

# Automatische Schriftplatzierung – Systematisierung des Beschriftungsprozesses

Matthias Ellsiepen und Dieter Morgenstern

## Zusammenfassung

Durch die weit verbreitete Verarbeitung raumbezogener Informationen in digitalen Systemen entsteht zunehmender Bedarf, diese Daten kartographisch zu visualisieren. Dies erfordert auch die Darstellung von Schrift, die als Attribut zum Objekt verwaltet wird und in Abhängigkeit von der Kartenzeichnung an unterschiedlichen Stellen zu platzieren ist. Die Voraussetzung zur automatischen Beschriftung von Karten ist die Systematisierung des Beschriftungsprozesses und die Formalisierung kartographischen Wissens. Zur Einführung praxistauglicher Systeme sind weiter Fragen im Bereich der Implementation und Konfiguration zu klären.

## Summary

Due to the widely spread processing of spatial information in digital systems an increasing need for the cartographical visualisation of this data arises. This also requires the displaying of text which is stored as an object-attribute and is to be placed in different positions depending on the map graphic. The precondition to automated map labelling is the systematic structuring of the labelling process and formalization of cartographical knowledge. Until the commercial rollout of map labelling systems questions concerning implementation and configuration have to be answered.

## 1 Einführung

Semiotisch sind Kartenbeschriftungen in der Systematik der Kartenzeichen artfremd. Ihre Benutzung in Karten ist aber unverzichtbar, weil eine Differenzierung der dargestellten Objekte nach ihrem Namen nur durch sie erfolgen kann. Des Weiteren sichern sie dem Benutzer die Orientierung – insbesondere die Erstorientierung – in der Karte. Die Platzierung der Schrift ist ein großes Problem, weil die Schrift erst in die Karte aufgenommen werden kann, wenn alle Grafiken schon ihren Platz eingenommen haben. Seit die Automation für die Kartographie erschlossen wird, hat es eine Reihe von Ansätzen zur automatischen Platzierung von Kartenschrift gegeben. Diese haben in der amtlichen topographischen Kartographie insbesondere des mittleren Maßstabbereichs bisher kaum Anwendung gefunden, was darauf zurückzuführen ist, dass automatisch beschriftete Karten bisher nicht oder zu wenig die besondere Qualitätsanforderung an diese Produkte erfüllt haben. Besondere Kennzeichen dieses Maß-

stabereichs sind die hohe Inhaltsdichte und die große Zahl der Beschriftungen. Im Gegensatz zu klein- oder großmaßstäbigen Karten verstärkt sich dadurch der Konkurrenzkampf zwischen der Kartengrafik und Kartenschrift um das begrenzte Platzangebot in der Kartenfläche. Der klassische Kartograph reagierte auf diese Konfliktsituation mit dem Wissen um Platzierungsregeln und Grundsätze sowie mit Erfahrung. Um diese Fähigkeiten über eine detaillierte Formalisierung für die Automation zu erschließen, ist es zunächst sinnvoll, den gesamten Beschriftungsprozess systematisch zu gliedern. Die im Folgenden beschriebenen Erkenntnisse sind Ergebnisse eines von der DFG geförderten Normalverfahrens mit dem Namen »Beschriftung von Bildschirmkarten in Echtzeit«.

## 2 Automatische Arbeitsprozesse in der digitalen Kartographie

Die automatische Schriftplatzierung bildet das letzte Glied in der Kette der automatischen Prozesse innerhalb der digitalen Kartographie. Ausgangsbasis ist hier eine Datenbank, die ein digitales Landschaftsmodell (DLM) bereitstellt. Sollte das DLM über eine höhere Auflösung verfügen, als für die auszugebende Karte notwendig ist, so ist durch Modellgeneralisierung ein DLM niedrigerer Auflösung abzuleiten (Schürer 2002).

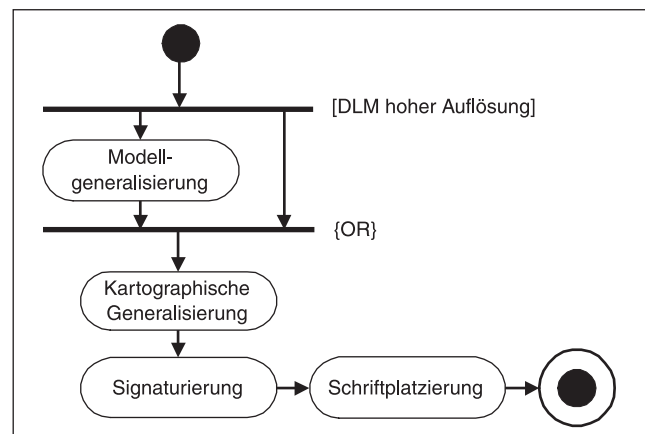


Abb. 1: Abfolge der Arbeitsprozesse in der digitalen Kartographie

Aus dem DLM niedriger Auflösung entsteht durch kartographische Generalisierung ein digitales kartographisches Modell (DKM). An dieser Stelle besteht aktuell noch Forschungsbedarf. Die automatische Schriftplatzierung

setzt auf den Daten eines signaturierten DKM auf. Ausgehend von (Edmondson et al. 1996) kann der Ablauf der Schriftplatzierung in folgende unabhängige Teilschritte zerlegt werden.

