

Mathias Haldimann

ERARBEITUNG KARTOGRAPHISCHER RELATIONEN ANHAND VON POLY-  
LYGONNETZEN IM GENERALISIERUNGSPROZESS

Mai 2008

Masterarbeit

MSc in Geographie, mit Spezialisierung in Geographischer Informationswissenschaft

Universität Zürich

Betreuung:

Dr. D. Burghardt

# INHALT

1	Verzeichnis der Abbildungen:.....	4
2	Zusammenfassung:.....	6
3	Einleitung: .....	7
4	Stand der Forschung.....	9
4.1	Automatische Generalisierung .....	9
4.2	Bisherige Ansätze mit Relationen .....	11
4.2.1	Der Ansatz von Bobzien, Burghardt et Al (2008):.....	11
4.2.2	Der Ansatz von Lamy, Ruas et al. (1999).....	16
4.2.3	Der Ansatz von Steiniger und Weibel (2007):.....	18
5	Definition .....	24
5.1	Mathematischer Hintergrund.....	24
5.2	Geografischer Hintergrund.....	24
5.3	Der Nutzen im Generalisierungsprozess .....	25
6	Relationen in Polygonmosaiken.....	26
6.1	Topologische Relationen .....	27
6.1.1	Relation der Nachbarschaftsordnung .....	27
6.1.2	Relation der Inselfpolygone.....	30
6.2	Geometrische Relationen.....	32
6.2.1	Relation der Formvereinfachung.....	32
6.2.2	Relation der Formähnlichkeit.....	33
6.2.3	Relation der „Core Area“ .....	35
6.3	Statistische Relationen.....	37
6.3.1	Relation der Größenproportionen .....	37
6.3.2	Relation der Flächenbeziehungen .....	39
6.3.3	Relation der Flächenbeziehungen nach Typ .....	41

6.3.4	Relation der Flächenbeziehungen mit manueller Unterteilung.....	42
6.3.5	Relation der Kategoriebeziehungen mit manueller Unterteilung.....	43
6.3.5	Relation der Evaluation der Flächenbeziehungen.....	44
6.4	Semantische Relationen.....	45
6.4.1	Relation der semantischen Ähnlichkeit.....	45
6.4.2	Relation der Prioritäten .....	47
6.5	Strukturelle Relationen .....	49
6.5.1	Relation des Entwicklungsprozesses.....	49
6.5.2	Relation des Alignments .....	50
6.5.3	Relation des vertikalen Alignments .....	51
7	Eigene Systematik .....	54
7.1	Grundlage .....	54
7.2	Eigener Ansatz.....	55
7.3	Anwendungsbeispiel.....	57
8	Schlussenteil.....	59
8.1	Zusammenfassung .....	59
8.2	Diskussion .....	59
8.3	Ausblick.....	60
9	Literatur.....	61
9.1	Gedruckte Quellen.....	61
9.2	Quellen aus dem Internet.....	62

# **1 VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN:**

Abbildung 1: Horizontale Relationen [Bobzien, Burghardt et Al. 2008 S.3] .....	12
Abbildung 2: Vertikale Relationen [Bobzien, Burghardt et Al. 2008 S.6] .....	13
Abbildung 3: Update Relationen [Bobzien, Burghardt et Al. 2008 S.7] .....	14
Abbildung 4: Relationen [Bobzien, Burghardt et Al. 2008 S.8] .....	15
Abbildung 5: Hierarchische Struktur von Micro, Meso und Macro Agenten [Ruas et al. 1999 S.4] .....	17
Abbildung 6: Kategorien von horizontalen Relationen [ Steiniger, Weibel 2007] S.6.....	18
Abbildung 7: Übersichtsbild der Beispielkarte .....	26
Abbildung 8: Kategorien von horizontalen Relationen nach Steiniger, Weibel (2007) .....	26
Abbildung 9: Beispielkarte für Relationen der Nachbarschaftsordnung .....	27
Abbildung 10: Relation der Nachbarschaftsordnung .....	27
Abbildung 11: Beispielsgrafik für eine Relation der Nachbarschaftsordnung .....	28
Abbildung 12: Beispiel für die Implementierung von Relationen der Nachbarschaftsordnung .....	29
Abbildung 13: Beispielkarte für Relationen der Inselfpolygone.....	30
Abbildung 14: Relation der Inselfpolygone .....	30
Abbildung 15: Beispielsgrafik für eine Relation der Inselfpolygone .....	31
Abbildung 16: Beispielkarte der Relationen der Formvereinfachung .....	32
Abbildung 17: Relation der Formvereinfachung .....	32
Abbildung 18: Beispielkarte der Relationen der Formähnlichkeit.....	33
Abbildung 19: Relation der Formähnlichkeit.....	33
Abbildung 20: Beispielkarte für Relationen der Core Area .....	35
Abbildung 21: Relation der Core Area .....	35
Abbildung 22: Beispielkarte für die Relation der Größenproportionen.....	37
Abbildung 23: Relation der Größenproportionen .....	37
Abbildung 24: Aufteilung / Zuteilung.....	38
Abbildung 25: Methode aufteilen() .....	39
Abbildung 26: Beispielkarte der Relation der Flächenbeziehungen .....	39
Abbildung 27: Relation der Flächenbeziehungen .....	39
Abbildung 28: Beispielkarte für Relationen der Flächenbeziehungen nach Typ.....	41
Abbildung 29: Relationen der Flächenbeziehungen nach Typ .....	41

Abbildung 30: Beispielkarte für Relationen der Flächenbeziehungen mit manueller Unterteilung.....	42
Abbildung 31: Beispielkarte für Relationen der Kategoriebeziehungen mit manueller Unterteilung.....	43
Abbildung 32: Relation der Evaluation der Flächenbeziehungen.....	44
Abbildung 33: Beispielkarte für Relationen der semantischen Ähnlichkeit.....	45
Abbildung 34: Relation der semantischen Ähnlichkeit.....	45
Abbildung 35: Entscheidung für Flächenzuweisung .....	46
Abbildung 36: Beispielkarte für Relationen der Prioritäten.....	47
Abbildung 37: Relation der Prioritäten .....	47
Abbildung 38: Beispielkarte für Relationen des Entwicklungsprozesses .....	49
Abbildung 39: Relation des Entwicklungsprozesses .....	49
Abbildung 40: Beispielkarte für Relationen des Alignments.....	50
Abbildung 41: Relation des Alignments .....	51
Abbildung 42: Relation des vertikalen Alignments .....	52
Abbildung 43: Übersichtsschema.....	56
Abbildung 44: Vorgehen.....	58

## **2 ZUSAMMENFASSUNG:**

Kartografische Relationen sind ein wichtiges Hilfsmittel um die automatische Generalisierung zu unterstützen. Sie sollen Muster und Strukturen in Karten erkennen und die wichtigen Merkmale im Generalisierungsprozess erhalten. Dieser Schritt wird von einem gelernten Kartographen intuitiv ausgeführt. Relationen sollen dabei helfen dies auch automatisch zu erreichen. Diese Arbeit untersucht die verschiedenen Ansätze, die bisher mit Relationen gearbeitet haben. Sie bietet einen Überblick über diese Vorgehensweisen und zeigt wie die unterschiedlichen Systematiken Relationen verwenden.

Mit diesem Wissen werden Relationen entwickelt um ein Polygonnetz beschreiben und generalisieren zu können. Für jede Relation wird festgelegt, welche Beziehung zwischen Kartenobjekten sie beschreibt, wie die Anwendung aussieht und wie die praktische Implementierung umgesetzt werden kann. Dazu wird eine neue Systematik entwickelt, die bisherige Ansätze vereint und einen Leitfaden bietet wie ein Generalisierungsproblem mit Hilfe von kartografischen Relationen angegangen werden kann.

### **3 EINLEITUNG:**

In den letzten Jahrzehnten haben sich die geografischen Wissenschaften so stark verändert wie nie zuvor in ihrer Geschichte. Wie in anderen Bereichen spielt dabei die Entwicklung der Computer eine entscheidende Rolle. Die Arbeit heutiger Geographen findet in vielen Bereichen ausschliesslich am Computer statt. Insbesondere in der Karographie werden die Möglichkeiten, die heutige Computersysteme bieten ausgeschöpft.

Noch vor nicht allzu langer Zeit wurden Karten ausschliesslich von Hand bearbeitet und erstellt. Dieser Vorgang ist jedoch sehr arbeits- und zeitintensiv und da sich die Landschaft durch den zunehmenden Einfluss des Menschen immer schneller und stärker verändert, müssen Karten häufiger aktualisiert werden um ein möglichst genaues Abbild der Wirklichkeit darzustellen. Um diese Aufgaben zu bewältigen, wird in diesem Bereich der Geografie zunehmend mit Computern gearbeitet. Sie bieten den Vorteil der beliebig hohen Reproduzierbarkeit des Produktes, der einfachen Bearbeitung von bisherigen Daten und der problemlosen Übertragung von Daten von einem System auf ein anderes. Mit Hilfe der heutigen, weltweiten Vernetzung lassen sich digital gespeicherte Karten problemlos reproduzieren, unabhängig davon wo man sich befindet. Auch existieren zahlreiche Server mit Kartendaten auf die 24 Stunden pro Tag zugegriffen werden kann und die den Vorteil haben, dass jeweils nur eine Version der Daten aktualisiert und verbessert werden muss. Durch das Aufkommen von mobilen Geräten, die oft auch mit Datenübertragungstechnologien ausgestattet sind, wird die Speicherung und Verbreitung von Daten ein immer wichtigeres Thema in unserem alltäglichen Leben.

Digitale Karten werden allgemein von der Öffentlichkeit immer stärker wahrgenommen und mit Diensten wie GoogleEarth und Satellitennavigationsgeräten auch von einer wachsenden Anzahl Benutzern genutzt. Vor allem diese Nutzung von digitalen Karten auf kleinen Displays wie GPS Geräten oder sogar Handys führt dazu, dass Generalisierung von Karten ein immer wichtigeres Thema wird. Da die Bereitstellung von Daten heute so zentral und grossflächig wie nie zuvor möglich ist, sollte auch die Generalisierung automatisch erfolgen. In diesem Bereich wird viel geforscht, jedoch beschränken sich die meisten Ansätze auf einen Teilbereich von Kartendaten. Genaueres dazu findet sich im Kapitel Forschungsstand. Das Ziel von automatischer Generalisierung ist, dass sich die Anbieter von Kartendaten auf das Speichern und Updaten von einer einzigen Karte pro Gebiet konzentrieren können. Es soll möglich sein aus diesen Daten jeder gewünschte Details Grad und jede Auflösung abzuleiten.

Ein spezielles Augenmerk soll auf die Zuhilfenahme von Relationen geworfen werden. Diese untersuchen in kartographischen Daten vorkommende Muster und Verhältnisse zwischen Kartenobjekten. Durch Speicherung der einmal berechneten Werte kann der Aufwand der Generierung der verschiedenen generalisierten Karten minimiert werden. Mit Hilfe dieser Angaben lassen sich die vom Benutzer gewünschten Karten schneller berechnen und darstellen. Da es allerdings ein sehr grosses Feld von möglichen Relationen gibt, ist es wichtig für den Zweck der Aufgabe geeignete Relationen zu finden.

## **4 STAND DER FORSCHUNG**

### **4.1 Automatische Generalisierung**

Noch 1995 wurde in der Wissenschaft diskutiert, ob man die automatische Generalisierung vorantreiben soll oder ob es sinnvoll ist, ganz auf die manuelle Generalisierung zu setzen. Viele Autoren teilten die Meinung, dass eine kartografische Generalisierung nicht nötig sei um geografische Information zu übermitteln. Für nationale Kartenhersteller war der Nutzen einer automatischen Generalisierung nicht gross genug um die Kosten auszugleichen. Sie besaßen viele von Hand generalisierte Karten in zahlreichen Auflösungen. Vor allem in kleinen Ländern schien der Aufwand der manuellen Nachführung und Aktualisierung bisheriger Karten weit geringer als die Entwicklung einer automatisierten Lösung. Selbst für grosse Länder ist es auch mit einer funktionierenden, automatischen Generalisierung immer noch nötig, den bisherigen Lagerbestand an Karten aufrecht zu erhalten, da selbst die automatische Generalisierung zu aufwändig wäre um sie jedesmal aus nur einem gespeicherten Datensatz durchzuführen.

Aufgrund dieses Desinteresses der Wissenschaft die automatische Generalisierung voranzutreiben, blieben nur die Akademiker um das Problem anzugehen. Sie argumentierten vor allem mit zwei Gründen um die Forschung in diesem Bereich voranzutreiben. Einerseits einen wissenschaftlicher Grund, der besagt, dass für die Beantwortung der vielen „was wäre wenn“ Fragen ein automatischer Übergang zwischen verschiedenen Auflösungen wichtig ist. Andererseits ein Verwaltungsgrund da der Aufwand der laufenden Nachführung der Karten zu gross ist. Da die Anforderungen an räumliche Daten immer komplexer und breiter werden ist die Darstellung mittels Karten auf Papier nicht mehr zeitgemäss, jedoch für andere Bereiche nach wie vor notwendig.

Diese Tatsachen lassen inzwischen auch kommerzielle Firmen und Kartenhersteller die Entwicklung von automatischen oder halb-automatischen Generalisierungsansätzen vorantreiben.

[JC Müller, R Weibel, JP Lagrange, F Salgé (1995) S.3-5]

In den ersten Jahren der automatischen Generalisierung wurde versucht, der Computersoftware die gleichen Regeln beizubringen wie sie in der traditionellen Generalisierung verwendet werden. Das Programm sollte mit diesen Regeln gefüttert werden und daraus eine Karte herstellen. Dies ist allerdings schwer umzusetzen. Einerseits kann der Computer die Gedan-

kenschritte eines Kartografen nicht ausführen und übersieht so wichtige Zusammenhänge in der Karte. Andererseits verändert sich die Art wie wir mit Karten arbeiten je länger je mehr und mit all den Möglichkeiten eines GIS ist der traditionelle, kartenzentrierte Ansatz nicht mehr aktuell.

[S Morehouse (1995) S. 21-24]

Da es für die Generalisierung keine singuläre, allgemeingültige Lösung gibt existieren zahlreiche Ansätze. Der Prozess der Generalisierung beginnt dabei bereits in der Digitalisierung von Luftbildern. So hat der „Fribourg test of Commission D oft the OEEPE on updating topographic maps by photogrammetric methods“ (Spiess, 1983) gezeigt, dass schon dieser Schritt zu unterschiedlichen Karten führen kann. Es scheint schwierig selbst für diesen ersten Prozess geeignete Regeln zu definieren.

[E Spiess (1995) S. 31-32]

Durch die vermehrte Arbeit mit digitalen Karten an Bildschirmen wurde die Generalisierung noch wichtiger. Da Computerbildschirme in der Regel eine tiefere Auflösung haben als gedruckte Karten entsteht bei genauer Betrachtung eines Kartenausschnittes (rein zoomen) ein Treppeneffekt. Ausserdem werden beim raus zoomen aus einer Karte Details übereinandergelegt und können nicht mehr voneinander unterschieden werden. Dies geschieht auch wenn verschiedene Kartenschichten mit unterschiedlichem Inhalt übereinandergelegt werden. Des Weiteren ist der Kontrast schlechter als bei gedruckten Karten. Um diese Probleme zu umgehen ist Generalisierung notwendig.

[E Spiess (1995) S. 38-43]

Da es noch nicht gelungen ist automatische Generalisierungssysteme zu entwickeln, die in Echtzeit Karten in verschiedenen Auflösungen berechnen können, musste die Forschung von multi-representation Datenbanken (MRDB) intensiviert werden. Mit Hilfe von Relationen sollen diese Karten mit unterschiedlichen Auflösungen miteinander verknüpft werden. Eine mit solcher Information angereicherte Datenbank hat die Vorteile, dass Generalisierung und Hinzufügen neuer Information einfacher durchgeführt werden kann. Des Weiteren bietet sie mehr Möglichkeiten um Datenveränderungen über Auflösung und Zeit zu analysieren und die Daten zu speichern.

[Bobzien, Burghardt et Al. (2008) S. 1-2]

Die meisten der Ansätze für automatische Generalisierung beschränken sich auf isolierte Operationen oder können nur für Einzelobjekte eingesetzt werden. Hier muss für weiteren Fortschritt gesorgt werden indem die Forschung Lösungen liefert für Generalisierungsoperationen die den räumlichen Kontext berücksichtigen und die erkennen können, wie Objekte in verschiedenen Klassen miteinander in Beziehung stehen. Vor allem dieser zweite Punkt ist noch kaum erforscht.

