

**Formalisierung kartographischen Wissens
zur Schriftplatzierung in topographischen
Karten**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Grades

Doktor-Ingenieur

(Dr.-Ing.)

der

Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

zu Bonn

vorgelegt am 21. August 2001

von

Dipl.-Ing. Matthias Ellsiepen

aus Mettmann

Referent: Professor Dr.-Ing. D. Morgenstern
Korreferent: Professor Dr. rer. nat. H.-P. Helfrich
Tag der mündlichen Prüfung: 28. Januar 2002
D 98

Abriß

Formalisierung kartographischen Wissens zur Schriftplatzierung in topographischen Karten

Schrift ist als Ausdrucksmittel in Karten unverzichtbar. Sie ermöglicht die Übermittlung von Informationen, die durch die Geometrie der Kartenobjekte nicht ausgedrückt werden können. In ihrer Funktion dient die Schrift sowohl zur Beschreibung der Kartenobjekte, als auch zur Orientierung des Kartenbetrachters. Die Platzierung der Schrift muß viele Aspekte berücksichtigen, weil man einerseits der Funktion der Schrift Rechnung tragen muß und andererseits Zwänge zu berücksichtigen sind, die durch die Konkurrenz der Schriftzüge mit der Kartengraphik und untereinander um den begrenzten Platz in der Karte entstehen.

Durch die heutigen schnellen und leistungsfähigen Rechner ist die Voraussetzung gegeben, um die komplexe Aufgabe der Schriftplatzierung zu automatisieren. Anwendungsfelder für die automatische Schriftplatzierung sind sowohl die Ausgabe analoger Karten nach bisherigem Muster aus einer digitalen Datenbasis, als auch die automatische Beschriftung von Bildschirmkarten in Echtzeit.

Die Entwicklung eines Schriftplatzierungssystems gliedert sich in drei Phasen: Konzeption, Implementation und Konfiguration. Wenn sich das Ergebnis der Schriftplatzierung an der guten Qualität analoger Produkte orientieren soll, so muß bereits in der Konzeptionsphase die detaillierte Formalisierung entsprechenden kartographischen Wissens erfolgen. Dies wurde bei bisherigen Systemen häufig nicht ausreichend berücksichtigt.

Die Schriftplatzierung erfolgt in mehreren Arbeitsschritten. Zunächst müssen durch geometrische Regeln in Abhängigkeit von der Geometrie des Kartenobjektes mehrere Schriftpositionen erzeugt werden. Die geometrischen Regeln können für jede Objektart unterschiedlich sein. Es werden Regeln für sechs in topographischen Karten häufig anzutreffende Objektarten aufgestellt: Orte mit punkthaftem Geometriotyp, Berggipfel, fließende Gewässer, Orte mit flächenhaftem Geometriotyp, geographische Räume und stehende Gewässer.

Im zweiten Schritt sind die möglichen Schriftpositionen jedes Kartenobjektes zu bewerten. Hierzu werden die Kriterien eindeutige Zuordnung von Schrift und Objekt, Beschriftung in bevorzugter Position, korrekte Lage der Schrift in bezug auf ein Objekt mit topologischer Trenneigenschaft sowie Verdeckung topologischer und geometrischer Karteninformation untersucht. Die Kriterien lassen sich in zwei Gruppen einteilen. Die objektbezogenen Kriterien sind in Abhängigkeit von der Objektart unterschiedlich ausgeprägt und bewerten die

Schriftposition in bezug auf ihre Lage zur Geometrie einzelner Kartenobjekte. Die Beurteilung der Verdeckung von topologischer und geometrischer Karteninformation erfolgt anhand der durch eine Schriftposition verdeckten Kartengraphik und ist für alle Objektarten prinzipiell gleich. Die Verdeckung von Karteninformation spielt bei der Bewertung von Schriftpositionen eine wichtige Rolle. Die Bewertung erfolgt anhand von Modellen, die es ermöglichen den Informationsverlust, der aus der Verdeckung von Kartengraphik durch Schrift entsteht, zu quantifizieren.

Im dritten Schritt erfolgt die Auswahl einer Gesamtschriftenanordnung aus der Menge der bewerteten Schriftpositionen im Sinne einer Optimierungsaufgabe. Dieses Problem war schon vielfach Untersuchungsgegenstand und wird durch die vorhandene Literatur abgedeckt.

Wesentliche Aspekte der theoretischen Modelle zur Erzeugung und Bewertung von Schriftpositionen wurden durch die Implementation eines Prototyps verifiziert.

Abstract

Formalization of Cartographic Knowledge for Name Placement in Topographical Maps

Names are essential auxiliary means in maps. They permit the transmission of information which cannot be expressed by the geometry of map features. Names serve for the description of features and are helpful to the viewer in questions of orientation. In label-placement one has to consider a lot of aspects: on the one hand one has to consider the functional aspects of text, on the other hand one has to take into account the constraints which arise from avoiding spatial overlap of text labels and display features as well as text labels among each other.

Today's fast high-performance computers provide the basis for managing the complex task of automated label-placement. The output of analogue maps out of a digital database and the automated labeling of onscreen maps in real time are the fields of application for automated label-placement.

The development of a map-label-placement-system can be reduced to three main stages: conception, implementation and configuration. If the result of map-label-placement is to compete with analogue maps concerning quality, the formalization of corresponding cartographic knowledge has to take place in the stage of conception already. This has not been sufficiently considered in the development of present systems.

Label-placement takes place in three steps. Firstly, several candidate positions have to be generated depending on the geometry of the corresponding map feature according to different geometrical rules. These depend on the type of the feature. Geometrical rules for six major feature types - cities as point-features, summits, rivers, cities as area-features, geographical sites and lakes - are then introduced.

Secondly, the candidate positions for each map-feature have to be evaluated. Therefore the following criteria are examined: non-ambiguous assignment, preferred label-position, relation to a map feature with topological dividing capability as well as occlusion of topological and geometrical map information. The criteria can be subdivided into two groups. Feature-related criteria evaluate the label-position in relation to position and geometry of individual features and differ depending on the type of the feature. The evaluation of the occlusion of topological and geometrical map-information depends on the graphic information a label-position obscures and is basically equal for all types of features. The occlusion of map-information plays an important role in the evaluation of

label-positions. The evaluation is performed by models which permit to quantify the loss of information resulting from the occlusion of display features.

The final step in automated maplabel-placement is the selection of a composition out of the amount of positions evaluated before in terms of an optimization problem. This is a well studied matter and is covered by the current literature.

Substantial aspects of the theoretical models of generating and evaluating label-positions have been verified by the implementation of a prototype.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Einführung | 11 |
| 2 | Motivation | 13 |
| 2.1 | Anwendungsfelder | 13 |
| 2.2 | Vorhandene Arbeiten zum Thema Schriftplatzierung | 18 |
| 2.3 | Zielvorgaben für diese Arbeit | 22 |
| 3 | Rahmenkonzept für die automatische Schriftplatzierung | 27 |
| 3.1 | Ablauf allgemein | 27 |
| 3.2 | Einteilung der Objektarten in Gruppen | 28 |
| 3.3 | Erzeugung und Bewertung von Schriftpositionen | 31 |
| 3.3.1 | Erzeugung von Schriftpositionen | 31 |
| 3.3.2 | Bewertung von Schriftpositionen | 34 |
| 3.4 | Lösung von Konflikten zwischen Schriftpostionen | 35 |
| 4 | Regeln und Kriterien | 39 |
| 4.1 | Beschriftungsregeln allgemein | 39 |
| 4.2 | Klassifikation der Bewertungskriterien | 40 |
| 4.2.1 | Eindeutige Zuordnung | 40 |
| 4.2.2 | Beschriftung in bevorzugter Position | 42 |
| 4.2.3 | Topologisch korrekte Lage zu einer Trennlinie | 43 |
| 4.2.4 | Verdeckung topologischer Karteninformation | 45 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 4.2.5 | Verdeckung geometrischer Karteninformation | 46 |
| 4.3 | Ästhetische Gesichtspunkte bei der Kartenbeschriftung | 47 |
| 4.4 | Rechenzeit und Qualität | 49 |
| 5 | Erzeugung zulässiger Schriftpositionen | 51 |
| 5.1 | Orte mit punkthafter Darstellung | 53 |
| 5.1.1 | Untersuchung der Lage des Ortes | 55 |
| 5.1.2 | Erzeugung von Schriftpositionen im Land | 56 |
| 5.1.3 | Erzeugung von Schriftpositionen für Küstenorte | 59 |
| 5.1.4 | Kriterium eindeutige Zuordnung | 64 |
| 5.1.5 | Kriterium bevorzugte Schriftposition | 65 |
| 5.2 | Berggipfel | 68 |
| 5.2.1 | Schriftpositionen für die Gipfelbezeichnung | 69 |
| 5.2.2 | Schriftpositionen für die Höhenangabe | 75 |
| 5.2.3 | Kriterium eindeutige Zuordnung | 76 |
| 5.3 | Fließende Gewässer | 77 |
| 5.3.1 | Erzeugung von Schriftpositionen | 77 |
| 5.3.2 | Kriterium bevorzugte Schriftposition | 84 |
| 5.4 | Siedlungsflächen | 91 |
| 5.4.1 | Erzeugung von Schriftpositionen | 92 |
| 5.4.2 | Kriterium bevorzugte Schriftposition | 92 |
| 5.4.3 | Kriterium eindeutige Zuordnung | 96 |
| 5.4.4 | Bestimmung des Eindeutigkeitsbereiches | 101 |
| 5.5 | Geographische Räume | 111 |
| 5.5.1 | Erzeugung von Schriftpositionen | 112 |
| 5.5.2 | Ausrichtung an gekrümmter Linie | 113 |
| 5.5.3 | Streng horizontale Ausrichtung | 120 |
| 5.6 | Gewässerflächen | 127 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 5.6.1 | Große Seen | 128 |
| 5.6.2 | Mittelgroße Seen | 129 |
| 5.6.3 | Kleine Seen | 132 |
| 5.6.4 | Kriterium bevorzugte Schriftposition | 135 |
| 5.6.5 | Kriterium eindeutige Zuordnung | 135 |
| 5.6.6 | Trennung und Abkürzung von Namen | 136 |
| 6 | Verdeckung von Karteninformationen durch Schrift | 139 |
| 6.1 | Konflikt zwischen Kartengraphik und Kartenschrift | 141 |
| 6.2 | Geometrische Repräsentation von Schrift | 142 |
| 6.3 | Bestimmung der durch Schrift verdeckten Kartenobjekte | 144 |
| 6.4 | Verlust topologischer Informationen | 144 |
| 6.4.1 | Topologie zur Bestimmung von Informationsverlusten | 148 |
| 6.4.2 | Analyse der Linientopologie | 150 |
| 6.4.3 | Analyse der Flächentopologie | 157 |
| 6.4.4 | Verzicht auf direkte Betrachtung der Topologie | 159 |
| 6.5 | Verdeckung eines Flächenumrings | 159 |
| 6.5.1 | Modell für die mentale Rekonstruktion eines beschädigten Flächenumrings | 162 |
| 6.5.2 | Informationsunsicherheit | 163 |
| 6.5.3 | Vergleich zwischen mentaler Rekonstruktion und tatsächlichem Linienverlauf | 164 |
| 6.5.4 | Vergleich zwischen mentaler Rekonstruktion und tatsächlichem Linienverlauf bei Informationsunsicherheit | 166 |
| 6.5.5 | Einfaches Kriterium für Informationsverlust | 170 |
| 6.6 | Verdeckung linienhafter Kartenobjekte | 170 |
| 6.6.1 | Verdeckung von Kreuzungen | 172 |
| 6.7 | Verdeckung punkthafter Kartenobjekte | 175 |
| 7 | Fazit | 181 |

| | |
|---|------------|
| Literaturverzeichnis | 183 |
| A Prototyp zur Beschriftung von Siedlungsflächen | 189 |

Kapitel 1

Einführung

Die Schrift spielt bei der Gestaltung von Karten eine wesentliche Rolle. Sie dient zur Übermittlung von Informationen, die durch die Kartengraphik nur unzureichend oder gar nicht kommuniziert werden können. Des Weiteren ist die Schrift ein wesentliches Hilfsmittel bei der Orientierung in der Karte, da der Betrachter durch die Verknüpfung von Namen in der Karte mit seiner topographischen Wissensbasis in der Lage ist, den Karteninhalt räumlich einzuordnen.

Aus kommunikationstheoretischer Sicht handelt es sich bei der Schrift um artfremde Kartenzeichen. Die Position der Schrift vermittelt im Gegensatz zur Geometrie der Kartenobjekte keine direkte Information über die Lage und Ausdehnung der Objekte in der Natur, kann aber die Geometrie in ihrer Aussage unterstützen.

Eine besonders anspruchsvolle kartographische Aufgabe stellt die Platzierung der Schrift in der Karte dar. Durch die Position der Schrift versucht man, einerseits den Bezug zum zugehörigen Objekt herzustellen und andererseits eine harmonische Verbindung der Schrift mit der Kartengraphik zu erreichen. Die einzelnen Schriftzüge konkurrieren dabei sowohl mit der Kartengraphik als auch untereinander um den begrenzten Platz, der in der Karte zur Verfügung steht.

In dem Maße, wie die Rechner schneller und damit leistungsfähiger werden, gewinnt die automatische Platzierung der Schrift auch im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit der kartographischen Arbeitsprozesse an Relevanz. Ansätze, die Schriftplatzierung zu automatisieren, haben bisher nur wenig Eingang in die Praxis gefunden, hauptsächlich weil die Qualität der automatisch beschrifteten Karten bisher nicht mit manuell erstellten Produkten konkurrieren konnte. In der Vergangenheit wurde vorwiegend die automatische Beschriftung kleinmaßstäbiger Karten untersucht. Hier stellen Namen für Orte mit punkthafter

Darstellung den überwiegenden Teil des Schriftguts dar. Auf Grund der vergleichsweise einfachen Geometrie der zu beschriftenden Objekte und einer an Kartenobjekten verarmten Kartengraphik reduziert sich hier das Problem der automatischen Schriftplatzierung im wesentlichen auf die Lösung von Konflikten zwischen den Positionen konkurrierender Schriftzüge untereinander. Zu diesem Teilproblem existieren bereits gute Lösungen.

Nur wenige Arbeiten befassen sich mit der automatischen Beschriftung großmaßstäbiger Karten. Bei der Wahl der Schriftposition wird hier verstärkt die Objektgeometrie, die meist flächenhaft ausgeprägt ist, sowie die Objekte des Kartenhintergrundes berücksichtigt. Die Zahl der Schriftzüge ist meist gering, so daß Konflikte konkurrierender Schriftpositionen eine untergeordnete Rolle spielen.

Die automatische Beschriftung von Karten mittleren Kartenmaßstabs stellt im Vergleich zur Beschriftung vom großmaßstäbigen und kleinmaßstäbigen Karten eine besondere Herausforderung dar. Karten dieses Maßstabs verfügen sowohl über eine große Objektdichte als auch über eine große Menge zu platzierenden Schriftguts. Um bei der automatischen Beschriftung der Karten die Qualität manuell beschrifteter Produkte zu erreichen, ist die detaillierte Formalisierung des gesamten Beschriftungsprozesses erforderlich. Zu berücksichtigen sind die Geometrie des jeweiligen Objektes, der Einfluß einer Schriftposition auf die Verdeckung von Karteninformation, topologische Beziehungen der Kartenobjekte untereinander und die Lösung von Konflikten konkurrierender Schriftzüge. Hierzu muß ein Rahmen für den Beschriftungsvorgang geschaffen werden, in den sich die einzelnen Arbeitsschritte der automatischen Schriftplatzierung eingliedern lassen. Dieser Aufgabe will sich diese Arbeit stellen.

Zu Beginn werden Anwendungen und Ziele für die automatische Schriftplatzierung charakterisiert. Es wird ein allgemeines Rahmenkonzept aufgestellt, in welches sich die Arbeitsschritte der automatischen Textplatzierung einordnen lassen. Das Zusammenwirken von Regeln und Kriterien bei der Erzeugung und Bewertung von Schriftpositionen wird erläutert. Es folgt die Formalisierung der Beschriftungsregeln für sechs wesentliche kartographische Objektklassen. Einen Schwerpunkt bildet die Untersuchung der Beschriftung von Orten mit flächenhafter Darstellung, die allgemein einen Großteil der Objekte in Karten mittleren Maßstabs ausmachen. Abschließend werden Modelle zur Bewertung von Informationsverlusten, wie sie infolge der Verdeckung von Kartengeometrie durch Schrift entstehen, vorgestellt.

Kapitel 2

Motivation

Die Formalisierung kartographischen Wissens ist Voraussetzung für die Automation von Arbeitsabläufen in der Kartographie. Um die Bedeutung einer automatischen Lösung für die Schriftplatzierung zu verdeutlichen, werden zunächst Anwendungsfelder für die automatische Schriftplatzierung aufgezeigt. Vor dem Hintergrund bisheriger Arbeiten zum Thema Schriftplatzierung sollen Ziele und Vorgaben für die Formalisierung von Platzierungsregeln zur automatischen Kartenbeschriftung formuliert werden.

2.1 Anwendungsfelder

Schrift stellt in Karten ein unverzichtbares Ausdrucksmittel dar. Erst durch die Beschriftung markanter Objekte, die der Betrachter identifizieren kann, wird die Orientierung im Raum ermöglicht und die Karte überhaupt erst „lesbar“. Zusätzlich erfüllt die Kartenschrift eine beschreibende Funktion, indem sie Information z.B. über den Namen einer Ortschaft oder die Bezeichnung eines geographischen Raumes übermittelt. Hierzu muß die Schrift so gesetzt werden, daß sie dem Objekt, welches sie bezeichnet, eindeutig zugeordnet werden kann. Zur Gewährleistung der Lesbarkeit, muß die Schrift eine höhere Darstellungspriorität aufweisen als andere Elemente des Kartenbildes. Dies kann zur Verdeckung von Kartengraphik und infolgedessen zum Verlust von Information führen. Gibt es farbliche Similarität zwischen Schrift und Kartengraphik, so muß die Schrift freigestellt werden, wodurch zusätzliche Karteninformationen verdeckt werden. Bei der Wahl der Schriftposition ist darauf zu achten, daß der Informationsverlust durch Überdeckung der Kartenzeichnung möglichst gering bleibt. Zusätzlich sind bei der Platzierung Interdependenzen

der Schriftzüge zu beachten, die dadurch begründet sind, daß eine Überschneidung von Schriftzügen nicht auftreten darf.

Konventionell erfolgt die Bestimmung der Position, an der die Schrift in der Karte plaziert werden soll, manuell durch einen Kartographen. Dies ist ein sehr arbeitsaufwendiger Prozeß, wenn man bedenkt, daß z.B. in einer TÜK 200¹ über 500 Schriftzüge pro Kartenblatt zu plazieren sind. Auch wenn die Speicherung der Kartengeometrie heute digital erfolgt, muß die Auswahl der Schriftpositionen bisher vielfach manuell erfolgen. Eine Automation dieses Schrittes wird im Kontext einer automatischen Ableitung von Kartenpräsentationen aus digitalen Geodaten für die analoge Kartenausgabe angestrebt.

Neben der analogen Ausgabe von Karten gewinnt die Betrachtung von Karten am Bildschirm zunehmend an Bedeutung. Die flexible, schnelle Gestaltung des Bildschirmbildes sowie die Darstellung dynamischer Vorgänge sind wichtige Charakteristiken der Bildschirm-Visualisierung [Lutterbach 1997]. Im Gegensatz zu analogen Karten, wo die Selektion der betrachteten Karteninhalte durch Wechsel von Blickrichtung und Beobachtungsabstand erfolgt, geschieht dies bei Bildschirmkarten durch interaktive Vorgänge, wie *Zoomen* und *Scrollen*. Interaktive Veränderungen des Karteninhalts oder des Kartenmaßstabs führen zu einer starken Veränderung des Kartenbildes und machen eine schnelle Reorganisation der Kartenschrift erforderlich. Dies kann nur durch automatische Schriftplatzierungsverfahren mit einem guten Laufzeitverhalten bewältigt werden. Die automatische Schriftplatzierung findet aktuell zwei Anwendungsbereiche:

- Die Beschriftung digitaler kartographischer Daten mit dem Ziel einer analogen Ausgabe nach bisherigem Muster
- Die Beschriftung von Bildschirmkarten (in Echtzeit)

Analoge Karten aus digitalen Daten

Zur Automation der Arbeitsprozesse innerhalb der Vermessungsbehörden werden zunehmend DV-technische Verfahren eingesetzt. Dies führt dazu, daß raumbezogene Information zunehmend digital in Datenbanken vorliegt. In diesem Zusammenhang hat man sich das Ziel gesetzt, aus digitalen Daten analoge Karten abzuleiten, die eine ebenso hohe Qualität der Kartendarstellung aufweisen wie bisherige, vollständig analog erzeugte Produkte. Für die Platzierung der Schrift bedeutet dies, daß ein automatisches Verfahren angewandt werden muß, welches die Positionen für die Kartenschrift mindestens ebenso

¹Topographische Übersichtskarte der Landesvermessung im Maßstab 1:200.000

gut bestimmt wie ein Kartograph. Hierzu muß versucht werden, die gedanklichen Abläufe eines Kartographen bei der Auswahl einer Schriftposition bis ins Detail zu erfassen und in einen formalen Algorithmus abzubilden.

Bisherige analoge Karten haben im allgemeinen zwei für die Schriftplatzierung relevante Eigenschaften:

- **Großes Kartenformat:** Analoge Karten bilden einen relativ großen Ausschnitt des Raumes ab. Dadurch erhält man in der Karte einen guten Überblick über die Lage der Objekte im Raum, und die Zahl der Kartenblätter zur Abdeckung eines bestimmten geographischen Bereichs kann relativ gering gehalten werden. Wegen des großen Formates enthält ein Kartenblatt relativ viele Objekte, die mit Schrift versehen werden müssen. Dadurch kann sich theoretisch eine größere Anzahl von Platzierungskonflikten unter den einzelnen Schriftzügen ergeben. Es ist zu erwarten, daß ein automatisches Verfahren, das diese Konflikte löst und alle Objekte beschriftet, relativ rechenzeitintensiv sein wird.
- **Hohe Informationsdichte:** Die analoge Karte ist in ihrer klassischen Funktion Präsentations- und Speichermedium zugleich. Daher verfügen klassische analoge Karten über eine sehr hohe Informationsdichte. Bei einer vollständigen digitalen Datenbasis erfüllt die analoge Karte nur noch die Aufgabe, die Daten graphisch aufbereitet zu präsentieren. Dadurch ist es möglich, die Karteninhalte der Fachanwendung entsprechend auszuwählen und so die Informationsdichte zu verkleinern. Vielfach ist aber auch bei der Ableitung einer analogen Karte aus einer digitalen Datenbasis der spätere Anwendungszweck nicht bekannt, so daß nach wie vor möglichst viel Information in der Karte abgebildet wird. Wegen der allgemein hohen Informationsdichte in analogen Karten muß bei der Platzierung von Kartenschrift eine sehr detaillierte und differenzierte Betrachtung der Kartengraphik erfolgen, die durch die Schrift verdeckt wird. Nur so können Informationsverluste gering gehalten werden.

Aufgrund des Kartenformats, der großen Anzahl von Kartenobjekten und der hohen Informationsdichte analoger Karten ist die Platzierung von Schrift, selbst wenn sie von Hand erfolgt, äußerst kompliziert. Dementsprechend aufwendig muß ein Algorithmus sein, der in der Lage ist, diese Problemstellung automatisch zu bearbeiten. Die damit verbundenen, langen Rechenzeiten fallen bei der Beschriftung analoger Karten weniger ins Gewicht, da die Schriftpositionen, wenn sie einmal bestimmt wurden, gespeichert werden können, und der Beschriftungsprozeß nur einmal ablaufen muß.

Bildschirmkarten

Die automatische Beschriftung von Kartendarstellungen auf dem Bildschirm stellt eine besondere Herausforderung dar. Dies gilt besonders dann, wenn der Betrachter die Möglichkeit hat, interaktiv den Kartenmaßstab oder die in der Karte dargestellten Fachinformationen zu wählen. Für die hier notwendige Neuberechnung der Schriftverteilung in Echtzeit ist es sinnvoll, die Regeln für die Platzierung von Kartenschrift nicht mehr in aller Strenge anzuwenden, sondern Vereinfachungen vorzunehmen. Dabei ist zu beachten, daß die Qualität der Schriftplatzierung nicht zu stark beeinträchtigt wird. Die Möglichkeit, am Bildschirm interaktiv auf die Darstellung der Karteninformation Einfluß zu nehmen, eröffnet, jenseits der beschränkten Möglichkeiten analoger Karten, aber auch zahlreiche zusätzliche Wege, Schrift mit Karteninformation in Verbindung zu bringen. Folgende Punkte müssen bei der automatischen Platzierung von Schrift in Bildschirmkarten besondere Beachtung finden:

- **Kleiner Kartenausschnitt und geringe Auflösung:** Bei Bildschirmkarten ist der Kartenausschnitt häufig auf die Größe des Bildschirms oder bei entsprechender Browsersoftware auf noch geringere Dimensionen reduziert. Die Auflösung von Bildschirmen steht der Auflösung analoger Karten bisher nach, so daß für die Darstellung auf dem Bildschirm größere Minimaldimensionen gelten. Der Flächenausschnitt zur Darstellung von Information und Schrift ist daher in der Bildschirmkarte stark begrenzt. Andererseits muß die Darstellung nicht zugleich als Datenspeicher dienen, so daß durch Selektion der Karteninhalte eine Entlastung des Kartenbildes erfolgen kann.
- **Interaktivität:** In Bildschirmkarten hat man allgemein die Möglichkeit, interaktiv den Kartenmaßstab, den Kartenausschnitt und den Karteninhalt frei zu wählen. Bei einer Änderung muß die Schrift sehr schnell, entsprechend der neuen Kartensituation, platziert werden. Das Problem der automatischen Schriftplatzierung wird hier zusätzlich dadurch verschärft, daß ein sehr gutes Laufzeitverhalten des Algorithmus notwendig wird. Im Rahmen der Interaktivität kann man sich aber auch weitergehende Funktionen vorstellen, die das Problem der automatischen Schriftplatzierung vereinfachen würden. Wenn man die Möglichkeit schafft, die Schrift auf Wunsch auszublenden, kann jederzeit die Kartengraphik ohne Verdeckung betrachtet werden. Die Gefahr, durch ungünstig platzierte Schrift Karteninformation zu verdecken, wird dadurch weitgehend aufgehoben. Ein weiterer denkbarer Ansatz wäre, die Schrift auf ein für die Groborientierung in der Karte notwendiges Maß zu reduzieren, und Kartenschrift mit beschreibender Funktion kontextbasiert bei Überstreichen des entsprechenden Kartenobjektes mit dem Mauszeiger einzublenden.

- **Flexibler Kartenausschnitt:** Die Bildschirmkarte unterscheidet sich von der analogen Karte dadurch, daß nur ein relativ kleiner Bildausschnitt zur Darstellung von Karteninformation und Kartenschrift zur Verfügung steht. Da häufig nicht die ganze Kartensituation auf einmal abgebildet werden kann, hat der Betrachter die Möglichkeit über den Kartenbereich zu *scrollen*. Dies bedeutet eine flexible Änderung des Kartenausschnitts, die eine Neubeschriftung der Kartensituation erforderlich macht.
- **Flexibler Karteninhalt:** Werden im Kartenbild interaktiv Teile der Fachinformation aus- bzw. zugeschaltet, verändert sich die Kartengraphik. Da die Schrift möglichst wenig Karteninformation verdecken soll, und somit die Platzierung der Schrift direkt von der Kartengraphik abhängt, macht diese Änderung eine Reorganisation der Schriftanordnung notwendig. Außerdem entfällt beim Ausschalten bestimmter Fachinformationen die den entsprechenden Kartenobjekten zugeordnete Schrift bzw. beim Zuschalten weiterer Fachinformation kommt für die neuen Objekte weitere Schrift hinzu, die plaziert werden muß.
- **Flexibler Kartenmaßstab:** Ein flexibler Kartenmaßstab bei Bildschirmkarten führt zunächst zu einem Generalisierungsproblem. Man muß festlegen, ob und mit welcher Geometrie Objekte in einem bestimmten Maßstab darzustellen sind. In Abhängigkeit davon kann das Reglement für die Platzierung der Schrift einer kartographischen Objektklasse für jeden Maßstab ein anderes sein, so daß man auch hier Festlegungen treffen muß. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn das zugrunde liegende Objekt im Rahmen der Generalisierung einen Geometriotypwechsel erfährt. Verfügt man auf Grund der Datenbasis nur über eine Geometrie für jedes Kartenobjekt und hat man, was in der bisherigen Praxis allgemein der Fall ist, kein leistungsfähiges Generalisierungswerkzeug, so kann man von den insgesamt sieben bei [Hake und Grünreich 1994] beschriebenen Generalisierungsschritten nur den Generalisierungsschritt des Auswählens bzw. Fortlassens von Objekten anwenden. Da die Schrift am Objekt hängt, führt das Fortlassen von Objekten in der Regel dazu, daß die zugehörige Schrift auch wegfällt². Überdies kann es sein, daß bestimmte Objektklassen in einem Kartenmaßstab zwar noch dargestellt aber nicht mehr beschriftet werden. Bei Bildschirmkarten mit flexiblem Maßstab ist die Festlegung von Maßstabsbereichen notwendig, innerhalb derer jedes Objekt gewisse Darstellungseigenschaften hat und ein entsprechendes Reglement zur Platzierung seiner Schrift referenziert.

²Es gibt Kartenobjekte, bei denen die Schrift auch ohne die zugehörige Geometrie eine sinnvolle Aussage hat

2.2 Vorhandene Arbeiten zum Thema Schriftplatzierung

Die Grundsätze zur Anordnung der Schrift in Karten haben sich seit Anfang des 19. Jahrhunderts herausgebildet und gehören heute zum Erfahrungsschatz des Kartographen. Die Weitergabe dieses Wissens erfolgte lange Zeit auf mündlichem Wege.

Eine der ersten Arbeiten, die die Regeln zur Beschriftung von Karten schriftlich festhält, ist „Die Anordnung der Namen in der Karte“ [Imhof 1962]. Diese Arbeit ist heute noch von großer Relevanz und bildet die Basis kartographischen Wissens für viele Untersuchungen im Bereich der automatischen Schriftplatzierung. Im folgenden war die Beschriftung von Karten aus kartographischer Sicht immer wieder ein Thema von Veröffentlichungen [Imhof 1975, Morgenstern 1985]. Untersuchungen über Aufbau und Aussage der Kartenschrift, die Elemente der Schriftdifferenzierung und ihre Wirkung in der Kartendarstellung findet man bei [Kleine-Wieskamp 1985]. Typographische Gesichtspunkte bei der Beschriftung von Karten werden von [Gartner 1996] betrachtet. Hier geht es insbesondere darum, in welcher Weise die graphische Ausprägung und Stellung einzelner Buchstaben Einfluß auf die Qualität der Schriftplatzierung haben. [Wood 2000] veranschaulicht an Hand von Beispielen im Stil von [Imhof 1962], daß der Qualitätsgewinn der Schriftenanordnung durch kleine Verschiebungen einzelner Buchstaben nicht unerheblich ist.

Heute, wo die elektronischen Medien alle Bereiche erfassen, kann man eine zunehmende Tendenz der Betrachtung kartographischer Darstellungen auf dem Bildschirm feststellen. Beispiele hierfür sind der Digitale Weltatlas ENCARTA der Firma Microsoft, oder die multimediale Ausgabe des Atlas der Schweiz [IKA 2000]. In diesem Zusammenhang gewinnt die Untersuchung der Auswirkungen der Bildschirm-Visualisierung auf die kartographische Darstellung an Bedeutung [Lutterbach 1997].

Aus dem Bereich der Informatik gibt es zahlreiche Ansätze zur Implementation von Systemen, die in der Lage sind, Karten automatisch zu beschriften. Wegen der Vielzahl von Regeln, die bei der Platzierung eines Schriftzuges beachtet und gegeneinander abgewogen werden müssen, zählt die Schriftplatzierung zu den automatisierungsfeindlichsten Aufgaben in der Kartographie. [Freeman and Ahn 1984] versuchen die Tätigkeit eines Kartographen bei der Textplatzierung in einem Expertensystem nachzubilden. In diesem Zusammenhang befassen sich [Johnson and Basoglu 1989] mit der automatischen Ableitung von Regeln aus Karten mittels künstlicher Intelligenz. Die Einsatzmöglichkeiten der logischen Programmiersprache PROLOG bei der Implementation kartographischer Regeln in einem System zur automatischen Schriftplatzierung untersuchen [Cook and Jones 1989, 1990, Jones 1989, 1990].

Wegen der Komplexität des Schriftplatzierungsproblems stellt die Zeit, die von den Systemen für die Berechnung von Schriftanordnungen benötigt wird, ein großes Problem dar. [Doerschler and Freeman1989] beschreiben einen regelbasierten Ansatz, wobei zur Beschriftung der Kartenobjekte zunächst lediglich die wichtigste Regel zur Anwendung kommt. Nur in den Fällen, wo das Ergebnis der Schriftplatzierung unbefriedigend ausfällt, werden nach und nach weitere Regeln in die Betrachtung eingeführt. Auf diese Weise werden rechenzeitintensive Algorithmen nur im Bedarfsfall aktiviert, was die Zeit für die automatische Beschriftung reduziert. Eine weitere Möglichkeit zur Beschleunigung der Schriftplatzierung besteht im Einsatz paralleler Computer, der bei [Mower 1993] beschrieben wird.

Ein allgemeiner Algorithmus für die automatische Schriftplatzierung wird bei [Edmondson et al. 1996] beschrieben. Dieser wird in Kapitel 3 dieser Arbeit aufgegriffen. Das Verfahren der automatischen Schriftplatzierung wird in folgende drei Bereiche gegliedert.

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

Viele Arbeiten befassen sich nicht mit dem Gesamtkomplex der automatischen Schriftplatzierung, sondern untersuchen schwerpunktmäßig einen der o.g. drei Bereiche.

Erzeugung von Schriftpositionen

Auf die Erzeugung von Schriftpositionen für punkthafte Objekte gehen nahezu alle Arbeiten ein. Hier werden vielfach Orte mit punkthafter Darstellung betrachtet. Das Reglement zur Erzeugung der Schriftpositionen wird meistens aus [Imhof 1962] abgeleitet.

Die automatische Beschriftung von Linienobjekten in hoher Qualität ist bisher nur in wenigen Arbeiten Untersuchungsgegenstand [Doerschler and Freeman 1989, Ebinger and Goulette 1989, Edmondson et al. 1996]. Eine der wenigen Arbeiten, die den Verlauf der Schrift entlang der generalisierten Liniengeometrie berücksichtigt, ist [Knipping 1998]. Dieser Ansatz wird in Abschnitt 5.3 aufgegriffen. Wegen des Schriftverlaufs entlang der generalisierten Liniengeometrie, haben auch Arbeiten aus der Generalisierung Relevanz, wie [McMaster

1987] [Shea and McMaster 1989]. [Chirié 2000] befaßt sich mit der qualitativ hochwertigen Beschriftung von Straßen in Stadtplänen.

Ansätze zur automatischen Beschriftung von Flächen findet man auch nur in wenigen Arbeiten. Es wird davon ausgegangen, daß die Beschriftung innerhalb der Fläche vorgenommen wird. Hier werden verschiedene Möglichkeiten beschrieben. Die Erzeugung einer gekrümmten Standlinie, die die Ausdehnung der Fläche wiedergibt, wird bei [Freeman and Ahn 1984] vorgestellt. Die Platzierung mit horizontalem Schriftverlauf wird bei [Ebinger and Goulette 1989] dargestellt. Zur Bestimmung der optimalen Position innerhalb der Fläche werden die beiden Kriterien, zentrale Lage in bezug auf die Vertikalausdehnung der Fläche und Länge der Standlinien berücksichtigt. [Carstensen 1989] untersucht die optimale Lage von lokalen Kreisflächen innerhalb geschlossener Flächen. Er verwendet die Kriterien Randabstand und Nähe zum visuellen Zentrum der Fläche. Dieser Ansatz kann auch auf die Positionierung von Schrift verallgemeinert werden.

Bewertung von Schriftpositionen

Bei der Bewertung von Schriftpositionen spielen verschiedene Kriterien eine Rolle. Die meisten Arbeiten bewerten an dieser Stelle lediglich die Lage der Schriftposition zur Objektgeometrie. Aus kartographischer Sicht ist eines der augenscheinlichsten Kriterien die Verdeckung von Karteninformation. Hierzu führt [Kresse 1994, 1995] eine Rastermatrix ein, welche den Informationsgehalt der Kartengraphik repräsentiert. Die Rastermatrix wird über den Kartenausschnitt gelegt, in welchem die Schrift platziert werden soll. Die Pixel der Matrix haben den Ausgangswert Null. In Abhängigkeit von der Menge und Bedeutung der Kartenobjekte, die ein Pixel berühren, wird der Wert des Pixels größer. Stellt man sich die Werte der Pixel als Z -Koordinaten vor, so kann man die Rastermatrix als Gebirge interpretieren, dessen Höhe von der Bedeutung der zugrunde liegenden Kartenzeichnung abhängt. [Kresse 1994, 1995] spricht daher von Bedeutungsgebirge.

Auswahl von Schriftpositionen - Optimierung

Viele Arbeiten untersuchen speziell die Vermeidung von Überdeckungen zweier oder mehrerer Schriftzüge. Hierzu verwendet man automatische Verfahren, die aus einer Menge möglicher Schriftpositionen eine passende Auswahl treffen. Das Problem der Beschriftung von Karten wird vielfach auf die Beschriftung von Punktobjekten ohne Betrachtung des Kartenhintergrundes vereinfacht. [Langran and Poiker 1986] beschreiben ein Verfahren, welches nicht

nur die automatische Platzierung der Schrift vornimmt, sondern auch die automatische Entscheidung darüber, welche Namen aus dem Basisdatenbestand in der Karte zur Darstellung kommen. Bei Karten, die Punktobjekte in hoher Dichte enthalten, gewinnt das Problem der Konfliktlösung zwischen den Schriftpositionen der Punktobjekte an Bedeutung [Cromley 1986].

Die Suche nach einer Schriftanordnung mit möglichst wenig Konflikten führt bei n Punktobjekten und x möglichen Schriftpositionen für ein Punktobjekt auf n^x mögliche Schriftanordnungen. Unter diesen die Beste herauszufinden, ist ein Optimierungsproblem, welches, wie [Marks and Shieber 1991] zeigen, *NP*-vollständig ist. D.h. die Zeit für die mathematische Lösung des Problems wächst nicht polynomial mit der Anzahl der zu beschriftenden Objekte. Viele Arbeiten befassen sich mit der schnellen Lösung dieser Optimierungsaufgabe. Dabei erzeugt man zunächst eine Startanordnung, die man durch schrittweise Modifikation verändert. Durch ein Kriterium wird überprüft, ob die modifizierte Anordnung übernommen wird oder nicht. Läßt man nur Änderungen zu, die direkt zu Verbesserungen der Gesamtanordnung führen (*gradient descent*), so besteht die Gefahr, bei der Optimierung in einem lokalen Minimum zu verharren. Daher finden Verfahren Anwendung, die bis zu einem gewissen Grad auch die Annahme von Verschlechterungen erlauben. Eines dieser Verfahren ist das *simulated annealing*, welches von [Christensen 1995, Christensen, Marks und Shieber 1992, 1993, 1995] für die Optimierung bei der Konfliktlösung im Kontext der Beschriftung von Punktobjekten angewandt wird. Eine genaue Beschreibung des *simulated annealing* findet man bei [Kirpatrick Gelatt, and Vecchi 1983]. Das Verfahren orientiert sich am physikalischen Prozeß der Anordnung von Atomen in einem Kristallgitter bei der Abkühlung der Materie. Daher kommt der Name *simulated annealing* (Simulierte Abkühlung). Mit zunehmender Laufzeit verringert sich die Wahrscheinlichkeit, daß eine Verschlechterung der Anordnung akzeptiert wird.

Weitere Verfahren, die bei der Optimierung eine zeitweise Verschlechterung zulassen, beschreiben [Dueck und Scheuer 1989, Dueck, Scheuer und Wallmeier 1989]. Beim *threshold accepting* wird eine Verschlechterung nur bis zu einem bestimmten Maß hingenommen. Dieses Maß geht mit zunehmender Laufzeit gegen null. Der *Sintflutalgorithmus* erlaubt nur Modifikationen, die in der Gesamtbewertung einen vorgegebenen Wert überschreiten. Dieser Wert erhöht sich wie der Wasserstand bei einer Sintflut im Laufe des Optimierungsverfahrens. Methoden zur Optimierung, die auf dem Verhalten der Gene in der biologischen Evolution beruhen, beschreibt [Brady 1995]. Ein zur Optimierung bei der Beschriftung von Punkten artverwandtes Optimierungsproblem untersuchen [Even Itai and Shamir 1976].

Eine weitere Vereinfachung bei der Betrachtung des Problems der konfliktfreien Beschriftung von Punktobjekten nehmen [Forman and Wagner 1993] vor. Sie gehen von quadratischen Textboxen aus. [Wagner and Wolff 1995] zeigen, daß sich die Konfliktlösung bei nur zwei möglichen Schriftpositionen für jedes Objekt auf ein *2-Sat-Problem* zurückgeführt werden kann. Hier läßt sich das Problem durch eine Verkettung Boolescher Variablen ausdrücken, wodurch die Laufzeit für die Lösung nur linear mit der Anzahl der Objekte anwächst.

Um die Bewertung der Qualität von Punktbeschriftungen durch eine Qualitätsfunktion geht es bei [van Dijk et al. 1999]. Eingabeparameter der Qualitätsfunktion ist die Schriftposition. Ziel ist es, die Ergebnisse von automatischen Verfahren zur Schriftplatzierung zu vergleichen.

[Doddi et al. 1997] betrachten bei der Beschriftung von Punkten nicht nur Label, sondern auch andere geometrische Grundformen im Hinblick auf die Beschriftung von Punkten mit Diagrammen

Der Untersuchung der dynamischen Beschriftung von Bildschirmkarten widmen sich [Petzold und Plümer 1997, Petzold, Plümer und Heber 1999]. Da der Betrachter einer Bildschirmkarte nicht lange auf die Berechnung der Schriftanordnung warten will, gewinnt hier der Begriff *Echtzeit* an Bedeutung. Um entsprechend schnelle Laufzeiten zu erhalten, wird ein Konfliktgraph eingeführt, der den schnellen Zugriff auf Objekte, deren Schrift in Konflikt zueinander steht, ermöglicht. Nach der Strategie *divide and conquer* kann die Konfliktlösung für die Objektgruppen, die nach dem Konfliktgraph in Konflikt miteinander stehen können, separat erfolgen. [Heber 1998] stellt in seiner Diplomarbeit einen Prototyp vor, der nach diesem Verfahren Punktobjekte in Echtzeit beschriftet.

Es gibt bereits kommerzielle Schriftplatzierungstools, wie die Software Maplex [ESRI 1998]. Hierbei handelt es sich um ein Programm zur statischen Beschriftung von Karten für die anschließende Ausgabe auf einem Plotter. Qualität und Rechenzeit der automatischen Schriftplatzierung sind auf den mitgelieferten Beispieldaten recht gut. Der Regelpool des Systems ist aber für die Beschriftung komplexer Karten in hoher Qualität noch nicht ausreichend. Die Erzeugung von Schriftpositionen aus Flächengeometrien ist z.B. ohne weiteres nicht möglich.

2.3 Zielvorgaben für diese Arbeit

Im Jahr 1962 verfaßte der Schweizer Eduard Imhof den Aufsatz „Die Anordnung der Namen in der Karte“ [Imhof 1962], und schuf damit eine bis heute

viel beachtete Zusammenstellung von Regeln für die Platzierung von Kartenschrift. Dieses Werk richtete sich an Kartographen und Geographen und sollte als Leitfaden für die praktische Arbeit dienen. Da Imhof den Sachverstand seiner Leser voraussetzen konnte, reichten recht allgemeine Formulierungen, wie

„Die Namen sollen, trotz ihrer dichten Einlagerung in das grafische Gewebe des übrigen Karteninhaltes, leicht lesbar und leicht unterscheidbar sein.“

oder

„Man soll stets leicht erkennen können, zu welchem Objekt ein Name gehört.“

um Regeln hinreichend zu fixieren. Die Aufstellung von Regeln zur Implementation eines Schriftplatzierungsalgorithmus hingegen muß sehr viel exakter und präziser erfolgen. Viele der bisherigen Ansätze zur automatischen Schriftplatzierung kommen aus dem Bereich der Informatik und versuchen die Imhof'schen Regeln ohne kartographischen Hintergrund direkt in formale Regeln zu überführen. Dabei wird vielfach übersehen, daß die Regeln von Imhof für die Anwendung in automatischen Verfahren nicht nur inhaltlich konkretisiert, sondern auch weiter differenziert und vervollständigt werden müssen.

Imhof konnte beispielsweise davon ausgehen, daß der fachkundige Kartograph sehr wohl die unterschiedlichen Konventionen für die Beschriftung von stehenden Gewässern und Geographischen Räumen kennt. Ihm geht es nur darum, die fundamentalen Regeln für die Beschriftung von Kartenobjekten flächenhaften, linienhaften und punkthaften Geometrietyps zu beschreiben. Er beschreibt nicht jedes dem Kartographen selbstverständliche Detail.

Bei der Formalisierung von Regeln für die automatische Schriftplatzierung müssen alle Details modelliert werden, um eine mit bisherigen kartographischen Erzeugnissen vergleichbare Qualität der Schriftplatzierung zu erhalten. Es muß beispielsweise beachtet werden, daß das Regelwerk zur Beschriftung von stehenden Gewässern und geographischen Räumen nur teilweise identisch ist.

Für eine qualitativ hochwertige, automatische Kartenbeschriftung, muß versucht werden, die Entscheidungsprozesse eines Kartographen bei der Schriftplatzierung möglichst 1:1 in einen Formalismus abzubilden. Diese Arbeit beschreibt formale Regeln zur Erzeugung von Schriftpositionen für die Objekte,

die in topographischen Karten mittlerer und kleiner Maßstäbe anzutreffen sind. In einigen Bereichen konnte hier an die Ergebnisse vorhandener Arbeiten angeknüpft, und dort beschriebene Ansätze konnten erweitert werden. Neu sind die Untersuchungen zur Beschriftung von Orten mit flächenhafter Darstellung, wie sie in mittleren Kartenmaßstäben anzutreffen sind, sowie die detaillierte Betrachtung der Beschriftung von stehenden Gewässern. Die Differenzierung der Beschriftungsregeln erfolgt hier nach Objektklassen und nicht, wie häufig anzutreffen, nach den drei Geometrietypen Punkt, Linie und Fläche.

Die Regeln zur Beschriftung von Kartenobjekten werden allgemein aus kartographischer Sicht beschrieben. Bei der Formalisierung wird insbesondere darauf geachtet, daß alle Details, die benötigt werden, um die Qualität bisheriger analoger Karten zu erreichen, beachtet werden.

„Maschinen und Geräte sind höchst nützlich und wünschenswert, soweit sie die Kartenherstellung beschleunigen und verbilligen, doch sind sie von zweifelhaftem Werte, wenn sie nicht auch die Qualität mindestens zu bewahren suchen“ [Imhof 1962]

Die eventuell sehr lange Rechenzeit bei einer entsprechenden Implementation wird auch im Hinblick auf zukünftige, leistungsstärkere Hardware bei der Formalisierung der Regeln zunächst nicht berücksichtigt. Im einzelnen wird auf mögliche Vereinfachungen der Regeln hingewiesen, die in einer schnelleren Berechnung aber auch in einer schlechteren Beschriftungsqualität resultieren. Es ist zu beachten, daß zur Aufstellung einfacher Regeln die detaillierte Betrachtung des Gesamtkomplexes notwendig ist, damit die Vereinfachung an der richtigen Stelle erfolgt.

Ein weiterer Bereich, der bei bisherigen Arbeiten zur automatischen Schriftplatzierung nur wenig Beachtung findet, ist die Verdeckung von Karteninformation durch Schrift. Vielfach geht man von einer derart an Kartenobjekten verarmten Kartengraphik aus, daß sich allgemein immer eine Schriftposition finden läßt, die konfliktfrei ist. Im Gegensatz dazu findet man bei analogen Karten eine Objektfülle, die so groß ist, daß sich eine Beschriftung ohne Verdeckung von Karteninformation nicht realisieren läßt.

Um Schriftpositionen in bezug auf die Kartenobjekte, die sie verdecken, korrekt zu bewerten, muß untersucht werden, wie groß der Informationsverlust, der aus der Verdeckung resultiert, aus der Sicht des Kartennutzers ist. In dieser Arbeit werden Modelle entwickelt, die versuchen, die Wahrnehmung des Betrachters nachzubilden, um zu einer zutreffenden Bewertung des Informationsverlustes zu gelangen.

Die theoretischen Betrachtungen dieser Arbeit können als allgemeine Basis für die Implementation von Verfahren zur automatisierten Schriftplatzierung dienen. Die Lösung der Überdeckungskonflikte einzelner Schriftzüge durch Optimierungsverfahren wird in dieser Arbeit nicht im Detail betrachtet. Hier sei auf die umfangreiche Literatur zu diesem Thema verwiesen.

Kapitel 3

Rahmenkonzept für die automatische Schriftplatzierung

Die Platzierung von Schrift in Karten ist ein komplexer Vorgang, bei dem viele Aspekte Berücksichtigung finden müssen. Um die Komplexität zu Reduzieren ist eine Zerlegung des Gesamtprozesses in mehrere Arbeitsschritte sinnvoll. Bei der Untersuchung der einzelnen Arbeitsschritte muß auch das Zusammenwirken der Arbeitsschritte im Gesamtprozeß beachtet werden. Hierzu wird ein allgemeines Rahmenkonzept vorgestellt.

3.1 Ablauf allgemein

Wegen der allgemein hohen Objektdichte in Karten mittlerer und kleiner Maßstäbe und der damit einher gehenden großen Menge von Schrift sind Konflikte der Schrift mit der Kartengraphik und Konflikte der einzelnen Schriftzüge untereinander nicht zu vermeiden. Diesen Voraussetzungen Rechnung tragend wird hier ein allgemeines Konzept vorgestellt, nach welchem die automatische Schriftplatzierung erfolgen soll. Hierzu wird der Ansatz von [Edmondson et al. 1996] erweitert, der den Vorgang der Schriftplatzierung in folgende unabhängige Teilschritte zerlegt.

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

Im folgenden wird eine Verallgemeinerung dieses Ansatzes vorgestellt. Neben der Beschriftung aller Kartenobjekte in einem Arbeitsschritt wird auch die sequentielle Beschriftung bestimmter Gruppen von Objekten vorgesehen. Die Erweiterung dieses Ansatzes für den Ablauf der automatischen Schriftplatzierung zeigt das Activitydiagramm in Abbildung 3.1. Zunächst erfolgt die Einteilung der kartographischen Objektklassen in Objektartengruppen (3.2). In einer ersten Schleife wird für jede dieser Gruppen nacheinander die automatische Platzierung der Schrift durchgeführt. Hierzu wird in einer zweiten Schleife für alle Objekte einer Objektartengruppe eine bestimmte Anzahl von Schriftpositionen erzeugt und bewertet (3.3). Aus diesen Kandidatenpositionen wird im Rahmen der Lösung von Platzierungskonflikten zwischen den Schriftzügen für jedes Objekt diejenige Position gewählt, die global betrachtet am besten zu einer optimalen Schriftanordnung beiträgt (3.4). Schließlich werden die Bereiche, in denen Schrift platziert wurde, gesperrt, damit bei der Beschriftung der nächsten Gruppe von Objektklassen keine Überlappungen auftreten.

3.2 Einteilung der Objektarten in Gruppen

Die Schriftzüge in einer Kartendarstellung sind von unterschiedlicher Wichtigkeit oder Bedeutung. Die Betrachtung der Bedeutung eines Schriftzuges ist bei der automatischen Schriftplatzierung erforderlich, um bei Konflikten mit anderen Schriftzügen eine Gewichtung vorzunehmen, die dem bedeutsameren Konfliktpartner Vorrang gewährt. Die Bedeutung eines Schriftzuges ist zunächst von der Objektart und damit von der Klasse des zugehörigen Objektes abhängig, denn es ist davon auszugehen, daß alle Objekte einer Klasse und damit auch die Schrift dieser Objekte die gleiche Bedeutung haben. Die Bedeutung der Schrift einer Objektklasse ist von Kartenmaßstab und Kartenthema sowie individuellen Benutzersichten abhängig.

Das Bedeutungsgefälle zwischen zwei Objektklassen kann derart stark sein, daß der Schrift einer der beiden Klassen im Konfliktfall grundsätzlich immer der Vorzug gegeben wird. Man wird beispielsweise selten beobachten, daß ein Ortsname einer Höhenzahl ausweicht. In diesem Fall scheint es sinnvoll, die Schrift beider Klassen nacheinander in separaten Schritten zu platzieren. So kann auf eine detaillierte Untersuchung der Konfliktfälle zwischen der Schrift beider Klassen verzichtet werden. Im allgemeinen wird man Gruppen von Objektklassen haben, deren Schrift bei Konfliktfällen aufeinander Rücksicht nimmt, aber losgelöst von Konflikten mit der Schrift einer anderen Gruppe platziert werden kann. Da die Bedeutung der Schrift einer Objektklasse von dem Kartenmaßstab, dem Kartenthema und den Benutzersichten abhängig ist, wird auch die Bildung der Objektartengruppen von diesen Einflüssen abhängen.

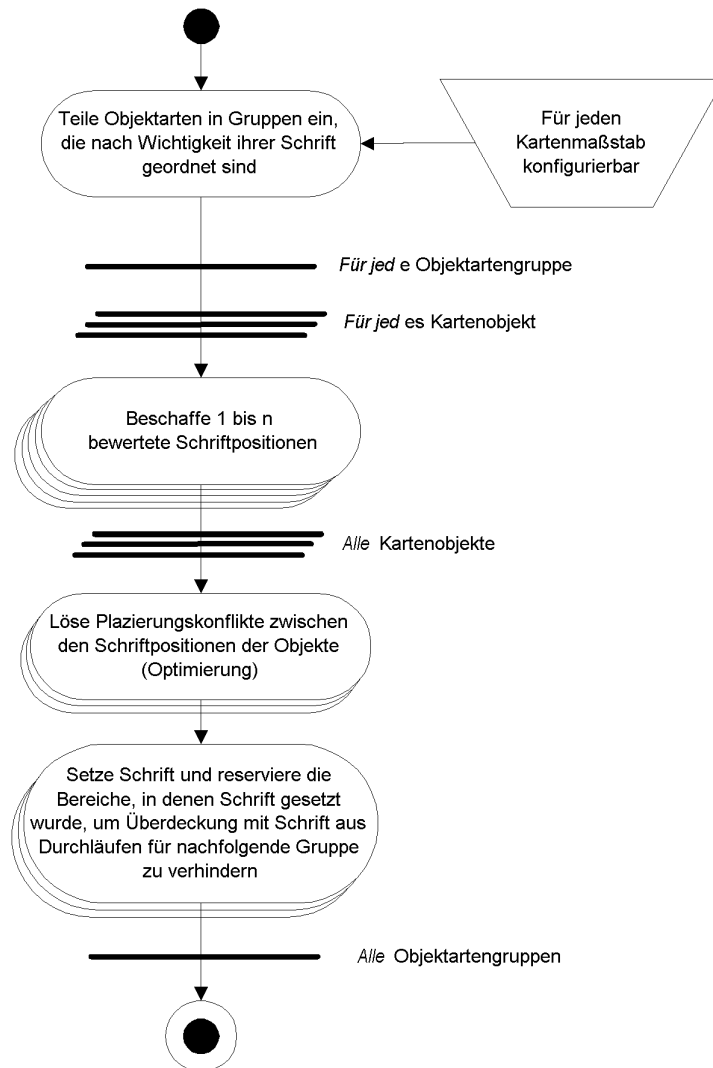


Abbildung 3.1: Rahmenkonzept für die automatische Schriftplatzierung

Daher muß man dem Benutzer eines Systems zur automatischen Schriftplatzierung die Möglichkeit geben, für jeden Kartenmaßstab und jedes Kartenthema die Bedeutung und die Gruppenzugehörigkeit jeder Objektklasse nach seinen Wünschen zu konfigurieren. Im ersten Schritt des Activitydiagramms 3.1 soll die Einteilung der Klassen in Gruppen nach den Konfigurationseinstellungen des Benutzers in o.g. Sinne vorgenommen werden.

Die Gruppierung der Objektklassen kann nicht nur vom Kartenthema sondern auch vom Kartenmaßstab abhängen. Dies soll am Beispiel von Ortsnamen unter der Annahme, daß in Abhängigkeit von der Größe der Orte unterschiedliche Objektklassen existieren, veranschaulicht werden.

- **Großer Kartenmaßstab:** Ortsnamen haben hauptsächlich beschreibende Funktion. Alle Ortsnamen liegen in einer Gruppe und ihre Schriften nehmen bei der Platzierung aufeinander Rücksicht.
- **Kleiner Kartenmaßstab:** Ortsnamen haben hauptsächlich Orientierungsfunktion. Die Klasse der großen Orte bildet eine eigene Gruppe. Namen kleiner Orte werden in einem nachfolgenden Schritt platziert und zwar nur da, wo in weniger dichten Bereichen Platz dafür ist. Die Dichte der Namen darf nicht zu groß werden, da sonst die Orientierungsfunktion der Schrift leidet.

Durch die Konfiguration entsprechender Parameter eines Schriftplatzierungssystems soll festgelegt werden, welche Objektarten in Objektartengruppen zusammengefaßt werden, die in einem gemeinsamen Schritt beschriftet werden. Diese Konfiguration wirkt sich auf die Laufzeit der gesamten Schriftplatzierung aus. Dies sei anhand folgender Extremfälle verdeutlicht:

- **Alle Objektklassen gehören einer Gruppe an.** In diesem Fall können die Schriftpositionen aller Kartenobjekte in Konflikt zueinander stehen, und ggf. einander ausweichen. Dies führt bei der Lösung von Schrift-Schrift-Konflikten zu erheblichem Rechenaufwand, so daß die Schriftplatzierung relativ viel Rechenzeit in Anspruch nehmen würde. Im Gegenzug wird so die Möglichkeit geschaffen alle Schriftpositionen gegeneinander abzuwägen, so daß im Ergebnis eine Schriftanordnung von sehr hoher Qualität zu erwarten ist.
- **Jede Objektklasse bildet eine eigene Gruppe.** Hier würden alle Objektklassen sequentiell beschriftet. Nur die Schrift einer Objektklasse kann untereinander bei Konflikten ausweichen. Die bei der Schriftplatzierung nachfolgende Objektklasse muß die Schriftpositionen der vorhergehenden Klasse als gegeben hinnehmen. Durch die daraus resultierende,

weniger gute Qualität der Schriftplatzierung erkaufte man sich auf der anderen Seite kürzere Rechenzeiten.

