluation

9.2.1 Erkenntnisse aus der Qualitätsbeurteilung der kartografischen Werkzeuge im Gestaltungsprozess

Das Erstellen von aussagekräftigen und gut bewertbaren Evaluationskriterien war anspruchsvoll. Für die Bewertung von Generalisierungslösungen gab es zwar ausreichend Literatur, die Anhaltspunkte liefern konnte, für die Repräsentationen und weiteren kartografischen Geoverarbeitungswerkzeuge hingegen mussten die Kriterien komplett selbst entwickelt werden. Der Kriterienkatalog wurde schliesslich basierend auf den in Kapitel 3 zusammengestellten kartografischen Gestaltungsgrundsätzen und den Erfahrungen aus der Softwareeinarbeitungsphase aufgestellt.

Es wurde festgestellt, dass die einzelnen Generalisierungsfunktionen zum Teil mehrere Zwecke gleichzeitig erfüllen wollen, was nicht immer zu befriedigenden Resultaten führt. Bei den Werkzeugen zum Zusammenfassen und Vereinfachen von Gebäuden hat es je einen Parameter zur Definition der minimalen Fläche, welche ein Gebäude haben soll, damit es nicht gelöscht wird. Besser wäre es, wenn die Funktionen mehr auseinandergenommen würden, so dass die Generalisierung schrittweise vollzogen werden kann.

Auch die Editierwerkzeuge für die Repräsentationen könnten noch verbessert werden. Die Empfindlichkeit beim Anklicken von Vertices ist mangelhaft. Fast jedes Mal musste mehrmals geklickt werden, bis ein Vertex endlich korrekt ausgewählt werden konnte. Ein Wunsch wäre zudem ein Werkzeug, womit rechte Winkel erstellt werden können.

9.2.2 Erkenntnisse aus der Expertenbefragung

In den Expertenbefragungen wurden oft Vergleiche zur Schweizer Landeskarte 1:25'000 gemacht. Dies zeigt, dass die Landeskarten als Vorbild für andere topografische Karten hinzugezogen werden. Einige Experten haben jedoch auch eingeräumt, dass ein solches Produkt nur mit den Ressourcen und der Entwicklungserfahrung der swisstopo erreicht werden kann.

Grundsätzlich schienen alle Experten sehr interessiert an der Befragung und lieferten bereitwillig ihre Verbesserungsideen zur Gestaltung der topografischen Karte von Nisyros.

9.2.3 Massnahmen für die Überarbeitung der topografischen Karte von Nisyros

Das von den Kartografen in den Experteninterviews erhaltene Feedback zur Gestaltung der Kartenausschnitte von Nisyros wurde im Hinblick auf eine Überarbeitung der gesamten Karte schriftlich zusammengefasst. Ein kleiner Teil der Verbesserungsvorschläge wurde bereits in dieser Arbeit umgesetzt. Der überarbeitete Entwurf befindet sich in der Beilage. Folgende Punkte wurden überarbeitet:

- Die Kartenbeschriftung wurde zum Teil besser positioniert.
- Die Masken der beschrifteten Zählkurven wurden gelöscht, so dass die Küstenlinie wieder durchgehend verläuft.
- In der Legende wurden Rechtschreibfehler entfernt und Werte mit Einheiten versehen.
- Die Massstabsbeschriftung wurde angepasst (Trennzeichen entfernt).

Die Fertigstellung der gesamten topografischen Karte von Nisyros ist im Anschluss an diese Masterarbeit im Rahmen der Lehrveranstaltung «Cartography Lab» geplant.

10 Schlussfolgerungen und Ausblick

10.1 Zusammenfassung

Ziel dieser Masterarbeit war es, zu ermitteln, wie gut sich der Einsatz von Repräsentationen im Softwarepaket ArcGIS 10.0 von ESRI eignet, um zweckmässige topografische Karten zu gestalten. Zu diesem Zweck wurden Beurteilungskriterien für eine Evaluation der Repräsentationen und kartografischen Tools der Cartography-Toolbox aufgestellt. Anhand von erstellten topografischen Kartenausschnitten der griechischen Insel Nisyros wurde die Evaluation durch die Autorin durchgeführt. Anschliessend wurde eine Expertenbefragung zu den erstellten Kartenausschnitten durchgeführt. Die Ergebnisse daraus wurden danach mit den Resultaten der eigenen Evaluation verglichen, mit dem Ziel, Rückschlüsse auf die Eignung von Repräsentationen und kartografischen Werkzeugen auf die Gestaltung von topografischen Karten abzuleiten.

10.2 Schlussfolgerungen

Die Auswertung der eigenen Qualitätsbeurteilung führte zum Schluss, dass mittels kartografischen Repräsentationen qualitativ hochwertigere Darstellungen erreicht werden als mit der traditionellen Symbolisierungsmethode in ArcGIS. Die Gegenüberstellung der eigenen Evaluation und der Expertenbefragung ergab, dass die Verwendung der Repräsentationen zusammen mit Geoverarbeitungswerkzeugen Resultate liefern können, mit welchen auch Kartografen zufrieden sind. Die Darstellungsmöglichkeiten von Repräsentationen können durchaus mit Grafiksoftware mithalten, mit dem entscheidenden Vorteil, dass der Raumbezug in der GIS-Software erhalten bleibt.

Es musste jedoch festgestellt werden, dass die Funktionen zur Generalisierung von Gebäuden vor allem in dicht bebauten Gebieten unbefriedigende Resultate liefern. Auch in diesem Zusammenhang verwendete Werkzeuge zur Lösung von Grafikkonflikten (z.B. Verdrängung) bieten keine überzeugenden Ergebnisse. Die Generalisierung von Strassen führte hingegen zu guten Resultaten. Die Algorithmen zur Liniengeneralisierung haben sich aber auch über einen längeren Zeitraum bewährt. Kartografische Geoverarbeitungswerkzeuge sind also keine Alleskönner. Sie können aber für einfache, sich wiederholende Aufgaben eingesetzt werden, während Kartografen mehr Zeit für anspruchsvolle Aufgaben aufwenden können.

Zur verwendeten Methodik lässt sich sagen, dass besonders die Formalisierung von Anforderungen in Bedingungen anspruchsvoll war. Bei der Generalisierung funktioniert das Prinzip der Constraints sehr gut, bei den Repräsentationen und kartografischen Geoverarbeitungswerkzeugen war das Formulieren von konkreten, einfach zu bewertenden Evaluationskriterien jedoch schwierig. Die Ergebnisse der Evaluation sind daher in diesen Bereichen nicht immer eindeutig. Die Methode der Expertenbefragung hat viele Erkenntnisse zur Gestaltung der Karte geliefert. Das eigentliche Ziel war das Ziehen von Rückschlüssen auf die Verwendbarkeit von kartografischen Werkzeugen in ArcGIS. Dieses Ziel wurde zwar mehr mit der eigenen Evaluation der Repräsentationen und kartografischen Werkzeugen erfüllt, trotzdem hat die Befragung den Prozess der Erkenntnisgewinnung unterstützt und gefördert.

Die zu Beginn der Arbeit gestellte Forschungsfrage «Wie gut eignet sich der Einsatz von Repräsentationen und weiteren kartografischen Funktionen im Softwarepaket ArcGIS 10.0, um zweckmässige topografische Karten zu gestalten?» kann nun wie folgt beantwortet werden:

Die Repräsentationen eignen sich sehr gut für die Gestaltung von topografischen Karten. Auch die zur Gestaltung hilfreichen kartografischen Geoverarbeitungswerkzeuge bieten gute Unterstützung, wobei die Werkzeuge zur Generalisierung von Gebäuden für die Erstellung von topografischen Karten als zu wenig ausgereift bewertet werden.

10.3 Ausblick

In dieser Masterarbeit wurde ein möglichst zielgerichteter Ablauf zur Gestaltung der topografischen Kartenausschnitte geplant. Für wiederkehrende Anwendungen sollte jedoch am besten ein konzeptionelles Modell für das Vorgehen erstellt und die einzelnen Prozesse modelliert werden. So könnte die Verwendung der kartografischen Werkzeuge noch mehr automatisiert werden. Mit dem Einsatz des Modelbuilders oder mit Hilfe von Skripten könnte ein Standardvorgehen für Generalisierungsprozesse (z.B. für Gebäudegeneralisierung) definiert werden.

Ursprünglich plante die Autorin einen Vergleich von Generalisierungswerkzeugen in FME¹. Dies wurde schliesslich aus Aufwandsgründen nicht weiter verfolgt. In künftigen Arbeiten könnten auch weitere GIS-Softwarepakete auf ihre kartografischen Gestaltungsmöglichkeiten evaluiert werden.

Insofern bleibt zu hoffen, dass die kartografischen Geoverarbeitungswerkzeuge und insbesondere die Werkzeuge zur Generalisierung von Gebäuden in den nächsten Jahren weiterentwickelt werden, so dass aus der Standardversion von ArcGIS mittels Repräsentationen und kartografischen Werkzeugen qualitativ noch bessere topografische Karten erstellt werden können als heute.

¹ FME von Safe Software ist ein räumliches ETL-Werkzeug (Extrahieren, Transformieren und Laden von Daten) für die Verarbeitung und insbesondere den Austausch von räumlichen Daten.