[Steiniger, Weibel (2007)]

## **4.2 Bisherige Ansätze mit Relationen**

### **4.2.1 Der Ansatz von Bobzien, Burghardt et Al (2008):**

#### **Multi-Representation Databases with Explicitly Modelled Horizontal, Vertical and Update Relations**

Dieser Ansatz basiert auf dem mathematischen Konzept von Relationen und unterteilt diese in drei verschiedene Typen: horizontal, vertikal und update. Ihr Ziel ist es, eine MRDB (eine Datenbank die Daten in verschiedenen Auflösungen speichert) zu repräsentieren, die mit Hilfe von Relationen arbeitet. Diese bringen den Vorteil, dass sie einerseits helfen die Daten in einer Auflösung zu analysieren und somit den Generalisierungsprozess unterstützen und andererseits um den notwendigen regelmässigen Updatevorgang zu unterstützen. In ihrem Sinne ist es auch wichtig, die Kartenobjekte, zum Beispiel Häusergruppen, in verschiedenen Auflösungen miteinander zu verlinken. So ist in den unterschiedlichen Auflösungen klar nachvollziehbar aus welchen Teilen ein generalisiertes Objekt entstanden ist.

[Bobzien, Burghardt et Al. (2008)]

#### *Horizontale Relationen*

Horizontale Relationen charakterisieren Kartenobjekte in einer bestimmten Auflösung und zu einem Zeitpunkt. Beispiele dafür sind Nachbarschaftsbeziehungen oder Muster. Auch andere Relationen semantischer oder hierarchischer Art können hierzu gezählt werden.

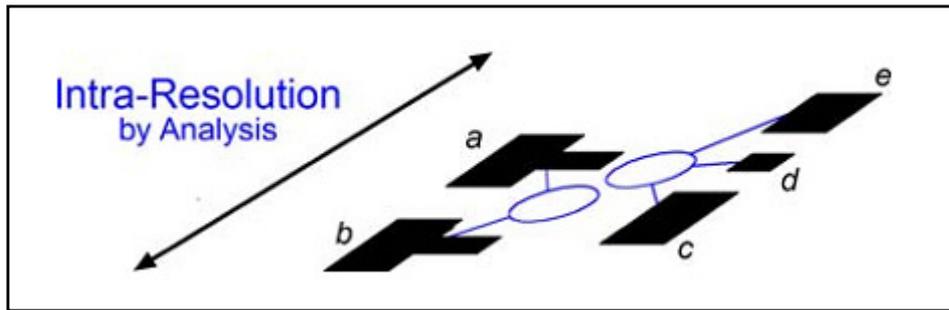


Abbildung 1: Horizontale Relationen [Bobzien, Burghardt et Al. 2008 S.3]

Abbildung 1 zeigt zwei horizontale Relationen. Diese sind durch die beiden blauen Kreise symbolisiert. Relationen müssen nicht zwangsläufig graphisch dargestellt werden. Meist existieren sie nur im Hintergrund und werden nur zur Veranschaulichung sichtbar gemacht. In obigem Beispiel wird das Alignment von Häuserketten modelliert. Eine horizontale Relation deckt dabei die linke Häuserreihe ab, die andere die drei Häuser auf der rechten Seite.

Horizontale Relationen können durch die Komplexität ihrer Berechnung und der Häufigkeit ihrer Verwendung differenziert werden. Darin gibt es grosse Unterschiede. Es existieren sehr einfach zu berechnende und nur einmal verwendete horizontale Relationen die Attributwerte vergleichen und sehr komplexe, wie die Berechnung vom Häuseralignment, die wiederholt gebraucht werden. Je nach Verwendungszweck können sie jedesmal neu berechnet, oder nur einmal und anschliessend für zukünftige Zwecke gespeichert werden. Die horizontalen Relationen besitzen dabei immer die gleiche Datenstruktur. Dadurch ist es auch möglich Relationen miteinander zu verknüpfen. Durch diese Kombination entstehen neue Arten von horizontalen Relationen. Die Anzahl von Möglichkeiten ist fast endlos und es muss klar festgelegt werden mit welchen Beziehungen man arbeiten will. Diese Entscheidung hängt vom Verwendungszweck ab. Für jede einzelne Beziehung kann und muss auch festgelegt werden ob sie gespeichert oder jedesmal on the fly berechnet werden soll. Es ist sinnvoll, bei komplexen, mühsam zu berechnenden Relationen auf die Speicherung zurückzugreifen.

[Bobzien, Burghardt et Al. (2008) S. 2-4]

### *Vertikale Relationen*

Vertikale Relationen verbinden Kartenobjekte die das gleiche Objekt aus der realen Welt repräsentieren aber in verschiedenen Detaillevel oder Auflösungen. In einer multi resolution Datenbank kann es sehr viele unterschiedliche Karten haben, die das gleiche darstellen. Mit vertikalen Beziehungen kann klar gestellt werden, welches Kartenobjekt einem Kartenobjekt einer anderen Karte entspricht. Traditionellerweise wird bei dieser Verbindung eine Identifi-

kationsnummer der beiden verbundenen Objekte gespeichert. Nach dem Vorschlag von Bobzien, Burghardt et Al (2008) können diese Relationen aber auch als Instanzen einer Klasse der vertikalen Relationen gespeichert werden. Mit diesem Ansatz lassen sich auch zusätzliche Metadaten für jede Beziehung speichern. Diese Metadaten können zum Beispiel Informationen beinhalten wie generalisiert worden ist.

Die Vertikalen Relationen sind ein wichtiger Bestandteil von multi resolution Datenbanken. Sie unterstützen die Analyse von Karten mit unterschiedlichen Auflösung, Konsistenzüberprüfungen und das ein- und auszoomen in Karten.

[Bobzien, Burghardt et Al. (2008) S. 6]

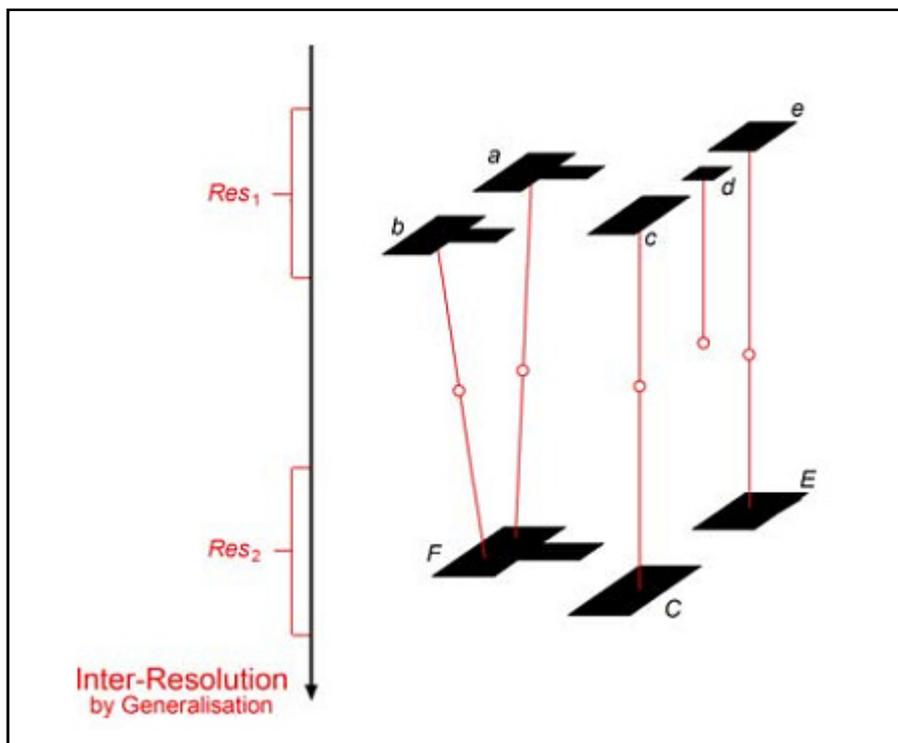


Abbildung 2: Vertikale Relationen [Bobzien, Burghardt et Al. 2008 S.6]

### *Update Relationen*

Diese Relationen verbinden Kartenobjekte die das gleiche Phänomen der realen Welt darstellen aber zu verschiedenen Zeitpunkten. Im Unterschied zu vertikalen Relationen sind hierbei beide Objekte in der gleichen Auflösung dargestellt. Die Zugehörigkeit von Nachbarobjekten kann dabei durch horizontale Relationen sichergestellt werden.

[Bobzien, Burghardt et Al. (2008) S. 7]

Es existieren drei verschiedene Operationen mit denen die update Relationen beschrieben werden können:

- Einfügen
- Entfernen
- Ändern

[Bobzien, Burghardt et Al. (2008) S. 7]

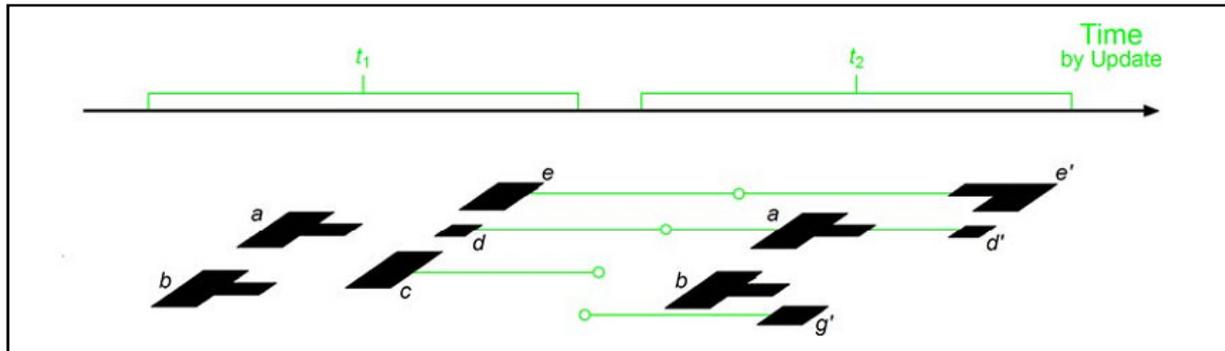


Abbildung 3: Update Relationen [Bobzien, Burghardt et Al. 2008 S.7]

### *Kombinierte Relationen*

In der Praxis werden diese drei Relationen oftmals zusammen verwendet. Eine Entwicklung von update Relationen ist fast nicht möglich, ohne dass zuvor durch horizontale Relationen festgelegt wurde welche Kartenobjekte miteinander in Beziehung stehen. So ändert sich zum Beispiel ein horizontales Häuseralignment wenn mittels update Relationen festgestellt wird, dass in einer zukünftigen Karte mehrere Häuser nicht mehr vorhanden sind. Durch diese Entfernungsoperation wird die horizontale Relation der Häuserreihe verändert. Nach einem Update Schritt müssen die anderen Relationen also immer überprüft und angepasst werden.

Auch bei der vertikalen Relation ist es wichtig horizontale Beziehungen zu beachten. So kann in einer Karte mit geringerem Detaillevel eine Häusersiedlung die zusammen gehört, als ein Symbol dargestellt werden, für diesen Schritt ist es aber notwendig zu wissen, welche Häuser zu einer Gruppe zusammengeschlossen werden sollen.

[Bobzien, Burghardt et Al. (2008) S. 8-9]

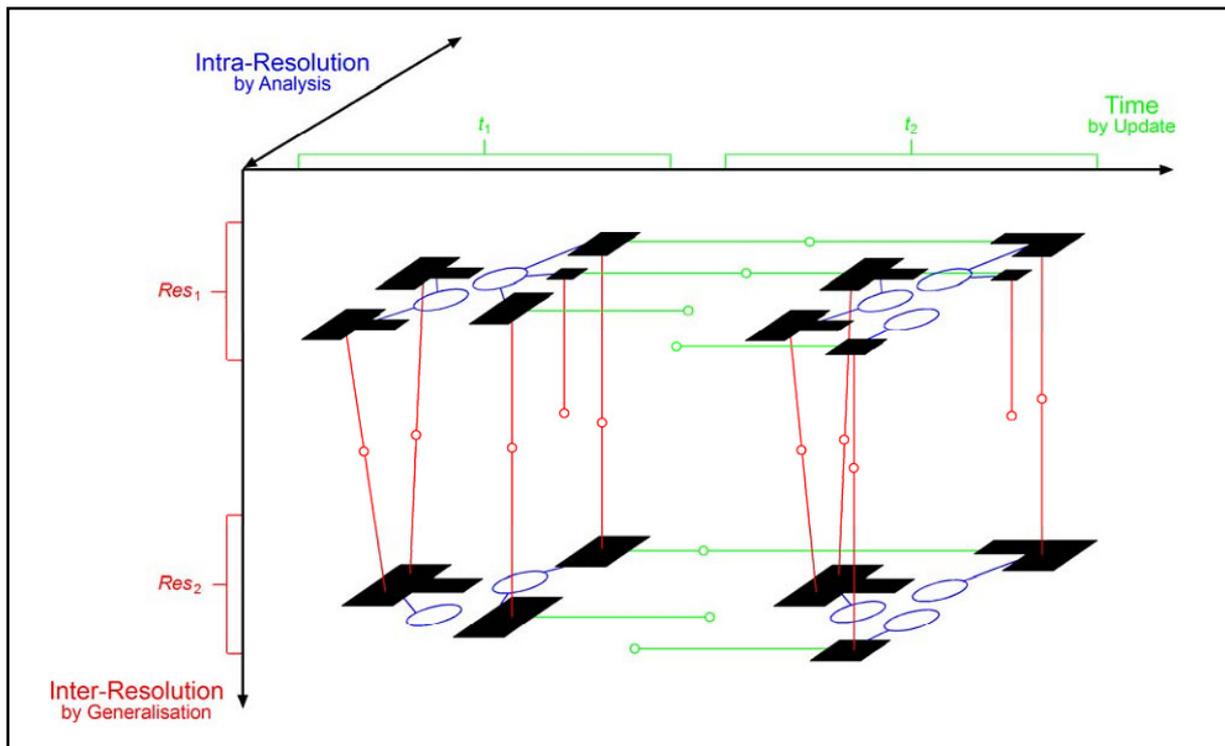


Abbildung 4: Relationen [Bobzien, Burghardt et Al. 2008 S.8]

*Fazit:*

Bobzien, Burghardt et Al. (2008) sehen Relationen als Charakterisierungen von Objektgruppen einer Karte deren Veränderung im Laufe der Zeit und nach einem Wechsel der Auflösung. Horizontale Relationen sollen als Inputinformation für Generalisierungsoperationen dienen um die Qualität der Generalisierung zu verbessern und die Berechnungseffizienz zu erhöhen. Nach ihrem Ansatz unterstützen horizontale Relationen die Modellierung von Gruppen von Features. Die vertikalen Relationen speichern Informationen über Generalisierungsoperationen und die update Relationen sind nützlich um den Verlauf der Karte zu speichern und um räumlich-zeitliche Analysen durchzuführen.

*Stärken:*

Der Ansatz ist sehr vielseitig anwendbar und es wurde nicht nur der momentane Zustand berücksichtigt, sondern mit den Update Relationen auch eine Lösung über den Lauf der Zeit gefunden. Auch können die gleichen Relationen für alle drei Arten benutzt werden.

*Schwächen:*

In diesem Ansatz sind die Arten der Relationen eingeschränkt. Alle Relationen sind eine Form von Gruppierung von Einzelobjekten. Durch die Beschränkung der Beispiele auf Häu-

sergruppen wird nicht klar wie andere Probleme mit diesem Ansatz gelöst werden können. Des Weiteren wird wenig über eine mögliche Umsetzung diskutiert sondern die Autoren beschränken sich auf eine theoretische Übersicht.

#### **4.2.2 Der Ansatz von Lamy, Ruas et al. (1999)**

##### **The Application of Agents in Automated Map Generalization**

Dieser Ansatz versucht ebenfalls eine automatische Generalisierung zu erreichen, bei der verschiedene Kartenmassstäbe aus denselben detaillierten Kartendaten abgeleitet werden können. Dabei stützt er sich auf die Unterteilung der Karten in verschiedene Ebenen. Die Makro Ebene sieht die Karte als Ganzes während die Mikro Ebene einzelne Details und Objekte betrachtet. Der Gesamtprozess der Generalisierung von der Analyse der Daten, über die Synthese bis zur Evaluation sollen mittels eines multi agent Systems erreicht werden. Ein Agent ist dabei ein Programm, das seine eigenen Entscheidungen kontrollieren kann und sein Verhalten je nach Situation anpasst. Dazu hat es die Fähigkeit die Kartendaten zu analysieren und ein gewisses Ziel, zum Beispiel ein Problem während des Generalisierungsprozesses, zu erkennen und zu lösen. Mit Agents soll das Problem angegangen werden die gedanklichen Prozesse hinter der Generalisierung zu modellieren. Es sollen die Gedankengänge simuliert werden die im Kopf des Kartografen vorgehen, wenn er eine Karte manuell generalisiert. Die Karte wird mehr als System von Beziehungen angesehen, anstatt nur als Punkte, Linien und Flächen.