3.3 Erzeugung und Bewertung von Schriftpositionen

Nach dem Activitydiagramm 3.1 werden für jedes Kartenobjekt 1 bis n bewertete Schriftpositionen als Kandidaten erzeugt. Diesen Vorgang kann man grob in zwei Schritte unterteilen.

- Die Erzeugung zulässiger Schriftpositionen
- Die Bewertung dieser Schriftpositionen nach Kriterien

Das Activitydiagramm 3.2 zeigt den Ablauf bei der Erzeugung und Bewertung von Schriftpositionen für ein Kartenobjekt im Detail.

3.3.1 Erzeugung von Schriftpositionen

Einen Kernbestandteil bei der automatischen Schriftplatzierung bildet die Erzeugung von Schriftpositionen. Darunter soll an dieser Stelle nicht die endgültige Schriftposition verstanden werden, die am Ende eines Optimierungsprozesses steht, sondern eine Schriftpositionen, die unter Betrachtung der räumlichen und geometrischen Beziehungen zwischen Schrift und Objekt zulässig ist. Es ist sinnvoll, an dieser Stelle auch das Kriterium der eindeutigen Zuordnung der Schrift zum Objekt zu untersuchen. Schriftpositionen, die dieses Kriterium nicht erfüllen, sind abzulehnen. Die Zwänge, die dieses Kriterium bringt, sind je nach Objektart unterschiedlich stark. So ist es in einigen Fällen vorteilhaft, zunächst einen Bereich zu erzeugen, in welchem die Beschriftung eindeutig ist, und anschließend in diesem Bereich nach geometrischen Regeln Schriftpositionen zu erzeugen. In anderen Fällen ist es einfacher, zunächst Schriftpositionen nach den durch die Objektgeometrie gegebenen Vorgaben zu erzeugen und anschließend mehrdeutige Kandidaten auszuschneiden. Daher steht im Activitydiagramm 3.2 zu Beginn die Entscheidung für einen der beiden Wege. Diese ist von der Objektart abhängig.

Im allgemeinen existiert für jedes Objekt ein Kontinuum innerhalb dessen zulässige Schriftpositionen liegen. Aus diesem lassen sich durch Diskretisierung beliebig viele zulässige Schriftpositionen erzeugen.

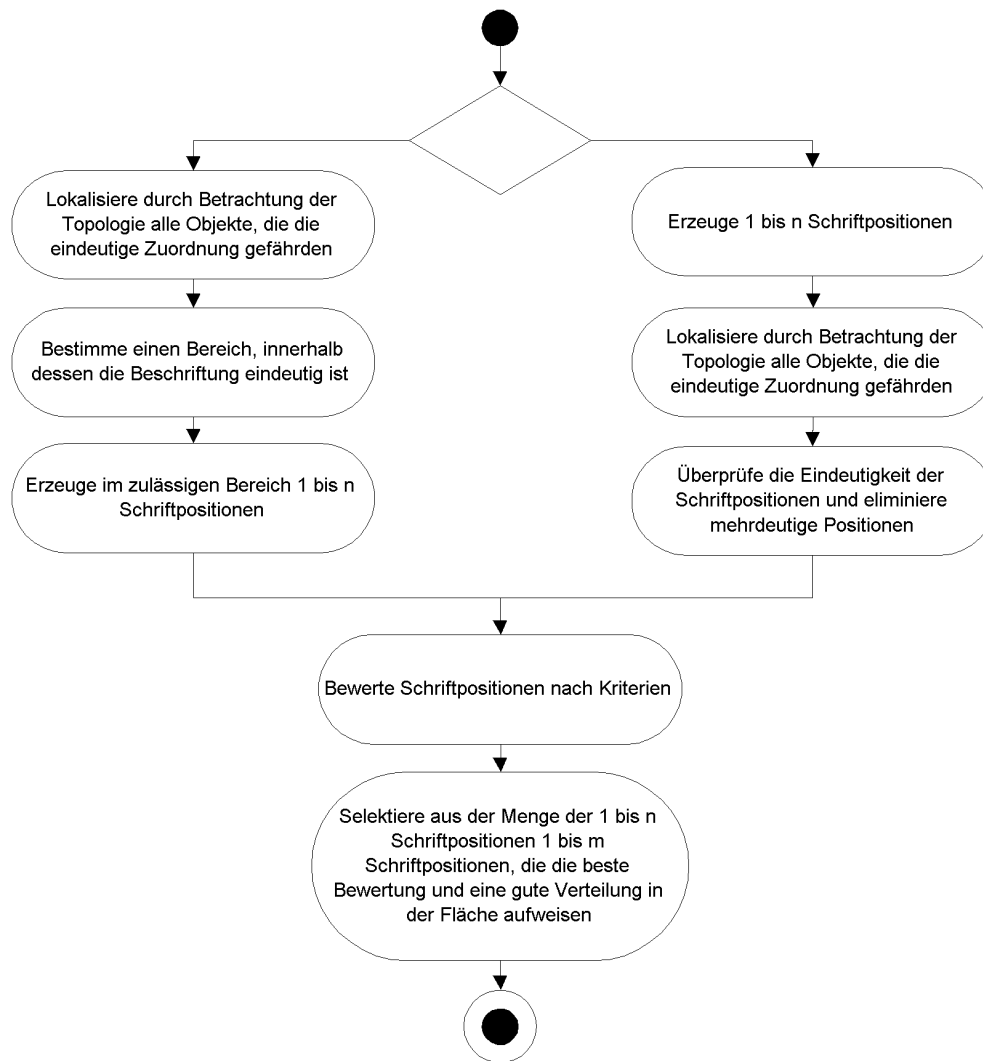


Abbildung 3.2: Erzeugung und Bewertung von Schriftpositionen

Allgemein gilt folgender Dualismus:

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

Die geometrischen Regeln, nach denen bei der Erzeugung von Schriftpositionen vorgegangen wird, sind in Abhängigkeit von der Objektart des Kartenobjektes unterschiedlich. Gleiches gilt für das Kriterium der eindeutigen Zuordnung von Objekt und Schrift. Bei der automatischen Schriftplatzierung benötigt man für jede Objektart eigene Regeln zur Erzeugung von Schriftpositionen. Eine detaillierte Beschreibung dieser geometrischen Regeln für die wesentlichen Objektarten in Topographischen Karten ab einem Kartenmaßstab von 1 : 200.000 erfolgt in Kapitel 5.

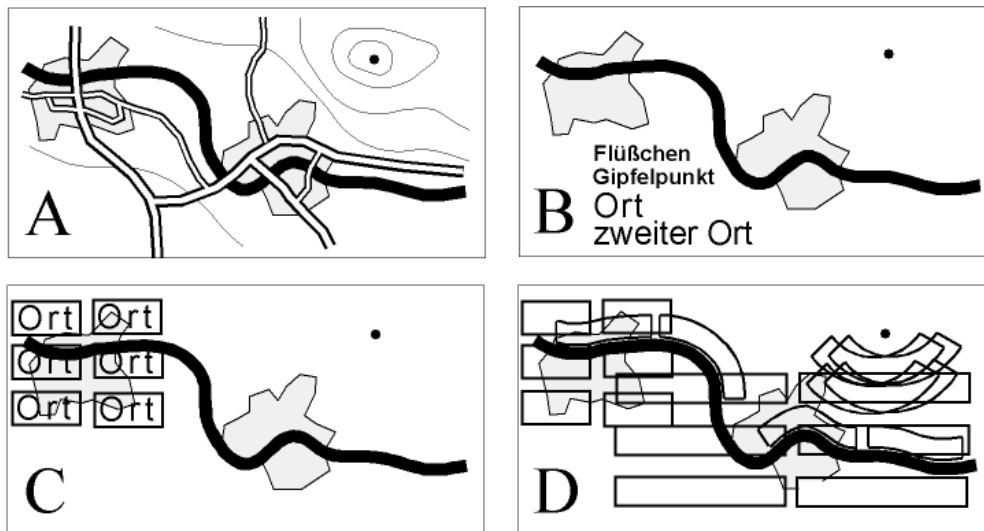


Abbildung 3.3: Erzeugung zulässiger Schriftpositionen

In Abbildung 3.3 wird anhand eines einfachen Beispiels verdeutlicht, wie die Erzeugung zulässiger Schriftpositionen abläuft. (A) zeigt eine typische Kartensituation, zwei Ortschaften, einen Fluß, mehrere Straßen, Höhenlinien und einen Berg. In (B) werden die Objekte aus (A) dargestellt, die Schrift tragen sollen. (C) zeigt sechs beispielhafte Schriftpositionen, die aus dem Kontinuum der zulässigen Schriftpositionen bestimmt wurden für den ersten Ort, der mit dem Schriftzug *Ort* beschriftet wird. Eine Auswahl aus der Menge der Positionen für die Schrift aller vier Beispielobjekte ist in (D) abgebildet.

3.3.2 Bewertung von Schriftpositionen

Auf die Erzeugung zulässiger Schriftpositionen für ein Kartenobjekt folgt die Bewertung dieser Schriftpositionen. Hierfür sind die im folgenden aufgelisteten Kriterien maßgeblich. Eine detaillierte Beschreibung der Bewertungskriterien erfolgt in Kapitel 4.:

- eindeutige Zuordnung der Schrift zum Objekt,
- topologisch korrekte Lage in bezug auf Trennlinie,
- Verdeckung topologischer Karteninformation,
- Verdeckung geometrischer Karteninformation,
- Abweichung von bevorzugter Schriftposition.

Das Kriterium der eindeutigen Zuordnung von Objekt und Schrift hat einen Sonderstatus, da es nicht verletzt werden darf. Es wird bereits bei der Erzeugung der Schriftpositionen betrachtet und spielt für die weitere Bewertung keine Rolle mehr. Die übrigen vier Kriterien müssen für jede Schriftposition untersucht werden. Aus der Bewertung der vier Einzelkriterien muß durch gewichtete Mittelbildung ein Gesamtwert gebildet werden, der die Güte der Schriftposition wiedergibt. Für die Bewertung der meisten Kriterien müssen neben dem Objekt, das die Schrift tragen soll, weitere Kartenobjekte betrachtet werden. Das Gewicht der Einzelbewertung ist von der Objektart der beteiligten Objekte abhängig. In Abhängigkeit von der Objektart ist auch die Gewichtung bei der Mittelbildung der Einzelbewertungen vorzunehmen. Für die automatische Bewertung von Schriftpositionen ist die Modellierung von Spezialwissen über die Objekte der einzelnen Objektarten und ihr Zusammenwirken in der Karte erforderlich.

In Anlehnung an das Beispiel aus Abbildung 3.3 zeigt Abbildung 3.4 für alle vier Kartenobjekte eine mögliche Bewertung der Schriftpositionen. Der Bewertungsrahmen der Beispielwerte reicht hier von 1.0 - *sehr gut* bis 0.0 - *sehr schlecht*.

Selektion bewerteter Schriftpositionen

Die Anzahl der zulässigen Schriftpositionen für jedes Kartenobjekt ist für eine zügige Beschriftung im allgemeinen zu groß. Um in angemessener Rechenzeit eine gute Schriftanordnung zu finden, muß die Anzahl der Kandidatenpositionen für jedes Objekt durch Selektion auf ein sinnvolles Maß reduziert werden.

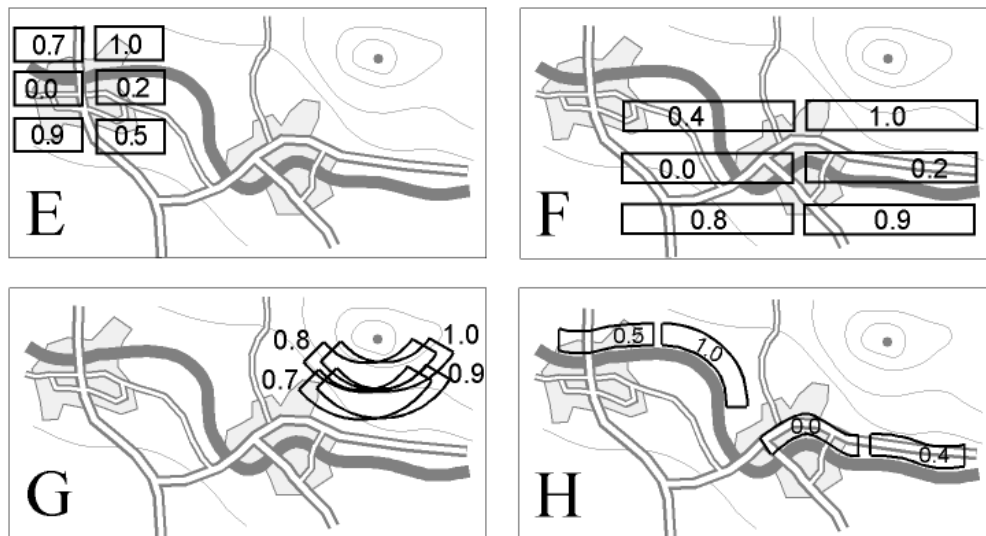


Abbildung 3.4: Bewertung von Schriftpositionen

Bei der Selektion sollte nicht ausschließlich nach der Bewertung der Schriftposition vorgegangen werden. Damit die Schrift bei Konflikt mit anderen Schriftzügen gut ausweichen kann, ist dafür Sorge zu tragen, daß die selektierten Schriftpositionen eine gute Verteilung in der Fläche des Kartenbildes aufweisen.

3.4 Lösung von Konflikten zwischen Schriftpositionen

Voraussetzung für die Lösung von Konflikten zwischen Schriftpositionen ist das Vorhandensein mehrerer Kandidatenpositionen für die Beschriftung eines Kartenobjektes. So können im Konfliktfall die Schriftzüge auf Alternativpositionen ausweichen. Die Alternativpositionen können entsprechend ihrer Güte bewertet sein.

Zahlreiche Arbeiten aus dem Fachbereich der Informatik befassen sich mit der Lösung von Schrift-Schrift-Konflikten. Hierbei handelt es sich aus der Sicht der Informatik um ein kombinatorisches Problem, das NP-Vollständigkeit aufweist [Heber 1998], [Christensen 1995], [Marks and Shieber 1991]. Bei einem Algorithmus, der systematisch alle Kombinationen durchgeht um die optimale Lösung zu finden, verdoppelt sich die Rechenzeit mit jedem weiteren Kartenobjekt, das zu beschriften ist. Es gibt zahlreiche Ansätze, dieses Problem zu

vereinfachen oder durch Heuristiken zu einer quasioptimalen aber dafür schnelleren Lösung zu gelangen. Anstatt alle Kombinationen auszuprobieren und dadurch die optimale Schriftanordnung zu bestimmen, geht man vielfach dazu über, eine Startkombination zu erzeugen und diese durch schrittweise Modifikation zu optimieren. Um bei der Optimierung nicht in lokalen Minima stecken zu bleiben, kommen Optimierungsalgorithmen wie *simulated annealing* [Heber 1998], [Christensen 1995], [Kirpatrick, Gelatt and Vecchi 1983], [Even, Itai and Shamir 1976], *threshold accepting*, der *Sintflutalgorithmus* [Dueck, Scheuer und Wallmeier 1993], [Dueck und Scheuer 1989] oder *Genetische Algorithmen* [Brady 1995] zum Einsatz, die in der Lage sind, lokale Minima zu überwinden.

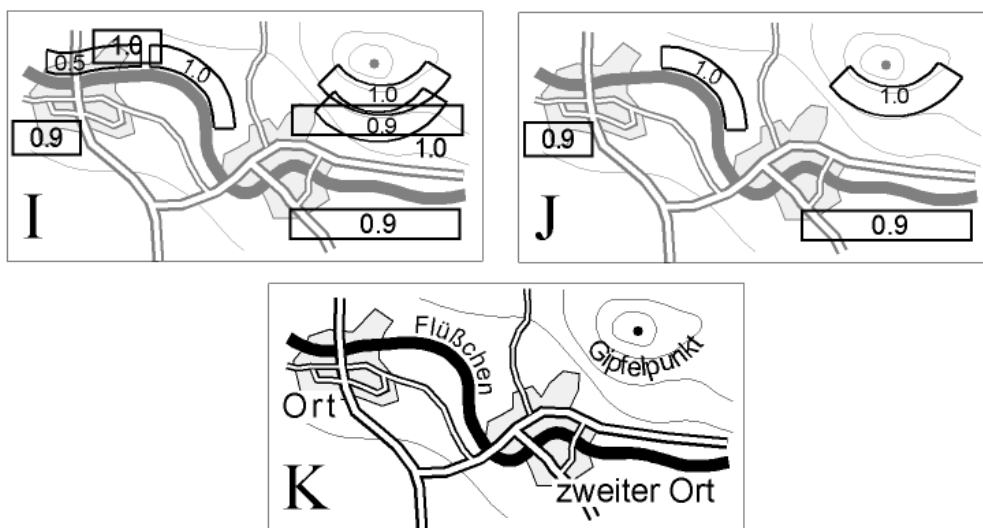


Abbildung 3.5: Schriftanordnung nach Lösung von Konflikten zwischen Schriftpositionen

Abbildung 3.5 zeigt am Beispiel, wie das Ergebnis der Schriftplatzierung, nach der Lösung des kombinatorischen Problems der Schrift-Schrift-Konflikte, aussehen könnte. Die Situation (I) zeigt für jedes der vier zu beschriftenden Kartenobjekte aus Abbildung 3.3 zwei bewertete Kandidatenpositionen als Ausgangsbasis für die Optimierung. Von diesen wird nun jeweils eine Schriftposition gewählt, so daß bei einer möglichst hohen Summe der Werte keine Überschneidungen zwischen den Schriftzügen auftreten. (K) zeigt das Ergebnis der Schriftplatzierung.

Die Leistung bisheriger Algorithmen zur Lösung des Optimierungsproblems der Schrift-Schrift-Konflikte ist für die praktische Anwendung durchaus hinreichend und kann überdies durch entsprechende Datenstrukturen, wie den Konfliktgraphen [Petzold und Plümer 1997] noch gesteigert werden. Der Focus

dieser Arbeit liegt auf der Formalisierung von geometrischen Regeln und Bewertungskriterien zur Erzeugung und Bewertung von Schriftpositionen hoher kartographischer Qualität. Aus diesen kann durch ein Optimierungsverfahren die optimale Schriftanordnung bestimmt werden.

Kapitel 4

Regeln und Kriterien

Die Erzeugung bewerteter Schriftpositionen gliedert sich in zwei Teilschritte. Zunächst müssen zulässige Schriftpositionen erzeugt werden. Hierzu benötigt man Regeln, die formal beschreiben, wie aus der Geometrie der Kartenobjekte Positionen für die Platzierung der zugehörigen Schrift abgeleitet werden können. Für die anschließende Bewertung müssen Kriterien formuliert werden, die die Güte einer Schriftposition zutreffend quantifizieren.

4.1 Beschriftungsregeln allgemein

Für jedes Kartenobjekt existiert allgemein ein kontinuierlicher Raum, innerhalb dessen alle zulässigen Schriftpositionen liegen. Die Flächenausdehnung dieses Raumes in der Karte ist von der Objektgeometrie abhängig. In den meisten Fällen existiert darüber hinaus eine ausgezeichnete Schriftposition. Zur automatischen Erzeugung von Schriftpositionen zur Beschriftung eines Kartenobjektes muß eine Regel zur Beschreibung des geometrischen Zusammenhanges zwischen Objektgeometrie und den Grenzen des Kontinuums möglicher Schriftpositionen bzw. der ausgezeichneten Schriftposition gefunden werden.

Die Wahl der Beschriftungsregel ist von der Objektart des Kartenobjektes und ggf. von topologischen Einflüssen abhängig. Küstenstädte werden z.B. in der Wasserfläche beschriftet. Hierbei kann der Schriftverlauf abweichend von dem der Städte im Binnenland gebogen sein. Die Lage einer Stadt zur Küste bestimmt in diesem Fall, welche Regel(n) zur Erzeugung der Schriftpositionen zum Einsatz kommen. In welchen Fällen welche Objektart nach welcher Regel zu beschriften ist, wird konkret von der Benutzersicht beeinflusst. Daher sollte ein Schriftplatzierungssystem die Regeln zur Erzeugung von Schriftpositionen

in einem *Regelpool* vorhalten und dem Benutzer die Möglichkeit geben, die Zuordnung der Beschriftungsregeln zu den kartographischen Objektklassen nach seinen Wünschen zu konfigurieren.

Für die Erzeugung von Schriftpositionen nach einer Regel wird zunächst ausschließlich die Objektgeometrie benötigt. Einschränkungen, die sich durch andere Kartenobjekte ergeben, werden durch die Formulierung von Kriterien zur Bewertung der Güte der Schriftposition erfaßt.

4.2 Klassifikation der Bewertungskriterien

In der Literatur wird der Begriff der *Beschriftungsregel* häufig anders als im o.g. Sinne gebraucht. Vielfach werden Zwänge, die die Wahl der Schriftposition beeinflussen als „Regeln“ bezeichnet. Zwänge ergeben sich beispielsweise dadurch, daß die Schrift wenig Karteninformation verdecken soll, daß sie das Objekt, zu welchem sie gehört eindeutig bezeichnen soll et cetera. Weil die „Regeln“ zur Schriftplatzierung sich widersprechen, können diese häufig nur teilweise erfüllt werden. Es kann auch nicht direkt eine Reihenfolge festgelegt werden, welche „Regel“ zuerst erfüllt wird, und welche man als zweites ggf. weglassen kann, da die „Regeln“ von zu vielen Parametern abhängen.

Daher spricht man besser von Kriterien, die zur Bewertung einer Schriftposition herangezogen werden. Der Grad, bis zu dem die Kriterien erfüllt werden, wird bewertet. Hierzu muß das Ausmaß, in welchem ein Kriterium erfüllt bzw. verletzt wurde, quantifiziert werden. Die Einzelbewertungen verschiedener Kriterien werden nach der Wichtigkeit des Kriteriums durch gewichtete Mittelbildung zu einer Gesamtbewertung zusammengefaßt. Die Gewichtung der Kriterien untereinander hängt von der Objektart des entsprechenden Objektes ab. Die Bewertung der topologisch korrekten Lage der Schrift in bezug auf eine Trennlinie ist z.B. für die Beschriftung der Trennlinie selbst kein Kriterium und daher für die entsprechende Objektart völlig unwichtig.

Im folgenden soll die Klassifikation der für die Schriftplatzierung relevanten Kriterien erfolgen.

4.2.1 Eindeutige Zuordnung

Das Kriterium der eindeutigen Zuordnung von Schrift und Objekt beschreibt, inwieweit die Schrift dem Objekt, welches sie bezeichnet, eindeutig zuzuordnen ist. Unter der Verletzung dieses Kriteriums leidet hauptsächlich die Beschreibungsfunktion der Schrift. Die Orientierungsfunktion wird zwar auch

beeinträchtigt, bleibt aber weitgehend erhalten. Die Fehlbezeichnung eines Kartenobjektes stellt im allgemeinen einen derart schweren Mangel dar, daß Schriftpositionen, deren Zuordnung beim Betrachten der Kartendarstellung nicht eindeutig geklärt werden kann, auszuschließen sind. Bei der automatischen Schriftplatzierung kann eine Verletzung der eindeutigen Zuordnung nicht zugelassen werden.

Zur Untersuchung dieses Kriteriums muß überprüft werden, ob im Umfeld einer Schriftposition neben der Geometrie des eigentlichen Objektes Geometrien weiterer Kartenobjekte vorhanden sind. Allgemein ist davon auszugehen, daß der Kartenleser durch die Legende oder auf Grund eines unterbewußten Vergleichs mit eindeutigen Paarungen von Schrift und Objekt weiß, mit welchem Schriftbild eine bestimmte Klasse von Kartenobjekten beschriftet wird. Demnach können nur benachbarte Kartenobjekte die eindeutige Zuordnung gefährden, die mit dem gleichen Schriftbild beschriftet werden. Somit muß nur die Geometrie dieser Kartenobjekte betrachtet werden.

Für die Identifikation von Kartenobjekten, deren Geometrie die eindeutige Zuordnung gefährdet, ist Information über die Topologie der Objekte notwendig. Diese ist zumindest implizit durch die Geometrie im Datenbestand enthalten. Für die automatische Analyse der Zuordnung von Objekt und Schrift ist aus Laufzeitgründen eine explizite Repräsentation der Topologie im Datenbestand von Vorteil. Diese kann ggf. im Preprocessing aufgebaut werden. Dabei ist zu beachten, daß bei Beschriftung in unterschiedlichen Kartenmaßstäben die Menge der zu berücksichtigenden Objekte und damit das entsprechende topologische Netz durchaus verschieden sein kann. Objekte, die bei Darstellung in einem großem Kartenmaßstab noch so weit vom Eigenobjekt entfernt sind, daß eine Verwechslung ausgeschlossen ist, können bei Darstellung in einem kleinen Kartenmaßstab so dicht an das Eigenobjekt heranrücken, daß ihre Geometrie bei der Platzierung der Schrift Berücksichtigung finden muß. Daraus folgt, daß die Information über die Objekttopologie maßstabsabhängig ist.

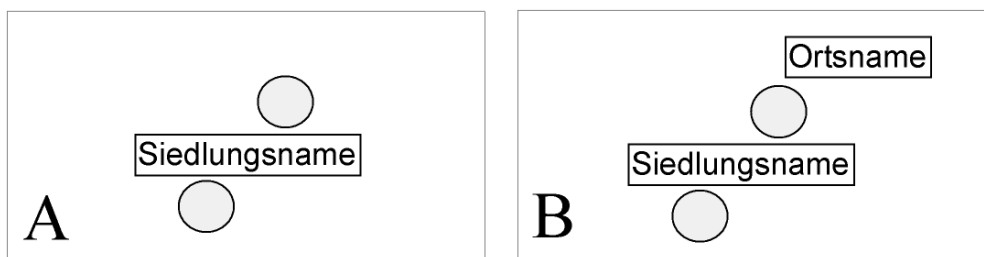


Abbildung 4.1: Beschriftung von punkthaften Objekten. (A): mehrdeutige Situation. (B): eindeutige Zuordnung von Schrift und Objekt.

In der Praxis der Kartenbeschriftung kann der Fall auftreten, daß die Zugehörigkeit der Schrift zu einem Objekt zunächst mehrdeutig interpretiert werden kann, die Gesamtsituation durch die eindeutige Beschriftung des zweiten Objektes aber wieder eindeutig wird (Abbildung 4.1). Die Analyse solcher Zusammenhänge in einen automatisches Verfahren abzubilden, gestaltet sich außerordentlich aufwendig. Zur Beurteilung, ob die Schrift eines weiteren Objektes wieder Eindeutigkeit herstellt, muß dessen Schriftposition bekannt sein. Die Entscheidung darüber, welche die endgültige Schriftposition eines Objektes ist, wird aber erst bei der Lösung der Schrift-Schrift-Konflikte getroffen. Man müßte Informationen über zunächst mehrdeutige Schriftpositionen bei der Optimierung berücksichtigen, was an dieser Stelle erhebliche Rechenzeiten erwarten läßt.

Die Möglichkeit, die Eindeutigkeit einer Situation über eindeutige Beschriftung eines Objektes in einer zunächst mehrdeutigen Situation herzustellen, sollte daher bei der automatischen Schriftplatzierung vernachlässigt werden. Dies sollte die Qualität des Ergebnisses nicht wesentlich beeinflussen, 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.

Zusammenfassung: Eindeutige Zuordnung

- Eigenschaften:** Dieses Kriterium darf nicht verletzt werden. Bei nicht eindeutigen Situationen kann die eindeutige Beschriftung eines Fremdobjektes die Situation wieder eindeutig machen. Dies automatisch zu überprüfen ist aber zu aufwendig
- Topologie:** Topologische Information wird in Abhängigkeit vom Kartenmaßstab in unterschiedlichem Umfang benötigt.
- Geometrie:** Geometrie des Eigenobjektes und der in der Nähe gelegenen Fremdobjekte (Fremdobjekte sind Objekte aller Klassen, die das gleiche Schriftbild verwenden, also nicht notwendigerweise nur Objekte derselben Klasse).
- Bewertung:** Abstand von Textbox und Objektgeometrie (dieser ist je nach Geometrietyt und kartographischer Objektklasse des Objektes zu definieren, z.B. Minimum der Distanzfunktion)

4.2.2 Beschriftung in bevorzugter Position

Für viele Kartenobjekte existiert eine Position, die unter der Annahme, daß keine weiteren Kriterien bewertet werden, als optimal bezüglich des graphischen

Zusammenspiels von Objektgeometrie und Schrift angesehen werden kann. Je näher eine Schriftposition diesem Ideal ist, desto einfacher kann sie vom Kartenleser mit dem Objekt in bezug gebracht werden, bzw. trägt allgemein zur Lesbarkeit der Karte bei oder genügt ästhetischen Ansprüchen. Häufig zwingen andere Kriterien zu einer Abweichung aus dieser bevorzugten Position. Daher ist eine Verletzung dieses Kriteriums vielfach nicht vermeidbar. Vielmehr gibt es den Ausschlag, wenn sich zwei oder mehrere Schriftpositionen nach der Bewertung durch die anderen Kriterien in einer Patt-Situation befinden.

Die Beschriftung in bevorzugter Position hat von allen Kriterien das geringste Gewicht. Anschaulich kann man diese Erkenntnis aus der Betrachtung von Karten gewinnen, wo man Schrift in den seltensten Fällen an ihrer bevorzugten Schriftposition findet. Dies liegt offenbar daran, daß andere Kriterien deutlich höher bewertet werden.

Zur Untersuchung der Abweichung aus der bevorzugten Position ist lediglich die bevorzugte Position erforderlich, die sich aus der Geometrie des entsprechenden Kartenobjektes ableitet. Da im allgemeinen jede Objektart über eigene Regeln zur Erzeugung von Schriftpositionen verfügt, muß auch die Bestimmung der bevorzugten Schriftposition für jede Objektart nach einer anderen Regel erfolgen.

Zusammenfassung: Beschriftung in bevorzugter Position

Eigenschaften: Verletzung ist kaum vermeidbar; ist das unwichtigste Kriterium. Für jede Objektart ist die bevorzugte Position unterschiedlich.

Geometrie: Objektgeometrie.

Bewertung: Grad in dem von der bevorzugten Position abgewichen wird. (Numerischer Wert, der durch eine Bewertungsfunktion bestimmt werden muß)

4.2.3 Topologisch korrekte Lage zu einer Trennlinie

Bei diesem Kriterium geht es darum, inwieweit die Schriftposition die topologische Beziehung des entsprechenden Kartenobjektes in bezug auf eine Linie mit Trenneigenschaft unterstützt. Solche Linien sind in topographischen Karten zumeist Flüsse oder Landesgrenzen. Die Vernachlässigung dieses Kriteriums kann die Orientierung in einer Karte sehr erschweren, insbesondere dann, wenn

z.B. Ortsnamen vorrangig der Orientierung dienen. „Lag diese Stadt nicht auf der anderen Seite des Rheins?“.

Obwohl die flächendeckende Ignoranz dieses Kriteriums verheerende Folgen für die Lesbarkeit des Kartenbildes hätte, ist im Einzelfall eine Abweichung vertretbar, wenn andere Zwänge dies erfordern. Der Vorrang der korrekten Lage zur Trennlinie ist von der Objektart des zu beschriftenden Objektes abhängig und korrespondiert mit der Orientierungsfunktion der jeweiligen Schrift. Die Gewichtung der korrekten Lage zur Trennlinie zu den anderen Kriterien hängt auch sehr von der Objektklasse der Trennlinie ab. Flüsse und Landesgrenzen haben in Topographischen Karten sehr starke Trennwirkung, Seeufer eine eher schwache. Des weiteren ist zu bedenken, daß die korrekte Lage zur Trennlinie nicht nur zu beiden Seiten, sondern auch mitten auf dieser sein kann, z.B. wenn eine Stadt zu beiden Seiten eines Flusses liegt. Die Trenneigenschaft von Linien hängt nicht zuletzt auch von der Sicht des Benutzers ab. Daher sollte dieser bei einem Schriftplatzierungssystem über die Möglichkeit verfügen, für jede kartographische Objektklasse die entsprechenden Parameter festzulegen.

Für die Bewertung der Lage eines Schriftzuges zu einem Objekt mit Trenneigenschaft wird Information über die Topologie der Objekte benötigt. Man muß für jedes Kartenobjekt wissen, ob im Bereich möglicher Schriftpositionen ein Objekt mit Trenneigenschaft liegt, und wie die Lage bezüglich dieses Objektes ist. Diese Beziehung kann sich bei wechselndem Kartenmaßstab ändern, so daß die Topologie jeweils neu zu untersuchen ist. Beispielsweise kann ein Fluß, der bei Darstellung in einem großen Kartenmaßstab so weit vom Eigenobjekt entfernt liegt, daß seine Trenneigenschaft bei der Wahl der Schriftposition keine Rolle spielt, bei Darstellung in einem kleinen Kartenmaßstab nahe genug beim Eigenobjekt liegen, daß seine Geometrie Berücksichtigung finden muß. Die topologische Information, die zur Bewertung dieses Kriteriums benötigt wird, ist vom Kartenmaßstab abhängig. Aus Gründen der Laufzeit empfiehlt es sich, bei der automatischen Schriftplatzierung eine Struktur aufzubauen, in welcher die relevante topologische Information schnell abgerufen werden kann.

Für die Klärung der Lagebeziehung zwischen Schrift und Trennobjekt ist die Betrachtung der Geometrie des Trennobjektes erforderlich. Naturgemäß gehören Objekte mit Trenneigenschaft entweder zum linienhaften Geometrietyp oder sind im Fall von flächenhaftem Geometrietyp bandförmig. In letzterem Fall muß aus der Flächengeometrie eine Mittellinie berechnet werden, an der das Kriterium überprüft werden kann. Außerdem kann auch die Begrenzungslinie einer Fläche Trenneigenschaft besitzen. Dies gilt z.B. bei flächenhafter Repräsentation für Seen, Meere oder Länder.

Zusammenfassung: Topologisch korrekte Lage zu einer Trennlinie

- Eigenschaften:** Dieses Kriterium darf verletzt werden. Die Mißachtung dieses Kriteriums kann die Orientierung in der Karte sehr erschweren. Es wird in Abhängigkeit von der kartographischen Objektklasse der Trennlinie sehr unterschiedlich gewichtet. Die topologisch korrekte Lage der Schrift kann auch mitten auf der Trennlinie sein, z.B. der Name einer Stadt die zu beiden Seiten eines Flusses liegt. Die Trennlinie kann von linienhaftem Geometrietyt sein, oder Begrenzungslinie eines flächenhaften Geometrietyps.
- Topologie:** Topologische Information wird in Abhängigkeit vom Kartenmaßstab in unterschiedlichem Umfang benötigt.
- Geometrie:** Benötigt wird die Geometrie des zu beschriftenden Objektes und aller im Beschriftungsbereich gelegenen Kartenobjekte, die eine Trenneigenschaft besitzen.
- Voraussetzung:** Objekte mit Trenneigenschaft müssen über einen Parameter verfügen, der angibt, wie schwerwiegend eine topologische Fehlplatzierung der Schrift ist.
- Bewertung:** Betrag, mit dem die Schrift in bezug auf die optimale Lage zur Trennlinie fehlplaziert wird; kartographische Objektklasse der Trennlinie.

4.2.4 Verdeckung topologischer Karteninformation

Das Ausmaß, in welchem topologische Karteninformation durch Verdeckung der Kartenzeichnung verloren geht, stellt je nach Anwendungsbereich der Karte ein wichtiges Kriterium dar. Wird der Kreuzungsbereich mehrerer Straßen in der Weise verdeckt, das nicht mehr eindeutig erkennbar ist, wie die Straßen verknüpft sind, so stellt dies für eine Straßenkarte einen extremen Mangel dar. In einem anderen Kontext ist die topologische Information über die Verknüpfung von Straßen vielleicht weniger wichtig, so daß die Verdeckung topologischer Karteninformation an Gewicht verliert. Allgemein stehen alle Kartenobjekte in topologischer Beziehung zueinander, aber nicht jeder Teil dieser topologischen Gesamtinformation ist für den Leser einer Karte von Bedeutung. In Abhängigkeit von der Objektart der Kartenobjekte kann der Benutzer je nach Sichtweise eine unterschiedliche Konfiguration für die Gewichtung dieses Kriteriums favorisieren.

Für die automatische Bewertung topologischer Informationsverluste für eine bestimmte Schriftposition wird zunächst topologische Information über die betroffenen Objekte benötigt. Diese ist entweder aus einer entsprechenden Datenstruktur abrufbar, oder muß aus der Geometrie der entsprechenden Objekte aufgebaut werden. Die Geometrie ist hier in soweit von Bedeutung, als sie durch die Lage die Menge der für eine Schriftposition zu betrachtenden Objekte festlegt und sich die Topologie der Objekte aus der Geometrie ableitet.

Die Untersuchung der Verdeckung topologischer Karteninformation durch ein automatisches Verfahren kann sich, insbesondere wenn topologische Zusammenhänge zur Laufzeit aus der Geometrie aufgebaut werden müssen, sehr rechenintensiv gestalten, so daß man auch Wege zur Vereinfachung suchen sollte. Es liegt nahe, die Verdeckung topologischer Information durch die Verdeckung geometrischer Information (4.2.5) zu approximieren, so daß die direkte Betrachtung der Topologie vermieden werden kann. Bei beiden Kriterien geht es um die Bewertung der Beziehung von Schrift und Karteninformation im Hinblick auf die Verdeckung von Informationen. Vor diesem Hintergrund erscheint die Approximation legitim. Naturgemäß kann die Approximation das eigentliche Kriterium nicht vollständig ersetzen, so daß je nach Kartensituation ein Verschlechterung der Schriftplatzierungsqualität zu erwarten ist.

Zusammenfassung: Verdeckung topologischer Karteninformation

Eigenschaften: Dieses Kriterium darf verletzt werden. Kann in vielen Fällen durch Summe der Verluste an objektbezogener Karteninformation ersetzt werden.

Topologie: Topologische Information wird benötigt.

Geometrie: Geometrie aller Objekte, die durch Textbox überschritten werden, muß im Kontext betrachtet werden.

Bewertung: Anzahl der topologischen Mehrdeutigkeiten, die durch die Überdeckung entstehen.

4.2.5 Verdeckung geometrischer Karteninformation

Beim Setzen von Schrift in Karten läßt es sich im allgemeinen nicht vermeiden, daß Kartengraphik verdeckt wird. In den meisten Fällen gibt es im Kartenbild keine Bereiche, die frei von geometrischer Information sind. Da sich die Verdeckung von geometrischer Karteninformation allgemein nicht vermeiden läßt,

muß nach Lösungen gesucht werden, die Schrift in Bereiche zu plazieren, wo der Verlust an Karteninformation möglichst gering ausfällt.

Für die Bewertung einer Schriftposition muß zunächst die Geometrie aller Kartenobjekte bekannt sein, die durch die Schrift an dieser Stelle verdeckt werden. Für jedes einzelne dieser Kartenobjekte erfolgt eine Untersuchung, wieviel geometrische Information durch die Überdeckung mit Schrift verloren geht. Hierbei ergibt sich für jedes Kartenobjekt ein Wert, der sich aus der Bewertung des geometrischen Informationsverlustes bzw. Unsicherheit des Betrachters über die Geometrie und der Bedeutung des Objektes herleitet. Die Bestimmung des Informationsverlustes muß anhand der verdeckten Geometrie durch ein automatisches Verfahren erfolgen. Die detaillierte Untersuchung dieses Sachverhaltes erfolgt in Kapitel 6. Die Bedeutung des Kartenobjektes hängt nicht zuletzt von der Sicht und den Erwartungen des Benutzers ab, so daß hier die Möglichkeit zur Konfiguration gegeben werden sollte.

Bildet man die Summe der Einzelbewertungen aller durch eine Schriftposition verdeckten Kartenobjekte, so erhält man die Gesamtbewertung der Schriftposition im Hinblick auf die Verdeckung von Karteninformation.

Zusammenfassung: Verdeckung geometrischer Karteninformation

- Eigenschaften:** Die Verletzung dieses Kriteriums ist kaum vermeidbar.
- Geometrie:** Geometrie aller Objekte, die durch Schrift überdeckt werden, kann objektweise betrachtet werden.
- Bewertung:** Grad des Informationsverlustes (Numerischer Wert, der durch eine Bewertungsfunktion bestimmt werden muß)

4.3 Ästhetische Gesichtspunkte bei der Kartenbeschriftung

Bei der Plazierung von Schrift sind die zwei Aspekte Funktion und Ästhetik zu betrachten. Vorrangig ist die Funktion der Schrift. Dieser sind ästhetische Gesichtspunkte unterzuordnen. Die Schrift soll in ihrer Funktion dem Kartenleser als Orientierung dienen, das zugeordnete Objekt beschreiben und ggf. klassifizieren. Neben dem funktionalen Aspekt finden in der Praxis der Kartenbeschriftung auch ästhetische Gesichtspunkte Beachtung. Entweder fanden sie bei der Festlegung von Konventionen, nach welchen sich der Kartograph

bei der Beschriftung richtet, Berücksichtigung (z.B. ob der Gipfel eines Berges mit einem horizontalen oder gebogenen Schriftverlauf beschriftet wird), oder sie fließen in Form des subjektiven ästhetischen Empfindens des Kartographen in die Beschriftung der Karte ein (Der Kartograph verschiebt einen Schriftzug, damit er sich besser in das graphische Gefüge der Karte einpaßt).

Es besteht eine enge Kopplung zwischen Funktionalität und Ästhetik der Kartenschrift. Der Betrachter kann die Schriftanordnung einer Karte, ebenso wie ein künstlerisches Gemälde, als angenehm oder als abstoßend empfinden. Hierdurch wird die Funktion der Kartenschrift in der Weise berührt, daß die Information einer als angenehm empfundenen Situation sicherlich besser und schneller aufgenommen werden kann, als im gegenteiligen Fall.

Konkret läßt sich die Kopplung von Funktion und Ästhetik auch anhand der oben beschriebenen Kriterien zur Bewertung von Schriftpositionen nachvollziehen, wobei die einzelnen Kriterien unterschiedlich stark durch ästhetische Aspekte beeinflußt sind. Das Kriterium der eindeutigen Zuordnung von Schrift und Kartenobjekt hat beispielsweise ausschließlich funktionalen Charakter. Das Kriterium der topologisch korrekten Lage der Schrift in bezug auf eine Linie mit Trenneigenschaft hingegen berücksichtigt auch ästhetische Aspekte. Die Beschriftung eines Objektes auf der Seite einer Linie, auf der es steht, wird aus ästhetischer Sicht als angenehm empfunden und verbessert gleichzeitig die Orientierungsfunktion der Schrift. Im Umkehrschluß führt die flächendeckende Mißachtung dieses Kriteriums nicht nur zu einer Kartendarstellung, die als weniger schön empfunden wird, sondern erschwert auch die Orientierung in der Karte.

Ähnlich verhält es sich bei der Verdeckung von Karteninformation durch Schrift. Die Verdeckung von Information hat aus funktionaler Sicht den Nachteil, daß diese Information dem Betrachter vorenthalten wird. Eine Schriftposition, die wenig Karteninformation verdeckt steht optisch freier, als eine Schriftposition, die viel Information verdeckt. Dies wird auch aus ästhetischer Sicht als vorteilhaft empfunden.

Das Kriterium, welches besonders stark durch ästhetische Aspekte beeinflußt wird, ist die Beschriftung eines Objektes in bevorzugter Position. Welche Schriftposition als optimal angesehen wird, hängt fast ausschließlich vom ästhetischen Empfinden ab. Daher gibt es hier auch häufig widersprüchliche Aussagen darüber, welches die bevorzugte Schriftposition ist. Bestimmte Schriftpositionen sind aus wahrnehmungspsychologischer Sicht vorteilhafter als andere. Dies liegt nicht zuletzt daran, daß hier ästhetische Aspekte Berücksichtigung finden, die dem Betrachter das bessere Auffassen der Information ermöglichen. Auch hier gilt also die Kopplung funktionaler und ästhetischer Belange.

Im Rahmen der automatischen Erzeugung einer Schriftanordnung von hoher Qualität müssen, wegen des Einflusses auf die Funktion der Kartenschrift auch ästhetische Aspekte Berücksichtigung finden. Bei der Überführung von allgemeinen verbalsprachlichen Formulierungen in einen formalen Schriftplatzierungsalgorithmus stellt insbesondere die Unbestimmtheit ästhetischer Aspekte deshalb ein Problem dar, weil man Ästhetik im allgemeinen schwer messen kann. Bei der automatischen Schriftplatzierung muß der Computer in die Lage versetzt werden, Ästhetik zu beurteilen. Dies ist die Voraussetzung, um ästhetische Aspekte berücksichtigen zu können. Die Berücksichtigung von Ästhetik durch den Computer ist vergleichbar mit der Aufgabenstellung, durch den Computer ein „schönes“ Gemälde entwerfen zu lassen.

Der Einfluß der Ästhetik auf die Platzierung der Schrift in analogen Karten ist vom ästhetischen Maßstab, der bei der Festlegung der Beschriftungskonventionen Anwendung fand, sowie dem subjektiven ästhetischen Empfinden des Kartographen abhängig. Bei der Abbildung der für die Karte festgelegten Beschriftungskonventionen in einem Algorithmus zur Erzeugung von Schriftpositionen sind die bei der Aufstellung der Konventionen maßgeblichen ästhetischen Einflüsse bereits erfaßt (z.B. Die Schrift soll auf einem Bogen um einen Berggipfel verlaufen). Diese können je nach Kartenwerk variieren, woraus unterschiedliche Regeln zur Erzeugung von Schriftpositionen resultieren. In dieser Arbeit wurde für die Formalisierung von Beschriftungsregeln hauptsächlich die TÜK 200 angehalten.

Die ästhetischen Einflüsse, die der Kartograph durch sein subjektives Empfinden in die Schriftplatzierung einbringt, sind relativ schwierig zu formalisieren. Allgemein unstrittige ästhetische Regeln, wie z.B. daß alle Buchstaben eines Schriftzuges den gleichen Abstand aufweisen sollten, lassen sich relativ leicht berücksichtigen und werden an den entsprechenden Stellen in dieser Arbeit diskutiert. Schwieriger wird es bei Fragestellungen, die einer stärkeren Subjektivität unterliegen. Hier scheint es angebracht dem Benutzer eines Schriftplatzierungssystems umfangreiche Möglichkeiten zur Konfiguration bereitzustellen, damit er die Kartenbeschriftung nach seinem subjektiven ästhetischen Empfinden positiv beeinflussen kann.

4.4 Rechenzeit und Qualität

Zwei wichtige Größen bei der automatischen Beschriftung von Karten sind *Rechenzeit* und *Qualität*. Die Qualität sagt aus, wie gut eine Produkt oder ein Arbeitsergebnis geeignet ist, bestimmte Anforderungen zu erfüllen. Bei der Qualität handelt es sich insoweit um einen relativen Begriff, als sie häufig

durch den Vergleich mit anderen Produkten oder Arbeitsergebnissen beurteilt wird. Die Rechenzeit stellt eine absolute Größe dar. Sie gibt an, wie lange ein Computer für die Lösung einer Aufgabe benötigt und ist einerseits von der Komplexität der Aufgabenstellung und andererseits von der Rechenleistung des Computers abhängig. Bei der automatischen Schriftplatzierung ist die Relation zwischen Rechenzeit und (relativer) Qualität entscheidend.

Die kartographischen Darstellungen, die durch ihre Schriftanordnung Funktion und Ästhetik der Schrift am besten unterstützen, sind die klassischen analogen Karten der Landesvermessung. Hier hat die Schriftplatzierung folglich eine gute Qualität. Damit liegt auch der Vergleichsmaßstab zur Beurteilung der Qualität automatisch platzierter Schrift, die bisher im allgemeinen schlechter ist, fest. Will man bei der automatischen Schriftplatzierung die hohe Qualität der analogen Produkte erreichen, so muß der Beschriftungsalgorithmus alle Details, die auch der menschliche Kartograph bei der Schriftplatzierung beachtet, berücksichtigen. Dies kann zum Teil sehr komplizierte Berechnungen erfordern. Der Beschriftungsvorgang gestaltet sich in Abhängigkeit von der Rechnerleistung relativ zeitintensiv.

Je nach Anwendungsfall, steht bei der automatischen Schriftplatzierung der Qualitäts- oder der Zeitfaktor im Vordergrund. Die wohl extremsten Anforderungen an die Rechenzeit stellen die Echtzeitanwendungen im Bereich der Bildschirmkarte dar. Direkt nachdem der Benutzer den Kartenausschnitt geändert hat, muß die Schriftplatzierung erfolgt sein. Um die automatische Schriftplatzierung auf heutigen Rechnern in dieser Geschwindigkeit ablaufen zu lassen, müssen die Algorithmen entsprechend einfach sein. Daher kann nicht mehr jedes bei der Schriftplatzierung zu berücksichtigende Detail durch den Algorithmus erfaßt werden. Die Folge ist eine im Vergleich zu analogen Karten schlechtere Qualität des Schriftplatzierungsergebnisses.

Rechenzeit und Qualität bilden einen Dualismus, wobei ein Schriftplatzierungsalgorithmus mit schneller Rechenzeit zwangsläufig zu einem Ergebnis mit schlechterer Qualität führt. Ein Algorithmus, der in der Lage wäre, eine Schriftanordnung mit guter Qualität zu erzeugen, beansprucht zwangsläufig eine lange Rechenzeit. Die in dieser Arbeit beschriebenen Abläufe zur automatischen Schriftplatzierung sind zunächst darauf ausgerichtet, im Ergebnis der Schriftplatzierung eine gute, mit analogen Produkten vergleichbare Qualität zu erreichen. Im einzelnen wird auf Vereinfachungen hingewiesen, die die Schriftplatzierung beschleunigen, aber dafür eine schlechtere Qualität im Ergebnis erwarten lassen.

Kapitel 5

Erzeugung zulässiger Schriftpositionen

Allgemein existiert für jedes Kartenobjekt ein Kontinuum zulässiger Schriftpositionen. Aus diesem kann durch Diskretisierung eine bestimmte Anzahl an Kandidatenpositionen erzeugt werden. Diese sollten möglichst weit über die Karte verteilt sein, damit die Schrift bei Konflikten auf Alternativpositionen ausweichen kann. In diesem Kapitel werden die Regeln zur Erzeugung der Kandidatenpositionen für sechs kartographische Objektarten beschrieben.

- Punkte
 - Orte mit punkthafter Darstellung
 - Berggipfel
- Linien
 - Fließende Gewässer
- Flächen
 - Orte als Siedlungsflächen
 - Geographische Räume
 - Gewässerflächen

Hierbei handelt es sich um die Objektarten, deren Schrift nach Beachtung des Karteninhalts der TÜK 200¹ und der JOG² am bedeutensten ist. Für jede Ob-

¹Topographische Übersichtskarte der Landesvermessung im Maßstab 1:200.000

²Joint Operations Graphic (Ground), Übersichtskarte des Wehrbereichskommandos III im Maßstab 1:250.000

jektart werden mehr oder weniger stark formalisierte Regeln zur Erzeugung von Schriftpositionen vorgestellt. Kartographische Basis für die Ableitung dieser Regeln war hauptsächlich die TÜK 200. Es wurden aber auch andere Karten, wie die JOG, die Übersichtskarte NRW im Maßstab 1:500.000 sowie zahlreiche Atlaskarten untersucht.

Die Regeln zur Erzeugung von Schriftpositionen sind ausschließlich von der Geometrie des zugeordneten Kartenobjektes abhängig. Die Methodik zur Ableitung der Regeln aus analogen Karten besteht darin, ein Kartenobjekt und seine Schrift zu betrachten und einen geometrischen Zusammenhang herzustellen, nach welchem die beobachtete Schriftposition aus der beobachteten Geometrie erzeugbar ist. Anhand der Betrachtung weiterer Paarungen Schrift-Kartenobjekt wird überprüft, ob der gefundene geometrische Zusammenhang zutreffend ist. Ist dies der Fall, so ist die geometrische Regel zur Erzeugung von Schriftpositionen vollständig. Gibt es Paarungen Schrift-Kartenobjekt, die durch die bisherige Regel nicht erfaßt wurden, so muß die geometrische Regel erweitert werden, um auch diese Fälle aufzunehmen. Dies erfolgt solange, bis man über eine geometrische Regel verfügt, welche alle in der Karte beobachteten Schriftpositionen erzeugen kann.

Die auf diese Weise abgeleiteten Regeln zur Erzeugung von Schriftpositionen werden im folgenden vorgestellt. Zusätzlich erfolgt für jede Objektart die Beschreibung der beiden Kriterien *Eindeutige Zuordnung von Schrift und Objekt* und *Beschriftung in bevorzugter Position*, da diese in Abhängigkeit von der Objektart nach unterschiedlichen Ansätzen zu bewerten sind.

5.1 Orte mit punkthafter Darstellung

In der Literatur gibt es unterschiedliche Aussagen über die optimale Schriftposition für die Beschriftung punkthafter Objekte. Unter der Voraussetzung, daß keine weiteren Kartenobjekte vorhanden sind, ist die in Abbildung 5.1 unter Ziffer I. abgebildete Position als optimal anzusehen. Das Objekt bildet quasi den ersten Buchstaben des Schriftzuges, wodurch die Zuordnung von Schrift und Objekt eindeutig ist. Eine gegenüber dem Objekt leicht erhobene Schriftposition wirkt sich optisch vorteilhaft aus. Diese nach ästhetischen Gesichtspunkten optimale Position läßt sich nur selten erreichen, da sich die Plazierung der Schrift im wesentlichen nach folgenden Kriterien richtet:

- Die eindeutige und unmißverständliche Zuordnung der Schrift zum Objekt muß gewährleistet sein.
- Möglichst wenig Karteninformation soll infolge der Verdeckung von Kartengraphik durch den Schriftzug verloren gehen.

Die Umsetzung des ersten Kriteriums bedeutet für die Beschriftung von Orten mit punkthafter Darstellung, daß die Schrift immer direkt am Objekt stehen muß. Häufig ist die Karte so dicht mit punkthaften Objekten besetzt, daß die eindeutige Zuordnung von Schrift und Objekt sonst nicht möglich ist. Auch könnte die Schrift für eine Arealbezeichnung gehalten werden. Das erste Kriterium wird von (I.) optimal umgesetzt. Das zweite Kriterium, die Berücksichtigung der Kartengraphik, wird aber nur selten optimal erfüllt, so daß eine von (I.) abweichende Schriftposition notwendig wird. Unter (II.) ist angedeutet, wie mögliche Schriftpositionen unter Beibehaltung der horizontalen Ausrichtung der Schrift aussehen können. Die Schrift kann rund um das punkthafte Objekt angeordnet werden, wobei die Textbox³ immer einen festen Abstand zum Objekt haben muß. Dieser Abstand wird aus der Objektgröße und dem Schriftgrad bestimmt.

Ein schräger Schriftverlauf (III.) kann besonders bei der Beschriftung von Küstenorten sinnvoll sein, häufiger wird aber (VI.) verwendet. Hierbei muß um die eindeutige Zuordnung zu gewährleisten das Objekt entweder am Anfang oder am Ende des Schriftzuges stehen. Die Möglichkeiten (III.) und (IV.) findet man zur Beschriftung von Siedlungen innerhalb von Landflächen nur in wenigen Karten. Sie sind abzulehnen, weil durch den von der Horizontalen

³Die Textbox ist ein Rechteck, welches einen Schriftzug oder Schriftzugteil vollständig umschließt.

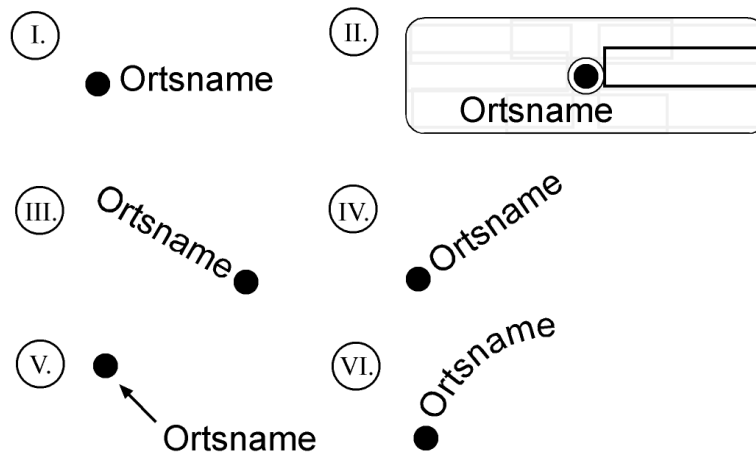


Abbildung 5.1: Beschriftung punkthafter Kartenobjekte

abweichenden Schriftverlauf das Kartenbild gestört wird. Für die Beschriftung von Küstenorten sowie anderer punkthafter Objekte z.B. in thematischen Darstellungen können sie aber durchaus sinnvoll sein.

Möglichkeit (V.) erlaubt es als einzige, die Schrift vom Objekt zu entfernen. Damit das Kriterium der eindeutigen Zuordnung nicht verletzt wird, wird der Bezug durch einen Zuordnungspfeil hergestellt. Neben der Berücksichtigung der Kartengeometrie, die der Schriftzug selbst überdeckt, ist darauf zu achten, daß der Zuordnungspfeil nicht andere Schriftzüge oder Kartenobjekte ungünstig überschneidet [Schulz 99]. Für die Beschriftung von Ortsnamen wird von dieser Möglichkeit kein Gebrauch gemacht.

Die Möglichkeit (VI.) ist besonders für die Beschriftung von Küstenorten an Nord- oder Südküsten bei großer Dichte geeignet. Für die Beschriftung von Orten in Landflächen ist sie (auch wenn dieser Fall in einer Atlaskarte gefunden wurde) grundsätzlich abzulehnen. Durch den Schriftverlauf entlang eines Bogens kann der Leser einer Karte schnell dem Irrtum unterliegen, es handele sich um eine Arealbezeichnung.

Namentrennung

In analogen Karten tritt bei der Beschriftung punkthafter Kartenobjekte hin und wieder der Fall auf, daß Ortsnamen getrennt werden. Die Trennung erfolgt hier nur in ganze Worte⁴. Dadurch kommen nur wenige Ortsnamen für eine Trennung in Frage, wie z.B. *Mülheim an der Ruhr*.

⁴Bei Ortsnamen für Siedlungsflächen kann auch silbenweise getrennt werden.