11 Literatur

- Barrault, Mathieu; Regnaud, Nicolas; Duchêne, Cécile; Haire, Kelvin; Baeijs, Christof; Demazeau Yves. Integrating Multi-agent, Object-oriented, and Algorithmic Techniques for Improved Automated Map Generalization. In: Proceedings of the 20th International Cartographic Conference, ICC 2001, Beijing, 6 -10 August 2001, S. 2210–2216.
- Beard, Kate M. (1991). Constraints on Rule Formation. In: Buttenfield Barbara P und McMaster Robert B. (Hg.): Map Generalization: Making Rules for Knowledge Representation. New York: Longman, S. 121–135.
- Bertin, Jacques (1974). Graphische Semiologie. Diagramme, Netze, Karten. Berlin: De Gruyter.
- Bollmann, Jürgen; Koch, Wolf G. (Hg.) (2002). Lexikon der Kartographie und Geomatik. In zwei Bänden. Heidelberg: Spektrum, Akad. Verl.
- Brewer, Cynthia A. (2005). Designing better maps. A guide for GIS Users. 1. Aufl. Redlands: ESRI Press.
- Brun, Carmen (1998). Die Qualität von Karten in Geografischen Informationssystemen. Diplomarbeit. Geographisches Institut, Universität Zürich, Zürich.
- Burghardt, Dirk; Schmid, Stefan; Duchêne, Cécile; Stoter, Jantien; Baella, Blanca; Regnaud, Nicolas; Touya, Guillaume (2008). Methodologies for the evaluation of generalised data derived with commercial available generalisation systems. Workshop of the ICA Commission on Generalisation and Multiple Representation, Montpellier, 20.-21. Juni 2008.
- Douglas, David H.; Peucker, Thomas K. (1973). Algorithms for the Reduction of the Number of Points Required to Represent a Digitized Line or its Caricature. In: The Canadian Cartographer 10 (2), S. 112–123.
- Duchêne, Cécile (2003). Automated Map Generalisation Using Communicating Agents. In: Proceedings of the 21st International Cartographic Conference, ICC 2003, Durban, South Africa, 10-16 August 2003. Cartographic Renaissance, S. 160–169.
- Ehrlholzer Regula (1996). Methoden für die Bewertung der Qualität von Generalisierungslösungen. Diplomarbeit. Geographisches Institut, Universität Zürich, Zürich.
- Eicher, Cory; Bedel, Markus; Neuffer, Dieter; Kappeler, Stefan; Neun, Moritz; Schoening, Reto (2010). Smiling Cartographers: Making GIS More Usable for Cartography. In: The Cartographic Journal 47 (2), S. 173–179.
- ESRI (2012a). ArcGIS Desktop Help 10.0 –Lernprogramm zu kartografischen Repräsentationen. Online verfügbar unter <http://help.arcgis.com/de/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/na/008t00000071000000/>, zuletzt geprüft am 30.06.2012.
- ESRI (2008). Working with Cartographic Representations. Schulungsunterlagen. USA (ESRI Educational Services).
- ESRI (2012b). ArcGIS Hilfebibliothek. ArcGIS 10. Online verfügbar unter <http://help.arcgis.com/de/arcgisdesktop/10.0/help/>, zuletzt geprüft am 20.12.2012.

- ESRI (2012c). ESRI News: Genius-DB von swisstopo ist produktionsreif. swisstopo nimmt Frontend des neuen GIS-basierten Kartenproduktionssystems ab. Online verfügbar unter <http://esri.ch/de/news/articles/n120113.html>, zuletzt geprüft am 11.01.2013.
- Flick, Uwe; Kardorff, Ernst von; Steinke, Ines (Hg.) (2007). *Qualitative Forschung. Ein Handbuch*. 5. Aufl. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt-Taschenbuch-Verl.
- Häberling, Christian (2003). «Topografische 3D-Karten»: Thesen für kartografische Gestaltungsgrundsätze. Dissertation. Institut für Kartografie und Geoinformation, ETH Zürich, Zürich.
- Hake, Günter; Grünreich, Dietmar; Meng, Liqiu (2002). *Kartographie. Visualisierung raum-zeitlicher Informationen*. 8. Aufl. Berlin: De Gruyter.
- Hardy, Paul; Eicher, Cory; Briat, Marc-Oliver; Kressmann, Thierry (2005). Database-stored Representations and Overrides, Supporting Automated Cartography with Human Creativity. In: *Auto-Carto 2005*, Las Vegas.
- Hardy, Paul; Kressmann, Thierry (2005). Cartography, Database and GIS: Not Enemies, but Allies! In: *Proceedings of the 22st International Cartographic Conference, ICC 2005*, Coruna, Spain, 10-16 July 2005. Mapping approaches into a changing world.
- Hurni, Lorenz; Schneider, Barbara (2000). Kartographische Visualisierung von Geodaten. Hg. v. Tagungsband GIS/SIT 2000, Fribourg. Online verfügbar unter ftp://laengholz.ch/pub/pub_pdf/2000_GISSIT_Hurni.pdf, zuletzt geprüft am 27.01.2013.
- Imhof Eduard (1962). Die Anordnung der Namen in der Karte. *Internationales Jahrbuch für Kartographie*, Bertelsmann, S. 93-129.
- Jenny, Bernhard; Gilgen, Jürg; Hutzler Ernst.; Hurni, Lorenz (2010). Automatische Gerölldarstellung für topographische Karten. In: *Kartographische Nachrichten* 60 (4), S. 188–193. Online verfügbar unter http://cartography.oregonstate.edu/pdf/2010_Geroell.pdf, zuletzt geprüft am 27.01.2013.
- Kilpelainen, Tiina (2000). Knowledge Acquisition for Generalization Rules. In: *Cartography and Geographic Information Science* 27 (141), S. 41–50.
- Kraak, Menno J.; Ormeling, Ferjan (2003). *Cartography. Visualization of geospatial data*. 2. Aufl. New York: Prentice Hall.
- Lamy, Sylvie; Ruas, Anne; Demazeau, Yves; Jackson, Mike; Mackaness, William; Weibel, Robert (1999). The Application of Agents in Automated Map Generalisation. In: *Proceedings of the 19th International Cartographic Conference, Ottawa, 14-21 August 1999*, S. 160–169.
- Leonowicz, Anna M.; Jenny, Bernhard; Hurni, Lorenz (2010). Terrain Sculptor: Generalizing terrain models for relief shading. In: *Cartographic Perspectives* (67), S. 51–60.
- MacEachren, Alan M. (1995). *How maps work. Representation, Visualization, and Design*. New York: Guilford Press.
- Mackaness, William A. (1991). Integration and Evaluation of Map Generalization. In: Buttenfield Barbara P und McMaster Robert B. (Hg.): *Map Generalization: Making Rules for Knowledge Representation*. New York: Longman, S. 217–226.
- Mackaness, William A.; Ruas, Anne; Sarjakoski, L. Tiina (2007). *Generalisation of geographic Information. Cartographic Modelling and Applications*. 1. Aufl. Amsterdam: Elsevier Science & Technology.

- Mieg, Harald A.; Näf, Matthias (2005). Experteninterviews. 2. Aufl. Institut für Mensch-Umwelt-Systeme (HES), ETH Zürich. Zürich. Online verfügbar unter http://www.mieg.ethz.ch/education/Skript_Experteninterviews.pdf, zuletzt geprüft am 20.12.2012.
- Neuffer, Dieter; Schneider, Barbara; Hardy, Paul; Kressmann, Thierry (2005). Database Driven Cartography - The ‚swisstopo‘ Example. Gicon. Wien.
- Peterson, Gretchen N. (2009). GIS cartography. A Guide to Effective Map Design. Boca Raton: CRC Press.
- Räber, Stefan (2005). Kartenbeschriftung. Zürich. Online verfügbar unter http://www.ikg.ethz.ch/karto/education/teaching_courses/carto_basics/scripts/kartenbeschriftung.pdf, zuletzt geprüft am 20.05.2012.
- Romer, Samuel (2010). Kartografische Funktionen in ArcGIS. Masterarbeit. Institut für Kartografie und Geoinformation, ETH Zürich, Zürich.
- Schmid, Stefan (2008). Automated Constraint-based Evaluation of Cartographic Generalization Solutions. Masterarbeit. Geografisches Institut, Universität Zürich, Zürich.
- Schmid, Stefan; Burghardt, Dirk; Weibel, Robert (2008). Wo steht die Kartenproduktion heute? - eine vergleichende Evaluation im Rahmen von EuroSDR. In: GIS/SIT 2008: Geoinformation schafft Mehrwert, Zürich, 10.-12.6.2008.
- Schweizerische Gesellschaft für Kartographie SGK (Hg.) (2002). Topografische Karten - Kartengrafik und Generalisierung (Kartografische Publikationsreihe, 16).
- Spieß, Ernst (1996). Digitale Technologie und graphische Qualität von Karten und Plänen. In: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik 94 (9), S. 467–472.
- Stoter, Jantien; Baella, Blanca; Blok, Connie; Burghardt, Dirk; Duchêne, Cécile; Pla, Maria; Regnauld, Nicolas; Touya Guillaume (2010). State-of-the-art of automated generalisation in commercial software. Technical report, EuroSDR series on research projects.
- Stoter, Jantien; Burghardt, Dirk; Duchêne, Cécile; Baella, Blanca; Bakker, Nico; Blok, Connie (2009). Methodology for evaluating automated map generalization in commercial software. In: Computers, Environment and Urban Systems 33 (5), S. 311–324.
- swisstopo (2011). Landeskarten Hintergrundinformation. Online verfügbar unter http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/topics/geodata/historic_geodata/ma_col/nat_map.html, zuletzt aktualisiert am 04.08.2011, zuletzt geprüft am 13.01.2013.
- Touya, Guillaume; Duchêne, Cécile (2011). CollaGen: Collaboration between automatic cartographic Generalisation Processes. In: Advances in Cartography and GIScience. Selection from ICC 2011, Paris, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. 1 Band. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, S. 541–558.
- Tyner, Judith A. (2010). Principles of map design. New York: Guilford Press.
- Wang, Zeshen; Müller, Jean-Claude (1998). Line Generalization Based on Analysis of Shape Characteristics. In: Cartography and Geographic Information Systems 25 (1), S. 3–15.

Weibel, Robert; Keller, Stefan; Reichenbacher, Tumasch (1995). Overcoming the knowledge acquisition bottleneck in map generalization: The role of interactive systems and computational intelligence. In: Lecture Notes in Computer Science 988 (COSIT '95). Berlin: Springer-Verlag, S.139-156.

Zollinger, Stefan (2008). Kartenkritik an OpenStreetMap. Eine systematische Beurteilung der durch Mapnik visualisierten freien Weltkarte mit Fokus auf die Schweiz. Bericht zur Semesterarbeit in der Lehrveranstaltung Geomatics Seminar am Institut für Kartografie, ETH Zürich. ETH Zürich.

