

Nachhaltige Generalisierung topographischer Daten

Matthias Ellsiepen

Zusammenfassung

Obwohl die automatische Generalisierung topographischer Daten seit langem Forschungsgegenstand ist, sind aktuell kaum praxistaugliche Verfahren mit Produktcharakter verfügbar. Die Probleme, die bei der Generalisierung in der Praxis durch Fortführung der Ausgangsdaten und Randanpassung entstehen, werden als Haupthindernisse für die flächendeckende Einführung von automatischen Generalisierungsverfahren gesehen.

Zur Lösung dieser Probleme wird ein entsprechendes Rahmenkonzept für die Generalisierung vorgestellt, welches die Nachhaltigkeit des Verfahrens sicherstellt. Die Tragfähigkeit dieser Lösung wird ausführlich anhand eines Beispiels aus dem AGeoBw¹-Projekt »Modellgeneralisierung von TOPIS²-Daten« belegt.

Summary

While automatic generalization of topographic data has been object of research for a long time, hardly any solution for practical use with the characteristics of a product is available, currently. Problems that occur when updating source data or matching results at the borders are seen as main obstacles that prevent a wide launch of automatic generalization.

A frame concept for generalization that solves these problems and ensures sustainability is introduced. The capacity of this solution is proved by a sample from the AGeoBw¹-project »model generalization of TOPIS²-data«.

1 Einführung

Die automatische Generalisierung topographischer Daten spielt bei der durchgängigen Automation kartographischer Arbeitsprozesse eine entscheidende Rolle. Aus diesem Grund nimmt dieser Themenbereich seit vielen Jahren einen Schwerpunkt innerhalb der kartographischen Forschung ein. Der diesbezüglich vorliegende wissenschaftliche Erkenntnisstand ist durch zahlreiche Veröffentlichungen dokumentiert.

Ein entscheidender Umstand, der die praxistaugliche Einführung automatischer Generalisierungsverfahren in der Vergangenheit behindert hat und auch heute noch behindert, ist die Tatsache, dass zwar viele Teilaspekte der Generalisierung erforscht wurden, aber kaum eine Generalisierungssoftware marktverfügbar ist, die einen integrierenden Produktcharakter hat. Diese Unzulänglichkeit, die viele Ansätze für den praktischen Einsatz ungeeignet erscheinen lässt, kann an zwei oftmals unzureichend berücksichtigten Problemstellungen festgemacht werden:

- Eines der größten Probleme besteht in der Fortführung und Aktualisierung der einmal generalisierten Daten. Der einfachste und häufig dazu angebotene Lösungsweg ist die vollständige Neugeneralisierung des Gesamtdatenbestands einschließlich der fortgeführten Ausgangsdaten. Dieser Vorgehensweise stehen zwei entscheidende Nachteile entgegen. Einerseits benötigt die vollständige Neugeneralisierung deutlich mehr Computer-Ressourcen als für die Generalisierung der nur durch Änderung betroffenen Bereiche erforderlich sind. Noch schwerwiegender ist jedoch der Verlust aller Ergebnisse der manuellen Nachbearbeitung des Generalisierungsergebnisses. Da gerade bei der kartographischen Generalisierung immer noch von einem gewissen Prozentsatz von Objekten auszugehen ist, die nicht zufrieden stellend generalisiert werden, entsteht in Abhängigkeit vom Umfang der Daten erheblicher Zeit- und Kostenaufwand.
- Ein weiteres Problem ergibt sich an den gemeinsamen Rändern von für sich selbst generalisierten räumlichen Gebieten. Dieses Problem tritt immer dann auf, wenn auf Grund des Datenvolumens oder aus organisatorischen Gründen zwei benachbarte Realweltausschnitte getrennt generalisiert werden und die Generalisierungsergebnisse anschließend aneinander passen sollen. Da die Objekte im Randbereich zum Zeitpunkt der Generalisierung keine Informationen über ihre Nachbarobjekte im jeweils anderen Ausschnitt haben, entstehen mit einer hohen Wahrscheinlichkeit Generalisierungsergebnisse mit einer Inhomogenität am gemeinsamen Rand.

Nachfolgend soll ein Verfahren vorgestellt werden, welches die vollständige Lösung zu den beiden oben genannten Problemstellungen aufzeigt. Im Rahmen seiner Implementation mit der SupportGIS-Technologie der CPA Geo-Information beweist es derzeit seine Praxistauglichkeit in dem AGeoBw-Projekt »Modellgeneralisierung von TOPIS-Daten«. Zugleich ist dieses Verfahren und damit die dabei entstandene Software leicht auf artverwandte Problemstellungen adaptierbar, insbesondere auf die Generalisierung derzeitiger ATKIS³- oder zukünftiger AAA⁴-Fachdatenstrukturen.

1 AGeoBw: Amt für Geoinformationswesen der Bundeswehr

2 TOPIS: Topographisches Informationssystem der Bundeswehr

3 ATKIS®: Amtliches Topographisches Kartographisches Informationssystem

4 AAA: AFIS®-ALKIS®-ATKIS®

2 Rahmenkonzept

Der gesamte Generalisierungsprozess wird im Weiteren als eine Verkettung einzelner mehr oder weniger lokal operierender Funktionen verstanden. Dabei sind die Generalisierungsergebnisse einer Funktion wieder Ausgangsdaten eines nachfolgenden Generalisierungsschrittes. Diese Vorgehensweise ist erforderlich, da die Generalisierungsfunktionen, wie in Abschnitt 2.3 erläutert wird, bestimmte Eigenschaften aufweisen müssen, um die angestrebte partielle Neugeneralisierung im Rahmen von Fortführungen zu ermöglichen. Im Vergleich zu existierenden Lösungen, die mit der Eigenschaft einer Blackbox alle Daten vollständig generalisieren, bietet dieses Vorgehen den Vorteil der größtmöglichen Transparenz und Nachvollziehbarkeit für den Benutzer. Darüber hinaus vereinfacht es die Durchführung und Überwachung manueller Veränderungen an den Generalisierungsparametern und verbessert insgesamt die Dokumentation des Generalisierungsergebnisses.

Um die Strategie des gewählten Generalisierungsprozesses zu verdeutlichen, soll beispielhaft die Modellgeneralisierung der Grundobjekte eines digitalen Landschaftsmodells (DLM) betrachtet werden. Bei dieser Art Generalisierung geht es darum, die Daten eines DLM höherer Auflösung in ein DLM mit geringerem Strukturierungsgrad und damit niedrigerer Auflösung zu überführen. Dabei werden unter dem Begriff »Grundobjekt« diejenigen Objekte verstanden, die für den gesamten Datenbestand flächendeckend und überschneidungsfrei vorliegen und üblicherweise die Nutzung beschreiben. Obwohl in diesem Beispiel nur auf die Modellgeneralisierung eingegangen wird, ist das Konzept gleichermaßen auf alle denkbaren Aufgaben in der Generalisierung anwendbar und lässt sich daher sowohl für die Modellgeneralisierung als auch für die kartographische Generalisierung einsetzen.