Die Berücksichtigung getrennter Ortsnamen bedeutet bei der Schriftplatzierung für Orte mit punkthafter Darstellung einen Mehraufwand, weil für den entsprechenden Ort sowohl Schriftpositionen mit, als auch ohne getrennten Namen erzeugt werden müssen. Die Beschriftung mit einem getrennten Namen hat eine höhere Textbox zur Folge, was unter Umständen an anderen Stellen eine komplexere Modellierung erfordert.

5.1.1 Untersuchung der Lage des Ortes

Welche Regel zur Erzeugung von Schriftposition für Orte mit punkthafter Darstellung in Karten kleiner Maßstäbe verwendet wird, hängt von der Lage des Ortes ab. Hier wird die Lage des Ortes nur im Hinblick auf die daraus resultierende Wahl der Beschriftungsregel untersucht. Dies ist nicht zu verwechseln mit der Bewertung von Schriftpositionen nach dem Kriterium der korrekten Lage zu einer Linie mit Trenneigenschaft (siehe Abschnitt 4.2.3). Die Erzeugung von Schriftpositionen kann nach zwei unterschiedlichen Regeln erfolgen.

- Orte, die in der Landfläche liegen, müssen mit Schrift in horizontalem Verlauf beschriftet werden.
- Küstenorte können auch durch einen gebogenen Schriftzug, wenn er in der Wasserfläche steht, beschriftet werden.

Um festzulegen, nach welcher Regel ein Ort zu beschriften ist, muß seine Lage zur Küstenlinie untersucht werden. Orte mit einem ausreichenden Abstand zur Küstenlinie liegen im Land und müssen dementsprechend beschriftet werden (5.1.2).

Orte, die direkt an der Küste liegen, müssen in der Wasserfläche beschriftet werden. D.h. der Schriftzug muß mehrheitlich in der Wasserfläche liegen. Dafür ist zunächst das gleiche Reglement anzuwenden, wie für Orte im Land. Der Schriftzug muß horizontal verlaufen. Wenn sich der Küstenort an einer Nord- bzw. Südküste befindet, kann der horizontale Schriftverlauf schnell zu Konflikten mit anderen Kartenobjekten und deren Schrift führen. In diesem Fall ist die Erzeugung von Schriftpositionen mit nicht horizontalem Verlauf zulässig (5.1.3). Hiervon wird nur Gebrauch gemacht, wenn die Dichte der Objekte es erfordert. Dies ist oft bei kleinen Kartenmaßstäben der Fall.

Wenn es zur Vermeidung von Konflikten sinnvoll ist, können auch küstennahe Orte in gleicher Weise wie Küstenorte beschriftet werden. Dieses Kriterium erfüllen Orte, die einen bestimmten Abstand zur Küstenlinie nicht überschreiten. Hier können zusätzliche Probleme dadurch entstehen, daß die Schrift des

Ortes nicht völlig im Wasser steht, und so andere Kartenobjekte verdeckt. Für küstennahe Orte sollten mehrere Alternativen für die Schriftplatzierung nach beiden Reglements erzeugt werden.

5.1.2 Erzeugung von Schriftpositionen im Land

Für die Beschriftung von Orten im Land ist nur ein horizontaler Schriftverlauf zulässig. Da die Schrift direkt am Objekt stehen muß, ergeben sich die in Abbildung 5.2 angedeuteten Möglichkeiten. Um die Punktsignatur des Ortes herum kann die Schrift innerhalb eines kontinuierlichen Saums platziert werden. Zur Erzeugung von Schriftpositionen ist zunächst nur die Geometrie des Ortes und seine Lage erforderlich.

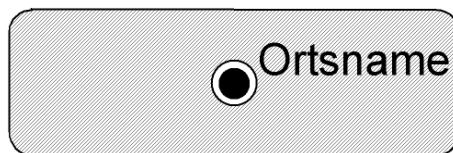


Abbildung 5.2: Kontinuum möglicher Schriftpositionen

Im folgenden soll der Zusammenhang zwischen der Position der Schrift in Abhängigkeit von der Lage zum Punktort ausgedrückt durch den Winkel α dargestellt werden. Die Schrift soll dabei durch ihre Textbox und die Schriftposition durch den Mittelpunkt der Textbox repräsentiert werden. Die Lage des Mittelpunktes des Textbox ist von der Textboxgeometrie abhängig. Diese ist in Abbildung 5.3 dargestellt. Die geometrische Beziehung zwischen Objekt und Textbox zeigt Abbildung 5.4

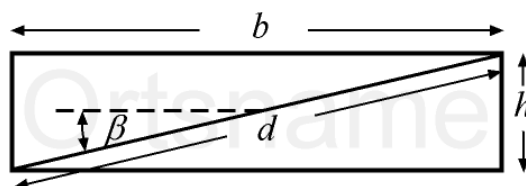


Abbildung 5.3: Die Textbox

Für die Berechnung einer Schriftposition sind folgende Parameter gegeben:

R_{Punktort} : Rechtswert des Punktortes in der Karte.

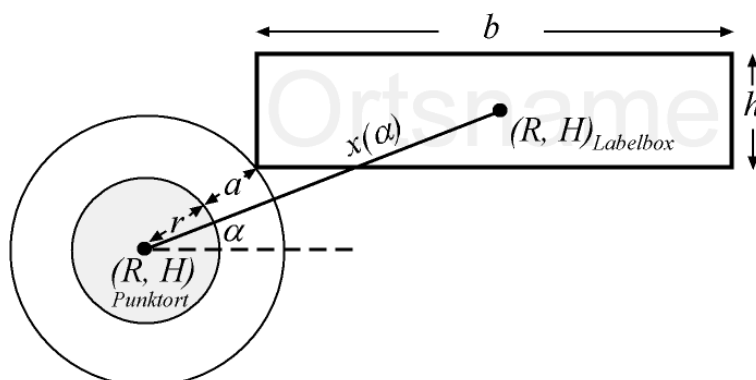


Abbildung 5.4: Beziehung zwischen Objekt und Textbox

H_{Punktort} : Hochwert des Punktortes in der Karte.

α : Richtung vom Punktort zum Mittelpunkt der Textbox. Der Winkel α wird gegen die Uhr gezählt und hat die Nullrichtung Osten.

r : Radius der Punktsignatur

a : Abstand der Textbox zur Punktsignatur

h : Die Höhe der Textbox (abhängig vom Schriftgrad)

b : Die Breite der Textbox (abhängig von Schriftgrad und Text)

Die gesuchten Parameter sind:

R_{Textbox} : Rechtswert des Textboxmittelpunktes in der Karte.

H_{Textbox} : Hochwert des Textboxmittelpunktes in der Karte.

Der Zusammenhang zwischen dem Punktort und der Position der Textbox wird durch folgende Gleichung hergestellt:

$$\begin{aligned} R_{\text{Textbox}} &= R_{\text{Punktort}} + x(\alpha) \cdot \cos \alpha \\ H_{\text{Textbox}} &= H_{\text{Punktort}} + x(\alpha) \cdot \sin \alpha \end{aligned} \quad (5.1)$$

In 5.1 ist die Funktion $x(\alpha)$ zu bestimmen, die den Abstand zwischen Punktort und Textboxmitte in Abhängigkeit von α ausdrückt. Um $x(\alpha)$ angeben

zu können, müssen zunächst einige Hilfsgrößen hergeleitet werden. Aus der Textboxgeometrie Abbildung 5.3 können folgende Größen bestimmt werden

$$\begin{aligned} d &= \sqrt{h^2 + b^2} \\ \beta &= \arcsin(h/d) \end{aligned} \quad (5.2)$$

Des Weiteren werden die Grenzwerte für α benötigt, an denen die Verschiebung der Textbox am Kreis entlang einer Ecke in die Verschiebung entlang einer Seite übergeht. Es existieren zwei Grenzwerte, einer für den Übergang zur horizontalen Verschiebung und einer für den Übergang zur vertikalen Verschiebung. Siehe hierzu Abbildung 5.5.

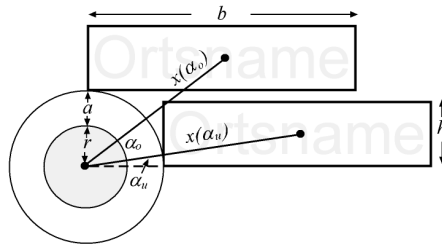


Abbildung 5.5: Extrempositionen

$$\alpha_u = \arctan\left(\frac{\frac{h}{2}}{\left(r + a + \frac{b}{2}\right)}\right) \quad (5.3)$$

$$\alpha_o = \arctan\left(\frac{\left(r + a + \frac{h}{2}\right)}{\frac{b}{2}}\right) \quad (5.4)$$

Um die Darstellung der Funktion $x(\alpha)$ einfach zu halten, wird für die Berücksichtigung der vier Quadranten die Hilfsfunktion $\gamma(\alpha)$ eingeführt.

$$\gamma(\alpha) = \begin{cases} \alpha & : 0^\circ \leq \alpha < 90^\circ \\ 180^\circ - \alpha & : 90^\circ \leq \alpha < 180^\circ \\ \alpha - 180^\circ & : 180^\circ \leq \alpha < 270^\circ \\ 360^\circ - \alpha & : \text{sonst} \end{cases} \quad (5.5)$$

Damit ergibt sich $x(\alpha)$ zu:

$$x(\alpha) = \begin{cases} \left(r + a + \frac{b}{2}\right) / \cos(\gamma(\alpha)) & : \gamma(\alpha) < \alpha_u \\ \frac{d}{2} \cos(|\gamma(\alpha) - \beta|) + \sqrt{(r + a + d)^2 - \left(\frac{d}{2} \sin(|\gamma(\alpha) - \beta|)\right)^2} & : \alpha_u \leq \gamma(\alpha) < \alpha_o \\ \left(r + a + \frac{h}{2}\right) / \sin(\gamma(\alpha)) & : \text{sonst} \end{cases}$$

Mit $x(\alpha)$ können nach 5.1 die Schriftpositionen in Abhängigkeit von der Lage des Ortes und dem Winkel α erzeugt werden. Da der Winkel α reelle Werte annehmen kann, bilden die möglichen Schriftpositionen ein Kontinuum. Für die automatische Schriftplatzierung kann aus dem kontinuierlichen Bereich um die Punktsignatur durch Vorgabe bestimmter Werte für α eine diskrete Anzahl von Schriftpositionen ausgewählt werden. Mit der Anzahl der Schriftpositionen steigt, wegen der größeren Flexibilität bei der Platzierung eines Namens, die Qualität, aber auch die Rechenzeit der automatischen Beschriftung an. Abbildung 5.6 zeigt zwei Varianten mit vier und mit acht Alternativen für die Schriftposition

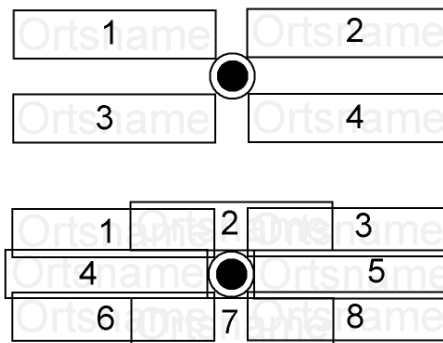


Abbildung 5.6: Diskrete Anzahl von Schriftpositionen

5.1.3 Erzeugung von Schriftpositionen für Küstenorte

Zur Erzeugung von Schriftpositionen für Küstenorte ist neben der Geometrie des Ortes die Geometrie der Küstenlinie zu berücksichtigen. Die hier beschriebenen Regeln zur Erzeugung von Schriftpositionen kommen nur für Orte in Frage, die an einer Nord- oder Südküste liegen.

Bei Küstenorten soll der Name in der Wasserfläche liegen. Lässt sich dies wegen zu hoher Dichte der Objekte durch einen horizontalen Verlauf nicht erreichen,

so ist der Verlauf entlang eines Bogens zu wählen. Der Bogen steht dabei senkrecht zur Küstenlinie und verläuft auf die Horizontale zu.

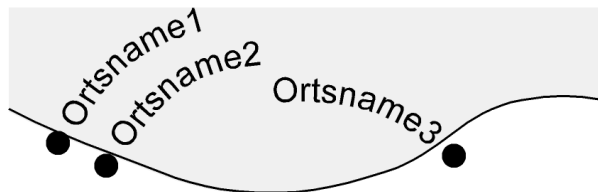


Abbildung 5.7: Schriftverlauf bei Küstenorten

Damit der gebogene Schriftzug dem Objekt eindeutig zugeordnet werden kann, steht er entweder links oder rechts vom Objekt. Die Anordnung der Schrift über oder unter dem Objekt ist im allgemeinen nicht zulässig. Die Berücksichtigung der wenigen Ausnahmen von dieser Regel ist bei automatischer Schriftplatzierung zu aufwendig.

Die Erzeugung von Schriftpositionen für Küstenorte gestaltet sich im Vergleich zu Orten im Land deutlich aufwendiger. Anstelle einer Position für eine Textbox muß hier eine Standlinie erzeugt werden, auf der für jeden Buchstaben eine eigene Box angeordnet ist (Abbildung 5.8).

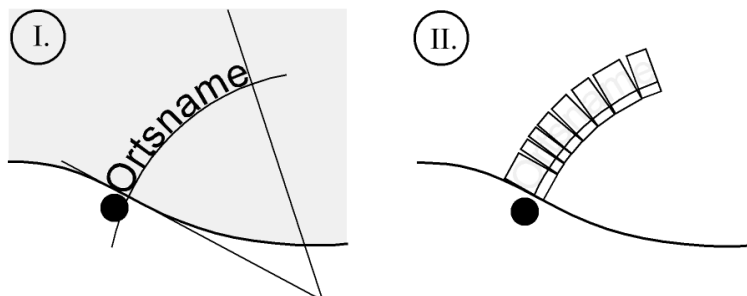


Abbildung 5.8: Kreisbogen als Standlinie für Beschriftung

Die Standlinie hat den Verlauf eines Kreisbogens. Die Länge des Bogens ist von der Schriftlänge abhängig. Folgende Parameter der Standlinie sind variabel:

- Startposition
- Startrichtung
- Radius des Bogens

Die Startposition ist zunächst von der Lage des Ortes abhängig. Sie kann in einem vergleichbaren Bereich wie die Textbox bei Orten im Land parallel zur Küstenlinie verschoben werden, um Konflikten mit anderen Objekten auszuweichen (Abbildung 5.9 Ziffer I). Zusätzlich ist die Verschiebung senkrecht zur Küste möglich (IV.). Dies erfolgt häufig mit dem Ziel, die Küstenlinie nicht durch Schrift zu verdecken. Die Startrichtung des Bogens steht senkrecht zur Tangente an die Küstenlinie. Von dieser Ausrichtung sind leichte Abweichungen (II.) erlaubt. Ebenso kann die Krümmung der Standlinie in gewissen Grenzen variiert werden (III.). Als Basiswert für den Radius der Standlinie kann die 1,5-fache Bogenlänge angenommen werden.

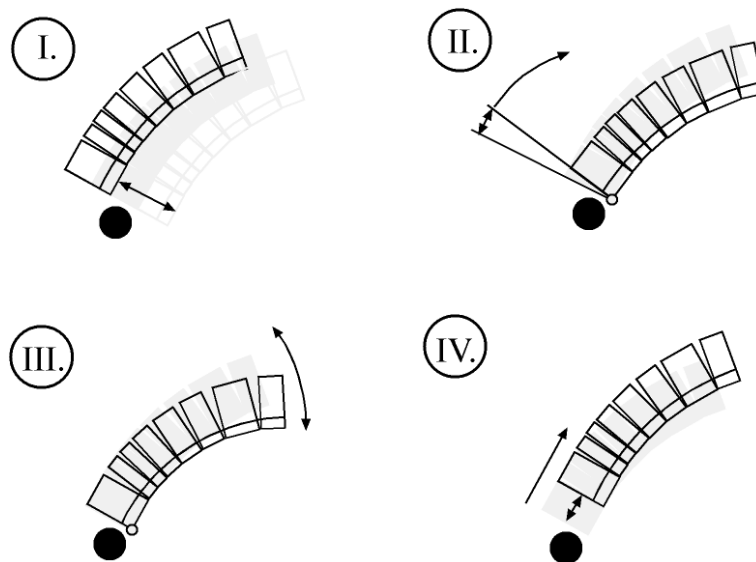


Abbildung 5.9: Variation der Standlinie

Wechselwirkungen mit der Schrift anderer Küstenorte

Ein weiteres Problem entsteht dadurch, daß die Wahl der Parameter für die Startrichtung und den Radius der Standlinie nicht individuell erfolgen kann, sondern, um ein geordnetes Schriftbild zu erreichen, mit den benachbarten Küstenorten abgestimmt werden muß. Durch die Betrachtung aller Orte an einem Küstenabschnitt müssen Gruppen von Orten festgelegt werden, deren Standlinie mit der gleichen Startrichtung versehen werden kann, ohne daß im Einzelfall eine zu starke Verschwenkung gegenüber der Küstenlinie stattfindet. Für diese Gruppen von Orten müssen die Radien der Standbögen harmonisiert werden.

Geht man von einem Küstenort aus, so ist zur Bestimmung benachbarter Küstenorte topologische Information notwendig. Um einen Ort als Küstenort zu klassifizieren, muß die Beziehung dieses Ortes zur entsprechenden Küste bekannt sein. Aus der Umkehrung dieser Beziehung kann man alle Orte, die an einer Küstenlinie liegen, ermitteln.

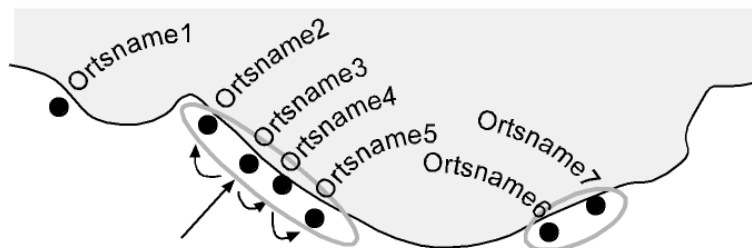


Abbildung 5.10: Bildung von Gruppen für die Beschriftung

Die Gruppierung von Orten zur Harmonisierung der Standbögen erfolgt nach zwei Kriterien:

- Näherungsweise gleiche Richtung der Tangente an die Küstenlinie
- Lokale Nähe der Orte, die eine Gruppe bilden.

Abbildung 5.10 zeigt am Beispiel einer Küstensituation wie die Bestimmung von Gruppen nach diesen beiden Kriterien erfolgt. Für die Bestimmung des Standbogens des Ortes 3 wird die Gruppe benötigt, zu der dieser Ort gehört. Die Orte 2, 4 und 5 erfüllen beide Kriterien, um mit Ort 3 eine Gruppe zu bilden. Die Küstenlinie bei Ort 1 verläuft zwar in die gleiche Richtung, wie bei Ort 3, der Ort ist aber zu weit entfernt, um in die gleiche Gruppe zu gehören.

Die Orte 6 und 7 erfüllen weder dem Verlauf der Küstenlinie noch ihrer Nähe zu Ort 3 nach, die Voraussetzung, um mit Ort 3 in eine Gruppe zu gehören; sie bilden eine eigene Gruppe.

Diskrete Anzahl von Schriftpositionen

Die Parameter des Standbogens können innerhalb gewisser Grenzen kontinuierlich variiert werden. Dies führt theoretisch auf eine unendliche Anzahl möglicher Schriftpositionen. Um die Komplexität des Beschriftungsvorgangs zu reduzieren, muß eine Diskretisierung erfolgen und die Anzahl der Schriftpositionen begrenzt werden. Die Startrichtung der Standlinie und die Krümmung müssen, wie oben beschrieben, gruppenweise festgelegt werden. Mehrere Alternativen für Schriftpositionen können durch Variation der Lage der Standlinie parallel und senkrecht zur Küstenlinie erzeugt werden. Aus diesem kontinuierlichen Bereich von Schriftpositionen sollte eine begrenzte Anzahl von Positionen ausgewählt werden. Abbildung 5.11 zeigt zwei Möglichkeiten mit sechs bzw. drei Alternativen für Platzierung der Schrift.

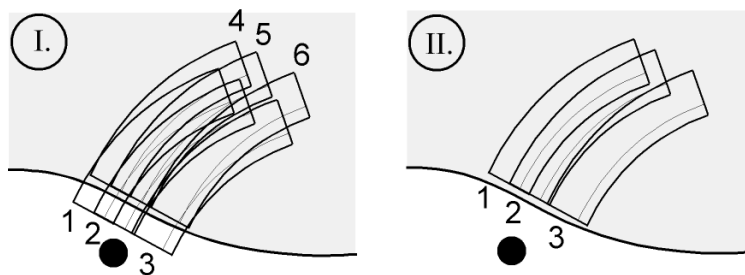


Abbildung 5.11: Diskrete Anzahl von Schriftpositionen

Bei nur drei Alternativpositionen werden, im Vergleich zu der Situation mit 6 Alternativen, diejenigen Positionen weggelassen, die die Küstenlinie schneiden. Diese Positionen weisen eine höhere Wahrscheinlichkeit auf, in einem späteren Schritt auf Grund schlechter Bewertung auszuschneiden, da sie die Küstenlinie und somit Karteninformation verdecken.

Zu den Alternativen für die Beschriftung eines Ortes in der Wasserfläche können auch noch weitere Positionen kommen, die nach Abschnitt 5.1.2 erzeugt wurden.

5.1.4 Kriterium eindeutige Zuordnung

Die eindeutige und unmißverständliche Zuordnung der Schrift zum Objekt wird weitgehend durch die Vorgabe, daß der Name direkt am Objekt stehen muß, gewährleistet. Um Verwechslungen zu vermeiden, muß zusätzlich darauf geachtet werden, daß keine weiteren punkthaften Objekte in unmittelbarer Nähe des Schriftzuges vorhanden sind. Dies kann man auf einfache Weise erreichen, indem man nur solche Schriftpositionen zuläßt, die zu allen Fremdobjekten einen gewissen Mindestabstand a aufweisen (Abbildung 5.12). Auf diese Weise ergibt sich um die Textbox ein Bereich, der von anderen Ort frei sein muß.

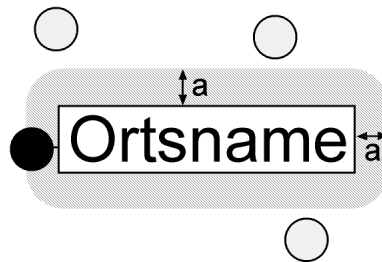


Abbildung 5.12: Freibereich für zulässige Schriftpositionen

Hat man es mit einer großen Dichte von Objekten, die mit gleichem Schrifttyp beschriftet werden, zu tun, so kann eine stärkere Differenzierung dieses Kriteriums sinnvoll sein. In Abbildung 5.13 sind drei Fälle dargestellt. Der schwarze Punkt soll das Objekt sein, zu dem die Schrift gehört, der graue Punkt ist ein anderes Kartenobjekt. In der Situation (I.) ist nicht eindeutig, zu welchem Objekt der Schriftzug gehört. Anders liegt der Fall bei Situation (II.) Obwohl beide Objekte den gleichen Abstand zur Schrift haben, würde man hier den schwarzen Punkt als zugehörig erachten. Das liegt daran, daß der Schriftzug mit dem schwarzen Punkt in nahezu einer Linie liegt und so quasi von diesem angeführt wird. Im Fall (III.) liegen beide Objekte in einer Linie mit der Schrift. Daher ist hier die Zuordnung unklar. Wie groß der Abstand zwischen Schrift und Fremdobjekt sein muß, hängt von den Lagebeziehungen zwischen Eigenobjekt, Schriftzug und Fremdobjekt ab. Allgemein ist die Schriftposition so zu wählen, daß der Abstand zwischen Schrift und Fremdobjekt mindestens die halbe Minuskelhöhe beträgt. Steht der Schriftzug rechts vom Eigenobjekt, so ist für Fremdobjekte, die ober- oder unterhalb des Schriftzuges liegen, ein geringerer Abstand zulässig.

Abbildung 5.14 zeigt den Bereich, der von Objekten frei sein muß, wenn das zu beschriftende Objekt rechts von seiner Schrift steht. Die Form gleicht einer Hantel. Da das Objekt die Schrift quasi anführt, darf die Schrift im middle-

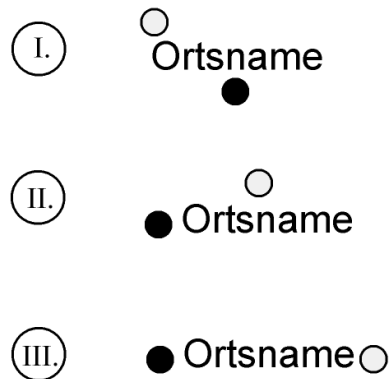


Abbildung 5.13: Eindeutige Zuordnung von Punktbeschriftungen

ren Bereich näher an Fremdoobjekte heranrücken, ohne daß die Eindeutigkeit darunter leidet.

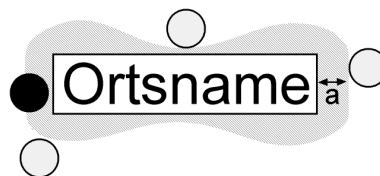


Abbildung 5.14: Freibereich bei linksseitiger Objektposition

5.1.5 Kriterium bevorzugte Schriftposition

Häufig ist man bei der Positionierung von Kartenschrift durch Zwänge eingeschränkt. Unterstellt man den Fall, daß rund um das Objekt keinerlei Einschränkungen für die Positionierung vorhanden sind; welches ist dann bei freier Auswahl die beste Schriftposition?

Die Beurteilung dieses Sachverhalts hat subjektiven Charakter. Insbesondere dann, wenn man versucht zwischen mehreren möglichen Schriftpositionen eine Rangfolge abzuleiten, kommt man schnell zu unterschiedlichen Ergebnissen. Daher findet man hierzu in der Literatur teilweise widersprüchliche Aussagen.

Das Kriterium der bevorzugten Position greift nur, wenn zwei Schriftpositionen in bezug auf alle anderen Kriterien gleich bewertet wurden. Es ist daher sehr gering zu gewichten. Die Lage der Schrift zum Objekt soll im folgenden mit Werten zwischen 0.0 und 1.0 bewertet werden.

Weitgehende Einigkeit herrscht darüber, daß die Plazierung rechts vom Objekt und leicht gehoben die beste ist (Abbildung 5.15). Die zum Objekt etwas erhöhene Position verhindert optisches Zusammenhängen von Schrift und Objekt. Diese Position erhält die Bewertung 1.0.



Abbildung 5.15: Optimale Schriftposition

Bewegt man die Schrift aus dieser idealen Position nach oben oder nach unten, so führt das zu einer schlechteren Bewertung. Es ist zu beachten, daß die *Überschrift* der *Unterschrift* vorzuziehen ist. Die Ober- und Unterlängen der Minuskeln drängen die Schrift vom Objekt weg. Da Unterlängen vergleichsweise seltener auftreten als Oberlängen, kann die Überschrift im allgemeinen objektnäher plaziert werden. Daher sind alle Schriftpositionen oberhalb des Objektes besser zu bewerten, als ihre Entsprechungen unterhalb.

Steht die Schrift rechts vom Objekt, so wird die Zuordnung erleichtert, da das Objekt die Schrift quasi anführt. Daher sind Schriftpositionen auf der rechten Seite des Objektes besser zu bewerten als ihre Entsprechungen auf der linken Seite. Abbildung 5.16 zeigt eine Möglichkeit zur Bewertung der vier Eckpositionen. Die Beschriftung auf der linken Seite steht den Lesegewohnheiten des Betrachters entgegen und erhält daher eine entsprechend negative, d.h. in diesem Beispiel kleine, Bewertung.

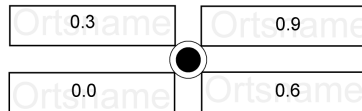


Abbildung 5.16: Bewertung der vier Eckpositionen

Schriftpositionen, die sich mehr oder weniger mittig über bzw. unter dem Objekt befinden, sind relativ günstig. Die Überschrift ist aus o.g. Gründen der Unterschrift vorzuziehen. Abbildung 5.17 zeigt die entsprechende Bewertung der Schriftpositionen.

Eine Zusammenfassung aller Bewertungen ist in Abbildung 5.18 dargestellt. Die Bewertung aller weiteren Positionen, kann durch Interpolation aus den acht hier angegebenen Werten abgeleitet werden. Läßt man bei der automatischen Schriftplazierung nur eine diskrete Anzahl von möglichen Positionen zu, so kann für jede Position ein fester Wert abgeleitet werden.

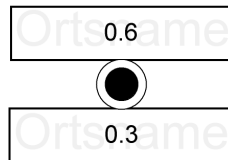


Abbildung 5.17: Über- und Unterschrift

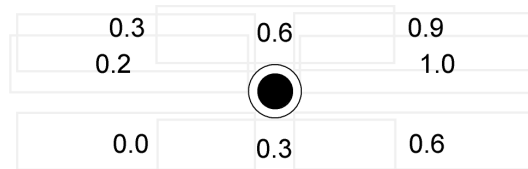


Abbildung 5.18: Zusammenfassung

5.2 Berggipfel

Die Beschriftung von Berggipfeln führt auf das Problem der Beschriftung eines Objektes von punkthaftem Geometrietyp mit zwei Schriftzügen. Neben der Höhenzahl wird jeder Gipfel zusätzlich mit einem Schriftzug versehen, der den Gipfel benennt. Diese beiden Schriftzüge stellen insofern ein ungleiches Paar dar, als sie nach völlig verschiedenen Regeln plaziert werden und beim Konflikt um eine gute Schriftposition untereinander von unterschiedlichem Rang sind. Da bei der Erzeugung von Schriftpositionen zwischen beiden Schriftzügen Interdependenzen bestehen, ist eine gemeinsame Betrachtung sinnvoll.

Bezeichnungen für Berggipfel können grundsätzlich nach verschiedenen Regeln plaziert werden; in analogen Karten beobachtet man häufig die direkte Über- bzw. Unterschrift. Hierbei verläuft die Schrift entweder horizontal oder auf einem Kreisbogen. Ob man zur Beschriftung horizontalen oder kreisförmigen Verlauf wählt, ist Ansichtssache. Für den horizontalen Verlauf spricht die einfache Geometrie der Textbox, die den Vorgang der Plazierung vereinfacht. [Imhof 1962] führt zu Gunsten der horizontalen Beschriftung an, daß diese einfacher Plazierungskonflikten ausweichen kann. Des weiteren nennt er als Nachteile der gebogenen Schrift, sie sei zu unruhig, die Schrift würde zu weit vom Gipfelpunkt weggedrängt, lange Namen machten bei der Beschriftung Probleme und stark gekrümmte Schrift sei unästhetisch. Diese Kritikpunkte treffen nur eingeschränkt zu. Neben ästhetischen Gesichtspunkten spricht insbesondere der kognitive Aspekt für die Beschriftung auf einem Kreisbogen. Die Kreisform deutet nicht nur graphisch den Kegel des Berggipfels an, sondern hebt sich auch im Schriftbild besser von anderer Kartenschrift ab, was die Lesbarkeit der Karte verbessert. Durch die Geometrie des Kreissektors, auf dessen Bogen die Schrift verläuft, wird die Lage des Gipfelpunktes optisch unterstützt. Der Betrachter findet den an sich unscheinbaren Gipfelpunkt besser. Lange Namen können, auf zwei Bögen verteilt, ober- und unterhalb des Gipfels verlaufen, und bei der Beschriftung kann darauf geachtet werden, daß die Krümmung ein ästhetisch zumutbares Maß nicht überschreitet. Bei qualitativ hochwertigen Karten trifft man oft die Beschriftung entlang eines Kreisbogens an. Daher soll dieser Verlauf im folgenden vorausgesetzt werden.

Die Gipfelbezeichnungen werden auf dem Bogen eines Kreissektors um den Gipfelpunkt herumgeführt. Die Schrift kann sowohl oberhalb, als auch unterhalb des Punktes verlaufen. Bei langen Bezeichnungen ist eine Trennung in zwei Schriftzüge möglich, die jeweils ober- und unterhalb des Gipfelpunktes verlaufen. Gipfelbezeichnungen haben bei der Schriftplazierung immer Vorrang vor der Höhenangabe.

Die Höhenzahl des Berggipfels wird meist in direkter Nähe zum Gipfelpunkt gesetzt, ähnlich, wie bei der Erzeugung von Schriftpositionen für Orte mit Punktdarstellung (Abschnitt 5.1.2). Zu bevorzugen ist die Position mittig über oder unter dem Gipfelpunkt gegenüber der Gipfelbezeichnung. In bestimmten Fällen darf die Höhenzahl etwas vom Gipfelpunkt abrücken, um Raum für die Gipfelbezeichnung zu schaffen.

5.2.1 Schriftpositionen für die Gipfelbezeichnung

Die Erzeugung von Schriftpositionen erfolgt in zwei Schritten. Zunächst wird aufgrund geometrischer Zusammenhänge die *optimale* Schriftposition berechnet. Anschließend werden aus dieser weitere Schriftpositionen durch Variation der Parameter innerhalb gewisser Grenzen erzeugt. Die Festlegung, welche die bevorzugte Schriftanordnung ist, kann nicht objektiv beantwortet werden, sondern ist ein Stück weit von subjektiven Eindrücken abhängig.

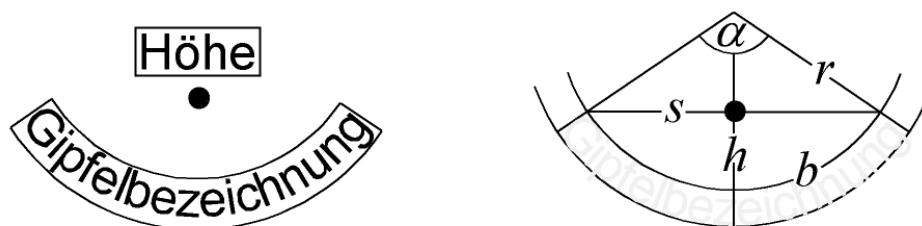


Abbildung 5.19: Optimale Schriftposition für Berggipfel

Zunächst soll die Erzeugung einer *optimalen* Position für die Gipfelbezeichnung betrachtet werden. Dabei wird davon ausgegangen, daß diese auf dem Bogen eines Kreissektors unterhalb des Gipfelpunktes liegt. Der Gipfelpunkt liegt mittig auf der Sekante des Bogens (Abbildung 5.19). Bei der Betrachtung analoger Karten erscheint ein Kreissektor ideal, dessen Bogen ein Verhältnis 3 : 1 von Sekantenlänge s zu Bogenhöhe h aufweist.

$$h = \frac{1}{3}s$$

Die Kreissektorgeometrie wird durch den Radius r und den Winkel α festgelegt. Zunächst wird der Betrag des Winkels α bestimmt. Aus der Geometrie in Abbildung 5.19 ergibt sich:

$$\left(\frac{s}{2}\right)^2 + \left(r - \frac{1}{3}s\right)^2 = r^2$$

$$\frac{1}{4}s^2 + \frac{1}{9}s^2 - \frac{2}{3}rs = 0$$

$$s = \frac{24}{13}r$$

Für den Winkel des Kreissektors ergibt sich:

$$\alpha = 2 \arcsin\left(\frac{s}{2r}\right) = 135^\circ$$

Der Radius r des Standbogens ist bei gegebenem α direkt von der Bogenlänge und damit von der Schriftlänge abhängig.

$$r = \frac{b}{\alpha}$$

Auf die gleiche Art und Weise lassen sich die Standbögen für zwei weitere als *optimal* anzusehende Schriftanordnungen erzeugen. In Abbildung 5.20 ist links die Möglichkeit der Überschrift eines Gipfelpunktes und rechts die Beschriftung auf zwei Standbögen dargestellt. Letztere setzt voraus, daß die Gipfelbezeichnung trennbar ist und daß bekannt ist, an welchen Stellen die Trennung erfolgen darf. Bei sehr langen Gipfelbezeichnungen muß die Beschriftung grundsätzlich auf zwei Standbögen erfolgen.

Bei der Beschriftung mit zwei Standbögen ist Bedingung, daß beide Bögen über den gleichen Radius verfügen. Die Bogenlänge beider Standbögen ist im allgemeinen nicht gleich und richtet sich nach der Länge des jeweiligen Schriftzugteils. Nur die Sekante eines Bogens kann durch den Gipfelpunkt verlaufen. Der andere Bogen muß, um Platz für die Höhenangabe zu schaffen, vom Gipfelpunkt in vertikaler Richtung abrücken. Idealerweise rückt der längere der beiden Schriftzugteile vom Gipfelpunkt ab, weil dieser durch seine Länge eher in der Lage ist, die Höhenangabe und den Gipfelpunkt optisch zu umfassen.

Die drei in Abbildung 5.19 und Abbildung 5.20 gezeigten Möglichkeiten stehen gleichberechtigt nebeneinander. Sie stellen die Ausgangsbasis dar, um durch Variation weitere Schriftpositionen zu erzeugen.



Abbildung 5.20: Optimale Schriftpositionen für Berggipfel

Alternativpositionen durch Variation

Sowohl Höhenangabe, als auch Gipfelbezeichnung nehmen relativ große Rücksicht auf Objekte des Kartenuntergrundes, um diese vor Verdeckungen durch Schrift zu schonen. Daher ist es sinnvoll, mehrere Alternativen für die Schriftposition zu erzeugen und zu bewerten, um diejenige mit den besten Eigenschaften auswählen zu können. Die Alternativen stellen Abweichungen aus der bevorzugten Schriftposition dar und sind daher im Rahmen dieses Kriteriums entsprechend schlechter zu bewerten als die bevorzugte Position. Um Alternativen zu erhalten, kann sowohl die Position der Gipfelbezeichnung, als auch die der Höhenangabe variiert werden. Diese Variationen können nicht völlig losgelöst voneinander erfolgen, da zwischen der Position beider Schriftzüge gewisse Abhängigkeiten bestehen. Dennoch sollen zunächst die Variationsmöglichkeiten für die Gipfelbezeichnung erläutert werden. Diese werden zunächst für die Beschriftung unterhalb des Gipfelpunktes gezeigt und können in gleicher Weise für die Beschriftung oberhalb des Gipfelpunktes Anwendung finden.

Eine naheliegende Möglichkeit besteht darin, die Geometrie des Kreissektors, der den Standbogen bildet, über den Winkel α zu variieren. Abbildung 5.21 zeigt hier zwei Möglichkeiten, mit einem gestreckten und einem stark gekrümmten Kreisbogen. Durch Krümmungsänderung des Standbogens verschiebt sich der Schriftzug in der Mitte und in den Endbereichen. Dadurch können Verdeckungen der Kartenzeichnung vermieden werden. Die Variation der Krümmung des Standbogens stellt einen relativ geringen Eingriff dar, da der Gipfelpunkt nach wie vor mittig auf der Sekante des Bogens liegt. Die Schwere des Eingriffs ist nach der Änderung des Winkels α zu bewerten. Je stärker der Winkel α variiert wird, um so stärker weicht die Geometrie des Kreissektors von der Optimalform ab.

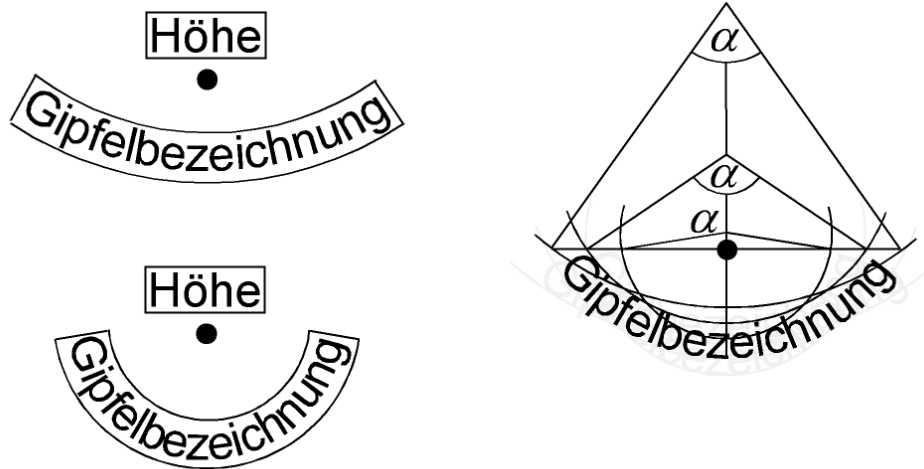


Abbildung 5.21: Variation des Kreissektors für den Standbogen

Abbildung 5.22 zeigt weitere Variationsmöglichkeiten für die Erzeugung von Schriftpositionen für die Gipfelbezeichnung. Diese stellen von links nach rechts und von oben nach unten zunehmend schwere Eingriffe dar. Zunächst hat man die Möglichkeit die Gipfelbezeichnung senkrecht zum Punkt hin oder vom Punkt weg zu verschieben. Die Bewegung auf den Punkt zu ist als vorteilhafter zu bewerten, da der Zusammenhang zwischen Gipfelpunkt und Gipfelbezeichnung klarer erhalten bleibt.

Die Verschiebung des Schriftzuges auf dem Standbogen nach links und rechts stellt eine weitere Variationsmöglichkeit dar. Hier bleibt die Lagebeziehung von Standbogen und Gipfelpunkt unberührt, die Schrift ist aber, bezogen auf die Vertikale durch den Gipfelpunkt, nicht mehr symmetrisch angeordnet.

Schließlich kann man die Gipfelbezeichnung horizontal verschieben. Dies stellt den schwersten Eingriff dar, da sowohl die Symmetrie bezüglich der Vertikalen durch den Gipfelpunkt verloren geht, als auch der Standbogen aus der bevorzugten Position verschoben wird. Bei der Bewertung des Eingriffs ist die Position der Höhenangabe zu berücksichtigen. Verschiebungen in Richtung der Position der Höhenangabe sind positiver zu bewerten, als gegenläufige Bewegungen. Alle Variationen dürfen nur innerhalb gewisser Grenzen erfolgen. Maßgeblich ist hierbei, daß der Gipfelpunkt immer innerhalb des Kreissektors, der den Standbogen festlegt, liegen muß.

Gipfelpunkt und Höhenangabe bilden im Kartenbild eine optische Einheit (gestrichelte Box in Abbildung 5.22). Die Beurteilung der Schriftposition der Gipfelbezeichnung hängt daher auch von der Lage des Standbogens in bezug

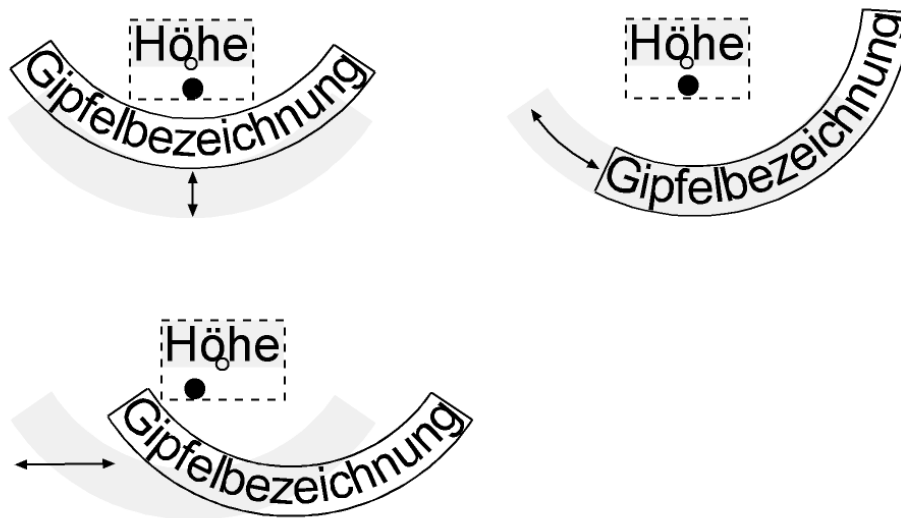


Abbildung 5.22: Variationsmöglichkeiten bei der Beschriftung von Berggipfeln

zum Mittelpunkt dieser Box ab. Je näher der Mittelpunkt der Bogensekante an diesem Punkt liegt, um so positiver ist die Schriftposition zu bewerten. Daher ist im abgebildeten Beispiel auch die Vertikalverschiebung auf den Gipfelpunkt zu besser zu bewerten als von ihm weg. Denn bei der Bewegung auf den Gipfelpunkt zu nähert sich die Bogensekante auch dem Mittelpunkt der optischen Einheit von Gipfelpunkt und Höhenangabe. Der gleiche Effekt kommt bei der Horizontalverschiebung in Richtung der Höhenangabe zum tragen.

Durch die Variationsmöglichkeiten

- Änderung der Kreissektorgeometrie
- Vertikale Verschiebung der Schrift
- Verschiebung entlang des Standbogens
- Horizontale Verschiebung der Schrift

wird ein 4-dimensionaler Raum von Positionierungsmöglichkeiten aufgespannt. Zunächst variiert man die Kreissektorgeometrie. Die daraus hervorgehenden Schriftpositionen werden durch vertikale Verschiebung variiert, usw. Dies führt

sehr schnell zu einer Vielzahl von Schriftpositionen. Läßt man für jede Variationsmöglichkeit neben der bevorzugten Position nur zwei Alternativen zu, so erhält man $(1+2)^4 = 81$ Schriftpositionen. Bei jeweils vier Alternativen erhält man $(1+4)^4 = 625$ Schriftpositionen. Dabei ist die Variation der Höhenangabe noch nicht mitberücksichtigt. Daher ist es wichtig nach der Bewertung die Anzahl der Schriftpositionen zu reduzieren, um nur die n besten Kandidaten übrig zu behalten.

Variation bei zwei Standbögen

Ebenso wie bei der Beschriftung mit einem Standbogen hat man bei der Beschriftung mit zwei Standbögen zunächst die Möglichkeit, die Bogenkrümmung durch die Änderung der jeweiligen Kreissektorgeometrie zu verändern (Abbildung 5.23).

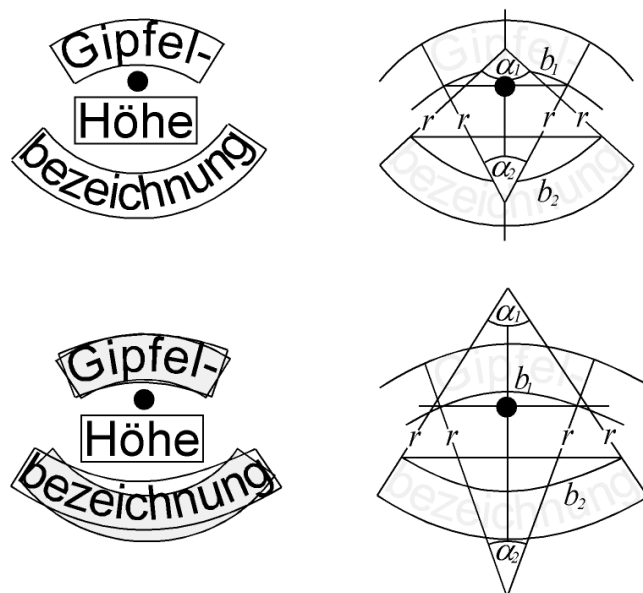


Abbildung 5.23: Variationsmöglichkeiten bei der Beschriftung mit zwei Standbögen

Es ist zu beachten, daß die Änderung der Bogenkrümmung immer für beide Standbögen gemeinsam erfolgen muß, so daß der Radius r für beide Bögen

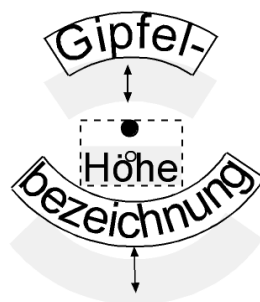


Abbildung 5.24: Variationsmöglichkeiten bei der Beschriftung mit zwei Standbögen

gleich ist. Zudem bleiben die Sekanten beider Standbögen in ihrer Lage unverändert. Es findet eine gekoppelte Änderung der beiden Winkel α_1 und α_2 statt.

Wenn man α_1 variiert erhält man α_2 zu:

$$\alpha_2 = \alpha_1 \frac{b_2}{b_1}$$

Neben der Variation der Kreissektorgeometrie gibt es für den Fall der Beschriftung mit zwei Standbögen nur eine weitere Variationsmöglichkeit, die in Abbildung 5.24 veranschaulicht wird. Beide Schriftzugteile können unabhängig voneinander in vertikaler Richtung verschoben werden. Eine Verschiebung, die dazu führt, daß sich die Bogensekante der optischen Einheit von Gipfelpunkt und Höhenangabe nähert, ist positiver zu bewerten, als in die gegenläufige Richtung.

5.2.2 Schriftpositionen für die Höhenangabe

Im Zusammenhang mit der Erzeugung von Schriftpositionen für die Höhenangabe soll das Kriterium der bevorzugten Schriftposition direkt mit betrachtet werden. Eine Höhenangabe, die mit einer Gipfelbezeichnung zusammen steht, erfährt eine etwas andere Bewertung, als eine alleinstehende Höhenangabe. Hier ist die bevorzugte Schriftposition gegenüber der Gipfelbezeichnung mittig über oder unter dem Gipfelpunkt (Abbildung 5.19). Die Höhenangabe soll direkt am Gipfelpunkt stehen, wodurch sich ein bestimmter Bereich für die Beschriftung ergibt. Dieser wird durch die Gipfelbezeichnung, nach der sich die Höhenangabe richten muß, eingeschränkt (Abbildung 5.25 links). Je weiter die Höhenangabe aus der Symmetrie bezüglich der Vertikalen durch den Gipfelpunkt abweicht, um so negativer ist die Position zu bewerten. Denn in

bezug auf die Gipfelbezeichnung fallen Höhenangabe und Gipfelpunkt optisch zu einem Objekt zusammen. Der flüchtigen Wahrnehmung nach erscheint der Gipfelpunkt verschoben, wenn die Position der Höhenangabe aus der Mittellage abweicht.

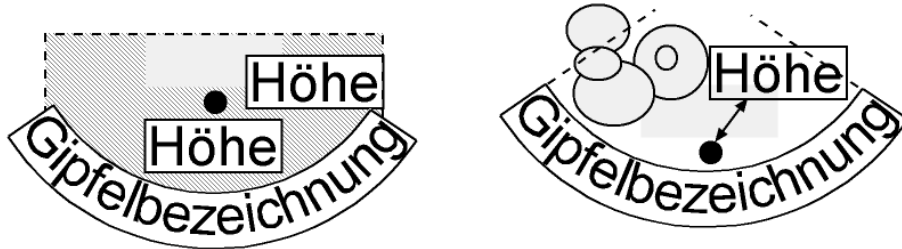


Abbildung 5.25: Plazierung der Höhenangabe

Ist der Bereich um den Gipfelpunkt durch die Gipfelbezeichnung und wichtige Kartenobjekte stark eingeschränkt, so darf die Höhenangabe vom Gipfelpunkt abrücken (Abbildung 5.25 rechts). Als Einschränkung gilt, der Mittelpunkt der Textbox für die Höhenangabe darf den Kreissektor des Standbogens nicht verlassen. Je weiter die Höhenangabe vom Gipfelpunkt abrückt, um so negativer ist die Bewertung der Schriftposition.

5.2.3 Kriterium eindeutige Zuordnung

Das Kriterium der eindeutigen Zuordnung wird bei Berggipfeln automatisch durch den Verlauf der Gipfelbezeichnung um den Gipfelpunkt sichergestellt. Mehrdeutigkeiten können nur entstehen, wenn sich auf der Innenseite des Standbogens einer Gipfelbezeichnung zwei Gipfelpunkte befinden. In diesem Fall könnte der zweite Gipfelpunkt unmöglich konfliktfrei beschriftet werden. Solche Fälle können ausgeschlossen werden, wenn alle in der Karte abgebildeten Berggipfel einen bestimmten Mindestabstand zueinander nicht unterschreiten. Gegebenenfalls muß auf die Darstellung untergeordneter Gipfelpunkte verzichtet werden.

5.3 Fließende Gewässer

Fließende Gewässer werden in der Karte in Form von Linien oder Bändern dargestellt. Die Beschriftung von linienhaften Objekten soll entlang der Linie mit einem kleinen Abstand zu dieser erfolgen. Der Abstand der Schrift zur Linie ist dabei von der Schriftstärke und der Linienstärke bzw. der visuellen Wirkung der Linie abhängig. Eine Beschriftung oberhalb der Linie führt allgemein zu einer besseren optischen Anpassung der Schrift, weil üblicherweise mehr Kleinbuchstaben mit Überlängen als mit Unterlängen im Schriftzug enthalten sind. Bei bandhaften Objekten, z.B. Flüssen in großmaßstäbigen Karten, erfolgt die Beschriftung innerhalb des Bandes. Bei der Beschriftung von Linien und Bändern gilt:

- Die Schrift soll dem Verlauf generalisiert angepaßt werden und nicht jeder kleinen Welle im Linienverlauf folgen. Für den Schriftverlauf ergeben sich weitere Einschränkungen dadurch, daß die Schrift aus ästhetischen Gesichtspunkten nur bis zu einem gewissen Maß gekrümmt werden darf.
- Die Schrift soll geschlossen oder nur leicht gesperrt sein, dafür aber in sinnvollen Abständen wiederholt werden. Zu vermeiden ist die Beschriftung an den Endpunkten einer Linie oder eines Bandes. Auch der Schnitt der Linie mit dem Kartenrand ist als Endpunkt aufzufassen.
- Die Beschriftung von Linienabschnitten, die in Nord-Süd Richtung verlaufen, sollte vermieden werden. Ist dies nicht möglich, so erfolgt die Beschriftung dieser Abschnitte in der linken Kartenhälfte von unten nach oben und in der rechten Kartenhälfte von oben nach unten.

5.3.1 Erzeugung von Schriftpositionen

Ausgangsbasis für die Bestimmung von Schriftpositionen für linienhafte Objekte ist zunächst die Geometrie der Linie, die im allgemeinen in Form eines beliebigen Polygons oder Splines repräsentiert wird. Diese soll im folgenden als o-Linie bezeichnet werden. Die einzige Einschränkung für die o-Linie besteht darin, daß die Liniengeometrie keine Überschneidung mit sich selbst aufweisen darf. Eine weitere Größe, die Einfluß auf die Erzeugung von Schriftpositionen hat, ist die Schrift, insbesondere die Länge des Schriftzuges.

Aus diesen Ausgangsgrößen soll für jede mögliche Schriftposition eine Standlinie bestimmt werden, die über folgende geometrischen Eigenschaften verfügt:

1. Der Abstand zur o-Linie soll möglichst gering sein.
2. Die o-Linie darf nicht von der Standlinie geschnitten werden, es ist ein bestimmter Mindestabstand f einzuhalten.
3. Die Krümmung der Standlinie soll möglichst gering sein.
4. In Abhängigkeit von der Schriftgröße existiert ein Grenzwert für die Krümmung $1/r$, der nicht überschritten werden darf.

Unglücklicherweise widersprechen sich diese Kriterien häufig, so daß es Linienabschnitte geben kann, für die keine sinnvolle Standlinie erzeugt werden kann. Insbesondere scharfe Knicke in der Liniengeometrie stellen hier ein Problem dar.

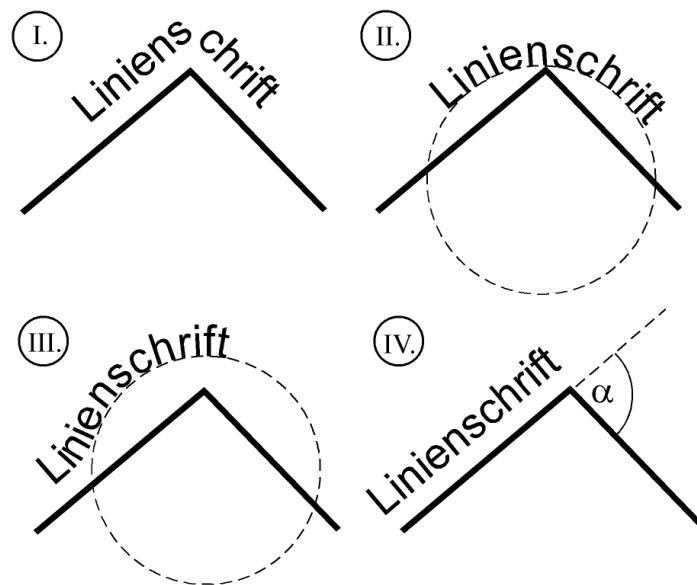


Abbildung 5.26: Beschriftung an scharfen Knicken im Linienverlauf

Abbildung 5.26 zeigt hierzu einige Beispiele. Bei (I.) werden die Kriterien 1. und 2., die den Abstand des Schriftzuges zur Linie betreffen eingehalten. Die Kriterien 3. und 4. werden aber so stark verletzt, das diese Möglichkeit ausscheiden muß. Auch rein anschaulich empfindet man die Beschriftung als

schlecht, weil ein sehr scharfer Knick im Schriftbild auftritt. Variante (II.) erfüllt zwar die Kriterien in bezug auf die Krümmung der Standlinie, dafür aber wird der Mindestabstand zur o-Linie nicht eingehalten. Dies wirkt auf den Betrachter optisch abstoßend. Die Möglichkeit (III.) stellt einen Kompromiß zwischen allen vier Kriterien dar. Sowohl Krümmungsverhalten, als auch der Abstand von o-Linie und Schrift sind akzeptabel. Trotzdem empfindet man den Schriftverlauf als unpassend, da er sich nicht in ausreichendem Maße der Liniengeometrie anpaßt. Im Verlauf der Linie gibt es Abschnitte, die so stark gekrümmt sind, daß sie in jedem Fall frei von Schrift bleiben müssen. Die Führung der Schrift in einem Bogen mit ausreichendem Radius führt hier dazu, daß der Abstand zur Linie zu groß wird. Die Beschriftung muß, wie in (IV.) gezeigt entweder vor oder hinter dem Knickpunkt erfolgen. Bei Polygonen kann ein solcher Knickpunkt anhand der Winkels α zwischen den beiden abgehenden Seiten lokalisiert werden. Dieser sollte unter einem vorgegebenen Grenzwert, z.B. 30° , liegen.

Bildung von Linienabschnitten

Für den Verlauf der Standlinie ist nur die Geometrie des „parallel“ verlaufenden Linienabschnitts maßgeblich. Daher müssen entlang der Linie mehrere Abschnitte gebildet werden. Die Länge der Abschnitte hängt hierbei von der Länge des Schriftzuges ab. Um sicher zu gehen, daß der Abschnitt lang genug ist, soll der direkte Abstand (nicht entlang der Linie) der Endpunkte gleich der Schriftlänge sein.