12 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Traditioneller Produktionsablauf bei der swisstopo (Neuffer et al., 2005)	6
Abbildung 2: Neuer Produktionsablauf bei der swisstopo (Neuffer et al., 2005)	7
Abbildung 3: CollaGen Workflow in sechs Schritten (Touya und Duchêne, 2011)	10
Abbildung 4: Aufbau einer Repräsentationsregel - Registrierkarten mit Symbollayer 1-3 (eigene Darstellung).	12
Abbildung 5: Bearbeitung eines Markers im Markereditor (ESRI, 2008)	13
Abbildung 6: Werkzeugleiste «Representation» mit Editiertools (ESRI; 2012)	15
Abbildung 7: Nisyros mit Hauptort Mandraki (eigenes Bild)	23
Abbildung 8: Generalisierungsoperationen. (SGK, 2002:41, verändert)	28
Abbildung 9: Glättung als Generalisierungsmethode am Beispiel eines Flusssystem (Tyner, 2010: 85)	29
Abbildung 10: Minimaldimensionen für Punktsignaturen, Darstellung ist nicht massstabsgetreu (nach SGK, 2002: 27, verändert)	30
Abbildung 11: Minimaldimensionen für Liniensignaturen, Darstellung ist nicht massstabsgetreu. (nach SGK, 2002: 27, verändert)	31
Abbildung 12: Minimaldimensionen für Flächensignaturen, Darstellung ist nicht massstabsgetreu (nach SGK, 2002: 27, verändert)	32
Abbildung 13: Minimaldimensionen Gebäude, Werte sind in mm angegeben, Darstellung ist nicht massstabsgetreu (SGK, 2002: 70).	32
Abbildung 14: Simultankontrast; das Grau wirkt je nach umgebender Farbe anders, obwohl der Farbwert in beiden Quadraten gleich ist (Tyner, 2010: 129).	33
Abbildung 15: Beispiele für Punkt-, Linien- und Flächensymbole als Piktogramme, assoziative und abstrakte Formen (Tyner, 2010).	35
Abbildung 16: Prioritäten der Anordnung von Punktobjekten (Räber, 2005).	37
Abbildung 17: Kartenausschnitte Landnutzung (eigene Darstellung)	61
Abbildung 18: Korrekte Symbolebenendarstellung der Strassen (eigene Darstellung)	63
Abbildung 19: Repräsentation der Strassen vor Einstellung der Symbolebenendarstellung. Unschöne Strassenverbindungen sind rot eingekreist (eigene Darstellung).	63
Abbildung 20: Repräsentation der Strassen mit Symbolebenendarstellung (eigene Darstellung)	64
Abbildung 21: Fussballplätze: A: Repräsentation ohne Bearbeitung, B: Repräsentation mit Geometrieoverride (eigene Darstellung)	65
Abbildung 22: Kartenausschnitte Infrastruktur (eigene Darstellung)	66
Abbildung 23: Ausschnitt ungeneralisierte Strassen (eigene Darstellung)	68
Abbildung 24: Strassen nach der Generalisierung (eigene Darstellung)	69
Abbildung 25: Überlappungen von Strassen mit Gebäude als Konfliktzonen (rot)	70

Abbildung 26: Generalisierung der Gebäude (links vorher, rechts nachher) (eigene Darstellung)	71
Abbildung 27: A: Grafische Konflikte zwischen Gebäude und Strasse vor der Korrektur, B: Gebäude nach der Verdrängung mit grafischen Fehlern (rot eingekreist). (eigene Darstellung)	72
Abbildung 28: Symbolisierte Linienabschlüsse bei Sackgassen (eigene Darstellung)	73
Abbildung 29: Unbekannter Fehler in ArcMap (eigene Darstellung)	79
Abbildung 30: Repräsentationsregel für den Wald kann nicht korrekt dargestellt werden. Die Pfeile zeigen wo an den Wald angrenzende Polygonelemente Repräsentationsmarker aufgrund einer höheren OBJECTID überdecken.(eigene Darstellung)	81
Abbildung 31: A: Originalsituation mit Originalgeometrie, B: Veränderte Situation mit Repräsentationen und Geometrieoverrides (gelbe Polygone), C: Resultat nach der Gebäudeaggregation mit «Aggregate Polygons» für Situation A und B.(eigene Darstellung)	85
Abbildung 32: Fehlerhafte Darstellung von zwei Gebäuden nach der Aggregation.(eigene Darstellung)	85
Abbildung 33: A: Aggregierte und vereinfachte Gebäude, B: Gebäude aus A nach Anwendung von «Resolve building conflicts» (eigene Darstellung)	86
Abbildung 34: Auswertung Ausschnitt Pali (eigene Darstellung)	98
Abbildung 35: Auswertung Ausschnitt Mandraki (eigene Darstellung)	99

Anhang

Anhang A

Vereinfachung der Strassen

Getestete Varianten für die Generalisierungsmethode «Simplify Line», angewendet auf das Strassennetz:

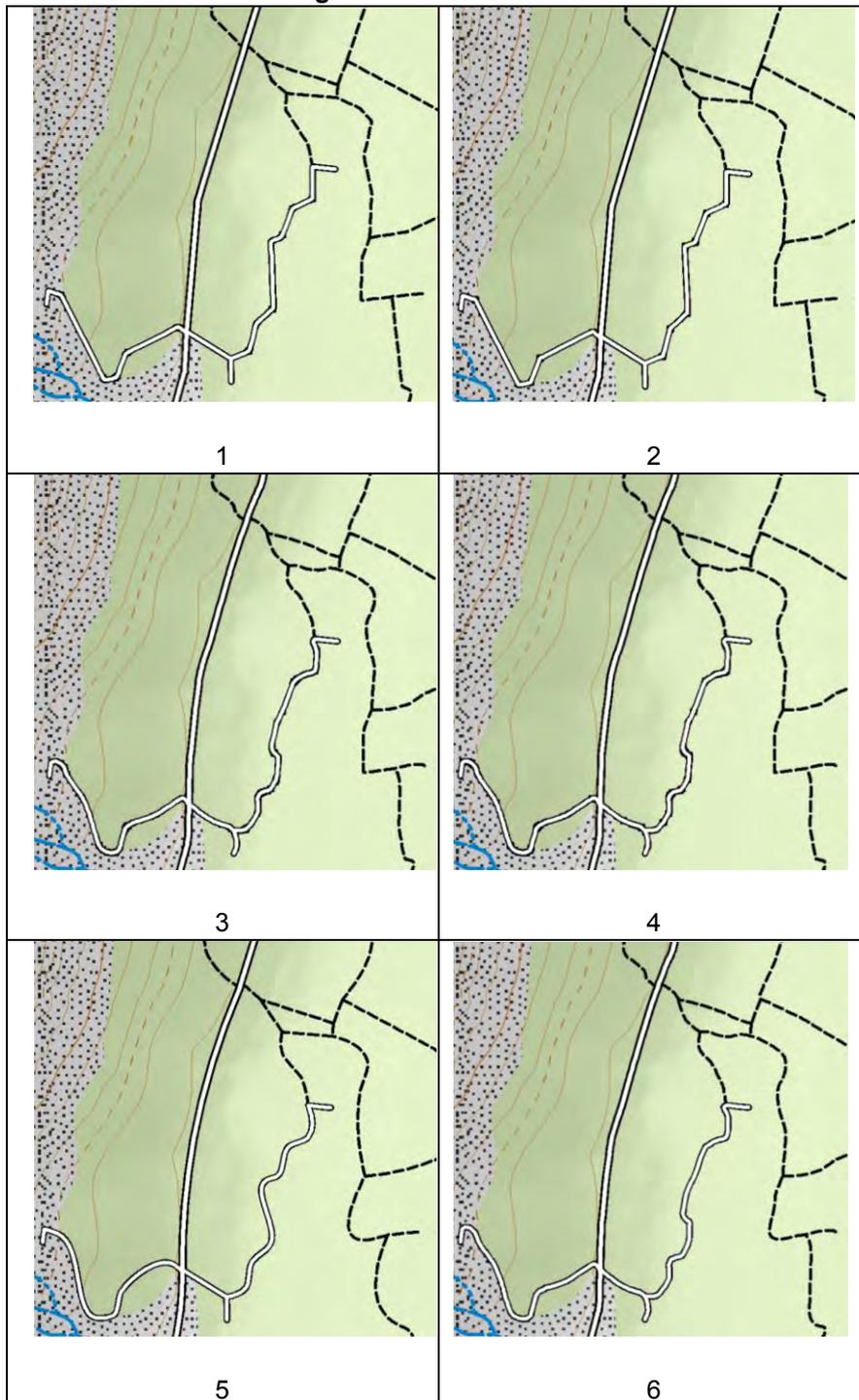
Varianten-nr. Simplify Line	Algorithmus	Name Output	Simplification Tolerance (m)	Topologische Fehler markieren und Fehler korrigieren
1	Point remove	roads_simplpr1_e3	6	ja
2	Point remove	roads_simplpr2_e3	7.5	ja
3	Point remove	roads_simplpr3_e3	10	ja
4	bend simplify	roads_simplline1_e3	7.5	ja
5	bend simplify	roads_simplline2_e3	12	ja
6	bend simplify	roads_simplline3_e3	20	ja

Glättung der Strassen

Getestete Varianten für die Generalisierungsmethode «Smooth Line», angewendet auf das Strassennetz. Als Inputdaten wurden Variante 2 und 6 aus der obigen Tabelle zu «Simplify Line» verwendet.