2.1 Generalisierungsfunktionen

Für die Generalisierung der Grundobjekte werden die folgenden drei Elementarfunktionen benötigt:

- *Gleichartige_Flächen_zusammenfassen*
- *Zu_kleine_Flächen_eliminiieren*
- *Liniengeometrie vereinfachen*

Der Generalisierungsprozess wird – entsprechend der gewählten Generalisierungsstrategie – über eine Verkettung dieser einzelnen Funktionen abgebildet; seine Wirkungsweise ist in den Abb. 1 und 2 dokumentiert.

In der linken Hälfte von Abb. 1 wird die Ausgangssituation wiedergegeben. Inmitten hauptsächlich landwirtschaftlich genutzter Flächen befindet sich eine kleine Ortslage. Am westlichen Rand des Datenbestandes erstreckt sich ein kleines Waldstück.

Auf diese Ausgangssituation wird als Erstes die Elementarfunktion *Gleichartige_Flächen_zusammenfassen* angewendet. Diese Funktion fasst Flächen, die hinsichtlich ihrer fachlichen Attributierung völlig identisch sind, zu größeren Einheiten zusammen. Der Vorteil besteht darin, dass man es im Folgenden mit weniger und größeren Flächen zu tun hat. Es können zudem anhand semantischer Kriterien Objektarten mit linienhafter Geometrie festgelegt werden, über die hinweg keine Zusammenfassung erfolgen soll. Je nach Strukturierung der Ausgangsdaten kann dieser Schritt auch entfallen. Die rechte Hälfte von Abb. 1 zeigt das Ergebnis dieses Generalisierungsschrittes.

Auf die Objekte, die als Ergebnis des ersten Generalisierungsschrittes entstanden sind, wird die Elementarfunktion *Zu_kleine_Flächen_eliminiieren* angewendet. Auf Grund der Erfassungskriterien des Ziel-DLMs sind nur Flächen ab einer bestimmten Mindestgröße zulässig. Folglich müssen kleinere Flächen eliminiert werden und, um die Flächendeckung aufrechtzuerhalten, diese zu ausreichend großen Flächen vereinigt oder der benachbarten Fläche eines Grundobjekts zugeschlagen werden. Die Vereinigung der Flächen wird dabei über fachliche Kriterien gesteuert, die Schürer (2002) festgelegt hat. Dabei bringt jede Fläche ihre semantischen Eigenschaften gewichtet mit der Flächengröße in die Vereinigung ein. Die linke Hälfte von Abb. 2 zeigt das Ergebnis dieses zweiten Generalisierungsschrittes. Die Mindestgröße wurde in diesem Beispiel mit 1 ha festgelegt. Man erkennt deutlich, dass die kleinen Hofflächen im Umland des Ortes verschwunden sind. Auch die kleine Grünfläche innerhalb der Ortslage wurde eliminiert.

Als letzter Schritt wird auf dieses Generalisierungsergebnis die Elementarfunktion *Liniengeometrie vereinfachen* angewendet. Dies geschieht mit dem Ziel, die Punktdichte der Umringslinien der Flächen an die Modellauflösung des Ziel-DLMs anzupassen. Bei diesem Beispiel wurde der Mindestpunktabstand auf 75 m festgelegt. Das entspricht bei einem Ziel-DLM für den Kartenmaßstab 1 : 250.000 einer Strecke von 0,3 mm in der Karte. Der für die Vereinfachung verwendete Algorithmus ist eine Eigenentwicklung, da die bekannten Standardalgorithmen, z. B. Douglas/Peucker (1973) oder Weber (1978), nach eigener Einschätzung nicht zu den Ergebnissen führen, die aus fachlicher Sicht gewünscht werden. Abb. 3 stellt die Ergebnisse der Liniengeneralisierung gegenüber.

Algorithmen, die die Punktdichte durch bloßes Ausdünnen von Punkten reduzieren, können nicht zum gewünschten Ergebnis führen, weil sie nicht dem Vorgehen des Kartographen bei der Generalisierung entsprechen. Um bei der Vereinfachung der Liniengeometrie möglichst gute Resultate zu erzielen, muss der Algorithmus die Entscheidungsprozesse eines Kartographen, der die Generalisierung manuell durchführt, nachbilden. Dies findet beim aktuell zum Einsatz gebrachten Algorithmus Berücksichtigung. Eine detaillierte Beschreibung dieses vergleichsweise komplexen Algorithmus würde an dieser Stelle zu

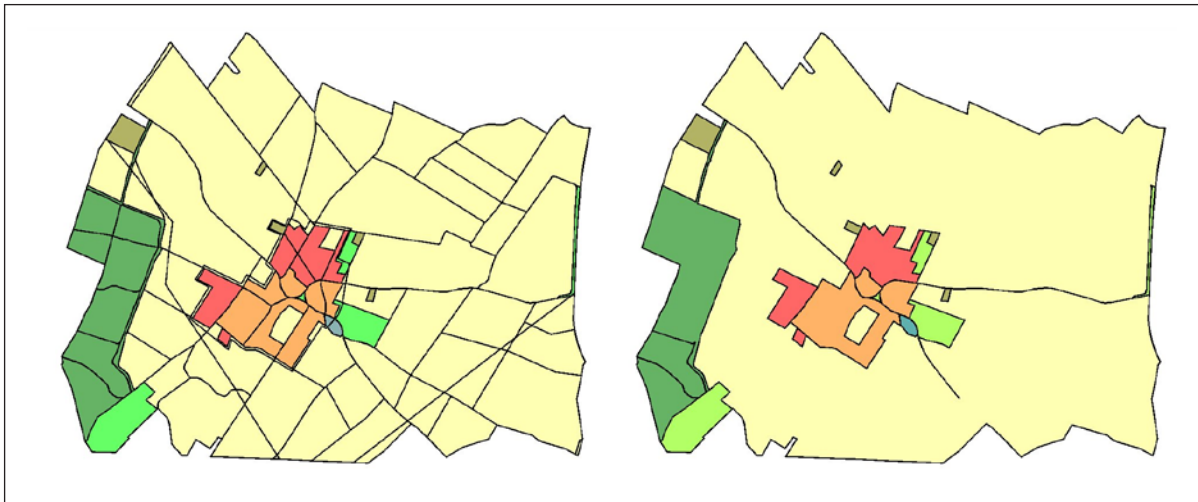


Abb. 1: Links: Ausgangssituation. Rechts: Ergebnis des ersten Generalisierungsschrittes
Gleichartige_Flächen_zusammenfassen.



