



Technische Universität München
Ingenieurfacultät Bau Geo Umwelt
Lehrstuhl für Kartographie
Prof. Dr.-Ing. Liqiu Meng

Automatisierte Schriftplatzierung in Bildkarten

Stefan Foof

Masterarbeit

Bearbeitung: 15.01.2018 - 15.07.2018

Studiengang: Geodäsie und Geoinformation M. Sc.

Betreuer: Dr.-Ing. Christian Murphy

2018

Selbständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich an Eides statt und durch meine Unterschrift, dass die vorliegende Arbeit von mir selbständig und ohne fremde Hilfe angefertigt worden ist. Inhalte und Passagen, die aus fremden Quellen stammen und direkt oder indirekt übernommen worden sind, wurden als solche kenntlich gemacht. Ferner versichere ich, dass keine andere, außer der im Literaturverzeichnis angegebenen Literatur, verwendet wurde. Diese Versicherung bezieht sich sowohl auf Textinhalte sowie alle enthaltenden Abbildungen, Skizzen und Tabellen. Die Arbeit ist weder vollständig noch in wesentlichen Teilen Gegenstand eines anderen Prüfungsverfahrens, wurde bisher keiner Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht. Die eingereichte schriftliche Fassung entspricht der auf dem elektronischen Speichermedium (CD-Rom).

München, den 15. Juli 2018

Stefan Foof

Kurzfassung

Bildkarten, bei denen es sich um Kompositionen von Satelliten- oder Luftbildern und kartographischen Symbolen handelt, genießen wachsende Popularität, da sie aufgrund ihrer photorealistischen Darstellung und naturalistischen Visualisierung für viele Nutzer interessanter und informativer wirken als herkömmliche Karten [Dahlberg, 1993], [Murphy, 2014].

Aufgrund der hierbei farbintensiven und heterogenen Struktur solcher Bildkarten bildet diese mit ihren Beschriftungen nicht den nötigen Kontrast, um die Bildkarte im Gesamten lesbar zu halten und für den Betrachter ansprechend wirken zu lassen [Murphy, 2014]. Anders als bei klassischen Karten existieren überall informative Räume, die durch die Schrift überdeckt werden und somit Information verloren gehen, weshalb Beschriftungen solcher Bildkarten zurzeit noch manuell angepasst werden, um dies zu verhindern [Murphy, 2014].

Ziel dieser Arbeit ist eine Schriftplatzierung zu konzipieren, die diesen Prozess weitestgehend automatisieren soll, um somit eine bessere Lesbarkeit der Schrift zu gewährleisten. Die Automatisierung soll zum einen die Eigenschaften der Bildkarten und zum anderen auch die Prinzipien der Beschriftung von klassischen Karten berücksichtigen.

Hierzu werden zunächst allgemeine Kriterien und Regeln zur Schriftplatzierung in herkömmlichen Karten erläutert sowie die Automatisierungsprozesse, die hierfür schon existieren, aufgezeigt. Die Relevanz der Bildinhalte wird durch die Analyse der Bildradiometrie miteinbezogen.

Im Rahmen dieser Arbeit ist ein Programm implementiert worden, das auf Basis der eben genannten Kriterien unter Beachtung der Bildradiometrie eigene, modifizierte Methoden anwendet, um eine automatische Schriftplatzierung im Bild zu gewährleisten. Zum Schluss erfolgt eine Evaluierung der zu Beginn aufgestellten Hypothesen, inwieweit das Programm diese erfüllt. Sie wird zeigen, dass die automatische Schriftplatzierung für Punktobjekte und Flächen in Bildkarten gut funktioniert und bessere Ergebnisse hervorbringt als für linienförmige Objekte.

Abstract

Image maps, which are compositions between satellite images or aerophotos with abstract map symbols, become increasingly popular for many users due to their photorealistic representation and naturalistic visualization and also have a more interesting and informative appearance than conventional maps [Dahlberg, 1993],[Murphy, 2014].

Due to the color-intensive and heterogeneous structure of image maps, the map lettering possibly does not provide the necessary contrast to make the image map legible and may not make it look appealing to the beholder [Murphy, 2014]. In contrast to conventional maps, there are informative spaces everywhere on the image maps, which may be covered by the label so information gets lost. To prevent this, labels of image maps are currently still adjusted manually [Murphy, 2014].

The aim of this thesis is to design a label placement to automate this process as much as possible in order to ensure a better legibility between the font and its background. The automatic label placement should consider the general properties of image maps and also stick to the principle rules of labeling objects in conventional maps.

In order to do that, general criteria and rules for label placement in conventional maps are explained and automation processes, which already exist for this purpose are shown. The relevance of image contents in this thesis is ensured by analysing the image radiometry behind a label.

Within the scope of this work, a program has been implemented which uses its own modified methods based on the above mentioned criteria, taking the image radiometry into account, in order to ensure automatic label placement in image maps. Finally, an evaluation of the initialised hypotheses is made to what extent they are fulfilled by the program. It will show, that the automatic label placement in image maps for points and areas will work. They produce better results than line objects.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	XI
Tabellenverzeichnis	XIII
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Ziel	2
1.3 Aufbau der Arbeit	3
2 Beschriftung von Karten im Allgemeinen	4
2.1 Aspekte der Kartographie	4
2.2 Regeln zur Schriftplatzierung in Karten	4
2.2.1 Allgemeine Kriterien zur Platzierung von Beschriftungen	4
2.2.2 Beschriftung von punkthaften Objekten	6
2.2.3 Beschriftung von linienförmigen Objekten	9
2.2.4 Beschriftung von flächenhaften Objekten	9
2.3 Automatische Platzierung von Beschriftungen in Karten	11
2.3.1 Erzeugung von Beschriftungskandidaten	12
2.3.2 Bewertung der Beschriftungskandidaten	13
2.3.3 Selektion der Schriftposition	17
3 Bildkarten	26
3.1 Definition und Eigenschaften von Bildkarten	26
3.2 Besondere Herausforderungen der Schriftplatzierung	29
4 Methodik	30
4.1 Erzeugung und Bewertung der Beschriftungskandidaten	30
4.2 Analyse der Radiometrie des Kandidatenhintergrunds	35
4.3 Festlegung der Beschriftung	37
5 Implementierung in MATLAB	41
5.1 Verwendete Daten	41
5.2 Algorithmen	42
5.2.1 Punktbeschriftung	42
5.2.2 Flächenbeschriftung	46
5.2.3 Linienbeschriftung	50
5.2.4 Benutzeroberfläche	53

6	Evaluierung der Hypothesen	54
6.1	Funktionalität des Programms	54
6.2	Verbesserung durch Beachtung des Bildinhalts	54
6.3	Einhaltung der Regeln	57
6.3.1	Eindeutigkeit	57
6.3.2	Überlappungsfreiheit	58
6.3.3	Lesbarkeit	59
6.3.4	Unvollständigkeit vermeiden	60
6.3.5	Keine Trennung von geometrischen Eigenschaften	60
6.4	Übersicht der Hypothesen	62
7	Fazit	63
7.1	Zusammenfassung	63
7.2	Ausblick	65
	Literaturverzeichnis	67

Abbildungsverzeichnis

1.1	Beispiel einer lesbaren und nicht lesbaren Beschriftung	2
2.1	Beispiel einer falschen und eindeutigen Zuordnung	5
2.2	Mögliche Approximationen der Beschriftung durch Labelboxen	6
2.3	Beschriftungsprioritäten von Punktobjekten nach Imhof	6
2.4	Beschriftungsprioritäten von Punktobjekten nach Yoeli & Hirsch	7
2.5	Übersicht der Beschriftungsprioritäten von Punktobjekten	7
2.6	Festpositionenmodell	8
2.7	Ein-, zwei- und vier-Schieber-Modelle	8
2.8	Beschriftungsraum linienhafter Objekte	9
2.9	Bevorzugte Position der Beschriftung linienhafter Objekte	9
2.10	Verschiedene Arten von Flächenbeschriftung	10
2.11	Erzeugung eines Skeletts	10
2.12	Achsenparallele Beschriftung flächenhafter Objekte	11
2.13	Erzeugung der zulässigen Schriftpositionen	12
2.14	Labelbox in Abhängigkeit des Winkels	13
2.15	Festgelegte Güte in Abhängigkeit der Winkel	13
2.16	Interpolation der Güte in Abhängigkeit der Winkel	14
2.17	Bewertung der Positionskandidaten für verschiedene Objekte	14
2.18	Berücksichtigung der Beziehung zwischen Objekt und Trennlinie	15
2.19	Verdeckung topologischer Informationen	16
2.20	Verdeckung geometrischer Informationen	16
2.21	Logik des direkten Verfahrens	17
2.22	Einteilung der Karte in Streifen	18
2.23	Streifenhöhe	18
2.24	Keine Überlappung von Objekten nicht benachbarter Streifen	19
2.25	Abtastung der erschöpfenden Suche für alle möglichen Kandidaten	21
2.26	Lokales Minimum des Discrete Gradient Descent	22
2.27	Prinzip von Hirsch	22
2.28	Lokales und globales Minimum von Hirsch	23
2.29	Visueller Vergleich der Algorithmen	24
2.30	Selektion der besten Beschriftungskandidaten	25
3.1	Vom Luftbildoriginal bis zur Bildkarte	26
3.2	Aufnahmegeometrie mit radialem Bildversatz	27
3.3	Bildkarte durch Beschriftung eines Orthophotos	28