- *Candidate-position generation* (Erzeugen von Kandidaten für mögliche Schriftpositionen)
- *Position evaluation* (Bewertung der Schriftpositionen)
- *Position selection* (Schriftposition auswählen)

### 3 Erzeugung von Schriftpositionen

Der erste Schritt bei der automatischen Schriftplatzierung ist die Erzeugung mehrerer zulässiger Schriftpositionen für jedes zu beschriftende Kartenobjekt. Diese sind Repräsentanten einer beliebig großen Menge von Kandidaten für die endgültige Schriftposition, die unter Beachtung der räumlichen und geometrischen Beziehungen zwischen Schrift und Objekt zulässig sind. Allgemein existiert für jedes Kartenobjekt in Abhängigkeit von seiner Geometrie und der objektartspezifischen Beschriftungsregel ein Kontinuum, innerhalb dessen zulässige Schriftpositionen liegen. Aus diesem können beliebig viele Kandidaten für die Schriftpositionen erzeugt werden, wobei bezüglich der Anzahl der Kandidaten folgender Dualismus gilt:

*Wenige Schriftpositionen pro Kartenobjekt führen zu einer schnellen automatischen Schriftplatzierung; viele Schriftpositionen führen zu einer guten Beschriftungsqualität.*

Hat man nur wenige Kandidaten für die Schriftposition, so müssen nur wenige Schriftpositionen untersucht werden. Dies führt zu einer schnellen Berechnung. Bei vielen Schriftpositionen ist zwar die Auswahl größer, wodurch die Wahrscheinlichkeit steigt, im Endergebnis eine gute Schriftposition zu erhalten, aber die Berechnung dauert entsprechend länger.

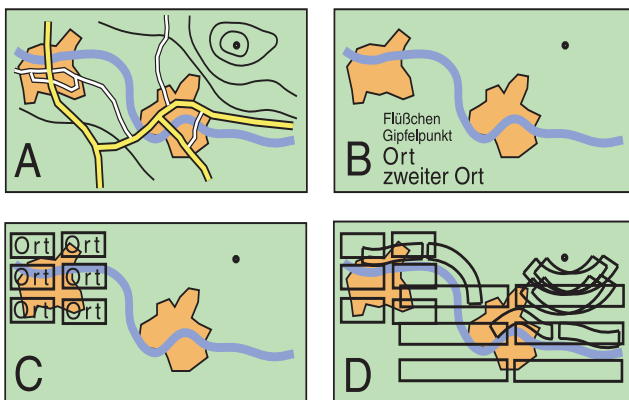


Abb. 2: Erzeugung zulässiger Schriftpositionen

Das Beispiel der Abbildung 2 verdeutlicht die Erzeugung von Schriftpositionen. In (A) erkennt man die Skizze einer Kartensituation, zwei Ortschaften, einen Fluss, meh-

rere Straßen, Höhenlinien und einen Berg. (B) zeigt die Objekte aus (A), welche Schrift tragen sollen. Ein Beispiel mit sechs Kandidaten für die Schriftpositionen zur Beschriftung des ersten Ortes, der mit dem Schriftzug *Ort* beschriftet werden soll, zeigt (C). Diese sind sechs Repräsentanten aus dem Kontinuum aller zulässigen Schriftpositionen. Eine Auswahl aus der Menge der Positionen für die Schrift aller vier Beispielobjekte ist in (D) abgebildet.

### 4 Bewertung von Schriftpositionen

An die Erzeugung mehrerer Schriftpositionen als Kandidaten eines Kartenobjektes schließt sich als zweiter Schritt deren Bewertung an. Diese erfolgt anhand von Kriterien, die in quantifizierbare Größen münden, aus denen durch gewichtete Mittelbildung ein Gesamtwert gebildet wird. Dieser gibt die Güte der Schriftposition wieder. Das Kriterium der eindeutigen Zuordnung von Schrift und Objekt darf nicht verletzt werden. Es wird bereits bei der Erzeugung der Kandidaten für die Schriftposition dadurch erfüllt, dass das Kontinuum zulässiger Schriftpositionen entsprechend eingeschränkt wird.

Für die Untersuchung der Kriterien wird vielfach neben der Geometrie des zu beschriftenden Bezugsobjektes auch die Geometrie anderer Kartenobjekte herangezogen. Oftmals spielen auch topologische Aspekte eine Rolle. Die Gewichtung bei der Mittelbildung erfolgt in Abhängigkeit von den Objektarten der für die Bewertung relevanten Kartenobjekte. Entscheidend für die automatische Bewertung von Schriftpositionen ist die Modellierung von Spezialwissen über die Objekte der einzelnen Objektarten und ihr Zusammenwirken in der Karte.

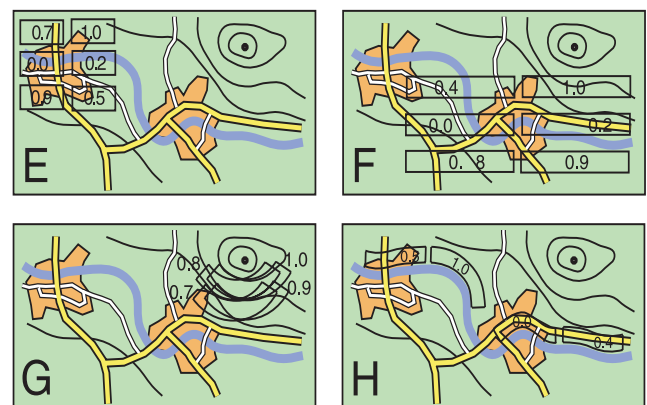


Abb. 3: Bewertung von Schriftpositionen

Abbildung 3 zeigt in Anlehnung an Abbildung 2 ein beispielhaftes Bewertungsergebnis für die Kandidaten der Schriftpositionen aller vier Kartenobjekte. Der Bewertungsrahmen der Beispielwerte reicht von 1.0 – *sehr gut* bis 0.0 – *sehr schlecht*.