Abb. 2: Links: Ergebnis des zweiten Generalisierungsschrittes – *Zu_kleine_Flächen_elimिनieren.*
Rechts: Ergebnis des letzten Generalisierungsschrittes – *Liniengeometrie_vereinfachen.*

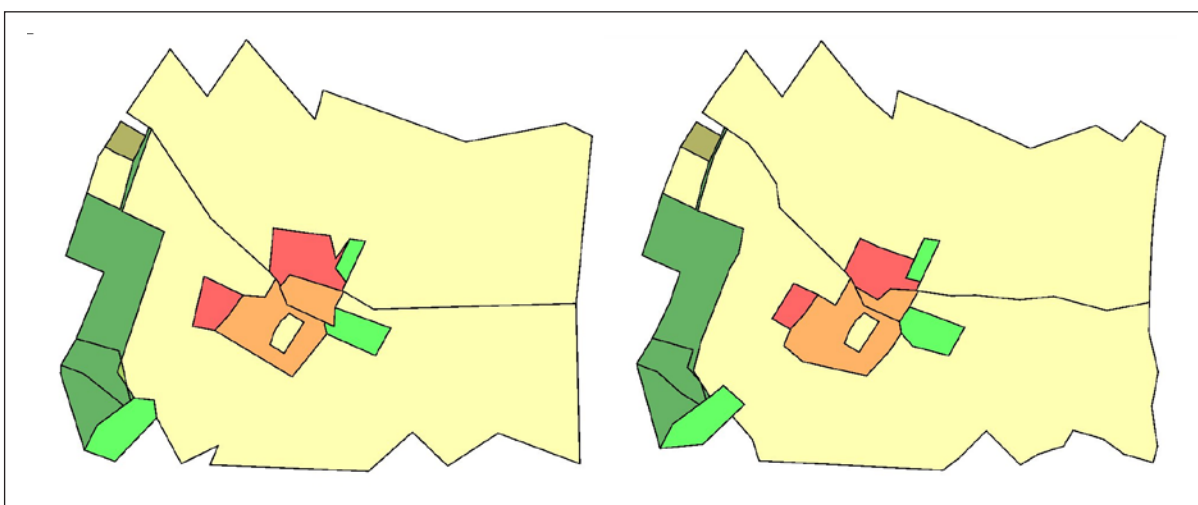


Abb. 3: Links: Ergebnis der Linienvereinfachung durch Douglas/Peucker mit Parameter $A = 75$.
Rechts: Ergebnis der Linienvereinfachung (Eigenentwicklung).

weit führen. Es kann hier festgehalten werden, dass insbesondere der modulare Aufbau des Gesamtverfahrens es erlaubt, zu jedem Zeitpunkt weitere Verbesserungen in die Gesamtstrategie des abgebildeten Generalisierungsverfahrens einfließen zu lassen.

2.2 Abhängigkeiten und Datenmodell

Die Entscheidung, die Generalisierung in einzelne in sich verkettete Generalisierungsschritte zu gliedern, zeigt Vorteile bei der Modellierung gegenseitiger Abhängigkeitsbeziehungen. Es erlaubt deren bestmögliche Strukturierung über objektorientierte Datenmodelle und erleichtert auf relativ einfache Art und Weise die Verwaltung der untereinander vorherrschenden gegenseitigen Einflussarten der Objekte. Dazu wird insgesamt ein Datenmodell verwendet, das es erlaubt, zu den einzelnen Objekten Informationen über den Zeitpunkt ihrer Generalisierung, die verwendete Elementarfunktion, die Parameter, Ausgangsobjekte, Zielobjekte, Einflussnahmen und eventuelle manuelle Eingriffe abzulegen. Die sich dann aus diesem Da-

tenmodell ergebenden Strukturen sind die Voraussetzung für die in Abschnitt 3 zu beschreibende partielle Neugeneralisierung sowie die angestrebte automatische Randanpassung. Nach den bisherigen Erfahrungen verhält sich das Datenvolumen dieser ergänzend zu den Inhalten des DLM aufzubauenden Strukturen im Vergleich zur Menge der zu generalisierenden Objekte linear und ist auch bei großen Datenmengen problemlos handhabbar.

Nach erfolgter Generalisierung können die gegenseitigen Abhängigkeiten und Einflussnahmen der Objekte der verschiedenen DLM am Arbeitsplatz grafisch nachvollzogen werden. Die Screenshots der Abb. 4 bis 7 zeigen simultan die Ausgangs- und Ergebnisdaten (hier mit zwei Bildschirmen gleichzeitig zur Darstellung gebracht). Bei der Auswahl eines Objektes auf dem rechten Bildschirm (Ausgangsdaten) werden die entsprechend abhängigen Objekte auf dem linken Bildschirm markiert. Dabei ist zu beachten, dass bei diesem Beispiel zwischen der Ausgangssituation und dem Ergebnis insgesamt drei Generalisierungsschritte liegen und die Verfolgung der sich daraus ergebenden Abhängigkeiten über alle drei Ebenen hinweg in der vorgenannten Datenstruktur erfolgt.

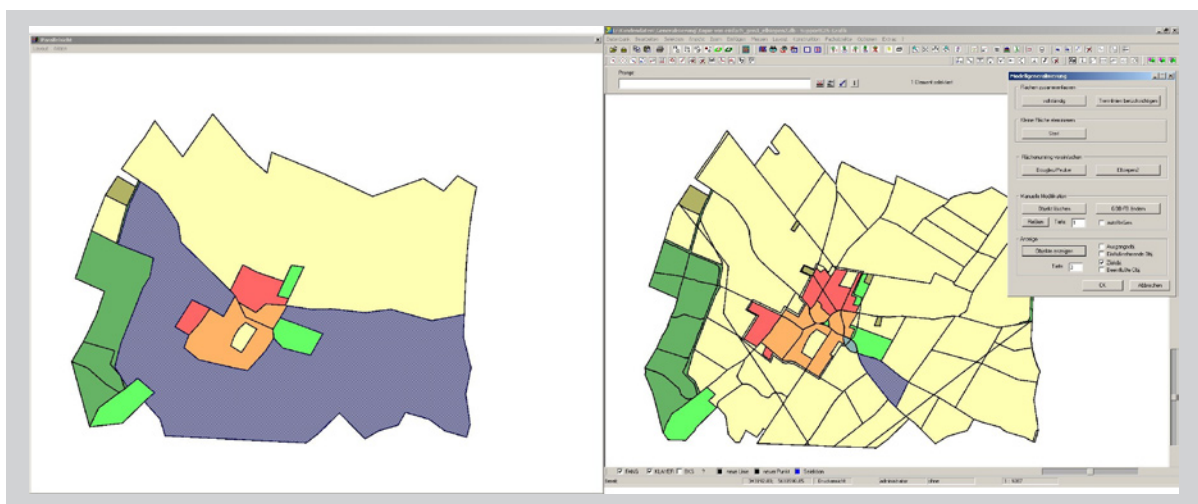


Abb. 4: Generalisierungsergebnis zu einem Ausgangsobjekt anzeigen.