3.4	Beeinträchtigung der Lesbarkeit	29
4.1	Mögliche Schriftpositionen samt Priorität	30
4.2	Mögliche Schriftpositionen samt Bewertung	31
4.3	Maximal größtes Rechteck innerhalb eines unregelmäßigen Vierecks	32
4.4	Bewertung für Zentrum aus vertikalem Rechteck	33
4.5	Bewertung für Zentrum aus horizontalem Rechteck	33
4.6	Beispiel für Fluss- und Straßenbeschriftung	34
4.7	Beschriftung jedes Segments	35
4.8	Vergleich eines homogenen mit einem heterogenen Bild	36
4.9	Logik des direkten Verfahrens	38
4.10	Konfliktprüfung einer zu setzenden Schrift	38
4.11	Mehrere Konfliktprüfungen	39
4.12	Konflikt mit dem Kartenrand	40
5.1	Beispiel eines Luftbildes	41
5.2	Beispielbild einer Luftaufnahme von Poing	42
5.3	Wahl der Punktobjektposition samt Labelboxen	44
5.4	Generierung des benötigten Raumes der Schrift im Bild	44
5.5	Beschriftung des Anstoßpunktes	46
5.6	Auswahl der zu beschriftenden Fläche	46
5.7	Binärbild der gewählten Fläche, original und bearbeitet	48
5.8	Gewählte Fläche mit innerem Rechteck samt Zentrum	48
5.9	Finale Positionierung der Schrift für die gewählte Fläche	49
5.10	Finale Positionierung der Schrift für weitere Flächen	49
5.11	Auswahl des linienförmigen Objekts	51
5.12	Beschriftung des linienförmigen Objekts	51
5.13	Zweifache Beschriftung des linienförmigen Objekts	52
5.14	Aufbau der GUI	53
6.1	Änderung der Schriftposition aufgrund des homogenen Hintergrunds	56
6.2	Prüfung der Zuordnung Schrift-Objekt	57
6.3	Konfliktgenerierung	58
6.4	weitere Konfliktgenerierung	58
6.5	Konflikt Punkt- mit Linienobjekt	59
6.6	Beschriftetes Bild	59
6.7	Test auf unvollständige Schrift	60
6.8	Überlappung der Seebeschriftung aufs Land	61
6.9	Überlappung der Flussbeschriftung mit Brücke	61

Tabellenverzeichnis

5.1	Bildausschnitte samt Bewertungen	45
6.1	Durchschnittszeiten der Berechnungen	54
6.2	Vergleich dreier Beispiele ohne und mit Beachtung der Bildradiometrie .	55
6.3	Übersicht der Hypothesen	62

1 Einleitung

1.1 Motivation

Die Schriftplatzierung in Karten bildet den letzten, aber auch zusammen mit der Datenbeschaffung den zeitaufwändigsten Schritt in der Erstellung einer Karte [Freeman, 2004],[Dent et al., 2008]. Nach Robinson et al. [1995] haben die Gestaltung und Platzierung der Schrift in einer erstellen Karte im Nachhinein erheblichen Einfluss auf die Qualität. Um diese zu gewährleisten, ist ein sehr komplexer Prozess notwendig, der sich aus der Beschriftung einer Vielzahl unterschiedlicher Objekte entwickeln kann. Daher liegt es im Interesse des Kartographen, diesen Schritt zu automatisieren, wofür schon diverse Algorithmen und Vorgehensweisen existieren, die auch im Verlauf dieser Arbeit erläutert werden [Ellsiepen et al., 2002],[Haegi, 2002],[Maringolo, 2012],[Petzold, 2003],[Slocum et al., 2010].

In den letzten Jahrzehnten hat die Verwendung von Bildkarten immer mehr Einzug in die Kartographie gefunden. Wohingegen klassische Karten wie topographische oder thematische Karten räumliche Informationen durch Abstraktionen der betreffenden realen Objekte darstellen, bieten Bildkarten durch Hinzunahme realistischer Informationen durch Fernerkundungs- oder Luftbilder die Möglichkeit, noch mehr Informationen aus der Karte zu gewinnen und dadurch ein steigendes Interesse des Nutzers zu generieren [Murphy, 2014]. Nachteil dieser informativen, farbintensiven, oft heterogenen Struktur der Bildinhalte im Vergleich zu klassischen Karten ist, dass die Beschriftung von Objekten oft nicht genügend Kontrast bildet, wodurch sie aufgrund des Hintergrunds oft unlesbar bleibt [Murphy, 2014].

Bildkarten bestehen zu Beginn ihrer Entwicklung nur in Rasterform auf Basis der ursprünglichen Satelliten- oder Luftaufnahmen [Hake et al., 2002]. Bei topographischen oder thematischen Karten bilden oft Vektordaten eine Grundlage für die Automatisierungsverfahren der Schriftplatzierung, an denen sich die Algorithmen orientieren können und anhand kartographischer Platzierungsregeln für bekannte Objekte aus den Datenbanken die Schrift setzen [Freeman, 2004]. Übertragen auf Bildkarten bzw. ihre Rohfassungen wie Luftbilder wird hierbei jedoch die Bildinformation, die sich hinter der gesetzten Schrift befindet, nicht beachtet. Kommt es dadurch zu einer unlesbaren Beschriftung, ist eine manuelle Nachbesserung und Umpositionierung der Schrift notwendig [Murphy, 2014].



Abbildung 1.1: *Beispiel einer lesbaren und nicht lesbaren Beschriftung*

Es besteht die Notwendigkeit, bei automatischen Schriftplatzierungen auch die Textur des Bildes zu prüfen, um solche Fälle wie in Abbildung 1.1 zu vermeiden. In diesem Fall ist zu erkennen, dass die platzierte Schrift im Wald deutlich schwerer zu erkennen ist als die auf dem Feld.

1.2 Ziel

Intention dieser Arbeit ist eine automatisierte Schriftplatzierung für Bildkarten zu entwickeln, um eine Lesbarkeit der Schrift zu gewährleisten. Hierfür ist es nötig, aus der Fachliteratur grundsätzliche Kriterien und Regeln für die Schriftplatzierung von punkt-, linien- und flächenhaften Objekten aufzuzeigen und diese gegebenenfalls so zu adaptieren, dass diese auch für die Anwendung von Bildkarten bzw. Luftbildern funktionieren. Zusätzlich zur Platzierung im Allgemeinen sollen die Bildinhalte, auf die die Schriften gesetzt werden, auf ihre Textur analysiert und versucht werden, eine womöglich bessere Position für die Lesbarkeit der Schrift zu finden.

Die Umsetzung des Verfahrens erfolgt durch eine konkrete Implementierung in *MATLAB*. Das konkrete Ziel ist die Entwicklung des Programms sowie das Aufstellen folgender Hypothesen:

- Funktioniert eine automatische Schriftplatzierung für Bildkarten?
- Birgt das Einbeziehen der Bildradiometrie möglicher Platzierungsräume eine Verbesserung?
- Können die grundsätzlichen Regeln der Fachliteratur aus der Beschriftung klassischer Karten angewendet werden?

Zum Schluss dieser Arbeit wird das Programm auf seine Hypothesen überprüft, um somit eine qualitative Aussage bezüglich einer automatischen Schriftplatzierung in Bildkarten treffen zu können.

1.3 Aufbau der Arbeit

In Kapitel 2 werden die allgemeinen kartographischen Aspekte der Beschriftung einer Karte erläutert. Dies beinhaltet allgemeine Kriterien und Regeln zur Beschriftung sowie die Vorgehensweise bei punkt-, linien- und flächenhaften Objekten im einzelnen. Existierende Automatisierungsprozesse der Schriftplatzierung werden dargestellt und verglichen.

Kapitel 3 beschreibt die Definition, Erstellung und Eigenschaften von Bildkarten detaillierter und benennt die Unterschiede bezüglich der besonderen Herausforderung der Schriftplatzierung im Vergleich zu klassischen Karten.

In Kapitel 4 wird die grundsätzliche Herangehensweise des implementierten Programms beschrieben. Es werden die Verbindungen zur Methodik der Fachliteratur aus Kapitel 2 aufgezeigt und die adaptiven Änderungen bezüglich der Anpassung auf die Anwendung mit Bildkarten erläutert. Kapitel 5 zeigt die konkretere Implementierung der Methodik aus Kapitel 4 in *MATLAB*, gibt die Logik der Programmstrukturen wieder, und zeigt die Zwischenschritte anhand von Beispielen sowie erste Ergebnisse auf.

Kapitel 6 evaluiert das Programm anhand der aufgestellten Hypothesen aus Abschnitt 1.2 und stellt die Ergebnisse dar.

Zum Abschluss wird in Kapitel 7 das Programm sowie dessen Evaluierung der Hypothesen diskutiert, die Schwächen aufgezeigt und mögliche Problembehebungen und weitere Herangehensweisen für die Zukunft erläutert.

2 Beschriftung von Karten im Allgemeinen

Dieses Kapitel zeigt die grundsätzlichen Aspekte der Beschriftung in Karten auf. Es stellt die Bedeutung von Karten- und Schriftobjekten in einer Karte dar. Für eine authentische Darstellung gibt es in puncto Platzierung von Beschriftungen für Objekte gewisse Regeln, die hier zusammengetragen und gezeigt werden. Weiterhin beinhaltet es eine systematische Veranschaulichung des Prozesses der automatischen Beschriftungen und mit welchen Schwierigkeiten man konfrontiert werden kann.

2.1 Aspekte der Kartographie

Betrachtet man die Grundelemente von Karten, bestehend aus Punkten, Linien und Flächen, so sind diese essentiell für die Darstellung von räumlich bezogenen Daten. Aber auch die Schrift kann, obwohl sie als wichtigstes erläuterndes Element der Karte aufgeführt wird, in bestimmten Fällen (vgl. Abschnitt 2.2.4) auch geometrische Informationen über das zu beschriftende Objekt liefern [Hake et al., 2002]. Als Erläuterung ist sie eine unabdingbare Voraussetzung, um dem Nutzer ein besseres Verständnis über die Visualisierung dieser räumlich bezogenen Daten zu gewährleisten und um für ein besseres Verständnis der Karte zu sorgen. Schriftobjekte als Beschriftung von Kartenobjekten sollen aber nicht nur Informationen über diese bereitstellen, sondern auch so platziert werden, dass die Ästhetik der Karte als Ganzes nicht verloren geht und vor allem die Zuordnung der Schrift zu ihrem zu beschriftenden Kartenobjekt eindeutig identifizierbar ist [Imhof, 1962]. Die Darstellung von Kartenobjekten mit dem Schwerpunkt auf ihre Beschriftung werden ausführlich in Eduard Imhofs Veröffentlichung "Die Anordnung der Namen in der Karte" von 1962 aufgeführt [Imhof, 1962], welche den Kern dieses Kapitels bildet und in Abschnitt 2.2 näher beschrieben werden.