Um die zahlreichen Agents zu gliedern werden sie in die drei Ebenen eingeteilt. Die grösste Schwierigkeit ist dabei auf welchem Level die Einzelobjekte der Microebene zu Gruppen von Objekten auf der Mesoebene zusammengefasst werden. Für diese Gruppierung sollen schliesslich nicht nur geometrische Masse verwendet werden sondern auch semantische und topologische. Eine weitere Schwierigkeit ist die Wahl von geeigneten Partitionen die im Verlauf der Generalisierung zusammengefasst werden. In vielen Karten lassen sich die Partitionen von Strassen abgrenzen, je nach Kartenzweck ist dies aber nicht möglich und es muss ein anderes begrenzendes Merkmal gefunden werden.

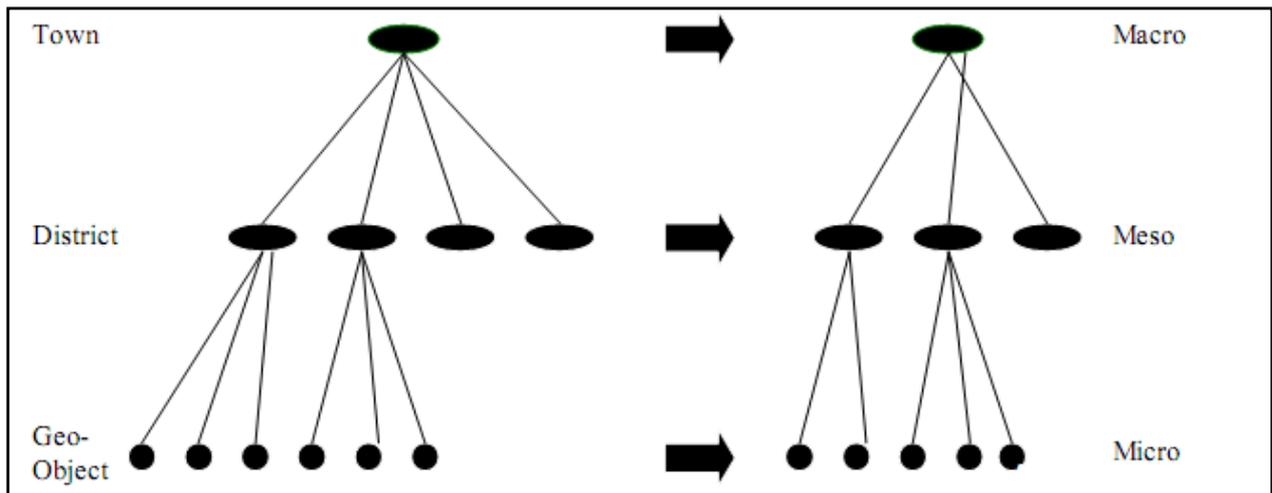


Abbildung 5: Hierarchische Struktur von Micro, Meso und Macro Agenten [Lamy, Ruas et al. 1999 S.4]

Während der Durchführung müssen für jede Ebene die geeigneten Agents definiert werden. Dieser besteht zum Beispiel aus mehreren Messungen und zugehörigem Grenzwert der erreicht werden soll. Falls eine oder mehrere Werte nach der Generalisierung den Grenzwert überschreiten, wird versucht das Objekt so umzuformen, dass sich alle Werte wieder auf befriedigendem Niveau einpendeln. Auf Mesoebene müssen die veränderten Objekte der Microebene zusammengefügt werden und wiederum mit neuen Agents überprüft werden ob das entstandene Teilbild den gesetzten Richtlinien genügt. Dasselbe geschieht schlussendlich auf Makroebene ebenfalls.

Agent Methoden sind ein natürlicher Schritt um dem Ziel der automatischen Kartengenerierung näher zu kommen. Sie bringen eine höhere Intelligenz in Datenbanken und modellieren die Beziehungen zwischen Kartenobjekten. Allerdings sind noch viele Themenbereiche ungeklärt, so zum Beispiel wie der Raum am besten partitioniert oder wie Phänomene gruppiert werden sollen.

[Lamy, Ruas et al (1999) S. 1225-1234]

*Stärken:*

Der Ansatz ist sehr fortschrittlich und versucht eine Art künstlicher Intelligenz zu simulieren. Dadurch lassen sich Vorgänge implementieren die mit traditionellen Ansätzen nicht möglich sind. Auch ist die Aufgabenverteilung und Struktur durch die drei Ebenen gut aufgeteilt.

*Schwächen:*

Der Ansatz fängt praktisch ganz neu an, dadurch lassen sich bestehende Ansätze schlecht weiterverwenden. Die Implementierung ist auch wesentlich komplizierter. Des Weiteren ist die Meso Ebene etwas unklar da sie je nach Verwendungszweck selber vielschichtig sein kann. Nicht jede Karte kann so klar in drei Schichten aufgeteilt werden wie in der Theorie präsentiert.

### **4.2.3 Der Ansatz von Steiniger und Weibel (2007):**

#### **Relations between Map Objects in Cartographic Generalization**

Steiniger und Weibel kritisieren die Beschränkung auf einzelne Operationen und wollen eine allumfassende Lösung um insbesondere auch Methoden anzubieten, die Operationen über mehrere Klassen berücksichtigen. Nur so seien befriedigende Resultate möglich. Daher präsentieren sie eine Typologie von Relationen zwischen Kartenobjekten, die die grundlegenden Beziehungen sowohl von thematischen wie auch topographischen Karten beschreiben können.

#### *Systematik / Typologie*

In diesem Kapitel soll ein Überblick über verschiedene horizontale Relationen dargestellt werden. Dabei wird die Typologie von Steiniger und Weibel benützt. Diese ist, wie in der Publikation von Steiniger und Weibel (2007) nachlesbar, eine Zusammenstellung aus zahlreichen anderen funktionalen Typologien. Dabei werden die üblichen Oberkategorien verwendet, wenn auch zum Teil unter anderem Namen.

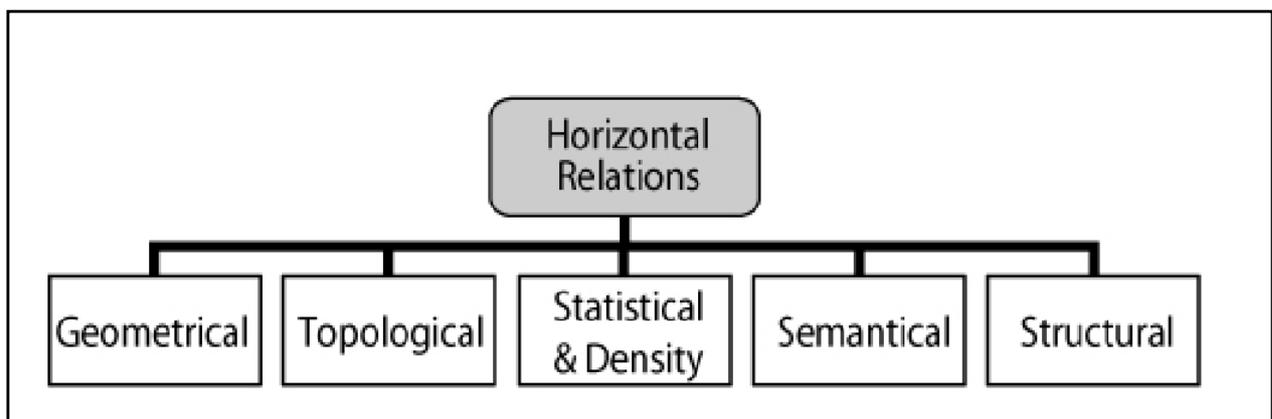


Abbildung 6: Kategorien von horizontalen Relationen [ Steiniger, Weibel (2007) S.6 ]

### ***Geometrische Relationen***

Geometrische Relationen basieren auf den geometrischen Eigenschaften der Kartenobjekte. Dabei kann unterscheiden werden zwischen vergleichenden und direkten Relationen. Erstere vergleichen Eigenschaften von Objekten in der realen Welt oder deren Repräsentationen auf der Karte. So können zum Beispiel Länge oder Form verglichen, oder untersucht werden ob Orientierung und Position der Objekte gleich ist oder nicht. Direkte Relationen messen binäre Eigenschaften wie zum Beispiel die Distanz zueinander oder die absolute Orientierung.

[Steiniger, Weibel (2007) S. 7]

Steiniger und Weibel unterteilen weiter in vier Unterkategorien:

- Grösse:** Fläche, Länge, Durchmesser und Umfang sind hier die üblichen Grössen. Sie werden in der Generalisierung gebraucht um die kleinstmögliche noch sichtbare Grösse zu definieren, so dass die Karte gut lesbar bleibt.
- Position:** Mit diesen Relationen wird die Distanz zwischen verschiedenen Objekten beschrieben. Damit wird in der Generalisierung entschieden ob Objekte verschoben werden müssen um sie visuell von anderen abzugrenzen. Auch um sie zu gruppieren wird die Distanz untereinander verwendet.
- Shape:** Die Form von Objekten wird genutzt um sie auf Ähnlichkeit zu überprüfen, um herauszufinden ob für die Objekte geometrische Transformationen wie smoothing oder Vereinfachung nötig sind oder um geeignete Generalisierungsalgorithmen zu ermitteln.
- Orientation:** Auch die Orientation kann zur Gruppierung von Objekten gebraucht werden. Sie dient der Untersuchung der Beziehung von Objekten mit ihrer Nachbarschaft.

[Steiniger, Weibel (2007) S. 8]

### ***Topologische Relationen***

Hier haben Steiniger und Weibel aufgrund ihrer Nachforschungen vier Typen ausgearbeitet: ‚intersection type‘, ‚topological structure‘, ‚neighborhood order‘ und ‚ring configuration relation‘. Diese dienen hauptsächlich der Verhinderung von topologischen Fehlern in der Karte.

[Steiniger, Weibel (2007) S. 8]

**Intersection type:** Um die topologische Beziehung von zwei oder mehreren Objekten zu beschreiben wird das bekannte Nine Intersection Modell verwendet. Dieses ist ein Standard der auch vom OpenGeospatial Simple Features specification (OGC 1998a) verwendet wird. Die Beziehung zwischen zwei Geometrie kann dabei eine der folgenden sein: disjoint, touch, cross, within, overlap, contain, intersect, equal. Diese Beschreibungen werden auch in den folgenden drei Relationstypen verwendet.

**Topological structure:** Dabei werden drei Strukturen unterschieden. Ein Inselpolygon das alleine im Raum steht, ein Inselcluster das eine Insel aus mehreren verschiedenen Polygonen bildet und ein Landschaftsmosaik.

**Neighborhood order:** Hier wird ein Startpolygon bestimmt und davon ausgehend zu jeden anderen Polygon berechnet wie viele Polygongrenzen überschritten werden müssen um vom Start- zum Zielpolygon zu gelangen.

**Ring configuration:** Damit sollen Strukturen erkannt werden in denen Polygone ganz von anderen Polygonen umschlossen werden. Die ist häufig der Fall bei Klimadaten wie Schneehöhe oder Temperatur. Dieser Typ stellt sicher, dass diese Strukturen bei der Generalisierung nicht gelöscht werden.

[Steiniger, Weibel (2007) S. 9-10]

### ***Statistische Relationen***

Hierbei werden vier verschiedene Indizes unterschieden. Solche mit statistischem Hintergrund, Diversitätsmasse sowie kategorische- und Flächenbeziehungen. Damit soll vor allem die Heterogenität der Karte beibehalten werden, sowie seltene und häufig vorkommende Merkmale detektiert werden.

[Steiniger, Weibel (2007) S. 10]

**Statistisch basierte Indizes:** Diese verwenden statistische Werte wie Summe, Mittelwert, Varianz, Median, etc. Mit diesen Werten kann zum Beispiel die Homogenität von Häuserblocks untersucht werden.

**Flächenbeziehungen:** Damit können einzelne Polygone mit allen ihrer Art oder mit der Gesamtkarte statistisch verglichen werden. Mit diesen Beziehungen kann sichergestellt werden, dass diese Werte nach der Generalisierung noch mit der Originalsituation übereinstimmen.

**Kategorische Beziehungen:** Diese messen wie häufig oder selten ein Kartenobjekt vorkommt. So kann zum Beispiel verglichen werden wie viele verschiedenen Kategorien der Gesamtkarte in einem lokalen Gebiet vorkommen und somit die lokale Homogenität beschrieben werden.

**Diversitätsmasse:** Hier finden sich verschiedene statistische Mittel um die Diversität der Gesamtkarte oder eines Ausschnittes davon zu beschreiben. Es lässt sich auch die durch den Generalisierungsvorgang verlorene Information untersuchen.

[Steiniger, Weibel (2007) S. 10-11]

### ***Semantische Relationen***

Die semantischen Relationen sind besonders wichtig für thematische Karten da diese mehr Freiraum für eigene Entscheidungen bieten, nicht wie in topologische Karten wo das Klassifikationsschema und der Karteninhalt klar vorgegeben sind. Auch hier wurden vier Unterkategorien definiert.

[Steiniger, Weibel (2007) S. 11]

**Gleichheit/Ähnlichkeit:** Die Ähnlichkeit von Objekten ist wichtig um sie geeigneten Kategorien zuzuordnen. Unter Umständen können diese Kategorien erst mit diesen Daten bestimmt werden. Dazu müssen geeignete Beschreibungsmerkmale der Kartenobjekte gefunden werden, so dass diese in möglichst klar abgetrennte Gruppen fallen und sich die verschiedenen Kategorien voneinander unterscheiden. Welche Eigenschaften verwendet werden um diese Gleichheit zu bestimmen lässt sich nicht allgemeingültig sagen, sondern wird je nach Art der Daten bestimmt.

**Priorität:** Prioritäten zu definieren ist wichtig im Generalisierungsprozess um festzulegen welche Objekte wichtiger sind als andere. So wird die Lage von Kartenbestandteilen mit hoher Priorität sicher beibehalten während weniger wichtige verschoben werden dürfen. Welche Priorität ein Objekt erhält richtet sich nach dem Kartenzweck.

**Widerstand und Anziehung:** Diese Relation regelt ob es möglich ist, verschiedene Polygone zusammenzufügen. Dies kommt zum Beispiel vor, wenn im Generalisierungsprozess kleinere Polygone wegfallen und damit zwei Polygone gleichen Typs aufeinandertreffen. Falls der wegfallende Teil einen ähnlichen Typ besitzt, können die beiden Polygone vereint werden. falls nicht, sollte dies vermieden werden.

**Kausalität:** Diese Relationen beschreiben Abhängigkeiten. Wenn also eine Objektklasse nur dargestellt werden soll falls eine andere vorhanden ist. Falls diese im Verlauf der Generalisierung wegfällt sollen erstere auch nicht mehr dargestellt werden.

[Steiniger, Weibel (2007) S. 11-13]

### ***Strukturrelationen***

Diese Relationen befassen sich mit Muster in Karten und damit wie die Benutzer den Karteninhalt wahrnehmen. Mit Ausnahme der ersten Hintergrund- Vordergrund Relation sollten sie vor der Generalisierung identifiziert werden um wichtige Muster beizubehalten.

[Steiniger, Weibel (2007) S. 13]

**Hintergrund – Vordergrund Relation:** Hier geht es darum eine geeignete visuelle Ordnung in der Karte beizubehalten. Die Farben sollen so gewählt werden, dass die Lesbarkeit gewährleistet ist und der Benutzer erkennt welche Kartenbestandteile als wichtig erachtet werden. Auch sollen semantisch wichtige Objekte wie Strassen nicht von weniger wichtigen Polygonen wie Wald überdeckt werden. Es muss also definiert werden auf welcher Ebene ein Objekttyp dargestellt werden soll.

**Entwicklung:** Diese Relation speichert, ob vom Benutzer erkannt werden kann wie sich das dargestellte Polygon in der realen Welt entwickelt hat. Dabei

wird zwischen künstlicher, natürlicher und nicht vorhandener Struktur unterschieden. Der Benutzer kann relativ gut erkennen wenn zum Beispiel ein Fluss künstlich begradigt oder ein Bodentyp künstlich begrenzt wurde. Diese Merkmale sollen erhalten bleiben.

**Orientierung:** Diese Relation beschreibt zum Beispiel wie ein Strassennetz aufgebaut ist. Dies kann gitterförmig sein wie in den USA typisch oder sternförmig wo die Hauptstrassen alle zu einem Zentrum führen.

**Makrostrukturen:** Hier geht es darum in einer hochaufgelösten Karte Strukturen zu erkennen, die nicht direkt sichtbar sind. Solche Muster werden aber deutlich wenn die Karte von einem Spezialisten von Hand generalisiert wurde. Diese Relationen sollen helfen diese Muster zu erkennen und diesen Generalisierungsschritt zu automatisieren.

**Mesostrukturen:** Im Gegensatz zu den Makrostrukturen geht es hierbei um Mustererkennung die klar ersichtlich sind in der vorliegenden Karte. Die Muster können also nicht nur mit Hintergrundwissen erkannt werden.