### 5 Selektion bewerteter Schriftpositionen

Im dritten und letzten Schritt geht es darum, aus der Menge der bewerteten Kandidaten für Schriftpositionen eine Gesamtschriftanordnung zu bestimmen, die frei von Überschneidungen der Schriftzüge ist und global ein möglichst gutes Bewertungsergebnis erzielt. Aus der Sicht der Informatik handelt es sich hierbei um ein kombinatorisches Problem, das NP-Vollständigkeit aufweist (Heber 1998, Christensen 1995, Marks and Shieber 1991). Bei einem Algorithmus, der systematisch alle Kombinationen der Kandidaten für die Schriftpositionen durchgeht, vergrößert sich die Rechenzeit mit jedem weiteren Kartenobjekt um den Faktor  $n$  der Kandidaten des Objektes.

Um eine gute Schriftanordnung in angemessener Rechenzeit zu finden, muss die Anzahl der Kandidatenpositionen für jedes Kartenobjekt durch Selektion auf ein sinnvolles Maß reduziert werden. Dabei ist im Sinne der Flexibilität der Lösung darauf zu achten, dass die selektierten Schriftpositionen eine gute Verteilung in der Fläche der Kartenzeichnung aufweisen.

Eine weitere Vereinfachung des Problems wird durch den Einsatz von Heuristiken erreicht, die zu einer quasi-optimalen, schnelleren Lösung führen. Ausgehend von einer Startkombination wird versucht, das globale Bewertungsergebnis durch schrittweise Modifikation zu optimieren. Das Verharren in einem lokalen Minimum kann durch Optimierungsalgorithmen wie *simulated annealing* (Heber 1998, Christensen 1995, Kirpatrick, Gelatt and Vecchi 1983, Even, Itai and Shamir 1976), *threshold accepting*, den *Sintflutalgorithmus* (Dueck, Scheuer und Wallmeier 1993, Dueck und Scheuer 1989) oder *Genetische Algorithmen* (Brady 1995) vermieden werden. Aktuelle Algorithmen zur Lösung des Optimierungsproblems zeigen ein gutes Laufzeitverhalten. Für den Echtzeitbereich kann eine zusätzliche Beschleunigung durch entsprechende Datenstrukturen wie den Konfliktgraphen (Petzold und Plümer 1997) erreicht werden.

Ein Beispiel, wie das Ergebnis der Schriftplatzierung nach der Bestimmung einer Gesamtschriftanordnung aussehen könnte, zeigt Abbildung 4. In (I) sind für jedes der vier Kartenobjekte die zwei Kandidatenpositionen mit der besten Bewertung als Ausgangsbasis für die Optimierung dargestellt. Zur Gesamtschriftanordnung trägt jeweils eine dieser Kandidatenpositionen bei, wobei die Summe der Werte bei überschneidungsfreier Beschriftung möglichst hoch wird (J). Das Ergebnis der Schriftplatzierung zeigt (K).

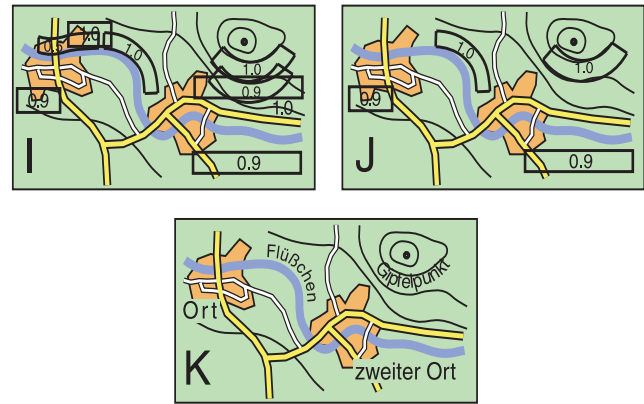


Abb. 4: Schriftanordnung nach Lösung von Konflikten zwischen Schriftpositionen

mal einen geometrischen Zusammenhang zwischen der Geometrie des Objektes und dem Kontinuum aller für das Objekt möglichen Schriftpositionen. In Abhängigkeit von der Objektart, der Objektgeometrie oder topologischer Beziehungen des Objektes zu anderen Kartenobjekten finden zur Erzeugung von Schriftpositionen jeweils unterschiedliche Regeln Anwendung. Abbildung 5 verdeutlicht diesen Sachverhalt. (A) und (B) zeigen zwei Kartenobjekte unterschiedlicher Objektart von punkthaftem Geometrietyp. Die Anwendung verschiedener Regeln zur Beschriftung von Orten und Berggipfeln führt wegen des regelspezifisch unterschiedlichen geometrischen Zusammenhangs von Objekt und Schrift zu den abgebildeten, verschiedenen Ergebnissen. Dass Kartenobjekte der gleichen Objektart in Abhängigkeit von Ihrer Objektgeometrie nach unterschiedlichen Regeln zu beschriften sind, veranschaulicht die Paarung (C) und (D). In diesem konkreten Fall ist die Objektgröße ausschlaggebend, die bei (C) die Beschriftung innerhalb der Gewässerfläche ermöglicht, bei (D) hingegen müssen Teile der Schrift auch außerhalb der Fläche ihren Platz finden. Schließlich können, wie in (E) und (F) gezeigt, auch topologische Sachverhalte Einfluß auf die Wahl der Beschriftungsregel nehmen. Der Ort in (F) ist ein küstennaher Ort, was sich topologisch anhand seiner Nähe zur Wasserfläche festmachen lässt.