2.2 Regeln zur Schriftplatzierung in Karten

2.2.1 Allgemeine Kriterien zur Platzierung von Beschriftungen

Wie schon in Abschnitt 2.1 erwähnt, lassen sich Objekte in Karten in punktförmige, linienhafte oder auch flächenhafte Objekte einteilen. Für diese existieren jeweils eigene Regeln, wie solche Objekte zu beschriften sind, welche genauer in Abschnitt 2.2.2 und folgenden erläutert werden. Bevor es um die Unterscheidung der einzelnen Kartenobjekte geht, lassen sich zunächst allgemein einige Voraussetzungen definieren, an denen man

gute und schlechte Kartenbeschriftungen unterscheiden kann. Hierbei verfasst Imhof [1962] folgende wichtige Grundregeln für die Platzierung von Beschriftungen:

- Eindeutigkeit: die Zuordnung zwischen Schrift und dem dazugehörigen Kartenobjekt muss eindeutig gegeben sein
- Überlappungsfreiheit: die Schrift soll den Inhalt der Karte so wenig wie möglich stören. Es gilt jegliche Überschneidungen von Schrift und Schrift oder Schrift und anderen Kartenobjekten möglichst zu vermeiden
- Lesbarkeit: die Schrift muss lesbar, leicht auffindbar und vor allem unterscheidbar sein
- Unvollständigkeit: die Schrift soll nicht außerhalb der Karte platziert werden, so dass sie unvollständig in der Karte zu sehen ist

Ein Beispiel für den ersten Punkt der Aufzählung zeigt folgende Abbildung von Maringolo [2012] in Anlehnung an Imhof [1962]:

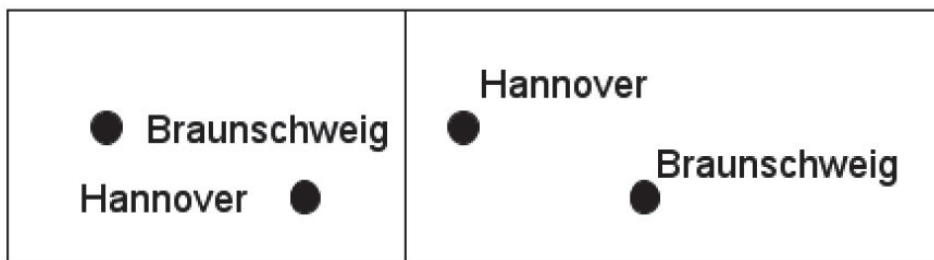


Abbildung 2.1: *Beispiel einer falschen (links) und eindeutigen Zuordnung, Maringolo [2012]*

Im linken Teil von Abbildung 2.1 ist deutlich zu erkennen, dass eine räumliche Nähe der Schrift zum korrespondierenden Objekt wichtig für eine genaue Zuordnung ist, die Lösung aber trotzdem mehrdeutig wird, sobald auch ein anderes Objekt in der Nähe liegt, dessen Beschriftung wiederum zum erstgenannten Objekt zugeordnet werden kann. Das rechte Beispiel zeigt eine bessere Zuordnung, die den Aspekt der räumlichen Nähe einhält und auch keine mehrdeutige Zuordnung der Schrift zu ihren jeweiligen Objekten zulässt.

Falls zum Beispiel die ersten beiden Kriterien sich widersprechen, sodass eine Korrektur von Überlappung zu einer mehrdeutigen Zuordnung führt und umgekehrt, so ist immer die Überlappungsfreiheit an erster Stelle zu setzen. Lieber wird eine nicht eindeutige Zuordnung in Kauf genommen, als dass sich Beschriftungen gegenseitig überschneiden oder gar Objekte verdecken [Maringolo, 2012].

Ergänzend zu Imhofs Aufzeichnungen stellt Strijk [2001] weitere Bedingungen an die Beschriftung von Karten:

- Ästhetik: Schriftart, -größe und -farbe so wählen, dass die Informationen angenehm veranschaulicht werden
- Harmonie: Der Stil der Schrift muss sich, je nach Art des zu beschriftenden Objekts, anpassen
- Hierarchie: die Wichtigkeit von Objekten soll auch durch die Schrift wiedergegeben werden, Bsp: größere Stadt hat größere und fettere Beschriftung als kleinere Stadt
- Kompaktheit: Umbrüche oder Leerzeichen zwischen Wörtern sind nicht erwünscht
- Keine Trennung von Objekten: Beschriftungen müssen immer ganz auf dem Land oder auf dem Wasser oder einem sonstigen, homogenen Bild liegen

Im Allgemeinen können Schriften an sich in der Karte dargestellt oder auch durch Labelboxen approximiert werden, die auch für spätere Texturanalysen in Bildkarten zur Berechnung herangezogen werden [Petzold, 2003].

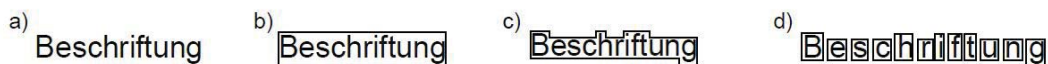


Abbildung 2.2: *Mögliche Approximationen der Beschriftung durch Labelboxen, Petzold [2003]*

Hierbei wird die Labelbox, welche in Bild b) von Abbildung 2.2 dargestellt wird, als Suchraum verwendet.

2.2.2 Beschriftung von punkthaften Objekten

Die Beschriftung von Punktobjekten soll immer in unmittelbarer Nähe des Objekts erfolgen, sodass eine eindeutige Zuordnung möglich ist, jedoch auch nicht zu nah, da dies einen schlecht lesbaren Gesamteindruck erzeugen könnte [Imhof, 1962],[Strijk, 2001]. Grundsätzlich sind alle möglichen Positionen um das Objekt herum möglich, jedoch gibt es verschiedene Prioritäten für einzelne Positionskandidaten, die von den Autoren der Fachliteratur verschieden angeordnet werden.

Imhof [1962] ordnet in Abbildung 2.3 seine bevorzugte Position oben rechts des Punktobjektes an, somit wird diese mit der ersten Priorität versehen. Dargestellt werden diese Prioritäten auch in den folgenden Grafiken, somit besitzen die Beschriftungskandidaten mit kleinerer Zahl die höheren Prioritäten und werden somit zuerst besetzt.

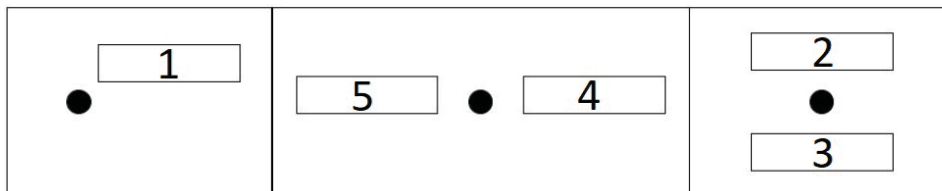


Abbildung 2.3: *Beschriftungsprioritäten von Punktobjekten nach Imhof [1962]*

Besteht eine Überlappungsgefahr durch andere Schriften oder Kartenobjekte, so ist laut Imhof [1962] als nächste Position die Überschrift zu wählen mit Unterschrift als weitere Alternative und erst dann die Position rechts vom Objekt und anschließend links als Alternative.

Anders als Imhof beschreiben Yoeli [1972] oder auch Hirsch [1982] ihre Besetzungsprioritäten für Beschriftungen von punktartigen Kartenobjekten verschieden und plädieren in Abbildung 2.4 sogar auf mögliche zehn Positionen:



Abbildung 2.4: Beschriftungsprioritäten von Punktobjekten nach Yoeli & Hirsch, Maringolo [2012]

Auch bei anderen Autoren der Fachliteratur fallen die Reihenfolge der Beschriftungspositionen unterschiedlich aus. Es lässt sich daraus schließen, dass es keine offizielle Lösung gibt, an die sich der Kartograph zu halten hat. Weitere Beschriftungspositionen können folgender Abbildung 2.5 entnommen werden:

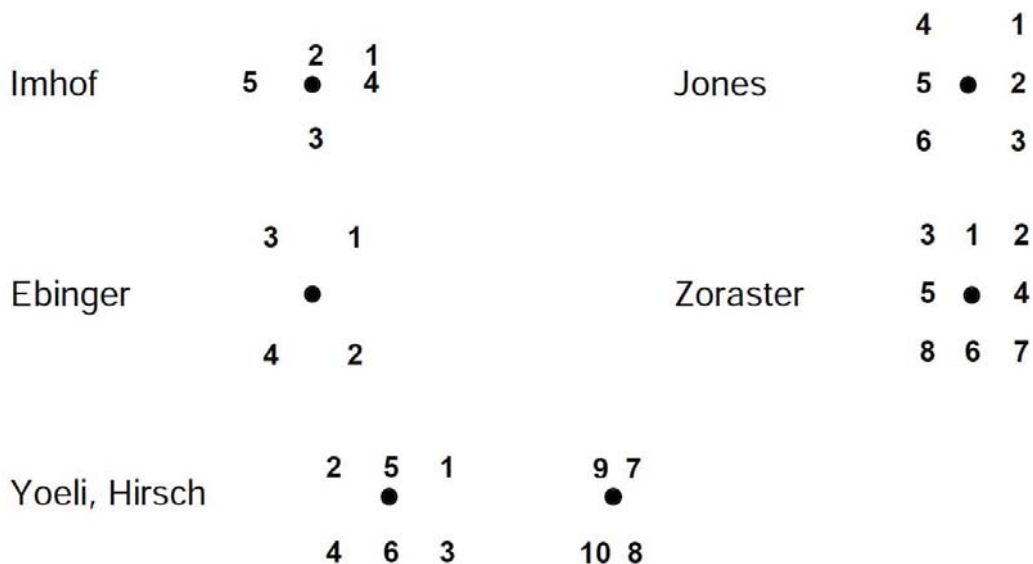


Abbildung 2.5: Übersicht der Beschriftungsprioritäten von Punktobjekten, Haegi [2002]

Dies bietet Möglichkeit, sich nicht starr an einem Vorgehen zu richten, sondern gegebenenfalls in Anpassung an individuell auftretende Probleme, die Prioritäten der Positionen anzupassen und auf ein anderes Modell zurückzugreifen. Da sich die Modelle auch nicht völlig unterscheiden, sondern auch gewisse Ähnlichkeiten besitzen, würde man die Grundcharakteristik der Vorgehensweise beim Setzen der Positionen nicht erheblich neu definieren. Es fällt auf jeden Fall auf, dass die obere rechte Position von nahezu jedem präferiert wird und die zweite Positionen in den meisten Fällen (Ausnahme: Yoeli [1972] & Hirsch [1982]) rechts vom Objekt liegen.