Varianten-nr. Smooth Line	Name Input	Algorithmus	Name Output	Smooth-ing Tolerance (m)	Topologische Fehler markieren und Fehler korrigieren
1	roads_simplpr2_e3	Peak	roads_simplprpk1_e3	10	Ja
2	roads_simplpr2_e3	Peak	roads_simplprpk2_e3	5	ja
3	roads_simplline3_e3	Peak	roads_simpllinepk1_e3	10	ja
4	roads_simplline3_e3	Peak	roads_simpllinepk2_e3	5	ja
5	roads_simplpr2_e3	Bezier Interpolation	roads_simplprbi_e3	Keine	Ja
6	roads_simplline3_e3	Bezier Interpolation	roads_simpllinebi_e3	keine	ja

Variante 1-6 der Glättung als Screenshots aus der Karte:



Anhang B

Grafikkonflikte: Überlappungen von Gebäuden mit Strassen finden

Bevor weiter generalisiert werden kann, muss sichergestellt werden, dass sich keine Gebäude auf Strassen befinden, damit beim Zusammenfassen der Gebäude die blockweise Zusammenfassung nicht über die Strassen hinweg gemacht wird.

- 1) Alle verbliebenen Gebäude in den drei Untersuchungsgebieten 1,3 und 4 auswählen (nur Gebäude).
- 2) Mit Selektionsmethode «Select from current Selection» nur Typ Gebäude auswählen.
- 3) Toolset «Detect Graphic Conflict» mit folgenden Parameter für Massstab 1:25'000 einstellen.



Detect Graphic Conflict

Input Layer
buildings_orig

Conflict Layer
FULL EXTENT\roads

Output Feature Class
D:\Studium_Masterarbeit\Daten\Mapdata\Grundlagedaten.gdb\roads_bldgs_conf_allexents

Conflict Distance (optional) 0 Millimeters

Line Connection Allowance (optional) 0 Millimeters

Da nur Überlappungen der Gebäude mit den Strassen erkannt werden sollen, ist die Conflict Distance 0mm.

Anhang C

Aggregation der Gebäude

Aggregate Polygons

Input Features: buildings_orig

Output Feature Class: D:\Studium_Masterarbeit\Daten\Mapdata\Grundlagedaten.gdb\buildings_aggr_v1

Aggregation Distance: 4 Meters

Minimum Area (optional): 0 Square Meters

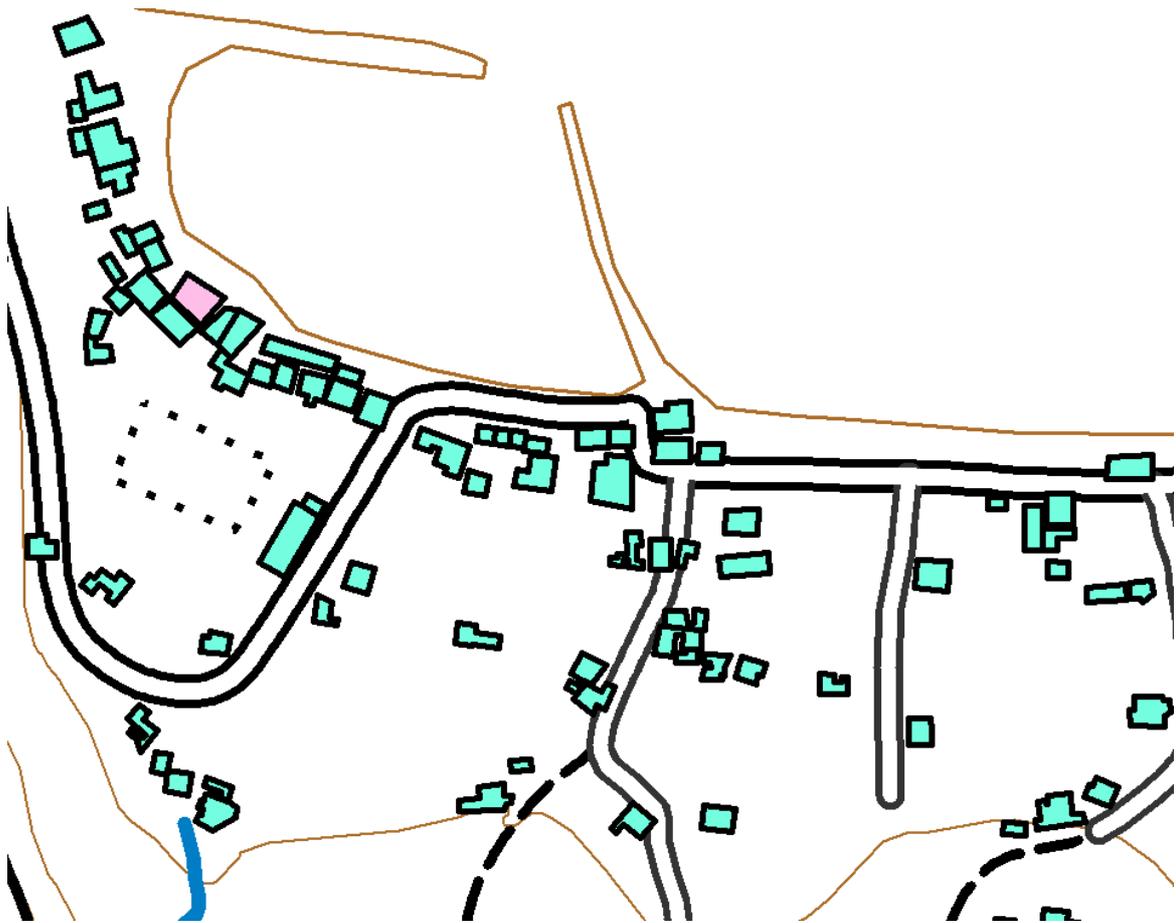
Minimum Hole Size (optional): 40 Square Meters

Preserve orthogonal shape (optional)

Aggregation Gebäude: Testvarianten

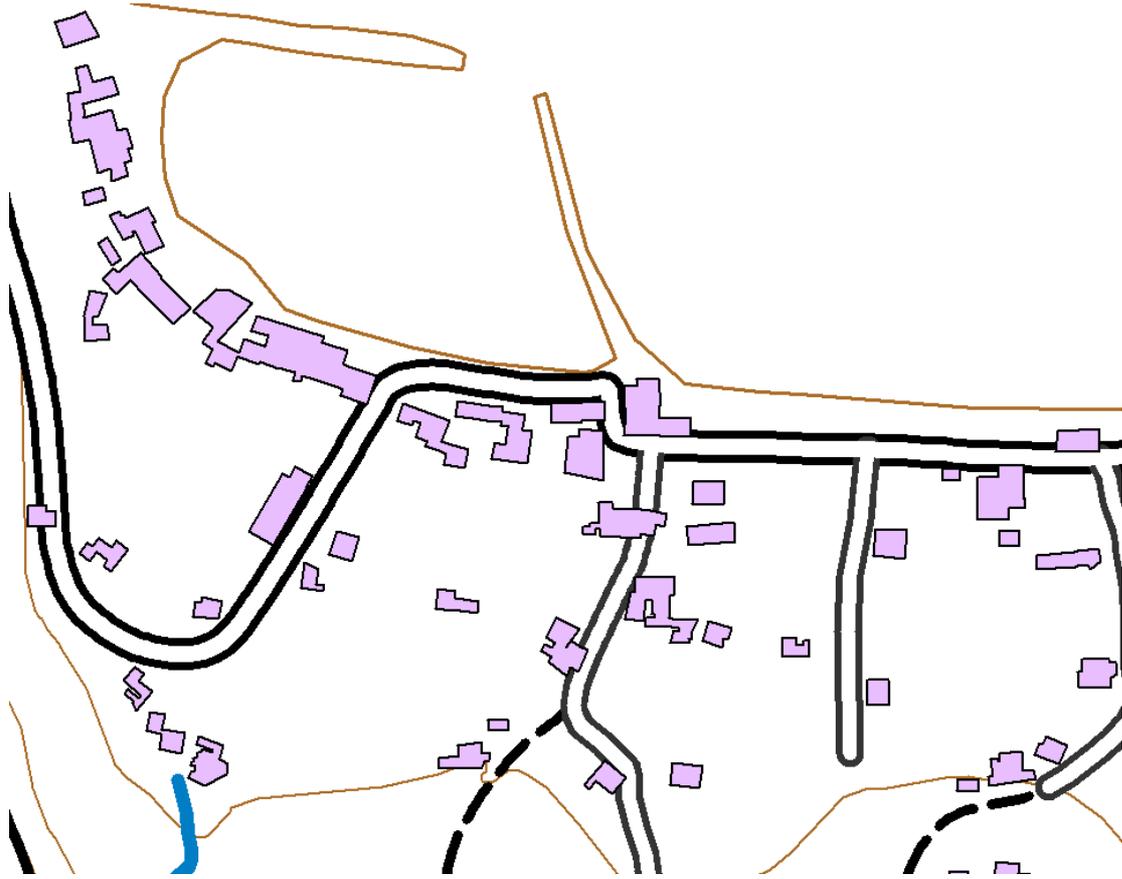
Variantennr.	Variante	Name Output (Datensatz und Tabelle)	Aggregation Distance (m)	Minimum Area (m ²)	Minimum Hole Size (m ²)
1	Orthogonale Formen beibehalten	Buildings_aggr_v1	4	0	40
2	Orthogonale Formen beibehalten	Buildings_aggr_v2	3	0	40
3	Orthogonale Formen nicht beibehalten	Buildings_aggr_v3	3	0	40
4	Orthogonale Formen nicht beibehalten	Buildings_aggr_v4	3	77	40
5	Attributvermischung, Orthogonale Formen nicht beibehalten	Buildings_aggr_v5	3	0	40