### **Stärken:**

Dieser Ansatz ist sehr vielseitig und versucht eine umfassende Methode zu liefern um Karten zu generalisieren. Er basiert zudem auf Relationen wie sie in anderen Ansätzen verwendet werden und darum besteht die Möglichkeit, fremde Algorithmen einzubauen und mitzuverwenden.

### **Schwächen:**

Durch die Vielseitigkeit besteht die Gefahr für jedes mögliche Merkmal Relationen zu verwenden. Dies kann dazu führen, dass Relationen gespeichert werden die sich schnell und unkompliziert berechnen lassen und dieser Schritt so auch während der Generalisierung geschehen kann.

## 5 DEFINITION

### 5.1 Mathematischer Hintergrund

Im mathematischen Sinne ist eine Relation normalerweise binär, also eine Beziehung zwischen je zwei Dingen. Die formale Definition lautet:

$$R \subseteq A \times B \text{ mit } A \times B := \{(a, b) | (a \in A) \wedge (b \in B)\}$$

Eine binäre Relation  $R$  ist eine Teilmenge des kartesischen Produkts zweier Mengen  $A$  und  $B$ .

„Die Elemente eines Paares  $(a, b)$  können aus verschiedenen Grundmengen  $A$  und  $B$  stammen; die Relation heisst dann heterogen oder „Relation zwischen den Mengen  $A$  und  $B$ “. Wenn die Grundmengen übereinstimmen,  $A = B$ , heisst die Relation auch homogen oder „Relation in der Menge  $A$ “.“ ([http://de.wikipedia.org/wiki/Relation\\_\(Mathematik\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Relation_(Mathematik)); Zugriff: 19.03.08 15:00)

Allgemeiner ist eine  $n$ -stellige Relation eine Teilmenge des kartesischen Produkts von  $n$  Mengen  $A_1, \dots, A_n$ :

$$R \subseteq A_1 \times \dots \times A_n \text{ mit } A_1 \times \dots \times A_n := \{(a_1, \dots, a_n) | (a_1 \in A_1) \wedge \dots \wedge (a_n \in A_n)\}$$

„Das kartesische Produkt ist die Menge aller geordneten Paare von  $a$  und  $b$ , wobei  $a$  irgendein Element aus der Menge  $A$  und  $b$  eines aus  $B$  darstellt. Bei dem geordneten Paar ist die Reihenfolge wichtig, d.h.  $(a, b)$  unterscheidet sich von  $(b, a)$ , im Gegensatz zu der ungeordneten Menge  $\{a, b\}$ , die identisch ist mit  $\{b, a\}$ .“

([http://de.wikipedia.org/wiki/Relation\\_\(Mathematik\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Relation_(Mathematik)); Zugriff: 19.03.08 15:00)

### 5.2 Geografischer Hintergrund

In der Geografie sind Relationen Beziehungen zwischen Kartenobjekten. Diese Objekte können aus verschiedenen Mengen stammen ( $R \subseteq A \times B$ ), ein Beispiel dafür wäre eine Relation zwischen einer Strasse und einem Haus wobei alle Strassen eine Menge bilden und alle Häuser eine andere. Sie können aber auch derselben Menge angehören ( $R \subseteq A \times A$ ). In diesem Fall spricht man von einer homogenen Relation und ein Beispiel dafür ist die Beziehung zwischen zwei Häusern. Weitere übliche Relationen sind solche mit mehreren Elementen, wobei diese aus unterschiedlichen Mengen ( $R \subseteq A_1 \times \dots \times A_n$ ) oder aus der gleichen Menge ( $R \subseteq A \times \dots \times A$ ) stammen können.

Was als Menge definiert wird kann beliebig festgelegt werden. Eine Menge ist allgemein „eine Zusammenfassung unterscheidbarer Objekte zu einer Gesamtheit“ (<http://de.wikipedia.org/wiki/Menge>; Zugriff 21.03.08 13:00). In der Geografie werden meist Objekte gleichen Typs zu einer solchen Menge zusammengefasst. Zum Beispiel alle Strassen oder alle Häuser einer Karte. Mengen sind also eine Gruppierung von Einzelobjekten.

### **5.3 Der Nutzen im Generalisierungsprozess**

Das Ziel der Benutzung von Relationen im Generalisierungsprozess ist es, diesen zu verbessern und zu helfen ihn zu automatisieren. Relationen sollen die kartenbildenden Merkmale modellieren und somit die wesentlichen Merkmale einer Karte beibehalten. Diese Methode stellt sicher, dass die für den Kartenbenutzer wichtigen Landschaften auch in einer generalisierten Kartenversion noch erkennbar sind.

Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit die Relationen zu speichern und damit die Generierung der verschiedenen, generalisierten Karten zu beschleunigen. Die Berechnung der Relationen erfolgt nur einmal auf den Ursprungsdaten und mit Hilfe dieser Daten lassen sich Karten beliebiger Massstäbe erzeugen.

Mit Relationen lassen sich Charakteristiken detektieren und somit bewahren, die mit herkömmlichen Methoden nicht berücksichtigt werden können. So können zum Beispiel Muster oder Gruppen von Kartenobjekten erkannt werden.

Durch die Kombinationsmöglichkeiten von einzelnen Relationen bietet dieser Ansatz die Möglichkeit auch kompliziertere Probleme zu bearbeiten und damit eine gesamtheitliche Generalisierung zu erreichen.

## 6 RELATIONEN IN POLYGONMOSAIKEN

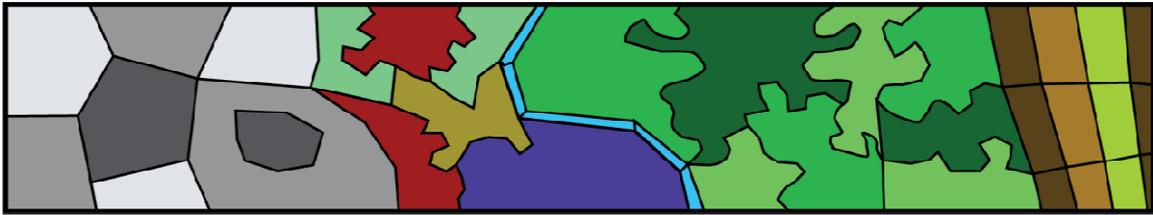


Abbildung 7: Übersichtsbild der Beispielkarte

Im folgenden Kapitel werden mögliche Relationen für die Generalisierung von Polygonmosaiken beschrieben. Das oben gezeigte Polygonmuster wird dabei als Beispiel dienen. Als Leitfaden dient die Klassifikation von Steiniger und Weibel (2007) welche die horizontalen Relationen in folgende fünf Bereiche unterteilt:

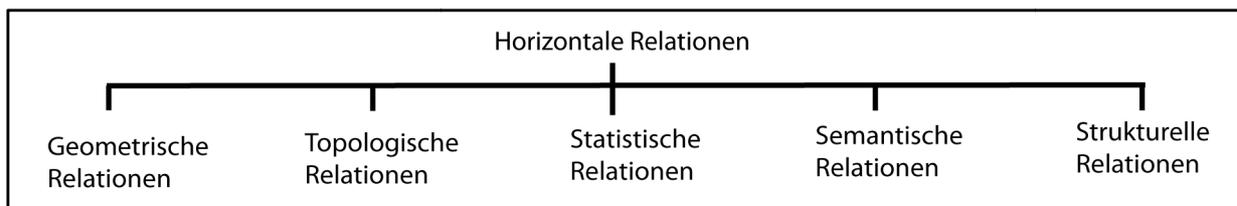


Abbildung 8: Kategorien von horizontalen Relationen nach Steiniger, Weibel (2007)

Für jede vorgeschlagene Relation wird gezeigt, was für eine Relation verwendet werden soll, welchem Anwendungszweck sie dient und wie ihre Implementierung aussehen kann.

## 6.1 Topologische Relationen

Topologische Relationen beschreiben direkte Nachbarschaftsbeziehungen. Ihre Hauptaufgabe ist es zu verhindern, dass topologische Fehler im Generalisierungsprozess entstehen.

### 6.1.1 Relation der Nachbarschaftsordnung

horizontal – regional

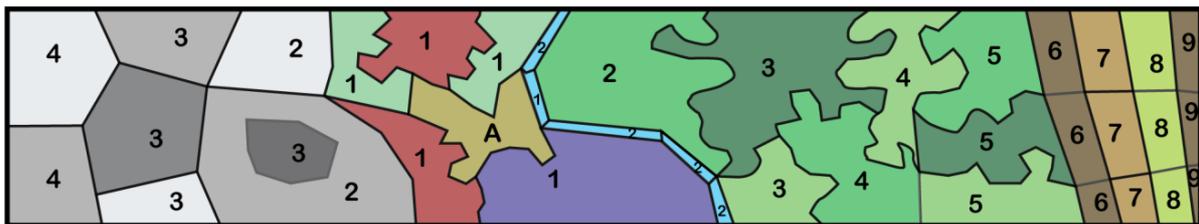


Abbildung 9: Beispielkarte für Relationen der Nachbarschaftsordnung

#### Relation:

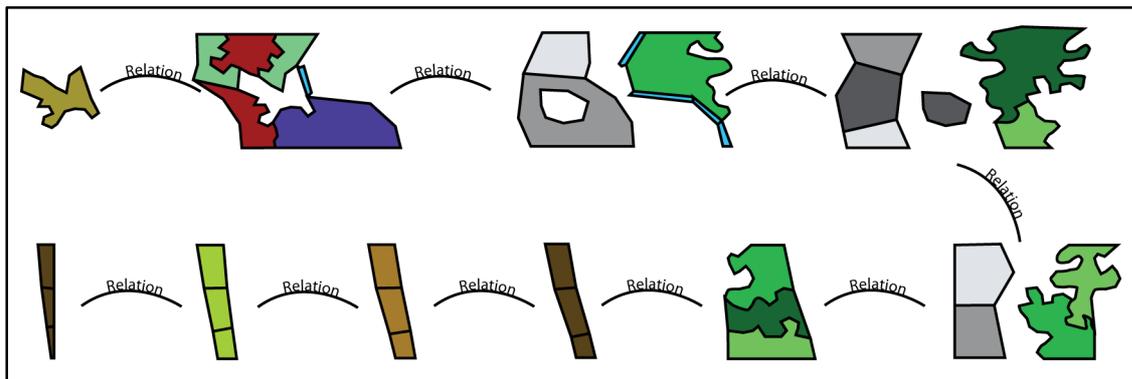


Abbildung 10: Relation der Nachbarschaftsordnung

Diese Relation vergleicht ein Einzelobjekt mit allen Einzelobjekten aus allen verfügbaren Mengen. Dabei wird zu jedem Objekt die Beziehung gespeichert wie viele Objektgrenzen zwischen dem Start- und Zielobjekt liegen.

$$R \subseteq A_1 \times \dots \times A_n$$

#### Anwendung:

In der Nachbarschaftsordnung wird ein Startpolygon bestimmt und von diesem ausgehend für jedes Polygon festgelegt, wie viele Polyongrenzen zwischen dem Start- und Zielobjekt liegen. Dabei wird jeweils der kürzest mögliche Weg gesucht.



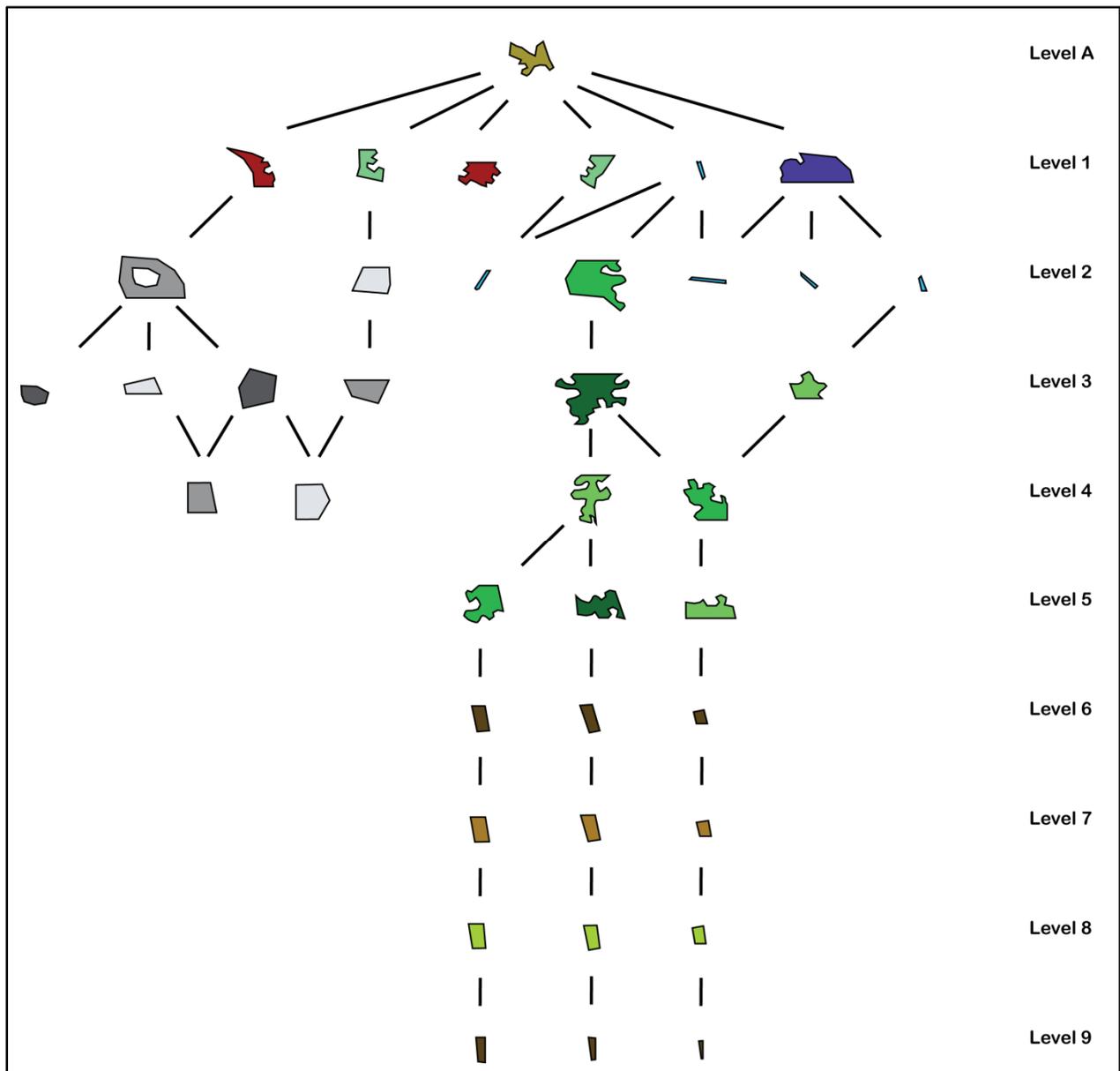


Abbildung 12: Beispiel für die Implementierung von Relationen der Nachbarschaftsordnung

**Input:**

Das gewünschte Startpolygon.

**Output:**

Ein Vektor der die ermittelte Nachbarschaftsordnung speichert.

**Methoden:**

nachbarschaftsordnung(Startpolygon):

Diese Methode braucht als Initialisierung das gewünschte Startpolygon und weist jedem nächsten Nachbarn eine um eins ansteigende Nummer zu. Diese wird abschliessend für jedes Polygon ausgegeben.

## 6.1.2 Relation der Inselfpolygone

**horizontal – lokal**

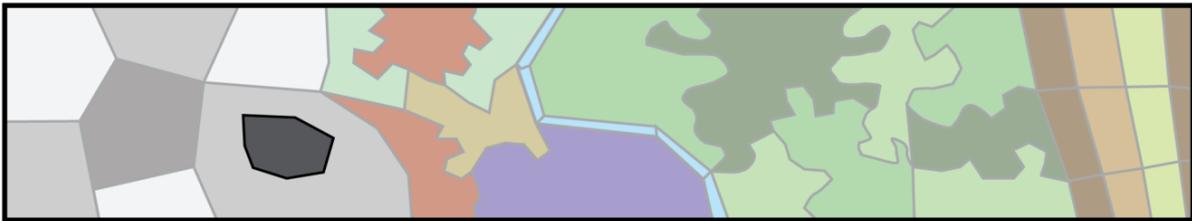


Abbildung 13: Beispielkarte für Relationen der Inselfpolygone

**Relation:**

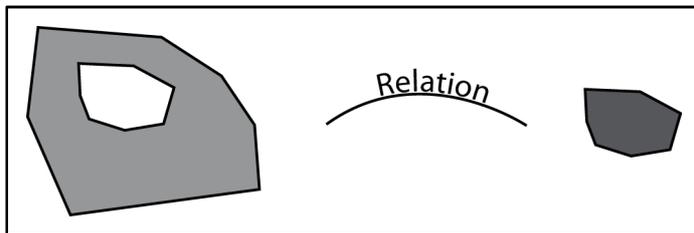


Abbildung 14: Relation der Inselfpolygone

Die Relation vergleicht zwei Einzelobjekte miteinander die aus der gleiche, oder aus unterschiedlichen Mengen stammen können.

$$R \subseteq A \times B$$

**Anwendung:**

Diese Relation dient der Detektion von Inselfpolygonen die vollständig von einem einzigen anderen Polygon umschlossen werden. Dies sind sehr markante Kartenobjekte und sollen im Generalisierungsprozess bewahrt werden.