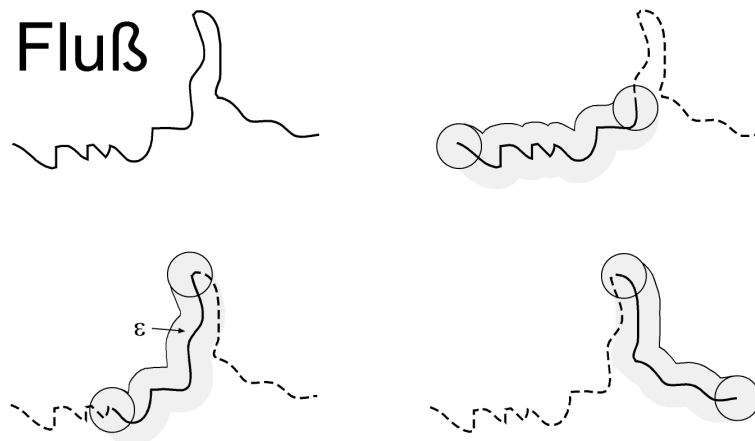


Abbildung 5.27: Bildung von Linienabschnitten zur Bestimmung von Standlinien

In Abbildung 5.27 sind drei Linienabschnitte als Beispiel abgebildet. Oben links ist die gesamte Linie, die den Verlauf eines Flusses darstellen soll, sowie der zu plazierende Schriftzug „Fluß“, dessen Länge für die Größe der Linienabschnitte maßgeblich ist, abgebildet. Um die Abschnitte herum wird ein Bereich gelegt, der ungefähr den Abstand der Standlinie zum Objekt vorgibt. Der Bereich wird erzeugt, indem man den Mittelpunkt eines Kreises mit dem Radius ε entlang der o-Linie bewegt. Die Grenzlinie des Bereichs, im folgenden ε -Linie, kann man als eine erste Näherung für die Standlinie ansehen. Sie hat folgende Eigenschaften:

- Der Abstand zur Linie beträgt an jeder Stelle ε .
- Folgt man dem Verlauf der ε -Linie von links nach rechts, so ist der Maximalwert für Rechtskrümmungen $1/\varepsilon$ und für Linkskrümmungen ∞ .

Entschärfung von Linkskrümmungen

Das Krümmungsverhalten der ε -Linie erfüllt nicht die Anforderungen an die Standlinie. In einem weiteren Schritt soll aus der ε -Linie eine Linie erzeugt werden, die maximal um den Betrag $1/r$ linksgekrümmt ist. Hierzu kann man einen Ansatz aus der Generalisierung verwenden, der als „Perkal’s rolling ball generalisation“ bekannt ist [Mc Master 1987]. Ein Kreis mit Radius r wird von links nach rechts über die ε -Linie abgerollt (Abbildung 5.28 oben rechts). Die Linie, die der Kreisrand beim Abrollen beschreibt, erfüllt die Eigenschaft, keine Linkskrümmung größer r aufzuweisen. Diese Linie soll als p-Linie bezeichnet werden.

Einen Algorithmus zur Bestimmung der p-Linie, der hier leicht modifiziert wiedergegeben wird, findet man bei [Knipping 1998]. Hier handelt es sich um eine der wenigen Arbeiten zu diesem Thema, die auch gekrümmte Schriftpositionen berücksichtigt. Zunächst besteht die p-Linie aus einem Kreisbogen, der die ε -Kreise an den Enden des ε -Bereichs berührt. Um den Abstand zwischen p-Linie und o-Linie zu verringern, läßt man den Kreisbogen zunächst immer flacher werden. Nachdem der Kreisbogen zu einer Gerade entartet ist, biegt man diese weiter zur o-Linie hin durch, bis die maximal zulässige Krümmung von $1/r$ erreicht ist oder der Bogen einen dritten ε -Kreis berührt. In letzterem Fall wird der Bogen am Berührungskreis in zwei Teile aufgespalten, die im folgenden rekursiv weiter zur o-Linie hin gebogen werden. Als Ergebnis dieses Algorithmus erhält man die gleiche p-Linie wie durch „Perkal’s rolling ball generalisation“. Sie hat folgende Eigenschaften:

- Der Abstand zur Linie beträgt an jeder Stelle mindestens ε .

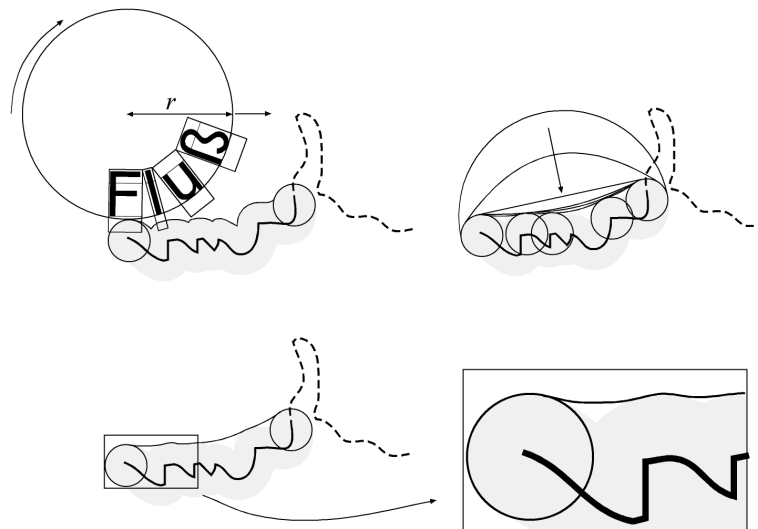


Abbildung 5.28: Linkschrümmung der Standlinie reduzieren

- Folgt man dem Verlauf der ε -Linie von links nach rechts, so ist der Maximalwert für Rechtskrümmungen $1/\varepsilon$ und für Linkskrümmungen $1/r$.

Die p-Linie erfüllt die Anforderungen an eine Standlinie besser als die ε -Linie. Mängel sind die zu großen Rechtskrümmungen mit $1/\varepsilon > 1/r$ und der „wellige“ Verlauf (Abbildung 5.28 unten).

Gerade Abschnitte in der Standlinie

Bevor die Problematik der zu scharfen Rechtskrümmungen behandelt wird, soll zunächst der noch wellige Verlauf der p-Linie korrigiert werden. Hierbei sollen nur kurze Wellen eliminiert werden, d.h. die Bögen der p-Linie sind entsprechend kurz. Hierzu werden alle benachbarten ε -Kreise durch ihre gemeinsame Tangente verbunden (Abbildung 5.29). Ist der Abstand Δa zwischen p-Linie und Tangente hinreichend klein und die Länge des Bogens hinreichend kurz, so wird diese anstelle des Bogens zur Bildung der Standlinie verwendet. Bleibt ein Bogen zwischen zwei Geraden bestehen, so kann es sinnvoll sein, dessen Krümmung etwas zu verringern, damit die benachbarten Geraden die Tangenten an die Bogenenden bilden. Als Resultat erhält man eine Folge aus Bögen und Geraden, die bis auf die zu großen Rechtskrümmungen alle Anforderungen an eine Standlinie erfüllt.

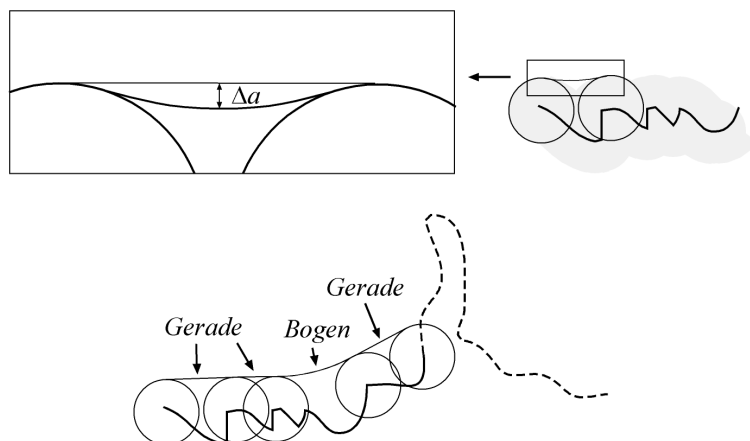


Abbildung 5.29: Erzeugung gerader Abschnitte

Entschärfung von Rechtskrümmungen

Die Entschärfung von Rechtskrümmungen erfolgt, indem rechtsgekrümmte Bögen mit der Krümmung $1/\varepsilon$ durch Bögen mit der für die Schrift zulässigen Minimalkrümmung $1/r$ ausgerundet werden. Dadurch wird der Abstand der Standlinie im Scheitelpunkt des ausgerundeten Bogens kleiner als ε . Damit der Mindestabstand f der Standlinie zur o-Linie hierbei nicht unterschritten wird, muß ε einen Zuschlag d erhalten. Die geometrischen Zusammenhänge hierzu zeigt Abbildung 5.30

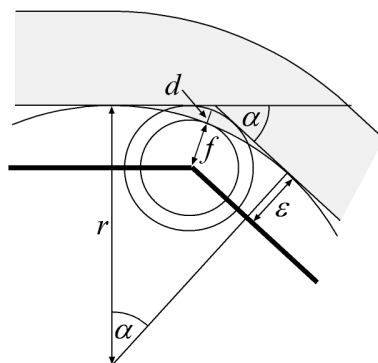


Abbildung 5.30: Rechtskrümmung der Standlinie entschärfen

Die Größe d und damit ε ist vom Mindestabstand f , der Minimalkrümmung $1/r$ und dem maximal zulässigen Knickwinkel α abhängig. Es gilt:

$$d = r - f - (r - f) \cdot \cos(\alpha/2)$$

$$\varepsilon = f + d$$

Wird der maximal zulässige Knickwinkel α nicht überschritten, so kann der Bogen immer ausgerundet werden, ohne daß der Mindestabstand f unterschritten wird. Nach der Entschärfung der Rechtskrümmungen hat die Linie folgende Eigenschaften:

- Der Abstand zur Linie beträgt an jeder Stelle mindestens f .
- Folgt man dem Verlauf der ε -Linie von links nach rechts, so gibt es Linkskrümmungen im Bereich von $1/r$ bis ∞ . Es gibt gerade Abschnitte. Rechtsbögen sind mit $1/r$ gekrümmt.

Diese Linie erfüllt alle oben vorgegebenen Eigenschaften für die Standlinie. Als unschöne Eigenschaft wird lediglich die feste Krümmung $1/r$ der Rechtsbögen empfunden.

Ausrundung der Rechtsbögen

Will man im Linienvverlauf Rechtsbögen mit größerem Radius erzeugen, so muß man bestimmte Abschnitte entsprechend ausrunden. Hierzu kommen zwei Ausgangssituationen in Frage. Entweder ist zwischen zwei langen Geraden ein kurzer Bogen eingeschlossen oder zwischen zwei Bögen ein kurzer, gerader Abschnitt. Abbildung 5.31 zeigt hierzu die geometrischen Zusammenhänge.

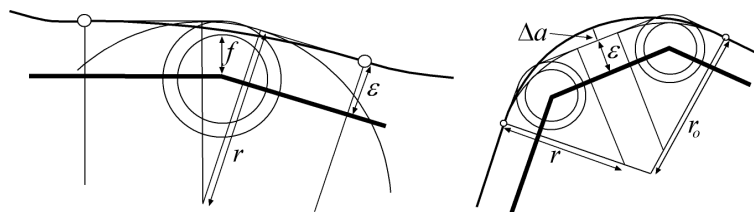


Abbildung 5.31: Ausrundung der Rechtsbögen

Wird ein kurzer Kreisbogen durch zwei lange Geraden eingeschlossen, so kann der Bogen weiter ausgerundet werden. Grenzen ergeben sich dadurch, daß

der neue Bogen maximal bis zum Ende der Geraden reichen darf und eine Unterschreitung des Mindestabstandes f nicht zulässig ist.

Befindet sich ein kleiner Geradenabschnitt zwischen zwei Bögen mit dem Radius r , so läßt sich ein Überbogen mit dem größeren Radius r_0 berechnen. Dieser weist im Bereich seines Scheitelpunktes einen um Δa größeren Abstand als ε zur Objektlinie auf. Da der Abstand nicht zu groß werden darf, sind nur solche Überbögen zulässig, bei denen sich Δa in gewissen Grenzen, z.B. $\Delta a < 1/5\varepsilon$ bewegt.

Ergebnis

Das Ergebnis dieses Vorgehens zeigt beispielhaft Abbildung 5.32. Hier sieht man auf der linken Seite die Standlinie mit den entsprechenden Textboxen. Rechts ist die endgültige Anordnung von Schrift und Objekt zu sehen.

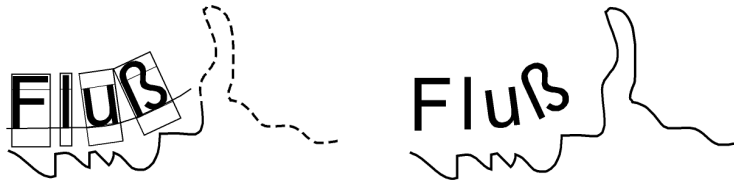


Abbildung 5.32: Mögliches Ergebnis bei der Beschriftung von Flüssen

Aufgrund der Krümmung des Schriftzuges entstehen kleine Lücken zwischen den Buchstaben (leichte Sperrung) in Abhängigkeit von der Maximalkrümmung innerhalb des Schriftverlaufs. Dies ist bei der Beschriftung von Flüssen durchaus zulässig.

Der hier skizzierte Algorithmus zur Erzeugung von Schriftpositionen geht zunächst davon aus, daß die Linie oberhalb beschriftet wird. Entsprechend lassen sich auch Schriftpositionen auf der Unterseite der Linie erzeugen. Für bandhafte fließende Gewässer ist der Algorithmus sicher nur eingeschränkt anwendbar. Ein Hauptproblem stellt hier die Ableitung einer geeigneten o-Linie dar.

Die eindeutige Zuordnung der Schrift zum Objekt ist bei fließenden Gewässern durch den Verlauf der Schrift automatisch gegeben, weshalb auf eine Untersuchung dieses Kriteriums verzichtet werden kann.

5.3.2 Kriterium bevorzugte Schriftposition

Bei der Beschriftung fließender Gewässer gibt es nicht die eine optimale Schriftposition, die unter Ausschluß der anderen Kriterien zu favorisieren ist. Hier

ist die *Beschriftung in bevorzugter Position* als ein Kriterium zu verstehen, daß sich ausschließlich aus der Wechselwirkung von Schrift und Geometrie bestimmt. Durch die Wechselwirkung zwischen Schriftverlauf und Liniengeometrie empfindet der Betrachter einer Karte bestimmte Schriftpositionen nach ästhetischen Gesichtspunkten vorteilhafter als andere. Dieses ästhetische Empfinden läßt sich an drei Faktoren festmachen:

- Schriftverlauf
- Anpassung der Schrift an die Linie
- Anordnung, Wiederholfrequenz und Wiederholabstände

Schriftverlauf

Ein wesentliches Teilkriterium bei der Untersuchung des Verlaufes der Schriftposition für fließende Gewässer ist die Krümmung der Schrift. Hier ist für die Bewertung nur die Geometrie der Standlinie maßgeblich, die Objektgeometrie hat keinen Einfluß. Abbildung 5.33 zeigt zwei Beispiele, links den geraden Verlauf und rechts den Verlauf entlang einer Geraden mit anschließendem Bogen.

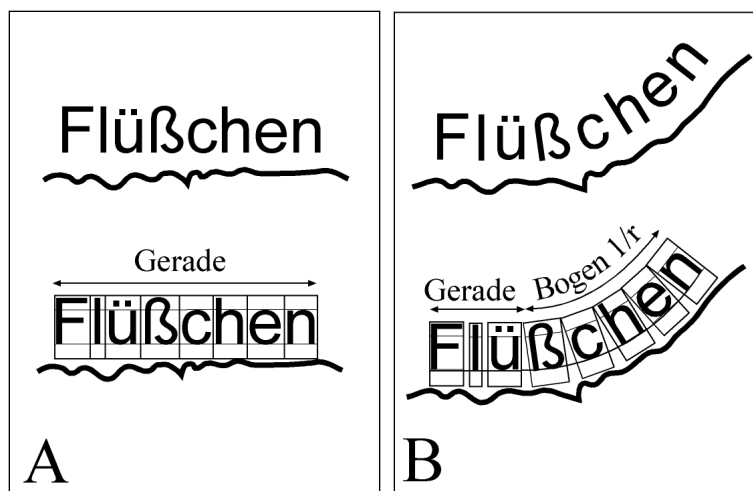


Abbildung 5.33: Auswirkung der Krümmung auf die Qualität der Schriftposition

Bei der Betrachtung der Krümmung soll zunächst die mittlere Krümmung K_m der Standlinie betrachtet werden. Je größer die mittlere Krümmung, um so schlechter die Schriftposition. Dies ergibt sich schon daraus, daß bei der Erzeugung der Standlinie für die Schriftposition ein bestimmter Mindestradius

nicht unterschritten werden darf. In Abbildung 5.33 erkennt man aber auch gut, daß, solange sich die mittlere Krümmung nicht zu nahe an den reziproken Mindestradius annähert, die Qualität der Schriftposition nicht übermäßig leidet. Abbildung 5.33 (B) erscheint nicht wesentlich schlechter als (A). Daher erscheint es sinnvoll für die Bewertung das gewichtete Quadrat der mittleren Krümmung anzusetzen.

$$\frac{1}{p} K_m^2$$

Des weiteren tragen auch Krümmungsänderungen in der Standlinie zur Disharmonie des Schriftbildes bei. Hierbei ist entscheidend, wie stark die Krümmungsänderungen sind und wieviele Änderungen es im Verlauf der Standlinie gibt. Ein geeignetes Maß um diesen Einfluß zu erfassen, wäre die Summe der Krümmungsänderungen.

$$\frac{1}{p} \sum_{i=1}^n \Delta K_i$$

Neben der Betrachtung der Krümmung muß auch untersucht werden, inwieweit die Schrift horizontal verläuft. Auf Grund seiner Lesegewohnheit fällt es dem Betrachter einer Karte leichter, aufrecht stehende, horizontal verlaufende Schrift zu lesen. Diese läßt sich schneller und besser auffassen als zur Horizontalen geneigte Schrift. Das Kriterium der Horizontalität läßt sich nicht nur für Schriftzüge mit geradem Verlauf angeben, sondern auch für gekrümmte Schriftzüge.

Abbildung 5.34 zeigt diesen Sachverhalt am Beispiel eines geraden und eines gekrümmten Schriftzuges. Die Richtung gekrümmter Schriftzüge wird hier durch die geradlinige Verbindung der Endpunkte festgelegt. In (A) sind die Schriftzüge horizontal ausgerichtet, in (B) sind sie stark gegen die Horizontale verkippt. Der hintere Teil des gekrümmten Schriftzuges geht hier sogar über die Senkrechte hinaus. Da leichte Abweichungen aus der Horizontalen sicher weniger problematisch sind, als ein quasi senkrechter Schriftverlauf, scheint zur Bewertung der Horizontalität das gewichtete Quadrat des Richtungswinkels geeignet.

$$\frac{1}{p} \alpha^2 \quad \text{mit } \alpha = 0^\circ \text{ zeigt nach Osten.}$$

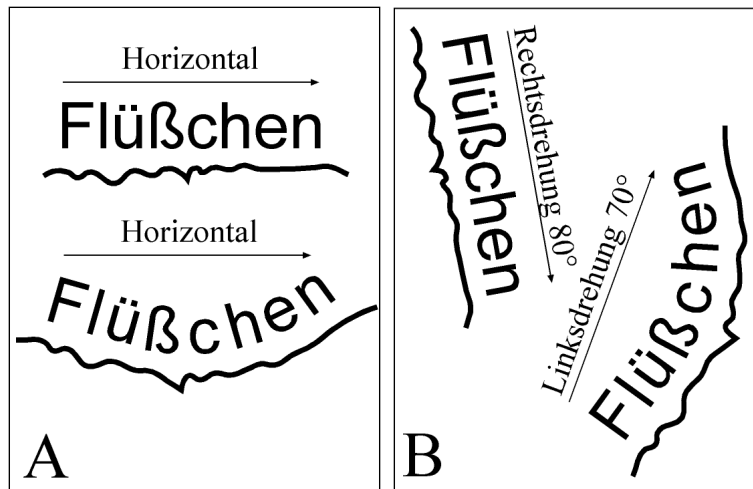


Abbildung 5.34: Auswirkung der Richtung des Schriftverlaufs auf die Qualität der Schriftposition

Anpassung der Schrift an die Linie

Die Bewertung dieses Teilkriteriums ist sowohl von der Geometrie der Standlinie, als auch von der Objektgeometrie abhängig. Es beschreibt im wesentlichen, wie gut sich der Verlauf der Standlinie der Objektlinie anpaßt. Obwohl die Schriftpositionen so erzeugt wurden, daß der Abstand der Standlinie zur Objektgeometrie nur innerhalb eines gewissen Bereichs liegen kann, erkennt man in Abbildung 5.35 deutlich, daß sich in bezug auf den mittleren Abstand von Schrift und Linie große Unterschiede ergeben können. Zwar verläuft in beiden Fällen die Schrift entlang der Linie, eine glattere Liniengeometrie begünstigt aber die Anpassung, was sich in einem geringeren mittleren Abstand von Schrift und Objekt ausdrückt.

Das geeignete Maß zur Beschreibung der Anpassung scheint die Größe der Fläche zwischen beiden betroffenen Linien zu sein. Jede Abweichung der Gewässerlinie von der Standlinie führt zur Vergrößerung der Fläche F . Die Bewertung anhand der Glattheit der Linie oder des mittleren Abstandes scheint hier weniger angebracht. Die Glattheit der Linie macht keine Aussage darüber, wie groß die Distanz zwischen Schrift und Objektgeometrie ist, die wiederum Auskunft darüber gibt, wie gut die Anpassung ist. Durch den mittleren Abstand werden stark ausgeprägte Meander im Verlauf der Gewässerlinie nicht ausreichend berücksichtigt.

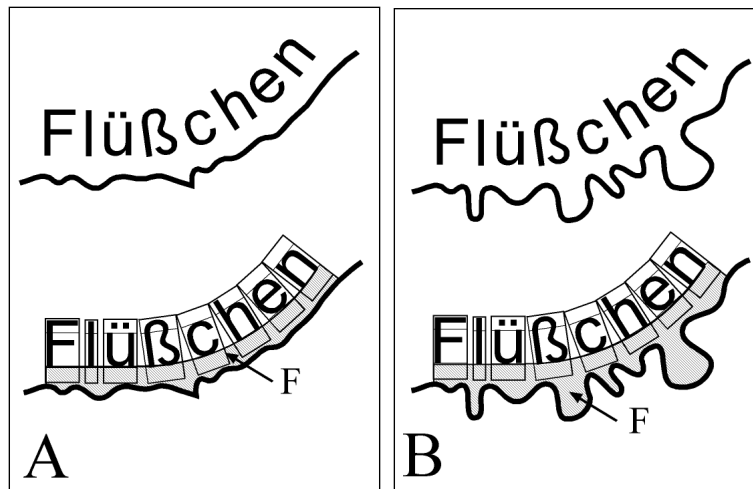


Abbildung 5.35: Einfluß der Anpassung an die Linie auf die Qualität der Schriftposition

Anordnung, Wiederholfrequenz und Wiederholabstände

Während die beiden vorgenannten Kriterien die Schriftposition lokal bewerten, wird hier die Verteilung und Wiederholung der Schrift entlang des Linienvverlaufs betrachtet.

Bei der Beschriftung von fließenden Gewässern ist die Schrift in bestimmten Abständen zu wiederholen. Dies geschieht mit dem Zweck, daß der Kartenleser dem Flußverlauf mit dem Auge nur ein kurzes Stück folgen muß, bis er auf einen Schriftzug mit dem Namen stößt. Um den Weg für das Auge des Betrachters nicht zu lang werden zu lassen, sollte der Wiederholabstand einen bestimmten Maximalwert nicht überschreiten. Andererseits wird eine zu dichte Folge von Schrift entlang einer Linie als unschön empfunden und belastet zudem unnötig das Kartenbild. Daher sollte ein bestimmter Mindestabstand zwischen zwei aufeinander folgenden Schriftzügen eingehalten werden. Die Schriftzüge sollen gleichmäßig und harmonisch über die Linie verteilt sein. Daher wird die Beschriftung einer Linie in der Nähe eines Liniendes als ungünstig empfunden. Der Abstand der Schrift zum Anfang und zum Ende der Linie sollte dem halben Wiederholabstand entsprechen.

Für die Anordnung der Schrift entlang der Linie müssen drei Parameter vorgegeben werden:

Wiederholfrequenz: Numerischer Wert, der angibt, auf wieviel cm Linielänge in der Karte ein Schriftzug kommt. Aus der Linielänge

und der Wiederholfrequenz wird die Anzahl der Schriftzüge berechnet, die entlang der Linie zu plazieren sind.

Wiederholabstand maximal: Gibt die Obergrenze des Intervalls an, in welchem Schriftzüge wiederholt werden sollen.

Wiederholabstand minimal: Gibt die Untergrenze des Intervalls an, in welchem Schriftzüge wiederholt werden sollen.

Es können Zwänge auftreten, die die Unterschreitung des minimalen bzw. die Überschreitung des maximalen Wiederholabstandes erfordern. In diesem Fall ist die Gesamtanordnung der Schrift entsprechend negativ zu bewerten.

Eine entscheidende Größe bei der Bestimmung der Wiederholfrequenz und der Einhaltung der Wiederholabstände ist die Linienlänge. Es ist zu klären, wie die Linienlänge im Kontext der Bestimmung von Wiederholabständen zwischen zwei Schriftzügen entlang der Linie zu definieren ist. Die geometrische Länge der Liniengeometrie eines Abschnittes zwischen zwei Schriftzügen erscheint wenig geeignet. In einem stark meandrierenden Abschnitt würden die Schriftzüge aufgrund der Linienlänge der Meander optisch näher zusammenrücken, als bei einem Teilstück mit geradlinigem Verlauf. Dies würde optisch den Eindruck einer ungleichmäßigen Schriftverteilung erzeugen. Der Betrachter einer Karte folgt auf der Suche nach der Schrift dem groben Verlauf der Linie. Daher erscheint es sinnvoll die Linienlänge als die Länge einer Näherungsgeometrie zu definieren, die dem Verlauf der tatsächlichen Liniengeometrie im Groben folgt. Die Linie kann z.B. durch ein Polygon aus Geraden gleicher Länge approximiert werden. Die Länge dieses Polygons entspricht der Linienlänge. Abstände zwischen Schriftzügen können entlang des Polygons gemessen werden.

Abbildung 5.36 zeigt die Schritte zur Bestimmung der Abstände zwischen den Schriftzügen eines fließenden Gewässers. Unter (A) ist die Ausgangssituation dargestellt. Die Geometrie der Linie wird durch ein Polygon bestehend aus Geraden gleicher Länge approximiert (B). Der meandrierende Bereich zwischen den beiden ersten Schriftzügen wird dadurch geradliniger. Entlang des neu berechneten Polygons werden die Abstände zwischen den Schriftzügen a_1 und a_2 sowie zu den Linienenden b_1 und b_2 bestimmt. Die linke und rechte Seite der Textbox wird dabei verlängert und mit dem Polygon zum Schnitt gebracht.

Die Bestimmung und Bewertung von Schriftanordnungen für ein fließendes Gewässer kann wie folgt ablaufen. Die Liniengeometrie wird durch ein Polygon mit Seiten gleicher Länge approximiert. Aus der Länge des Polygons und der Wiederholfrequenz wird die Anzahl der Schriftzüge bestimmt, die entlang der Linie anzuordnen sind. Durch das Intervall, daß durch den minimalen und den

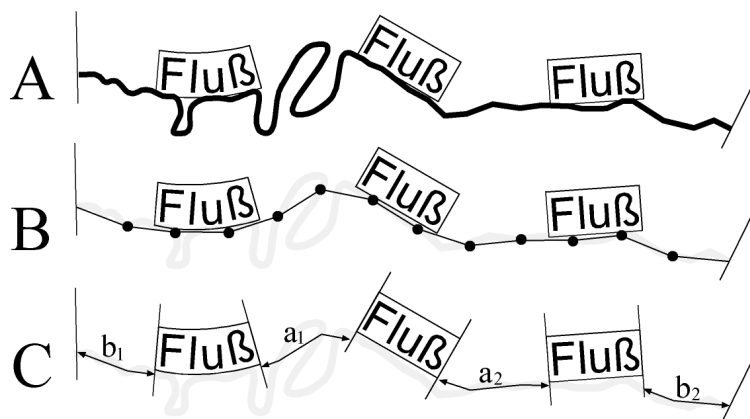


Abbildung 5.36: Polygon zur Bestimmung von Linienlänge und Abständen entlang der Linie

maximalen Wiederholabstand vorgegeben ist, ergibt sich eine Menge möglicher Kombinationen von Schriftpositionen, die nach dem in Abschnitt 5.3.1 beschriebenen Verfahren erzeugt worden sind. Die an einer Kombination beteiligten Schriftzüge weisen bereits eine Bewertung nach den Kriterien Schriftverlauf und Anpassung der Schrift an die Linie auf. Die Gesamtbewertung der Kombination ergibt sich aus der Summe der Einzelbewertungen zuzüglich der Bewertung, wie gut die Schriftzüge der Kombination über den Linienverlauf verteilt sind. Die bevorzugte Schriftanordnung entlang des Linienverlaufs ist diejenige, welche die Einzelpositionen mit den besten Bewertungen enthält und am besten über den Linienverlauf verteilt ist.

5.4 Siedlungsflächen

In Karten großen und mittleren Maßstabs erscheinen Siedlungen überwiegend in flächenhafter Darstellung. Um dies zu unterstreichen soll im folgenden von Siedlungsflächen die Rede sein, wobei eine Siedlungsfläche aus mehreren Teilflächen bestehen kann. Bei kleinmaßstäbigen Karten ab 1:1.000.000 erfolgt im Rahmen der Generalisierung ein Geometrietypwechsel, so daß Siedlungen hier meistens punkthafte Geometrie aufweisen und durch eine Punktsignatur dargestellt werden. Siedlungsflächen werden grundsätzlich nach anderen Regeln beschriftet als Orte mit punkthafter Darstellung. Treten in einer kleinmaßstäbigen Karte beide Fälle auf, so ist die Plazierungsregel nach dem jeweiligen Geometrietyp zu wählen. Orte mit flächenhafter Darstellung, die zusätzlich mit einem Punktsymbol versehen sind, werden wie Siedlungsflächen behandelt.

Die Schrift verläuft bei der Beschriftung von Siedlungsflächen horizontal. Sie wird nicht gesperrt. Der Schriftzug soll zum Objekt, das durch diesen bezeichnet wird, eindeutig zuzuordnen sein und so wenig Karteninformation wie möglich verdecken. Ob der Schriftzug innerhalb der Siedlungsfläche liegt, den Flächenrand überlappt, oder außerhalb der Fläche ggf. mit beträchtlicher Entfernung zum Objekt steht, ist in diesem Zusammenhang von untergeordneter Bedeutung. Die Beschriftung folgt demnach zwei Hauptkriterien:

- Die eindeutige und unmißverständliche Zuordnung der Schrift zum Objekt muß gewährleistet sein.
- Möglichst wenig Karteninformation soll durch den Schriftzug verdeckt werden.

Die Umsetzung des ersten Kriteriums führt dazu, daß ein Bereich abgegrenzt werden muß, in welchem alle möglichen Schriftpositionen liegen, die eine eindeutige Zuordnung gewährleisten. Innerhalb dieses Bereichs ist die Schriftposition, die am wenigsten Karteninformation verdeckt, die optimale. Sollten zwei Positionen ähnlich günstig erscheinen, so ist der objektnäheren Position der Vorrang zu gewähren. Das Kriterium der Objektnähe ist relativ schwach zu gewichten und sollte so umgesetzt werden, daß es nur bei Schriftpositionen, die in nahezu gleichem Maße Karteninformation verdecken, den Ausschlag gibt. Um Konflikten mit anderen Schriftzügen auszuweichen, ist es sinnvoll, mehrere Alternativpositionen zu bestimmen.

Namentrennung

Längere Siedlungsnamen können getrennt werden. Hat man einen Siedlungsnamen getrennt, so ist jeder der beiden Schriftzugteile wie ein einzelner Schriftzug

zu plazieren. Als zusätzliches Kriterium muß berücksichtigt werden, daß die Schriftzugteile von oben nach unten in der richtigen Reihenfolge übereinander stehen. Für die Trennung von Siedlungsnamen gibt es verschiedene Anlässe:

- Der Siedlungsnamen läßt sich in getrennter Schreibweise so plazieren, daß deutlich weniger Karteninformation verdeckt wird. Der Vorteil, der hier entsteht, muß so groß sein, daß damit der ästhetische Nachteil, der mit einer getrennt plazierten Schrift verbunden ist, kompensiert wird.
- Es handelt sich um eine Reihensiedlung, die zu beiden Seiten einer Straße verläuft. In diesem Fall ist auf jeder Straßenseite ein Schriftteil zu plazieren.
- Es handelt sich um eine Siedlung, die aus zwei historischen Siedlungskernen besteht und die beide ehemaligen Ortsnamen als Doppelnamen trägt. Hier wird der Schriftzug in die beiden ehemaligen Ortsnamen getrennt und jeder dieser Namen separat plaziert, wobei die Zusammengehörigkeit durch das Setzen von Trennstrichen angedeutet wird.

5.4.1 Erzeugung von Schriftpositionen

Für die Beschriftung von Siedlungsflächen gibt es abgesehen vom horizontalen, ungesperrten Schriftverlauf keine Regeln. Einschränkungen bei der Wahl der Schriftposition ergeben sich durch die Kriterien nach Abschnitt 4.2. Das Kriterium der eindeutigen Zuordnung darf hierbei auf keinen Fall verletzt werden (Abschnitt 5.4.3). Hierdurch wird der Raum für mögliche Schriftpositionen eingegrenzt. Das Kriterium der Beschriftung in bevorzugter Position ist zwar das schwächste Kriterium, doch bildet die Betrachtung dieses Kriteriums die Basis zur Formulierung weiterer Kriterien.

5.4.2 Kriterium bevorzugte Schriftposition

Dieses Kriterium legt die optimale Schriftposition unter der Voraussetzung fest, daß alle anderen Kriterien unwirksam sind. Hierzu wird die Anordnung von Schrift und zugehöriger Objektgeometrie betrachtet. Die Schrift soll durch ihre Lage möglichst gut die Lage der Siedlungsfläche wiedergeben. Daher erscheint es logisch, die Beschriftung in der Mitte einer Siedlungsfläche als die optimale Lösung anzusehen. Nun stellt sich die Frage, wo genau die Mitte einer Siedlungsfläche liegt. Hierzu sollen drei Möglichkeiten vorgestellt werden.

- Koordinaten aus dem Geographisches Namenbuch der BRD
- Punkt mit größtem Randabstand
- Physikalischer Schwerpunkt der Siedlungsfläche

Koordinaten aus dem Geographischen Namenbuch

Das Geographische Namenbuch der Bundesrepublik Deutschland wird vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) herausgegeben. Es enthält für alle Orte, die im Kartenmaßstab 1 : 250.000 zur Darstellung kommen, die Koordinaten des Ortszentrums. Die Koordinaten sind als geographische Koordinaten, Gauß-Krüger-Koordinaten oder UTM-Koordinaten verfügbar und geben unabhängig von Form und Ausdehnung der Siedlungsfläche die Lage des tatsächlichen Ortskerns an. Das Namenbuch wird im Export-Format (ARC/INFO) auch digital vom BKG zur Verfügung gestellt. Die Einbindung dieser Daten stellt die beste und einfachste Lösung für die Festlegung des Ortsmittelpunktes dar.

Punkt mit größtem Randabstand

Hat man nicht die Möglichkeit die Daten des Geographischen Namenbuchs in sein System zu integrieren, so muß ein Weg gefunden werden, den Mittelpunkt der Siedlungsfläche aus der Geometrie abzuleiten. Eine Möglichkeit besteht darin, den Mittelpunkt der Siedlungsfläche so zu wählen, daß die Schrift maximalen Randabstand hat [Ebinger and Goulette 1989]. Hierzu wird die Fläche mit einer Box, die an Höhe und Breite halb so groß ist, wie die Textbox, erodiert (Abbildung 5.37). In den verbleibenden Bereich, in der Abbildung weiß dargestellt, wird ein Kreis mit maximalem Radius gelegt. Der Mittelpunkt dieses Kreises, ist der Mittelpunkt der Siedlungsfläche.

Physikalischer Schwerpunkt der Siedlungsfläche

Eine weitere Möglichkeit den Mittelpunkt einer Siedlungsfläche festzulegen, besteht darin, den physikalischen Schwerpunkt zu verwenden.

Die Siedlungsfläche verfüge über eine Masse und habe eine gleichmäßige Massenverteilung. Dann existiert für jede Koordinatenachse eine parallele Gerade, die die Fläche in der Weise trennt, daß sich die Hälften im Gleichgewicht befinden. Der Schnittpunkt dieser Geraden ist der Schwerpunkt der Fläche.

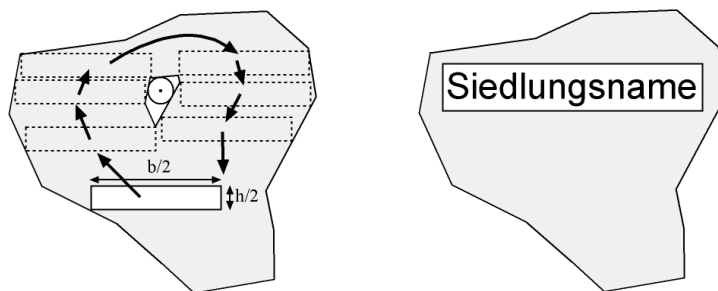


Abbildung 5.37: Beschriftung mit maximalem Randabstand

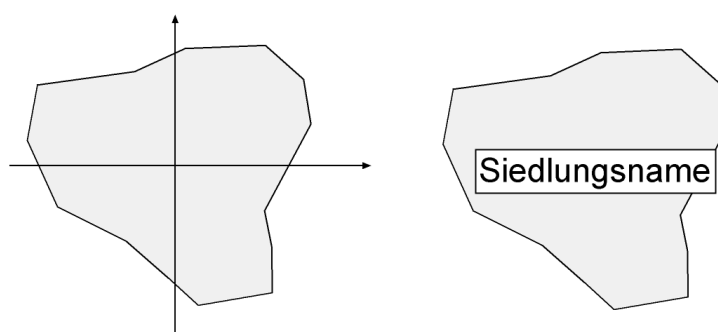


Abbildung 5.38: Beschriftung im Schwerpunkt der Fläche

Rechnerisch ergeben sich seine Koordinaten aus einer Mittelbildung der Koordinaten aller Flächenpunkte.

$$x_s = \frac{\iint_{\Phi} x \, dx \, dy}{\iint_{\Phi} dx \, dy} \quad y_s = \frac{\iint_{\Phi} y \, dx \, dy}{\iint_{\Phi} dx \, dy}$$

Die Schriftposition im Schwerpunkt der Fläche ist diejenige, zu der alle Flächenpunkte im Mittel den geringsten Abstand haben. Daher gibt sie besonders gut die Lage der Fläche wieder.

Gegenüberstellung

Die Beschriftung der Siedlungsfläche mit maximalem Randabstand soll der Beschriftung im Schwerpunkt gegenübergestellt werden. Abbildung 5.39 zeigt links die Beschriftung mit einer Position, die den maximalen Abstand der Schrift zum Rand gewährleistet. Rechts ist die gleiche Fläche im Flächenschwerpunkt beschriftet.

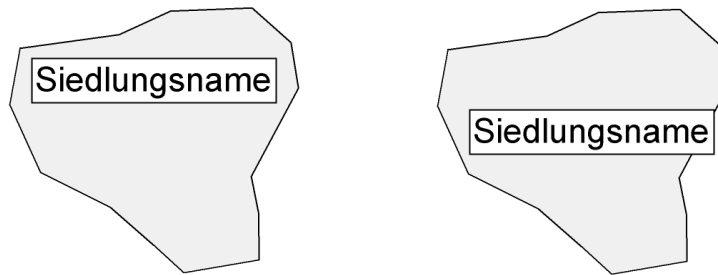


Abbildung 5.39: links: Beschriftung mit maximalem Randabstand, rechts: Beschriftung im Schwerpunkt der Fläche

Welche der beiden Lösungen man favorisiert, ist sicherlich individuell verschieden. Die Beschriftung im Flächenschwerpunkt hat den Vorteil, daß sie Lage der Fläche durch die Schrift besser wiedergegeben wird. Bei der Beschriftung der Fläche mit maximalem Randabstand der Schrift kann bei ungünstig geformten Flächen der Fall auftreten, daß die Schrift wie in Abbildung 5.40 an den Rand des Flächenobjektes plaziert wird. Bei Siedlungsflächen, die aus mehreren Teilflächen bestehen, wird die Ausdehnung der Siedlung durch die Beschriftung im Schwerpunkt besser berücksichtigt.

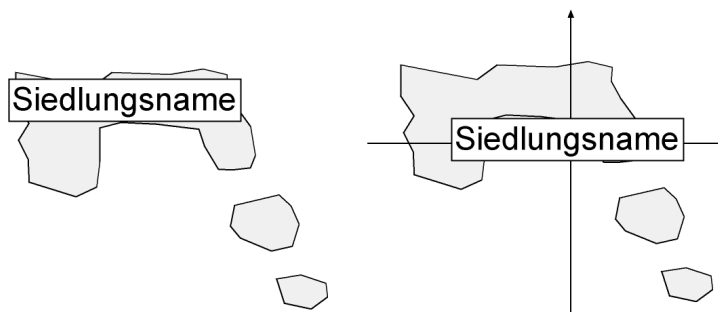


Abbildung 5.40: Gegenüberstellung bei Siedlungen aus mehreren Teilflächen

Sind mehrere Siedlungsflächen in enger Nachbarschaft in der Karte vorhanden, so kann bei Siedlungsflächen, die aus mehreren Teilflächen bestehen, die Zugehörigkeit einiger Teilflächen zur Siedlungsfläche nicht mehr klar erkannt werden, wenn die Schrift zu weit vom gemeinsamen Flächenschwerpunkt abweicht. Dies wird im folgenden bei der Betrachtung des Kriteriums der eindeutigen Zuordnung von Schrift und Objekt deutlich.

5.4.3 Kriterium eindeutige Zuordnung

Bei der Plazierung der Schrift muß die eindeutige Zuordnung der Schrift zum Objekt gewährleistet sein. Dieses Kriterium darf keinesfalls verletzt werden. Bei der folgenden Betrachtung wird der Fall, daß eine zunächst mehrdeutige Beschriftungssituation durch die eindeutige Beschriftung einiger beteiligter Objekte eindeutig wird, ausgeklammert.

Damit die eindeutige und unmißverständliche Zuordnung der Schrift zum Objekt gewährleistet ist, muß der Abstand zu einem anderen Objekt, das im gleichen Schriftstil beschriftet wird (Fremdobjekt), immer größer sein als der Abstand zum Objekt selbst (Bezugsobjekt). Dadurch ergibt sich ein bestimmtes Gebiet, in welchem die Schrift anzuordnen ist. Abbildung 5.41 veranschaulicht diesen Sachverhalt.

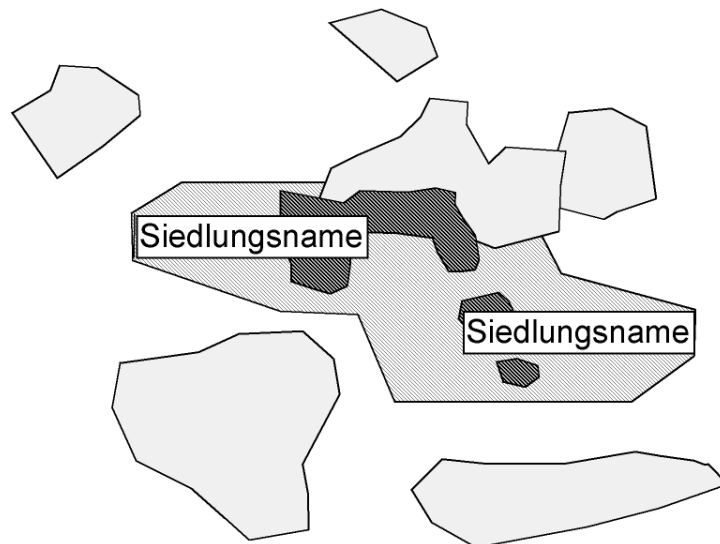


Abbildung 5.41: Beschriftungsbereich für Siedlungsflächen

Die mit fetten Streifen versehene Fläche ist die Siedlungsfläche, die beschriftet werden soll. In der Umgebung liegen weitere Siedlungsflächen, die durch ihre Nähe den Raum zur Plazierung der Schrift auf den leicht gestreiften Bereich einschränken. Die Darstellung des Beschriftungsbereichs ist hier rein schematisch. Die wahre Ausdehnung wird durch die Einhaltung von Abstandskriterien vorgegeben. Diese werden im folgenden in Abhängigkeit von der topologischen Beziehung zwischen Schrift und Siedlungsflächen in drei Fälle klassifiziert.

Fall 1 - Schrift steht frei

Wenn die Schrift keine der Siedlungsflächen in der Kartengraphik berührt, kommt ihr wahrnehmungspsychologisch der Status eines eigenständigen Objektes zu. Die Zuordnung dieses *Schriftobjektes* zu einer Siedlungsfläche bestimmt der Betrachter anhand des Abstandes zwischen Flächenrand und dem Rand der Schriftbox in der Kartensituation. Die Fläche mit dem deutlich geringeren Abstand zur Schrift ist das Objekt, auf das sich die Schrift bezieht. Haben zwei Flächen einen ähnlich kurzen Abstand zur Schrift, so ist die Beschriftungssituation nicht eindeutig.

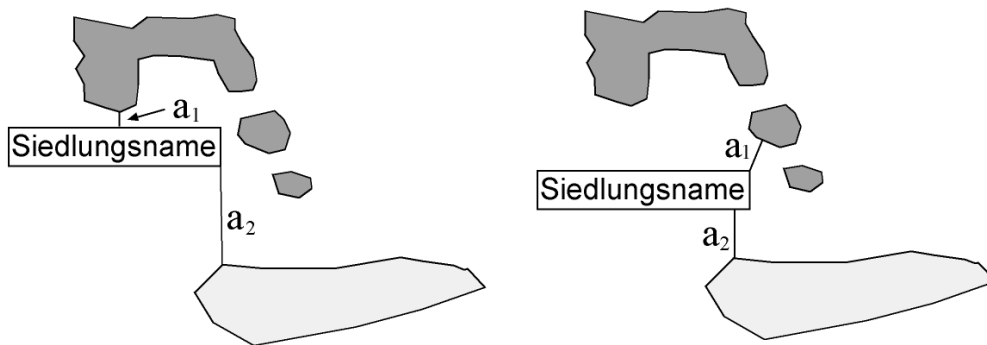


Abbildung 5.42: links: eindeutige Schriftposition, rechts: mehrdeutige Schriftposition

In Abbildung 5.42 ist links die Situation eindeutig. Der Abstand a_1 zum Bezugsobjekt ist deutlich kürzer, als der Abstand a_2 zum Fremdobjekt. In der Situation auf der rechten Seite haben a_1 und a_2 fast den gleichen Betrag. Die Situation ist mehrdeutig. Der Betrachter kann die Schrift nicht eindeutig einer der beiden Flächen zuordnen. Zusätzlich besteht hier die Gefahr, daß der Betrachter die beiden südlichen Teilflächen der nördlichen Siedlungsfläche der falschen Siedlungsfläche zuordnet.

Fall 2 - Schrift überschneidet Flächengeometrie

Falls die Schrift in ein oder mehrere Objekte hineinragt (bei größerer Dichte der Objekte), so ist das Abstandskriterium von *Fall 1* nicht mehr anwendbar. Der Betrachter vergleicht hier den Abstand der Schriftbox zum Flächenzentrum. Daher wird der Abstand zwischen Schrift und Objekt durch den Abstand zwischen dem Rand der Textbox und dem Schwerpunkt der Fläche (auch wenn dieser nicht in der Fläche liegt) festgelegt. Wie in Abschnitt 5.4.2 gezeigt, ist

der Schwerpunkt der Fläche am besten geeignet, die Lage der Fläche wiederzugeben.

Abbildung 5.43 zeigt auf der linken Seite eine eindeutige Situation. Die mehrdeutige Situation auf der rechten Seite ist dadurch gekennzeichnet, daß die Abstände a_1 und a_2 betragsmäßig zu nah beieinander liegen.

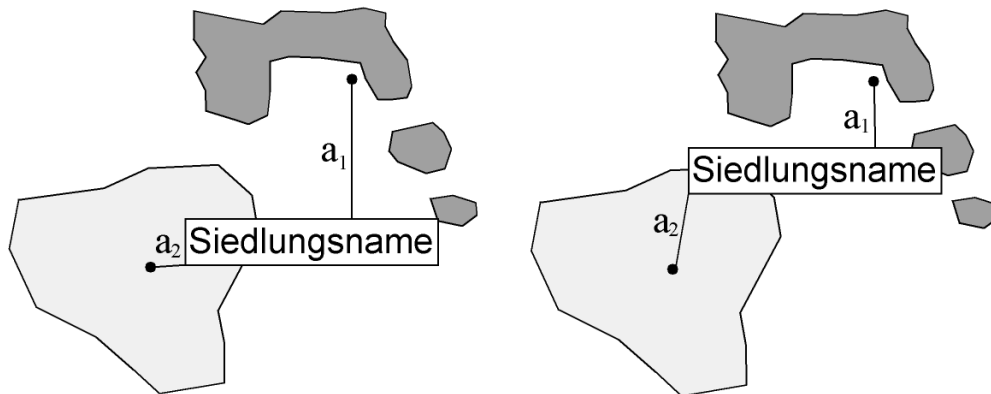


Abbildung 5.43: links: eindeutige Schriftposition, rechts: mehrdeutige Schriftposition

Fall 3 - Schrift überschneidet Flächenschwerpunkte

Sollte in Gebieten extremer Dichte (Ruhrgebiet) die Textbox einen oder mehrere Flächenschwerpunkte überlappen, so ist auch das Abstandskriterium von *Fall 2* nicht mehr anwendbar. Der Abstand zwischen Schrift und Objekt muß hier durch den Abstand zwischen dem Mittelpunkt der Textbox und dem Schwerpunkt der Fläche festgelegt werden. Hier beschreibt der Abstand quasi die Abweichung der Schrift aus der jeweiligen Schwerpunktsposition. Abbildung 5.44 zeigt am Beispiel dreier Objekte, wie die Eindeutigkeit der Schriftposition anhand der Abstände verifiziert werden kann.

Warum Unterscheidung in drei Fälle?

Es stellt sich die Frage, warum man bei der Betrachtung des Kriteriums der eindeutigen Zuordnung drei Fälle unterscheiden muß. Man könnte z.B. einfach das Abstandskriterium von *Fall 3* auf alle Fälle anwenden. Das solches Vorgehen nicht zum gewünschten Resultat führt, zeigt Abbildung 5.45. Die hier dargestellte Situation ist nicht eindeutig.

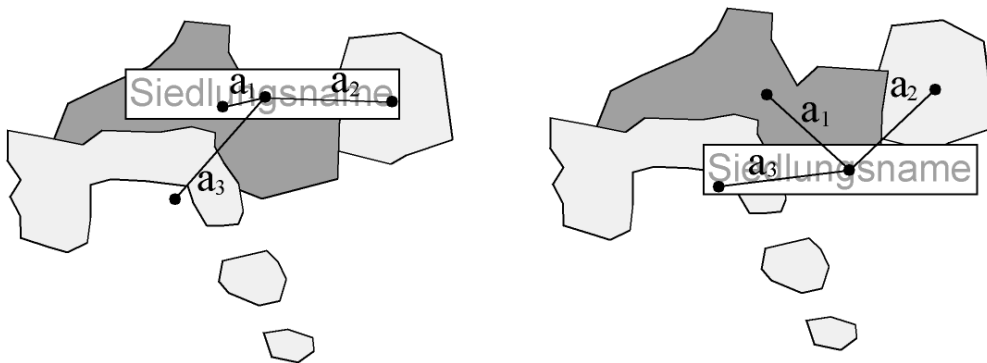


Abbildung 5.44: links: eindeutige Schriftposition, rechts: mehrdeutige Schriftposition

Die Bestimmung der Abstände a_1 und a_2 nach dem Abstandskriterium von *Fall 1* führt hier auf zwei Werte, die sehr nah beieinander liegen; die Mehrdeutigkeit wird erkannt. Die Bestimmung der Abstände nach dem Abstandskriterium von *Fall 3* führt zu deutlich verschiedenen Abständen, so daß hiernach die Situation als eindeutig eingestuft würde, was sie nicht ist.

Mindestabstand der Schrift zu Fremdobjekten

Das Kontinuum zulässiger Schriftpositionen für die Beschriftung von Siedlungsflächen wird dadurch begrenzt, daß die Schriftpositionen je nach Anwendungsfall einen bestimmten Mindestabstand zur Geometrie oder zum Flächenschwerpunkt der Fremdobjekte aufweisen müssen. Das Maß für den Mindestabstand der Schrift zu Fremdobjekten hängt vorrangig vom Abstand der Schrift zur Geometrie des Bezugsobjektes ab. Damit der Betrachter einer Karte die Schrift schnell und eindeutig dem Objekt zuordnen kann, muß der Abstand zum Fremdobjekt a_2 signifikant größer sein, als der Abstand zum Bezugsobjekt a_1 . D.h. a_2 muß größer sein als der Wert einer Funktion von a_1 , wobei die Funktion so beschaffen sein muß, daß für alle Fälle, in denen die Ungleichung *wahr* wird, die Schriftposition also im zulässigen Bereich liegt, a_1 signifikant kleiner ist als a_2 .

$$a_2 > f(a_1) \quad (5.6)$$

Steht die Schrift weit vom Kartenobjekt entfernt, so ergeben sich relativ große Distanzen zu den Geometrien der Objekte. In diesem Fall vergleicht der Betrachter die Abstände a_1 und a_2 relativ miteinander. Formal entspricht der

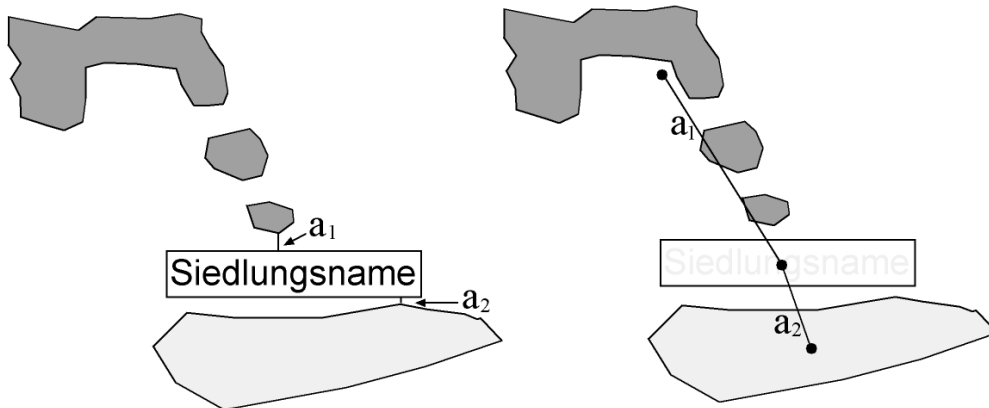


Abbildung 5.45: Erkennung einer mehrdeutigen Schriftposition, links: Mehrdeutigkeit wird erkannt, rechts: Mehrdeutigkeit bleibt unerkannt

Unterschied der beiden Abstände, den der Betrachter ermittelt, dem Wert der Funktion:

$$d_{rel} = \frac{a_2 - a_1}{a_1} \quad (5.7)$$

Diese Funktion beschreibt den relativen Unterschied der Abstände. Steht die Schrift sehr nah an den Kartenobjekten, so macht der Betrachter den Unterschied der beiden Abstände a_1 und a_2 an der absoluten Differenz der beiden Werte fest. Relative Unterschiede, können bei sehr kleinen Abständen schwer aufgelöst werden. Wenn a_1 z.B. den Wert $1mm$ annimmt und a_2 um den Faktor 3 größer sein muß, so fällt es dem Betrachter der Kartensituation schwer, auf die Schnelle die Differenz $a_2 - a_1 = 2mm$ als signifikanten Unterschied zu erkennen, da sie zu klein ist. Die absolute Differenz der beiden Abstände

$$d_{abs} = a_2 - a_1 \quad (5.8)$$

muß daher einen bestimmten Wert überschreiten, damit der Unterschied schnell erkannt werden kann. Eine Funktion, die bei entsprechender Wahl der Parameter b und n den signifikanten Unterschied von a_2 und a_1 sowohl in bezug auf d_{rel} als auch in bezug auf d_{abs} sicher stellt, lautet:

$$a_2 > f(a_1) = b \cdot a_1 + n \quad \text{mit} \quad b > 1, n > 0 \quad (5.9)$$

Um die Funktion (5.9) festzulegen, müssen Werte für die beiden Parameter b und n angegeben werden. Der Parameter b sollte deutlich größer als 1 sein, z.B. $b = 1,5$. Der Parameter n sollte sich deutlich von 0 unterscheiden. Da n ein konstanter Summand ist, muß das Koordinatensystem bekannt sein, auf welches sich n bezieht. Man kann n auch von der Länge des Schriftzuges abhängig machen, z.B. $n = 1/4 \cdot \text{Länge}_{\text{Schriftzug}}$. Bei der Wahl von n und b gilt allgemein, daß große Werte die eindeutige Zuordnung von Schrift und Objekt zuverlässiger sicherstellen, aber auch das Kontinuum der möglichen Schriftpositionen und somit die Anzahl der Beschriftungsalternativen verkleinern. Sollte bei festgelegtem b und n keine gültige Schriftposition gefunden werden, so können die Maße schrittweise herabgesetzt werden. Zwar mindert dies die Eigenschaft der Schrift ein Objekt eindeutig zu identifizieren, hat aber den Vorteil, daß der Name des Objektes überhaupt in der Karte erscheint und so als Orientierungshilfe dienen kann. Außerdem kann die Schrift ggf. indirekt eindeutig zuzuordnen sein, weil alle weiteren Alternativobjekte eindeutig beschriftet sind.

5.4.4 Bestimmung des Eindeutigkeitsbereiches

In Abschnitt 5.4.3 wurden Kriterien festgelegt, nach denen sich ein Kontinuum bestimmen läßt, welches alle eindeutigen Schriftpositionen zur Beschriftung einer Siedlungsfläche enthält. Hier soll darauf eingegangen werden, wie die geometrische Ausdehnung dieses Eindeutigkeitsbereiches bestimmt werden kann. Die exakte Bestimmung des Eindeutigkeitsbereiches auf der Basis von Vektorgeometrien erweist sich als schwierig. Zunächst soll nur der *Fall 1* (Schrift steht frei) aus Abschnitt 5.4.3 betrachtet werden, bei dem die Schrift außerhalb der Siedlungsflächen steht.