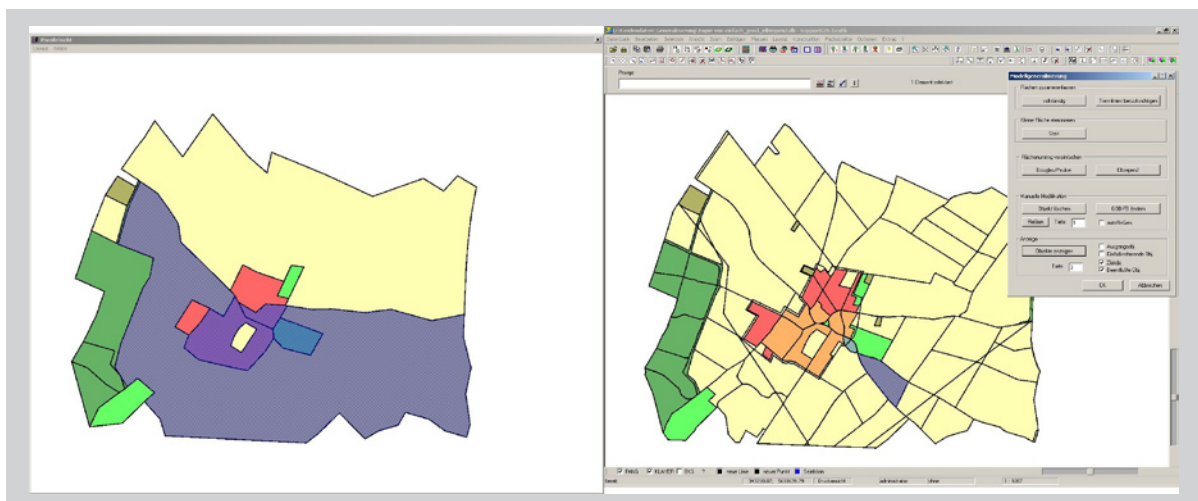


Abb. 5: Durch das Ausgangsobjekt beeinflusste Generalisierungsergebnisse anzeigen.

In Abb. 4 wurde als Ausgangsobjekt eine Ackerfläche angewählt. Entsprechend wird auf der linken Seite die durch Zusammenfassung entstandene große Ackerfläche angezeigt. Abb. 5 zeigt zum gleichen Ausgangsobjekt nicht nur das Ergebnisobjekt, sondern alle Ergebnisobjekte, die von diesem Ausgangsobjekt bei der Generalisierung beeinflusst wurden. Bei einer Änderung des Ausgangsobjekts würde der Einfluss dieser Änderung nur bei diesen Ergebnisobjekten geprüft werden müssen. In Abb. 6 ist das Ergebnis der Generalisierung auf der rechten Seite dargestellt und links dazu die Ausgangssituation. Hier werden zu einem ausgewählten Ergebnisobjekt alle zu Grunde liegenden Ausgangsobjekte angezeigt. In Abb. 7 werden links alle Ausgangsobjekte angezeigt, die bei der Generalisierung Einfluss auf das rechts ausgewählte Ergebnisobjekt hatten. Da die Fläche des Ergebnisobjektes relativ groß ist und nahezu alle Objekte angrenzen, ist die Menge der Ausgangsobjekte, die Einfluss ausüben, relativ groß. Würde sich eines der angezeigten Ausgangsobjekte ändern, so müsste das Ergebnisobjekt überprüft werden.

2.3 Verarbeitung – vollautomatisch und manuell

Um das Generalisierungsverfahren, das sich durch einzelne, in sich verkettete Bearbeitungsschritte ergibt, möglichst flexibel einsetzen zu können, wird sowohl die automationsgestützte, manuelle objektweise Generalisierung als auch die vollautomatische Generalisierung im so genannten Batch-Betrieb unterstützt. Dazu erfüllen alle verwendeten Generalisierungsfunktionen die Voraussetzung, dass sie durch die Auswahl nur eines Ausgangsobjektes angestoßen werden können. Weitere, eventuell mitzugegeneralisierende Ausgangsobjekte oder Einfluss nehmende Objekte müssen von der Generalisierungsfunktion automatisch erkannt und berücksichtigt werden.

Darüber hinaus existiert die Anforderung, dass unabhängig davon, in welcher Reihenfolge die Objekte einer Objektartengruppe generalisiert werden, immer das gleiche Ergebnis entstehen muss. Auch diese Anforderung wird von den zum Einsatz gebrachten Generalisierungsfunktionen sämtlich erfüllt. Somit arbeiten die Funktionen bei der Generalisierung eines Ausgangsobjektes immer innerhalb eines das Objekt umgebenden, begrenzten

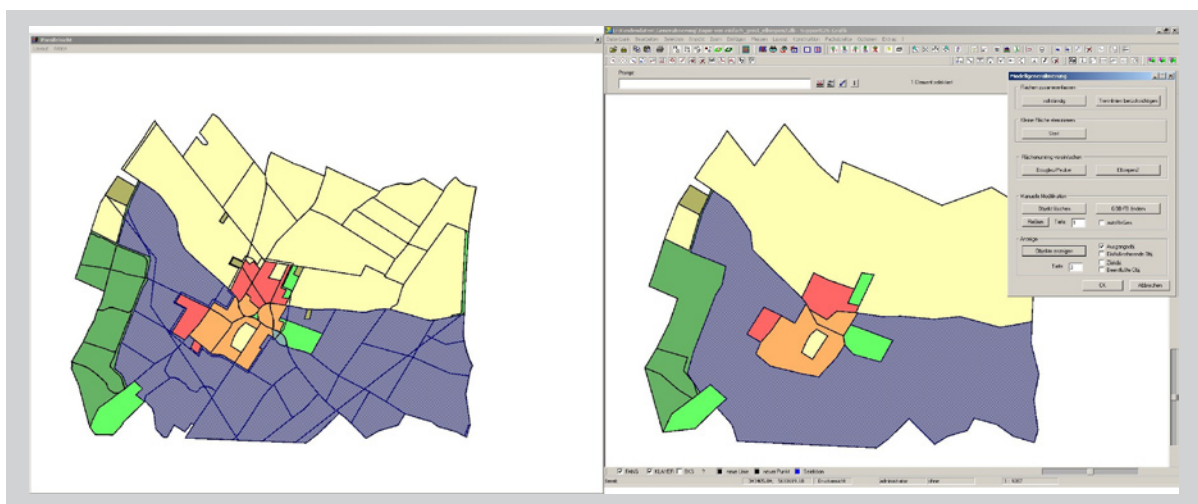


Abb. 6: Ausgangsobjekte eines generalisierten Objektes anzeigen.