**Implementierung:**

Die Suche nach Inselfpolygonen lässt sich relativ einfach Implementieren, indem alle Kanten eines Polygons auf den Typ ihrer Nachbarn untersucht werden. Falls dieser für alle Kanten

gleich ist kann das Polygon als Inselpolygon bezeichnet werden. Für den Fall, dass auch mehrere unterschiedliche Polygone als eine zusammenhängende Insel detektiert werden sollen wird die Implementierung der Suche schwieriger da jeweils zwei benachbarte Polygone zusammengeslossen und als Einheit betrachtet werden müssen.

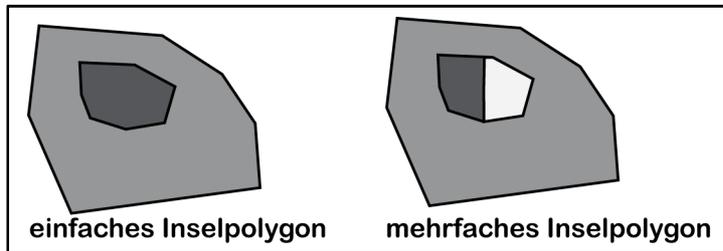


Abbildung 15: Beispielgrafik für eine Relation der Inselpolygone

**Input:**

Ein Polygon, welches untersucht werden soll.

**Output:**

Das Resultat, ob das Polygon ein Inselpolygon ist oder nicht. Die Inselpolygone können alle in einem zentralen Vektor gespeichert werden.

**Methoden:**

findeinselpol():

Untersucht ob das Polygon vollständig von einem einzigen anderen Polygon umschlossen wird. Falls dies der Fall ist wird das Polygon in einem Vektor gespeichert der alle Inselpolygone sammelt.

## 6.2 Geometrische Relationen

Geometrische Relationen beschreiben die geometrischen Eigenschaften von Kartenobjekten. Dabei ist in der Generalisierung insbesondere die Form wichtig, da diese grossen Veränderungen unterworfen ist.

### 6.2.1 Relation der Formvereinfachung

vertikal – lokal

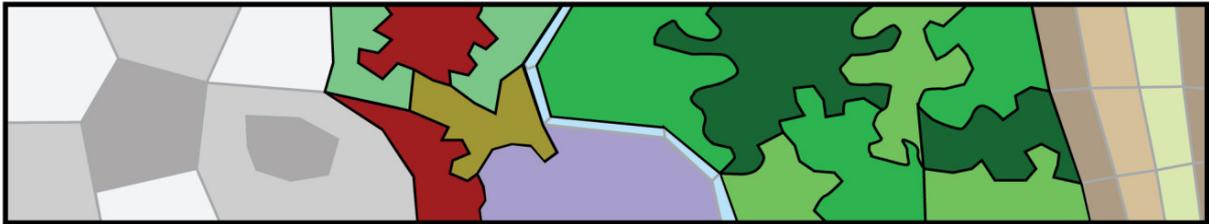


Abbildung 16: Beispiellkarte der Relationen der Formvereinfachung

#### Relation:

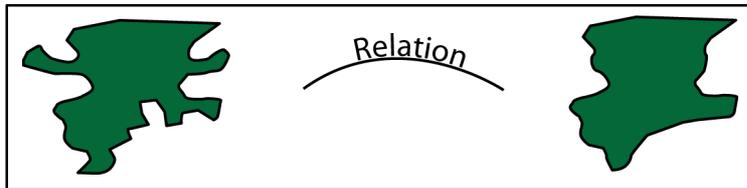


Abbildung 17: Relation der Formvereinfachung

Diese Relation vergleicht ein Einzelobjekt mit seiner generalisierten Form. Dabei wird überprüft, wie gross die Informationsänderung und der Informationsverlust ist.

$$R \subseteq A \times B$$

Die Mengen A beinhaltet dabei die Form vor der Generalisierung, die Menge B diejenige danach.

#### Anwendung:

Diese Relation wird verwendet, um den Generalisierungsprozess zu überprüfen. Dabei wird ein Originalpolygon mit seiner temporären Generalisierung verglichen und so ermittelt, ob die Formveränderung aufgrund der durchgeführten geometrischen Veränderungen immer noch akzeptabel ist. Einen Ansatz dieser Relation am Beispiel von Gebäudeformen lieferte Bard (2004).

**Implementierung:**

**Input:**

Ein Polygon sowie die generalisierte Form davon.

**Output:**

Ein Wert (true oder false) ob die Generalisierung akzeptabel ist oder nicht.

**Methoden:**

formüberprüfung():

Diese Methode überprüft das Polygon anhand seiner Original- und generalisierten Form. Falls die Formänderung als zu stark befunden wird kann ein false Wert zurückgeliefert werden um die Generalisierung in milderer Stärke zu wiederholen.

**6.2.2 Relation der Formähnlichkeit**

horizontal – global

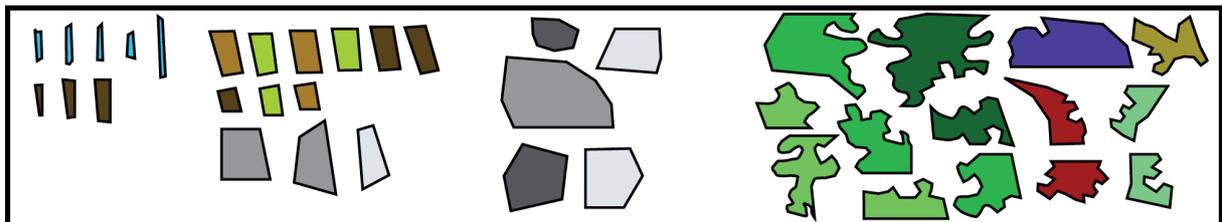


Abbildung 18: Beispielkarte der Relationen der Formähnlichkeit

**Relation:**

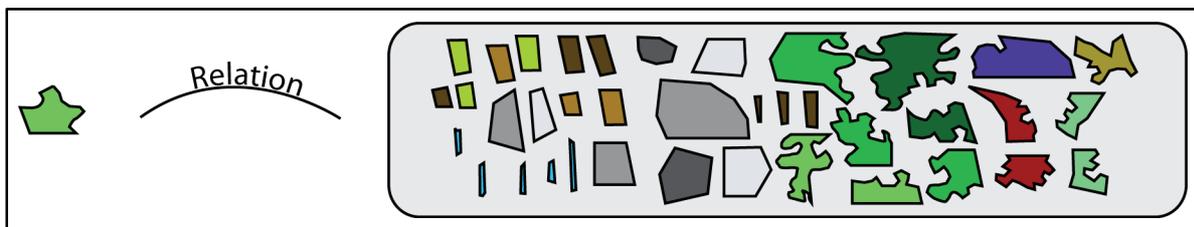


Abbildung 19: Relation der Formähnlichkeit

Diese Relation vergleicht ein Einzelobjekt mit allen Einzelobjekten aus allen verfügbaren Mengen. Die Relation beschreibt dabei zu jedem dieser Objekte die Beziehung ob die Form des Einzelobjektes einfacher oder komplizierter ist.

$$R \subseteq A_1 \times \dots \times A_n$$

Die Mengen  $A_1$ -  $A_n$  sind dabei die verschiedenen Objekttypen.

### **Anwendung:**

Mit dieser Relation können die einzelnen Polygone auf Ähnlichkeit untersucht werden. Dazu werden die Polygone, nach ihrer Einfachheit sortiert, in einem Vektor gespeichert. Die Resultate können eingesetzt werden, falls Speicherplatz und Rechenleistung begrenzt sind und eine Karte mit wenigen Details erstellt werden soll. In diesem Fall lassen sich ähnliche Polygone mit dem gleichen Symbol darstellen, so dass dieses nur einmal gespeichert werden müssen und für die verschiedenen Polygone nur noch Faktoren wie Grössenänderung und Position eine Rolle spielen. Ein ähnlicher Ansatz verfolgte Barr et al. (2004). In ihrer Arbeit wurden zur Beschreibung der Form die Fläche sowie die Kompaktheit verwendet.

### **Implementierung:**

#### **Input:**

Ein Polygon sowie die Formwerte anderer, bereits getesteter Polygone.

#### **Output:**

Der Output schreibt die berechneten Werte dieses Polygons in die Vektoren welche diese Ergebnisse aller Polygone sammeln.

#### **Methoden:**

ähnlichkeitsprüfung():

Diese Methode prüft mittels geometrischen Massen die Ähnlichkeit des Polygons zu ändern und speichert sowohl die Formmasse dieses Polygons in einem Formbeschreibungsvektor wie allfällige Ähnlichkeiten zu anderen Polygonen in einem Ähnlichkeitsvektor.

### 6.2.3 Relation der „Core Area“

vertikal – lokal

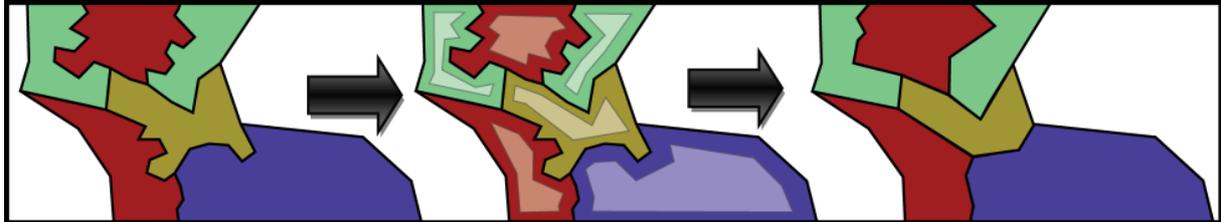


Abbildung 20: Beispielkarte für Relationen der Core Area

#### Relation:

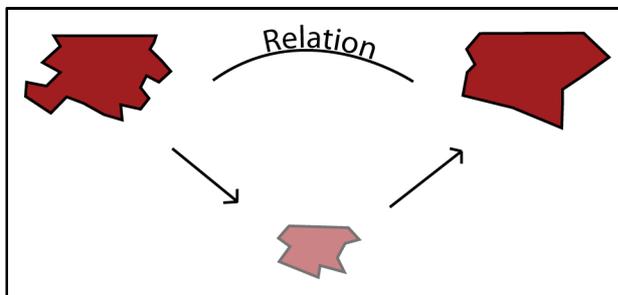


Abbildung 21: Relation der Core Area

Diese Relation beschreibt die Beziehung zwischen dem Originalpolygon und seiner vergrößerten Core Area. Dabei werden zwei Einzelobjekte miteinander verglichen.

$$R \subseteq A \times B$$

Die Menge A beinhaltet das Einzelpolygon, die Menge B das veränderte Polygon der Core Area.

#### Anwendung:

Ursprünglich ist diese Relation als Berechnung in der Ökologie gedacht um das Gebiet einer Spezies zu ermitteln in dem sie zu 100% vorkommt (Gustafson 1998). Der übrigbleibende Randbereich dient als Übergangszone. Zur Berechnung wird ein negativer Buffer um die Grenze des Polygons gelegt. Da diese Methode die Kanten vereinfacht, lässt sie sich allerdings auch für die Generalisierung verwenden. Dazu wird das Polygon in einem ersten Schritt auf die Core Area verkleinert und diese anschliessend wieder vergrößert. Abschliessend werden die Grenzen der verschiedenen Polygone angepasst.

**Implementierung:****Input:**

Ein Polygon.

**Output:**

Die Core Area des Polygons in einem Vektor.

**Methoden:**

corearea():

Berechnet die Core Area jedes Polygons indem sie einen negativen Buffer um dessen Grenze legt. Die neuen Polygone werden in einen neuen Vektor geschrieben. Nach Abschluss dieses Schrittes für alle Polygone, müssen die Core Areas wachsen bis sie sich jeweils berühren, so entsteht ein lückenloses, generalisiertes Polygonnetz.

## 6.3 Statistische Relationen

Statistische Relationen sind sehr geeignet für thematische Karten und dienen der Erkennung und Bewahrung von Mustern und Flächenverhältnissen.

### 6.3.1 Relation der Grössenproportionen

horizontal – global

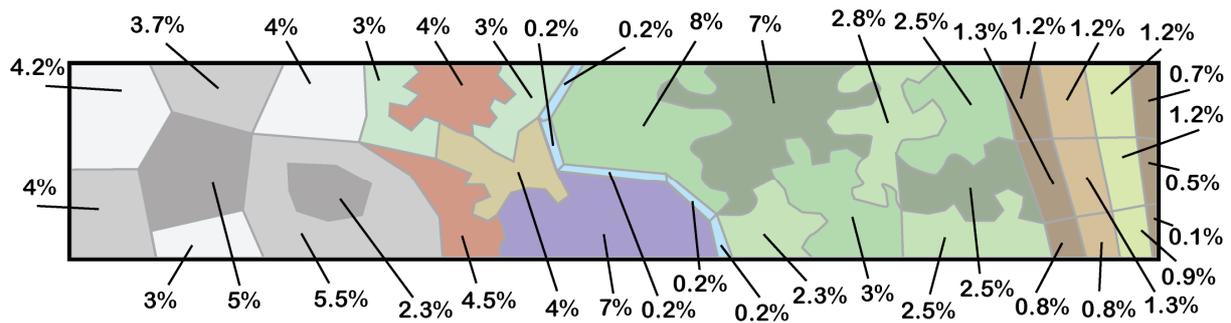


Abbildung 22: Beispielkarte für die Relation der Grössenproportionen

#### Relation:

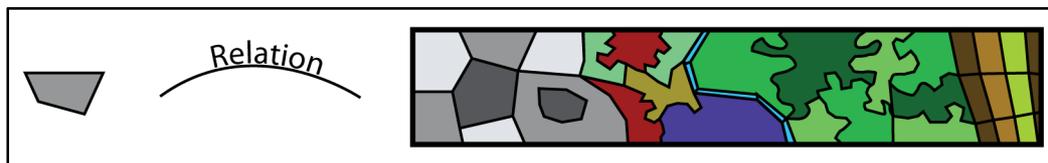


Abbildung 23: Relation der Grössenproportionen

Die Relation besteht zwischen einem Einzelpolygon und der Gesamtkarte. Sie vergleicht den Flächenanteil dieser zwei Mengen.

$$R \subseteq A \times B$$

Die Menge A beinhaltet dabei die Einzelpolygone, die Menge B die Gesamtheit aller Polygone.

#### Anwendung:

Diese Relation wird verwendet um die Grenze festzulegen, ab welcher Grösse ein Polygon im Generalisierungsprozess nicht mehr dargestellt wird. Dazu wird für jedes Polygon das Grössenverhältnis zur Gesamtkarte berechnet. Je nach Stärke der Generalisation können durch diese Berechnung relativ schnell diejenigen Polygone ausgewählt werden, die für die Darstellung der neuen Karte zu klein wären.

In Polygonnetzen kann diese Relation genutzt werden, um die Fläche von Polygonen mit der Gesamtfläche zu vergleichen. Falls dieses Verhältnis zu klein wird, muss die Polygonfläche unter den Nachbarn aufgeteilt werden oder die gesamte Fläche einem der Nachbarn zugeteilt werden.

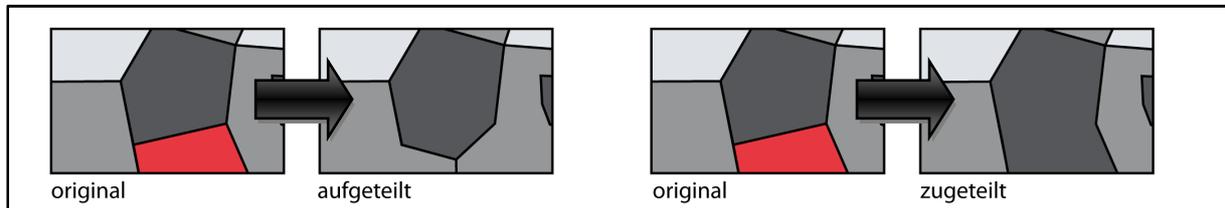


Abbildung 24: Aufteilung / Zuteilung

### **Implementierung:**

#### **Input:**

Als Input wird ein Einzelpolygon sowie die Gesamtgröße aller Polygon benötigt.