Bei all diesen Verfahren geht man von festen Positionen der Beschriftungsräume aus. Überlappt die erste gesetzte Position mit einer anderen oder einem Kartenobjekt, so wird auf die mit der Priorität zwei gesetzt, die ebenfalls ihre fest definierte Position besitzt. Dies sind sogenannte Festpositionenmodelle (engl.: *fixed position model*), bei denen den Punktobjekten wie in Abbildung 2.6 dargestellt ein-, zwei- oder vier feste Positionen zugeschrieben werden.

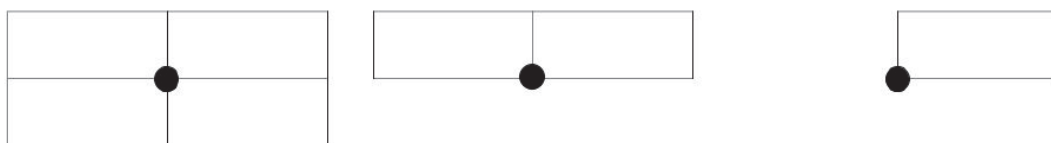


Abbildung 2.6: *Festpositionenmodell, Maringolo [2012]*

Um mehr Möglichkeiten zu generieren, auftretende Überlappungskonflikte zu vermeiden, kann auch das *slider model* nach Strijk [2001] definiert werden, bei dem jede beliebige Position des Beschriftungsraumes erlaubt wird, solange dieser mit der Kante das Punktobjekt berührt. Somit sind theoretisch unendlich viele Positionen möglich, wodurch viel mehr Ausweichmöglichkeiten entstehen. Meistens handelt es sich um das 4-Schieber-Modell, bei dem um das Objekt rundherum alle Positionen möglich sind (vgl. Abbildung 2.7).

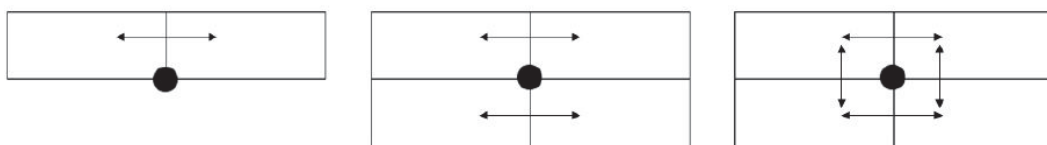


Abbildung 2.7: *Ein-, zwei- und vier-Schieber-Modelle, Maringolo [2012]*

2.2.3 Beschriftung von linienförmigen Objekten

In einer Karte wird ein linienförmiges Kartenobjekt als solches angesehen, wenn es wie eine Polylinie aus mehreren Geradenstücken zusammengesetzt werden kann. Um diese Geradenstücke erzeugt man mittels Kreisen, deren Mittelpunkte auf der Linie liegen eine Art Puffer, welches die Polylinie vollständig umschließt (vgl. Abbildung 2.8). In diesem Pufferraum wird versucht, geeignete Positionen für die Beschriftungen zu finden [Petzold, 2003].

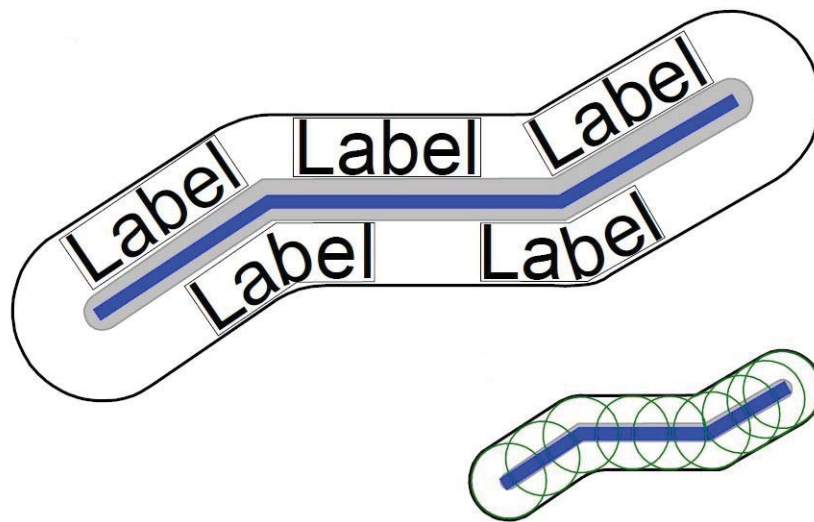


Abbildung 2.8: *Beschriftungsraum linienhafter Objekte, Petzold [2003]*

Die Positionen eignen sich dann besonders gut, wenn der Rand der einzelnen Labelbox gut mit einem der Geradenstücke der Linie zusammen passt. Somit erhält diese mögliche Position eine höhere Bewertung als andere [Petzold, 2003], welche in der folgenden Abbildung 2.9 rot markiert ist:

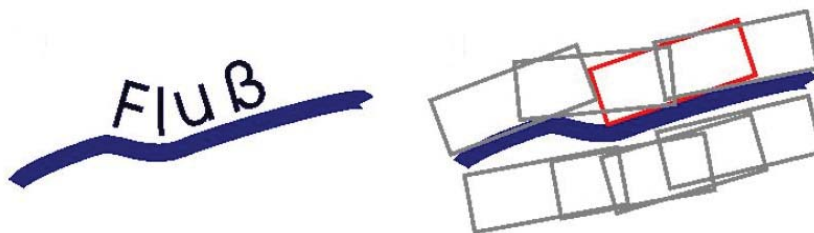


Abbildung 2.9: *Bevorzugte Position der Beschriftung linienhafter Objekte, Petzold [2003]*

2.2.4 Beschriftung von flächenhaften Objekten

Die Beschriftung von flächenhaften Objekten gestaltet sich als komplexeres Verhalten als die vorangegangenen beiden. Man kann in diesem Fall zwischen zwei Arten unter-

scheiden. Zum einen gibt es die Objekte, deren Fläche durch eine Grafik repräsentiert und visuell begrenzt wird und Objekte, die diese Grafik nicht besitzen [Petzold, 2003].

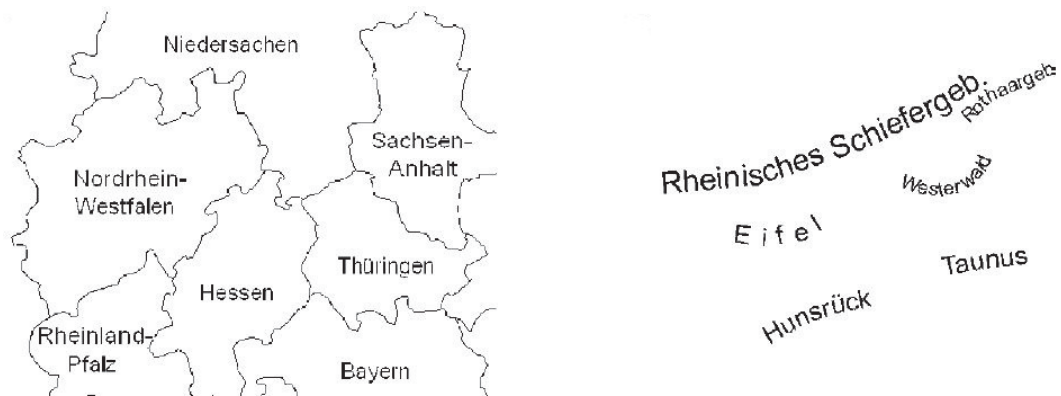


Abbildung 2.10: *Verschiedene Arten von Flächenbeschriftung, Petzold [2003]*

Im linken Fall von Abbildung 2.10, bei denen die Bundeslandgrenzen die Fläche eindeutig definieren, ist es ausreichend, die Schrift horizontal innerhalb dieser Fläche zu platzieren. Im rechten Fall, in dem keine grafische Begrenzungen der Fläche existieren, muss die Schrift die geometrischen Eigenschaften des flächenhaften Objekts selbst wiedergeben.

Besonderheit hierbei ist die Tatsache, dass im linken Fall der potentielle Beschriftungsraum auch das zu beschriftende Objekt ist, bzw. auf ihm liegt. Somit können Konflikte mit allen darin liegenden punktförmigen und linienhaften Kartenobjekten sowie deren Beschriftungen auftreten. Petzold [2003] schlägt daher vor, den Beschriftungsraum einzugrenzen, um das Konfliktpotenzial mit den darin lokalisierten Objekten zu minimieren, indem man bei der Beschriftung flächenhafter Objekte die Methodik für der linienhaften Objekte anwendet.

Für den Fall, in dem die Schrift die Geometrie der Fläche wiedergibt, existieren zwei Verfahren. In beiden ist das Ziel, die Flächenumrandung auf ein Skelett der eingeschlossenen Fläche zu minimieren.



Abbildung 2.11: *Erzeugung eines Skeletts, Petzold [2003]*

Im linken Fall von Abbildung 2.11 wird nach dem Verfahren von Freeman das Skelett

mithilfe von Wellenfronten, die vom Flächenrand ins Innere laufen, ermittelt. Dort, wo diese Fronten zusammenlaufen, entsteht das neue Skelett. Alternativ kann dies auch durch die Erzeugung von Voronoi Diagrammen berechnet werden (vgl. Abbildung 2.11 rechts) [Petzold, 2003]. In beiden Fällen kann das Skelett als linienförmiges Objekt betrachtet werden, welches durch das Verfahren wie in Abschnitt 2.2.3 beschrieben, beschriftet wird.

Für den Fall der horizontalen Beschriftung werden in den Beschriftungsflächen die nötigen geraden Linien erzeugt (vgl. Abbildung 2.12), um die der Pufferraum aus Abschnitt 2.2.3 gebildet wird, in dem dann die Beschriftung erfolgt.