Ergebnisse Aggregation



Daten vor Generalisierung

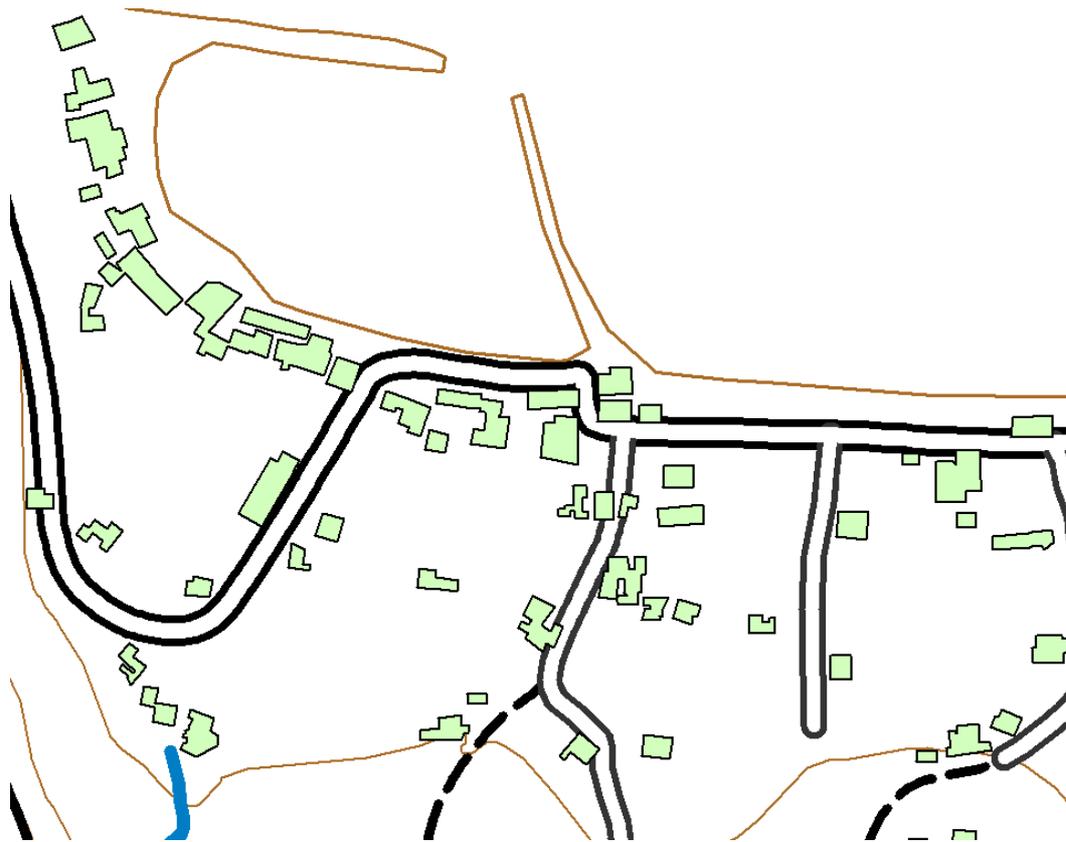
V1



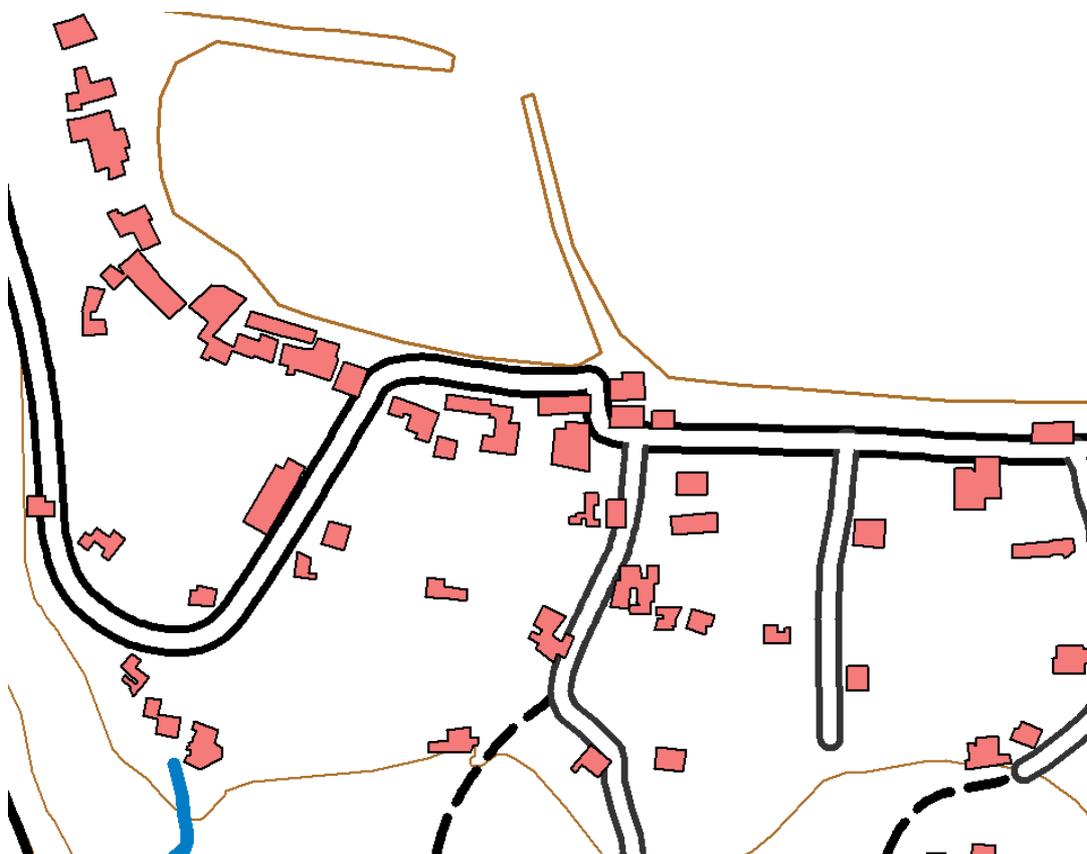
V2



V3



V4



V5



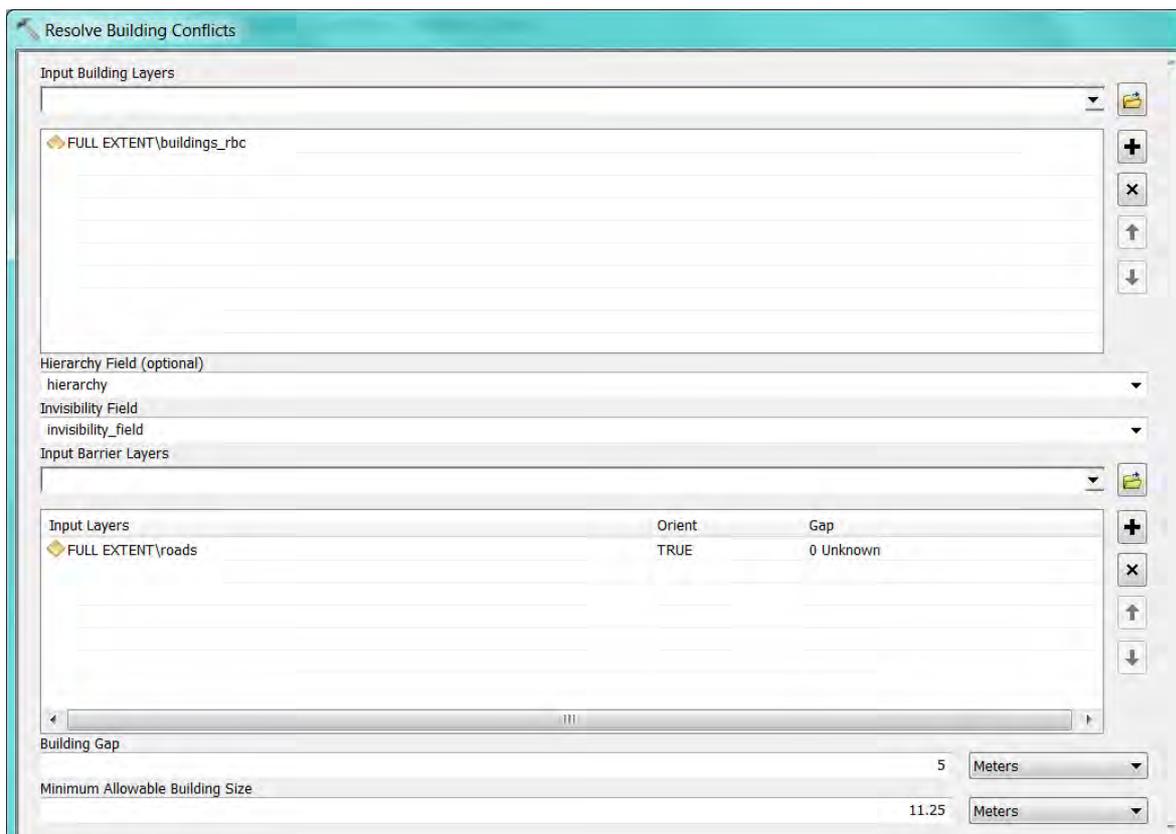
Attribute wurde nicht differenziert bei der Aggregation

Anhang D

Grafikkonflikte

Für die Abstände zwischen Gebäuden wird der Wert 0.20mm aus Spiess (2002: 70) verwendet. Die Umrechnung mit Massstab 1:25'000 auf die Realität ergibt 5m. -> $0.20\text{mm} \times 25'000 = 5\text{m}$.

Für die Minimum Allowable Building Size wird 0.45mm (Spiess, 2002: 70) bzw. 11.25m verwendet.



Anhang E

Email Anfrage Expertenbefragung

Sehr geehrte Damen und Herren

Ich studiere Geografie am Geografischen Institut der Uni Zürich mit Nebenfach Kartografie und schreibe zurzeit meine Masterarbeit am Institut für Kartografie und Geoinformation (IKG) der ETH Zürich. Die Arbeit wird unter den Professoren Lorenz Hurni und Robert Weibel und den Betreuern Christian Häberling und Samuel Wiesmann geschrieben. In meiner Masterarbeit geht es um den Einsatz und Nutzen von Kartografie-Tools in ArcGIS zur Erstellung von topografischen Karten.

In meiner Arbeit möchte ich eine Expertenbefragung mit Ihnen durchführen, in der es darum geht, Kartenausschnitte nach ihrer kartografischen Qualität (Symbolisierung, Generalisierung, Lesbarkeit) zu beurteilen. Die Kartenausschnitte wurden mit Repräsentationssymbologie und kartografischen Tools in ArcGIS erstellt.

Aus den Ergebnissen der Befragung möchte ich Rückschlüsse auf die Brauchbarkeit und Einsatzmöglichkeiten der kartografischen Tools in ArcGIS ableiten.