#### **Output:**

Ein Vektor mit denjenigen Polygonen, die entfernt werden müssen.

#### **Methoden:**

verhältnis ():

Berechnet das Verhältnis jedes Polygons mit Hilfe der Fläche des Polygons und der Gesamtfläche.

löschen():

Bestimmt mit Hilfe des berechneten Verhältnisses und eines Grenzwertes, ob das Polygon gelöscht werden soll. Der Grenzwert wird dabei manuell mit der Methode mitgeliefert oder aus der vom Benutzer gewünschten Größe der generalisierten Karte berechnet.

aufteilen():

Teilt das Polygon je nach Ausgang der löschen() Methode unter den Nachbarpolygonen auf. Dazu wird jedem angrenzenden Polygon ein Kantenknoten hinzugefügt und diesen an den Schwerpunkt des zu löschenden Polygons gesetzt.

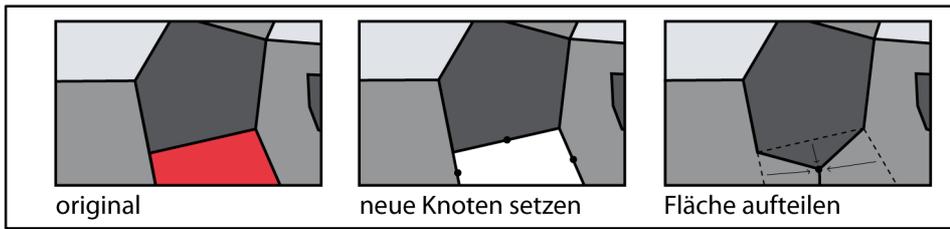


Abbildung 25: Methode aufteilen()

zuteilen():

Teilt das Polygon je nach Ausgang der löschen() Methode einem der Nachbarpolygo-  
nen zu.

### 6.3.2 Relation der Flächenbeziehungen

horizontal – global

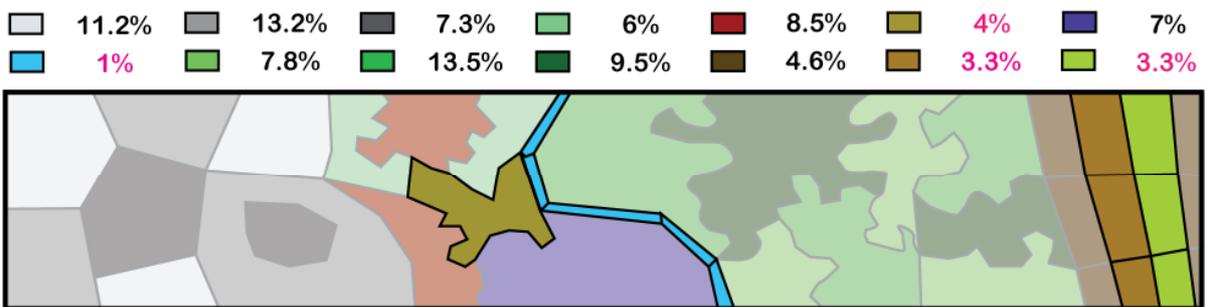


Abbildung 26: Beispiellkarte der Relation der Flächenbeziehungen

**Relation:**

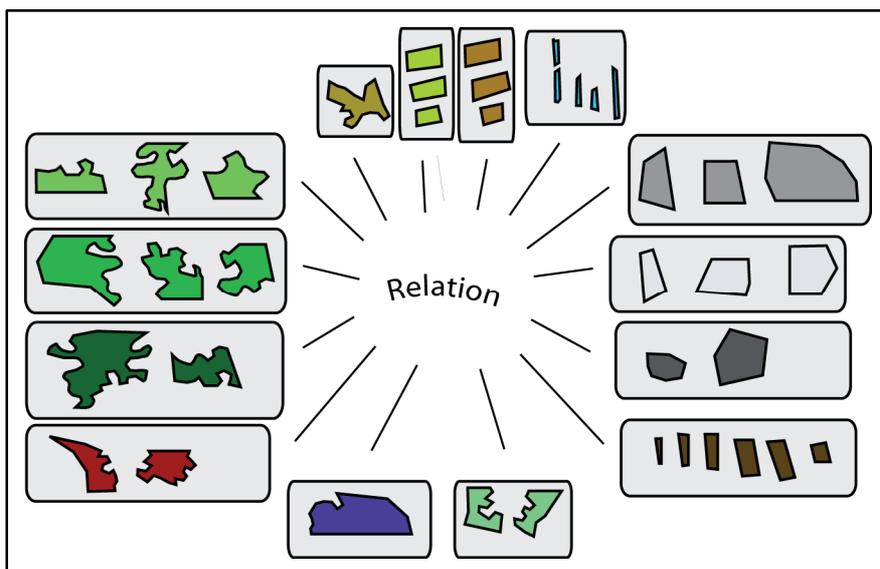


Abbildung 27: Relation der Flächenbeziehungen

Diese Relation vergleicht die verschiedenen Objekttypen miteinander. Jeder Typ wird dabei in seiner Gesamtheit mit allen zugehörigen Polygonen betrachtet.

$$R \subseteq A \times A$$

Jedes Element der Menge A ist dabei jeweils ein Objekttyp mit allen dazugehörigen Objekten.

**Anwendung:**

Bei dieser Relation werden jeweils alle Polygone gleichen Typs als Menge betrachtet und diese Menge mit der Gesamtheit aller Polygone verglichen. Damit sollen selten vorkommende Typen gefunden werden um sicherzustellen, dass diese im Generalisierungsprozess bevorzugt behandelt werden. Die mit dieser Methode ermittelten Polygone sollen eher vergrößert als gelöscht werden. Auf gleiche Art lassen sich auch diejenigen Polygone finden, die einem Typ angehören der relativ oft vorkommt und die somit mit weniger Verlust aus der Karte entfernt werden können.

**Implementierung:**

Um die Flächen für jeden Objekttyp zu erhalten, können alle Objekte traversiert und für jeden Typ eine neue Gesamtfläche generiert werden. Für jedes Polygon wird der Typ und Flächeninhalt bestimmt und diesen der jeweiligen Typgesamtfläche hinzugefügt. Nachdem sämtliche Polygone behandelt wurden, können die seltenen Typen bestimmt werden und in einem Vektor gespeichert werden.

**Input:**

Sämtliche Polygone und ihre Typen.

**Output:**

Ein Vektor indem die seltenen Polygone gespeichert werden.

**Methoden:**

gruppieren():

Gruppirt die Polygone, so dass Objekte gleichen Typs miteinander gesammelt werden.

verhältnis():

Berechnet das Verhältnis der Gruppen und schreibt die seltenen Polygontypen einen Vektor.

### 6.3.3 Relation der Flächenbeziehungen nach Typ

horizontal – regional

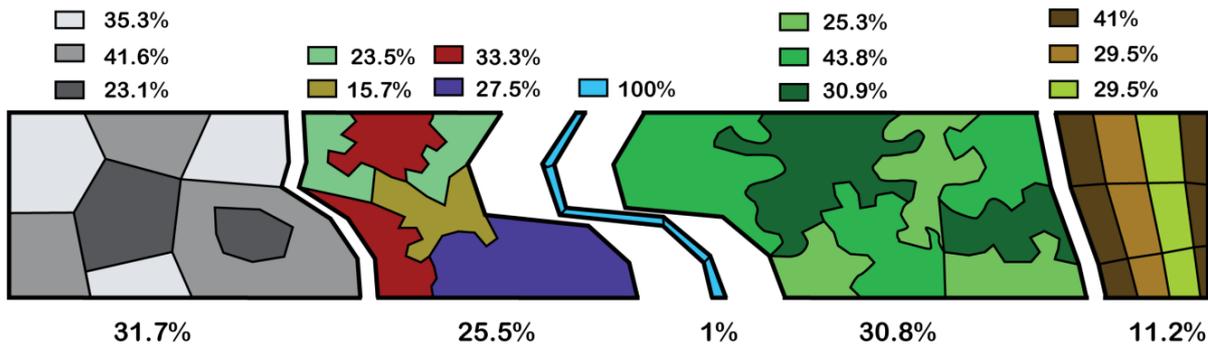


Abbildung 28: Beispielkarte für Relationen der Flächenbeziehungen nach Typ

#### Relation:

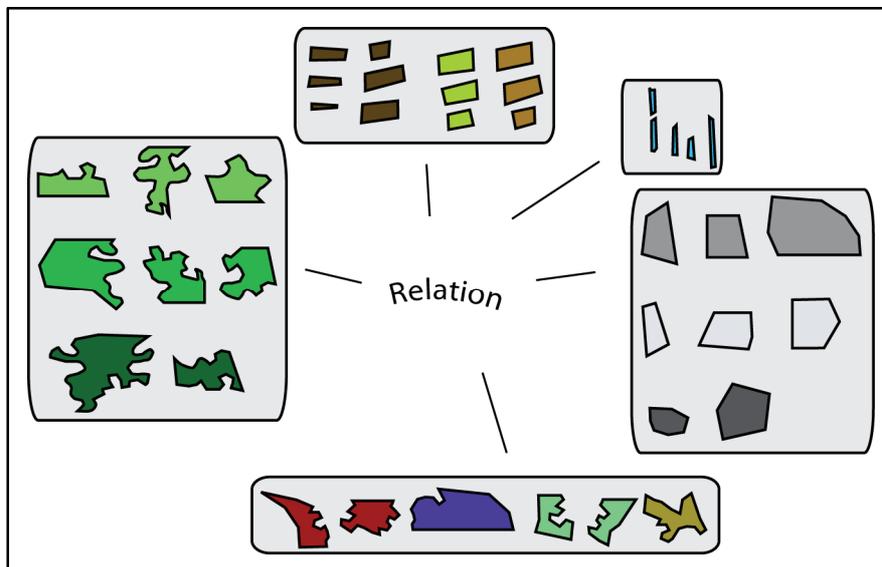


Abbildung 29: Relationen der Flächenbeziehungen nach Typ

Diese Relation vergleicht die verschiedenen Grundtypen miteinander. Jeder Grundtyp wird dabei in seiner Gesamtheit mit allen zugehörigen Polygonen betrachtet.

$$R \subseteq A \times A$$

Jedes Element der Menge A ist dabei jeweils ein Grundtyp mit allen dazugehörigen Objekten.

Des Weiteren lassen sich Relationen in den Grundtypen selber untersuchen. In dem Falle würde sich die Menge A aus den verschiedenen Typen eines Grundtyps zusammensetzen.

### **Anwendung:**

Diese Relation ist eine Erweiterung der Flächenbeziehungen und untersucht die Seltenheit von Flächentypen nicht global, sondern vergleicht Grundtypen sowie deren Untertypen miteinander. So kann untersucht werden, ob zum Beispiel in einem Waldgebiet nur wenig Buchenwald vorkommt und dieser kann somit in der Generalisierung bewahrt werden. Genauso können die Typen als ganzes untersucht werden; so werden Stadtgebiete, Gewässer, Wälder etc miteinander verglichen. Im Prinzip ändern sich im Gegensatz zur normalen Flächenbeziehung nur die Gruppenbildung und der Gesamttraum der angeschaut wird, darum lässt sich die Implementierung übernehmen.

## **6.3.4 Relation der Flächenbeziehungen mit manueller Unterteilung**

horizontal – regional

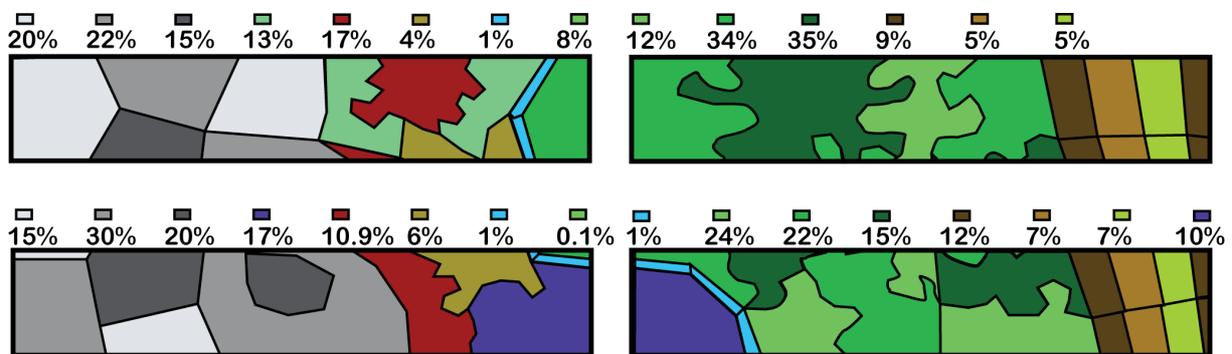


Abbildung 30: Beispielkarte für Relationen der Flächenbeziehungen mit manueller Unterteilung

### **Relation:**

Die Relation vergleicht in jedem Teilgebiet die Flächenanteile der verschiedenen Typen miteinander.

$$R \subseteq A \times A$$

Jedes Element der Menge A ist dabei jeweils ein Objekttyp mit allen Objekten die im jeweiligen Teilgebiet vorkommen.

**Anwendung:**

Diese Relation vergleicht Teilgebiete miteinander und stellt so sicher, dass auch im lokalen Rahmen seltene Polygontypen im Generalisierungsprozess bevorzugt behandelt werden. Dabei werden die Polygone nach Typ gruppiert und der Flächeninhalt mit dem des gesamten Teilausschnittes verglichen.

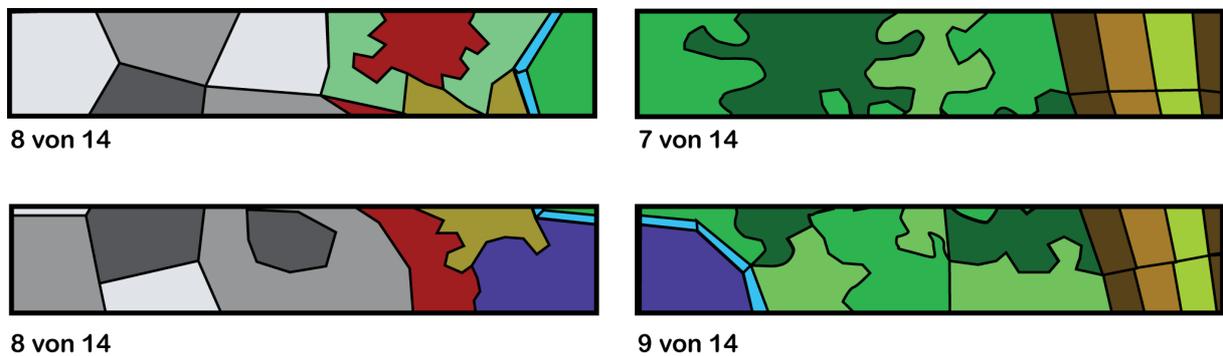
**6.3.5 Relation der Kategoriebeziehungen mit manueller Unterteilung****horizontal – regional**

Abbildung 31: Beispielkarte für Relationen der Kategoriebeziehungen mit manueller Unterteilung

**Relation:**

Diese Relation vergleicht die Teilgebiete untereinander aufgrund der Anzahl verschiedener Typen.

$$R \subseteq A \times A$$

Jedes Element der Menge A ist dabei ein Teilgebiet.

**Anwendung:**

Diese Relation untersucht in einem Teilgebiet wie viele verschiedene Kategorien vorkommen und vergleicht dies mit der Gesamtzahl der Kategorien. So kann die lokale Homogenität untersucht werden.

### 6.3.5 Relation der Evaluation der Flächenbeziehungen

vertikal - global

Relation:

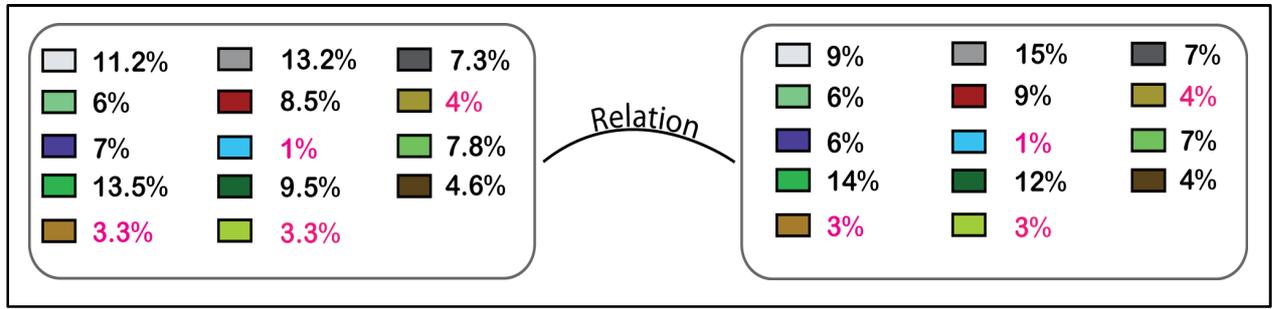


Abbildung 32: Relation der Evaluation der Flächenbeziehungen

Die Relation vergleicht die Flächenanteile der verschiedenen Grundtypen vor und nach der Generalisierung miteinander.

$$R \subseteq A \times B$$

Jedes Element der Menge A ist dabei ein Grundtyp vor der Generalisierung, jedes Element der Menge B eines danach.