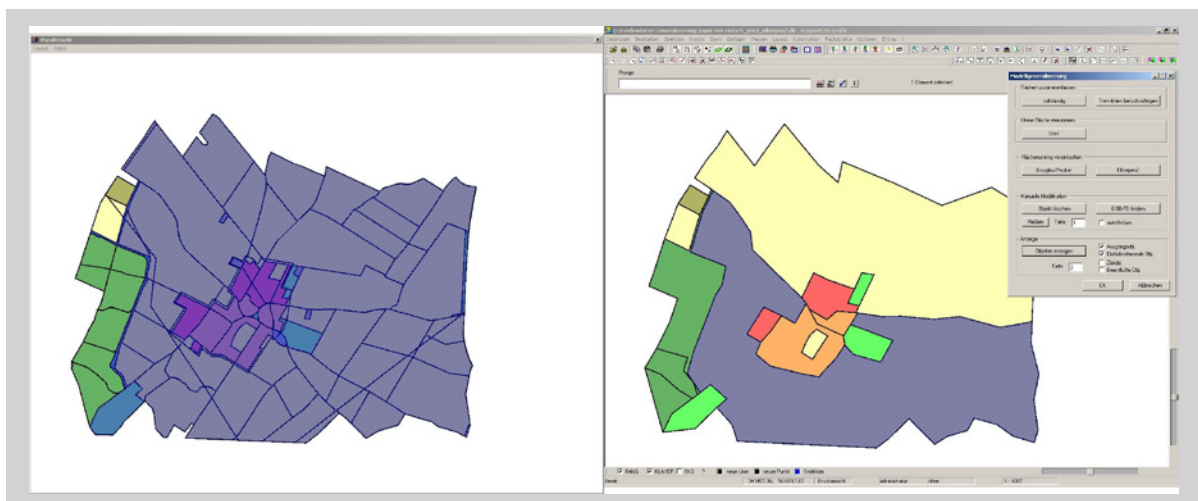


Abb. 7: Einfluss nehmende Ausgangsobjekte eines generalisierten Objektes anzeigen.

räumlichen Bereichs. Es ist zu erwarten, dass sich damit jeder vorstellbare Generalisierungszusammenhang abbilden lässt. Unterstützt wird diese Annahme von der Tatsache, dass die lokale Begrenzung des Wirkungsbereichs der Generalisierungsfunktionen dem intuitiven und manuellen Vorgehen des generalisierenden Kartographen entspricht. Auch er berücksichtigt bei der Entscheidung, wie ein Objekt zu generalisieren ist, nur einen bestimmten lokal begrenzten Ausschnitt der Kartengraphik.

Für die Erstgeneralisierung kann der gesamte Ablauf konfiguriert werden. Diese Parameter und getroffenen Einstellungen werden in konsistenzhaltenden Strukturen wie denen des KoDa-Projektes (Thiele, Brockhues 2003) abgelegt. Dadurch unterliegen diese Generalisierungsparameter zusammen mit den Objektartenkatalogen der verschiedenen Auflösungen einschließlich deren Erkennungskriterien ebenfalls einer integrierten, konsistenten und über ein Regelwerk gesteuerten Fortführung.

Der ganze Generalisierungsprozess kann dann beim ersten Mal vollautomatisch durchlaufen. Die automationsgestützte manuelle Generalisierung erfolgt danach am Bildschirmarbeitsplatz. Abb. 8 zeigt rechts die Ausgangssituation mit dem zu generalisierenden Objekt. Auf dieses wird die Elementarfunktion *Gleichartige_Flächen_zusammenfassen* angewendet. Das Ergebnis wird ad hoc produziert und auf der linken Seite zur Anzeige gebracht. Wird auf der rechten Seite ein bereits generalisiertes oder unpassendes Ausgangsobjekt ausgewählt, so erhält der Bearbeiter eine entsprechende Meldung. Auf diese Weise könnte die gesamte Generalisierung manuell durchgeführt werden und würde zu dem gleichen Ergebnis führen, wie es in Abb. 1 und 2 dargestellt ist. Sinnvollerweise wird jedoch die Erstgeneralisierung vollautomatisch ablaufen, um dann die manuelle Generalisierung für die Nachbearbeitung des Generalisierungsergebnisses einzusetzen. Dabei könnte das Generalisierungsergebnis eines Objektes, das nicht zufrieden stellend bearbeitet wurde, zurückgenommen werden, um es danach mit geänderten Parametern interaktiv neu zu generalisieren.

3 Partielle Neugeneralisierung

Das beschriebene und an Beispielen erläuterte Rahmenkonzept zur Generalisierung erfüllt alle strukturellen Voraussetzungen für die partielle Neugeneralisierung und die automatische Randanpassung. Insbesondere die Möglichkeit, Abhängigkeiten zwischen den Ausgangsobjekten und den Zielobjekten zu verwalten und der Einsatz von Generalisierungsfunktionen, die unabhängig von der Generalisierungsreihenfolge innerhalb einer Objektartengruppe stets die gleichen Ergebnisse produzieren, sind hier von entscheidender Wichtigkeit.

Das Verfahren der partiellen Neugeneralisierung kann an dem nachfolgenden Beispiel erläutert werden.

Ein Grundobjekt soll durch Fortführung seiner Nutzung in den Ausgangsdaten eine Änderung »Ackerland« in »Grünland« erfahren. Dazu zeigt die Abb. 9 rechts die Ausgangssituation mit der selektierten Fläche. Links wird das noch unveränderte Ergebnis angezeigt.

Sobald die Änderung der Nutzung in den Ausgangsdaten vorgenommen wird, erfolgt vollautomatisch die Rücknahme aller Zielobjekte, die von dem entsprechenden Ausgangsobjekt bei der Generalisierung beeinflusst wurden. Hierzu werden die bei der Generalisierung aufgebauten Abhängigkeiten zwischen den Objekten in der Datenstruktur ausgewertet. Die Auswertung der Strukturen erfolgt dabei über alle Generalisierungsschritte hinweg. Abb. 10 zeigt in der linken Hälfte die erfolgreiche Rücknahme des generalisierten Ergebnisses des dritten Generalisierungsschritts *Liniengeometrie vereinfachen*. Ebenso wurden auch alle Zwischenergebnisse der Generalisierungsschritte *Gleichartige_Flächen_zusammenfassen* und *Zu_kleine_Flächen_eliminiieren* zurückgenommen.

Bei dieser teilweisen Rücknahme des Generalisierungsergebnisses wird automatisch ein Befehlsstapel aufgebaut, der dann nachfolgend für die Neugeneralisierung verwendet wird. Dieser Befehlsstapel enthält alle zurückgenommenen Objekte einschließlich der Funktionen, die