Abbildung 5.46 zeigt Beispiele mehrerer Siedlungsflächen, wobei die schraffierten Flächen zum Bezugsobjekt der Schrift gehören. Die grauen Flächen sind Flächen von Fremdobjekten. Man kann erkennen, daß sich der additive Anteil n der Abstandsfunktion noch recht einfach geometrisch interpretieren läßt, indem um die Flächen der Fremdobjekte eine Pufferzone mit der Ausdehnung n berechnet wird. Die Grenze des Eindeutigkeitsbereiches wird durch alle Schriftpositionen bestimmt, deren Abstand zur Außenkante der Pufferzonen um den Faktor b größer ist, als zur Geometrie des Bezugsobjektes. Diese Linie entspricht ungefähr dem Skelett des Außenbereichs mit dem Unterschied, daß hier die Punkte nicht wie beim Skelett den gleichen, sondern einen um den Faktor b unterschiedlichen Randabstand aufweisen. Die Berechnung dieser Linie erscheint derart kompliziert, daß dieser Ansatz hier nicht weiter verfolgt wird.

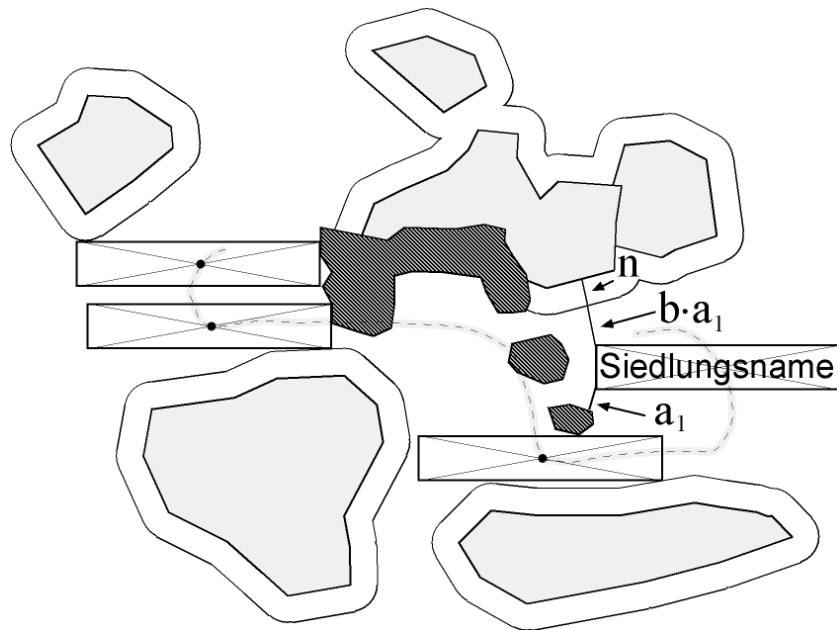


Abbildung 5.46: Versuch, den Eindeutigkeitsbereich geometrisch exakt zu bestimmen

Direkte Erzeugung von Schriftpositionen

Wenn man das Kontinuum zulässiger Schriftpositionen für eine Siedlungsfläche geometrisch exakt bestimmt hätte, so könnte hieraus eine endliche Anzahl Schriftpositionen erzeugt werden. Hierzu würde man in die Fläche des Eindeutigkeitsbereiches ein Raster legen und für jeden Rasterpunkt eine Schriftposition erzeugen. Die Anzahl der Schriftpositionen würde in Abhängigkeit von der Dichte des Rasters zu- oder abnehmen.

Da die exakte Bestimmung des Eindeutigkeitsbereiches Schwierigkeiten bereitet, kann man alternativ ein Raster über die gesamte Kartensituation legen. Jeder Rasterpunkt entspricht einer Schriftposition. Für jede dieser Schriftpositionen kann nach den drei in Abschnitt 5.4.3 beschriebenen Fällen geprüft werden, ob sie eindeutig dem Bezugsobjekt zuzuordnen ist oder nicht. Als Ergebnis erhält man ein Raster mit zulässigen Schriftpositionen für die entsprechende Siedlungsfläche.

Abbildung 5.47 veranschaulicht dieses Vorgehen. Um nicht die gesamte Kartensituation untersuchen zu müssen, wird ein Rechteck bestimmt, außerhalb dessen eine Beschriftung aus praktischer Sicht unwahrscheinlich ist. Das Rechteck wird so gewählt, daß seine vier Seiten den gleichen Abstand d zur Geometrie

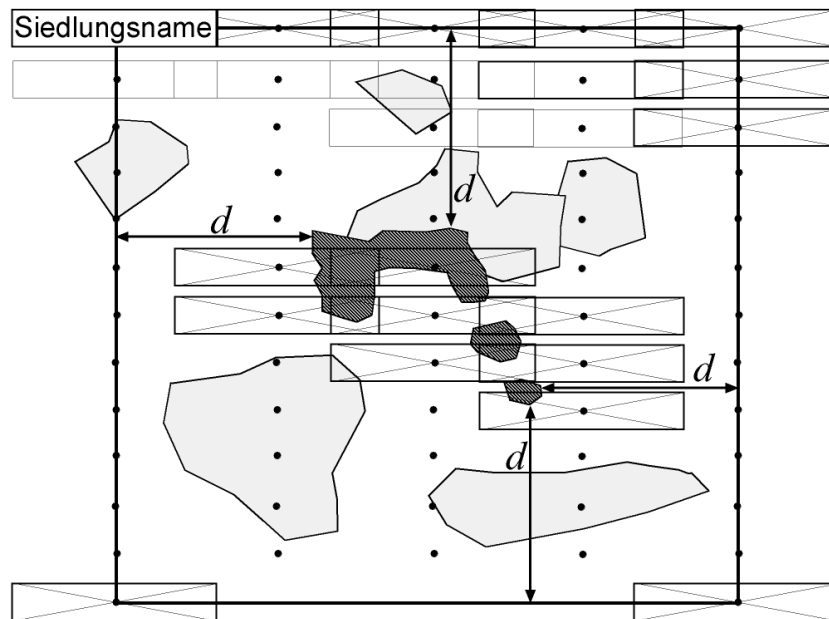


Abbildung 5.47: Direktes Erzeugen eindeutiger Schriftpositionen

des Bezugsobjektes aufweisen. Auf die Fläche des Rechtecks wird ein Raster von Punkten gelegt. In Abbildung 5.47 sind die Dimensionen des Rasters 5×13 . Jeder dieser Punkte ist Mittelpunkt der Textbox einer zu prüfenden Schriftposition. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind nur einige Textboxen exemplarisch dargestellt. Die acht Textboxen in der Mitte stellen die Schriftpositionen dar, die nach der Prüfung auf eindeutige Zuordnung zulässig sind.

Die Überprüfung der Zulässigkeit einer Schriftposition erfolgt in mehreren Schritten, wobei für jede Schriftposition nacheinander die geometrischen Kriterien der drei in Abschnitt 5.4.3 beschriebenen Fälle überprüft werden. Die Überprüfung der drei Fälle erfolgt nacheinander, wobei die Kriterien der *Fälle 2* und *3* zuvor auf ihre Anwendbarkeit hin überprüft werden müssen, sodaß im Ablauf insgesamt 5 Verzweigungen erforderlich sind. Den genauen Ablauf der Überprüfung zeigt das Activitydiagramm in Abbildung 5.48.

Zunächst wird das Abstandskriterium nach *Fall 1* geprüft. Hier darf die Schrift keine Fremdgeometrie schneiden. Verfügt die Textbox über ausreichenden Abstand zur Geometrie der Fremdobjekte, so ist die Schriftposition zulässig, weil die eindeutige Zuordnung zum Bezugsobjekt gewährleistet ist. Sonst wird überprüft, ob die Schrift die Geometrie des Bezugsobjektes schneidet. Ist das Ergebnis positiv, so hat die Schriftbox offenbar eine geometrische Nähe zum Bezugsobjekt, so daß die Voraussetzungen für die Überprüfung nach *Fall 2*

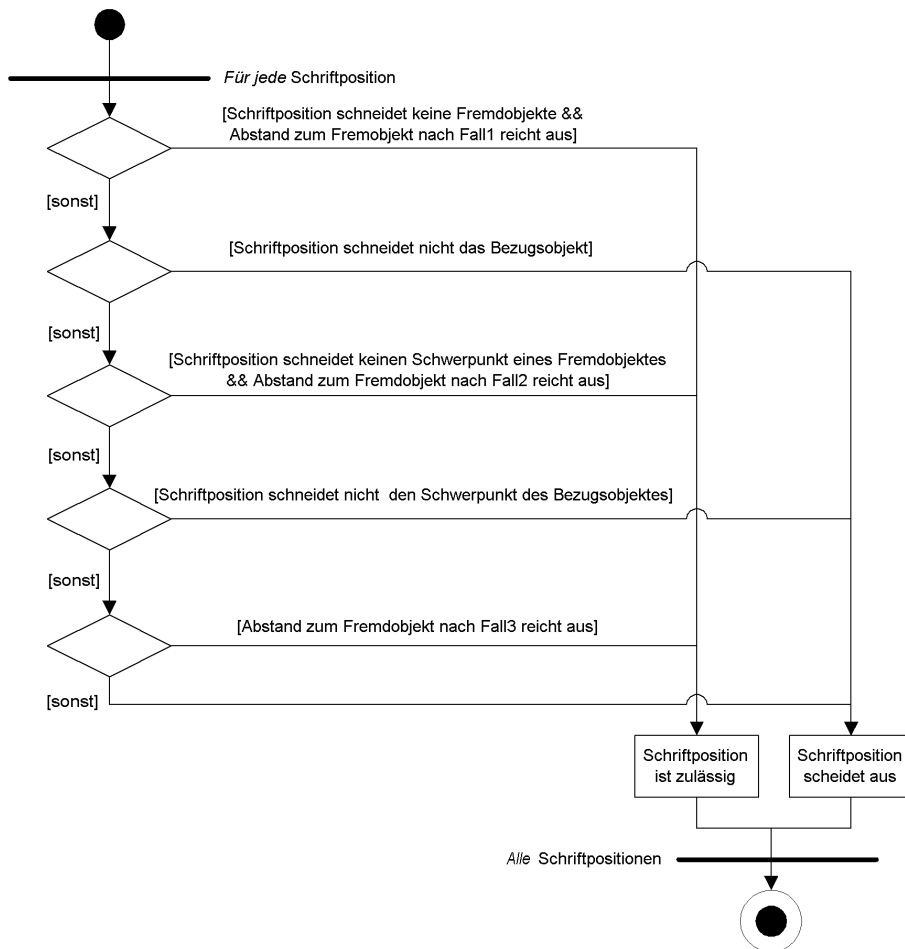


Abbildung 5.48: Ablauf der Erzeugung von Schriftpositionen für Siedlungsflächen

gegeben sind. Im Fall eines negativen Ergebnisses scheidet die Schriftposition aus. Ist die Schriftposition nicht ausgeschieden, so wird gemäß *Fall 2* aus Abschnitt 5.4.3 der Abstand der Textbox zum Flächenschwerpunkt der Fremdobjekte untersucht. Bei ausreichend großem Abstand ist die Schriftposition zulässig. Ist der Abstand zu gering oder sogar 0, so wird überprüft, ob die Textbox den Schwerpunkt der Bezugsgeometrie überdeckt. Dies ist die Voraussetzung zur Überprüfung des Abstandes nach *Fall 3*. Wird keine Überdeckung festgestellt, so scheidet die Schriftposition aus, andernfalls wird der Abstand der Textboxmitte zum Flächenschwerpunkt der Fremdobjekte nach *Fall 3* aus Abschnitt 5.4.3 untersucht. Je nach Ergebnis ist die Schriftposition zulässig oder sie scheidet aus.

Wurde dieser Ablauf für alle Schriftpositionen ausgeführt, so erhält man eine Ergebnismenge, die aus den Schriftpositionen besteht, die zulässig sind. Diese Ergebnismenge ist die Basis für die weiteren Arbeitsschritte bei der automatischen Schriftplatzierung.

Testergebnisse

Um zu überprüfen, ob die oben beschriebene Vorgehensweise zur automatischen Erzeugung zulässiger Schriftpositionen für Siedlungsflächen zu den aus kartographischer Sicht gewünschten Ergebnissen führt, wurde ein entsprechender Algorithmus implementiert. Als Testdaten wurde ein Teil der Siedlungsflächen aus der Übersichtskarte 1 : 500.000 von Nordrhein-Westfalen digitalisiert. Der Ausschnitt umfaßt das westliche Ruhrgebiet. Als Testfläche für die automatische Beschriftung wurde die Stadt Essen ausgewählt, da sie im Norden eine sehr dichte Bebauung aufweist, die direkt an die Siedlungsflächen anderer Städte grenzt und im Süden auf Grund der aufgelockerten Bebauung größere Freiräume aufweist. Die Parameter der Abstandsfunktion $f(a_1)$ wurden wie folgt gewählt:

$$f(a_1) = b \cdot a_1 + n \quad \text{mit} \quad b = 1,5; \quad n = 1/4 \cdot \text{Länge}_{\text{Schriftzug}}$$

Den Parameter n in Abhängigkeit von der Schriftzuglänge festzulegen, ist deshalb sinnvoll, weil der Betrachter der Kartensituation den absoluten Abstand zur Schriftlänge in Relation setzt, so daß der Abstand zu Fremdobjekten bei längeren Schriftzügen größer sein sollte. Das Raster der zu erzeugenden Schriftpositionen wurde relativ fein gewählt, damit man einen Eindruck von der Ausdehnung des Bereichs zulässiger Schriftpositionen erhält. Die Rasterpunkte haben in Richtung beider Koordinatenachsen gleiche Abstände.

In Abbildung 5.49 ist das erste Testergebnis dargestellt. Das große Rechteck beschreibt den Bereich, innerhalb dessen das Raster von Textboxmittelpunkten liegt. Dargestellt sind die Textboxen der Schriftpositionen, die nach dem Kriterium der eindeutigen Zuordnung als zulässig bewertet wurden. Die rechteckigen Rahmen der Textboxen überlagern sich in der Darstellung, so daß ein Gitter entsteht. Unten rechts ist der Name der Stadt in der Größe abgebildet, die der Berechnung der Schriftpositionen zu Grunde lag. Der kleine Schwarze Punkt in der Fläche stellt den Flächenschwerpunkt dar.

Es sind nur die Schriftpositionen zu sehen, die nach *Fall 1* aus Abschnitt 5.4.3 zulässig sind. Daher sollte jede Schriftposition mindestens den Abstand n zu der Geometrie anderer Städte aufweisen. In der Darstellung kann man gut erkennen, daß ein entsprechend großer Saum frei von Schriftpositionen ist.

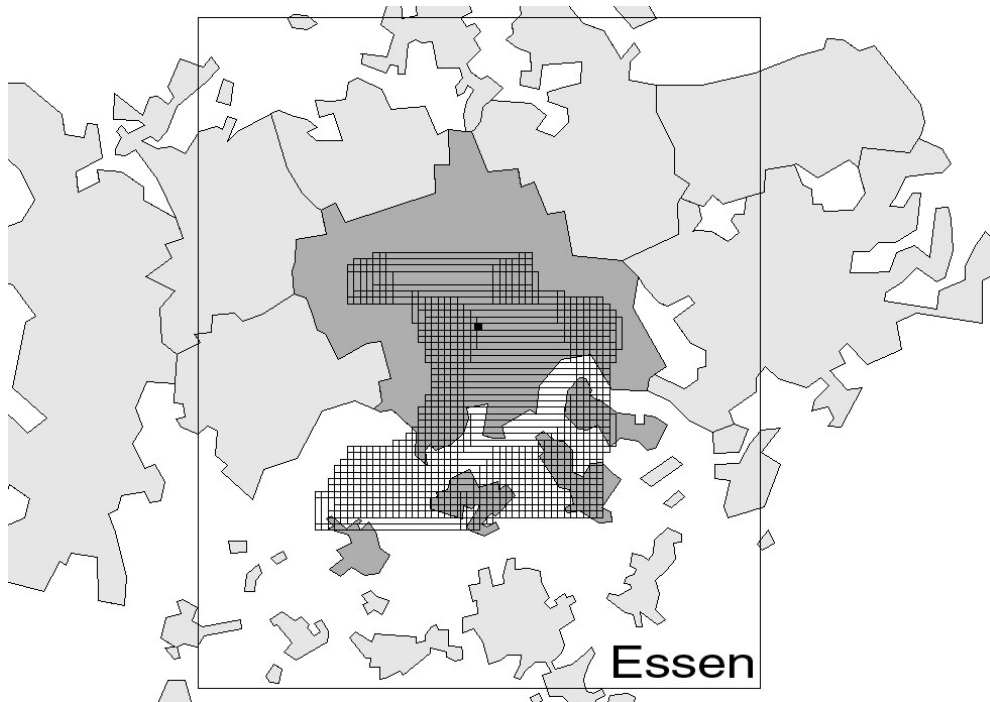


Abbildung 5.49: Bereich zulässiger Schriftpositionen am Beispiel der Stadt Essen

Es ist offensichtlich, daß die Erzeugung von Schriftpositionen nach dem Abstandskriterium von *Fall 1* noch nicht zufriedenstellend ist, denn besonders im nördlichen Bereich der Stadtfläche von Essen, lassen sich Möglichkeiten zur Platzierung des Schriftzuges in der Fläche erkennen, die bisher nicht erzeugt wurden. Der Bereich der zulässigen Schriftpositionen hat im Süden eine relativ große Ost-West Ausdehnung, was durch die größere Freiheit in diesem Bereich zu erklären ist.

Abbildung 5.50 zeigt das Ergebnis unter Betrachtung aller drei Abstandskriterien. Im Vergleich zu Abbildung 5.49 sind weitere Schriftpositionen hinzugekommen. Besonders der nördliche Bereich, der zuvor nicht zufriedenstellend mit Schriftpositionen abgedeckt war, weist eine größere Anzahl von Schriftpositionen auf. Es treten auch Schriftpositionen auf, die Flächen von Fremdobjekten teilweise überdecken. Überwiegend wird aber die Fläche des Bezugsobjektes überdeckt, so daß die Zuordnung dennoch eindeutig ist. Schriftpositionen ganz im Norden scheiden aus, weil sie zu nah an den Flächen von Bottrop und Gelsenkirchen liegen und daher das Kriterium der eindeutigen Zuordnung verletzen.

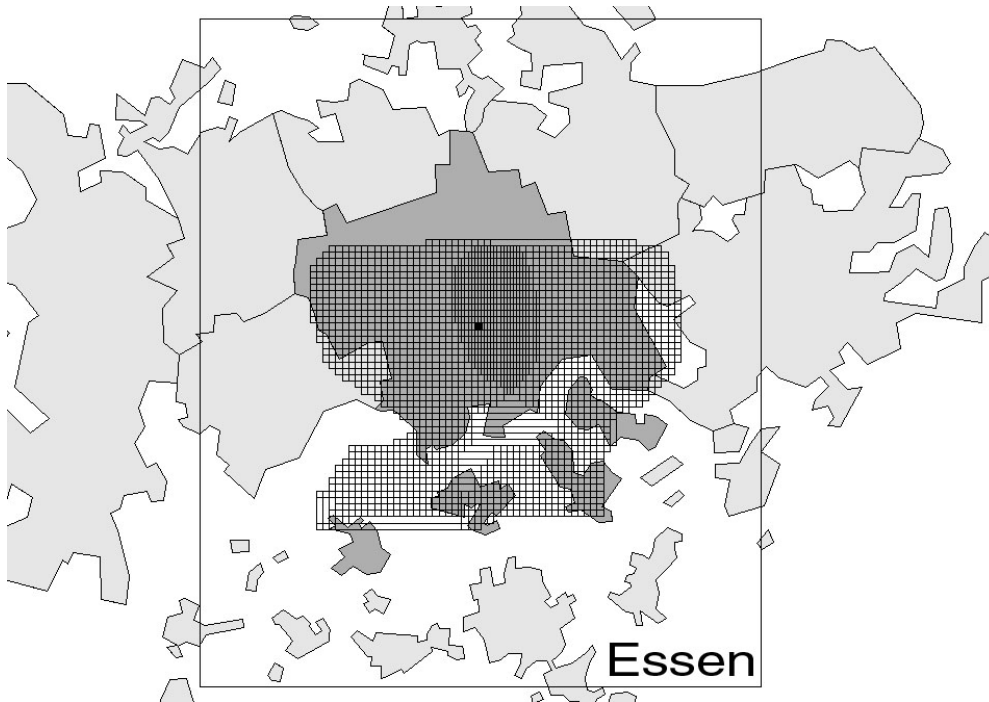


Abbildung 5.50: Bereich zulässiger Schriftpositionen am Beispiel der Stadt Essen

Ziel war es, ein Feld von Schriftpositionen zu erzeugen, die ihrer Bezugsgeometrie eindeutig zuzuordnen sind und nicht fälschlicherweise einer anderen Fläche zugeordnet werden können. Das Ergebnis in Abbildung 5.50 erfüllt diese Vorgaben. Jede der erzeugten Schriftpositionen kann eindeutig der Fläche der Stadt Essen zugeordnet werden. Schriftpositionen, die nicht in der Ergebnismenge enthalten sind, würden zu nah an den Geometrien anderer Flächen stehen und sind daher zu recht ausgeschieden. Im Grenzbereich ist es Ansichtssache, ob eine Schriftposition noch zur Ergebnismenge hinzugenommen werden sollte oder nicht. Feinheiten können je nach individuellem Geschmack durch Manipulation der Parameter der Abstandsfunktion geändert werden.

Streng genommen ist das Ergebnis in Abbildung 5.50 nur durch die Betrachtung der ersten beiden Abstandskriterien entstanden. Das Kriterium nach *Fall 3* aus Abschnitt 5.4.3 kam nicht zur Anwendung, weil keine der Textboxen den Schwerpunkt von Bezugsfläche und Fremdfäche überdeckt. Dies ist die Voraussetzung zur Anwendung dieses Kriteriums. Dennoch kann man auf das dritte Abstandskriterium nicht verzichten; wie im folgenden gezeigt wird, gewinnt es bei großem Schriftgrad schnell an Bedeutung.

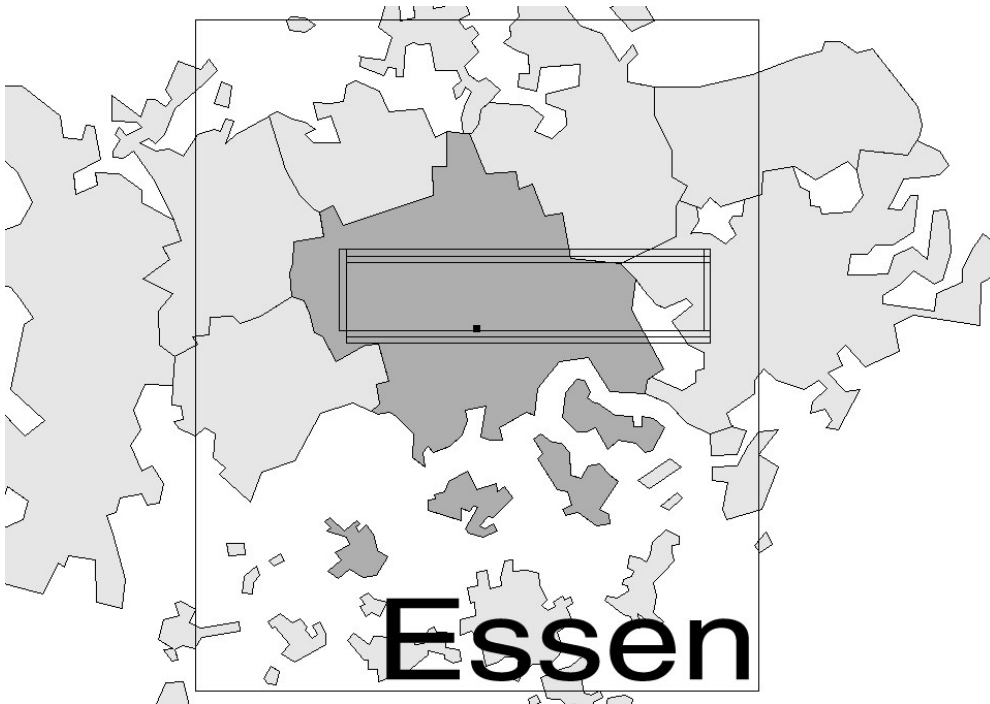


Abbildung 5.51: Bereich zulässiger Schriftpositionen am Beispiel der Stadt Essen

Abbildung 5.51 zeigt ein weiteres Ergebnis der automatischen Erzeugung von Schriftpositionen. Hier wurden nur die ersten beiden Abstandskriterien angewandt. Die Schrift ist im Vergleich zu den vorangegangenen Beispielen um den Faktor 2.5 vergrößert. Wie man sieht, gehören nur drei Schriftpositionen zur Ergebnismenge. Hätte man nur das erste Abstandskriterium angewandt, so hätte man eine leere Ergebnismenge erhalten, weil sich keine Schriftposition finden läßt, bei der die Textbox keine Fremdfächen überdeckt. Das Ergebnis erscheint nicht zufriedenstellend, da ein Kartograph durchaus weitere sinnvolle Schriftpositionen ausmachen kann, die automatisch nicht gefunden wurden.

Die Schriftpositionen, die man in Abbildung 5.51 vermißt, werden durch Betrachtung des dritten Abstandskriteriums gefunden (Abbildung 5.52). Hier ergibt sich ein kompakter Bereich, mit dem Flächenschwerpunkt als Zentrum. Dies ist nicht verwunderlich, wenn man bedenkt, daß die Schriftpositionen hauptsächlich durch Betrachtung des Abstandes zwischen Textboxmitte und Flächenschwerpunkt ermittelt wurden. Die Nord-Süd Ausdehnung des Bereiches erscheint vielleicht etwas zu gering. Wenn man die immense Größe der Schrift in Betracht zieht, kommt man aber zu der Einsicht, daß eine Beschriftung nördlich oder südlich des Ergebnisbereichs wenig sinnvoll ist, da hier die

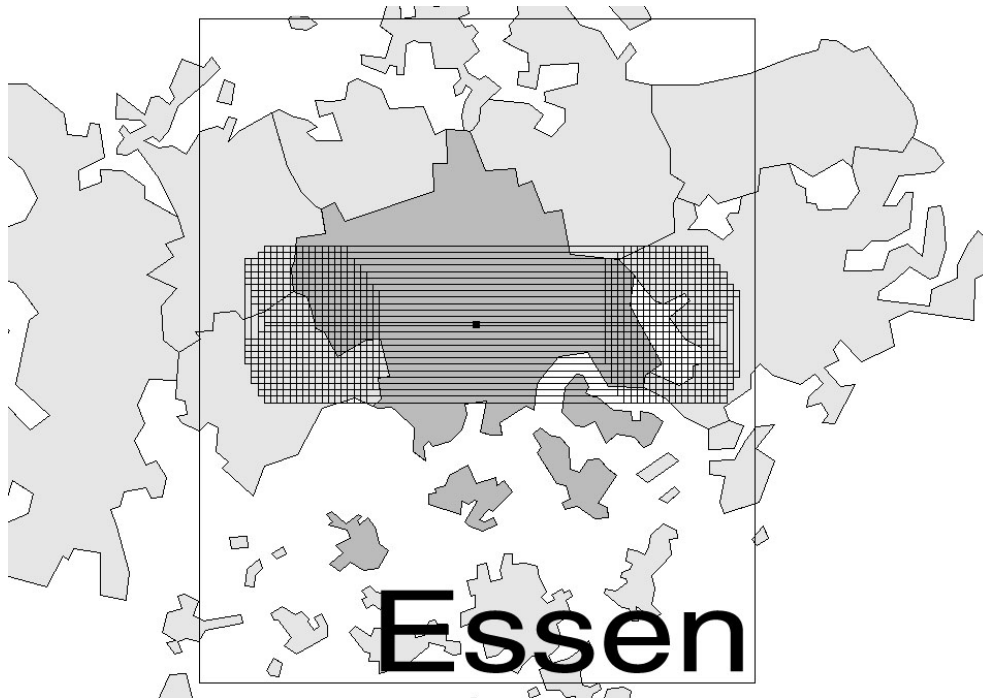


Abbildung 5.52: Bereich zulässiger Schriftpositionen am Beispiel der Stadt Essen

Schrift auch Fremdobjekten zugeordnet werden kann, wodurch die eindeutige Zuordnung nicht mehr gewährleistet ist.

Zum Abschluß soll noch das Ergebnis der automatischen Erzeugung von Schriftpositionen für eine deutlich kleinere Fläche gezeigt werden (Abbildung 5.53). Das Rechteck, welches den Bereich beschreibt, innerhalb dessen das Raster von Textboxmittelpunkten liegt, ist hier deutlich kleiner als bei den vorangegangenen Beispielen. Der Schriftzug ist vergleichsweise lang. Der Parameter n der Abstandsfunktionen, der gleich $1/4 \cdot \text{Länge}_{\text{Schriftzug}}$ gewählt wurde, führt hier dazu, daß das Feld der zulässigen Schriftpositionen relativ klein ist und sich um den Schwerpunkt der Flächengeometrie gruppiert. Der Eindeutigkeitsbereich wurde zutreffend bestimmt, da außerhalb liegende Schriftpositionen leicht der falschen Geometrie zugeordnet werden könnten.



Abbildung 5.53: Bereich zulässiger Schriftpositionen am Beispiel der Stadt Heiligenhaus

5.5 Geographische Räume

Die Beschriftung geographischer Räume stellt in vielerlei Hinsicht einen Sonderfall dar. Da für geographische Räume allgemein keine Geometrie in der Karte dargestellt wird, kommt der Schrift die wichtige Sekundärfunktion zu, durch ihren Verlauf und ihre Ausdehnung die räumliche Ausprägung des geographischen Raumes wiederzugeben. Dies erfordert eine Standlinie für die Schrift, welche die Geometrie des Raumes bestmöglich approximiert. Um die Schrift über die Länge der Standlinie zu verteilen, ist die Sperrung der Schrift erforderlich.

Geographische Räume sind allgemein unscharf begrenzt und verfügen über keine geometrische Repräsentation in der Karte. Daher stellt sich die Frage nach der geometrischen Grundlage zur Erzeugung von Schriftpositionen. Da die Geometrie nicht zur Darstellung kommt, wäre theoretisch trotz der flächenhaften Ausprägung geographischer Räume auch eine Liniengeometrie, nämlich die der Standlinie, als geometrische Basis denkbar. Für den Fall, daß man eine Fläche als geometrische Grundlage verwendet, müßten scharfe Grenzen für den geographischen Raum gefunden werden. Ob als geometrische Basis die Standlinie oder eine Fläche vorhanden ist, hängt im Einzelfall vom Datenbestand ab, mit dem gearbeitet wird. Die Beschriftungssoftware Maplex [ESRI 1998] setzt z.B. die Standlinie als geometrische Basis voraus. Dies vereinfacht zwar zunächst die Schriftplatzierung, geht aber zu Lasten der Flexibilität, wenn es darum geht, Konflikten mit anderen Kartenobjekten auszuweichen. Die Standlinie kann als geometrische Basis für eine hochwertige Beschriftung ausreichen, falls bei der Digitalisierung der Standlinie andere Kartenobjekte ausreichend Berücksichtigung finden. Im folgenden wird vom allgemeineren Fall ausgegangen, daß die Geometrie des geographischen Raumes flächenhafter Natur ist und aus dieser eine Standlinie erzeugt werden muß.

Auch in bezug auf das Kriterium der eindeutigen Zuordnung stellen geographische Räume einen Sonderfall dar. Da sich geographische Räume gleicher Ordnung nicht überschneiden und die Schrift, um dessen Ausdehnung wiederzugeben, innerhalb der Fläche des Raumes steht, ist die eindeutige Zuordnung immer gewährleistet. Die Zuordnung von Schrift und Objekt kann nicht gefährdet werden, da das Objekt als solches allgemein nicht zur Darstellung kommt, wodurch die Schrift zum Stellvertreter für die Objektgeometrie wird. Die Zuordnung der Schrift zu sich selbst ist logischerweise immer gegeben.

5.5.1 Erzeugung von Schriftpositionen

Genaue Platzierungsregeln lassen sich aus analogen Karten schwer ableiten, weil die genaue Ausdehnung der Gebiete nicht bekannt ist. Der Schriftzug soll durch seinen Verlauf die Ausdehnung der Fläche möglichst gut wiedergeben. Hierzu beobachtet man zwei grundsätzlich verschiedene Möglichkeiten. Entweder die Schrift wird entlang einer Linie, die die Ausdehnung der Fläche möglichst gut wiedergibt, plaziert, oder die Schrift verläuft horizontal, wobei der Schriftzug ggf. getrennt wird und durch den Abstand der Schriftzugteile die Ausdehnung des Areals angedeutet wird. Welche der beiden Möglichkeiten zum besseren Resultat führt, hängt von der Geometrie der Fläche sowie möglichen Konflikten mit anderen Schriftzügen und der Kartengraphik ab.

Die Beschriftung einer Fläche, bei der durch den Schriftverlauf die Ausdehnung der Fläche wiedergegeben werden soll, folgt zwei Hauptkriterien:

- Durch den Verlauf der Schrift soll die Ausdehnung der Fläche möglichst gut erkennbar sein. Abweichungen der Schriftposition von der optimalen Lage können dazu führen, daß der Betrachter einen falschen Eindruck über die Ausdehnung des Areals bekommt.
- Der Schriftzug soll ästhetischen Ansprüchen möglichst gut gerecht werden, d.h. möglichst harmonisch verlaufen. Um dies zu erreichen, sollte der Schriftzug entlang einer Gerade oder eines Bogens verlaufen, und die Buchstaben sollten gleiche Abstände haben. Wird der Schriftzug in mehrere Teile getrennt, so sollten diese den gleichen Abstand haben.

Aus diesen allgemeinen Kriterien soll zunächst die geometrische Regel zur Bestimmung einer *optimalen* Schriftposition unter der Annahme aufgestellt werden, daß keine Konflikte mit anderen Kartenobjekten auftreten. Treten Konflikte auf, werden Alternativpositionen benötigt, die durch Variation der optimalen Schriftposition in gewissen Grenzen gefunden werden. Der kontinuierliche Lösungsraum innerhalb dieser Grenzen muß diskretisiert werden, um eine endliche Anzahl von möglichen Schriftpositionen zu erhalten. Diese sind nach ihrer Abweichung von den beiden o.g. Hauptkriterien sowie nach dem Grad, in dem wichtige Informationen der Kartenzeichnung verdeckt werden, zu bewerten. Da es bei der Beschriftung geographischer Räume zwei grundsätzlich verschiedene Möglichkeiten der Beschriftung gibt, müssen nach beiden Varianten Schriftpositionen erzeugt werden. Diese werden im folgenden beschrieben.

5.5.2 Ausrichtung an gekrümmter Linie

Bei der Erzeugung von Schriftpositionen, die entlang einer krümmten Linie verlaufend die Ausdehnung der Fläche beschreiben, sind eine Reihe von Nebenbedingungen zu beachten. Die hier angegebenen Werte und Formeln wurden empirisch durch Auswertung analoger Karten gewonnen.

Verlauf des Schriftzuges

Die Linie, durch welche der Verlauf des Schriftzuges beschrieben wird, soll im folgenden als Positionslinie bezeichnet werden. Dabei werden die Buchstaben mittig auf der Positionslinie angeordnet. Aus der Positionslinie kann durch einen Offset mit dem Betrag der halben Minuskelhöhe die Standlinie der Schrift abgeleitet werden. Die Positionslinie der Schrift darf nicht beliebig verlaufen und kann daher auch nicht die ideale linienhafte Repräsentation der Flächengeometrie sein. Aus ästhetischen Gründen wird ein gleichmäßiger Schriftverlauf bevorzugt. Das bedeutet, die Schrift verläuft entlang eines einfachen Kreisbogens, der die Ausdehnung der Fläche bestmöglich wiedergibt. Bei Schriftzügen ab einer Länge von 10 Buchstaben (inkl. evtl. vorhandener Leerzeichen) können zwei Kreisbögen mit unterschiedlichem Radius aneinandergereiht werden. Die Möglichkeit, durch einen einfachen Kreisbogen zu approximieren, bleibt aber, soweit die Ausdehnung der Fläche ausreichend gut repräsentiert wird, weiterhin bestehen. D.h. bei Schriftzügen ab einer Länge von zehn Zeichen sind zwei Möglichkeiten zu untersuchen. Die Bögen dürfen in Abhängigkeit von der Schriftgröße nur bis zu einem bestimmten Maß gekrümmt sein, da sonst zwei benachbarte Buchstaben zu stark gegeneinander verkippt werden.

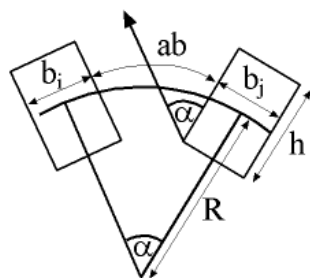


Abbildung 5.54: Verkipfungswinkel zwischen zwei benachbarten Buchstaben

Aus dem maximal zulässigen Winkel α , in welchem zwei benachbarte Buchstaben zueinander stehen, berechnet sich der minimal zulässige Radius eines Bogens zu:

$$R = \frac{ab + \frac{1}{2}(b_i - b_j)}{\alpha} \cdot \frac{180^\circ}{\pi}$$

Die maximal zulässige Krümmung des Bogens kann aus $K = 1/R$ berechnet werden. Ein sinnvoller Maximalwert für α scheint im Bereich 10° bis 15° zu liegen.

Sperrung des Schriftzuges

Der Abstand zweier Buchstaben kann bis zum Zehnfachen der Buchstabenbreite betragen. Ob der Schriftzug dann noch lesbar ist, hängt stark von der Kartengraphik und der Schriftgröße h ab. Ein sinnvolles Maß für den maximal zulässigen Abstand zweier Buchstaben scheint folgende empirische Formel zu liefern:

$$Sperr_{max} = h^3/10 \quad \text{mit } h = \text{Schrifthöhe}$$

Bei gekrümmter Positionslinie stehen zwei benachbarte Buchstaben in einem bestimmten Winkel zueinander. Damit an den Ecken keine Überlappung auftritt, muß ein Mindestabstand zwischen den Buchstaben eingehalten werden. Dieser beträgt:

$$Sperr_{min} = h \cdot \sin(\alpha/2)$$

Trennung des Schriftzuges

Schriftzüge, die entlang einer gekrümmten Positionslinie verlaufen, werden im allgemeinen nicht getrennt. Die wenigen Sonderfälle, die in analogen Karten vorkommen, sollten bei der automatischen Schriftplatzierung ignoriert werden, da die Berücksichtigung einen erheblichen Mehraufwand erfordern würde. Sollte die Form der Fläche (z.B. es läßt sich keine ausreichend lange Positionslinie realisieren) eine Trennung erforderlich machen, wird die in Abschnitt 5.5.3 beschriebene Variante zur Schriftplatzierung verwendet.

Abstände zum Flächenrand des geographischen Raumes

Der Mindestabstand zum Flächenrand entlang der Positionslinie der Schrift beträgt:

$$Dist_{min} = ab + \sum_{i=1}^n b_i/n \quad \text{mit} \quad \begin{array}{l} b_i = \text{Breite der Buchstaben,} \\ n = \text{Anzahl der Buchstaben,} \\ ab = \text{mittlerer Buchstabenabstand} \end{array}$$

Dieser Mindestabstand sollte als Idealwert für den Abstand angestrebt werden. Damit der Eindruck des Betrachters über die Ausdehnung der Fläche nicht zu sehr verfälscht wird, darf der Schriftzug vom äußeren Ende der Linie höchstens bis zu folgendem Betrag vom Flächenrand weg verschoben werden:

$$Dist_{max} = 2 \cdot ab + \sum_{i=1}^n b_i/n$$

D.h. der Höchstabstand entlang der Linie ist gleich dem doppelten Mindestabstand. Der Mindestabstand zum Flächenrand senkrecht zu Positionslinie der Schrift beträgt:

$$Dist_{min} \perp = h/2$$

Eine Grenze für den Höchstabstand senkrecht zur Positionslinie gibt es nicht.

Positionslinie für Schrift erzeugen

Unter der Positionslinie soll hier eine Linie verstanden werden, die den Verlauf des Schriftzuges festlegt. Dabei werden die Buchstaben mittig auf der Positionslinie angeordnet. Aus der Positionslinie kann durch einen Offset mit dem Betrag der halben Minuskelhöhe die Standlinie der Schrift abgeleitet werden. Der Ablauf für die Erzeugung der Positionslinie wird im Activitydiagramm 5.55 dargestellt. Zunächst wird der Flächenumring durch ein Polygon angenähert, dies verbessert die Ausgangslage für die anschließende Skelettbeziehung. Das Skelett wird aus den Punkten gebildet, die zu mindestens zwei Seiten des Flächenrandes den gleichen Abstand haben. Daher erscheint das Skelett als Basis für die Positionslinie geeignet.

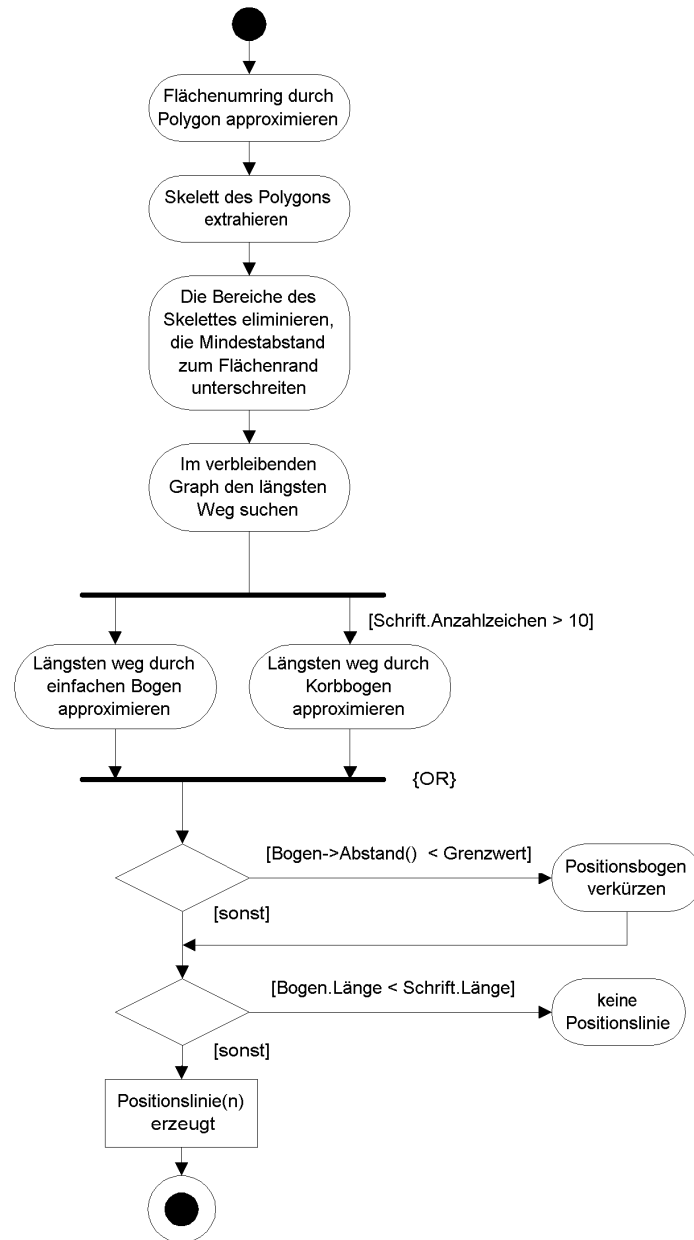


Abbildung 5.55: Ablauf zur Erzeugung der Positionslinie

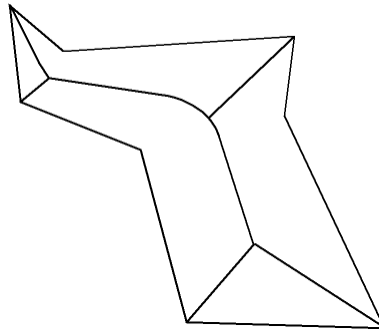


Abbildung 5.56: Skelett zur Bestimmung der Positionslinie

Hat man das Skelett extrahiert, werden alle Teile des Skelettes entfernt, welche den Mindestabstand zum Flächenrand unterschreiten. Als Mindestabstand ist hier der Mindestabstand senkrecht zur Positionslinie $Dist_{min}$ anzusetzen. Im verbleibenden Graph wird der längste Weg gesucht, denn je länger die Positionslinie ist, um so besser gibt sie die Längsausdehnung der Fläche wieder.

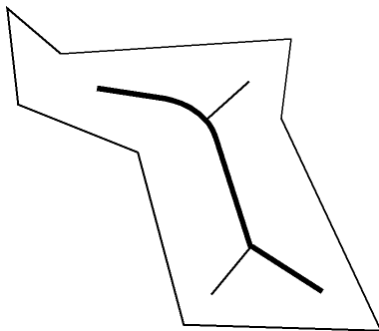


Abbildung 5.57: Flächenrandnahe
Teile des Skelettes eliminiert und
längster Weg bestimmt.

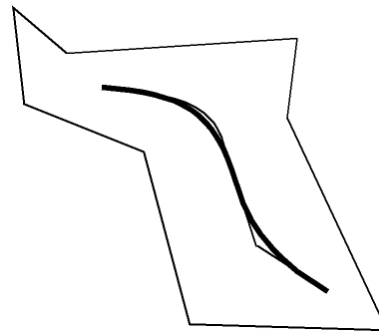


Abbildung 5.58: Längster Weg des
Skelettes durch Doppelbogen
approximiert

Um einen hinreichend harmonischen Verlauf der Schrift zu erreichen, wird der längste Weg durch einen einfachen Kreisbogen approximiert. Für den Fall, daß der Schriftzug länger als zehn Zeichen ist, wird zusätzlich die Approximation durch einen zweiteiligen Korbogen geprüft. Die Bögen dürfen den Mindestradius nicht unterschreiten. Er ist zu überprüfen, ob die Enden des Bogens oder der Bögen über ausreichenden Abstand zum Flächenrand $Dist_{min}$ verfügen. Gegebenenfalls sind die Bögen zu verkürzen. Abschließend muß geprüft werden, ob der oder die Bögen über eine zur Aufnahme der Schrift ausreichende Länge verfügen. Bei negativem Ergebnis muß die Beschriftung nach 5.5.3 erfolgen.

Weitere Schriftpositionen durch Variation

Nach dem obigen Verfahren erhält man eine bzw. zwei Schriftpositionen, die jeweils entlang eines Bogens oder Korbbogens verlaufen. Diese sind quasi optimal und als bevorzugte Schriftposition anzusehen. Abbildung 5.59 zeigt diese Schriftposition am Beispiel eines zweiteiligen Korbbogens. Um Konflikten mit der Kartenzeichnung und anderen Schriften auszuweichen, können einige Parameter der Bögen variiert werden. Hierdurch entstehen weitere Schriftpositionen. Es ist darauf zu achten, daß die sekundäre Funktion des Schriftzuges, die Ausdehnung der Fläche wiederzugeben, möglichst wenig beeinträchtigt wird. Daher sind Schriftpositionen, die durch Veränderung der Schriftparameter entstehen, nach Stärke der Änderung und der Art des Eingriffs schlechter zu bewerten, als die Optimalposition. Die möglichen Änderungen an den Parametern sind im folgenden, mit dem leichtesten beginnend, nach der Schwere des Eingriffs geordnet aufgeführt.

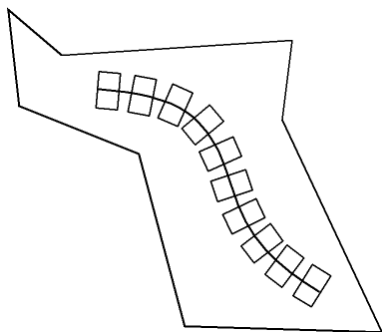


Abbildung 5.59: "optimale" Schriftposition

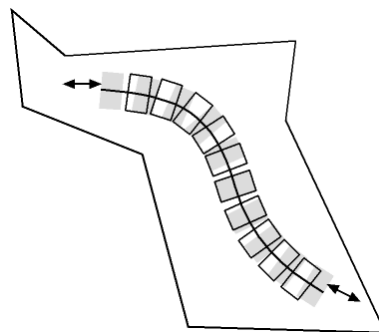


Abbildung 5.60: Variation des Zeichenabstandes

Die Sperrung der Schrift kann durch den Zeichenabstand ab variiert werden (Abbildung 5.60). Die Grenzen sind durch die o.g. Grenzwerte gegeben. Zusätzlich ist darauf zu achten, daß der Schriftzug sich nicht zu stark zusammenzieht, da er sich dadurch zu weit von den Linienenden entfernt. Durch die Variation der Sperrung wird der Eindruck über die Längsausdehnung des Areals nur geringfügig verfälscht. Aus ästhetischer Sicht tritt kein Nachteil auf.

Der Schriftzug kann entlang der Linie verschoben werden, sofern an einem der beiden Linienenden Platz dafür zur Verfügung steht (Abbildung 5.61). Hierbei ist darauf zu achten, daß sich die Enden des Schriftzuges nicht zu weit von den Enden der Linie entfernen. Die Wahrscheinlichkeit, daß der Betrachter der Karte zu einer falschen Ansicht über die Ausdehnung der Fläche gelangt, wird mit zunehmendem Verschiebungsbetrag größer. Ästhetische Gesichtspunkte

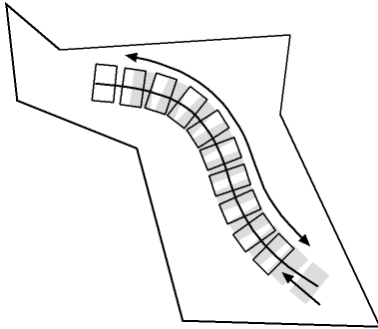


Abbildung 5.61: Schriftzug entlang der Linie verschieben

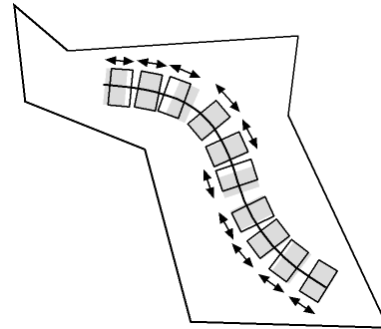


Abbildung 5.62: einzelne Buchstben entlang der Linie verschieben

werden nur unwesentlich berührt.

Für jedes Buchstabenpaar kann individuell der Abstand ab_i variiert werden (Abbildung 5.62). Da dies zu ungleichmäßigen Buchstabenabständen innerhalb des Schriftzuges führt, was unschön aussieht, darf diese Variation nur in sehr engen Grenzen erfolgen. Als Maximalwert für eine solche Variation wurde aus analogen Karten folgender Wert bestimmt:

$$\Delta Sperr_{max} = h \cdot ab/50$$

Durch o.g. drei Variationsmöglichkeiten kann man hauptsächlich Konflikte mit linienhaften Objekten wie Straßen oder Flüssen vermeiden. Treten Konflikte mit flächenhaften Objekten wie Siedlungsflächen auf, so müssen die Buchstaben ggf. auch vertikal zur Positionslinie verschoben werden.

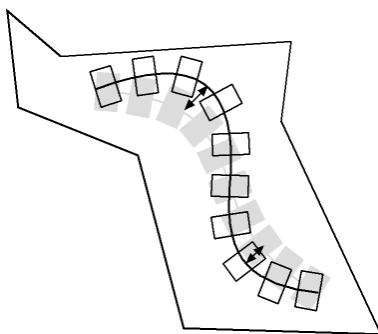


Abbildung 5.63: Krümmung der Linie variieren

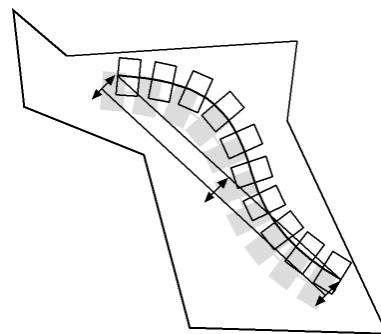


Abbildung 5.64: Schriftzug senkrecht zur Verbindungslinie der Endpunkte verschieben

Damit die Lage des Schriftzuges in der Fläche noch annähernd erhalten bleibt, soll die Krümmung des Bogens verändert werden (Abbildung 5.63). Bei einem Doppelbogen ist darauf zu achten, daß die Übergangsstelle stetig ist. Es muß also die Krümmung beider Bögen passend variiert werden. Jeder Punkt auf der Linie sollte seinen Abstand zum Rand dabei maximal um ein Drittel verringern.

Als letztes kann der gesamte Schriftzug senkrecht zur Verbindungslinie der Linienendpunkte verschoben werden (Abbildung 5.64). Dadurch wird die Lage unter Umständen stark verändert, so daß der Schriftzug seine Funktion, die Ausdehnung des Areals wiederzugeben, nur noch eingeschränkt erfüllt. Daher sind Variationen der Position senkrecht zur Positionslinie mit dem Quadrat des Verschiebungsbetrages schlechter zu bewerten und nach Möglichkeit zu vermeiden. Maximal sollte um ein Drittel des geringsten Randabstandes verschoben werden.

5.5.3 Streng horizontale Ausrichtung

Bei dieser Variante zur Beschriftung geographischer Räume verläuft der Schriftzug streng horizontal und wird ggf. getrennt, wobei der Abstand der Schriftzugteile die Ausdehnung des Gebietes wiedergibt. Dieser Ansatz wird bei näherungsweise rechteckigen Arealen angewandt, wo auch die oben genannte Möglichkeit zu einer näherungsweise horizontalen Ausrichtung der Schrift geführt hätte. [Imhof 1962] schrieb zur Beschriftung von Flächen:

„Wenn schon krumm und schief, dann deutlich krumm und schief.“

Aus der Umkehrung dieses Satzes ergibt sich: Wenn schon näherungsweise horizontal, dann streng horizontal. Ein weiterer Anwendungsfall tritt auf, wenn eine Beschriftung nach der oben beschriebenen Variante zu großen Konflikten mit der Kartographik oder anderen Schriftzügen führen würde. Wenn z.B. mitten im Areal eine Ortschaft liegt. Bei der Erzeugung von Schriftpositionen, die horizontal verlaufen und die Ausdehnung der Fläche wiedergeben, sind folgende Nebenbedingungen zu beachten.

Verlauf des Schriftzuges

Der Verlauf der Schrift ist hier streng horizontal. Die Positionslinie der Schrift soll möglichst zentral in der Fläche liegen und möglichst lang sein. Wird der Schriftzug getrennt, müssen entsprechend mehrere Positionslinien bestimmt werden. Diese sollten gleichmäßig über die Fläche verteilt und möglichst lang sein.

Sperrung des Schriftzuges

Um die Ausdehnung der Fläche wiederzugeben ist es sinnvoll den Schriftzug zu sperren. Bei getrennten Schriftzügen ist darauf zu achten, daß alle Teile in gleichem Maße gesperrt werden. Wegen des geraden Schriftverlaufs gibt es bei der Sperrung keinen Mindestabstand zwischen zwei Buchstaben. Der maximale Abstand zweier Buchstaben sollte folgendes Maß nicht überschreiten:

$$Sperr_{max} = 3 \cdot \sum_{i=1}^n b_i/n \quad \text{mit} \quad \begin{array}{l} b_i = \text{Breite der Buchstaben,} \\ n = \text{Anzahl der Buchstaben} \end{array}$$

Trennung des Schriftzuges

Ob und wie der Schriftzug getrennt wird, hängt vom Namen, der Nord-Süd Ausdehnung des Areals sowie der Ost-West Ausdehnung des Areals in den Bereichen ab, in denen die Schriftzugteile plaziert werden sollen. Man sollte für alle Möglichkeiten, den Schriftzug zu trennen, eine ideale Schriftposition bestimmen und von diesen die beste auswählen. Um den Schriftzug zu trennen, sollten in der Datenbasis Informationen über sinnvolle Trennungen vorhanden sein, sonst muß die Berechnung zulässiger Trennungen im Rahmen der automatischen Schriftplatzierung erfolgen. Falls möglich, sollte der Schriftzug nur in ganze Wörter getrennt werden. Der Zusammenhang getrennter Worte wird durch Bindestriche kenntlich gemacht. Zulässige Trennungen und Abkürzungen sind im Geographischen Namenbuch der Bundesrepublik Deutschland aufgeführt.

Abstände des Schriftzuges zum Flächenrand

Die Abstände zum Flächenrand ergeben sich analog zu der Beschriftung entlang gekrümmter Linien. Der horizontale Abstand eines Schriftzugteils zum Rand des Flächenumrings beträgt mindestens:

$$Dist_{min} = ab + \sum_{i=1}^n b_i/n \quad \text{mit} \quad \begin{array}{l} b_i = \text{Breite der Buchstaben,} \\ n = \text{Anzahl der Buchstaben,} \\ ab = \text{mittlerer Buchstabenabstand} \end{array}$$

Dieser Mindestabstand sollte als Idealwert für den Abstand angestrebt werden. Der Mindestabstand zum Flächenumring senkrecht zu Positionslinie der Schrift beträgt:

$$Dist_{min} \perp = h/2 \quad \text{mit } h = \text{Schrifthöhe}$$

Schriftposition erzeugen

Der Ablauf für die Erzeugung einer horizontalen Positionslinie wird im Activitydiagramm 5.65 dargestellt. Nachdem der Umring der Fläche durch ein Polygon approximiert wurde, wird die Fläche aller möglichen Positionslinien bestimmt. Diese ergibt sich aus der Menge aller Punkte, die mindestens den Abstand $Dist_{min}$ zum Flächenrand in horizontaler und vertikaler Richtung haben. Die Bestimmung der Fläche aller Positionslinien kann durch Erosion der ursprünglichen Fläche erzeugt werden. Kann der Schriftzug in zwei oder drei Teile zerlegt werden, so sind auch für diese Fälle Positionslinien zu bestimmen.