Nach Rücksprache mit meinem Betreuer und aufgrund Ihrer Fachkompetenz, möchte ich Sie gerne zur Teilnahme einladen.

Die Befragung dauert vermutlich etwa eine Stunde. Sie kann am IKG in Zürich oder an einem von Ihnen wählbaren Ort in Ihrer Nähe stattfinden. Sie können den Zeitpunkt selber bestimmen. Wenn Sie mir 3-4 Termine im Zeitfenster zwischen 30.11. und 14.12.2012 nennen könnten, so würde ich einen Termin davon bestätigen. Gleichzeitig könnten Sie mir den gewünschten Ort bekanntgeben.

Über einen positiven Bescheid würde ich mich sehr freuen.

Besten Dank für Ihre Bemühungen.

Freundliche Grüsse

Melanie Wildi

Anhang F

Leitfaden für Experteninterview

Expertenbefragung

05.12.2012 Melanie Wildi

Leitfaden für Experteninterview

Einstieg

In meiner Masterarbeit geht es darum, kartografische Werkzeuge in ArcGIS (als Vertreter einer GIS-Software) hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit für das Erstellen von Topografischen Karten zu evaluieren. In diesem Interview würde ich gerne die entstandenen Kartenausschnitte als Produkte beurteilen lassen.

Aus den Ergebnissen der Befragung möchte ich neben Verbesserungsinputs für die Karte auch Rückschlüsse auf die Brauchbarkeit und Einsatzmöglichkeiten der Repräsentationssymbologie und kartografischen Tools in ArcGIS ableiten.

Repräsentationssymbologie und kartografische Werkzeuge

Mit 'Repräsentationen' können in ArcGIS Objekte (= Features) unabhängig von der gespeicherten Geometrie symbolisiert werden. Die kartografische Darstellung der Features kann anhand von Regeln angepasst werden, wobei die Originalgeometrie erhalten bleibt. Das bietet mehr Flexibilität in der Gestaltung von komplexen Karten. Gegenüber der traditionellen Symbolisierung gibt es zudem bedeutend mehr Möglichkeiten in der Darstellung. Weitere Werkzeuge aus der Toolbox 'Cartography' dienen z.B. zur Generalisierung von Objekten oder zum Erkennen von Konflikten zwischen verschiedenen Objekten wie z.B. Überlappungen von Gebäuden auf Strassen.

Fragen, ob Tonaufnahme gemacht werden darf!

- 1) Einstiegsfrage: Mit welchen Techniken und mit welcher Software erstellen Sie Karten?
 - Zusatzfrage: Wie gut kennen Sie ArcGIS?

Gesamtkarte

Karte abgeben und ansehen lassen (ca. 5min)

Folgendes dazu sagen:

- *Für die eigene Evaluation der Repräsentationssymbologie und der Kartografischen Werkzeuge wurden Ausschnitte der Karte gewählt. Die ganze Karte wurde mit Repräsentationsregeln erstellt. Nur in den Untersuchungsgebieten hat noch eine erweiterte Bearbeitung mit Overrides (Ausnahmen) stattgefunden*

- *Gebäudegeneralisierung nur innerhalb der kleinen Ausschnitte, Strassengeneralisierung überall aber nur innerhalb des grossen Ausschnittes betrachtet.*
 - *Beschriftungspositionen werden bearbeitet, sobald Ausdehnung der Gebiete klar ist.*
 - *Format wird evt. noch vergrössert.*
 - *Ausserhalb der Ausschnitte gibt es noch Symbolkonflikte*
 - ***Es darf und soll in alle Karten gezeichnet werden!***
- 2) Ist die Lesbarkeit der Kartenausschnitte gewährleistet?
- Ist die grafische Differenzierbarkeit der Objekte gegeben?
 - Sind die Objekte eindeutig erkennbar?
 - Welche Objektklassen sind gut lesbar, welche schlecht?
- 3) Wie könnte die Karte verbessert werden?
- Welche Objekte könnten besser symbolisiert werden?
 - Wie beurteilen Sie die gewählten Farben?
 - Ist die Beschriftung in der Art und Positionierung ausreichend?

Generalisierung

Kartenausschnitte Generalisierung von Pali und Mandraki

Bitte je 3-5 Gebäude auf den Kartenausschnitten einkreisen und mit entsprechender Zahl markieren.

- 4) Entspricht der Generalisierungsgrad der Karte dem Zielmassstab 1:25'000?
- Stimmt der Detailierungsgrad mit dem Massstab 1:25'000 überein?
 - Wo wurde zu viel oder zu wenig generalisiert? Gebäude und Strassen (1)
 - Wo entsprechen die Vereinfachungen der Gebäude den Grundsätzen der Gebäudegeneralisierung nicht? (2)

- 5) Welche Gebäude müssten manuell angepasst werden? Bitte je 3-5 Gebäude auf den Kartenausschnitten einkreisen.
- Aggregation nicht ok (3)
 - Form nicht ok (Grundform nicht eingehalten) (4)
 - Position nicht ok (5)

Offene Abschlussfragen: Kartografie mit GIS-Software

- 6) Wo liegen Ihrer Meinung nach die Stärken und wo die Schwächen von kartografischen Tools gegenüber der Bearbeitung von Hand? (Vermutungen, falls keine Erfahrung mit solchen Tools)
- 7) Welche Anforderungen würden Sie an kartografische Werkzeuge in einer GIS-Software stellen?

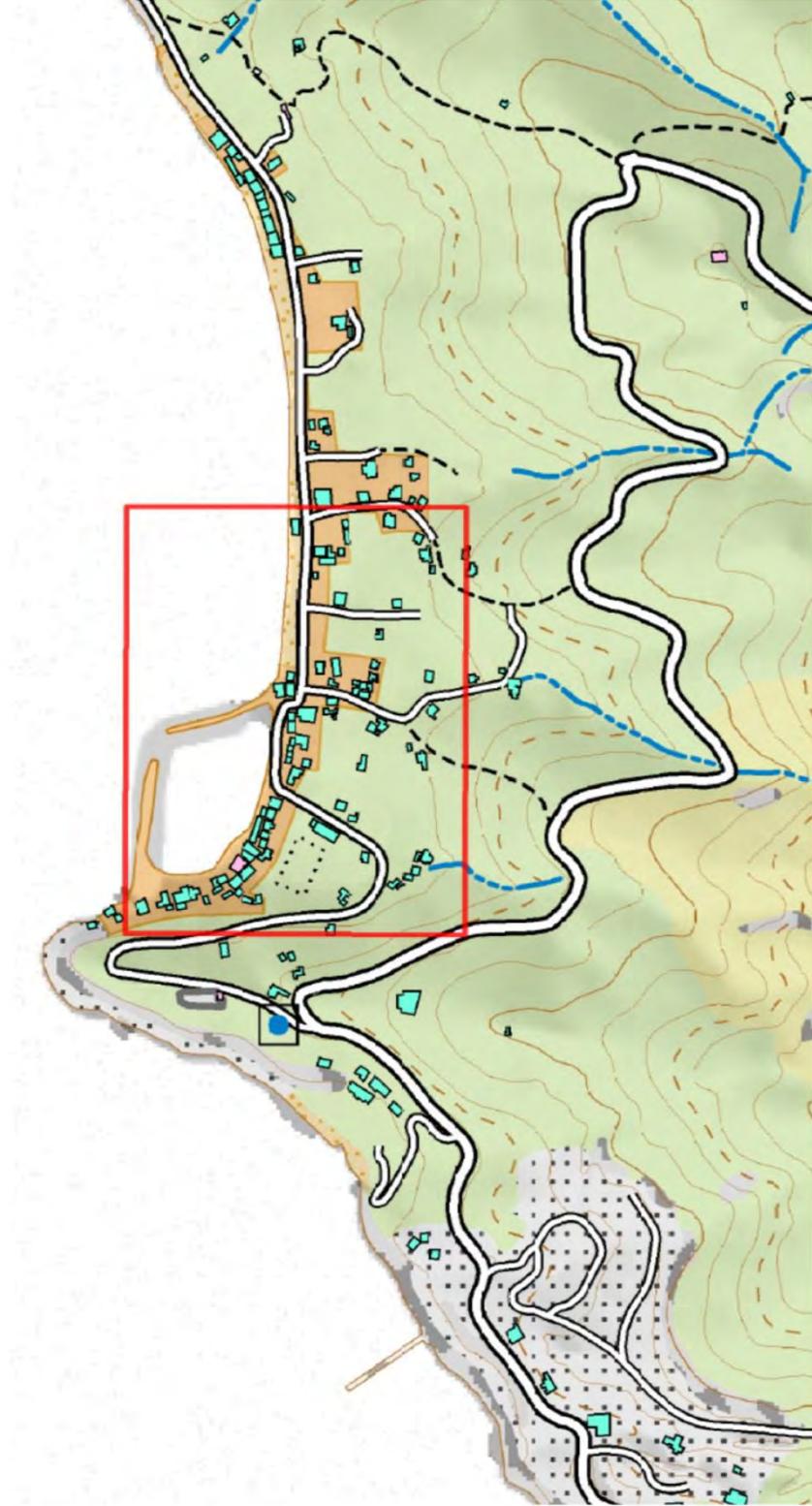
Für Gespräch bedanken und Relief abgeben!

Fragen, ob Abgabe der Arbeit erwünscht ist (digital oder auf Papier?)