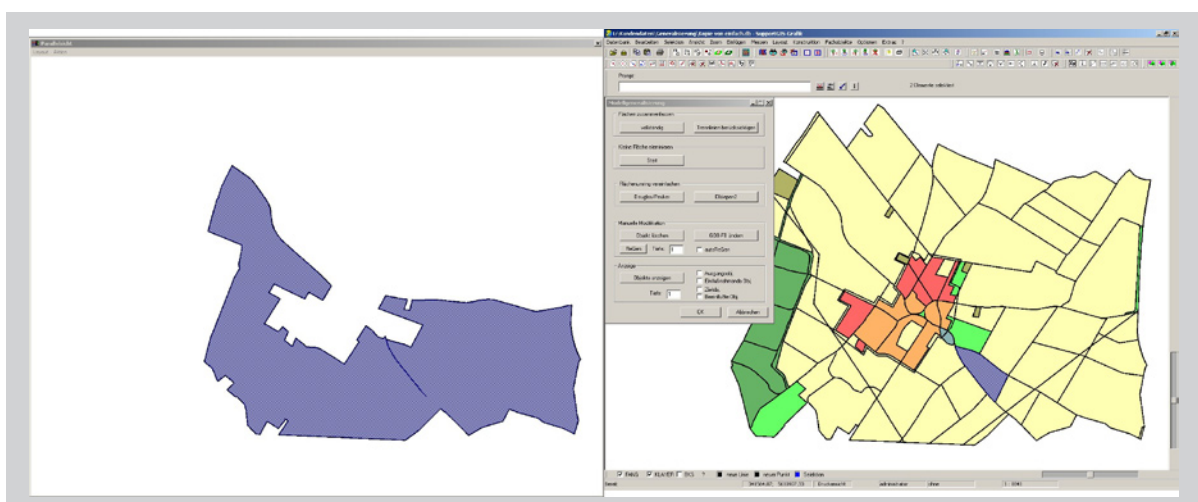


Abb. 8: Automationsgestützte manuelle Generalisierung.

auf diese Objekte bei der ursprünglichen Generalisierung angewendet wurden. Ebenso sind dort auch die entsprechend verwendeten Parameter abgelegt. Auch eventuell am Generalisierungsergebn vorgenommene manuelle Änderungen werden gespeichert und finden bei der Neu-

generalisierung Berücksichtigung. Die Tatsache, dass auch manuelle Änderungen nicht verloren gehen, ist ein entscheidender Vorteil dieser Vorgehensweise. Auf Knopfdruck kann der Befehlsstapel ausgeführt werden und man erhält das entsprechende Ergebnis (Abb. 11).

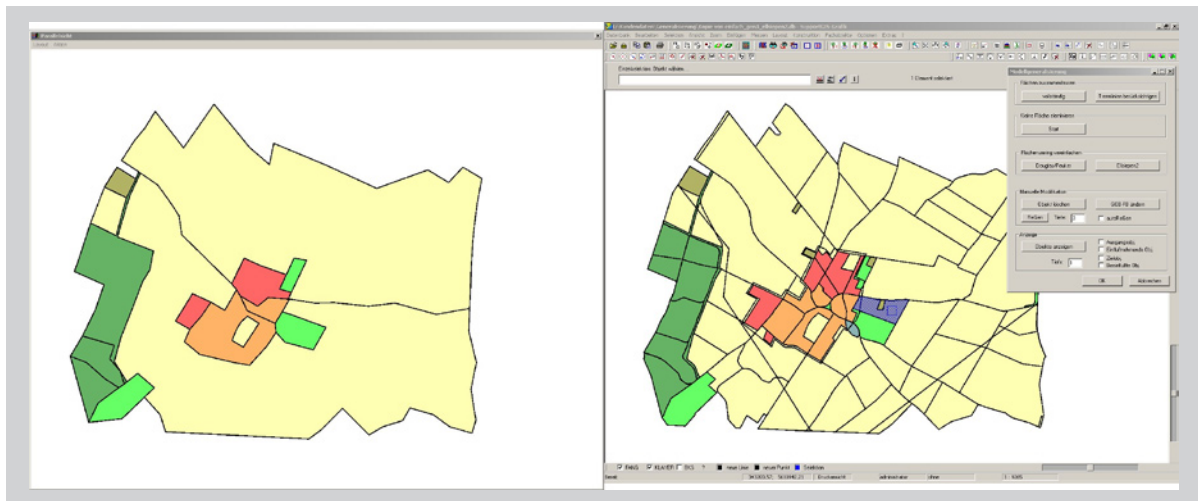


Abb. 9: Fortführung der Ausgangsdaten – Änderung einer Ackerfläche in Grünland.

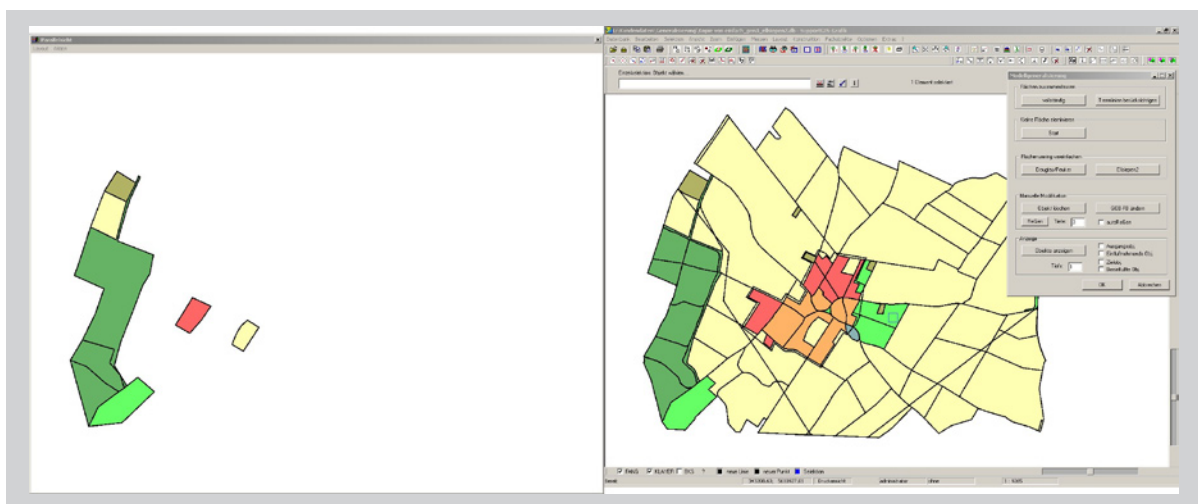


Abb. 10: Rücknahme der durch die Fortführung eventuell betroffenen Zielobjekte.

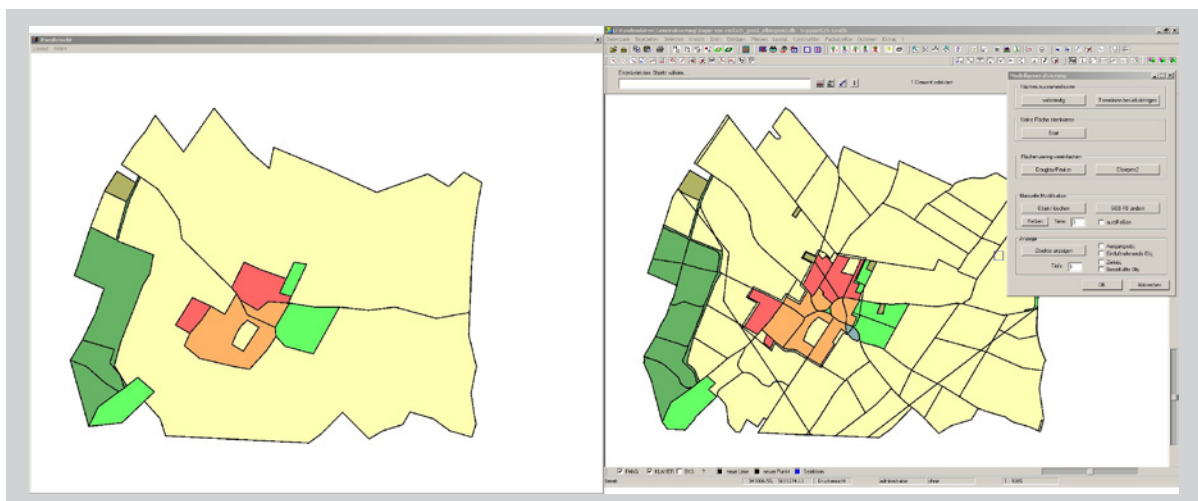


Abb. 11: Ergebnis nach partieller Neugeneralisierung – Änderung einer Ackerfläche in Grünland.