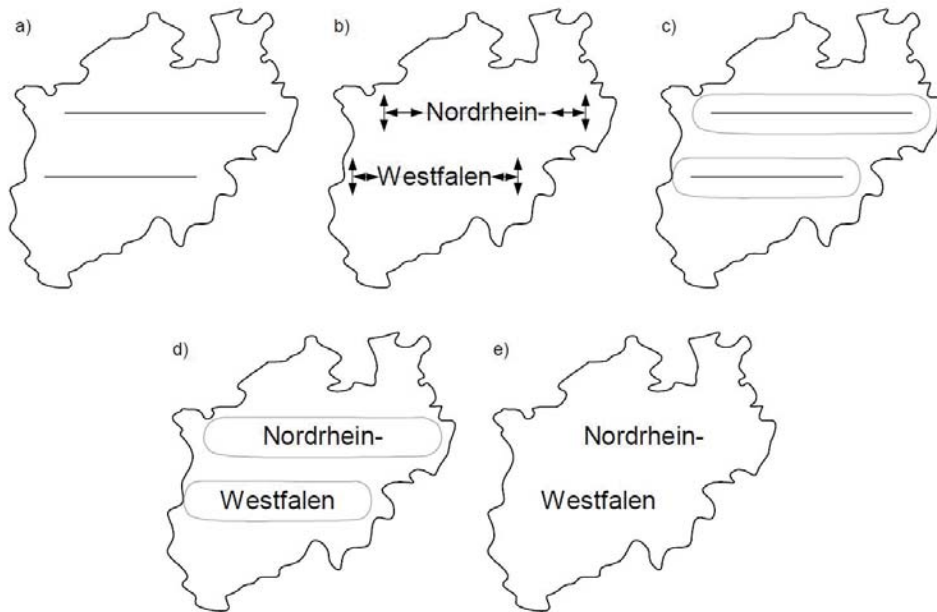


Abbildung 2.12: Achsenparallele Beschriftung flächenhafter Objekte, Petzold [2003]

2.3 Automatische Platzierung von Beschriftungen in Karten

Auch wenn semiotisch betrachtet die Beschriftungen in Karten ziemlich artfremd sind, so ist ihre Benutzung zur Identifikation und Differenzierung von Objekten in Karten unabdingbar [Ellsiepen et al., 2002]. Somit ist nach Erstellung einer Karte die Beschriftung ein aufwändiger aber auch ein notwendiger Schritt [Haegi, 2002]. Um den Prozess zeitsparender zu gestalten und dem Kartographen Arbeit abzunehmen, wird in den letzten Jahrzehnten in der digitalen Kartographie eine Automatisierung der Beschriftungsprozesses angestrebt [Haegi, 2002]. Die Beschriftung von Objekten zu automatisieren ist bis heute aber noch zu keiner serienreifen Entwicklung gekommen, da die Ergebnisse bisher noch nicht den Qualitätsanforderungen entsprechen, die man durch manuelle Beschriftung erzielen kann [Ellsiepen et al., 2002].

Der Ablauf der Schriftplatzierung für Karten im Allgemeinen, der in dieser Arbeit so weit es geht auch für Bildkarten automatisiert werden soll, gliedert sich in drei Schritte, welche im Detail erläutert werden [Ellsiepen et al., 2002]:

1. Erzeugung von Beschriftungskandidaten
2. Bewertung der Beschriftungskandidaten
3. Selektion der Schriftposition

2.3.1 Erzeugung von Beschriftungskandidaten

Die Erzeugung der Beschriftungskandidaten bildet den ersten Schritt des Automatisierungsprozesses. In ihm wird nichts anderes getan als nach den Regeln für die Beschriftung der jeweiligen Objekte aus Abschnitt 2.2 alle möglichen Positionen für die Beschriftungskandidaten zu definieren. Sie beschreiben das Kontinuum, in dem alle zulässigen Beschriftungspositionen liegen [Ellsiepen et al., 2002]. Grundsätzlich gilt: je mehr Beschriftungskandidaten vorliegen, desto länger dauert die Berechnung, aber auch desto besser ist zum Schluss die Beschriftungsqualität. Im Umkehrschluss liefern wenig definierte Beschriftungskandidaten eine schnelle Berechnung und somit kürzere Laufzeiten der Algorithmen, man büßt schlußendlich aber am Informationsgehalt der Karte ein.

Formal ausgedrückt existiert eine Labeling Funktion $f : P \rightarrow N$ mit der Menge an Punktobjekten $P = p_1, \dots, p_n \in \mathbb{R}^2$ und der Menge an möglichen Beschriftungspositionen $N = n_1, \dots, n_i \in \mathbb{N}$, dies ist der Suchraum, der aus dem Schritt der Erzeugung hervorgeht [Maringolo, 2012].

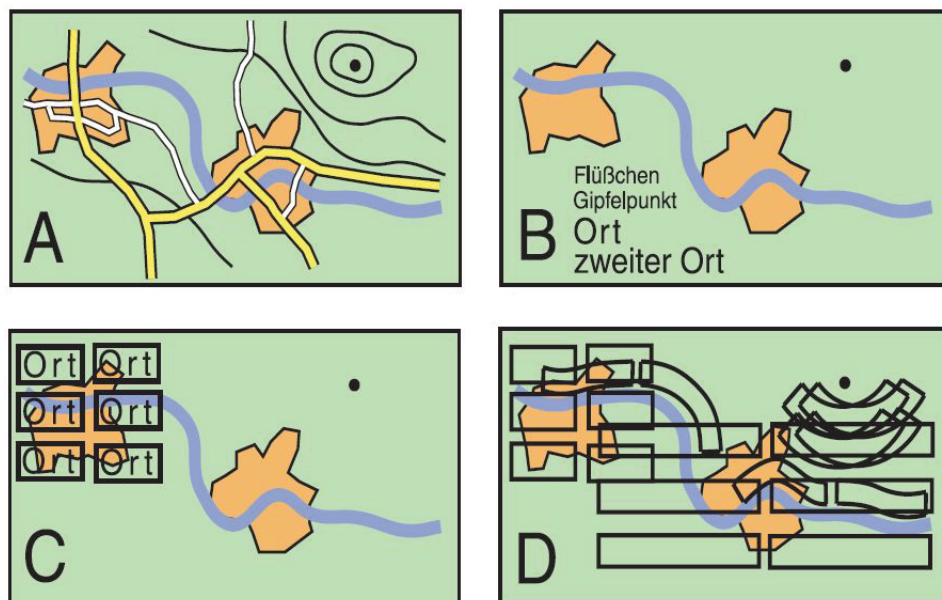


Abbildung 2.13: Erzeugung der zulässigen Schriftpositionen, Ellsiepen et al. [2002]

In Abbildung 2.13 C ist der Suchraum für die Beschriftung des Ortes gut zu erkennen. D zeigt für alle Kartenobjekte die potentiellen Beschriftungskandidaten. Hier ist schon ersichtlich, welches Ausmaß das Überlappungsproblem annehmen könnte.

2.3.2 Bewertung der Beschriftungskandidaten

Um aus dem erzeugten Kontinuum aus möglichen Beschriftungspositionen eine geeignete Wahl einer einzigen Position zu treffen, muss die Qualität aller möglichen Positionen anhand quantifizierbarer Größen gegeneinander abgewägt werden [Ellsiepen et al., 2002]. Man kann also durch Zuteilung eines gewissen Gewichts nach der entsprechenden Prioritätenreihenfolge den Beschriftungsräumen numerische Werte zuweisen, die die Güte dieser Schriftposition wiedergibt und bei der späteren Selektion der besten Position berechnet werden kann [Abschnitt 2.3.3].

Petzold [2003] setzt seine Bewertung der Kandidaten in Abhängigkeit des Winkels, den die Verbindung zwischen Objekt und Mittelpunkt der Labelbox mit der horizontal, positiven x-Achse in Abbildung 2.14 bilden.



Abbildung 2.14: Labelbox in Abhängigkeit des Winkels, Petzold [2003]

Für gewisse Winkel, die den typischen Beschriftungspositionen entsprechen, definiert sich Petzold [2003] einen Wertebereich von 0 bis 1, in dem 1 der höchsten Priorität zugeordnet wird und 0 der niedrigsten. Somit erhalten wichtige, präferierte Positionen eine hohe Gewichtung und Positionen, die man nur in schlechten Fällen wählen würde, eine geringe Gewichtung.

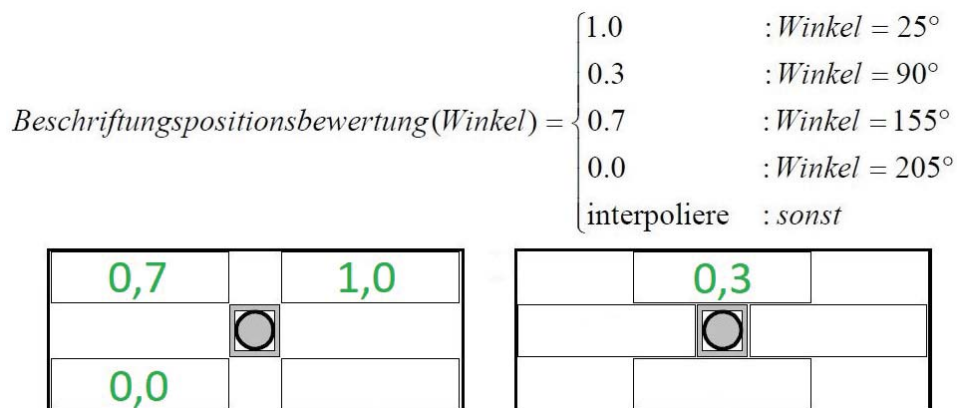


Abbildung 2.15: Festgelegte Güte in Abhängigkeit der Winkel, bearbeitete Grafik aus Petzold [2003]

Bleibt man in der Positionswahl der Labelboxen flexibel und legt diese auf andere Winkel (*slider model*, siehe Abbildung 2.7), so lassen sich die Bewertungen über folgende Interpolation berechnen:

$$\text{Beschriftungspositionsbewertung}(\text{Winkel}) = \begin{cases} 0,00556x + 0,86111 & : 0^\circ \leq \text{Winkel} < 25^\circ \\ -0,01077x + 1,26923 & : 25^\circ \leq \text{Winkel} < 90^\circ \\ 0,00615x - 0,253846 & : 90^\circ \leq \text{Winkel} < 155^\circ \\ -0,014x + 2,87 & : 155^\circ \leq \text{Winkel} < 205^\circ \\ 0,00556x - 1,13889 & : 205^\circ \leq \text{Winkel} \leq 360^\circ \end{cases}$$