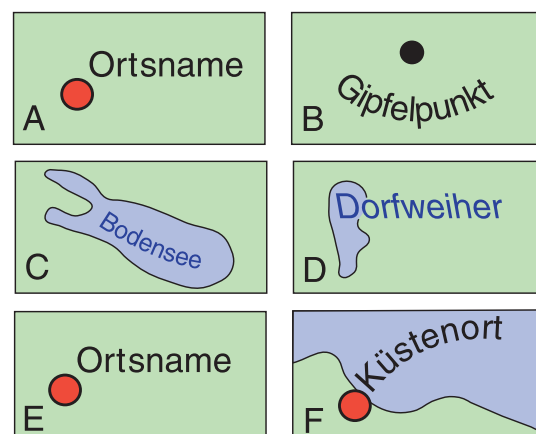


Abb. 5: Einflussfaktoren auf die Auswahl der Regel zur Erzeugung von Schriftpositionen

### 6 Geometrische Regeln zur Erzeugung von Schriftpositionen

Die Erzeugung von Kandidaten für Schriftpositionen erfolgt anhand bestimmter Regeln. Diese beschreiben for-

Die geometrische Regel zur Erzeugung von Schriftpositionen ist nicht ausschließlich von der Objektart, der Objektgeometrie und der Topologie abhängig. Entscheidend sind auch Konventionen, die zur Beschriftung für einen bestimmten Kartentyp festgelegt wurden. So ist es z. B. Ansichtssache, ob man einen Berggipfel mit einem horizontalen oder gebogenen Schriftverlauf beschriftet. Daher ist es für ein System zur automatischen Schriftplatzierung sinnvoll, einen Regelpool vorzusehen, der mehrere Beschriftungsregeln vorhält. Der Anwender kann sein System entsprechend seiner Sichtweise konfigurieren, indem er jeder Objektkategorie eine Beschriftungsregel zuordnet.

Der geometrische Zusammenhang zwischen der Objektgeometrie und dem Kontinuum möglicher Schriftpositionen kann auf unterschiedliche Weise hergestellt werden. Im ersten Fall läßt sich das Kontinuum direkt aus der Objektgeometrie ableiten. Dies ist z. B. bei Orten mit punkthafter Darstellung der Fall.

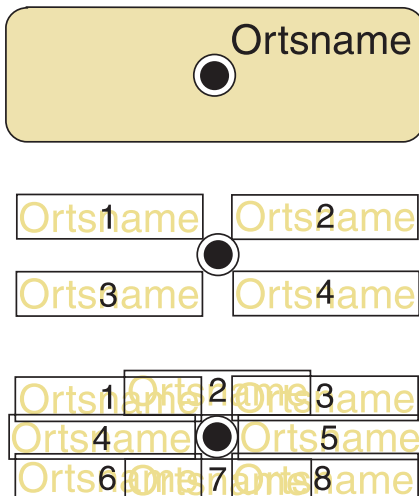


Abb. 6: Schriftpositionen für Orte mit punkthafter Darstellung

Die Geometrie des Ortes besteht aus einem Koordinatenpaar. Um diesen Punkt kann ein abgerundetes Rechteck konstruiert werden, dessen Ausmaß sich aus der Größe der Schrift ergibt. In diesem Bereich liegen alle möglichen Schriftpositionen. In Abbildung 6 ist ein Beispiel mit vier und eines mit acht Kandidaten für die Schriftposition aus diesem Kontinuum abgebildet.

In einigen Fällen kann das Kontinuum möglicher Schriftpositionen nicht direkt aus der Objektgeometrie abgeleitet werden. Ein Beispiel dafür ist die Beschriftung von Gipfelpunkten mit einem gebogen verlaufenden Schriftzug. Auf Grund empirischer Untersuchungen in topographischen Karten kann der in Abbildung 7 gezeigte geometrische Zusammenhang zwischen Schrift und Objekt als optimal angesehen werden. Um bei der Schriftplatzierung über mehrere Alternativpositionen zu verfügen, können geometrische Parameter innerhalb festgelegter Grenzen variiert werden, wodurch weitere Schriftpositionen entstehen. Im Fall von Gipfelbezeich-

nungen bestehen Variationsmöglichkeiten durch Änderung des Kreissektorwinkels  $\alpha$ , durch Verschiebung der Schrift entlang des Kreisbogens und durch Verschiebung der Schrift in horizontaler und vertikaler Richtung.

Im Rahmen des von der DFG geförderten Projektes »Beschriftung von Bildschirmkarten in Echtzeit« erfolgte die Aufstellung von Regeln für sechs wichtige kartographische Objektarten.