#### Anwendung

Diese Relation evaluiert wie sich die Flächenanteile der Grundtypen mit der Generalisierung verändert haben und stellt sicher, dass sich diese Änderung in einem vom Benutzer gewünschten Rahmen hält.

#### Implementierung

**Input:**

Sämtliche Polygone vor und nach der Generalisierung.

**Output:**

Eine Angabe ob sich die Veränderungen in den vorgegebenen Grenzen halten.

**Methoden:**

flächenevaluation():

Prüft die Grundtypen der Karte ob sich die Veränderungen der Flächenanteile während der Generalisierung nicht über einem gewünschten Grenzwert bewegen.

## 6.4 Semantische Relationen

Semantische Relationen haben eine übergeordnete Bedeutung. Sie betrachten jeweils einen Objekttyp und beschreiben die Relationen zwischen diesen Typen.

### 6.4.1 Relation der semantischen Ähnlichkeit

horizontal – global

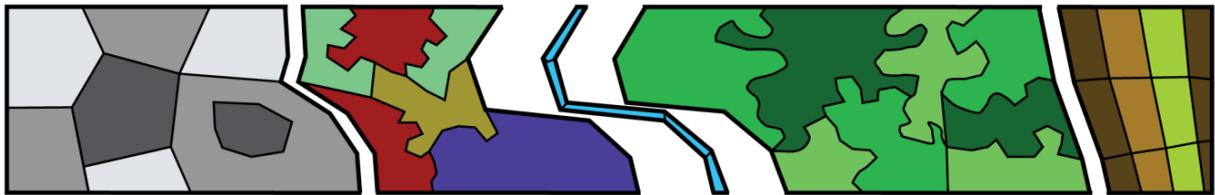


Abbildung 33: Beispielkarte für Relationen der semantischen Ähnlichkeit

Relation:

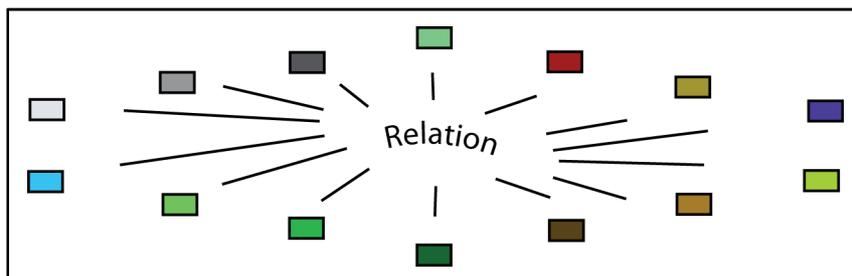


Abbildung 34: Relation der semantischen Ähnlichkeit

Die Relation vergleicht die verschiedenen Typen miteinander und bringt sie in eine Ähnlichkeitsreihenfolge.

$$R \subseteq A_1 \times \dots \times A_n$$

Dabei sind  $A_1$ - $A_n$  die verschiedenen Objekttypen wie Nadelwald, Laubwald, Getreide, Gemüse, Industrie, Wohngebiet, Gewässer...

Anwendung:

Diese Relation dient dazu semantische Ähnlichkeiten festzulegen. Dies ist eine Entscheidungshilfe für den Fall, dass ein Polygon gelöscht wird und sein Flächeninhalt einem Nachbarpolygon zugeteilt werden soll.

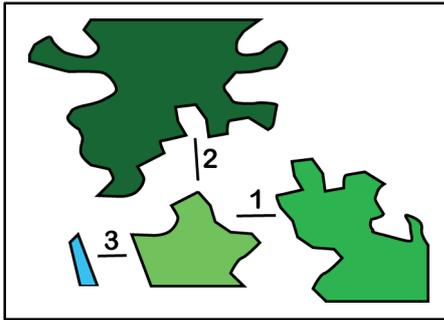


Abbildung 35: Entscheidung für Flächenzuweisung

Dazu wird ein Polygon mit seinen Nachbarn verglichen und mittels Nummern erfasst, zu welchem Polygon die grösste semantische Ähnlichkeit besteht.

### **Implementierung:**

Die semantischen Ähnlichkeiten müssen den Kartendaten beiliegen oder manuell eingegeben werden. Unter Umständen ist eine automatische Ermittlung möglich, falls Kartendaten ohne Legende vorliegen. Fall verschiedene Objekttypen unterschiedlich eingefärbt sind, könnte die Reihenfolge der semantischen Ähnlichkeit unter Umständen aus dem Farbverlauf abgeleitet werden.

### **Input:**

Ein Polygon, welches untersucht werden soll.

### **Output:**

Die Ähnlichkeiten der benachbarten Polygone.

### **Methoden:**

semähnlichkeitsprüfung():

Diese Methode vergleicht ein gegebenes Polygon mit seinen Nachbarn und entscheidet aufgrund der in dieser Relation gespeicherten semantischen Ähnlichkeit, zu welchem Nachbarpolygon die grösste Anziehung besteht.



[Spiess et al. (2002) S. 49]

**Implementierung:**

Die gewünschte Priorität muss manuell mitgeliefert werden.

**Input:**

Die verschiedenen Typen und Prioritäten.

**Output:**

Ein Vektor der die Priorität für jedes Polygon speichert.

**Methoden:**

getprioritäten():

Diese Methode gibt die Priorität für ein gewünschtes Polygon aus, so dass diese Information im Generalisierungsprozess verwendet werden kann.

## 6.5 Strukturelle Relationen

Strukturelle Relationen dienen der Erkennung und Bewahrung von Mustern in Karten. Diese sind unter Umständen nicht auf den ersten Blick ersichtlich jedoch ein wichtiges Merkmal für die Orientierung des Kartenbenutzers.

### 6.5.1 Relation des Entwicklungsprozesses

horizontal – global

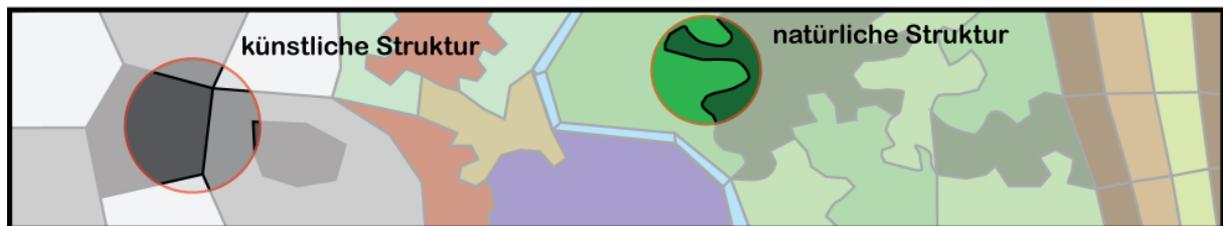


Abbildung 38: Beispielkarte für Relationen des Entwicklungsprozesses

#### Relation:

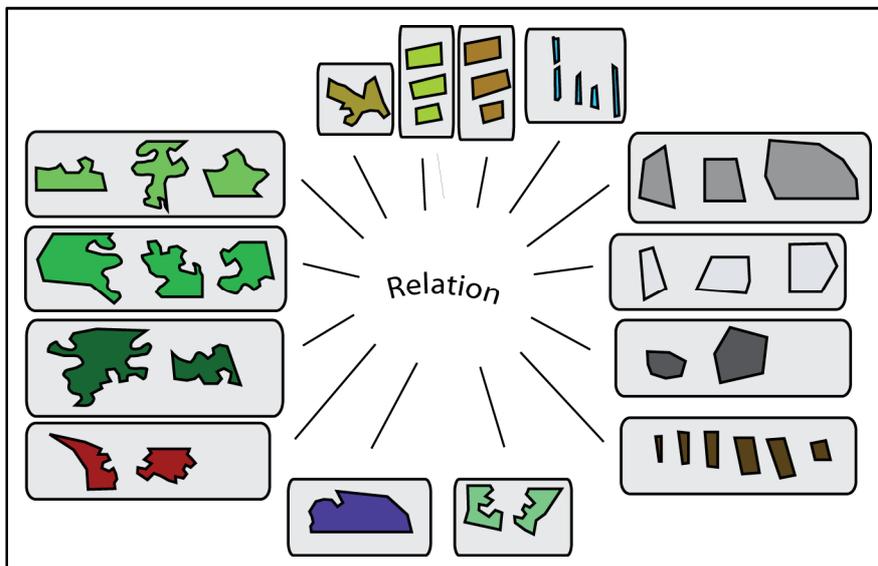


Abbildung 39: Relation des Entwicklungsprozesses

Diese Relation vergleicht die verschiedenen Mengen miteinander. Dabei wird jeweils jede Menge in seiner Gesamtheit mit allen zugehörigen Polygonen betrachtet.

$$R \subseteq A_1 \times \dots \times A_n$$

Dabei sind  $A_1$ - $A_n$  die verschiedenen Objekttypen wie Nadelwald, Laubwald, Getreide, Gemüse, Industrie, Wohngebiet, Gewässer...

**Anwendung:**

Diese Relation beschreibt welche Information der Kartenbenutzer über die Entstehung der auf der Karte dargestellten Objekte lesen kann. In erster Linie soll dabei ermittelt werden, ob Polygone eher künstliche oder natürliche Merkmale besitzen. Diese soll im Generalisierungsprozess bewahrt werden, so dass zum Beispiel nach der Generalisierung ein Waldgebiet mit eher runden Grenzen nicht mit eckigen Kanten dargestellt wird.

**Implementierung:**

Die Gruppierung der Polygone in die verschiedenen Kategorien erfolgt mit Hilfe ihrer Form, insbesondere der Untersuchung der Kanten auf unnatürliche Winkel.

**Input:**

Sämtliche Polygone.

**Output:**

Vektoren für die gruppierten Objekte.

**Methoden:**

gruppieren():

Diese Methode gruppiert die Polygone in die drei Gruppen: natürliche Polygone, künstliche Polygone, undefinierbare Polygone.

**6.5.2 Relation des Alignments**

**horizontal – regional**

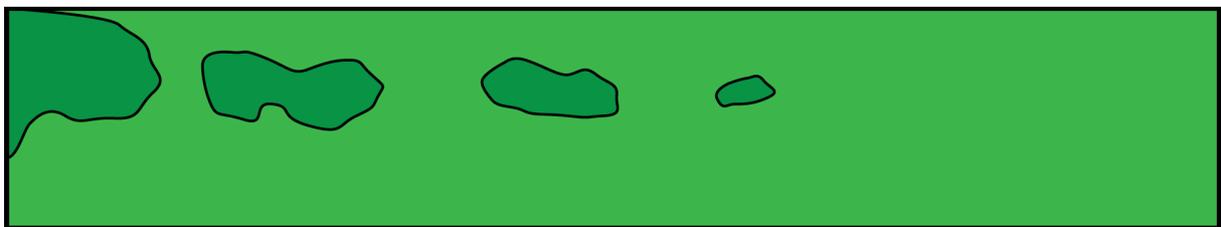


Abbildung 40: Beispielkarte für Relationen des Alignments

**Relation:**

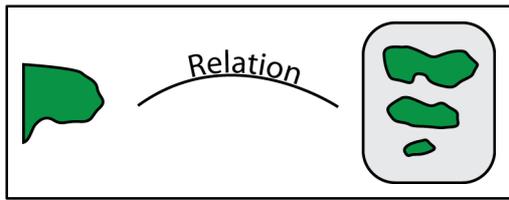


Abbildung 41: Relation des Alignments

Diese Relation besteht zwischen einem Ursprungsobjekt und mehreren weiteren Objekten. Mit nur zwei Objekten kann diese Relation nicht existieren da zwischen zwei Objekten immer ein Alignment besteht.

$$R \subseteq A \times A$$

Dabei beinhaltet die Menge A einen Polygontyp dessen Elemente auf Alignment untersucht werden wollen.

### **Anwendung:**

Diese Relation untersucht, ob mehrere Polygone gleichen Typs in einer Linie angeordnet sind. Dies ist ein markantes Merkmal für den Kartenbenutzer und sollte darum bewahrt werden.

### **Implementierung**

#### **Input:**

Sämtliche Polygone.

#### **Output:**

Einen Vektor der die gefundenen Alignments speichert.

#### **Methoden:**

alignment:

Diese Methode überprüft alle Polygone mit Hilfe ihres Schwerpunktes auf Alignment und speichert allfällige Funde in einem Vektor.

## **6.5.3 Relation des vertikalen Alignments**

**vertikal - regional**

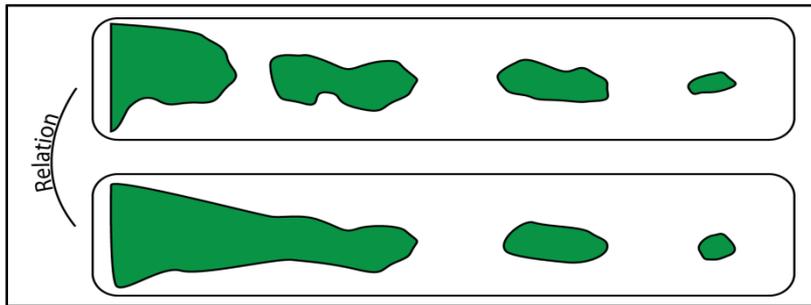
**Relation:**

Abbildung 42: Relation des vertikalen Alignments

Die Relation untersucht eine Gruppe von Objekten die ein Alignment bilden vor und nach der Generalisierung.

$$R \subseteq A \times B$$

Die Menge A beinhaltet die Alignments vor der Generalisierung, die Menge B diejenigen danach.

**Anwendung:**

Diese Relation untersucht wie gut die Alignments im Generalisierungsprozess beibehalten werden und korrigiert die Ausrichtung der Polygone in der generalisierten Karte gegebenenfalls.

**Implementierung:****Input:**

Die Alignments vor und nach der Generalisierung.

**Output:**

Die korrigierten Alignments nach der Generalisierung.

**Methoden:**

alignmentprüfung:

Diese Methode überprüft bei sämtlichen Alignments nach der Generalisierung ob die Ausrichtung noch mit der Originalsituation übereinstimmt.

## **7 EIGENE SYSTEMATIK**

Abschliessend soll eine eigene Systematik erarbeitet werden, die Elemente aus sämtlichen vorgestellten Ansätzen beinhaltet und die geeignet ist um Relationen für die Generalisierung von Polygonnetzen zu entwickeln.

### **7.1 Grundlage**

Aus Ruas. et al. (1999) :

Die von Ruas et al. (1999) verwendete Möglichkeit, Mikro, Meso und Makro Ebenen zu unterscheiden ist auch bei der Verwendung von verschiedenen Relationen sinnvoll. Diese Idee wird darum aufgenommen aber die Kategorien leicht geändert, so dass Relationen in lokal, regional und global eingeteilt werden können. Dazu müssen die Kategorien von Ruas et al (1999) angepasst werden. Die von ihnen verwendete Mikro Ebene ist für den Gebrauch mit Relationen wenig sinnvoll, da sie jeweils nur ein einzelnes Objekt umfasst. Relationen existieren definitionsgemäss zwischen mehreren Objekten, daher ist die Konzentration auf ein Einzelnes nicht sinnvoll.

Als kleinste Einheit wird deswegen die Lokale verwendet. Relationen dieser Ebene betreffen jeweils nur die umliegende Nachbarschaft eines Polygons.

Die regionale Ebene umfasst Beziehungen, die sich nur mit einem Teilgebiet der Gesamtkarte befassen aber mehr als die direkte Nachbarschaft benötigen. Dies können Relationen sein, die nur in einem abgegrenzten Teilstück wirken oder solche, die von einem Startpolygon aus wachsen und deren Wirkungsgrad vom Benutzer definiert werden kann.

Als globale Relationen verbleiben solche, die sich direkt mit den vorkommenden Polygontypen befassen also die zum Beispiel semantischen Beziehungen zwischen Wald, Wasser und Siedlungsflächen regeln. Zusätzlich finden sich in dieser Kategorie Relationen die nur Sinn machen wenn sie über den Gesamtbereich der Karte betrachtet werden. Deren Resultate können durchaus nur in einem Teilgebiet betrachtet werden, für die Berechnung der Relationsresultate sollte jedoch auf alle verfügbaren Polygone zugegriffen werden.