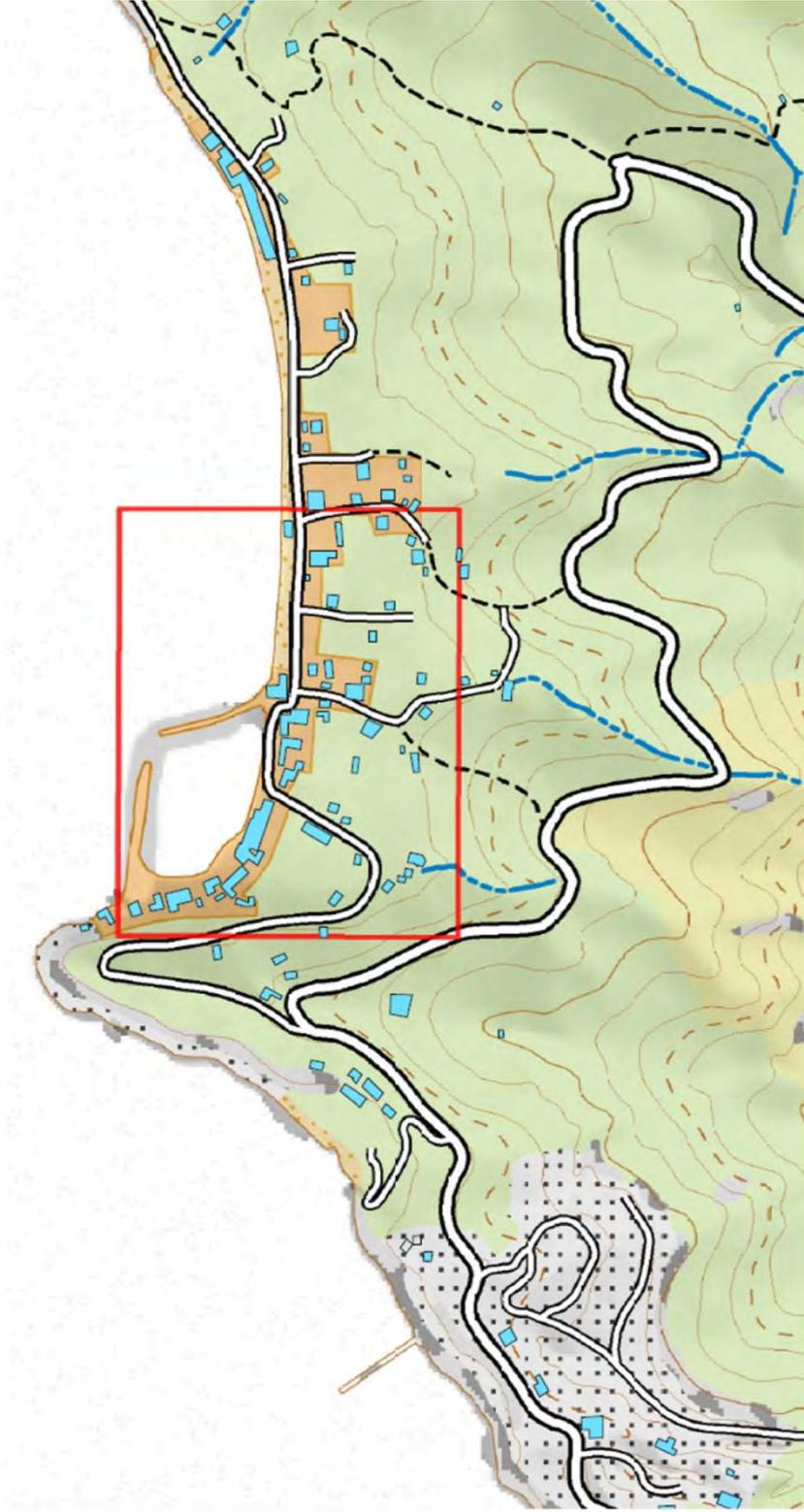
Gespräch wird anonymisiert wiedergegeben.

Pali

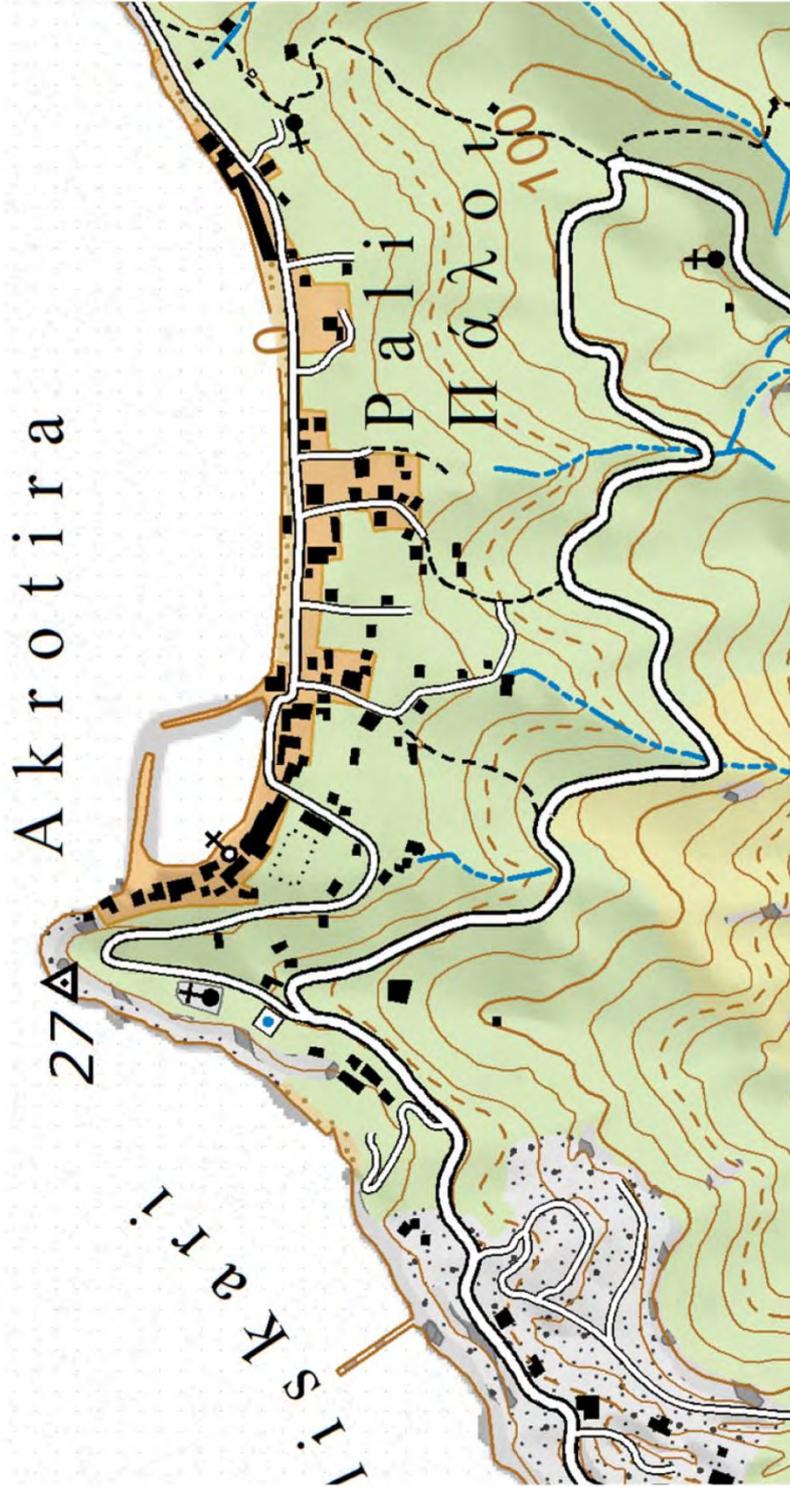
- 1) Gebäude vor Generalisierung



- 2) 1. Generalisierungsschritt: Zusammengefasste Gebäude 'Aggregate Polygons'



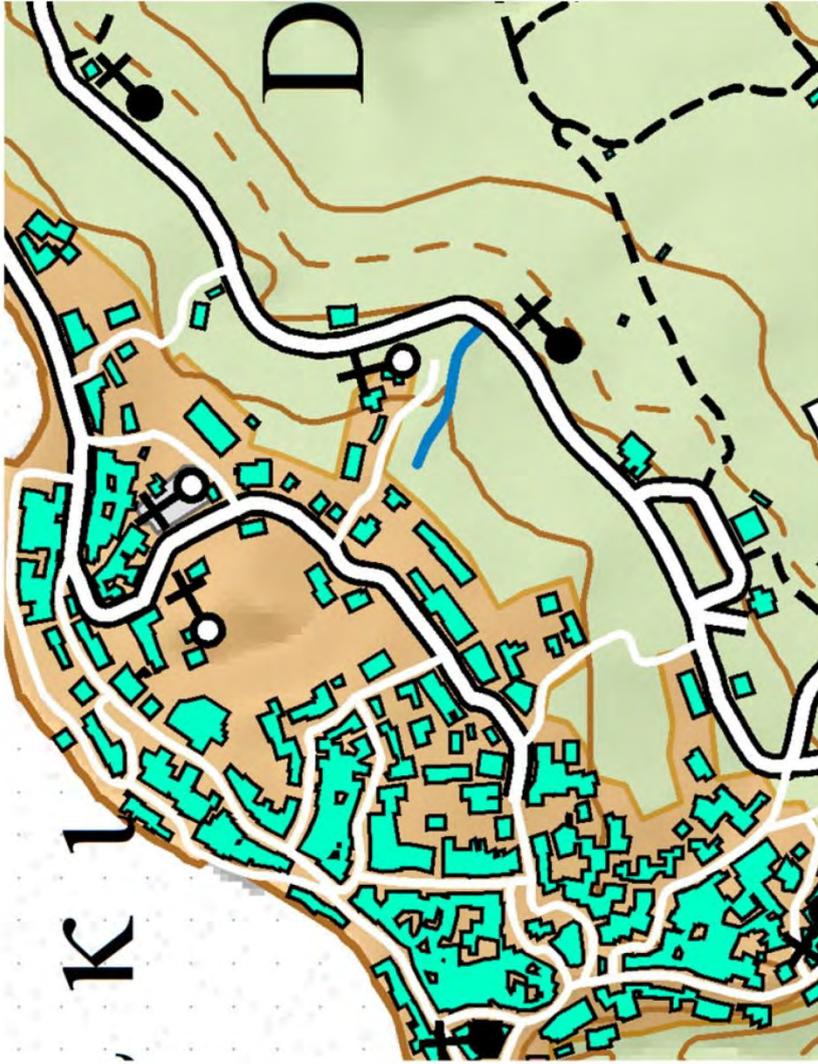
- 3) 2. Generisierungsschritt: Gebäude nach Vereinfachung mit 'Simplify Buildings' und manueller Korrekturen in der Position (ohne Formkorrekturen)