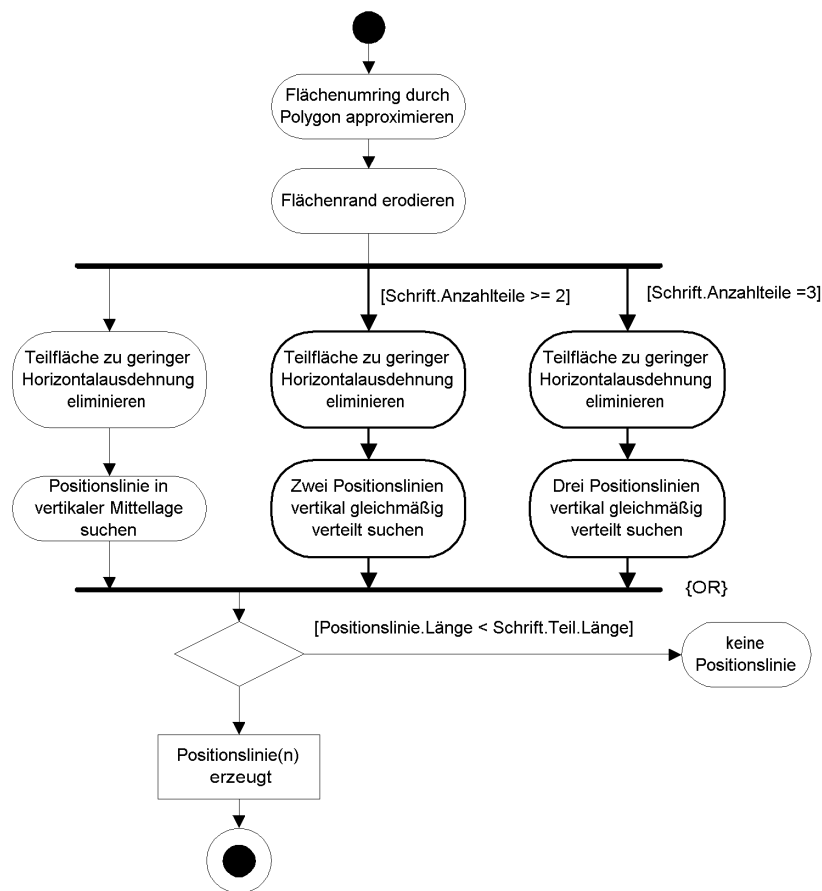


Abbildung 5.65: Ablauf zur Erzeugung einer Positionslinie

Für die Platzierung von Schriftzügen (oder bei Trennung von Schriftzugteilen) kommen nur solche Linien in Frage, die lang genug sind, um alle Buchsta-

ben aufzunehmen. Daher werden alle Flächenteile, die dieser Vorgabe nicht genügen aus der Fläche der Positionslinien eliminiert. Bei der Suche nach der besten Positionslinie innerhalb der verbleibenden Fläche sind zwei Faktoren zu berücksichtigen.

- Eine möglichst lange Positionslinie ermöglicht eine sehr stark gesperrte Beschriftung. Dadurch wird die horizontale Ausdehnung der Fläche sehr gut wiedergegeben.
- Eine in bezug auf die Vertikale zentrierte Positionslinie gibt die vertikale Lage der Fläche am besten wieder.

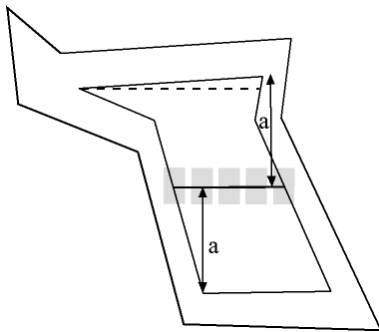


Abbildung 5.66: Positionslinie eines horizontalen Schriftzuges

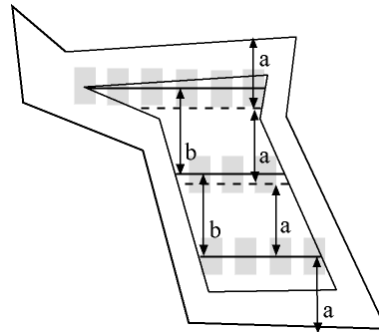


Abbildung 5.67: Drei Positionslinien eines getrennten Schriftzuges

Die ideale Linie ist unter Berücksichtigung der Lage in der Fläche und der Linienlänge zu bestimmen, wobei das erste der beiden Kriterien das wichtigere ist. Je weiter eine Linie vom Zentrum entfernt ist, um so größer muß ihre Länge sein, um als ideale Linie in Frage zu kommen. Wird der Schriftzug getrennt, sind die Positionslinien gleichmäßig über die Höhe der Ausgangsfläche zu verteilen. Abweichungen in der vertikalen Lage sind zugunsten längerer Positionslinien zulässig, wobei der Abstand aller Linien zueinander gleichbleiben muß.

Weitere Schriftpositionen durch Variation

Nach dem oben beschriebenen Ablauf erhält man bis zu drei, als ideal anzusehende, Schriftpositionen. Häufig benötigt man aber weitere Schriftpositionen, um bei Konflikten mit Karteninformation und anderer Schrift über Alternativen zu verfügen. Weitere Schriftpositionen kann man durch Variation der

Positionslinienparameter in gewissen Grenzen erzeugen. Wegen des horizontalen Schriftverlaufs wirken sich die Variationsmöglichkeiten entweder in vertikaler oder horizontaler Richtung aus. Diese sollen am Beispiel eines dreiteiligen Schriftzuges erläutert werden.

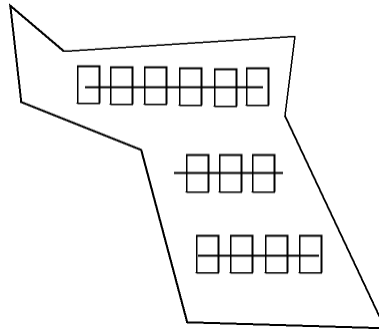


Abbildung 5.68: Drei Positionslinien eines getrennten Schriftzuges

Horizontale Variation

Die Variation des Schriftzuges in horizontaler Richtung ermöglicht hauptsächlich die Vermeidung von Konflikten mit linienhaften Objekten. Sie stellt einen vergleichsweise geringen Eingriff dar, da die Schrift im allgemeinen noch relativ gut die Ausdehnung der Fläche wiedergibt. Vier Möglichkeiten der horizontalen Variation werden im folgenden erläutert.

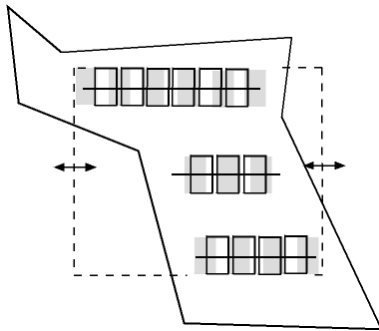


Abbildung 5.69: Variation des Zeichenabstandes

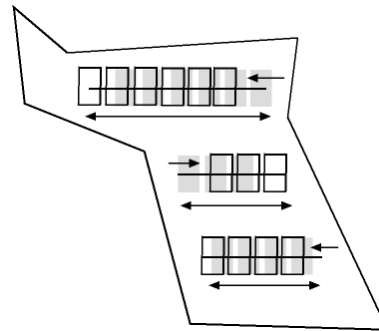


Abbildung 5.70: Schriftzugteile horizontal verschieben

Die Sperrung des gesamten Schriftzuges kann durch den Zeichenabstand ab variiert werden (Abbildung 5.69). Die Gesamtausdehnung des Schriftzuges sollte sich dadurch maximal um ein Drittel ändern. So kann sichergestellt

werden, daß der Eindruck des Betrachters über die Ausdehnung der Fläche nicht zu stark verfälscht wird. Zudem können die Schriftzugteile horizontal verschoben werden, sofern an einem der beiden Linienenden Platz dafür ist (Abbildung 5.70).

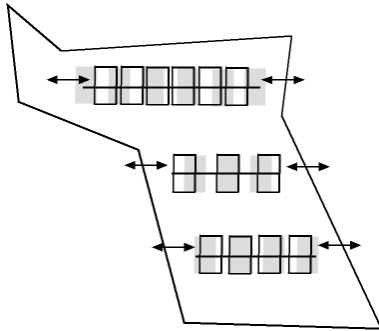


Abbildung 5.71: Zeilenweise Variation des Zeichenabstandes

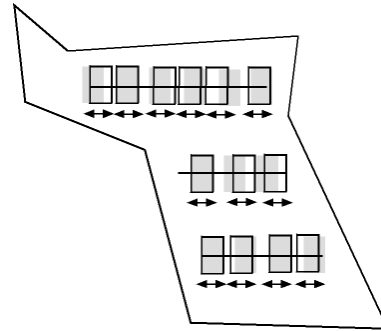


Abbildung 5.72: Zeichenweise Variation des Zeichenabstandes

Die Sperrung jedes Schriftzugteils kann unabhängig variiert werden (Abbildung 5.71). Diese Variationsmöglichkeit bringt hauptsächlich ästhetische Nachteile mit sich. Unterschiede der Sperrung dürfen bei den einzelnen Schriftzugteilen nicht zu groß werden, da sonst nicht mehr klar erkennbar ist, daß diese zusammen gehören. Der Betrag dieser Variation sollte maximal $h \cdot ab/20$ betragen. Die individuelle Änderung des Abstandes ab_i für jedes Buchstabenpaar ist die letzte Möglichkeit horizontaler Variation (Abbildung 5.72). Die Änderungen dürfen in keinem Fall zu groß sein, da die Schriftposition sonst aus ästhetischer Sicht stark an Qualität verliert. Der Maximalwert einer solchen Variation sollte $h \cdot ab/50$ nicht überschreiten.

Vertikale Variation

Steht die Schrift eines geographischen Raumes in Konflikt mit größeren Objekten, z.B. Siedlungsflächen, kann eine vertikale Verschiebung der Schrift nicht vermieden werden. Der gesamte Schriftzug oder Schriftzugteile können so verschoben werden, daß der Abstand aller Schriftzugteile zueinander den gleichen Betrag a hat (Abbildung 5.73). Hierbei darf die Lage einer Positionslinie um maximal ein Drittel des vertikalen Abstandes dieser Linie zum Flächenrand verändert werden, da sonst der Eindruck über die Ausdehnung der Fläche zu stark verfälscht würde.

Schriftzugteile können beliebig vertikal verschoben werden (Abbildung 5.74). Dabei darf die Lage einer Positionslinie maximal um ein Drittel des vertikalen Abstandes zum Flächenrand verändert werden. Die Abstände a und b

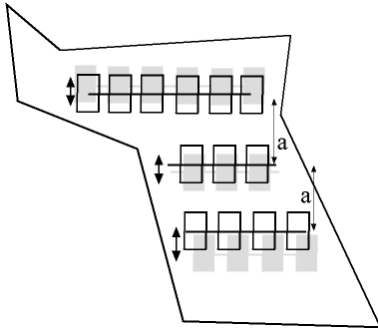


Abbildung 5.73: Vertikale Verschiebung bei gleichem Zeichenabstand

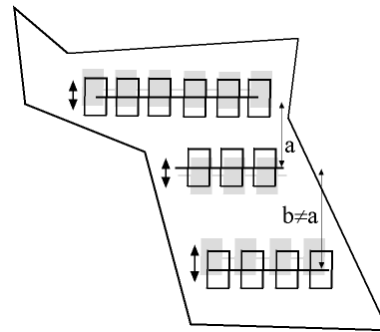


Abbildung 5.74: Vertikale Verschiebung bei beliebigem Zeichenabstand

jeweils zweier Schriftzugteile dürfen sich aus ästhetischen Gründen maximal um den Faktor 0,8 unterscheiden. Die Schwere des Eingriffs durch vertikale Verschiebung ist danach zu bemessen, inwieweit die drei Kriterien zentrale Lage, möglichst lange Positionslinie(n) und gleicher Abstand aller Schriftzugteile verletzt wurden.

5.6 Gewässerflächen

Gewässernamen sollen immer in der Fläche, die sie bezeichnen, stehen und sich nur, wenn keine andere Möglichkeit vorhanden ist, über die Uferlinie hinaus erstrecken. Im Extremfall können sie völlig außerhalb der Seefläche stehen, wobei die blaue Schriftfarbe die Zuordnung zum Objekt erleichtert. Kleine Seen weisen häufig eine Uferlinie mit sehr unregelmäßiger Geometrie auf. Überdies kann die Seefläche von Inseln unterbrochen werden. Unter diesen Umständen ist die Suche nach einer passenden Schriftposition relativ schwierig. Hinzu kommt, daß Gewässernamen bei Konflikten mit Siedlungsnamen immer nachgeben. Einige Seeflächen werden mit mehreren verschiedenen Namen für unterschiedliche Teile des Sees beschriftet. In der Praxis der Kartenbeschriftung führt dies zu einer Vielzahl von Beschriftungsmöglichkeiten für Gewässerflächen, die sich nur sehr schwer formalisieren lassen. Andererseits erweisen sich folgende Aspekte bei der automatischen Beschriftung von Gewässerflächen als vorteilhaft:

- Die eindeutige Zuordnung der Schrift zum Objekt ist durch die blaue Farbe der Schrift sichergestellt. Hinzu kommt, daß Gewässerflächen in einer Karte nur in begrenzter Anzahl auftreten. So ist eine Verwechslung weitgehend ausgeschlossen.
- Da Gewässerflächen eine festgelegte, in der Karte gut erkennbare Grenze haben, entfällt die Notwendigkeit, daß die Schrift die Ausdehnung des Areals wiedergibt.
- Gewässerbeschriftungen weichen Ortsnamen, die ggf. in der Wasserfläche stehen, immer aus und können daher in einem separaten Schritt, nachdem die Ortsnamen plaziert wurden, angeordnet werden.
- Da Gewässernamen meistens in der Gewässerfläche stehen, tritt selten ein Konflikt mit der Kartengraphik oder anderen Namen auf. In diesem Fall kann für Gewässernamen direkt eine Position bestimmt werden.

Andererseits sind Gewässerflächen nach Größe und Form sehr unterschiedlich und verlangen daher für eine ästhetisch angemessene Beschriftung unterschiedliche Regeln. Im folgenden werden die Gewässerflächen in drei verschiedene Kategorien eingeteilt.

Große Seen: In diese Kategorie werden Flächen eingeteilt, die ihrer Größe nach reichlich Platz zur Platzierung der Schrift bieten. Kriterium ist die Flächengröße, die mindestens das Zehnfache der Fläche der Textbox(en) betragen sollte.

Mittelgroße Seen: In diese Kategorie fallen Flächen, die die Schrift noch innerhalb aufnehmen können. Kriterium ist eine Flächen-größe, die mindestens der Fläche der Textbox(en) entspricht.

Kleine Seen: Flächen, die kleiner sind als die Fläche der Textbox(en) werden in diese Kategorie eingeteilt

Zu welcher Kategorie eine Gewässerfläche gehört, ist a priori nicht immer zweifelsfrei zu bestimmen. Zeigt sich, daß eine sinnvolle Beschriftung nicht möglich ist, so kann eine Gewässerfläche zur Laufzeit in eine andere Kategorie eingestuft werden. Zu jeder Kategorie wird ein Regelwerk für die Erzeugung von Schriftpositionen vorgestellt.

5.6.1 Große Seen

Unter *großen Seen* sollen solche Gewässerflächen verstanden werden, die im Inneren ihrer Fläche reichlich Platz für die Platzierung des Namens aufweisen. *Große Seen* können in diesem Zusammenhang auch Teilflächen von Meeren sein, z.B. *Helgoländer Bucht*. Als Kriterium kann die Flächengröße des Sees herangezogen werden, die eine festgelegte Mindestgröße haben muß, damit der See in diese Kategorie fällt. Dabei ist die Größe der Seefläche in der Kartendarstellung maßgeblich, die von der Flächengröße in der Natur und dem Kartenmaßstab abhängig ist. Bei großen Seen, wie z.B. dem Bodensee wünscht man aus ästhetischen Gründen, daß - ähnlich wie bei geographischen Räumen - die Schrift ungefähr die Ausdehnung der Seefläche wiedergibt. Hierzu gibt es, wie bei geographischen Räumen, zwei Möglichkeiten:

- Die Schrift verläuft entlang eines Kreisbogens, der die Ausdehnung der Fläche möglichst gut repräsentiert
- Die Schrift verläuft horizontal und wird ggf. in mehrere Teile aufgeteilt, die durch ihre Lage die Ausdehnung wiedergeben.

Vorzuziehen ist, falls möglich, die erste der beiden Varianten. Hierbei ist im Vergleich zu geographischen Räumen zu beachten, daß die Schrift nur entlang eines einfachen Kreisbogens verläuft. Ein zweiteiliger Korbboogen kommt hier nicht in Betracht. Bei Seeflächen soll der gebogene Schriftverlauf weniger die Ausdehnung des Sees angeben - denn diese ist durch die blaue Flächenfarbe des Sees ersichtlich - , sondern die Schrift soll eine gewisse Leichtigkeit erhalten, die vor allem aus ästhetischer Sicht gewünscht wird. Die Beschriftung entlang eines zweiteiligen Korbboogens würde hier zu viel Unruhe in das Schriftbild

bringen und ist daher abzulehnen. Ansonsten läuft die Schriftplatzierung nach den gleichen Regeln wie bei Lagebezeichnungen (Abschnitt 5.5). Ist die Uferlinie des Sees sehr unregelmäßig oder wird die Seefläche durch Inseln gestört, so wird man nach der zweiten Methode verfahren, bei der der Schriftzug horizontal verläuft und ggf. geteilt wird. Auch hier kann zur Bestimmung der Schriftpositionen nach dem Reglement bei geographischen Räumen vorgegangen werden.

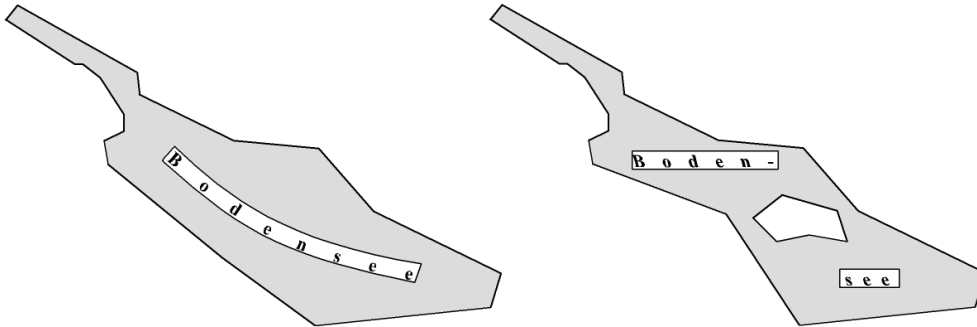


Abbildung 5.75: Beschriftung eines großen Sees: In Abhängigkeit von der Geometrie ist eine der beiden Varianten zu wählen

Läßt sich durch beide Methoden keine geeignete Schriftposition finden, so gehört der See nicht zu der Klasse der *großen Seen* und muß nach einem der folgenden Verfahren aus Abschnitt 5.6.2 oder 5.6.3 beschriftet werden.

5.6.2 Mittelgroße Seen

Gewässerflächen, die groß genug sind, ihre Beschriftung innerhalb ihrer Fläche in der Karte aufzunehmen, sollen als *mittelgroße Seen* bezeichnet werden. Voraussetzung dafür, daß ein See zu der Klasse der *mittelgroßen Seen* gehört, ist eine Flächengröße, die mindestens so groß ist wie die Fläche der Textbox(en). Bei mittelgroßen Seen wird die Schrift nie gesperrt.

In einem ersten Durchgang wird versucht, die Schrift irgendwo innerhalb der Seefläche horizontal anzuordnen. Dabei wird die Position gewählt, die einen möglichst großen Abstand vom Rand der Textbox zum Seeufer zuläßt. Namen von Siedlungen, die in die Seefläche hinein stehen, engen dabei den Spielraum für eine mögliche Positionen ein. Um optisches Zusammenhängen von Siedlungs- und Seenamen zu vermeiden, wird um die Siedlungsnamen ein Bereich gelegt, den der Gewässername nicht überschneiden darf.

Läßt sich auf diese Weise keine gültige Position finden, so wird der Schriftzug getrennt oder gekürzt (siehe 5.6.6). Es wird versucht für die Schriftzugteile

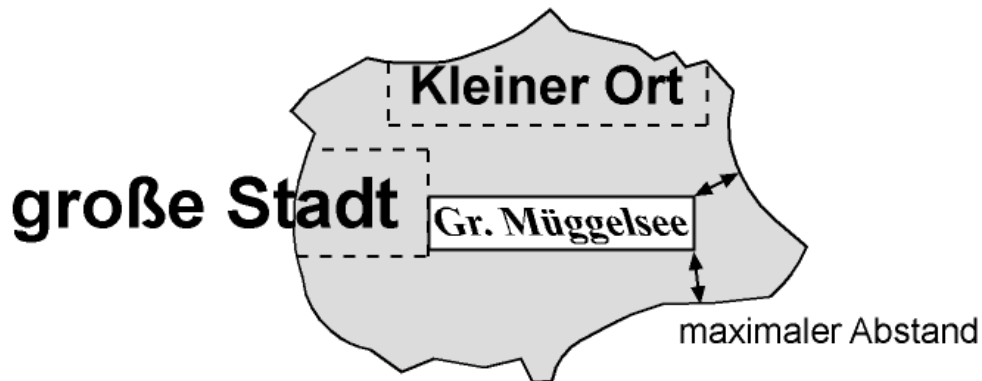


Abbildung 5.76: Beschriftung eines mittelgroßen Sees

jeweils eine Position zu finden, wobei die Nord-Süd-Reihenfolge der Schriftzugteile beachtet werden muß. Außerdem dürfen die Schriftzugteile nicht zu nah an die Namen von Ortschaften gesetzt werden.

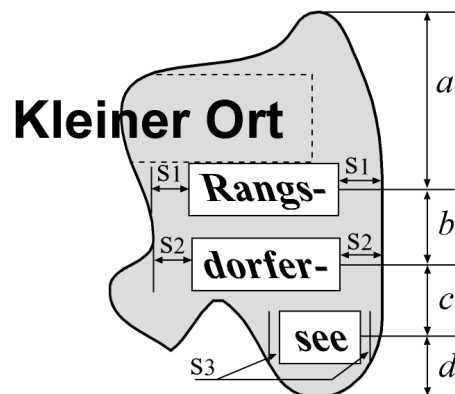


Abbildung 5.77: Beschriftung eines mittelgroßen Sees

Bei der Plazierung der Schriftzugteile ist aus ästhetischen Gründen die Einhaltung folgender mit abnehmender Wichtigkeit geordneter Regeln wünschenswert:

1. $b = c$
2. $d = a$
3. $a = b = c = d$

Im vorliegenden Beispiel (Abbildung 5.77) konnte auf Grund der Kartensituation nur die erste Regel eingehalten werden. Die Textboxen sollten nach links und rechts zu beiden Rändern des Sees den gleichen Abstand haben. Als Abstand ist hier der jeweils kleinste horizontale Abstand zwischen Textbox und Seeufer heranzuziehen. Der Abstand darf den Wert 0 annehmen. Das Hinausragen eines Namensteils aus der Seefläche ist nicht gestattet.

Es können Fälle auftreten, für die auf die oben beschriebene Weise keine gültige Schriftposition gefunden werden kann. Abbildung 5.78 zeigt einen solchen Fall. Hier muß von der horizontalen Ausrichtung der Schrift abgewichen werden. Die Schrift kann innerhalb der Seefläche beliebig verlaufen, solange sie nicht über den Rand hinaus verläuft.

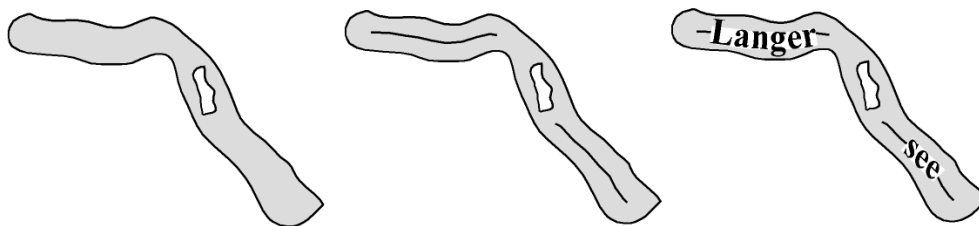


Abbildung 5.78: Beschriftung eines mittelgroßen Sees

Um unter diesen Voraussetzungen Schriftpositionen zu ermitteln, muß zunächst das Skelett der Seefläche gebildet werden (Abbildung 5.78 B). Der Rand der Seefläche hat häufig sehr feine Strukturen. Soll eine Seefläche, wie sie in Abbildung 5.78 dargestellt ist, innerhalb der Fläche beschriftet werden, kann es auf jede noch so kleine Möglichkeit, einen Buchstaben innerhalb der Fläche zu plazieren, ankommen. Daher sollte der Flächenrand vor der Extraktion des Skelettes entweder überhaupt nicht oder durch ein sehr fein aufgelöstes Polygon approximiert werden. Mittelgroße Seeflächen, die eine Beschriftung nach diesem Verfahren erfordern, sind häufig relativ schmal. Es bietet sich an, die Seefläche in eine Pixelmatrix entsprechender Auflösung zu überführen und von dieser das Skelett zu bestimmen. Im weiteren werden nur die Teile des Skelettes betrachtet, die mindestens eine halbe Minuskelhöhe Abstand von Rand aufweisen und eine hinreichend geringe Krümmung haben (siehe maximale Krümmung bei der Beschriftung geographischer Räume Abschnitt 5.5.2). Auf der längsten der verbleibenden Linien wird die Schrift mittig angeordnet. Ist dies auf Grund der Länge des Schriftzuges nicht möglich, so wird der Schriftzug getrennt und die Schriftzugteile werden auf verschiedenen Linien angeordnet (Abbildung 5.78 C). Der Verlauf der Linien ist im entsprechenden Teilbereich durch eine Gerade oder einen Bogen zu approximieren. Ist die Länge der extrahierten Linien insgesamt nicht ausreichend, um die Schrift aufzunehmen,

so gehört der See in die Klasse der *kleinen Seen* und muß dementsprechend beschriftet werden (Abschnitt 5.6.3).

Da bei der Extraktion der Linien nur die Größe der Minuskelhöhe berücksichtigt wurde, muß überprüft werden, ob die Schrift so plazierte wurde, daß der Rand des Sees nicht von Großbuchstaben oder Unterlängen der Kleinbuchstaben überdeckt wird. Ggf. muß der Schriftzug auf der Linie passend verschoben werden. Sollte sich auf der ganzen Linie keine Position finden lassen, so wird die mittige Position gewählt und eine geringfügige Überdeckung der Schrift mit dem Flächenrand akzeptiert.

5.6.3 Kleine Seen

Gewässerflächen, die kleiner sind, als die Fläche der Textbox der zugehörigen Schrift, oder die nicht nach den in Abschnitt 5.6.1 und 5.6.2 beschriebenen Verfahren beschriftet werden konnten, sollen als *kleine Seen* bezeichnet werden. Nach diesen Voraussetzungen ist klar, daß die Schrift kleiner Seen keinen ausreichenden Platz in der Seefläche findet, sondern sich über die Seefläche hinaus in andere Bereiche der Kartenzeichnung erstrecken muß. Daher muß überprüft werden inwieweit Karteninformation verdeckt wird. Auf die Bewertung der Verdeckung von Karteninformation durch Schrift wird in Kapitel 6 eingegangen. Um die Verdeckung wichtiger Karteninformation zu vermeiden, kann es sinnvoll sein, die Beschriftung des Sees vollständig außerhalb der Seefläche anzuordnen.

Die Schrift kleiner Seen verläuft bis auf eine verschwindend geringe Zahl von Ausnahmen horizontal. Deshalb soll hier grundsätzlich von einem horizontalen Schriftverlauf ausgegangen werden. Es entstehen Situationen, wie in Abbildung 5.79 dargestellt.

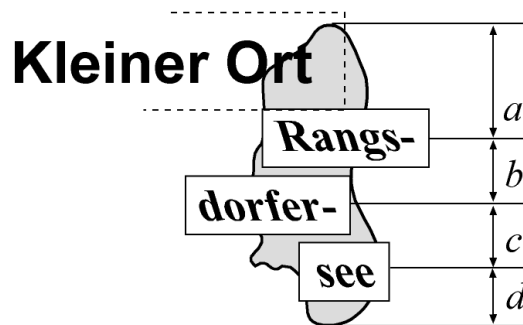


Abbildung 5.79: Beschriftung eines kleinen Sees

Bei *großen* und *mittelgroßen Seen* hat man den Vorteil, daß die Schrift in der Seefläche steht und auf diese Weise keine wesentlichen Elemente der Kartenzeichnung verdeckt. Auch das Kriterium der eindeutigen Zuordnung ist erfüllt, so daß man direkt eine *optimale* Schriftposition aus der Flächengeometrie berechnen kann.

Bei *kleinen Seen* befinden sich zwangsläufig zumindest Teile der Schrift außerhalb der Seefläche. Hier ist die Erzeugung mehrerer Alternativen erforderlich, die anschließend nach Kriterien zu bewerten sind.

Erzeugung von Schriftpositionen

Bei *kleinen Seen* müssen die Schriftzug(-teile) mindestens teilweise in der Seefläche stehen. Im Extremfall berühren sie den Rand der Seefläche von außen. Zu den Namen von Orten ist ein bestimmter Abstand einzuhalten. Weiter gilt, daß bei mehreren Schriftzugteilen die Reihenfolge eingehalten werden muß. Dadurch ist für jeden Schriftzug(-teil) ein Bereich festgelegt, in welchem mögliche Schriftpositionen liegen. Durch die Vorgabe der Reihenfolge entstehen hier gewisse Abhängigkeiten zwischen den Plazierungsmöglichkeiten der einzelnen Schriftzugteile.

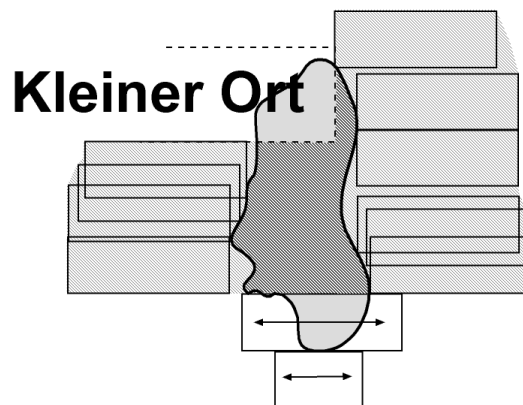


Abbildung 5.80: Beschriftungsbereich für den ersten Schriftzugteil

Das Beispiel in Abbildung 5.80 veranschaulicht den Bereich möglicher Schriftpositionen für den ersten Schriftzugteil. Die oberen und seitlichen Grenzen des Bereichs sind dadurch festgelegt, daß der Schriftzugteil mindestens den Rand der Seefläche berühren muß. Zusätzliche Einschränkungen ergeben sich durch den Namen der Ortschaft. Der letzte Schriftzugteil muß die Seefläche mindestens berühren und der vorletzte Schriftzugteil muß über dem letzten stehen. Dadurch ist der Bereich nach unten begrenzt.

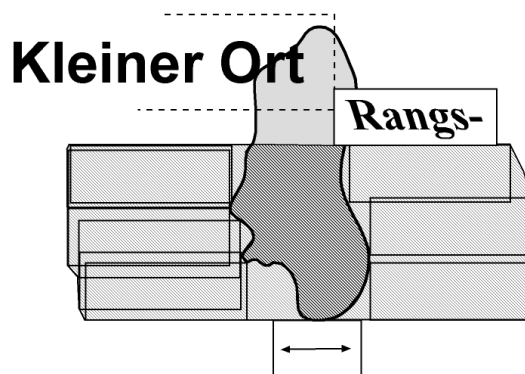


Abbildung 5.81: Beschriftungsbereich für den zweiten Schriftzugteil

Für jede Schriftposition des ersten Schriftzugteils ergibt sich ein Bereich möglicher Schriftpositionen für den zweiten Schriftzugteil (Abbildung 5.81). Durch die Regel, daß der zweite Schriftzugteil unter dem ersten stehen muß, ist die Obergrenze des Beschriftungsbereichs festgelegt. Die Seitengrenzen ergeben sich durch die Bedingung, daß der Flächenrand mindestens berührt werden muß. Der letzte Schriftzugteil muß die Seefläche mindestens berühren und unter dem zweiten Schriftzugteil stehen. Hierdurch ist die Untergrenze des Bereichs festgelegt.

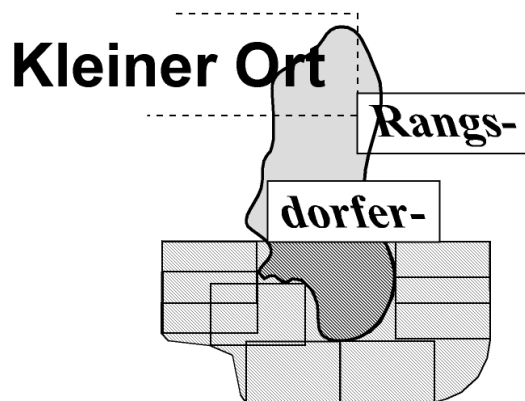


Abbildung 5.82: Beschriftungsbereich für den dritten Schriftzugteil

Die Möglichkeiten zur Platzierung des dritten Schriftzugteils sind von der Position des zweiten Schriftzugteils abhängig (Abbildung 5.82). Diese beschränkt den Beschriftungsbereich nach oben. An den Seiten und nach unten wird der Bereich durch die Bedingung, daß der Flächenrand mindestens berührt werden muß, eingeschränkt.

5.6.4 Kriterium bevorzugte Schriftposition

Bei *großen* und *mittelgroßen Seen* steht die Schrift innerhalb der Seefläche. Daher muß hier weder das Kriterium der eindeutigen Zuordnung von Schrift und Objekt noch die Verdeckung von Karteninformation betrachtet werden. Hier ist allein das Kriterium der bevorzugten Schriftposition ausschlaggebend. Die Position kann direkt berechnet werden.

Bei *kleinen Seen* befinden sich Schriftteile außerhalb der Seefläche, so daß die Betrachtung aller Kriterien aus Abschnitt 4.2 erforderlich ist. Das Kriterium der bevorzugten Schriftposition muß hier mit den anderen Kriterien abgewogen werden. Für die Bewertung dieses Kriteriums sind folgende Teilkriterien zu betrachten.

1. $b = c$ (siehe Abbildung 5.79)
2. $d = a$
3. $a = b = c = d$
4. Ein möglichst großer Teil der Textbox soll in der Seefläche liegen.
5. Die Lage der Textbox zur Gewässerfläche kann folgende Zustände aufweisen, die in der aufgeführten Reihenfolge zu bevorzugen sind:
 - Die Textbox liegt mit ihrem linken Teil in der Fläche und mit ihrem rechten Teil außerhalb (Abbildung 5.79, Silbe: „Rangs-“). Optimal ist eine Anordnung, bei der die Textbox den linken Flächenrand berührt.
 - Die Textbox berührt den rechten Rand der Fläche und ragt links aus der Fläche hinaus (Abbildung 5.79, Silbe: „dorfer-“).
 - Die Textbox liegt mehr oder weniger mittig über der Fläche und ragt zu beiden Seiten aus der Fläche hinaus (Abbildung 5.79, Silbe: „See“).
 - Die Textbox liegt völlig außerhalb der Fläche und berührt den Flächenrand von außen. Hier ist die Lage auf der rechten Seite besser als auf der linken.

5.6.5 Kriterium eindeutige Zuordnung

Bei *großen* und *mittelgroßen Seen* entfällt dieses Kriterium, da durch die Schriftposition in der Fläche die eindeutige Zuordnung der Schrift zum Objekt gegeben ist. Bei *kleinen Seen* stehen Teile der Schrift oder sogar der komplette

Schriftzug außerhalb der Seefläche. Daher kann hier auf eine Betrachtung dieses Kriteriums nicht verzichtet werden. Durch die blaue Farbe des Schriftzuges ist zwar klar, daß es sich um eine Gewässerbezeichnung handelt, trotzdem sind bei einer Kartensituation mit vielen kleinen Seen, die dicht beieinander liegen, Mehrdeutigkeiten denkbar. Um diese auszuschließen muß die Schriftposition folgende Eigenschaften erfüllen.

- Steht eine Textbox ganz außerhalb der Fläche, so muß der Rand der Seefläche von der Textbox berührt werden.
- Die Textbox darf benachbarte Seeflächen weder berühren noch schneiden.

5.6.6 Trennung und Abkürzung von Namen

Bei kleinen und mittelgroßen Seen kann es vorkommen, daß der Name für eine optimale Beschriftung zu lang ist. In diesen Fällen muß der Name getrennt oder abgekürzt werden. Hierbei muß der Vorteil, der durch die Trennung eines Namens für die Schriftplatzierung entsteht, mit den ästhetischen Nachteilen, die eine Trennung mit sich bringt, abgewogen werden.

Das Abkürzen von Namen ist aus ästhetischer Sicht relativ unproblematisch. Es erfordert im allgemeinen aber ein Verzeichnis, in welchem zulässige Abkürzungen für jeden Namen aufgeführt sind. Unabhängig davon können aber Abkürzungen für gebräuchliche Namenszusätze eingeführt werden. Viele Seen tragen im Namen die Zusätze „*klein*“ oder „*groß*“. Hier einige Beispiele aus der Umgebung von Berlin:

- *Großer Müggelsee*
- *Großer Wannsee*
- *Kleiner Zernsee*

Diese Namenszusätze können, um den Platz, den die Schrift in der Karte einnimmt, zu reduzieren, durch „*kl.*“ oder „*gr.*“ abgekürzt werden.

Besteht ein Gewässername aus mehreren Einzelworten, so ist eine Trennung in ganze Worte aus ästhetischer Sicht ohne weiteres vertretbar. Im Namen vieler stehender Gewässer kommt entweder das Wort „*See*“, oder die Endsilbe „*-see*“ vor. Die Trennung der Silbe „*-see*“ vom Hauptwort bringt kaum ästhetische Nachteile und kann, wenn dies eine bessere Schriftpositionierung ermöglicht, ohne weiteres erfolgen. Trennungen von Gewässernamen, die über

das vorgenannte Maß hinausgehen, sind nach ästhetischen Gesichtspunkten negativ zu bewerten. Hier muß eine Abwägung zwischen ästhetischem Vorteil und dem Nachteil, der dadurch bei der Plazierung der Schrift entsteht, stattfinden. Kurze Silben hinterlassen im Kartenbild einen unschönen Eindruck. Deshalb sollten Silben, die durch die Trennung des Schriftzuges einzeln stehen müssen, mindestens vier Buchstaben enthalten. Zulässig wären z.B. folgende Worttrennungen:

- *Rangs-dorfer See*
- *Fahr-lander See*
- *Fänger-see*

Vermieden werden sollten z.B. folgende Trennungen:

- *Rangs-dor-fer See*
- *Fahr-lan-der See*
- *Fän-ger-see*

Informationen über zulässige Trennungen und Abkürzungen können dem Geographischen Namenbuch der Bundesrepublik Deutschland entnommen werden, daß vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) herausgegeben wird.

Kapitel 6

Verdeckung von Karteninformationen durch Schrift

Ein wichtiger Teilaspekt, bei dem Versuch automatisch für ein Kartenobjekt eine geeignete Schriftposition zu finden, ist die Berücksichtigung der Kartengraphik. Geht man davon aus, daß zur Beschriftung eines Kartenobjektes theoretisch zunächst mehrere Positionen in Frage kommen, so erscheint es sinnvoll, die einzelnen Positionen in bezug auf ihre Wechselwirkung mit der Kartenzeichnung zu untersuchen. In dem Maße, in dem durch die Schrift Karteninformation verdeckt wird, kann eine Bewertung der einzelnen Schriftpositionen erfolgen, um diejenige mit der besten Bewertung zu finden. Im folgenden soll untersucht werden, wie die Bewertung einer einzelnen Schriftposition automatisch erfolgen kann. Hierzu werden zunächst die Hintergründe des Konfliktes zwischen Kartengraphik und Kartenschrift erläutert (Abschnitt 6.1).

Den groben Ablauf eines Algorithmus, der eine Schriftposition automatisch bewertet, zeigt das Activitydiagramm 6.1. Dabei wird ebenso wie bei der nachfolgenden Betrachtung davon ausgegangen, daß die Objekte, die die Kartengraphik bilden, in vektorieller Form vorliegen. Wie die Schrift in diesem Kontext geometrisch repräsentiert werden kann, behandelt Abschnitt 6.2.

Den Verlust an Karteninformation kann man grob in zwei Kategorien einteilen. Topologische Informationsverluste sind Informationsverluste, die in bezug auf die Topologie der Kartenobjekte entstehen (Abschnitt 6.4). Die zweite Kategorie bilden Informationsverluste an der Kartenobjektgeometrie. Geometrische Informationsverluste werden geometrietypspezifisch in den Abschnitten 6.5, 6.6 und 6.7 behandelt.

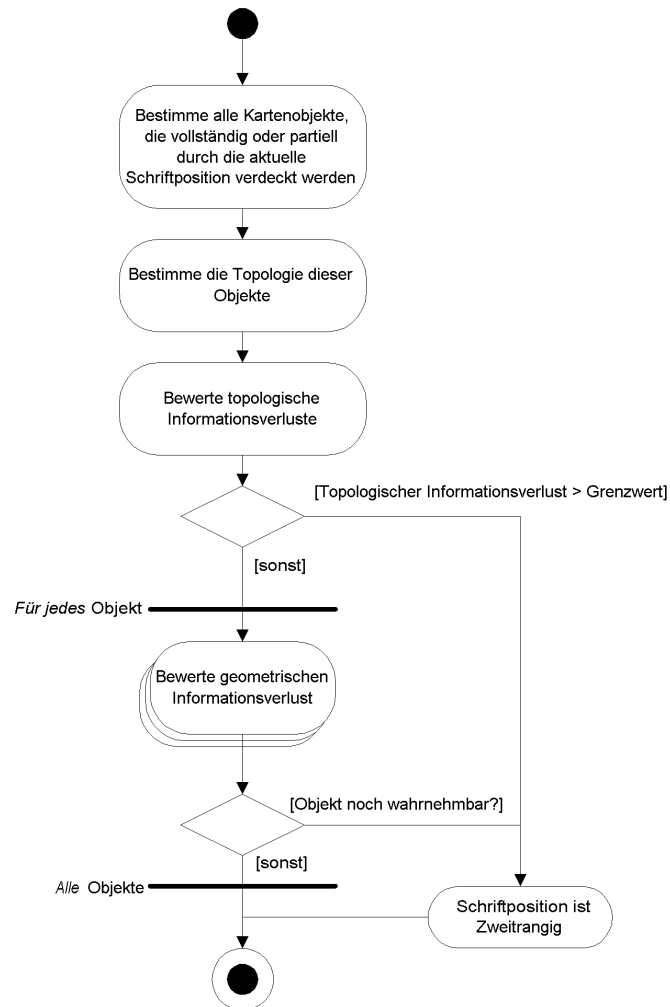


Abbildung 6.1: Bewertung einer möglichen Schriftposition in bezug auf die Verdeckung von Karteninformation unter Berücksichtigung der Topologie

6.1 Konflikt zwischen Kartengraphik und Kartenschrift

Kartengraphik und Kartenschrift konkurrieren in der Karte vielfach um den gleichen Platz. Die Kartengraphik hat hier die „*älteren Rechte*“, da sie bereits vor dem hinzufügen der Schrift vorhanden ist. Eine Anpassung der Kartenzeichnung an die Erfordernisse der Schrift ist allgemein unüblich. Daher kann im Konflikt zwischen Kartengraphik und Kartenschrift nur die Schrift ausweichen. Die Freiheit der Schrift ist dabei nicht beliebig, sondern der Raum, innerhalb dessen die Schrift plaziert werden darf, wird durch die Geometrie des zugehörigen Kartenobjektes bestimmt. Weitere Einschränkungen entstehen durch das Kriterium der *Eindeutigen Zuordnung* (Abschnitt 4.2.1). Vielfach kann die Schrift der Kartengraphik nicht vollständig ausweichen, so daß Teile der Kartengraphik verdeckt werden müssen. Die Schrift ist dabei so zu plazieren, daß möglichst wenig Zeichnungsinformation verloren geht.

„Im Widerstreit des Platzanspruchs muß ein Kompromiß gefunden werden, bei dem eine eindeutige und schnelle Zuordnung der Schrift zum Objekt mit der geringstmöglichen Beseitigung von der Zeicheninformation erreicht wird.“ [Morgenstern 1985]

Der Konflikt zwischen Schrift und Kartengraphik entsteht bzw. verschärft sich mit zunehmendem Schriftgrad, da sich der Platz, den die Schrift in der Karte benötigt, in Abhängigkeit vom Schriftgrad vergrößert. Der Schriftgrad kann keinesfalls beliebig gewählt werden, sondern muß den Minimaldimensionen Rechnung tragen. In der Literatur schwanken die Angaben über den Mindestschriftgrad zwischen 0,6mm und 1,6mm. Bei einem Großteil der Kartenschrift liegt der Schriftgrad deutlich über den Minimaldimensionen. Dies hat folgende Hintergründe:

- Durch die Schrift kann eine Sekundäraussage über die Klassenzugehörigkeit des Objektes gemacht werden. Zur Übermittlung der Sekundäraussage stehen allgemein verschiedene Möglichkeiten der graphischen Zeichenvariation zu Verfügung. Soll die hierarchische Gliederung der Klassen, wie z.B. bei Siedlungsnamen, zum Ausdruck gebracht werden, so verbleibt als sinnvolles Mittel nur die Variation des Schriftgrades. Die hierarchisch niedrigste Klasse muß mindestens entsprechend der Minimaldimensionen beschriftet werden, die folgenden Klassen mit einem ihrer Bedeutung entsprechend größeren Schriftgrad. Der Schriftgrad der einzelnen Klassen muß sich dabei deutlich unterscheiden, damit der Betrachter die Klassenzugehörigkeit schnell erfassen kann.

- Ein weiterer Aspekt, der bei der Wahl des Schriftgrades Berücksichtigung findet, ist die Orientierungsfunktion der Schrift. Durch Wiedererkennen bekannter Namen ist der Betrachter einer Karte in der Lage, sich in der Karte zu orientieren. Damit dem Betrachter die zur Orientierung wichtigen Namen auch bei ggf. größerem Betrachtungsabstand schnell ins Auge fallen, müssen diese einen entsprechend großen Schriftgrad aufweisen.

Der stark anwachsende Schriftgrad bei Klassenbildung und die Notwendigkeit, Schrift mit Orientierungsfunktion entsprechend groß darzustellen, führen dazu, daß Schrift erheblichen Platz in der Karte beansprucht. Infolgedessen läßt sich der Konflikt zwischen Kartengraphik und Kartenschrift in den meisten Fällen nicht vermeiden. Der Verlust an Karteninformation durch Verdeckung der Kartenzeichnung durch Schrift ist möglichst gering zu halten. Vor diesem Hintergrund ist klar, daß bei der automatischen Schriftplatzierung auch die Verdeckung von Karteninformation durch Schrift untersucht werden muß.

6.2 Geometrische Repräsentation von Schrift

Ob ein Kartenobjekt durch eine bestimmte Schriftposition verdeckt wird, kann anhand geometrischer Verschneidung der Objektgeometrie mit der Schrift überprüft werden. Hier stellt sich die Frage, welche Geometrie in diesem Kontext für die Schrift angehalten werden soll. Abbildung 6.2 zeigt hierzu drei Möglichkeiten. Unter *A* ist eine unverdeckte Beispielsituation dargestellt. *B*, *C* und *D* zeigen unterschiedliche geometrische Ausprägungen der Schrift.

In *B* wird die Schrift geometrisch durch ein Umschließendes Rechteck, die Text- oder Labelbox, repräsentiert. Diese Repräsentation hat für die automatische Schriftplatzierung den Vorteil, daß sie geometrisch einfach ist und die Verschneidung mit den darunterliegenden Kartenobjekten rechnerisch relativ schnell erfolgen kann. Für die qualitativ hochwertige Schriftplatzierung erweist sich als Nachteil, daß die Textbox nur eine Näherung für die Flächen darstellt, die tatsächlich durch die Schrift verdeckt werden. Somit werden ggf. Objekte fälschlicherweise als verdeckt identifiziert, die bei detaillierter geometrischer Repräsentation der Schrift nicht verdeckt sind.

Einen Schritt in Richtung einer detaillierten geometrischen Darstellung zeigt *C*. Hier wird die Geometrie der Schrift durch ein umschließendes, rechthöckiges Polygon angenähert. Diese Geometrie verdeckt im Vergleich zur Textbox deutlich weniger Fläche, weil hier die Berücksichtigung von Ober- und Unterlängen erfolgen kann. Diesem Vorteil steht der im Vergleich zur Textbox deutlich größere Aufwand bei der Berechnung des Polygons und der Verschneidung gegenüber.

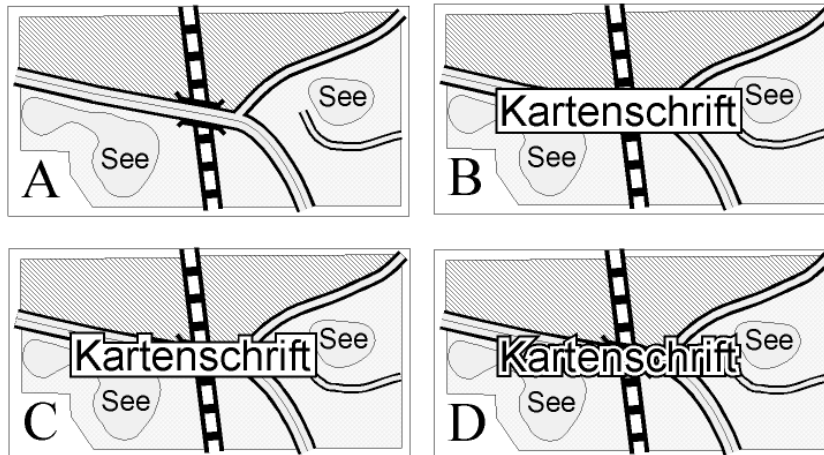


Abbildung 6.2: Möglichkeiten der geometrischen Repräsentation von Schrift

In *D* ist der Bereich dargestellt, der tatsächlich für die Schrift freizustellen ist. Die Schrift wird durch die Geometrie ihrer Buchstaben zuzüglich eines Freistellungsraums repräsentiert. Durch diese geometrische Repräsentation können Verdeckungen von Kartenobjekten sehr genau untersucht werden, was eine hohe Qualität der Bewertung von Schriftpositionen und damit eine hohe Qualität der automatischen Schriftplatzierung ermöglichen würde. Nachteilig ist hier die vergleichsweise komplexe Geometrie, die bei der Verschneidung mit Kartengeometrie zu relativ langen Rechenzeiten führen würde. Aus heutiger Sicht scheidet diese Form der geometrischen Repräsentation von Kartenschrift wegen der zu erwartenden langen Rechenzeiten für die automatische Schriftplatzierung aus.

Für die Implementation eines Systems zur automatischen Schriftplatzierung empfiehlt sich wegen der Einfachheit am ehesten die Repräsentation der Schrift durch ein Rechteck *B*. Bei höheren Ansprüchen an die Qualität kann die Repräsentation durch ein umschließendes, rechwinkliges Polygon *C* erfolgen, wobei man in Kauf nimmt, daß alle Bearbeitungsschritte der automatischen Schriftplatzierung deutlich an Komplexität zunehmen.

Für die nachfolgenden Untersuchungen ist die geometrische Repräsentation der Schrift nicht von entscheidender Bedeutung. Daher wird hier einfachheitshalber vorausgesetzt, daß die Kartenschrift geometrisch durch ihre Textbox repräsentiert wird. Das Verfahren zur Bewertung der Schriftposition, wie es im folgenden beschrieben wird, kann bei einer geometrisch stärker differenzierten Repräsentation der Kartenschrift analog verlaufen.

6.3 Bestimmung der durch Schrift verdeckten Kartenobjekte

In diesem Schritt geht es darum, alle Kartenobjekte, die durch die aktuelle Schriftposition vollständig oder partiell überdeckt werden, zu bestimmen. Durch Verschneidung der Textbox mit der Geometrie jedes Vektorobjektes kann leicht überprüft werden, welche Objekte durch die Schrift überdeckt werden. Bei größeren Datenmengen empfiehlt es sich den Suchraum einschränken, um die Rechenzeit gering zu halten. Hierzu zwei Ansätze:

1. Die Schrift eines Objektes kann in der Karte nicht beliebig stehen, sondern muß einen Objektbezug haben. Dadurch ist ein bestimmter Bereich vorgegeben, in welchem die Kartenschrift stehen kann. Logischerweise können nur Objekte, die innerhalb dieses Bereiches liegen, in Konflikt mit der Schrift geraten. Wenn man eine Datenstruktur vorsieht, die in der Lage ist, für jedes Objekt, das zu beschriften ist, eine Liste der Objekte zu verwalten, die in Konflikt mit der Schrift geraten könnten, so hat man einen relativ schnellen Zugriff auf die relevanten Objekte und muß nicht den gesamten Datenbestand betrachten.
2. Man kann eine Datenstruktur aufbauen, die für jedes Gitterquadrat eine Liste der darin abgebildeten Kartenobjekte enthält. Über die Koordinaten der Textbox, kann man leicht die entsprechenden Gitterquadrate bestimmen, so daß man nur die dort referenzierten Objekte berücksichtigen muß. Dieses Vorgehen wird durch einen *Quad-Baum* ermöglicht. Noch schneller kann die Suche über einen *R-Baum* erfolgen, da dieser besser ausbalanciert ist.

6.4 Verlust topologischer Informationen

Karten enthalten nicht nur Information darüber, wo sich ein Objekt befindet und welche Ausdehnung es im Raum hat, sondern auch Informationen über die räumliche Beziehung der Objekte zueinander. Wie wichtig solche topologischen Informationen sind, kann man sich am Beispiel einer Straßenkarte veranschaulichen. Wenn man aus der Karte nicht ersehen kann, ob und wie Straßen miteinander verbunden sind, wird sich die Karte zur Navigation als unbrauchbar erweisen.

Einige Schriftpositionen können zu einer derart ungünstigen Verdeckung der Kartenzeichnung führen, daß die räumlichen Beziehungen einiger Kartenobjekte untereinander nicht mehr korrekt oder nicht mehr eindeutig aus der Karte

abgelesen werden können. Abbildung 6.3 zeigt unter *A* eine Situation, die topologisch vom Betrachter unterschiedlich aufgefaßt werden kann. Zwei mögliche Interpretationen der Situation zeigen *B* und *C*.

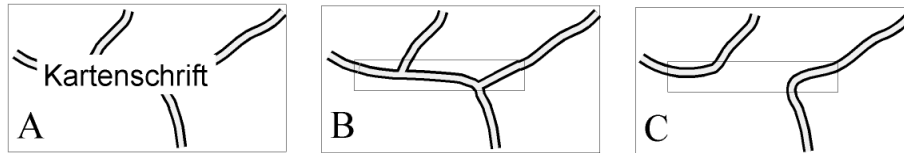


Abbildung 6.3: Mehrdeutige Topologie durch Verdeckung mit Kartenschrift

Unterbewußt neigt man dazu, die Situation *B* als wahrscheinlich anzunehmen, weil die Schrift eine optische Brücke zwischen den Linienenden bildet; objektiv wäre die Situation *C* aber ebenso gut denkbar. Es tritt ein Verlust an topologischer Information auf, da die Topologie der Objekte nicht mehr eindeutig aus der Karte erkennbar ist. Werden Kreuzungspunkte von Linien unterschiedlicher Objektarten verdeckt, kann keine Aussage mehr gemacht werden, welche der Linien oben und welche unten verläuft. Auch hier geht Information über die Topologie verloren. Daß sich solche Fälle nicht nur theoretisch konstruieren lassen, sondern durchaus Relevanz für die Praxis der Kartenbeschriftung aufweisen, zeigen die Abbildungen 6.4 und 6.5.



Abbildung 6.4: TÜK 200 - Verdeckung von Karteninformation

Der Kartenausschnitt einer TÜK 200 von Berlin zeigt deutlich den Konflikt zwischen Schrift und Kartengraphik. Da die Schrift relativ groß ist, kommt

es dazu, daß kleine Straßen ganz oder teilweise verdeckt werden. Das Straßennetz kann in den Bereichen, wo Schrift plaziert wurde, nicht mehr in der Weise interpretiert werden, wie es ohne Schrift der Fall wäre. Es treten in geringem Maße auch Informationsverluste topologischer Natur auf. Dabei ist zu beachten, das hier die Schrift von Hand durch einen Kartographen recht optimal plaziert wurde. Man kann sich leicht vorstellen, daß die Schrift an anderer Stelle weitaus größere Informationsverluste hervorrufen würde.

Insbesondere bei der Beschriftung großer Städte hat man das Problem, daß die Schrift, wegen der Bedeutung dieser Städte, relativ groß sein muß. Dadurch wird in einem Bereich der Karte, der ohnehin schon viel Information aufnehmen muß, eine relativ große Fläche beansprucht. In einem dichten Raum, wie Berlin, kann eine Schriftposition ohne Informationsverluste nicht gefunden werden; man muß aber versuchen, diese Verluste klein zu halten. So wurde bei der Plazierung der Schrift offensichtlich darauf geachtet, daß keine Kreuzungspunkte wichtiger Straßen oder Eisenbahnlinien verdeckt werden, so daß die wichtigen Informationen über die Topologie des Verkehrsnetzes erhalten bleiben.

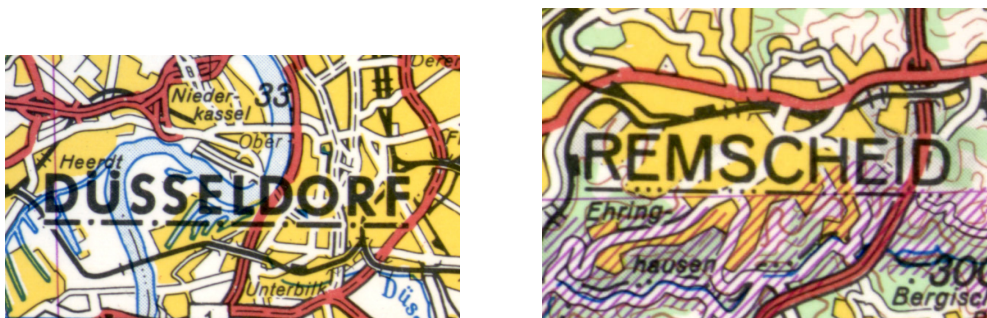


Abbildung 6.5: Übersichtskarte WBK III Originalmaßstab 1 : 250.000

Eine Kartendarstellung, die, wie in Abbildung 6.4, die Bebauungsstruktur wiedergibt, ist in der Produktpalette der vektordatenbasierten modernen digitalen Kartographie im Maßstabsbereich ab 1 : 200.000 nicht mehr vorgesehen. In Abbildung 6.5 werden zwei Beispiele gezeigt, die der Kartensituation einer vektordatenbasierten Karte eher entsprechen. Der Kartenausschnitt von Düsseldorf zeigt eine sehr gute Schriftplatzierung. Es werden zwar viele Kartenobjekte verdeckt, die Topologie insbesondere des Verkehrsnetzes läßt sich aber gut erkennen. Lediglich im Bereich der Buchstaben „O“ und „R“ ist die Situation etwas unklar. Trotz der großen Dichte von Kartenobjekten konnte noch eine brauchbare Schriftposition gefunden werden. Weniger günstig ist die Schrift der Stadt Remscheid plaziert. Im Bereich der Buchstabenfolge „SCH“ ist der Verlauf der Verkehrswege weitgehend unklar. Der Betrachter weiß nicht genau,

ob und an welcher Stelle die Straßen miteinander verbunden sind. Hier handelt es sich um ein praktisches Beispiel zu der in Abbildung 6.3 dargestellten Situation.