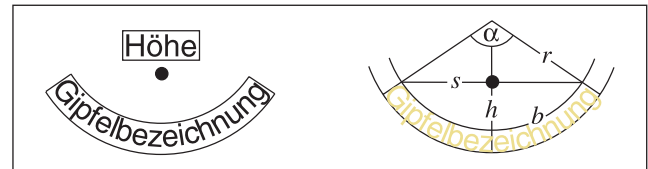


Abb. 7: Geometrischer Zusammenhang von Schrift und Objekt bei Gipfelpunkten

## 7 Kriterien zur Bewertung von Schriftpositionen

Die Bewertung von Schriftpositionen erfolgt anhand von Kriterien. Diese können in objektartabhängige und objektartunabhängige Kriterien eingeteilt werden. Objektartabhängige Kriterien folgen für jede Objektart eigenen geometrischen Bedingungen. Sie werden für jede Objektart separat formalisiert. Objektartabhängige Kriterien sind:

- Eindeutige Zuordnung der Schrift zum Objekt
- Abweichung von bevorzugter Schriftposition

Die Quantifizierung objektartunabhängiger Kriterien erfolgt für jede Schriftposition prinzipiell gleich. Zu diesen Kriterien zählen:

- Topologisch korrekte Lage zu einer Trennlinie
- Verdeckung topologischer Karteninformation
- Verdeckung geometrischer Karteninformation

### 7.1 Eindeutige Zuordnung

Einen Überblick über die Bedeutung dieses Kriteriums verschafft Abbildung 8. Man erkennt, dass bei Missachtung des Kriteriums (rechtes Bild) hauptsächlich die Beschreibungsfunktion der Schrift leidet, da nicht mehr zweifelsfrei erkannt werden kann, welcher Ort welchem Namen zugeordnet ist. Die Orientierungsfunktion der Schrift bleibt weitgehend erhalten.

Wenn Namen ihrem Bezugsobjekt nicht mehr eindeutig zugeordnet werden können bzw. fälschlicherweise einem anderen Kartenobjekt zugeordnet werden, so stellt die Fehlbezeichnung einen schweren Mangel dar. Daher sind Schriftpositionen, deren Zuordnung zum Objekt nicht eindeutig ist, abzulehnen. Für die automatische Schriftplatzierung bedeutet dies, dass das Kriterium der eindeutigen Zuordnung bereits bei der Erzeugung von

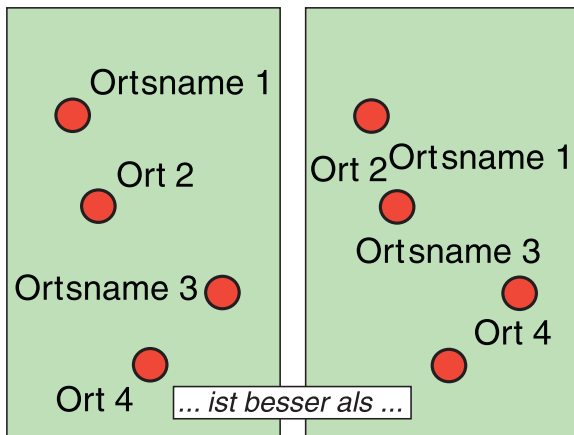


Abb. 8: Eindeutige Zuordnung der Schrift zu Kartenobjekten

Schriftpositionen den Bereich zulässiger Schriftpositionen einschränkt. Die geometrischen Beziehungen zur Untersuchung dieses Kriteriums sind in Abhängigkeit von der Objektart unterschiedlich. Es handelt sich daher um ein objektartbezogenes Kriterium.

Um eine mehrdeutige Schriftposition zu erkennen, wird überprüft, ob sich im Umfeld der Schriftposition abgesehen vom Bezugsobjekt noch weitere Kartenobjekte befinden. Entscheidend ist, dass das Schriftbild der Schrift dieser Kartenobjekte mit dem des Bezugsobjektes übereinstimmt. Es kommen also nicht nur Objekte der gleichen Objektart für eine Fehlzuordnung in Frage. Es zeigt sich, dass für die Untersuchung der eindeutigen Zuordnung von Schrift und Objekt topologische Informationen notwendig sind, die, falls nicht explizit vorhanden, implizit aus der Geometrie abgeleitet werden können.

Der Fall, dass eine zunächst nicht eindeutige Schriftposition durch die eindeutige Beschriftung eines benachbarten Objektes eindeutig wird, sollte bei der automatischen Schriftplatzierung nicht zugelassen werden, da sich die Abbildung solcher Zusammenhänge in ein automatisches Verfahren außerordentlich schwierig gestaltet. Die Qualität des Ergebnisses wird durch den Ausschluss zunächst nicht eindeutiger Schriftpositionen nicht wesentlich beeinträchtigt, da solche Lösungen wegen ihrer geringen Güte im Vergleich zu Schriftpositionen, die direkt die Zuordnung von Schrift und Objekt erlauben, in den meisten Fällen ausscheiden.

## 7.2 Beschriftung in bevorzugter Position

Lässt man alle weiteren Kriterien außer Betracht, so existiert für viele Kartenobjekte eine Schriftposition, die bezüglich des grafischen Zusammenspiels von Objektgeometrie und Schrift als optimal angesehen werden kann. Beispielhaft wird dieser Sachverhalt in Abbildung 9 verdeutlicht. In beiden Fällen kann die Schrift den Objekten eindeutig zugeordnet werden. In beiden Fällen wird keine wesentliche Kartenzeichnung verdeckt. Dennoch er-

scheint dem Betrachter die Schriftanordnung in der linken Hälfte der Abbildung die Bessere zu sein. Die Bewertung dieses Sachverhaltes erfolgt anhand des Kriteriums der Beschriftung in bevorzugter Position. Durch die Erfüllung dieses Kriteriums wird das ästhetische Erscheinungsbild der Karte und die Lesbarkeit verbessert, wodurch die Schrift vom Kartenleser leichter mit dem Objekt in Bezug gebracht werden kann.