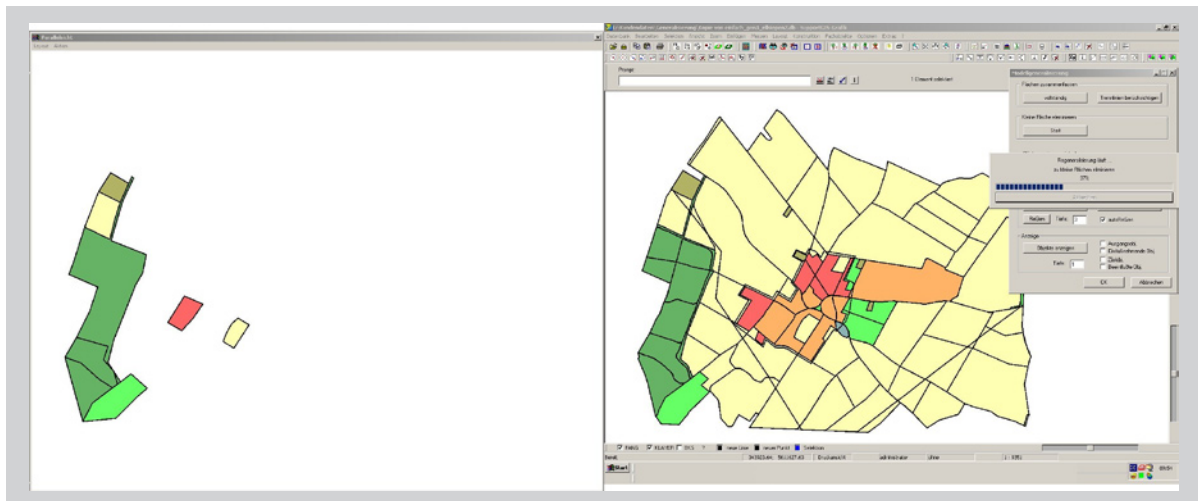


Abb. 12: Fortführung der Ausgangsdaten – Änderung einer Ackerfläche in Wohngebiet.

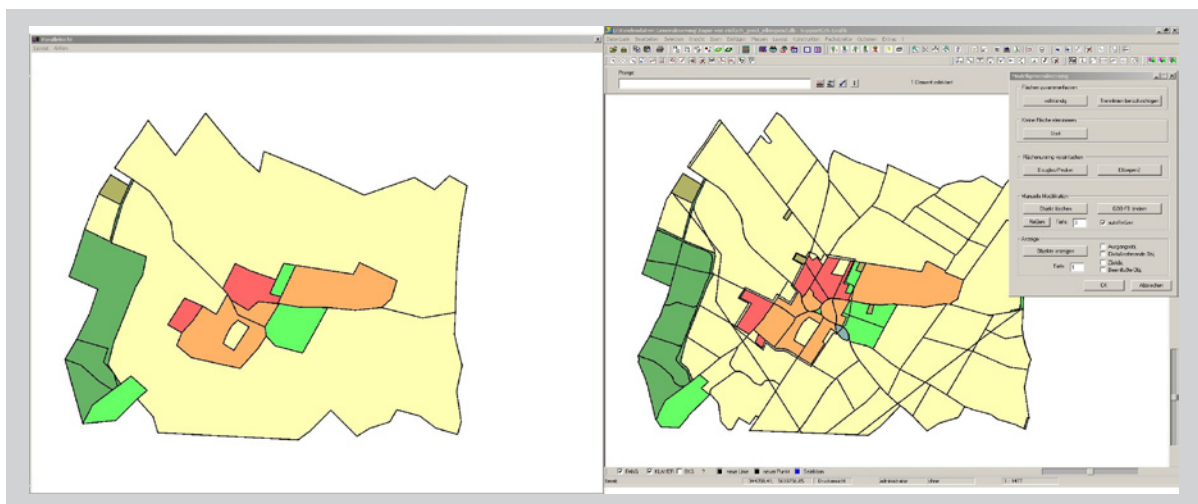


Abb. 13: Ergebnis nach partieller Neugeneralisierung – Änderung einer Ackerfläche in Wohngebiet.

Das Verfahren bietet weiterhin die Möglichkeit, die partielle Neugeneralisierung zu triggern. Das bedeutet, dass direkt nach der Änderung der Ausgangsdaten die automatische Rücknahme der Generalisierungsergebnisse und anschließend die Neugeneralisierung durchgeführt werden. Dadurch werden alle Änderungen, die der Bearbeiter vornimmt, ad hoc als Generalisierungsergebnis sichtbar.

Abb. 12 zeigt die Situation direkt nach der Änderung der Nutzung eines Grundobjekts von »Acker« in »Wohngebiet«. Links wird das verbleibende Generalisierungsergebnis nach Rücknahme der durch die Änderung betroffenen Objekte angezeigt. Rechts im Bild wird durch den Fortschrittsbalken der momentane Zustand der partiellen Neugeneralisierung angezeigt. Der Gesamtvorgang dauert bei derartigen interaktiv durchgeführten lokalen Änderungen nur wenige Sekunden. Danach bietet sich dem Bearbeiter das Bild aus Abb. 13, in dem er die Auswirkung der Änderung auf das Generalisierungsergebnis visuell prüfen kann.

Die partielle Neugeneralisierung kann nicht nur, wie hier im Beispiel dargestellt, auf Grund manueller Änderungen erfolgen. Es ist ebenso möglich, Fortführungs-

daten, die über eine Schnittstelle in großer Menge an das System herangeführt werden, in gleicher Weise zu verarbeiten. Außerdem reagiert die partielle Neugeneralisierung nicht nur auf Änderungen an den Ausgangsdaten, sondern auch auf Änderungen, die im Rahmen der manuellen Nachbearbeitung an Zwischenergebnissen vorgenommen werden. Wird zum Beispiel eine Änderung am Ergebnis der Elementarfunktion *Zu_kleine_Flächen_eliminiieren* vorgenommen, so werden automatisch die Auswirkungen auf die Ergebnisse der nachfolgenden Elementarfunktion *Liniengeometrie vereinfachen* festgestellt und die entsprechenden Objekte neu generalisiert.