Aus Bobzien, Burghardt et al. (2007):

Das Hauptunterscheidungskriterium zur Unterscheidung von Relationen im Ansatz von Bobzien, Burghardt et al. (2007) ist die Unterteilung in Horizontal, Vertikal und Update. Diese Einteilung ist und auch für Relationen im Generalisierungsprozess von Polygonnetzen sinnvoll verwendbar. Allerdings soll der Fokus auf horizontale Relationen gelegt werden, da diese die Grundlage für die Generalisierung legen. Einige Vertikale Relationen werden verwendet, vorwiegend zur Überprüfung der durchgeführten Generalisierung. Update Relationen sind jedoch nicht nutzbar da keine Daten zu verschiedenen Zeitpunkten betrachtet werden. Sie könnten aber in einem späteren Schritt hinzugefügt werden.

Aus Steiniger, Weibel (2007):

Das Konzept von Steiniger und Weibel (2007) teilt die Relationen in fünf Obergebiete ein. Geometrische Relationen, Topologische Relationen, Strukturelle Relationen, Semantische Relationen sowie Statistische Relationen. Diese Gebiete eignen sich sehr gut um die einzelnen Relationen voneinander zu unterscheiden, jedoch sind sie für einen konkreten, praktischen Leitfaden untergeordnet zu betrachten, da diese Unterteilung Beziehungen und gleiche Vorgehensweisen von Relationen aus unterschiedlichen Obergebieten nicht berücksichtigt. Diese Merkmale sind in der praktischen Umsetzung wichtiger und werden in den bereits vorgestellten Ansätzen von Bobzien, Burghardt et al. (2007) sowie Ruas et al. (1999) besser berücksichtigt.

## **7.2 Eigener Ansatz**

Für die vorgestellten Relationen würde die Einteilung folgendermassen aussehen.

	Lokal	Regional	Global
Vertikal	Relation der Formvereinfachung Relation der Core - Area	Relation des vertikalen Alignments	Relation der Evaluation der Flächenbeziehungen
Horizontal	Relation der Inselpolygone	Relation der Nachbarschaftsordnung Relation der Flächenbeziehung nach Typ Relation der Flächenbeziehung mit manueller Unterteilung Relation der Kategoriebeziehung mit manueller Unterteilung Relation des Alignments	Relation der Formähnlichkeit Relation der Größenproportionen Relation der Flächenbeziehung Relation der semantischen Ähnlichkeit Relation der Prioritäten Relation des Entwicklungsprozesses

geometrische Relationen  
 topologische Relationen  
 statistische Relationen  
 strukturelle Relationen  
 semantische Relationen

Abbildung 43: Übersichtsschema

Eine weitere wichtige Eigenschaft, auf die in den drei Konzepten nicht eingegangen wird, ist der Anwendungszeitpunkt der verschiedenen Relationen. Je nach Zweck ist es entscheidend ob die Relationen vor, während oder nach der Generalisierung zum Einsatz kommen. Dies ist auch wichtig, da unter Umständen bereits berechnete Karteninformation aus einer Relation für eine andere wiederverwendet werden kann oder sogar muss. In einzelnen Fällen kann das eine untergeordnete Rolle spielen, bei der Entwicklung einer umfassenden Systematik für die Generalisierung eines gesamten Polygonnetzes ist dies jedoch eine wichtige Eigenschaft des Zusammenspiels der Relationen.

Die vertikalen Relationen werden als letzte berechnet, da sie Beziehungen zwischen verschiedenen Generalisierungsstufen untersuchen und diese Generalisierungen erst mit Hilfe der horizontalen Relationen durchgeführt werden müssen. Bei den horizontalen Relationen sollte mit den globalen Relationen begonnen werden, da diese jeweils die Gesamtkarte benötigen und es von Vorteil ist, wenn solche globalen Resultate für die regionalen und lokalen Relationen bereits vorliegen. Dies macht Sinn wenn bedacht wird, dass globale Relationen unter anderem semantische Eigenschaften beschreiben und eine allfällige Änderung der Anzahl der semantischen Objekttypen abgeschlossen sein sollte, bevor Relationen behandelt werden die mit diesen Typen arbeiten. Eine Gefahr dieses Vorgehens ist jedoch, dass bei gewissen Prob-

lemen die Berechnung aller globalen Relationen nicht nötig ist und bei diesem Vorgehen zu viel Rechenleistung verwendet wird, ohne dass daraus ein Nutzen entsteht.

### **7.3 Anwendungsbeispiel**

Die hier entwickelte Systematik dient der Problemlösung im Bereich der Generalisierung von Polygonnetzen in thematischen Karten. Liegt zum Beispiel eine Bodentypenkarte vor die mit dieser Methode generalisiert werden soll, so kann obiges Schema (Abbildung 43) als Hilfestellung genutzt werden. In einem ersten Schritt sollten zusätzliche Relationen erarbeitet werden die für Bodentypenkarten speziell von Nutzen sein können und diese dem Schema anschliessend hinzugefügt werden. Nun können die Relationen der Reihe nach ausgeführt werden. Durch die Einteilung in die verschiedenen Kriterien ist die korrekte Reihenfolge gegeben. Im nächsten Schritt können sowohl die neu hinzugefügten, wie auch eine gewünschte Auswahl aus bereits bestehenden Relationen der Reihe nach verwendet werden. Die generalisierte Karte kann mit vertikalen Relationen evaluiert und unter Umständen verbessert werden. Mit diesem Vorgehen kann eine automatische Generalisierung mit Hilfe von kartographischen Relationen durchgeführt werden.

Mit diesen Schritten kann eine praktische Oberfläche geschaffen werden, um Polygonnetze mit Hilfe von Relationen automatisch zu generalisieren. Die hier erarbeiteten Grundlagen sollen als Wegweiser und Hilfe dienen, wie eine praktische Umsetzung aussehen könnte und wie die verschiedenen Relationen gewählt und umgesetzt werden können. Der Ansatz kann je nach Anwendungszweck ausgebaut und erweitert werden.

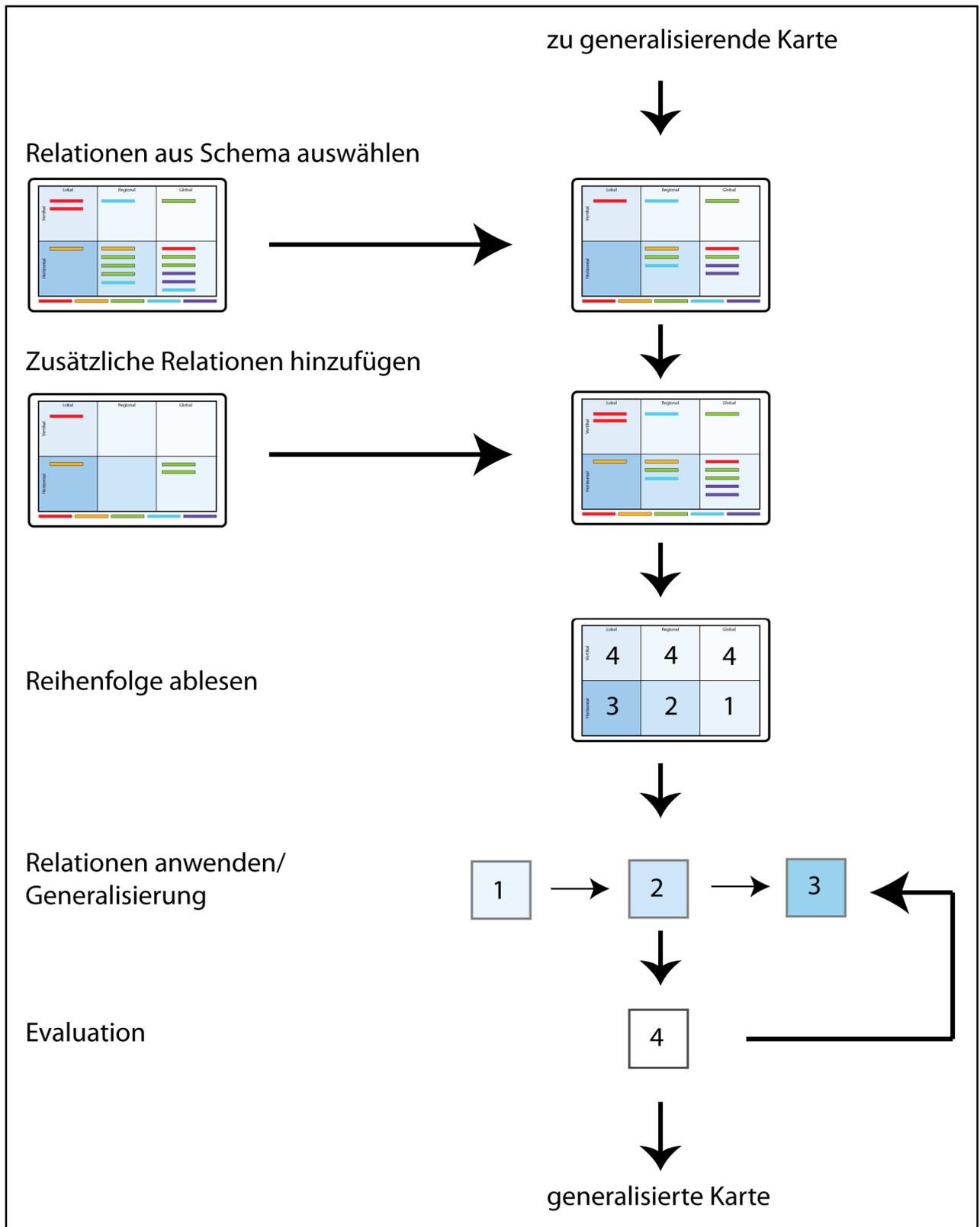


Abbildung 44: Vorgehen

## **8 SCHLUSSTEIL**

### **8.1 Zusammenfassung**

Kartographische Relationen sind vergleichsweise junge Methoden um die automatische Generalisierung zu unterstützen. Daher wurden drei Ansätze, wie mit Relationen bisher gearbeitet wurde, vorgestellt. Jedes dieser Konzepte nutzt eine unterschiedliche Herangehensweise, wie Relationen eingesetzt werden können. Daher bieten sie auch verschiedene Vor- und Nachteile. Ein gemeinsamer Kritikpunkt an sämtlichen bisherigen Verwendungen von kartographischen Relationen im Generalisierungsprozess ist die Beschränkung auf jeweils einen kleinen Problembereich. So existiert noch keine Anwendung um eine Gesamtkarte mit Hilfe von Relationen zu generalisieren. Die verschiedenen Ansätze sind aufgrund der unterschiedlichen Systematiken auch nicht miteinander kombinierbar. Daher sollte für die Generalisierung von Polygonnetzen keine von Grund auf neue Methode generiert werden, sondern versucht werden, eine Lösung zu finden, welche die verschiedenen Ansätze kombiniert. Damit wurde ein System entwickelt, das den Vorgang der Generalisierung mit Hilfe von Relationen beschreibt und unterstützt.

### **8.2 Diskussion**

Die vorgeschlagene Systematik dient als Hilfe für die automatische Generalisierung mit kartographischen Relationen von Polygonnetzen. Durch die Kombination aus mehreren bereits bestehenden Ansätzen bietet sie eine vielseitige Unterstützung in der Wahl der geeigneten Relationen. Diese lassen sich beliebig und je nach Verwendungszweck kombinieren und erweitern. Ein weiterer Vorteil des erarbeiteten Schemas ist die Erkennung des Zeitpunktes wann eine Relation durchgeführt werden soll. Des Weiteren wurde Wert auf die Vorgehensweise gelegt, wie eine praktische Lösung erarbeitet werden kann. Um dies zu erreichen wurden mögliche Relationen aufgezeigt und jeweils auch Ideen zu deren Implementierung geliefert.

Als Schwachstelle muss die fehlende praktische Umsetzung erwähnt werden. Ohne diesen Schritt lässt sich die Qualität des entwickelten Ansatzes nicht überprüfen. Zusätzlich stellt sich die Frage ob diese kombinierte Systematik in der Praxis Vorteile gegenüber den einzelnen Ansätzen bringt. Auch muss in der Praxis geklärt werden wie sinnvoll die einzelnen Relationen sind, insbesondere ob es sich jeweils lohnt ein Problem als Relation zu beschreiben oder ob die Information direkt aus den Daten berechnet werden kann falls sie benötigt wird.

### **8.3 Ausblick**

Die im Laufe dieser Arbeit entwickelten Resultate sind der Grundstein für die Generalisierung einer Polygonkarte mit Hilfe von kartographischen Relationen. Das Konzept lässt sich je nach Verwendungszweck erweitern. Daher ist diese Grundlage auch für andere Kartendaten als Polygonnetze verwendbar. Die entwickelte Systematik kann dafür als Ausgangspunkt dienen, dem zusätzliche Relationen hinzugefügt werden. Eine wichtige Erweiterung dieser Arbeit ist natürlich die praktische Umsetzung der vorgeschlagenen Vorgehensweise. Erst damit lässt sich die Qualität und Durchführbarkeit der vorgeschlagenen Relationen und deren Unterteilung prüfen. Die Grundlagen hierfür wurden mit dieser Arbeit geliefert, die weiteren Schritte wären die Implementierung der verschiedenen Methoden und die Hinzufügung von einigen Generalisierungstools wie Linienvereinfachung, die nicht als Relationen behandelt werden. Anschliessend sollte der Relationsansatz evaluiert werden um zu überprüfen, ob diese Methode einen Vorteil gegenüber konventionellen Möglichkeiten bietet. Diese Frage bleibt nach wie vor ungeklärt, da die Forschung mit Relationen noch relativ jung ist und zu wenige Generalisierungsansätze, die mit kartographischen Relationen arbeiten, vorliegen.

## **9 LITERATUR**

### **9.1 Gedruckte Quellen**

- AI, T.; VAN OOSTERUM, P. (2002): A displacement method based on field analysis. In : IAPRS XXXIV(2), Commission II, Xi'an.  
[http://www.isprs.org/commission2/proceedings02/paper/001\\_107.pdf](http://www.isprs.org/commission2/proceedings02/paper/001_107.pdf) (Zugriff: 22.04.2008).
- BARD, S. (2004): Quality assessment of cartographic generalisation. In : Transactions in GIS 8(1) : 63-81.
- BARR, S. L.; BARNESLEY, M.J.; Steel, A. (2004): On the separability of urban land-use categories in fine spatial scale land-cover data using structural pattern recognition. In: Environment and Planning B, 31(3): 397-418.
- BOBZIEN, M.; BURGHARDT, D.; PETZOLD, I.; NEUN, M.; WEIBEL, R. (2008): Multi-Representation Databases with Explicitly Modelled Horizontal, Vertical and Update Relations. In : Cartography and Geographic Information Science, Vol. 35, No. 1, pp. 3-16.
- GUSTAFSON, E.J. (1998): Quantifying landscape spatial pattern: What is the state of the art? In: Ecosystems 1(2): 143-156.
- LAMY, S.; RUAS, A.; DEMAZEY, Y.; JACKSON, M.; MACKANESS, W.; WEIBEL, R. (1999): The Application of Agents in Automated Map Generalization. In: Proceedings of the 19th International Cartographic Conference of the ICA, Ottawa, Canada, 1225-1234.
- MOREHOUSE, S. (1995): GIS-based map compilation and generalization. In: GIS and Generalization: Methodology and Practice. Eds. J.C. Müller, J.P. Lagrange, R. Weibel. Bristol: Taylor & Francis, 21-30.
- MÜLLER, J.C.; LAGRANGE, J.P.; WEIBEL, R.; SALGÉ F. (1995): Generalisation : state of the art and issues. In: GIS and Generalization: Methodology and Practice. Eds. J.C. Müller, J.P. Lagrange, R. Weibel. Bristol: Taylor & Francis, 3-17.
- OGC. (1998a): The OpenGIS Specification Model, Topic 1: Feature Geometry. 98-101, Open GIS Consortium, Wayland, MA.

SPIESS, E.; BAUMGARTNER, U., ARN, S., VEZ, C. (2002): No. 16: Topografische Karten – Kartengrafik und Generalisierung. Schweizerische Gesellschaft für Kartographie

SPIESS, E. (1983): Revision of topographic maps: Photogrammetric and cartographic methods of the Fribourg Test. In: The Photogrammetric Record 11 (61) , 29–42.

SPIESS, E.; (1995): The need for generalization in GIS environment. In: GIS and Generalization: Methodology and Practice. Eds. J.C. Müller, J.P. Lagrange, R. Weibel. Bristol: Taylor & Francis, 31-46.

STEINIGER, S.; WEIBEL, R. (2007): Relations between Map Objects in Cartographic Generalization. In Cartography and Geographic Information Science; Volume 34, Number 3, July 2007, 175-197(23).

## **9.2 Quellen aus dem Internet**

<http://de.wikipedia.org/wiki/Menge>; Zugriff 21.03.08 13:00

[http://de.wikipedia.org/wiki/Relation\\_\(Mathematik\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Relation_(Mathematik)); Zugriff: 19.03.08 15:00

**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.

Mathias Haldimann