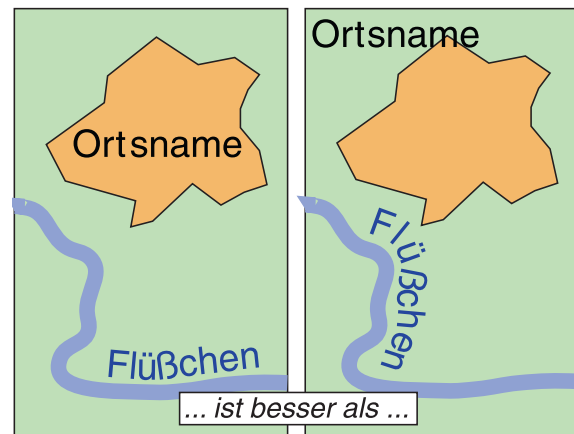


Abb. 9: Beschriftung in bevorzugter Position

Das Kriterium der Beschriftung in bevorzugter Position ist ausschließlich von der geometrischen Beziehung zwischen Schrift und Objekt abhängig. Dieser Zusammenhang ist für jede Objektart unterschiedlich, so dass dieses Kriterium als objektartbezogen einzuordnen ist. In Karten beobachtet man häufig, dass sich die Schrift nicht in der bevorzugten Position befindet, was durch das größere Gewicht anderer Kriterien begründet werden kann. Insofern ist die Beschriftung in bevorzugter Position ein sehr schwaches Kriterium, das in einer Patt-Situation, wenn sich zwei oder mehrere Schriftpositionen nach der Bewertung durch die anderen Kriterien gleichen, den Ausschlag gibt.

## 7.3 Topologisch korrekte Lage zu einer Trennlinie

Durch dieses Kriterium wird bewertet, ob und inwieweit eine Schriftposition die topologische Beziehung eines Kartenobjektes zu einer Linie mit Trenneigenschaft unterstützt. Abbildung 10 verdeutlicht dies am Beispiel von Siedlungsflächen in Bezug auf einen Fluss. Links steht die Schrift stets auf der gleichen Seite des Flusses wie die zugehörigen Siedlungsflächen, wodurch die topologischen Beziehungen der Objekte für den Betrachter leichter zu erfassen sind. Insofern ist die Position der Schrift auch mittig auf dem Fluss korrekt, wenn sich die Siedlungsfläche zu beiden Seiten des Flusses erstreckt. Wird das Kriterium der topologisch korrekten Lage in Bezug auf eine Linie mit Trenneigenschaft nicht beachtet, wie im rechten Teil der Abbildung zu sehen, kann dies die Orientierung erschweren, insbesondere wenn Ortsnamen vorrangig der Orientierung dienen. Im Einzelfall ist die

Verletzung dieses Kriteriums tolerierbar, da die Nachteile für die Orientierung nur gering ausfallen.

Wie stark das Kriterium in Vergleich zu den anderen Kriterien zu gewichten ist, hängt maßgeblich von der Objektart der Trennlinie ab. Flüsse und Landesgrenzen haben in topographischen Karten eine starke Trennwirkung, Straßen und Eisenbahnlinien eher eine schwache. Die Trennwirkung von Linien kann in hohem Maße von der Benutzersicht abhängen, so dass es sich empfiehlt, das Gewicht dieses Kriteriums konfigurierbar zu halten.

Für die Bewertung der topologisch korrekten Lage der Schrift zu einem Kartenobjekt mit Trenneigenschaft ist Information über die Topologie von Trennlinie und Bezugsobjekt sowie die topologische Beziehung zwischen Trennlinie und Schrift erforderlich. Für jede Kandidatenschriftposition werden eventuell in der Nähe befindliche Trennobjekte lokalisiert, anschließend wird die topologische Beziehung der Schriftposition zu diesem Objekt bestimmt und mit dem zu beschriftenden Kartenobjekt verglichen. Der Erfüllungsgrad des Kriteriums ist abhängig vom Maß der Übereinstimmung.