4 Randanpassung

Die Randanpassung von für sich alleine generalisierten und zugleich benachbarten Gebieten ist eine weitere Problemstellung, die über die Generalisierungsstrategie des oben beschriebenen Rahmenkonzeptes erfasst werden kann. An dieser Stelle wird allgemein davon ausgegangen, dass zum

Zeitpunkt der Zusammenführung der Generalisierungsergebnisse die Ausgangsdaten dieser Generalisierung nicht mehr zur Verfügung stehen. Würden diese dagegen verfügbar sein, so ergibt sich eine einfache Lösung des Problems der Randanpassung; lediglich die Randbereiche der Gebiete wären entsprechend dem oben beschriebenen Konzept einer partiellen Neugeneralisierung zu unterziehen.

Damit zur Randanpassung nicht permanent Ausgangs- und Zieldaten für die gesamte Gebietsgröße zur Verfügung stehen müssen, würde im Rahmen einer Teillösung der Zieldatenbestand nur noch die Ausgangsobjekte für die Objekte am Rand enthalten. Damit wäre das Datenvolumen deutlich reduziert und die Möglichkeit der (partiellen) Neugeneralisierung im Randbereich würde weiterhin bestehen.

Wird dagegen versucht, ohne die Ausgangsdaten das Problem der Randanpassung zu lösen, gelingt dies, indem den generalisierten Objekten eine Information über ihre Güte mitgegeben wird. Konflikte zwischen verschiedenen Generalisierungsergebnissen im Randbereich können dann unter Einbeziehung der Güte automatisch gelöst werden. Die Güte wird hier als ein Maß dafür verstanden, mit welcher Sicherheit davon ausgegangen werden kann, dass ein Objekt am Rand in Bezug auf die zum Zeitpunkt der Generalisierung noch nicht bekannten Nachbarobjekte korrekt generalisiert wurde. Die Güte eines einzelnen Objektes hängt von der Objektart und der geometrischen und topologischen Situation am Rand ab. Beispielsweise kann ein Objekt Autobahn, dessen Ende am Rand des Gebiets ins Leere verläuft, dennoch als mit hoher Sicherheit korrekt generalisiert angenommen werden. Auf Grund seiner Objektart hat dieses Objekt eine so große Wichtigkeit, dass es zumindest bei der Modellgeneralisierung nicht durch Nachbarobjekte beeinflusst wird. Auch ein Wegfall des Anschlussstückes aus dem Nachbarausschnitt kann ausgeschlossen werden.

Bei der Zusammenfassung von Flächen im Randbereich hängt die Güte hingegen davon ab, wie groß der Flächenabschnitt ist, in dem eine Fläche bei der Generalisierung keine Nachbarfläche hat. Je größer dieser Flächenabschnitt ist, umso wahrscheinlicher sind Fehlgeneralisierungen auf Grund fehlender Information.

Wie die Güte eines generalisierten Objektes im Randbereich im Detail zu bestimmen ist und ob ggf. noch zusätzliche Informationen zur Bewertung bzw. Korrektur der Situation im Randbereich zu den Objekten geführt werden, hängt auch in großem Maß von den verwendeten Generalisierungsfunktionen ab. Daher lassen sich hier detailliertere Aussagen nur im Kontext konkreter Generalisierungsfunktionen machen.

Noch anders stellt sich das Problem der Randanpassung dar (bzw. lässt es nicht aufkommen), wenn beliebige Datenausschnitte für die Generalisierung blattschnittfrei aus Geodatenbanken geholt, generalisiert und weggeschrieben werden können. Diese Vorgehensweise wird im Rahmen des Projekts »Modellgeneralisierung von TOPIS-Daten« verfolgt. Hier wird sichergestellt, dass grundsätz-

lich alle Informationen über die verschiedenen Auflösungsstufen der Datenmodelle hinweg geschlossen dem beschriebenen Generalisierungsverfahren zugeführt werden können. Damit wirkt sich die Generalisierung der Ausgangsdaten bis in die niedrigste DLM-Auflösung aus, entweder bei der vollautomatischen Erstgeneralisierung oder bei jeder nachfolgenden partiellen Neugeneralisierung der Ausgangsdaten.

5 Fazit

Durch die Aufstellung eines allgemeinen Rahmenkonzeptes zur Generalisierung, das die Kernprobleme »Fortführung der Ausgangsdaten« und »Randanpassung« berücksichtigt, ist die Voraussetzung für die Herstellung eines Generalisierungswerkzeuges mit Produktcharakter geschaffen worden. Dabei wurde der Fokus zunächst weniger auf einzelne Generalisierungsfunktionen gelegt, sondern die eigentliche Aufgabenstellung bei der Modell- und kartographischen Generalisierung strukturell analysiert, um darüber die Nachhaltigkeit des Verfahrens zu garantieren. Auch hat sich gezeigt, dass sich die hierfür erforderlichen Strukturen auch in vielfältiger Weise für die Analyse und automationsgestützte Nachbearbeitung der Generalisierungsergebnisse nutzen lassen. Damit sind die Voraussetzungen geschaffen worden, dem AGEOBw in 2006 eine leistungsfähige Software für vielfältige Aufgaben bei der Modellgeneralisierung und kartographischen Generalisierung zur Verfügung stellen zu können.

Literatur

- Douglas, Peucker: Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digital line or its caricature. *The Canadian Cartographer*, Vol. 10, Nr. 2, S. 112 ff., 1973.
- Schürer, D.: Ableitung von digitalen Landschaftsmodellen mit geringerem Strukturierungsgrad durch Modellgeneralisierung. *Schriftenreihe des Instituts für Kartographie und Geoinformation*, Heft 28, Bonn 2002.
- Schürer, D.: Modellgeneralisierung von DLM hoher Auflösung zum DLM niedriger Auflösung am Beispiel des Übergangs ATKIS®-DLM25 zum ATKIS®-DLM 200. *DVW-Schriftenreihe*, Band 39, S. 183–196, Rostock, 2000.
- Schürer, D.: Die Modellgeneralisierung von flächenhaften Objekten beim Übergang von DLM 25 zum DLM 200. *Mitteilung des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie*, Band 2, Frankfurt am Main, 1999.
- Thiele, Brockhues: Modelle und Mechanismen zur konsistenten Verwaltung der MilGeo-Objektartenkataloge. *Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie*, Band 31, Arbeitsgruppe Automation in der Kartographie – Tagung 2003.
- Weber, W.: Liniengeneralisierung und Datenreduktion unter dem Gesichtswinkel der mathematischen Optimierung. *NaKaVerm*, Reihe I, Heft 74, Verlag des Instituts für angewandte Geodäsie, Frankfurt a. M., 1978.

Anschrift des Autors

Dr.-Ing. Matthias Ellsiepen
CPA Geo-Information
Wilhelmstraße 56, 53721 Siegburg
ellsiepen@supportgis.de