Die Analyse über den Verlust topologischer Information steht im Activitydiagramm 6.1 aus drei Gründen an vorderer Stelle:

- Die Erkennbarkeit der Topologie von Kartenobjekten kann entscheidenden Einfluß auf die Brauchbarkeit der Karte haben. Eine Straßenkarte, in der Kreuzungsbereiche so überdeckt sind, daß die Verknüpfung der Straßen nicht mehr erkennbar ist, kann nur noch eingeschränkt zur Navigation genutzt werden.
- Die Geometrie mehrerer Kartenobjekte muß hier im Kontext analysiert werden. Bei der Untersuchung geometrischer Informationsverluste ist eine Einzelbetrachtung der Kartenobjekte ausreichend.
- Aus dem ersten Punkt folgt, daß Schriftpositionen, die zu Mehrdeutigkeiten bei der Interpretation der Karte führen, in den meisten Fällen unhaltbar sind und daher für die Beschriftung ausscheiden. Hier kann auf eine weitere Untersuchung verzichtet werden, wodurch Rechenzeit eingespart wird. Nur wenn alle möglichen Schriftpositionen zu topologischen Informationsverlusten führen, ist eine differenzierte Betrachtung notwendig.

Ist das zu beschriftende Kartenobjekt von untergeordneter Bedeutung und läßt sich keine Schriftposition ohne topologische Beeinträchtigung des Kartenbildes finden, so muß der Verlust an topologischer Information gegen die Wichtigkeit der Schrift abgewogen werden. Im Extremfall hat man nur die Wahl, entweder die Schrift nicht zu setzen oder entsprechende Informationsverluste hinzunehmen.

Die Untersuchung, in welchem Ausmaß ein Verlust an topologischer Information durch die Verdeckung von Kartenobjekten durch Schrift auftritt, ist nicht zuletzt deshalb eine diffizile Angelegenheit, weil die Kartenobjekte im Kontext untersucht werden müssen. Ein Beispiel hierzu wird in Abbildung 6.6 vorgestellt. Die Fläche eines Sees (*A*) wird in der Weise überdeckt, daß nicht mehr eindeutig ist, ob es sich um einen See (*B*) oder um zwei Seen (*C*) handelt.

Durch die Betrachtung weiterer Kartenobjekte kann, wie in Abbildung 6.7 gezeigt, diese zunächst mehrdeutige Situation wieder eindeutig interpretierbar werden. Da es äußerst unwahrscheinlich ist, daß die beiden Straßenenden vor dem Ufer eines großen Sees enden oder durch eine Brücke über den See hinweg

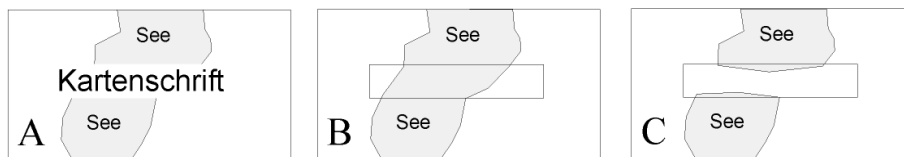


Abbildung 6.6: Verlust topologischer Information

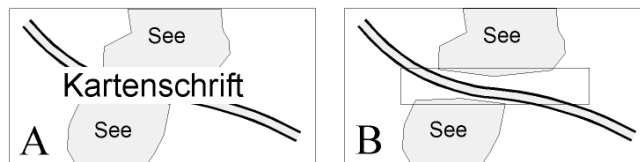


Abbildung 6.7: Eindeutige Situation durch Kontext der Kartenobjekte

verbunden werden, ist davon auszugehen, daß es sich, wie in (B) dargestellt, um zwei Seen handelt. Es wird auch klar, daß die Objektart der einzelnen Kartenobjekte bei der geometrischen Interpretation von entscheidender Bedeutung ist.

6.4.1 Topologie zur Bestimmung von Informationsverlusten

Zur Bestimmung topologischer Informationsverluste benötigt man Informationen über die Topologie. Wenn diese nicht explizit in der Datenbasis enthalten sind, muß aus dieser eine Struktur erzeugt werden, welche topologische Informationen enthält. Die Topologie leitet sich aus der Geometrie ab. Neben der Geometrie und Topologie der Objekte ist zur Beurteilung der Informationsverluste Spezialwissen erforderlich. Eine Straße kann beispielsweise auf eine Autobahn münden aber nicht auf eine Eisenbahnlinie. Die Straße kann die Eisenbahnlinie überqueren, unterqueren oder ebenerdig kreuzen. Einen Fluß kann die Straße allgemein nur durch eine Brücke überqueren, etc. Die Geometrie eines linienhaften Objektes muß nicht nur über die Information verfügen, daß sie eine Linie ist, sondern zusätzlich wissen, welche Bedeutung sie hat und wie diese Bedeutung in Beziehung zu den Bedeutungen anderer Objekte steht. Dieses Spezialwissen muß im System vorhanden sein. Seine Parameter sollten zur Anpassung an flexible Karteninhalte konfigurierbar sein.

Im folgenden wird dargestellt, welcher Art topologische Information sein muß, damit sie zur Bewertung topologischer Informationsverluste in kartographischen Darstellungen Verwendung finden kann. Hierzu zeigt Abbildung 6.8 die

schematische Skizze einer Kartensituation. Auf eine Hauptstraße münden zwei Nebenstraßen. Eine Bahnlinie zieht sich von Nord nach Süd, wobei sie einmal über und einmal unter der Straße geführt wird. Es gibt zwei kleine Seen. Die schraffierte Fläche könnte Wald sein.

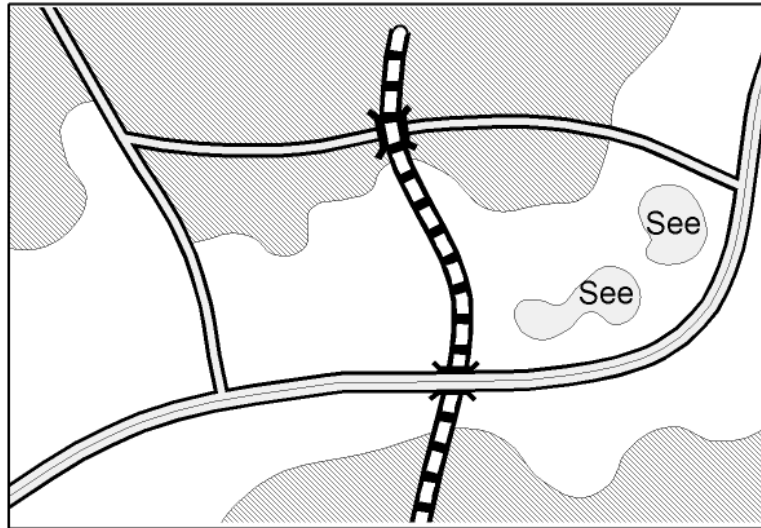


Abbildung 6.8: Skizze einer Kartensituation

Abbildung 6.9 zeigt die zur Situation in Abbildung 6.8 zugehörige Topologie. Knoten entstehen an den Stellen, wo mindestens drei Linien, die aus fachlicher Sicht verknüpft sein können, aufeinandertreffen. Ein Knoten hat daher mindestens die Ordnung drei. Es gibt zwei Arten von Knoten. Im ersten Fall können die Linien nur einfach verknüpft sein, im zweiten Fall gehört zu dem Knoten eine Information darüber, welche Objektart über bzw. unter der anderen verläuft. Solche Knoten werden im folgenden als *Relationsknoten* bezeichnet. In unserem Beispiel gibt es zwei Relationsknoten. Sie entstehen an den Stellen, wo die Bahnlinie die Straßen kreuzt. In der Darstellung sind sie mit einem „R“ gekennzeichnet. Damit eine Linie über bzw. unter der anderen verlaufen kann, müssen Relationsknoten mindestens die Ordnung vier haben.

Die Verbindungslinien zwischen zwei Knoten sind die Kanten. Das Ende einer Kante ist entweder ein Knoten, oder die Kanten sind an einem Ende offen. Dies gilt hauptsächlich für Kanten im Randbereich. Eine Verbindung zwischen zwei Knoten besteht aus genau einer Kante, unabhängig davon, ob die Liniengeometrie aus mehreren Stücken besteht. Maschen sind Bereiche, die von einer geschlossenen Kantenfolge eingegrenzt sind. Innerhalb einer Masche können mehrere Flächengeometrien vorhanden sein.

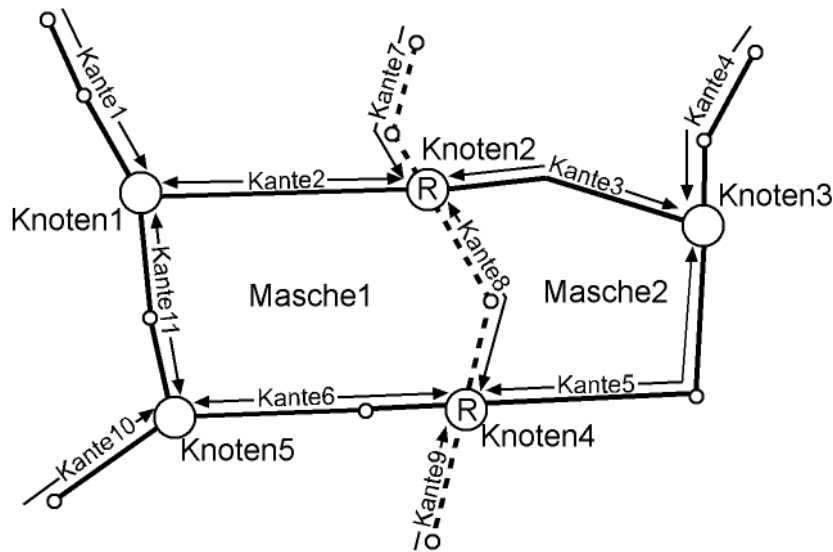


Abbildung 6.9: Topologie der Kartensituation aus Abbildung 6.8

Zusammenfassung Topologie

- Knoten:** Schnittpunkt von mindestens drei Linien, die so verknüpft sein können, daß sie eine Kreuzung bilden.
- Relationsknoten:** Schnittpunkt von mindestens vier Linien, die im Sinne einer Über-/Unterführungsrelation miteinander in Beziehung stehen.
- Kanten:** Verbinden Knoten. Das Ende einer Kante ist entweder ein Knoten oder bei einer Kante im Randbereich offen.
- Maschen:** Ein durch eine Kantenfolge eingegrenzter Bereich.

6.4.2 Analyse der Linientopologie

Zunächst soll untersucht werden, in welchen Fällen topologische Information bei linienhaften Objekten verloren geht. Es wird davon ausgegangen, daß alle Objekte, die durch eine bestimmte Schriftposition verdeckt werden, bekannt sind. Unter diesen sind die linienhaften Objekte anhand ihrer Objektart in Gruppen einzuteilen, die topologisch verknüpft sein können. Eine Gruppe wären die *Straßen*, die z.B. aus den Objektarten *Hauptstraße*, *Nebenstraße* und

Feldweg gebildet werden könnte. Alle diese Objektarten können theoretisch topologisch verknüpft sein, da z.B. eine Nebenstraße in eine Hauptstraße münden kann. Weitere Gruppen könnten sein: *Gleise*, *fließende Gewässer* und *Höhenlinien*. Welche Objektarten eine Gruppe bilden, ist von der Kartenthematik abhängig und sollte durch den Benutzer konfigurierbar sein.

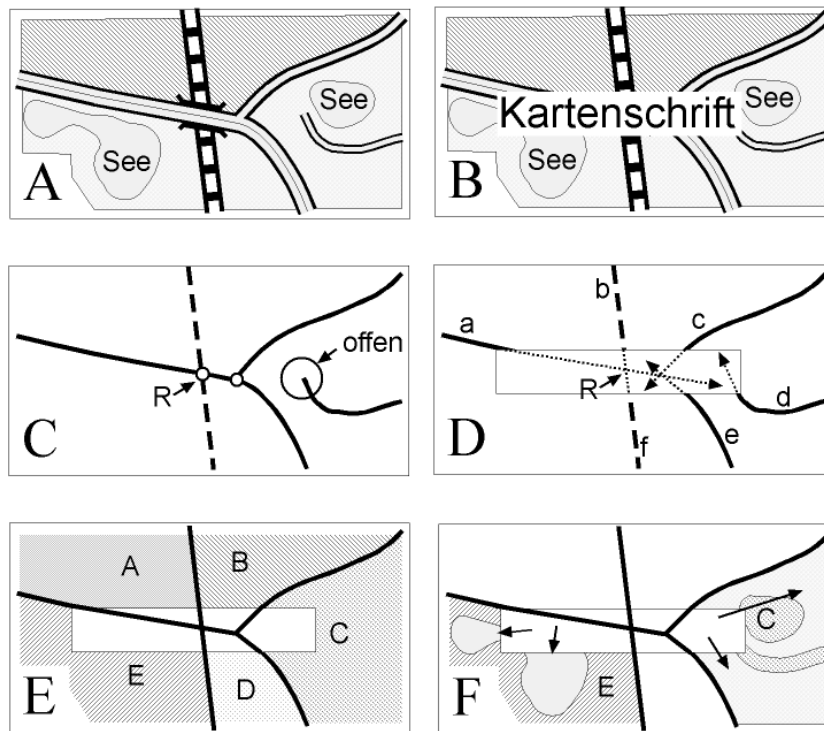


Abbildung 6.10: Bestimmung topologischer Informationsverluste

Hat man die Einteilung in Gruppen vorgenommen, so erhält man durch Verknüpfung der einzelnen Linien ein Netz. Abbildung 6.10 zeigt das Beispiel einer sehr ungünstigen Schriftposition, an der hier die Möglichkeiten zur Erfassung und Bewertung topologischer Informationsverluste in Folge von Schriftüberdeckung untersucht werden sollen. Unter (A) ist die Ausgangssituation ohne Schrift dargestellt. Eine Hauptstraße, die von West nach Süd-Ost verläuft; eine Nebenstraße, die von Nord-Osten einmündet; ein Waldweg, der von Osten kommt und an einem kleinen See endet. Die schraffierten Flächen im Norden könnten Acker sein, die Flächen im Süden Wald. (B) zeigt, wie ein Schriftzug in diese Situation gebracht wird. Zahlreiche Objekte, unter anderem auch Kreuzungsbereiche, werden verdeckt. Unter (C) sieht man nun, wie das topologische Liniennetz für die Situation aussieht. Die durchgezogenen Linien

symbolisieren die Gruppe der *Straßen*, die gestrichelten Linien die Gruppe der *Gleise*. Diese *Ist-Situation* kann man auf drei topologische Sachverhalte hin untersuchen.

- Anzahl und Ordnung der Kreuzungen innerhalb einer Gruppe
- Anzahl der Über- und Unterführung von Linien verschiedener Gruppen
- Anzahl der offenen Enden

Die Verdeckung von Kreuzungen ist immer ungünstiger zu bewerten, als die Verdeckung eines einfachen Liniensegments. Die Verdeckung der Kreuzung ist mit zunehmender Ordnung, d.h. Anzahl der Linien, die auf die Kreuzung führen, negativer einzustufen.

Linien unterschiedlicher Gruppen können keine Kreuzung bilden, sonst wären sie in der gleichen Gruppe. Hier muß in der Natur die eine Linie über oder unter der anderen verlaufen. Die Verdeckung solcher Über- oder Unterführungen ist ungünstig, weil der Betrachter nicht erkennen kann, welche Linie oberhalb, und welche unterhalb verläuft. Ausnahmen können hier bestimmte Objektarten bilden. Eine Straße verläuft z.B. meistens auf einer Brücke über einen Fluß.

Besonders schwerwiegend ist die Verdeckung von offenen Enden oder einfacher ausgedrückt von „*Sackgassen*“. Offene Enden sind in Karten des Maßstabs 1:200.000 im allgemeinen recht selten, so daß der Betrachter der verdeckten Situation nicht ohne weiteres ein offenes Ende vermutet. Doch selbst wenn klar ist, daß es sich um ein offenes Ende handelt, weil nur eine Linie einer Gruppe in den verdeckten Bereich läuft, weiß der Betrachter nicht, wo sich in der Natur das Ende des Linienobjektes befindet.

In Abbildung 6.10 sieht diese Bilanz der *Ist-Situation* folgendermaßen aus.

- Eine Kreuzungen der Ordnung 3
- Eine Eisenbahnunterführung
- Ein offenes Ende

Durch die Analyse der *Ist-Situation* kann man erfassen, welche Information dem Betrachter der Kartensituation vorenthalten wird, und so zu einer Bewertung kommen. Ein weiterer Aspekt der Bewertung ist das Ausmaß der Unsicherheit des Betrachters über die Topologie der verdeckten Situation. Hierzu ist neben der *Ist-Situation* auch die *Kann-Situation* zu betrachten. Diese versucht

Möglichkeiten zu erfassen, wie die Situation im verdeckten Bereich theoretisch aussehen könnte. Die Möglichkeiten, die sich hier ergeben, sind von den Kanten abhängig, die in den verdeckten Bereich hinein laufen. Diese geben dem Betrachter folgende direkt beobachtbare Information.

- Anzahl der Gruppen von Linien, die verbunden sein können
- Anzahl der Kanten jeder Gruppe
- Richtung der Kanten

Für das Beispiel in Abbildung 6.10 sieht die Bilanz für die ersten beiden Punkte folgendermaßen aus.

- 2 Gruppen (Straßen und Gleise)
- 4 Kanten der Gruppe Straßen, 2 Kanten der Gruppe Gleise

Aus diesen Informationen kann der Betrachter Rückschlüsse auf die Situation im verdeckten Bereich ziehen. Hierbei stellt er Überlegungen an, welche Möglichkeiten es zur Verbindung der Kanten gibt. Je komplexer sich die Situation darstellt, desto mehr Möglichkeiten kommen in Betracht und desto mehr Zeit benötigt der Kartenleser für den Interpretationsversuch. Um die Komplexität der verdeckten Situation zu erfassen, lassen sich folgende Größen ableiten.

- Anzahl der Möglichkeiten, die Linien einer Gruppe miteinander zu verbinden
- Anzahl der Möglichkeiten für Über- und Unterführungen
- Wahrscheinliche Anzahl von Über- und Unterführungen

Die Anzahl der Möglichkeiten, die Linien einer Gruppe miteinander zu verbinden, und die Anzahl der Möglichkeiten für Über- und Unterführungen lassen sich durch Kombinatorik aus der Anzahl der Kanten jeder Gruppe und der Anzahl der Gruppen sowie der Anordnung der Kanten ableiten. Die Untersuchung der wahrscheinlichen Anzahl ist deshalb interessant, weil jede verdeckte Unter- bzw. Überführung zwangsläufig eine topologische Unsicherheit mit sich bringt. Zur Ermittlung dieser Größe wird auch die Richtung der Kanten, die in den verdeckten Bereich laufen, benötigt.

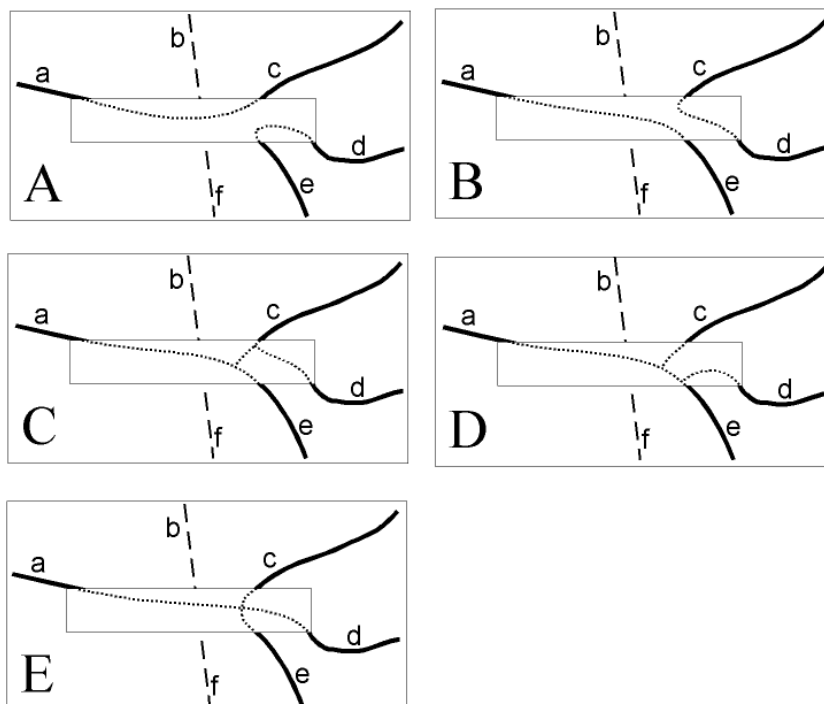


Abbildung 6.11: Möglichkeiten zur Verbindung von vier Linien

Anzahl möglicher Linienverbindungen

Einen Überblick über die Anzahl der möglichen Linienverbindung des Beispiels aus Abbildung 6.10 gibt Abbildung 6.11. Hier gibt es unter der Annahme, daß keine offenen Enden existieren, fünf Möglichkeiten, wie die Linientopologie aussehen könnte. Es ist zu beachten, daß nicht alle Möglichkeiten gleich wahrscheinlich sind. (A) und (E) sind sehr unwahrscheinlich, da die Linien *a* und *e* zur gleichen Objektart gehören und daher sehr wahrscheinlich direkt verbunden sind. Die Anzahl der Möglichkeiten steigt mit der Anzahl der Linien schnell an.

- 3 Linien : 1 Möglichkeit (alle drei Linien kreuzen sich)
- 4 Linien : 5 Möglichkeiten (siehe Abbildung 6.11)
- 5 Linien : 16 Möglichkeiten
- 6 Linien : über 50 Möglichkeiten

Obige Angaben gehen davon aus, daß alle Möglichkeiten der Verbindung und Kreuzung möglich sind. Bei bestimmten Objektarten existieren hier naturgemäß Einschränkungen. Höhenlinien können keine Kreuzungen bilden. Auch die Verbindungsinformation, wie die Linienenden verbunden sind, ergibt sich bei Höhenlinien häufig aus dem übrigen Karteninhalt.

Weiter stellt sich die Frage nach der Behandlung von offenen Enden. Der Betrachter einer verdeckten Kartensituation geht normalerweise nicht davon aus, daß sich im verdeckten Bereich offene Enden befinden. Daher ist die Betrachtung offener Enden bei der Analyse der Verbindungsmöglichkeiten der *Kann-Situation* nicht erforderlich. Sind in der *Ist-Situation* offene Enden vorhanden, so finden sie dort bei der Bewertung Berücksichtigung.

Anzahl möglicher Über-/Unterführungen

Ein weiterer Aspekt bei der Analyse der *Kann-Situation* ist die Untersuchung, wieviele Möglichkeiten es für Über- bzw. Unterführungen gibt. Einen Überblick, welche Möglichkeiten in unserem Beispiel existieren, gibt Abbildung 6.12.

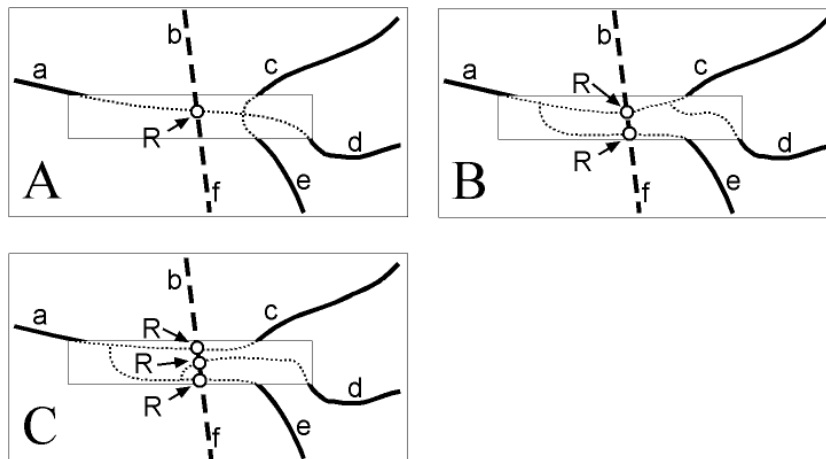


Abbildung 6.12: Möglichkeiten für Über-/Unterführungen

In unserem Beispiel muß es aus topologischen Gründen mindestens eine Über- oder Unterführung geben. Bei entsprechendem Verlauf der Straßen sind auch zwei oder drei Über-/Unterführungen denkbar. Dabei wird davon ausgegangen, daß jeweils zwei Linien nur an einer gemeinsamen Unter- bzw. Überführung beteiligt sind. Es wäre theoretisch denkbar, daß eine Straße in Windungen verläuft und sich so mehrfach mit der Bahnlinie schneidet. Auf diese Weise wären beliebig viele Relationsknoten denkbar. Da dieser Fall sehr un-

wahrscheinlich ist, wird er hier nicht weiter betrachtet. Die mögliche Anzahl von Über-/Unterführungen ist von der Anzahl der Linien, den Objektarten der Linien und ihrer Anordnung abhängig. Die drei Möglichkeiten für Über-/Unterführungen in Abbildung 6.12 sind nicht gleich wahrscheinlich, sondern der Betrachter würde die Situation in (A) als zutreffend empfinden. Daher erscheint es sinnvoll, die Wahrscheinlichkeit von Situationen im verdeckten Bereich zu untersuchen.

Wahrscheinlichkeit von Situationen

Bei der Verbindung der Kanten, die in einen verdeckten Bereich hinein laufen, ergibt sich aus kombinatorischer Sicht eine bestimmte Anzahl von Möglichkeiten für mögliche Kreuzungen bzw. Über-/Unterführungen. Hierzu werden von den durch den Betrachter visuell erfassbaren Größen, die Anzahl der Kanten je Gruppe, die in den durch Schrift verdeckten Bereich hinein laufen, ausgewertet. Zusätzlich verfügen die Kanten aber noch über eine Richtungsinformation. Diese verwendet der Betrachter, um sich eine Vorstellung davon zu machen, wie die Situation im von Schrift verdeckten Bereich aussieht. Daher erscheinen ihm bestimmte Situationen wahrscheinlicher als andere.

Die Betrachtung der Wahrscheinlichkeit von Situationen ist auch deshalb interessant, weil man so eine Aussage über die wahrscheinliche Anzahl von Unter- bzw. Überführungen machen kann. Diese stellen, wenn sie von Schrift verdeckt werden, immer eine Informationsunsicherheit dar, weil man nicht weiß, welche Linie oberhalb bzw. unterhalb verläuft.

Für die Analyse der Wahrscheinlichkeit von Situationen, ist die Richtung der Kanten, die in den verdeckten Bereich laufen, von Bedeutung. Abbildung 6.13 (A) zeigt die Verlängerung der Kanten aus dem Beispiel Abbildung 6.10 durch ihre Tangenten.

Die Tangenten zu untersuchen, reicht an dieser Stelle nicht aus, da die Linien der Kanten im verdeckten Bereich auch gekrümmt weiter verlaufen können. Um dies zu erfassen, wird um jede Tangente ein Kegel angelegt (Abbildung 6.13 (B)). Hier sind nur die Kegel für die Gruppe der Straßen dargestellt. Die Öffnung des Kegels und damit das Ausmaß der Abweichung der Linienführung von der Tangente hängt davon ab, wie stark die Linie vor ihrem Eintritt in den verdeckten Bereich gekrümmt war. Dementsprechend läßt sie auch für ihren weiteren Verlauf gekrümmtes Verhalten erwarten, so daß der Öffnungskegel entsprechend größer ausfallen muß.

Die Überschneidungsbereiche der Kegel (Abbildung 6.13 (C)) sind die Bereiche, in welchen mit hoher Wahrscheinlichkeit ein Knoten liegt. So erhält man als

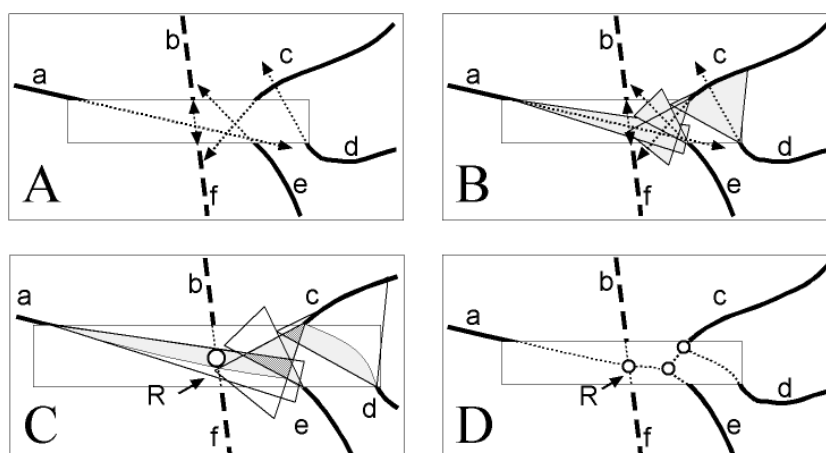


Abbildung 6.13: Bestimmung der wahrscheinlichen Situation

Ergebnis, daß die Situation in Abbildung 6.13 (D) die wahrscheinlichste ist. Dies ist auch das Ergebnis, zu dem der Betrachter der verdeckten Kartensituation kommen dürfte.

Um weniger wahrscheinliche Situationen zu konstruieren, muß lediglich die Öffnung der Kegel vergrößert werden. Dadurch erhält man eine größere Menge von Möglichkeiten für die Lage von Knoten, in der auch die weniger wahrscheinlichen Fälle enthalten sind.

Die Betrachtung der Wahrscheinlichkeit von Situationen in von Schrift verdeckten Bereichen ist sehr rechenaufwendig. In den meisten Fällen, wird man auch ohne diese detaillierte Analyse zu brauchbaren Bewertungen für Schriftpositionen kommen. Vor diesem Hintergrund sollte man überlegen, ob man die Analyse der *Kann-Situation* nicht einfacher gestaltet und sich auf die Bewertung anhand der Anzahl der Kanten pro Gruppe, die in den verdeckten Bereich laufen, beschränkt.

6.4.3 Analyse der Flächentopologie

Gemäß der in Abschnitt 6.4.1 getroffenen Festlegungen für die Ausprägung des topologischen Netzes im Hinblick auf die Untersuchung von Informationsverlusten können Flächen nur vollständig innerhalb von Maschen liegen. Eine Masche kann aber mehrere Flächen enthalten. Hierbei ist die Begrenzungslinie der Flächen von so untergeordneter Bedeutung, daß sie nicht als Kante im topologischen Netz repräsentiert wird. Die *Masche 2* aus Abbildung 6.9 enthält

z.B. in Abbildung 6.8 vier Flächen: Wald, Acker und zwei Seen. Die Begrenzungslinien der Seen sowie die Grenze zwischen Wald und Acker sind wegen ihrer untergeordneten Bedeutung nicht Bestandteil des topologischen Netzes.

Maschen werden durch das topologische Liniennetz eingeschlossen. Sollte der Fall auftreten, daß eine Masche vollständig durch die Schrift überdeckt wird, so ist dieser Fall sehr negativ zu bewerten, da dies den vollständigen Wegfall aller Flächenobjekte innerhalb dieser Masche in der Kartengraphik bedeutet. In den meisten Fällen werden die Maschen nur teilweise überdeckt, so daß die Linien des topologischen Netzes den Bereich um die Textbox in Sektoren einteilen. In Abbildung 6.10 (*E*) entstehen fünf Sektoren, die mit Großbuchstaben von *A* bis *E* bezeichnet sind.

Da eine Fläche nicht in mehreren Maschen und damit nicht in mehreren Sektoren liegen kann, können topologische Informationsunsicherheiten in bezug auf die Flächen sektorenweise untersucht werden. Von den Flächeninformationen in einer Masche ist nur der Teil interessant, der von der Textbox verdeckt wird. Sobald innerhalb eines Sektors mehr als eine Teilfläche einer Objektart an die Textbox grenzen, handelt es sich um eine topologische Informationsunsicherheit. Dabei spielt es keine Rolle, ob beide Teilflächen zu einer Fläche gehören oder nicht. Diesen Sachverhalt soll Abbildung 6.10 (*F*) veranschaulichen. In den Sektoren *A*, *B*, und *D*, grenzt jeweils nur eine Objektart an die Textbox. Hier ist die Situation klar. Im Sektor *E* grenzen zwei Teilflächen der Objektart *stehendes Gewässer* an die Textbox. Der Betrachter kann nicht zweifelsfrei entscheiden, ob es sich um eine oder um zwei Gewässerflächen handelt. Eine ähnliche Situation besteht in Sektor *C*; zwei Teilflächen der grauen Fläche, die z.B. Wald sein könnte, grenzen an die Textbox. Falls der Waldweg in die Straße einmündet, handelt es sich um zwei Flächen, ist der Waldweg ein offenes Ende, so handelt es sich um eine Fläche.

Vielfach interessiert den Betrachter nicht so sehr, ob es sich um zwei Waldflächen handelt, sondern ob es sich bei dem Waldweg um ein offenes Ende handelt. Diese Informationsunsicherheit wird bei der Betrachtung der Lini-entopologie in Abschnitt 6.4.2 erfaßt. Die Information über die Anzahl von Waldflächen ist deshalb weniger bedeutend, weil es sich bei einer Waldfläche weniger um ein Flächenobjekt als vielmehr um eine Flächennutzung handelt. Seen werden eher als Objekte wahrgenommen. Daher ist hier die Frage, ob es sich um einen oder zwei Seen handelt, bedeutender. Es zeigt sich, daß das Gewicht der topologischen Unsicherheit in bezug auf Flächen von der Objektart abhängig ist. Diese Gewichte sollten für unterschiedliche Fachsichten und Anforderungen konfigurierbar sein.

6.4.4 Verzicht auf direkte Betrachtung der Topologie

Vielfach wird auf eine explizite Betrachtung der Topologie bei Verdeckung von Karteninformation durch Schrift verzichtet. Der Hauptvorteil dieses Vorgehensweise liegt darin, daß ein relativ komplizierter Rechenschritt entfällt und so weniger Rechenzeit beansprucht wird. Man folgt hierbei dem Ansatz:

Bei Schriftpositionen, die viel Karteninformation verdecken, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, daß topologische Information verdeckt wird.

Man betrachtet die Topologie nicht weiter und vertraut darauf, daß man Positionen, die topologische Information verdecken, nach der Bewertung der Verdeckung von Einzelobjekten ausscheidet. Dies ist ein akzeptabler Ansatz, der aber nicht in allen Situationen zu optimalen Ergebnissen führt. Ein Beispiel hierzu zeigen die Abbildungen 6.6 und 6.7. In Abbildung 6.7 werden zwar mehr Kartenobjekte verdeckt als in Abbildungen 6.6, trotzdem tritt hier kein Verlust an topologischer Information auf. Der vereinfachte Ablauf der Untersuchung einer Schriftposition auf Verdeckung von Karteninformation ohne explizite Analyse der Topologie zeigt das Activitydiagramm 6.14. Die Bewertung geometrischer Informationsverluste wird im folgenden behandelt.

6.5 Verdeckung eines Flächenumrings

Bei der Verdeckung von Karteninformation treten nicht nur Informationsverluste topologischer Natur auf, sondern auch die Geometrie der verdeckten Objekt ist nicht mehr vollständig erkennbar. Die Analyse geometrischer Informationsverluste bedarf ausschließlich der Objektgeometrie und kann daher objektweise durchgeführt werden. Der Gesamtwert für die geometrischen Informationsverluste, die eine Schriftposition hervorruft, wird aus der Summe der Einzelbewertungen der Objekte gebildet. Im folgenden soll eine Methodik zur Bewertung geometrischer Informationsverluste vorgestellt werden. Diese läßt sich besonders anschaulich am Beispiel von Flächen herleiten.

Häufig läßt es sich bei der Beschriftung von Karten nicht vermeiden, daß ein Schriftzug einen Flächenumring überdeckt. Diese Situation kann z.B. aus dem Konflikt zwischen Kartenschrift und Kartengraphik entstehen oder wenn ein flächenhaftes Objekt mit kleiner Fläche beschriftet wird, so daß ein Teil des Schriftzuges aus der Fläche hinausragt und dabei den Flächenumring verdeckt. Dies verursacht im Kartenbild das Fehlen eines Teilstücks aus dem Flächenumring. Der Flächenumring ist beschädigt. Zur Bewertung von möglichen Schriftpositionen im Rahmen einer qualitativ hochwertigen Kartenbeschriftung reicht

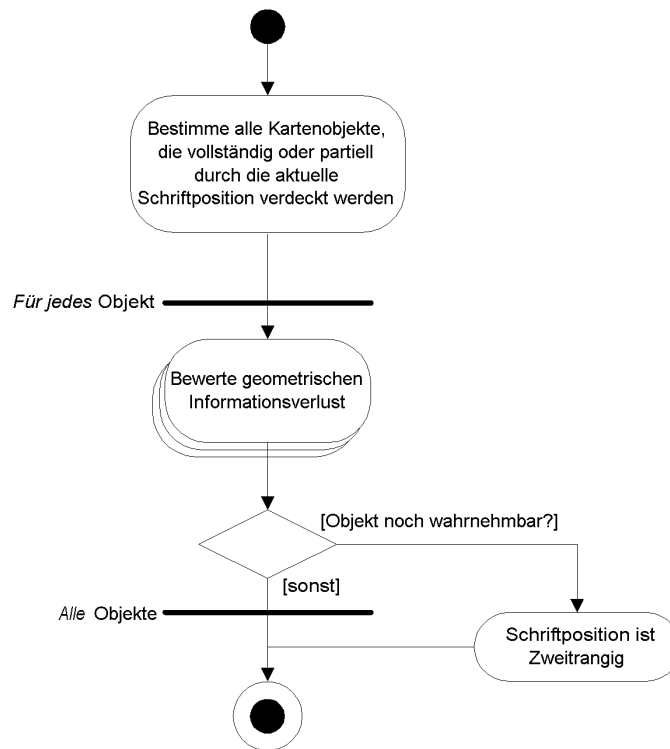


Abbildung 6.14: Bewertung einer möglichen Schriftposition in bezug auf die Verdeckung von Karteninformation ohne Analyse der Topologie

es an dieser Stelle nicht aus, festzustellen, daß der Flächenumring beschädigt wurde, sondern es muß darüber hinaus das Ausmaß des daraus resultierenden Informationsverlustes beachtet werden. Wie schwer eine Beschädigung zu bewerten ist, hängt vom Informationsverlust ab, der mit dieser einher geht. Man wird versuchen die Schrift so in der Karte zu plazieren, daß der Informationsverlust möglichst gering ist, und daher, wenn eine Beschädigung des Flächenumrings unvermeidlich ist, dies an der Stelle tun, wo am wenigsten Information verloren geht. Eine derartige Betrachtung mag zwar zu detailliert erscheinen, doch ist es gerade die Beachtung solcher Feinheiten bei der Schriftplazierung, durch die sich eine qualitativ hochwertig beschriftete Karte auszeichnet. Bei der Implementation eines Verfahrens zur automatischen Schriftplazierung muß überprüft werden, inwieweit eine detaillierte Bewertung von Informationsverlust durch Verdeckung in Anbetracht von Rechenzeiten aufrecht erhalten werden kann.

Betrachtet der Kartenleser in der Karte einen beschädigten Flächenumring,

so versucht er automatisch das fehlende Stück mental zu rekonstruieren. Ein Informationsverlust durch die Beschädigung des Flächenumrings tritt nur in soweit ein, als das mentale Bild des Betrachters von der tatsächlichen Flächengeometrie abweicht.

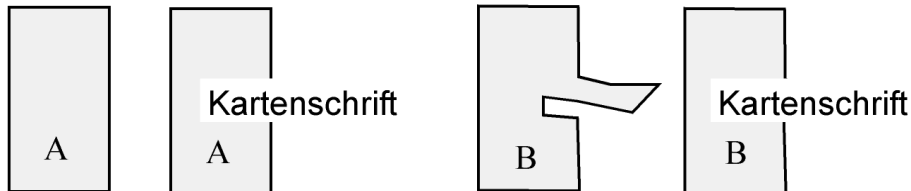


Abbildung 6.15: Informationsverlust bei der Verdeckung von Flächen durch Kartenschrift

Das Beispiel in Abbildung 6.15 zeigt zwei Flächen, die mit A und B bezeichnet sind. Die Flächen sind links im Original und rechts nach einer teilweisen Überdeckung durch Schrift abgebildet. Im Fall der Fläche A nimmt der Betrachter, trotz der Beschädigung des Flächenumrings durch die Schrift, die Form der Fläche korrekt an. Im Fall der Fläche B kommt er wegen der Verdeckung durch die Schrift zu einem Irrtum über die wahre Gestalt der Fläche. Nach der Beschädigung des Flächenumrings der Fläche B neigt man zu der Annahme, daß diese die Gestalt der Fläche A hat. Der Betrachter irrt sich bei dem Versuch den Umring der Fläche B mental zu rekonstruieren in zwei Punkten:

- Es wird eine falsche Flächengröße angenommen
- Es wird eine falsche Flächenform angenommen

Um das Ausmaß dieser Irrtümer zu erfassen, muß ein Vergleich der wahren Situation mit der mentalen Rekonstruktion des Betrachters hergestellt werden. Die wahre Situation ist durch die Geometrie, die in der Datenbank abgelegt ist, bekannt. Darüber, wie der Betrachter die Situation mental rekonstruiert, kann nur spekuliert werden. Dennoch muß versucht werden, die Situation, wie sie der Betrachter rekonstruiert, anhand eines Modells bestmöglich herzustellen, um den Informationsverlust bewerten zu können. Von der Güte dieses Modells hängt die Güte der Bewertung des Informationsverlustes ab.

Irrtum über topologische Sachverhalte

Ein extremer Fall von Informationsverlust durch Überdeckung der Kartensituation mit Schrift ist in Abbildung 6.16 dargestellt. Die beiden Flächen B

werden in so ungünstiger Weise von der Schrift überdeckt, daß der Betrachter den Eindruck gewinnt, es handle sich um eine Fläche.

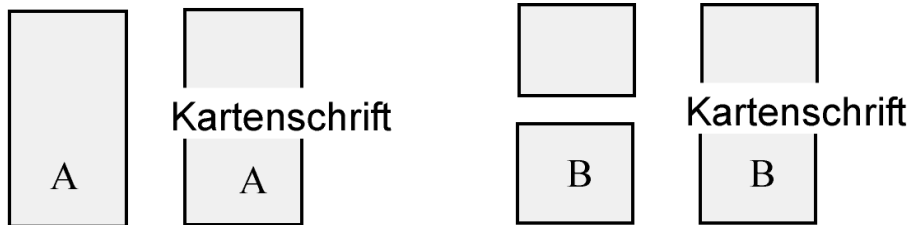


Abbildung 6.16: Verdeckung topologischer Information durch Kartenschrift

Es kommt zu einem Irrtum über die Topologie des Objektes. Dieser Fall ist bei der Beschriftung von Karten unbedingt zu vermeiden. Der Irrtum über die Topologie einer Fläche kann als ein extremer Fall des Irrtums über die Flächenform aufgefaßt werden. Die explizite Untersuchung topologischer Informationsverluste wird in Abschnitt 6.4 behandelt.

6.5.1 Modell für die mentale Rekonstruktion eines beschädigten Flächenumrings

Ein einfaches Modell für die mentale Rekonstruktion des Flächenumrings liefert der Ansatz, daß der Betrachter das fehlende Teilstück des Flächenumrings durch geradliniges Verbinden der beiden offenen Enden rekonstruiert. Diese Annahme ist nicht für alle Fälle korrekt, liefert aber eine Näherung. Dies wird am Beispiel in Abbildung 6.17 deutlich. Drei Flächen A , B und C werden von einem Schriftzug, der durch die gestrichelte Textbox angedeutet wird, überdeckt. Bei den Flächen in der oberen Zeile wurden die beiden offenen Enden zur Rekonstruktion des Flächenumrings, nach dem oben beschriebenen Ansatz, geradlinig verbunden. Die zweite Zeile zeigt, wie der Betrachter sich den Flächenumring vielleicht tatsächlich rekonstruiert. Man sieht, daß bei der Fläche A beide Fälle identisch sind, der obige Ansatz also zu einem guten Ergebnis führt. Bei der Fläche B würde man auf Grund der kreisrunden Form des übrigen, sichtbaren Flächenumrings dazu neigen, diese zu einem Kreis zu ergänzen. In diesem Fall liefert der obige Ansatz eine noch akzeptable Näherung. Bei Fläche C würde man wohl kaum annehmen, daß die Fläche direkt am unteren Rand der Textbox endet. Man geht eher davon aus, daß die Fläche bis zu einem gewissen Maß von der Textbox überdeckt wird. Über den Verlauf des fehlenden Liniensegments hat man keine genaue Vorstellung. In der Abbildung ist hier nur eine von vielen Möglichkeiten gezeigt. Der Ansatz, die beiden offenen Enden geradlinig zu verbinden, liefert im Fall der Fläche C eine mehr oder weniger gute Näherung.

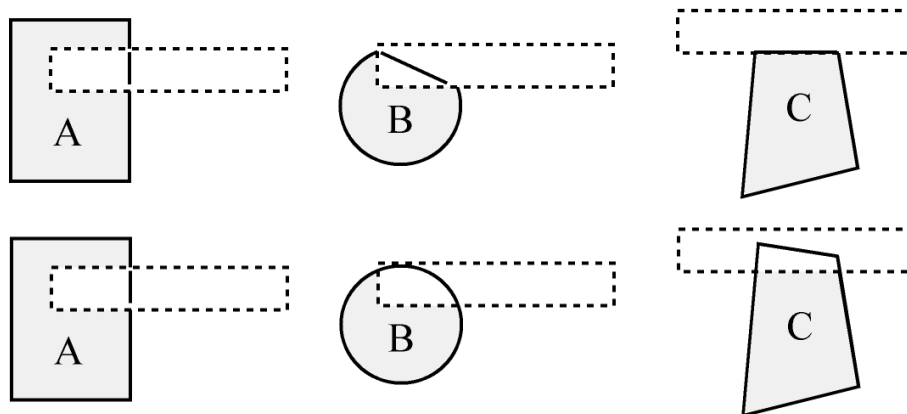


Abbildung 6.17: Überlegungen zur mentalen Rekonstruktion eines beschädigten Flächenumrings

Im Fall der Fläche B und besonders der Fläche C läßt sich nur sehr schwer eine Aussage darüber treffen, wie der Betrachter diese Fläche mental rekonstruieren würde. Das deutet darauf hin, das in solchen Fällen ein großes Maß an Unsicherheit vorhanden ist, das infolge eines relativ starken Informationsverlustes auftritt. Daher ist die Schwere des Informationsverlustes auch daran zu messen, wie groß die Informationsunsicherheit ist, die aus diesem resultiert. Die Informationsunsicherheit stellt, neben dem Vergleich zwischen tatsächlicher und mental rekonstruierter Situation, ein weiteres Kriterium zur Bewertung des Informationsverlustes dar. Im folgenden soll versucht werden, den Spielraum, in dem sich mögliche mentale Rekonstruktionen des Flächenumrings durch den Betrachter bewegen, in einem einfachen Modell zu bestimmen. Aus der Größe dieses Spielraums soll ein Maß für die Informationsunsicherheit abgeleitet werden.

6.5.2 Informationsunsicherheit

Am Beispiel von Fläche C in Abbildung 6.17 kann man relativ einfach ein Reglement zur Bestimmung des Spielraums für die mentale Rekonstruktion des Flächenumrings aufstellen. Die Verbindungslinie zwischen den beiden offenen Enden kann nur innerhalb des Bereiches verlaufen, den die Textbox überdeckt. Des weiteren ist davon auszugehen, daß die beiden offenen Kanten im verdeckten Bereich in der gleichen Richtung weiter laufen. Irgendwo innerhalb des verdeckten Bereichs werden sie wahrscheinlich enden und durch eine oder mehrere Kanten verbunden. Die Menge aller Verbindungen, die unter den genannten Annahmen möglich sind, ergibt einen Bereich. Dieser Bereich beschreibt den

Spielraum für mögliche mentale Rekonstruktionen des Flächenumrings. Am Beispiel der Fläche *C* kann man leicht geometrische Regeln zur Konstruktion des Spielraums ableiten.

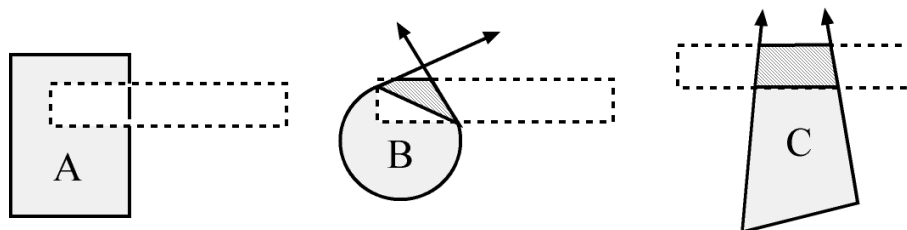


Abbildung 6.18: Der Spielraum als Maß für die Unsicherheit bei der mentalen Rekonstruktion

Der Spielraum kann durch eine Fläche, die durch die direkte, geradlinige Verbindung der beiden offenen Enden, die Tangenten an die offenen Enden und den Rand der Textbox eingeschlossen wird, beschrieben werden. Abbildung 6.18 zeigt die Konstruktion des Spielraums anhand der drei Beispielflächen *A*, *B* und *C*. Die Fläche *A* weist keinen Spielraum auf. Hier hat der Betrachter keine Zweifel über den Verlauf des Flächenumrings im verdeckten Bereich. Im Fall der Flächen *B* und *C* existiert ein Spielraum. Innerhalb dieses Bereiches vermutet der Betrachter die Verbindungslinie zwischen den beiden offenen Enden. Die oben abgebildeten Beispielflächen haben einen gleichmäßigen Flächenrand. Ist der Rand weniger gleichmäßig, so müssen die Tangenten durch Approximation zweier Geraden aus dem Flächenrand im Bereich der Endpunkte gebildet werden. Schriftpositionen, durch die eine Fläche so überdeckt wird, daß sich ein großer Spielraum für die mentale Rekonstruktion des Flächenumrings und damit eine große Unsicherheit ergibt, sind negativ zu bewerten und zu vermeiden. Die Fläche des Spielraums kann als Maß für die Informationsunsicherheit betrachtet werden und stellt somit ein Kriterium für die Bewertung des Eingriffs dar.

6.5.3 Vergleich zwischen mentaler Rekonstruktion und tatsächlichem Linienverlauf

Neben der Informationsunsicherheit ist die Abweichung zwischen mentaler Rekonstruktion des Flächenumrings und dem tatsächlichen Verlauf für die Bewertung des Informationsverlustes heranzuziehen. Denn der tatsächliche Verlauf der Linie muß nicht zwangsläufig im Bereich des Spielraums für die mentale Rekonstruktion liegen. Zunächst soll der einfache Fall betrachtet werden, daß

bei der mentalen Rekonstruktion kein Spielraum vorhanden ist. Dadurch liegt der wahre Verlauf des Linienabschnitts immer außerhalb des Spielraums.

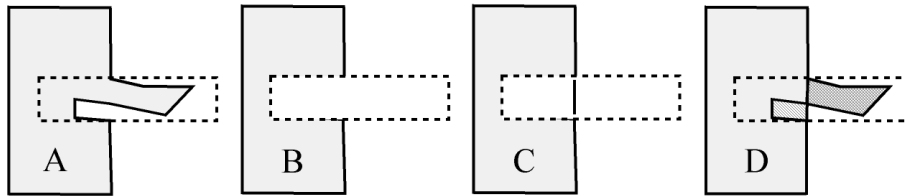


Abbildung 6.19: Bewertung des Informationsverlustes ohne Spielraum

In Abbildung 6.19 zeigt Fläche *A* die tatsächliche Geometrie einer Fläche. Der Bereich, der durch Schrift überdeckt wird, ist durch die gestrichelte Textbox angedeutet. Fläche *B* zeigt, wie sich die Fläche *A* im Kartenbild dem Betrachter darstellt. Der Betrachter rekonstruiert den Umring der Fläche mental und kommt zu dem Schluß, daß die Fläche wahrscheinlich wie die Fläche *C* aussieht. Der Unterschied zwischen *A* und *C* ist ein Maß für die Fehlinformation des Betrachters infolge der Überdeckung der Fläche durch Schrift. An Fläche *D* sind die Unterschiede durch die schraffierten Flächen verdeutlicht.

Flächengröße

Der Betrachter kommt zu einer falschen Vorstellung über die Flächengröße, weil er annimmt, der mit Linien schraffierte Bereich gehöre noch zu der Fläche dazu, wogegen der karierte Bereich als nicht zu der Fläche gehörig angenommen wird. Der Informationsverlust in bezug auf die Flächengröße läßt sich durch die Größe der karierten Fläche abzüglich der Größe der linierten Fläche normiert durch die Größe der Gesamtfläche numerisch beschreiben:

$$I_F = \frac{|A - B|}{X}$$

A: Fläche, die irrtümlich als zur Fläche gehörig angenommen wird (leicht schraffiert)

B: Fläche, die irrtümlich als nicht zur Fläche gehörig betrachtet wird (kariert)

X: Tatsächliche Gesamtgröße der Fläche

Flächenform

Der Betrachter kommt zu einer falschen Vorstellung über die Flächenform, weil er annimmt, die Fläche sei wie Fläche C geformt, wogegen die wahre Form die von Fläche A ist. Abweichende Flächenformen zwischen tatsächlicher und mentaler Situation können am besten an der Linienlänge festgemacht werden. Eine große Differenz zwischen der tatsächlichen Linienlänge des überdeckten Flächenumrings und der Länge des mental rekonstruierten Linienstücks legt nahe, daß es große Unterschiede in der Flächenform geben muß. Der Informationsverlust in bezug auf die Flächenform kann numerisch durch die Differenz der Linienlänge von tatsächlicher und mentaler Situation normiert durch die Linienlänge des Flächenumrings beschrieben werden.

$$I_L = \frac{t - k}{x}$$

k : Länge der mental rekonstruierten (kürzesten) Verbindung beider Endpunkte

t : Länge der tatsächlichen Verbindung beider Endpunkte

x : Länge des gesamten Flächenumrings

6.5.4 Vergleich zwischen mentaler Rekonstruktion und tatsächlichem Linienverlauf bei Informationsunsicherheit

Ist ein Spielraum für die mentale Rekonstruktion vorhanden, so muß das oben beschriebene Verfahren zur Bestimmung des Informationsverlustes erweitert werden. Dies soll am Beispiel in Abbildung 6.20 erläutert werden.

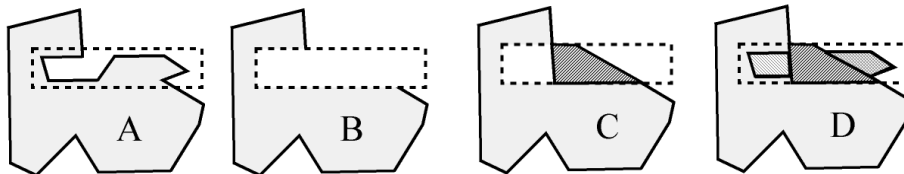


Abbildung 6.20: Bewertung des Informationsverlustes mit Spielraum

Fläche A zeigt die tatsächliche Geometrie einer Fläche. Der gestrichelte Rahmen der Textbox deutet die Position des Textes an. Infolge der Überdeckung

durch die Schrift stellt sich die Fläche A dem Betrachter wie Fläche B dar. Der Betrachter versucht eine Vorstellung zu entwickeln, wie der Linienverlauf im abgedeckten Bereich aussieht. Hierbei kommt er zu keinem eindeutigen Ergebnis, nimmt aber mit Sicherheit an, daß das fehlende Teilstück des Flächenumrings irgendwo innerhalb des bei Fläche C schraffiert dargestellten Bereiches verläuft. Es gibt einen Spielraum für die mentale Rekonstruktion, der in Abhängigkeit von seiner Größe zu einer negativen Bewertung der Schriftposition führen muß. Es kann nun, wie am Beispiel der Fläche D dargestellt, der Fall auftreten, daß sich der tatsächliche Linienverlauf nicht innerhalb des mentalen Spielraums bewegt. Dieser Fall wird im Hinblick auf den Irrtum des Betrachters über Flächengröße und Flächenform untersucht.

Flächengröße

Zunächst ist sich der Betrachter über die Flächengröße im unklaren. Die Flächengröße, die er für wahrscheinlich hält, variiert um den Betrag der Flächengröße des Spielraums. Liegt der tatsächliche Verlauf des verdeckten Linienabschnitts nicht innerhalb des Spielraums, so kommt zu der Unsicherheit über die Flächengröße der Irrtum über die Flächengröße hinzu. Bei der Fläche D in Abbildung 6.20 weiß der Betrachter nicht genau, wieviel der fett schraffierten Fläche tatsächlich Teil der Fläche ist. Zusätzlich nimmt er an, daß der karierte Bereich nicht zu der Fläche gehört, wogegen er sicher ist, daß der leicht schraffierte Bereich zur Fläche gehört. Unsicherheit und Irrtum über die Größe einer Fläche kann numerisch durch folgende Formel ausgedrückt werden:

$$I_F = \frac{\frac{S}{p} + |A - B|}{X}$$

S : Fläche des Spielraums (fett schraffierte Fläche)

A : Fläche, die falscher Weise als zur Fläche gehörig angenommen wird (leicht schraffiert)

B : Fläche, die irrtümlich als nicht zur Fläche gehörig betrachtet wird (kariert)

X : Tatsächliche Gesamtgröße der Fläche

p : Gewichtskonstante größer 1

Führt die Überdeckung einer Fläche durch Schrift zu einem Spielraum, so ist dies negativ zu bewerten. Dies wird in der Formel durch die Größe S ausgedrückt. Liegt die tatsächliche Flächengröße nicht innerhalb dieses Spielraums,

so ist dies noch negativer zu bewerten. Es wird die Größe $|A - B|$ zu S addiert. Da die Unsicherheit über die Größe der Fläche nicht so schwer wiegen darf, wie ein Irrtum gleichen Ausmaßes, muß die Größe S mit der Konstanten p gewogen werden. Sinnvolle Werte für p müßten empirisch bestimmt werden. Der Wert $p = 1,5$ erscheint zunächst plausibel. Bei einer großen Fläche wiegt der Informationsverlust durch teilweise Überdeckung nicht so stark, wie bei einer kleinen Fläche. Um die Überdeckung von Flächen unterschiedlicher Größe vergleichbar zu machen, wird der ganze Ausdruck durch die Gesamtfläche X geteilt.