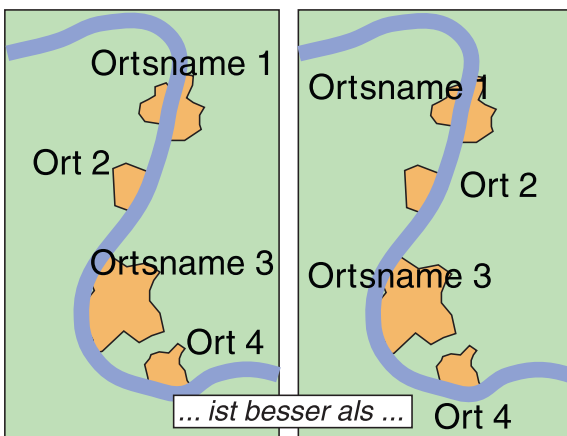


Abb. 10: Berücksichtigung der Lage der Kartenobjekte zu einer Trennlinie

#### 7.4 Verdeckung topologischer Karteninformation

Ein wesentliches Bewertungskriterium für Schriftpositionen kann die Verdeckung topologischer Karteninformation sein, insbesondere wenn die verdeckte topologische Information für den Kartenleser von entscheidender Bedeutung ist. Anhand von Abbildung 11 kann die Bedeutung dieses Kriteriums nachvollzogen werden. Die oberen Teilbilder zeigen jeweils die unverdeckte Situation. Obwohl auf der linken Seite Geometrie von Schrift verdeckt wird, bleibt der topologische Zusammenhang der Linien für den Betrachter erkennbar. Anders liegt der Fall in der rechten Teilabbildung. Hier wird dem Betrachter die topologisch wichtige Information über die Verbindung der beiden außen liegenden Straßen vorenthalten.

Zunächst erscheint es sinnvoll Schriftpositionen, die zu topologischen Informationsverlusten führen, völlig

auszuschließen. Es kann aber in Kartenbereichen mit sehr hoher Informationsdichte vorkommen, dass keiner der Kandidaten für die Schriftposition frei von topologischen Informationsverlusten ist. In diesem Fall ist eine Quantifizierung des Verlustes erforderlich. Hierzu können relativ einfache Modelle dienen, die naturgemäß den Nachteil aufweisen, topologische Informationsverluste nicht in voller Schärfe zu erfassen. Die Verwendung einfacher Modelle erscheint auch aus Gründen der Rechenzeit sinnvoll, da jeder Kandidat für die Schriftposition untersucht werden muss.

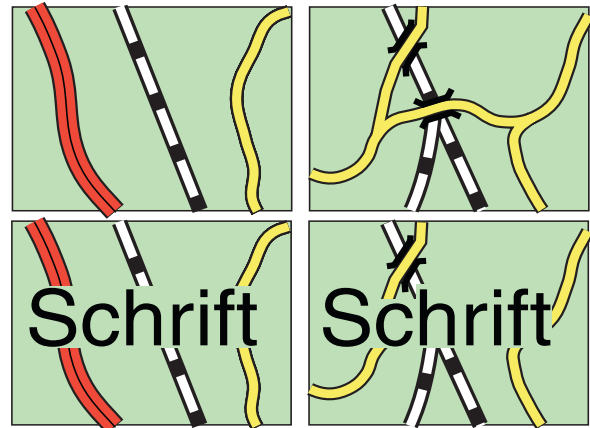


Abb. 11: Verdeckung topologischer Karteninformation

Ein Ansatz besteht darin, den topologischen Informationsverlust aus der verdeckten Situation abzuleiten. Einfache Kriterien sind die Anzahl und Ordnung verdeckter Kreuzungen, die Anzahl von Über- und Unterführungen sowie die Anzahl der Linien, die im von Schrift verdeckten Bereich enden. Darüber hinaus kann die Situation, wie sie sich dem Betrachter darstellt, analysiert werden. Hier sind die Anzahl der Linien jeder Gruppe von Objekten, die Anzahl der Objektgruppen und die Richtung der in den verdeckten Bereich hinein laufenden Linien beobachtbare Größen, die zu weiteren Aussagen bis hin zur Abschätzung von Wahrscheinlichkeiten für bestimmte Situationen verknüpft werden können.

Für die Untersuchung der Verdeckung topologischer Karteninformation wird die verdeckte Geometrie benötigt. Aus dieser kann die Topologie aufgebaut werden, falls diese nicht in der Datenbasis explizit abgelegt ist.

#### 7.5 Verdeckung geometrischer Karteninformation

Die Verdeckung geometrischer Karteninformation ist eines der entscheidenden Kriterien bei der Schriftplatzierung. Obwohl sich die Verdeckung von Karteninformation durch Schrift im Allgemeinen nicht vermeiden lässt, kann der Grad der Verdeckung durchaus unterschiedlich stark sein, wie Abbildung 12 veranschaulicht. Auf der linken Seite wird das Wegenetz nur an zwei Stellen kurz unterbrochen. Rechts hingegen treten deutlich mehr Verdeckungen auf.

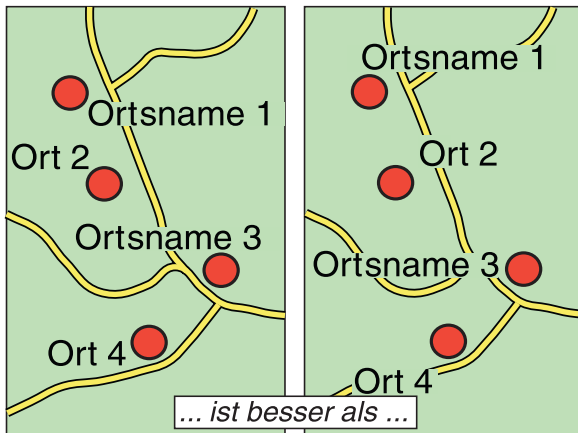


Abb. 12: Verdeckung geometrischer Karteninformation

Der Verlust an verdeckter Information kann auf verschiedene Art und Weise in detaillierter und weniger detaillierter Form erfasst werden. Hierzu wird für jede Kandidatenschriftposition die Geometrie der verdeckten Kartenobjekte betrachtet. Kresse (1994) arbeitet mit einer Rastermatrix, die den Informationsgehalt der Kartengrafik repräsentiert. In Abhängigkeit von Menge und Bedeutung der zu Grunde liegenden Kartenobjekte nehmen die Pixel des Rasters unterschiedliche Werte an. Die Summe der von einer Schriftposition verdeckten Pixelwerte ist ein Maß für den Informationsverlust, den diese verursacht.