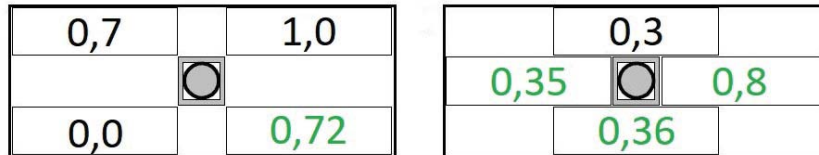


Abbildung 2.16: Interpolation der Güte in Abhängigkeit der Winkel, bearbeitete Grafik aus Petzold [2003]

Eine Bewertung für alle möglichen Beschriftungspositionen für verschiedene Kartenobjekte kann wie in Abbildung 2.17 aussehen:

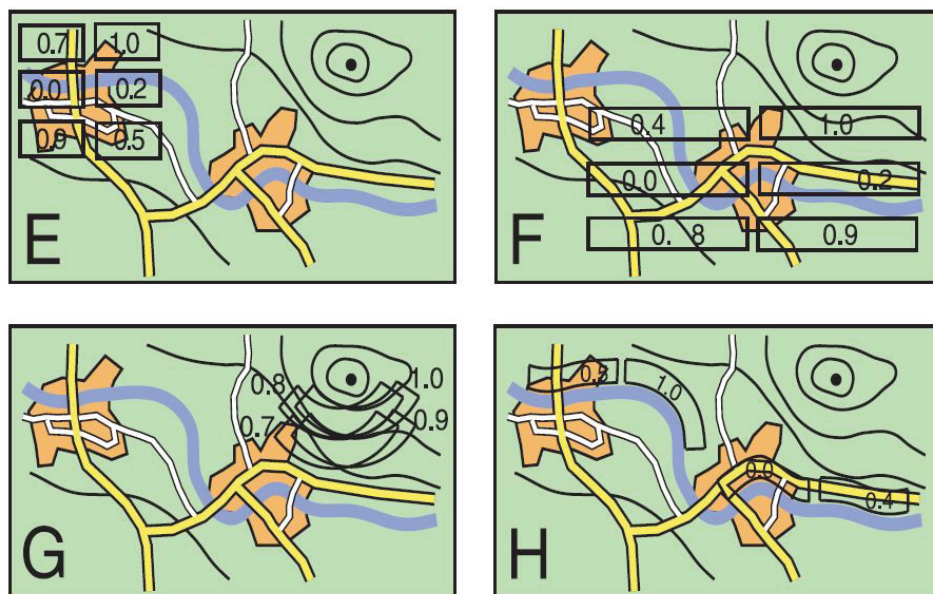


Abbildung 2.17: Bewertung der Positionskandidaten für verschiedene Objekte, Ellsiepen et al. [2002]

Ellsiepen et al. [2002] führt bei der Bewertung neben den schon in Abschnitt 2.2.1 genannten Kriterien noch drei weitere hinzu.

- Topologisch korrekte Lage zu einer Trennlinie

- Verdeckung topologischer Karteninformationen
- Verdeckung geometrischer Karteninformationen

Bei der topologisch korrekten Lage zu einer Trennlinie handelt es sich um den Fall, dass das zu beschriftende Objekt von einer Linie getrennt wird. Hierbei gilt es, bei der Platzierung der Schrift darauf zu achten, zu welchem Anteil das getrennte Objekt auf den jeweiligen Seiten liegt und dabei der größere Anteil beachtet werden soll. Somit müsse die Schrift auch auf dieser Seite der Trennlinie liegen, um dem Kartenleser diese topologische Information mithilfe der Schrift schneller zu verdeutlichen [Ellsiepen et al., 2002].

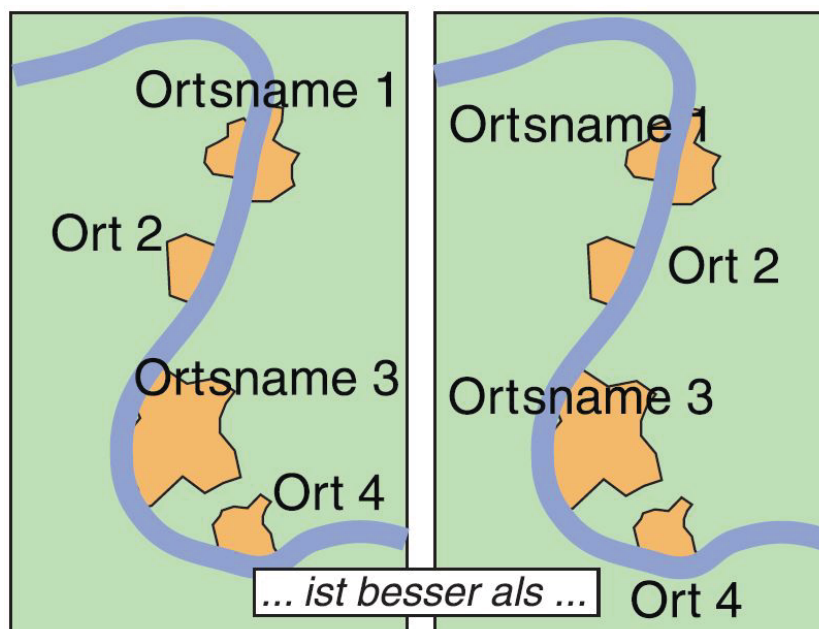


Abbildung 2.18: Berücksichtigung der Beziehung zwischen Objekt und Trennlinie, Ellsiepen et al. [2002]

Die Gewichtung dieses Kriteriums ist stark von der Objektart der Trennlinie abhängig. Eine starke Trennwirkung haben Flüsse und Staats-/ Landesgrenzen, schwächer bewertet werden hingegen Straßen und Eisenbahnlinien [Ellsiepen et al., 2002].

Bei der Verdeckung topologischer Karteninformationen handelt es sich um für den Kartennutzer eventuell wichtige Informationen, die von der Schrift überdeckt werden können.

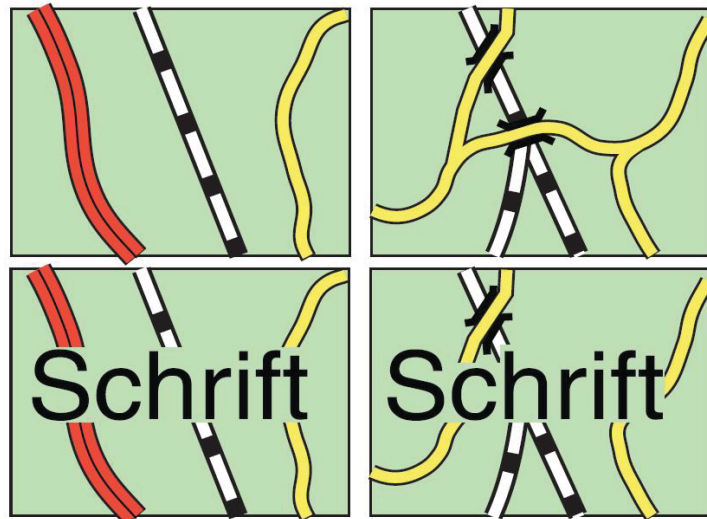


Abbildung 2.19: Verdeckung topologischer Informationen, Ellsiepen et al. [2002]

In Abbildung 2.19 ist zu sehen, wie die Schrift im linken Teil keine wichtigen Informationen überdeckt. Im rechten Teil jedoch kann sie ein vollständiges Kartenobjekt, wie zum Beispiel eine Straße, so überdecken, dass diese für den Betrachter nicht zu erkennen ist. Somit könnten fälschliche Informationen gezogen werden, da man wie hier denkt, man könne nicht von der linken auf die rechte Straße fahren.

Ebenso zu beachten ist die Verdeckung geometrischer Informationen, die sich nicht immer vermeiden lässt, deren Schweregrad aber minimal gehalten werden soll [Ellsiepen et al., 2002]. Im Folgenden Beispiel muss sich der Kartenleser bei *Ortsname 3* im rechten Fall überlegen, ob die Straße mit der anderen verbunden sein könnte, oder nicht.

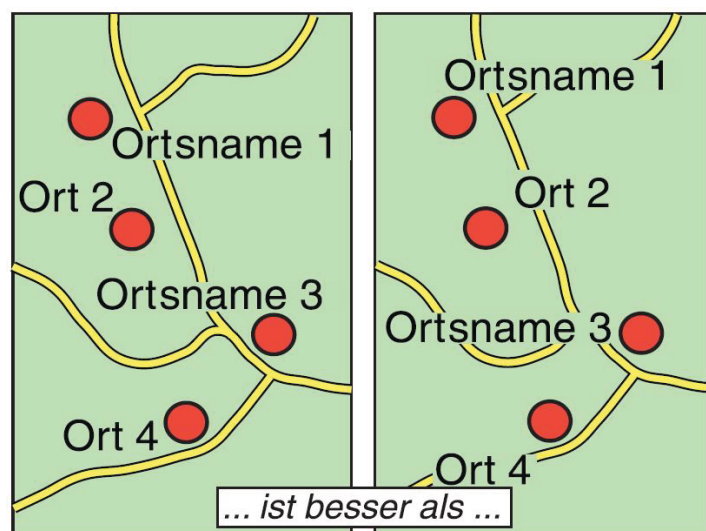


Abbildung 2.20: Verdeckung geometrischer Informationen, Ellsiepen et al. [2002]

2.3.3 Selektion der Schriftposition

Nachdem alle möglichen Beschriftungskandidaten erzeugt und bewertet worden sind, gilt es, unter diesen die bestmögliche Position zu finden. Ziel ist also, eine Gesamtanordnung zu finden, die folgende Voraussetzungen erfüllt [Petzold, 2003]:

- Vermeidung von Überlappung der Beschriftungen
- Beschriftung von möglichst vielen Objekten
- Wahl der lokal optimalsten Beschriftungsposition

Da eine steigende Anzahl an zu beschriftenden Objekten auch ein höheres Risiko der Überlappung erzielt, handelt es sich hierbei um ein Optimierungsproblem, das es zu lösen gilt. Grundsätzlich können entweder alle Namen gleichzeitig platziert werden und im Nachhinein der Konflikt gelöst werden, oder die Beschriftungen werden nacheinander, ihrer Gewichtung entsprechend, gesetzt [Haegi, 2002].