- 1) Gebäude vor Generalisierung



- 2) 1. Generalisierungsschritt: Zusammengefasste Gebäude 'Aggregate Polygons'



- 3) 2. Generalisierungsschritt: Gebäude nach Vereinfachung mit 'Simplify Buildings'



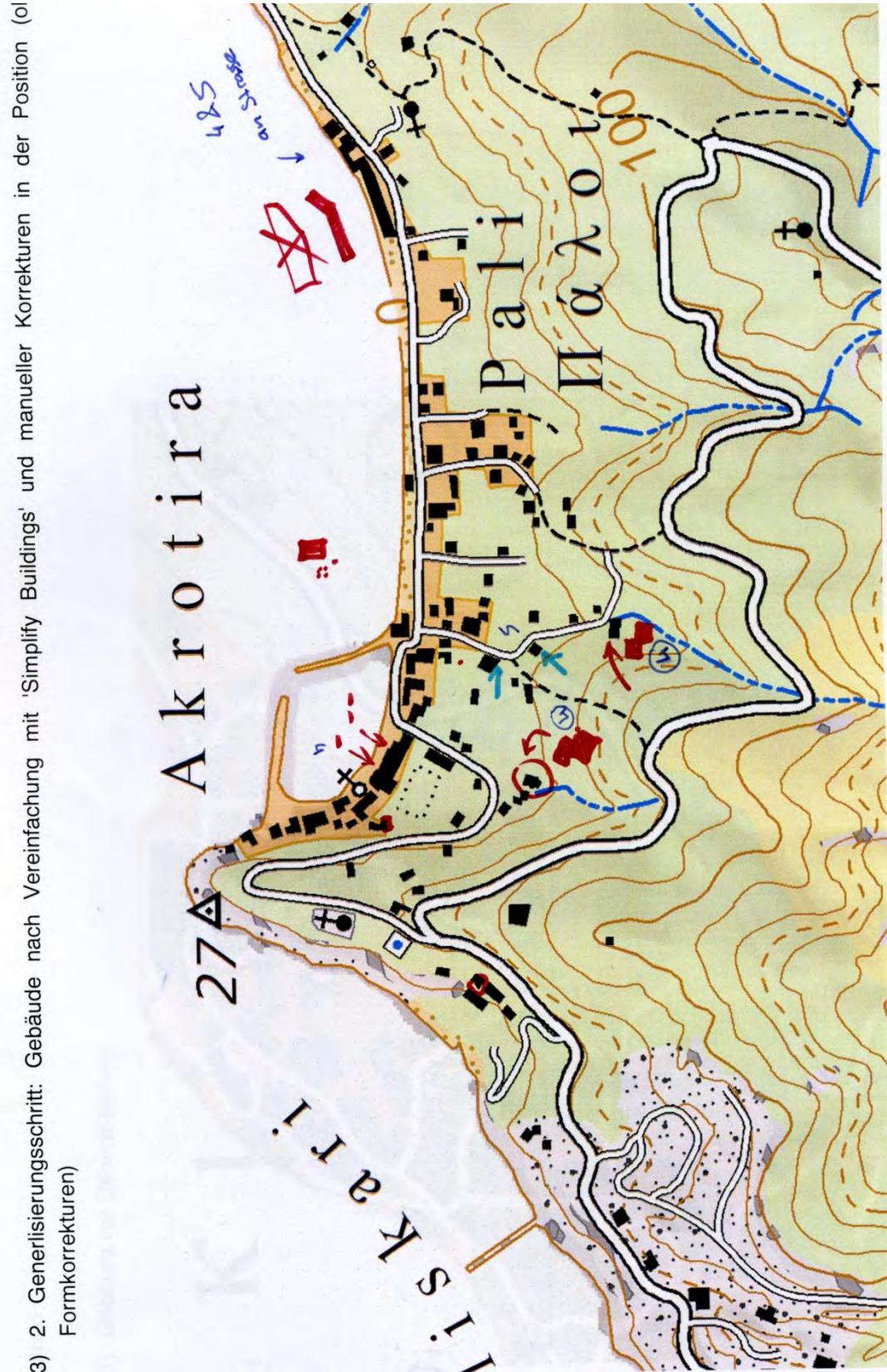
- 4) Gebäude nach manuellen Korrekturen in der Position und seltener in der Form. Zudem wurden Gebäude kleiner als 40m^2 ausgeblendet.



Anhang G

Bearbeitete Kartenausschnitte der Expertenbefragungen

Teilnehmer E1:



3) 2. Generalisierungsschritt: Gebäude nach Vereinfachung mit 'Simplify Buildings'



4) Gebäude nach manuellen Korrekturen in der Position und seltener in der Form. Zudem wurden Gebäude kleiner als 40m² ausgeblendet



a auffällig

offener
Bereich

30.11.2012 Melanie Wildi

Expertenbefragung

Mandraki

1) Gebäude vor Generalisierung



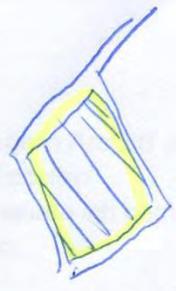
3) 2. Generalisierungsschritt: Gebäude nach Vereinfachung mit 'Simplify Buildings'



4) Gebäude nach manuellen Korrekturen in der Position und seltener in der Form. Zudem wurden Gebäude kleiner als 40m² ausgeblendet.



- Objekte sollk näher an Strasse
- Innenhöfe auffüllen
- Blöcke sollk ganzes 'Quartier' bilden bzw. eingegrenzt durch Strasse



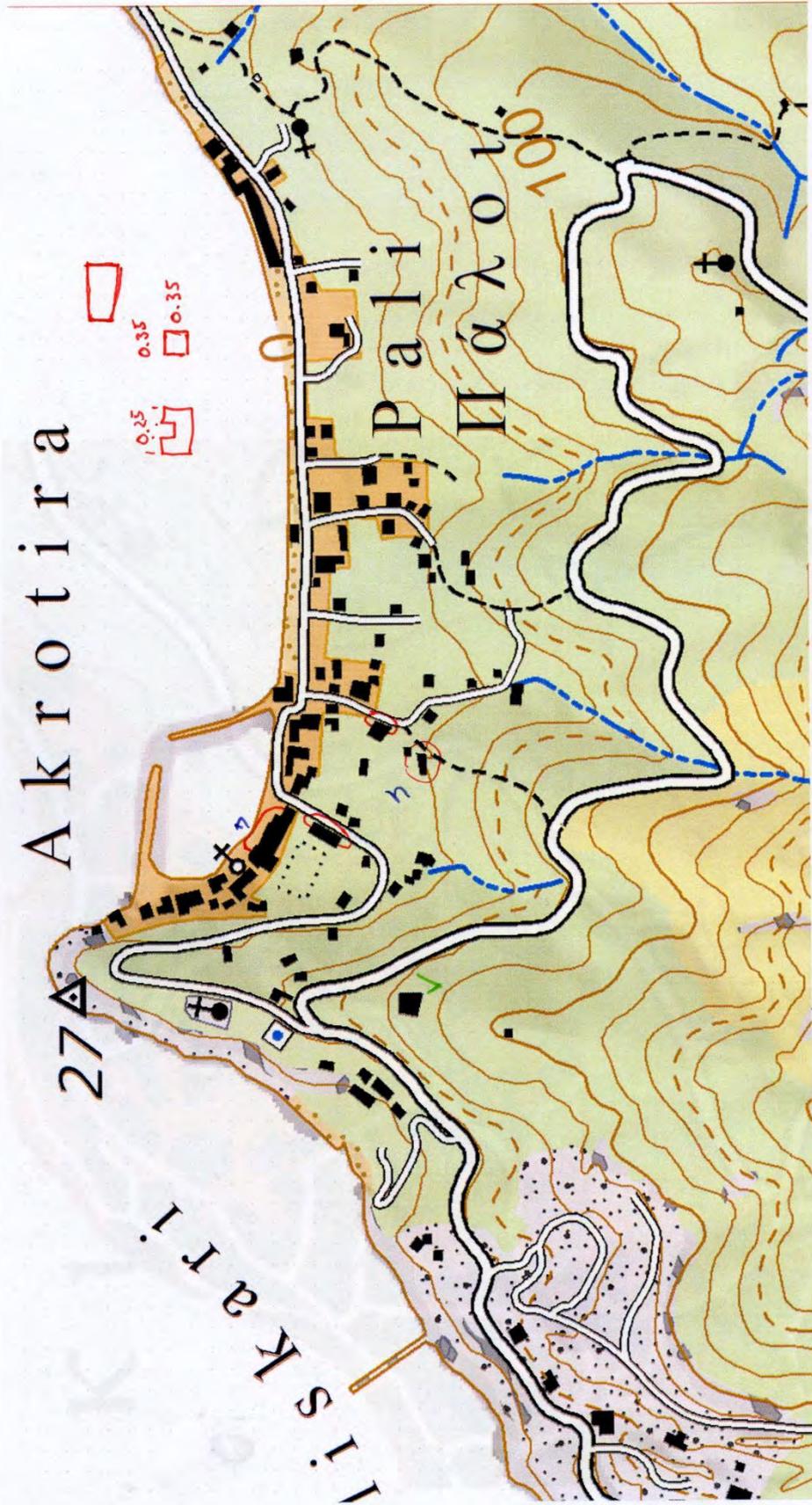
Teilnehmer E3:

4) Gebäude nach manuellen Korrekturen in der Position und seltener in der Form. Zudem wurden Gebäud



Teilnehmer E4:

- 3) 2. Generalisierungsschritt: Gebäude nach Vereinfachung mit 'Simplify Buildings' und manueller Korrekturen in der Position (ohne Formkorrekturen)



4) Gebäude nach manuellen Korrekturen in der Position und seltener in der Form. Zudem wurden Gebäude kleiner als 40m² ausg.