Flächenform

Neben der Flächengröße ist auch die Flächenform unklar. Die Flächenform wird durch den Verlauf der Umringslinie der Fläche bestimmt. Der Betrachter nimmt an, daß das durch Schrift überdeckte Stück des Flächenumrings innerhalb des Spielraums verläuft. Hier soll weiter unterstellt werden, daß der Linienverlauf innerhalb des Spielraums die beiden offenen Enden direkt ohne Schnörkel und Schleifen verbindet. Um dies zu gewährleisten, soll die Verbindung nur aus zwei geraden Teilstücken bestehen, die einen Winkel größer 90° einschließen. Unter diesen Restriktionen ist die kürzeste mögliche Linie die geradlinige Verbindungslinie zwischen beiden Endpunkten. Die längste mögliche Linie innerhalb des Spielraums verläuft entlang der Außengrenze des Spielraums.

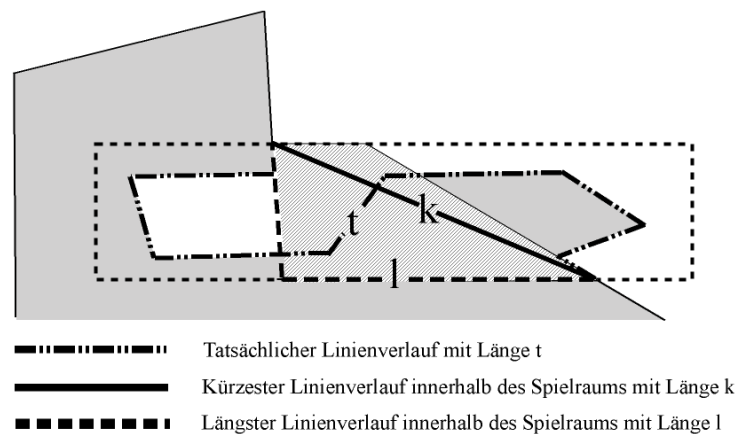


Abbildung 6.21: Bewertung des Irrtums über die Flächenform infolge der Verdeckung durch Kartenschrift

Ein Maß für die Unsicherheit über die Form der Fläche kann aus der Differenz zwischen der kürzesten und der längsten Verbindung $l - k$ abgeleitet werden. Liegt die Länge des wahren Linienverlaufs innerhalb des Intervalls $[l, k]$, so liegt die tatsächliche Form der Fläche innerhalb dessen, was sich der Betrachter im Rahmen seiner mentalen Rekonstruktion vorstellt. Ist die Länge des wahren Linienverlaufs t größer als l , so wird davon ausgegangen, daß sich der Betrachter über die Form der Fläche irrt. Die tatsächliche Länge t kann aus zwei Gründen länger als l sein. Entweder liegt der wahre Verlauf außerhalb des Spielraums, oder er liegt innerhalb des Spielraums, wobei aber Schnörkel und Schleifen, die der Betrachter nicht vermutet, im Linienverlauf enthalten sind. Ein Maß für diesen Irrtum liefert die Differenz $t - l$. Unsicherheit und Irrtum über die Form einer Fläche kann demnach numerisch durch folgende Formel ausgedrückt werden:

$$I_L = \frac{\frac{l-k}{p} + t - l}{x} \quad \text{für } t > l$$

$$I_L = \frac{l - k}{p \cdot x} \quad \text{für } t < l$$

k : Länge der kürzesten Verbindung beider Endpunkte

l : Länge der längsten Verbindung beider Endpunkte

t : Länge der tatsächlichen Verbindung beider Endpunkte

x : Länge des gesamten Flächenumrings

Der gesamte Informationsverlust bei der Überdeckung einer Fläche durch einen Schriftzug ergibt sich aus einer Kombination der beiden Größen I_F und I_L , die den Informationsverlust in bezug auf die Flächengröße und die Flächenform ausdrücken. Welches Gewicht den beiden Größen dabei zugemessen wird, hängt davon ab, welche Bedeutung den Informationen über Flächengröße und Flächenform im Zusammenhang mit den in der Karte dargestellten Objekt zugemessen wird.

Schwellenwert für den Informationsverlust

Bei sehr kleinen Flächen kann das Problem entstehen, daß die Fläche und damit ihr Umring zu einem überwiegenden Teil durch Schrift verdeckt wird. Dies führt dazu, daß die Fläche in ihrer Form und Größe überhaupt nicht mehr wahrgenommen werden kann. Will man bei der automatisierten Schriftplatzierung diese Situation vermeiden, so muß ein Schwellenwert für den Informationsverlust festgesetzt werden, der nicht überschritten werden darf.

6.5.5 Einfaches Kriterium für Informationsverlust

Das oben beschriebene Reglement erfaßt den Informationsverlust infolge der Beschädigung eines Flächenumrings durch Kartenschrift sehr präzise. Für jede mögliche Schriftposition müssen umfangreiche Berechnungen durchgeführt werden, um den Informationsverlust zu bewerten. Will man den Rechenaufwand reduzieren, benötigt man ein einfacheres Kriterium für die Bewertung. Die Länge des durch die Textbox verdeckten Abschnitts des Flächenumrings scheint ein geeignetes, wenn auch weniger exaktes Maß für die Bewertung des Informationsverlustes insgesamt zu liefern.

Der Informationsverlust ist um so größer, je länger der verdeckte Linienabschnitt ist.

Zwei Situationen können Ursache für einen langen verdeckten Linienabschnitt sein. Entweder der Abstand der beiden Endpunkte ist relativ groß, oder der Verlauf der Linie ist stark geschwungen. Das Fehlen eines langen Linienabschnitts, dessen Endpunkte einen relativ großen Abstand haben, führt in den meisten Fällen dazu, daß der Spielraum für die mentale Rekonstruktion des Abschnitts und damit die Informationsunsicherheit groß wird. Außerdem nimmt in Abhängigkeit von der Länge des Abschnitts die Wahrscheinlichkeit zu, daß der tatsächliche Linienverlauf von der mentalen Rekonstruktion des Betrachters abweicht. Die Wahrscheinlichkeit eines Irrtums erhöht sich also mit zunehmender Länge des verdeckten Linienabschnitts. Ist der Abstand der beiden Endpunkte des verdeckten Linienabschnitts relativ klein, die Länge des Linienabschnitts aber groß, so wird der Verlauf des Linienabschnitts stark geschwungen sein. In diesem Fall ist die Wahrscheinlichkeit eines Irrtums sehr groß. In Abhängigkeit von der Liniengänge nehmen Wahrscheinlichkeit und Ausmaß von Irrtümern zu.

6.6 Verdeckung linienhafter Kartenobjekte

Die Bewertung von Informationsunsicherheiten und Informationsverlusten, die infolge der Verdeckung von Liniengeometrie durch Kartenschrift auftreten, kann in ähnlicher Weise erfolgen, wie bei Flächenbegrenzungen. Liniengeometrien enthalten zwei Informationen, die für den Betrachter einer Karte von Bedeutung sein können, die Liniengänge und die Linienform. Je nach Objektart der Linie ist entweder die Information über die Länge, z.B. bei Straßen oder die Information über die Form, z.B. bei Flüssen und Höhenlinien von vorrangiger Bedeutung. Zwischen diesen beiden geometrischen Informationen besteht eine

enge Kopplung in bezug auf Informationsunsicherheiten und Informationsverluste. Wie in Abschnitt 6.5.4 unter Flächenform ausgeführt, resultiert eine vom geradlinigen Verlauf abweichende Liniengeometrie in einer größeren Liniengänge. Ein Irrtum über die Linienform kann daher näherungsweise durch den Irrtum über die Liniengänge abgeschätzt werden. Es ist daher bei Liniengeometrien ausreichend, Informationsunsicherheiten und -irrtümer in bezug auf die Längengänge zu untersuchen, um zu einer Bewertung zu gelangen.

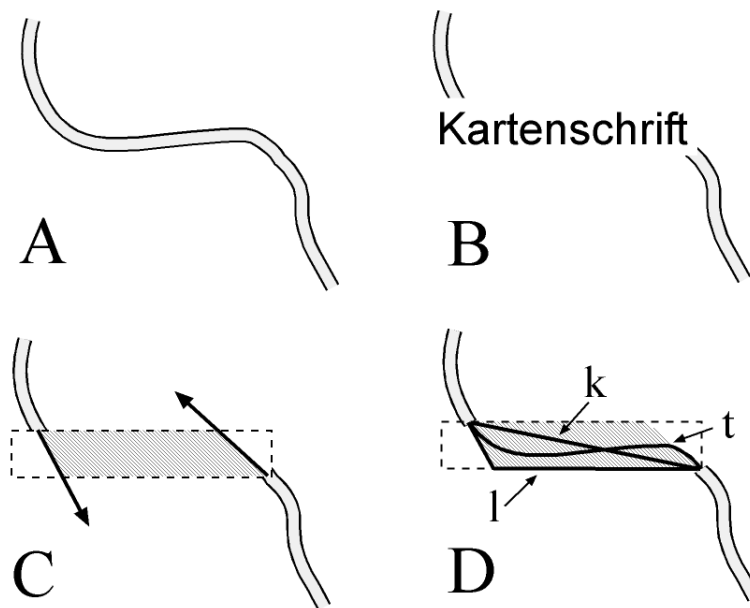


Abbildung 6.22: Bewertung von Informationsverlusten bei einer durch Kartenschrift verdeckten Liniengeometrie

In Analogie zu Abschnitt 6.5.4 zeigt Abbildung 6.22, wie die drei geometrischen Größen k , l und t abgeleitet werden, anhand derer die Informationsunsicherheit und der Informationsverlust quantifiziert werden kann. In Abbildung 6.22 zeigt (A) die Ausgangssituation, (B) stellt die Verdeckung der Liniengeometrie durch Schrift dar. Durch die Tangenten an die Linienenden wird der Spielraum eingegrenzt, in welchem der Betrachter der Situation (B) das fehlende Verbindungsstück vermutet. Die Größe k ist die Länge der kürzesten Verbindung der beiden Linienenden innerhalb des Spielraums, die Größe l , ist die längste mögliche Verbindung, bei meanderfreiem Linienverlauf. Der meanderfreie Verlauf wird formal dadurch sichergestellt, daß die Verbindungslinie l nur aus zwei geraden Teilstücken bestehen darf, deren Innenwinkel nicht weniger als 90° beträgt.

Die Linienlänge, die der Betrachter für wahrscheinlich hält, liegt zwischen l und k . Daher stellt die Größe $(l - k)$ ein Maß für die Informationsunsicherheit dar. Der Irrtum des Betrachters über die Linienlänge wird durch die Differenz $(t - l)$ ausgedrückt. Unsicherheit und Irrtum über die Geometrie der Linie können demnach numerisch durch folgende Formel ausgedrückt werden:

$$I_L = \frac{l - k}{p} + t - l \quad \text{für } t > l$$

$$I_L = \frac{l - k}{p} \quad \text{für } t < l$$

k : Länge der kürzesten Verbindung beider Endpunkte

l : Länge der längsten Verbindung beider Endpunkte

t : Länge der tatsächlichen Verbindung beider Endpunkte

Die Geometrie des Spielraums, die besonders für die Größe l maßgeblich ist, hängt davon ab, an welchen Stellen der Textbox sich die Linienenden befinden. Zwei weitere Beispiele zur Bestimmung des Spielraums bei verdeckten Liniengeometrien zeigen die Abbildungen 6.23 und 6.24.

6.6.1 Verdeckung von Kreuzungen

Bisher wurde nur die Verdeckung einer einfachen Liniengeometrie, die analog zur Verdeckung eines Flächenrandes behandelt werden kann, untersucht. Im folgenden soll die Bewertung von Informationsverlusten bei Kreuzungen betrachtet werden. Abbildung 6.25 zeigt das Beispiel einer Kreuzung der Ordnung drei.

Unter (A) ist die Geometrie der Linien, die die Kreuzung bilden, dargestellt. (B) zeigt die durch Schrift verdeckte Situation, wie sie in einer Karte entstehen könnte. Aus den Tangenten der Linienenden und aus ihren direkten Verbindungen wird der Spielraum konstruiert (C). In diesem Beispiel liegen alle Tangenten innerhalb, so daß der Spielraum durch die direkten Verbindungen der Linienendpunkte eingegrenzt wird. Innerhalb des Spielraums vermutet der Betrachter den Verlauf der drei Verbindungslinien AB , AC und BC . Für jede dieser Verbindungslinien gilt es den Informationsverlust abzuschätzen. Die Größen k_{AB} , k_{AC} und k_{BC} beschreiben die Länge der direkten Verbindungen der drei Endpunkte. Diese Verbindungslinien sind die kürzesten Verbindungswege innerhalb des Spielraums. Die längsten Verbindungen bei meanderfreiem

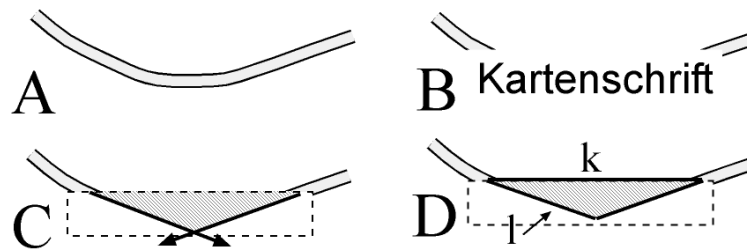


Abbildung 6.23: Bewertung von Informationsverlusten bei einer durch Kartenschrift verdeckten Liniengeometrie

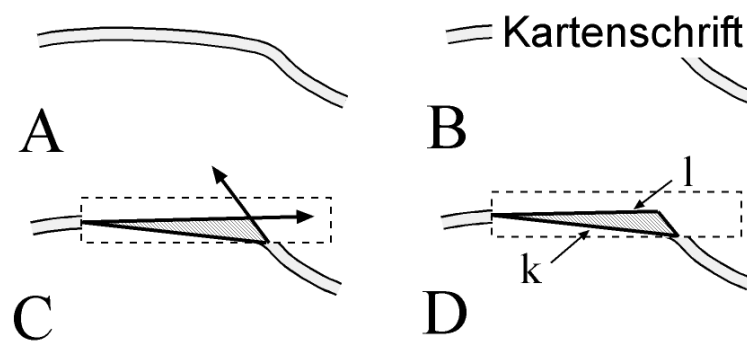


Abbildung 6.24: Bewertung von Informationsverlusten bei einer durch Kartenschrift verdeckten Liniengeometrie

Verlauf beschreiben die Größen l_{AB} , l_{AC} und l_{BC} . Menaderfreier Verlauf bedeutet formal, daß die Verbindungslinie zweier Endpunkte l_{IJ} nur aus zwei geraden Teilstücken bestehen darf, deren Innenwinkel nicht weniger als 90° beträgt. Die tatsächliche Linienlänge entspricht den Größen t_{AB} , t_{AC} und t_{BC} , die wegen der Übersichtlichkeit nicht in der Abbildung dargestellt sind. Die Gesamtbewertung des Informationsverlustes ergibt sich aus der Summe der Informationsverluste und Informationsunsicherheiten der verdeckten Linienabschnitte zu:

$$I_L = \frac{1}{p}(l_{AB} + l_{AC} + l_{BC} - k_{AB} - k_{AC} - k_{BC}) + \frac{1}{2}(|t_{AB} - l_{AB}| + |t_{AC} - l_{AC}| + |t_{BC} - l_{BC}| + t_{AB} + t_{AC} + t_{BC} - l_{AB} - l_{AC} - l_{BC})$$

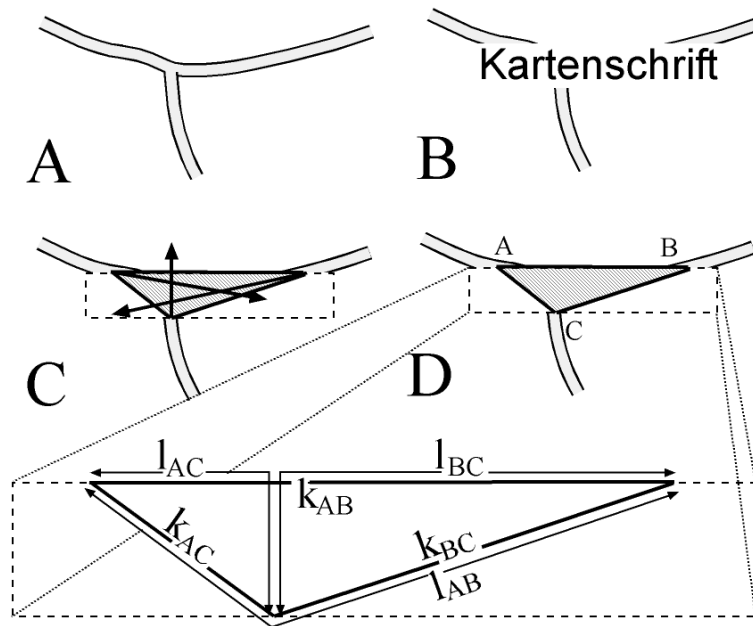


Abbildung 6.25: Bewertung von Informationsverlusten bei einer durch Kartenschrift verdeckten Linienkreuzung

In ähnlicher Weise kann man bei der Bewertung von geometrischen Informationsverlusten für Linienkreuzungen beliebiger Ordnung vorgehen. Bei mehr als vier Linienenden, die in einen verdeckten Bereich hinein laufen, entstehen neben den geometrischen auch topologische Informationsunsicherheiten. Die Bewertung topologischer Informationsunsicherheiten wird in Abschnitt 6.4.2 behandelt. Für die Bewertung der geometrischen Informationsverluste sind die Bewertungen für die Verbindungslinien zweier Endpunkte zu addieren. Abbildung 6.26 zeigt das Beispiel einer Kreuzung der Ordnung vier. Für die Punkte C und D sind die kürzeste Verbindung k_{CD} , die längste, meanderfreie Verbindung l_{CD} und der tatsächliche Linienverlauf t_{CD} dargestellt. In gleicher Weise ergeben sich die Größen für die Punktpaare AB , AD und BC . Der geometrische Informationsverlust der Gesamtsituation wird formal beschrieben durch:

$$I_L = \frac{1}{p} \sum l_{IJ} - k_{IJ} + \frac{1}{2} \sum |t_{IJ} - l_{IJ}| + t_{IJ} - l_{IJ}$$

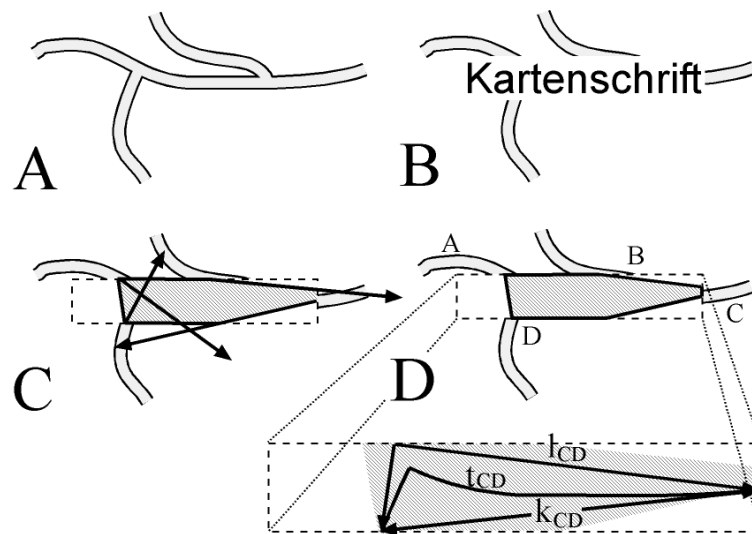


Abbildung 6.26: Bewertung von Informationsverlusten bei einer durch Kartenschrift verdeckten Linienkreuzung

6.7 Verdeckung punkthafter Kartenobjekte

Punkthafte Kartenobjekte werden in ihrer Lage in der Karte geometrisch durch ein Koordinatenpaar bestimmt. Zur Darstellung kommen sie in Form einer Signatur. Die Signatur ist ein graphisches Symbol mit flächenhafter Ausprägung. Punkthafte Kartenobjekte werden trotz ihres punkthaften Charakters in der Karte durch eine flächenhafte Darstellungsgeometrie repräsentiert. Hier soll untersucht werden, wie die Fläche, die die Signaturen in der Karte beanspruchen, bei der automatischen Schriftplatzierung zu berücksichtigen ist.

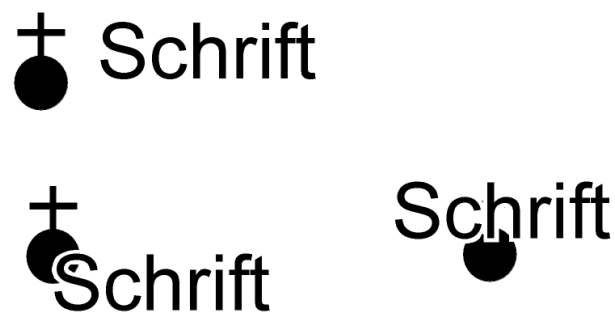


Abbildung 6.27: Verdeckung von Punktsignaturen

Die vollständige Verdeckung einer Signatur ist nicht zulässig. Dies würde dazu führen, daß ein punkthafte Objekt aus der Karte verschwinden würde und somit seine Information völlig verloren ginge. Häufig werden gerade solche punkthafte Objekte in Karten dargestellt, die besondere Wichtigkeit haben, so daß ein solcher Informationsverlust im Zuge der Schriftplatzierung nicht tolerierbar ist. Auch die teilweise Verdeckung von Punktsignaturen ist zunächst abzulehnen. Zwar gibt es partielle Verdeckungen von Signaturen durch Schrift, unter denen die Erkennbarkeit der Signatur kaum leidet (Abbildung 6.27 unten), es können aber auch Fälle auftreten, in denen die Signatur überhaupt nicht mehr erkennbar ist (Abbildung 6.27 rechts). Wenn man keine Möglichkeit hat, diese beiden Fälle zu unterscheiden darf die partielle Verdeckung von Punktsignaturen nicht zugelassen werden. Für die Punktsignaturen muß ein Freistellungsbereich erzeugt werden, der mindestens so groß ist, daß die Signatur vollständig in seinem Inneren liegt.

Freistellungsbereich aus Punktkoordinaten

Häufig hat man keine geometrischen Informationen über die Punktsignatur, so daß man aus den Punktkoordinaten einen Bereich erzeugen muß, der nicht von Schrift verdeckt werden darf. Als geometrische Grundformen für den Freistellungsbereich eignen sich Kreis und Quadrat (Abbildung 6.28). Die Lage des Freistellungsbereiches ist durch die Punktkoordinaten vorgegeben, die Ausdehnung wird durch einen weiteren Parameter r bestimmt. Dieser muß in der Weise konfigurierbar sein, daß die Geometrie aller Signaturen innerhalb des Bereiches liegt.

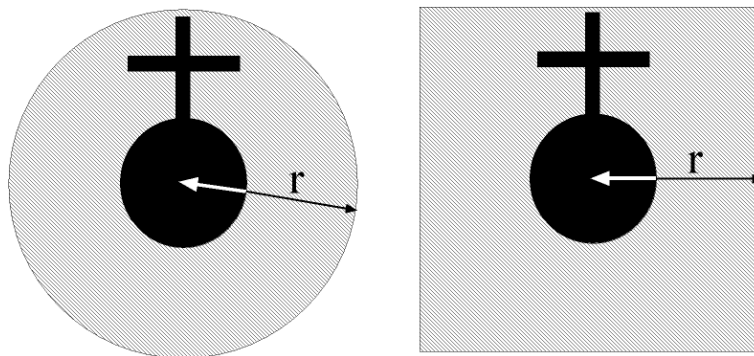


Abbildung 6.28: Freistellungsbereich mit einfachen geometrischen Formen

Das Erzeugen des Freistellungsbereiches aus Punktkoordinaten kann relativ einfach erfolgen und ist auch mathematisch unkompliziert. Es hat aber den

Nachteil, daß die Punktsignaturen im allgemeinen mit deutlich zu großen Flächen freigestellt werden. Dies schränkt den Raum zur Plazierung von Schrift stärker ein, als es erforderlich ist.

An die Signatur angepaßter Freistellungsbereich

Aus den Punktkoordinaten kann man einen Freistellungsbereich erzeugen, der besser an die Geometrie der Signatur angepaßt ist (Abbildung 6.29). Hierzu sind weitere Parameter notwendig. Soll die Signatur durch ein Rechteck approximiert werden, benötigt man die vier Parameter x_1 , y_1 , x_2 und y_2 um die Geometrie des Rechtecks relativ zu den Punktkoordinaten festzulegen. Entschieden man sich für einen kreisförmigen Freistellungsbereich, so benötigt man drei Parameter, den Offset des Kreismittelpunktes vom Objektpunkt $O(x, y)$ und den Radius r . Häufig wird man diese Parameter nicht automatisch aus den Signaturdaten ableiten können. In diesem Fall muß eine LUT¹ angelegt werden, in welcher jeder Signatur die entsprechenden Parameter für den Freistellungsbereich zugeordnet sind.

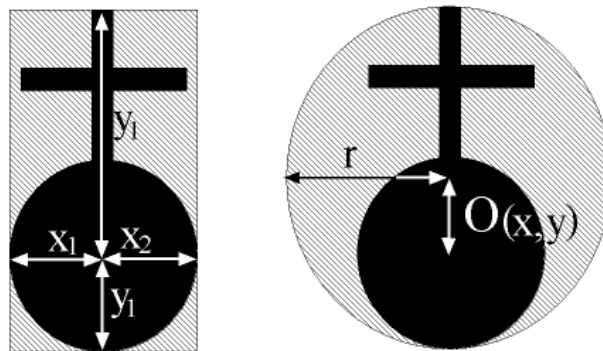


Abbildung 6.29: Freistellung des umschließenden Rechtecks oder Kreises bei Punktsignaturen

Ob die Approximation durch einen Kreis oder ein Rechteck die bessere ist, hängt von der graphischen Ausprägung der Signaturen ab. Im Beispiel aus Abbildung 6.29 führt die Approximation durch ein Rechteck zu einem kleineren Freistellungsbereich und damit zu einem besseren Ergebnis. Bei Signaturen, die aus einem einfachen Kreis bestehen, ist der Kreis die geeignetere Geometrie für den Freistellungsbereich. Unabhängig davon, wofür man sich entscheidet, bleibt der Nachteil, daß ein größerer Bereich freigestellt wird, als erforderlich.

¹Look Up Table

Eine präzisere Bestimmung ist, ohne die Geometrie der Signaturen zu kennen, aus den Punktkoordinaten allein nicht möglich.

Analyse der Flächengeometrie von Punktsignaturen

Hat man die Geometrie der Signaturen in vektorieller Form, so ist es möglich, den Freistellungsbereich von Schrift exakt zu bestimmen. Weiterhin können partielle Verdeckungen der Signatur zugelassen werden, da man Verdeckungen auf den Nachteil für die Erkennbarkeit der Signatur hin untersuchen kann. Hierzu wird die Flächengeometrie der Signatur in vektorieller Form benötigt. Informationsverluste können nun analog zu Abschnitt 6.5 wie bei Kartenobjekten mit flächenhafter Geometrie untersucht und bewertet werden. Der Informationsverlust der Flächengeometrie korrespondiert dabei zur Erkennbarkeit der Punktsignaturen.

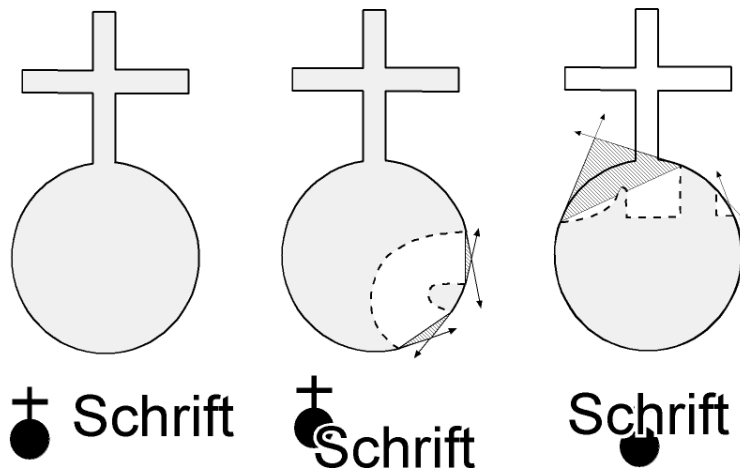


Abbildung 6.30: Analyse der Flächengeometrie von Punktsignaturen

Abbildung 6.30 zeigt links die unversehrte Flächengeometrie einer Punktsignature. In der Mitte ist die gleiche Signatur abgebildet, wobei durch Verdeckung Teile des Flächenumrings fehlen. Bei der Untersuchung nach Abschnitt 6.5 zeigt sich, daß der Spielraum (schraffierte Flächen) hier relativ klein ist. Außerdem liegt die wahre Geometrie innerhalb des Spielraums. Der Informationsverlust ist daher sehr gering. Dementsprechend ist die Erkennbarkeit der Signatur kaum beeinträchtigt. In Abbildung 6.30 rechts ist ein weiterer Verdeckungsfall dargestellt. Hier ergibt sich ein relativ großer Spielraum. Die tatsächliche Geometrie verläuft nicht innerhalb des Spielraums, sondern zeigt

starke Abweichungen. Das Kreuz liegt völlig außerhalb. Hier treten große Informationsverluste auf mit der Folge, daß die Signatur nicht mehr erkennbar ist. Der Betrachter würde die verdeckte Signatur mental eher zu einem gewöhnlichen Kreis ergänzen, als ein aufgesetztes Kreuz zu vermuten.

Es zeigt sich, daß, wenn man die Flächengeometrie der Punktsignaturen in vektorieller Form vorliegen hat, die Erkennbarkeit der Signatur bei Überdeckung durch Schrift automatisch überprüft werden kann. Hierdurch kann man die teilweise Überdeckung von Signaturen durch Schrift, wie sie gelegentlich in analogen Karten auftritt, zulassen und im Ergebnis an manuell beschriftete Karten herankommen. Das Vorhandensein der Signaturgeometrie in vektorieller Form ist hier eine Voraussetzung, die in der Praxis bisher in vielen Fällen nicht erfüllt ist.

Kapitel 7

Fazit

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit der automatischen Platzierung von Schrift in Karten mittleren Maßstabs. Sie beschreibt formale Regeln und Kriterien zur Erzeugung bzw. Bewertung von Schriftpositionen auf der Grundlage vorhandener Arbeiten sowie eigener Kartenanalysen. Bei der Formalisierung der Regeln wurde versucht, die Entscheidungsprozesse eines Kartographen bei der Schriftplatzierung bestmöglich abzubilden.

Kapitel 2 legt die Motivation dieser Arbeit dar. Die Ableitung analoger Karten aus digitalen Daten und die Bildschirmkarte werden als die beiden Hauptanwendungsfelder für die automatische Schriftplatzierung charakterisiert. Einer kurzen Vorstellung vorhandener Arbeiten zum Themenbereich automatische Schriftplatzierung folgt die Formulierung der Ziele dieser Arbeit.

Die Aufstellung eines allgemeinen Rahmenkonzepts für die automatische Schriftplatzierung, welches den formalen Rahmen zur Einordnung der im folgenden entwickelten Platzierungsregeln bildet, erfolgt in Kapitel 3. Die Schrift der Objektarten ist in Anhängigkeit von Kartenmaßstab, Kartenthema und Benutzersichten von unterschiedlicher Bedeutung, so daß sich die Möglichkeit der Bildung von Objektartengruppen, die sequentiell in separaten Arbeitsschritten beschriftet werden können, eröffnet.

Beschriftungsregeln und Bewertungskriterien für Schriftpositionen werden in Kapitel 4 zunächst allgemein klassifiziert. In diesem Zusammenhang wird auch auf die Berücksichtigung ästhetischer Belange bei der Schriftplatzierung sowie die Problematik der Rechenzeit für Beschriftungsalgorithmen eingegangen.

Platzierungsregeln für sechs in topographischen Karten häufig anzutreffende kartographische Objektklassen werden in Kapitel 5 beschrieben. Der Grad der formalen Durchdringung der Regeln ist unterschiedlich und reicht von der

ausführlichen Beschreibung geometrischer Regeln über die Angabe konkreter Formeln bis hin zur testweisen Implementation. Ein Schwerpunkt liegt auf der Untersuchung von Orten mit flächenhafter Darstellung, da diese in Karten mittleren Maßstabs die Masse der mit Schrift versehenen Kartenobjekte ausmachen und bisher keine Untersuchungen zu diesem Problem bekannt sind.

Die Qualität der Schriftplatzierung wird wesentlich dadurch beeinflusst, in welchem Maße Informationsverluste, die bei der Verdeckung von Karteninformation entstehen, berücksichtigt werden. In Kapitel 6 werden detaillierte Modelle zur Bewertung einer Schriftposition in bezug auf den Informationsverlust, den sie verursacht, aufgestellt. Die automatische Erfassung des Informationsverlustes auf einem mit dem Kartographen vergleichbaren Niveau ist Voraussetzung für eine gute Schriftplatzierung. Ergebnisse eines Prototyps zur automatischen Beschriftung von Siedlungsflächen unter Berücksichtigung der Kartenzeichnung sind in Anhang A aufgeführt.

Die automatische Beschriftung von Karten ist heute prinzipiell möglich, wie der im Rahmen dieser Arbeit entstandene Prototyp und einige kommerzielle Programme belegen. Ein wesentliches Problem bleibt die Qualität. Voraussetzung für die automatische, qualitativ hochwertige Beschriftung von Karten ist die detaillierte Formalisierung des für die Beschriftung notwendigen Wissens. Hierzu leistet diese Arbeit einen wesentlichen Beitrag. Es bleiben die Implementation und Konfiguration der daraus resultierenden Modelle, die wegen der Komplexität des Problems mit erheblichem Aufwand verbunden sein werden. Schließlich spielt auch die Laufzeit von Algorithmen zur Schriftplatzierung eine Rolle, auch wenn in Zukunft mit schnelleren Computern zu rechnen ist.

Literaturverzeichnis

- [1] Brady, R. M.: Optimizing strategies gleaned from biological evolution. *Nature* Vol. 317, 1995.
- [2] Carstensen L.: A comparison of simple mathematical approaches to the placement of spot symbols. *Cartographica*, Vol 24.3 Seiten 46-63, 1987.
- [3] Chirié F.: Automated name placement with high cartographic quality: City street maps. *Cartographie and Geographic Information Science*, Vol. 27, No. 2, pp. 101-110, 2000
- [4] Christensen, J.: *Managing Design Complexity: Using Stochastic Optimization in Production of Computer Graphics*. Harvard University June 1995.
- [5] Christensen, J.; Marks, J. and Shieber, S.: Labeling point features on maps and diagrams. Technical Report TR-25-92, Harvard CS, 1992.
- [6] Christensen, J.; Marks, J. and Shieber, S.: Algorithms for cartographic label placement. In *Proceedings of the American Congress on Surveying and Mapping 1*, pages 75-89, 1993.
- [7] Christensen, J.; Marks, J. and Shieber, S.: An empirical study of algorithms for point-feature label placement. *ACM Transactions on Graphics*, 14(3), pages 203-232, 1995.
- [8] Cook, A. C. and Jones, C. B.: A Prolog interface to a cartographic database for name placement. In *Proceedings of the Fourth International Symposium on Spatial Data Handling*, pages 701-710, 1990.
- [9] Cook, A. C. and Jones, C. B.: Rule-based name placement with Prolog. In *Proc. Auto-Carto 9*, pages 231-240, 1989.
- [10] Cromley, R. G.: A spatial allocation analysis of the point annotation problem. In *Proc. 2nd Int. Symp. on Spatial. Data Handling*, pages 38-49, 1986.

-
- [11] Dijk van, S. et al.: Towards an Evaluation of Quality for Label Placement Methods, In Proceedings of ICA in Ottawa, pages 905-913, 1999.
 - [12] Doddi, S. et al.: Map labeling and its generalizations. In Proceedings of the 8th ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms, pages 148-157, 1997.
 - [13] Doerschler, J. S. and Freeman, H.: A Rule-Based system for dense-map name placement. In Proc. Auto-Carto 9, pages 215-224, 1989.
 - [14] Dueck, G. und Scheuer, T.: Threshold Accepting: A General Purpose Optimization Algorithm Appearing Superior to Simulated Annealing. Journal of Computational Physics 1989.
 - [15] Dueck, G.; Scheuer, T. und Wallmeier, H.-M.: Torleranzschwelle und Sintflut: Neue Ideen zur Optimierung. Spektrum der Wissenschaft, März 1993.
 - [16] Ebinger, L.R. and Goulette, A.M.: Automated name placement in a non-interactive environment. In Proc. Auto-Carto 9, pages 205-214, 1989.
 - [17] Edmondson, S. et al.: A general cartographic labeling algorithm. Cartographica, Vol 33.4, pages 13-23, 1996.
 - [18] ESRI: Maplex - Software zur automatischen Schriftplatzierung, 1998.
 - [19] Even, S.; Itai, A. and Shamir, A.: On the Complexity of Timetable and Multicommodity Flow Problems. 1976.
 - [20] Formann, Michael and Wagner, Frank: An efficient solution to Knuth's metafont labeling problem. Fachbereich Informatik, Freie Universität Berlin, 1993.
 - [21] Freeman, H. and Ahn, J.: Autonap - An Expert System for Automatic Map Name Placement. In Proceedings of the International Symposium on Spatial Data Handling, pages 544-569, 1984.
 - [22] Gartner, G.: Schrift in der Kartographie - Funktionelle und Technische Aspekte. Dissertation an der Technisch-naturwissenschaftlichen Fakultät TU Wien, 1996.
 - [23] Heber, M.: Vorausberechnung reaktiver Datenstrukturen zur schnellen Beschriftung von Landkarten. Diplomarbeit am Institut für Informatik der Univ. Bonn, 1998.
 - [24] Imhof, E. Die Anordnung der Namen in der Karte. Internationales Jahrbuch für Kartographie, Seiten 93-129, Bertelsmann, 1962.

-
- [25] Imhof, E. Positioning names on maps. *The American Cartographer*, 2(2), 128-144. 1975]
- [26] IKA: Multimedialer Atlas der Schweiz. Institut für Kartographie der ETH-Zürich, 2000.
- [27] Johnson, D.S. and Basoglu, U.: The use of artificial intelligence in the automated placement of cartographic names. In *Proc. Auto-Carto 9*, pages 225-230, 1989.
- [28] Jones, C. B.: Cartographic name placement with Prolog. *IEEE Computer Graphics & Applications*, 9(5) pages 36-47, 1989.
- [29] Jones, C. B.: Conflict resolution in cartographic name placement with Prolog. *Computer Aided Design*, 22(3) pages 173-183, 1990.
- [30] Kirpatrick, S.; Gelatt, c.D. and Vecchi, M. P.: Optimization by Simulated Annealing, *Science*, Volume 220, May 1983.
- [31] Kleine-Wieskamp, G.: Aufbau und Aussage der Kartenbeschriftung. Diplomarbeit am Institut für Kartographie und Geoinformation der Univ. Bonn, 1985.
- [32] Knipping L.: Beschriftung von Linienzügen. Diplomarbeit am Institut für Informatik der TU Berlin, 1998.
- [33] Kresse, W.: Platzierung von Schrift in Karten, Schriftenreihe des IKG, Heft 23, Bonn 1994.
- [34] Kresse, W.: Schriftplatzierung in ATKIS. *Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen*, (113) Seiten 147-154, 1995.
- [35] Langran, G. E. and Poiker, T. K.: Integration of name selection and name placement. In *Proc. Auto-Carto 8*, pages 50-64, 1986.
- [36] Lutterbach, D.: Auswirkungen der Bildschirm-Visualisierung auf die kartographische Darstellung der raumbezogenen Planung. Schriftenreihe des IKG, Heft 24, Bonn 1997.
- [37] Marks, J. and Shieber, S.: The computational complexity of cartographic label placement. Technical Report, TR-05-91, Harvard CS, 1991.
- [38] McMaster R. B.: Automated Line Generalization. *Cartographica*, Vol 24.2 Seiten 74-111, 1987.
- [39] Morgenstern, D.: Aspekte einer Neukonzeption der Schrift in topographischen Karten. Eine Festschrift für Aloys Heupel zum 60. Geburtstag, Schriftenreihe des IKG, Heft 15, S.97-120, Bonn 1985.

- [40] Mower, J. E.: Automated feature and name placement on parallel computers. *Cartography and GIS*, 20(2) pages 69-82, 1993.
- [41] Otto, T.: *Reiselust: Travelling Salesman - eine neue Strategie für eine alte Aufgabe*. c't 1994.
- [42] Oestereich, B.: *Objektorientierte Softwareentwicklung - Analyse und Design mit der Unified Modeling Language*. R. Oldenburg Verlag München Wien, 1998.
- [43] Petzold, I. und Plümer, L.: Plazierung der Beschriftung in dynamisch erzeugten Bildschirmkarten. *NaKaVerm*, Reihe I, Heft 117, 1997.
- [44] Petzold, I.; Plümer, L. und Heber, M.: Label placement for dynamically generated screen maps. In *Proceedings of the 19th International Cartographic Conference*, S. 893-903, 1999.
- [45] Plümer, L.: Automatisierte Plazierung von Schrift in Karten - Ein Problem an der Schwelle von Kartographie und Informatik. Eine Festschrift für Dieter Morgenstern zum 60. Geburtstag, *IKG Schriftenreihe*, Heft 26, Bonn 1999.
- [46] Rumbaugh, J.; Jacobson, I. and Booch, G.: *The Unified Modeling Language Reference Manual*. Addison Wesley Verlag, 1999.
- [47] Schulz, C.: *Schriftpositionierung mit evolutionären Prinzipien*, Der Vermessungsingenieur, August 1999.
- [48] Shea, K. S. and McMaster, R. B.: *Cartographic Generalization on a Digital Environment: When and How to Generalize*. 1989.
- [49] Wagner, F. and Wolff, A.: An efficient and effective approximation algorithm for the map labeling problem. In *Proc. 3rd Annu. European Sympos. Algorithms*, volume 979 of *Lecture Notes Comput. Sci.*, pages 420-433. Springer-Verlag, 1995.
- [50] Wagner, F. and Wolff, A.: Fast and reliable map labeling. In *Proc. 9th Internat. Symp. on Computer Science for Environment Protection*, pages 667-675, 1995.
- [51] Wagner, F. and Wolff, A.: Map Labeling Heuristics: Probably Good and Practically Useful. In *Proc. 11th Annu., ACM Sympos. Comput. Geom.*, pages 109-118, 5-7 June 1995.
- [52] Wood, C. H.: A Descriptive and Illustrated Guide for Type Placement on Small Scale Maps. *The Cartographic Journal*, Vol. 37 No.1 pp. 5-18. June 2000.

- [53] Geographisches Namenbuch Bundesrepublik Deutschland, Verlag des IFAG, Fankfurt am Main 1981.

Anhang A

Prototyp zur Beschriftung von Siedlungsflächen

Mit dem Ziel, beispielhaft den Ablauf der automatischen Schriftplatzierung nach Kapitel 3 zu veranschaulichen und einzelne Beschriftungsregeln konkret zu verifizieren, wurde ein Prototyp zur automatischen Beschriftung von Siedlungsflächen entwickelt. Die Objektart der Siedlungsflächen (Abschnitt 5.4) wurde deshalb als Beispiel gewählt, weil die Beschriftung vergleichsweise kompliziert ist. So muß nicht nur die Geometrie des zu beschriftenden Kartenobjektes sondern auch die Geometrie der in der Nähe befindlichen Fremdobjekte berücksichtigt werden. Desweiteren sind bisher keine Untersuchungen zur Beschriftung von Orten mit flächenhafter Darstellung bekannt. Vor diesem Hintergrund wurde ein Prototyp entwickelt, um die Richtigkeit und Funktionsfähigkeit der in dieser Arbeit entwickelten theoretischen Modelle zu verifizieren. Der Prototyp ist in der Lage, Orte mit flächenhafter Darstellung unter Berücksichtigung der Kartenzeichnung voll automatisch zu beschriften.

Zunächst wird für jede Siedlungsfläche eine Menge von Kandidatenschriftpositionen erzeugt. Dazu wird gemäß Abschnitt 5.4.4 für jede Fläche ein Raster von 100×100 Schriftpositionen auf das Kriterium der eindeutigen Zuordnung von Schrift und Objekt überprüft. Schriftpositionen, die das Kriterium erfüllen, werden in die Menge von Kandidatenschriftpositionen aufgenommen. Für die Überprüfung des Kriteriums wird folgende Funktion verwendet:

$$a_{\text{Fremd}} = f(a_{\text{Eigen}}) > b \cdot a_{\text{Eigen}} + n \quad \text{mit} \quad b = 1,5; \quad n = 1/4 \cdot \text{Länge}_{\text{Schriftzug}}$$

Die Bewertung der Schriftpositionen erfolgt nach den Kriterien *Beschriftung in bevorzugter Position* und *Verdeckung geometrischer Karteninformation*. Das

erstgenannte Kriterium wird durch das Quadrat des Abstandes des Textboxmittelpunktes zum Flächenschwerpunkt berücksichtigt.

$$Eval_1 = \overline{S_{FM_{\text{Textbox}}}}^2$$

Für die Bewertung der Informationsverluste durch Verdeckung von geometrischer Karteninformation wird das vereinfachte Modell nach Abschnitt 6.5.5 verwendet, das den Informationsverlust nach der Summe der Längen aller verdeckten Linienabschnitte bzw. Flächenumringpolygone bewertet. Einfachheitshalber werden bei der Bewertung alle Objektarten mit den gleichen Gewichten berücksichtigt, obwohl aus kartographischer Sicht objektartenabhängig unterschiedlich gewichtet werden müßte.

$$Eval_2 = \sum(l_{\text{verdeckt}})$$

Die Gesamtbewertung ergibt sich aus der reziproken, gewichteten Summe der Einzelbewertungen:

$$Eval = \frac{1}{p_1 \cdot Eval_1} + \frac{1}{p_2 \cdot Eval_2} \quad \text{mit } p_1 = 1; \quad p_2 = 35$$

Die Beschriftung der Kartenobjekte erfolgt in der Position mit der jeweils besten Bewertung ($Eval = max$). Die Konflikte zwischen Schriftpositionen verschiedener Kartenobjekte untereinander werden vom Prototyp nicht berücksichtigt. Dies ist für das vorliegende Beispiel auch nicht erforderlich, da sich die Schriftpositionen mit der jeweils besten Bewertung nicht überdecken.

Pseudocode des im Prototyp implementierten Algorithmus

```

PROCEDURE Beschrifte Karte ()
FOR ALL Objekte der Klasse Siedlungsfläche
  COLLECTION  $G$  = Menge der Geometrie der Siedlungsfläche
  BOX  $B$  = BoundingBox( $G$ )
   $B$  = Vergrößere  $B$  in jede Richtung um einen konstanten Wert  $d$ 
  COLLECTION  $F$  = leer
  FOR ALL Objekte  $obj_i$  der Klasse Siedlungsfläche deren Geometrie in  $B$  liegt
    COLLECTION  $F_i$  = Menge der Geometrie von  $obj_i$ , die in  $B$  liegt und nicht
      zu  $G$  gehört
    Füge  $F_i$  in  $F$  ein
  COLLECTION  $S$  = Erzeuge Raster möglicher Schriftpositionen in  $B$  (hier 100 x100)

```

```

    COLLECTION  $S_E =$  Prüfe Eindeutigkeit ( $S, G, F$ )
    Bewerte Kriterium bevorzugte Schriftposition ( $S_E, G$ )
    Bewerte Verdeckung von Kartengeometrie ( $S_E$ )
    Setze Schriftposition mit bester Bewertung ( $S_E$ )
RETURN

PROCEDURE Prüfe Eindeutigkeit ( $S, G, F$ )
COLLECTION  $S_E =$  leer
FOR ALL Schriftpostionen  $s_i$  IN  $S$ 
     $a_E^1 =$  kleinster Abstand (Textbox( $s_i$ ), Geometrie aus  $G$ )
     $a_F^1 =$  kleinster Abstand (Textbox( $s_i$ ), Geometrie aus  $F$ )
     $a_E^2 =$  Abstand (Textbox( $s_i$ ), Schwerpunkt( $G$ ))
     $a_F^2 =$  kleinster Abstand (Textbox( $s_i$ ), Schwerpunkte( $F_i$ ))
     $a_E^3 =$  Abstand (Textboxmittelpunkt( $s_i$ ), Schwerpunkt( $G$ ))
     $a_F^3 =$  kleinster Abstand (Textboxmittelpunkt( $s_i$ ), Schwerpunkte( $F_i$ ))
    IF Textbox keine Geometrie aus  $F$  schneidet AND  $a_F^1 > b \cdot a_E^1 + n$ 
        Füge  $s_i$  zu  $S_E$  hinzu
    ELSE
        IF Textbox Geometrie aus  $G$  schneidet
            AND Textbox keinen der Schwerpunkte( $F_i$ ) überdeckt AND  $a_F^2 > b \cdot a_E^2 + n$ 
                Füge  $s_i$  zu  $S_E$  hinzu
        ELSE
            IF Textbox den Schwerpunkt( $G$ ) überdeckt AND  $a_F^3 > b \cdot a_E^3 + n$ 
                Füge  $s_i$  zu  $S_E$  hinzu
RETURN  $S_E$ 

PROCEDURE Bewerte Kriterium bevorzugte Schriftposition ( $S_E, G$ )
FOR ALL alle Schriftpostionen  $s_i$  IN  $S_E$ 
     $s_i.eval_1 =$  Abstand(Schwerpunkt( $G$ ) und Textboxmittelpunkt( $s_i$ ))2
RETURN

PROCEDURE Bewerte Verdeckung von Kartengeometrie ( $S_E$ )
FOR ALL alle Schriftpostionen  $s_i$  IN  $S_E$ 
    COLLECTION  $T =$  Menge aller Liniengeometrie, die von Textbox( $s_i$ ) überdeckt wird
    FOR ALL alle Elemente  $t_i$  IN  $T$ 
         $s_i.eval_2 +=$  Länge( $t_i$ )
RETURN

```

```

PROCEDURE Setze Schriftposition mit bester Bewertung ( $S_E$ )
COLLITEM  $s_{max} = s_1$ 
FOR ALL alle Schriftpostionen  $s_i$  IN  $S_E$ 
     $s_i.eval = 1/s_i.eval_1 + 1/(35 \cdot s_i.eval_2)$ 
    IF  $s_i.eval > s_{max}.eval$ 
         $s_{max} = s_i$ 
Setze Position  $s_{max}$ 
RETURN

```

Beim Vergleich zwischen der automatisch beschrifteten und der analogen Karte (Abbildungen A.3 und A.4) erkennt man, daß der Prototyp recht gute Ergebnisse liefert. Zahlreiche Namen (*Bochum, Bottrop, Herne, Mülheim, Ratingen, Velbert*) befinden sich in beiden Karten an der gleichen Position. Die unterschiedlichen Positionen der übrigen Namen haben verschiedene Gründe:

- Unterschiedliche Kartengraphik.
- Unterschiedliche Schriftgröße.
- Der Prototyp unterstützt keine Namentrennung.
- Der Prototyp berücksichtigt nicht alle Kriterien bzw. verwendet für die Bewertung von Informationsverlusten ein vereinfachtes Kriterium.
- Im Außenbereich enthält die automatisch beschriftete Karte weniger Objekte, wodurch Freiräume für die Schrift entstehen.

Die automatisch beschriftete Karte (Abbildungen A.3) wurde auf einem PC mit Pentium III 550Mhz-Prozessor in ca. 2 Minuten erzeugt. Dabei ist zu berücksichtigen, daß der Prototyp auf die Strukturen eines GIS¹ aufgesetzt wurde, die nicht speziell für die Erfordernisse einer zügigen Kartenbeschriftung ausgelegt sind.

¹GIS = Geoinformationssystem

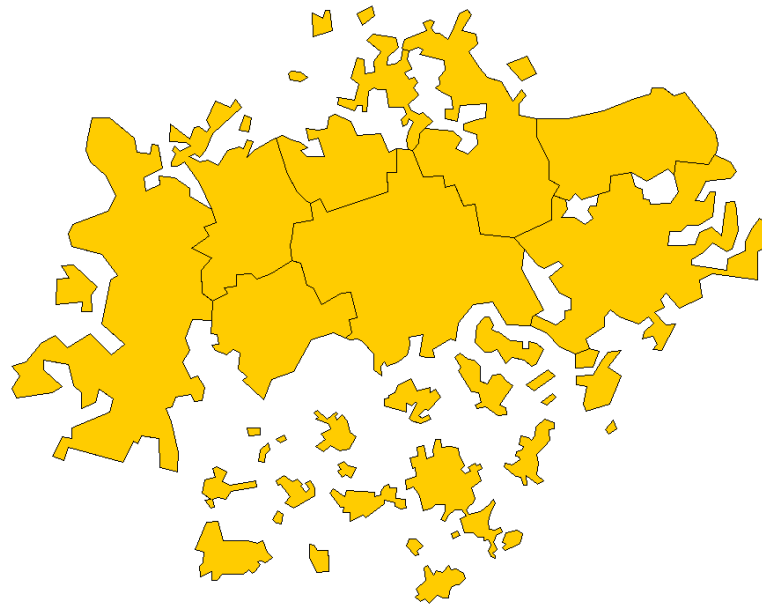


Abbildung A.1: Kartenobjekte der zu beschriftenden Siedlungsflächen

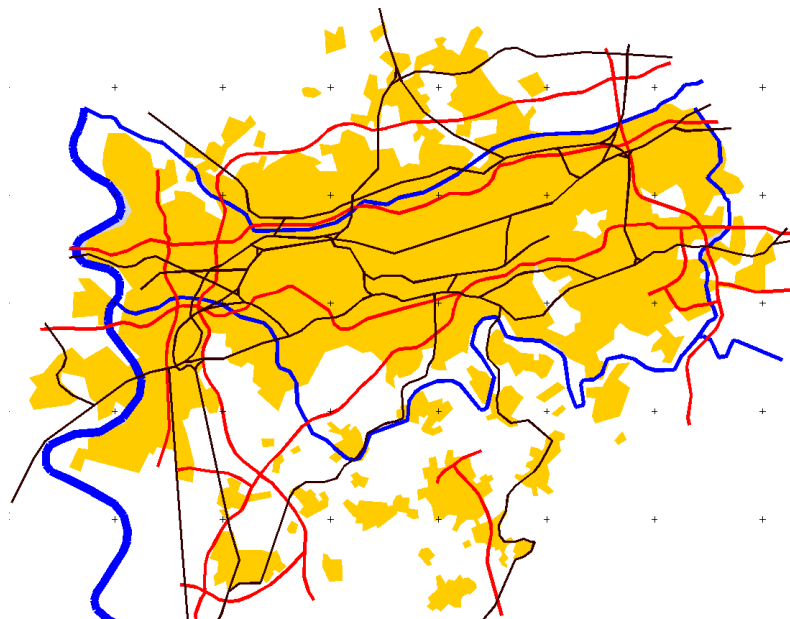


Abbildung A.2: Kartengraphik ohne Schrift. Neben den Siedlungsflächen sind in diesem Beispiel Flüsse, Autobahnen und Eisenbahnlinien dargestellt.

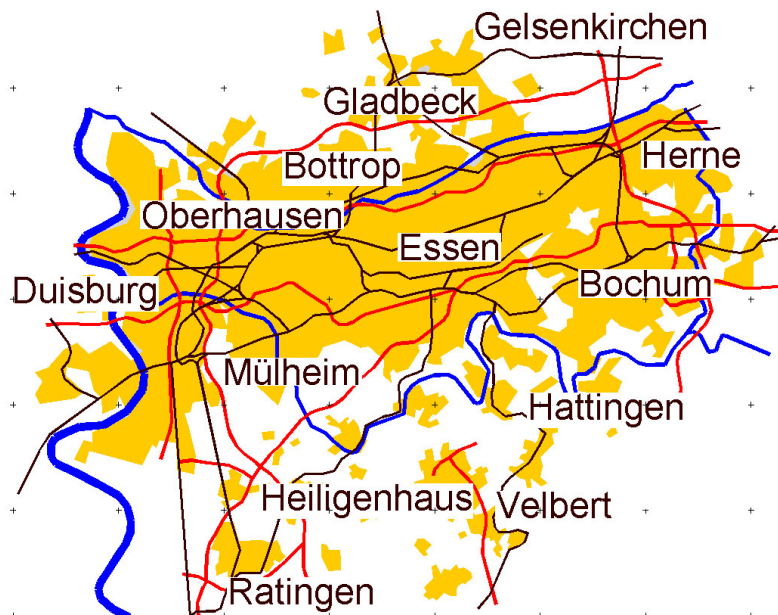


Abbildung A.3: Automatisch beschriftete Karte.



Abbildung A.4: Übersichtskarte Nordrhein-Westfalen zum Vergleich (Analoge Karte im Originalmaßstab 1:500.000)

Lebenslauf

Matthias Ellsiepen
geboren am 9.9.1974 in Mettmann
verheiratet mit Iris Ellsiepen, geb. Zenner, Dipl.-Ing. Geodäsie

| | |
|-------------|--|
| Eltern: | Dr.-Ing. Hans-Peter Ellsiepen Irmhild Ellsiepen, geb. Eicker |
| 1981 – 1985 | Grundschule in Ratingen-Homborg |
| 1985 – 1994 | Theodor-Heuss-Gymnasium in Ratingen |
| 1994 – 1995 | Wehrdienst, Luftlandepionierkompanie 260 in Saarlouis, zuletzt stellv. Gruppenführer |
| 1995 – 1999 | Studium der Geodäsie an der Rheinischen Friedrich- Wilhelms-Universität zu Bonn Zwei Jahre studentische Hilfskraft am Institut für Kartographie und Geoinformation der Universität Bonn |
| seit 1999 | Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Kartographie und Geoinformation der Universität Bonn |

Danksagung

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Kartographie und Geoinformation der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. Ganz herzlich danke ich Professor Dr.-Ing. Dieter Morgenstern, meinem akademischen Lehrer und Hauptreferenten der Dissertation für die Betreuung und großzügige Förderung sowie Professor Dr. rer. nat. Hans-Peter Helfrich für die freundliche Übernahme des Korreferats. Mein weiterer Dank gilt allen Kollegen und Mitarbeitern des IKG, die durch Hinweise, konstruktive Kritik und anregende Diskussion zum Gelingen dieser Dissertation beigetragen haben. Danken möchte ich auch meinem Vater Dr.-Ing. Hans-Peter Ellsiepen für wertvolle Hinweise und Anregungen. Schließlich danke ich allen, die an der Korrekturlesung dieser Dissertation beteiligt waren.