Es existieren folgende Verfahren, die das automatische Wählen der optimalen Beschriftungsposition erzeugen.

Direktes Verfahren

Hierbei wird bei einem Objekt, das beschriftet werden soll, der Kandidat auf die Position mit der höchsten Gewichtung gesetzt und geprüft, ob dieser mit anderen Beschriftungen oder Objekten überlappt. Tritt kein Konflikt auf, so wird die Beschriftung gesetzt und nie mehr verändert. Tritt eine Überlappung auf, wird die Beschriftung auf der Kandidatenposition mit der zweithöchsten Bewertung gesetzt und nach Überlappungen geprüft [Haegi, 2002]. Abbildung 2.21 zeigt diese Logik anhand der Beschriftung einer Gemeinde in der Karte:

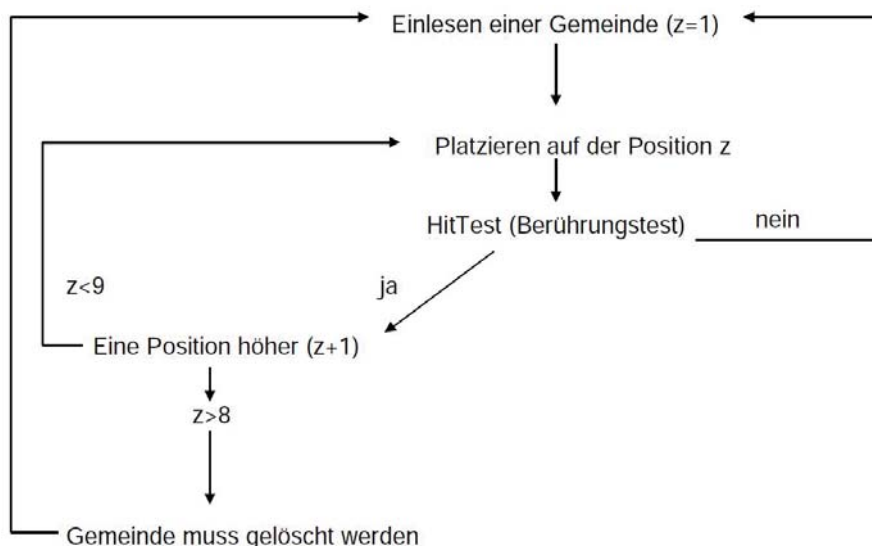


Abbildung 2.21: Logik des direkten Verfahrens, Haegi [2002]

Wird auf allen beispielsweise acht definierten Beschriftungskandidaten keine überlappungsfreie Möglichkeit gefunden, so wird die Beschriftung dieser Gemeinde verworfen und eine neue eingelesen. Beschriftungen die schon gesetzt wurden, werden nicht mehr verändert. Diesen müssen auch nachkommende Beschriftungen, die überlappen könnten, weichen [Haegi, 2002].

Nachteil dieser Methode ist, dass die Laufzeit zu lange ist für eine höhere Menge an Daten, da unnötigerweise alle Möglichkeiten eines Objekts mit denen eines anderen geprüft werden, auch wenn diese so weit auseinander liegen, dass dort nie ein Konflikt entstehen könnte [Haegi, 2002].

Eine Lösung für dieses Problem schlägt Haegi [2002] vor, indem die Karte in horizontale Streifen eingeteilt wird (vgl. Abbildung 2.22), die von der Höhe her genau der Höhe des Raumes entsprechen, die ein Objekt mitsamt all seinen Beschriftungskandidaten einnehmen kann (vgl. Abbildung 2.23).

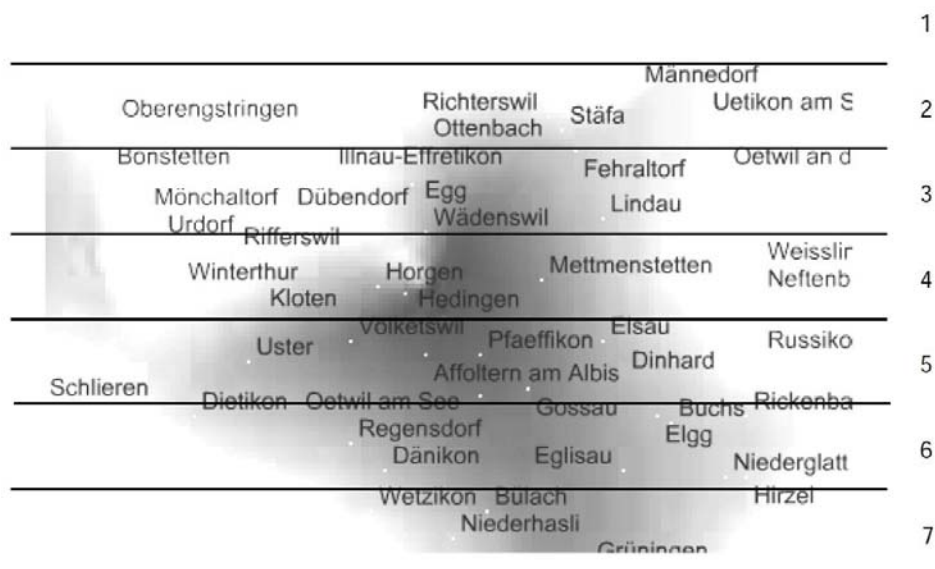


Abbildung 2.22: Einteilung der Karte in Streifen, Haegi [2002]

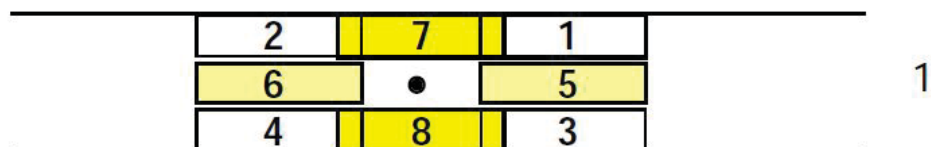


Abbildung 2.23: Streifenhöhe, Haegi [2002]

Durch diese Konstellation können sich die Beschriftungskandidaten von Objekten, die

Wie schon in Abschnitt 2.3.1 erwähnt, existiert eine Labeling Funktion $f : P \rightarrow N$ mit der Menge an Punktobjekten $P = p_1, \dots, p_n \in \mathbb{R}^2$ und der Menge an möglichen Beschriftungspositionen $N = n_1, \dots, n_i \in \mathbb{N}$. Überlappungskonflikte können formal wie folgt beschrieben werden [Maringolo, 2012]:

$$c_{pl}(p, n) = \begin{cases} 1, & \text{wenn ein Punkt } p' \in P \text{ existiert, sodass } p' \in \text{region}(p, n) \\ 0, & \text{sonst} \end{cases} \quad (2.1)$$

Hierbei gibt $c_{pl}(p, n)$ einen Kostenterm an, der mit 1 belegt wird, wenn ein anderes Objekt p' im Beschriftungsraum n liegt. Ist dies nicht der Fall, so wird der Term mit 0 belegt und es entstehen keine Kosten [Maringolo, 2012].

$$c_u(p, n, p', n') = \begin{cases} 1, & \text{wenn } \text{region}(p, n) \cap \text{region}(p', n') \neq \emptyset \\ 0, & \text{sonst} \end{cases} \quad (2.2)$$

$c_u(p, n, p', n')$ ist der Term für die Überschneidung zweier Beschriftungsräume n und n' , die zu ihren jeweiligen Objekten p und p' gehören. Auch hier erhält der Term den Wert 1 für den Fall eines Konflikts und den Wert 0, falls keine Überlappung auftreten sollte [Maringolo, 2012].

Jede Überlappung von zwei Beschriftungskandidaten erzeugt die gerade beschriebenen Kosten, die in einer Kostenfunktion gespeichert werden. Testet man alle möglichen Kombinationen an verschiedenen Beschriftungspositionen durch, so besitzt diese Kostenfunktion Minima und Maxima. Ziel des ganzen ist, die Kombination zu finden, die die wenigsten Überlappungskonflikte generiert und somit das Minimum der Kostenfunktion beschreibt [Maringolo, 2012].

Es wird also die optimale Schriftplatzierung $g : P \rightarrow N$ gesucht, welche folgende Addition der beiden Kostenterme $c_{pl}(p, n)$ und $c_u(p, n, p', n')$ minimiert [Maringolo, 2012]:

$$\sum_{p \in P} c_{pl}(p, g(p)) + \sum_{p, q \in P} c_u(p, g(p), p, g(q)) \quad (2.3)$$

Die Priorität einer Beschriftung sollte als zusätzliche Gewichtung in der Gleichung mit in Betracht gezogen werden. Nimmt man nun die höhere Priorität mit ihrem numerisch kleineren Wert, so kann diese in die Kostenfunktion mit einfließen und das Minimum dieser Funktion bestimmt werden.

Für die Bestimmung von Kostenfunktionsminima gibt es verschiedene Algorithmen, die von Ellsiepen et al. [2002], Haegi [2002], Maringolo [2012] und Petzold [2003] beschrieben werden. Hierbei unterscheiden sich diese in der grundsätzlichen Logik, ob es eine Suche nach lokalen Minima in dieser Funktion ist, oder ob es sich um eine globale Suche handelt [Maringolo, 2012], [Petzold, 2003].

Die Suche nach lokalen Minima in einer Kostenfunktion verläuft normalerweise schneller, somit wären die Laufzeiten von Algorithmen deutlich kürzer und man würde schnellere Ergebnisse erzielen. Der Nachteil hierbei ist, dass das Finden eines nur lokalen statt globalen Minimums einer Kostenfunktion bedeuten würde, dass nicht alle Kombinationen an Beschriftungen getestet wurden. Somit könnten bessere Ergebnisse nicht gefunden werden.