Zu einer detaillierteren Erfassung der verdeckten Information gelangt man, wenn die Vektorgeometrie der Kartenobjekte berücksichtigt wird. So stellt die partielle Verdeckung einer Geraden für den Betrachter der Karte keinen großen Verlust dar, da er das fehlende Stück leicht mental ergänzen kann. Bei Verdeckung einer Kurve oder Schleife dürfte die mentale Ergänzung aber schwerer fallen. Zur Erfassung dieser Sachverhalte wurden detaillierte Modelle aufgestellt, die versuchen, die Sicht des Betrachters zu rekonstruieren und dabei Unsicherheit und Irrtum des Betrachters in Bezug auf eine verdeckte Situation zu erfassen.

## 8 Fazit

Die automatische Platzierung der Kartenschrift ist eine anspruchsvolle Aufgabe. Wesentliche praxisbezogene Forderung an einen Platzierungsalgorithmus ist das Erreichen der Qualität manuell beschrifteter Produkte. Insofern muss das Ziel lauten, geometrische Regeln und Bewertungskriterien zu formalisieren, dadurch Schriftpositionen mit hoher kartographischer Qualität zu erzeugen und zu bewerten, um die Basis für die Optimierungsverfahren zur Berechnung der optimalen Schriftanordnung zu schaffen. Die vorgestellte Systematisierung des Beschriftungsprozesses bildet hierzu den Rahmen. Zur Lösung der Konkurrenzsituation zwischen Schriftobjekten gibt es zahlreiche Arbeiten, die hauptsächlich algorithmisch

orientiert sind. Einen Beitrag zur Formalisierung von Beschriftungsregeln und Bewertungskriterien für Schriftpositionen leistet Ellsiepen (2002).

Bis zur Einführung praxistauglicher Beschriftungssysteme sind noch Fragestellungen im Bereich weiterer Formalisierung und Implementation sowie der Konfiguration zu lösen.

## Literatur

- Brady, R.M.: Optimizing strategies gleaned from biological evolution. *Nature* Vol. 317, 1995.
- Christensen, J.: *Managing Design Complexity: Using Stochastic Optimization in Production of Computer Graphics*. Harvard University June 1995.
- Dueck, G. und Scheuer, T.: Threshold Accepting: A General Purpose Optimization Algorithm Appearing Superior to Simulated Annealing. *Journal of Computational Physics* 1989.
- Dueck, G.; Scheuer, T. und Wallmeier, H.-M.: *Torleranzschwelle und Sintflut: Neue Ideen zur Optimierung*. Spektrum der Wissenschaft, März 1993.
- Edmondson, S. et al.: A general cartographic labeling algorithm. *Cartographica*, Vol 33.4, pages 13–23, 1996.
- Ellsiepen, M.: *Formalisierung kartographischen Wissens zur Schriftplatzierung in topographischen Karten*, Schriftenreihe des Instituts für Kartographie und Geoinformation, Heft 29, Bonn 2002.
- Even, S.; Itai, A. and Shamir, A.: *On the Complexity of Timetable and Multicommodity Flow Problems*. 1976.
- Heber, M.: *Vorausberechnung reaktiver Datenstrukturen zur schnellen Beschriftung von Landkarten*. Diplomarbeit am Institut für Informatik der Universität Bonn, 1998.
- Imhof, E. *Die Anordnung der Namen in der Karte*. Internationales Jahrbuch für Kartographie, Seiten 93–129, Bertelsmann, 1962.
- Kirpatrick, S.; Gelatt, C. D. and Vecchi, M. P.: *Optimization by Simulated Annealing*, *Science*, Volume 220, May 1983.
- Kresse, W.: *Plazierung von Schrift in Karten*, Schriftenreihe des Instituts für Kartographie und Geoinformation, Heft 23, Bonn 1994.
- Marks, J. and Shieber, S.: *The computational complexity of cartographic label placement*. Technical Report, TR-05-91, Harvard CS, 1991.
- Morgenstern, D.: *Aspekte einer Neukonzeption der Schrift in topographischen Karten*. Eine Festschrift für Aloys Heupel zum 60. Geburtstag, Schriftenreihe des Instituts für Kartographie und Geoinformation, Heft 15, S. 97–120, Bonn 1985.
- Petzold, I. und Plümer, L.: *Plazierung der Beschriftung in dynamisch erzeugten Bildschirmkarten*. NaKaVerm, Reihe I, Heft 117, 1997.
- Schürer, D.: *Ableitung von digitalen Landschaftsmodellen geringeren Strukturierungsgrades durch Modellgeneralisierung*, Schriftenreihe des Instituts für Kartographie und Geoinformation, Heft 28, Bonn 2002.

## Anschrift der Autoren

Dr.-Ing. Matthias Ellsiepen  
 Institut für Kartographie und Geoinformation  
 Meckenheimer Allee 172  
 D-53113 Bonn

Prof. Dr.-Ing. Dieter Morgenstern  
 Institut für Kartographie und Geoinformation  
 Meckenheimer Allee 172  
 D-53113 Bonn