Umgekehrt dazu verhält es sich mit der Suche nach einem globalen Minimum. Dies kann sehr komplex werden und lange Laufzeiten verursachen, erzielt aber bessere Ergebnisse, da auch alle möglichen Kombinationen getestet wurden.

So ist es zum Beispiel bei der erschöpfenden Suche. Diese tastet alle Beschriftungsmöglichkeiten wie in Abbildung 2.25 ab und wählt die beste Kombination, die den kleinsten Wert für die Kostenfunktion generiert [Maringolo, 2012], [Petzold, 2003].

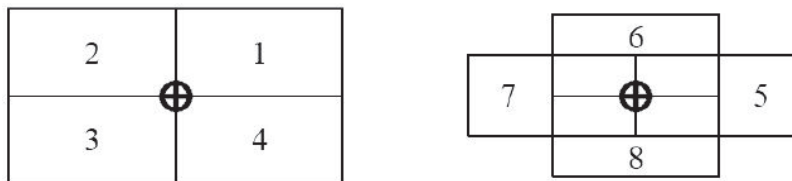


Abbildung 2.25: Abtastung der erschöpfenden Suche für alle möglichen Kandidaten, Maringolo [2012]

Ein Algorithmus, der versucht einen Kompromiss zwischen Laufzeit und Ergebnis zu erzielen ist der *Discrete Gradient Descent* [Maringolo, 2012]. Dieser basiert auf den Greedy-Algorithmus, der grundsätzlich Objekte nacheinander bearbeitet und für ein Objekt die Schriftposition wählt, die ein besseres Gesamtergebnis erzeugt [Petzold, 2003]. Im Unterschied zum Greedy, bei dem eine gesetzte Schrift nicht mehr verändert wird, lässt der *Discrete Gradient Descent* aber Nachbehandlungen zu.

Anders als bei der erschöpfenden Suche wird hier über lokale Minima ein globales Minimum gesucht, was aber auch den Nachteil bringt, dass man in diesen lokalen Minima verfällt und als globales Minimum festlegt, ohne das tatsächliche global beste Ergebnis zu finden [Maringolo, 2012]. Als Beispiel hierfür dient Abbildung 2.26, welches ein lokales Minimum darstellt.

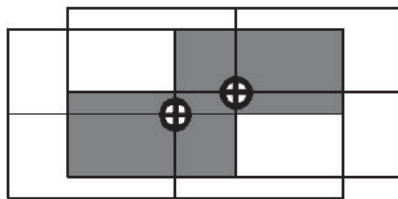


Abbildung 2.26: *Lokales Minimum des Discrete Gradient Descent, Maringolo [2012]*

Hier würde der Beschriftungskonflikt gelöst werden, indem die Beschriftung vom linken Objekt auf die untere, linke Position gesetzt werden würde und die Schrift des rechten Objektes auf die obere, rechte Position. Der *Discrete Gradient Descent* erkennt, dass die Kostenfunktion schon sinken würde, wenn eine der beiden Positionen versetzt werden würde. Dadurch, dass er auch nur eine Positionierung verändert und nicht beide, bleibt ein weiterer Konflikt erhalten, der eine höhere Kostenfunktion generiert, als wenn beide Beschriftungen repositioniert werden würden. Somit wird nur lokal ein Minimum in der Kostenfunktion gefunden und nicht global [Maringolo, 2012].

Der Algorithmus von Hirsch [1982] beschäftigt sich nur an der Beschriftung von Punktobjekten [Maringolo, 2012], [Petzold, 2003]. Dabei läuft der Beschriftungsraum mit einem Punkt seiner Kante genau auf einem Umkreis um das Punktobjekt herum und kann somit unendlich viele Positionen einnehmen (vgl. Abbildung 2.27 a) und b)). Diese Verhaltensweise orientiert sich am *slider model* aus Abbildung 2.7.

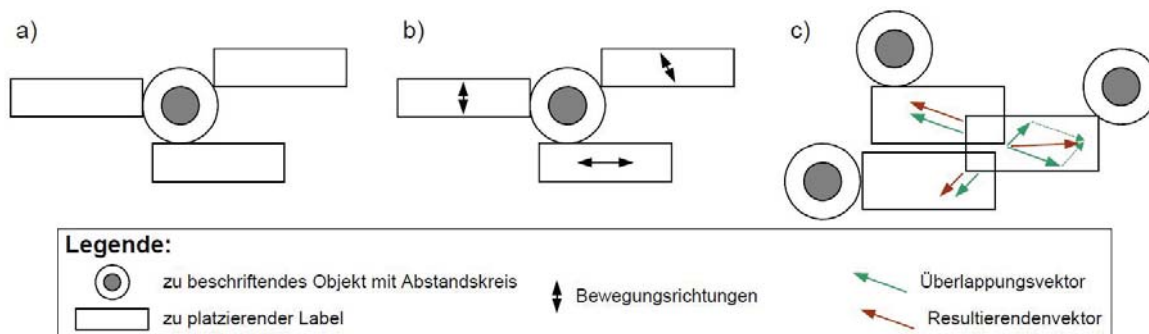


Abbildung 2.27: *Prinzip von Hirsch, Hirsch [1982], Petzold [2003]*

Kommt es nun zu einer Überlappung, so werden Überlappungsvektoren gebildet, welche eine Euklidische Distanz beschreiben, um die die Labelbox verschoben werden muss, um den Konflikt zu lösen [Maringolo, 2012]. Diese Vektoren werden in grün in Abbildung 2.27 Bild c) dargestellt. Handelt es sich um mehrere Konflikte für einen Beschriftungskandidaten, so müssen mehrere Überlappungsvektoren für die Verschiebung gebildet werden, die sich wiederum durch Vektorsummierung zu einem Resultierendenvektor bilden, wie

in Bild c) am Beispiel des rechten Punktobjektes deutlich wird.

Vorteil des Algorithmus von Hirsch [1982] ist, dass durch keine starre Vorgabe an möglichen Schriftpositionen, sondern durch flexibles Variieren der Labelboxen anhand der Umkreise, ein größerer Spielraum im Vermeiden von Konflikten entsteht und der Raum der Karte optimaler ausgenutzt werden kann [Maringolo, 2012], [Petzold, 2003].

Hier kann aber trotzdem ebenfalls wie beim Discrete Gradient Descent die Suche nach einem globalen Minimum der Kostenfunktion der Algorithmus in lokale Minima verfallen.

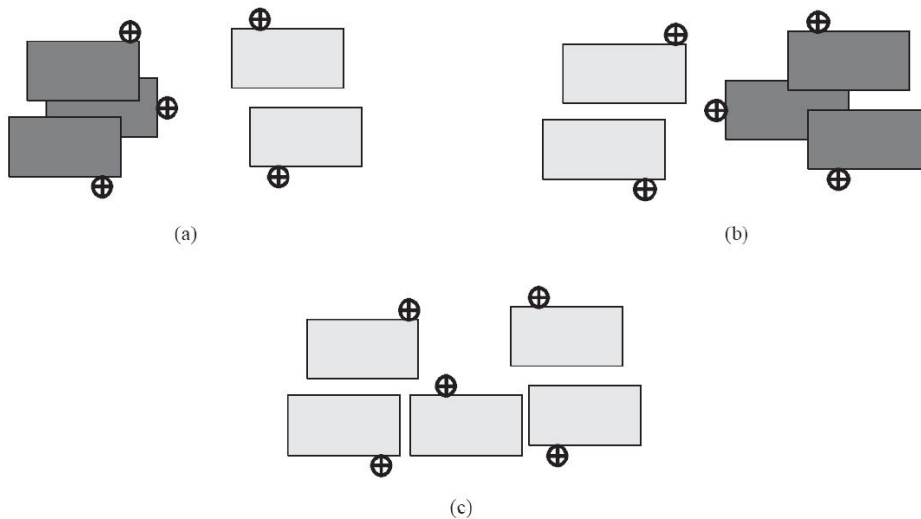


Abbildung 2.28: Lokales und globales Minimum von Hirsch, Hirsch [1982], Petzold [2003]

In Abbildung 2.28 ist zu sehen, dass das Vermeiden des Konflikts aus a) durch alleiniges Repositionieren des mittleren Labels zu b) zwar ausreicht, dass der Grad der Verdeckung nicht so schwerwiegend ist wie bei a) und somit die Kostenfunktion einen geringeren Funktionswert aufweist, aber eine Repositionierung aller Labels in c) zu einem insgesamt besseren und komplett verdeckungsfreien Ergebnis führen kann, wodurch auch ein global besseres Ergebnis erzielt wird.

Beim Algorithmus *Simulated Annealing* handelt es sich um einen stochastischen Optimierungsprozess, der versucht ein optimales Arrangement der Schriftpositionen zu finden. Hier können zunächst auch Verschlechterungen des Gesamtergebnisses bis zu einem gewissen Grad zugelassen werden, um bei der Suche nach dem globalen Minimum aus den lokalen Minima der Kostenfunktion zu gelangen [Petzold, 2003]. Besagter Grad ist ein Kontrollparameter T , der die Wahrscheinlichkeit angibt, wie sehr eine Verschlechterung des Ergebnisses zugelassen werden kann. Zu Beginn ist dieser Parameter sehr hoch und nimmt mit zunehmender Laufzeit des Algorithmus ab [Maringolo, 2012].

Voraussetzung für dieses Vorgehen ist zunächst eine Annahme des 4-Positionen-Modells (vgl. Abbildung 2.6). Zunächst werden die Beschriftungen für alle Objekte zufällig gesetzt und anschließend eine Beschriftung eines Objektes wiederum zufällig neu gesetzt.

Tritt eine Verbesserung des Ergebnisses auf, also sinkt die Kostenfunktion, so wird diese neue Position übernommen. Tritt eine höhere Kostenfunktion und somit eine Verschlechterung auf, so wird diese je nach der Höhe des Kontrollparameter T übernommen. Zu Beginn werden auftretende Überlappungen also mit höherer Wahrscheinlichkeit noch akzeptiert. Mit der Zeit nimmt diese wie schon beschrieben ab, wodurch irgendwann keine Verschlechterungen mehr akzeptiert werden, sondern nur noch Verbesserungen einer Repositionierung. Treten diese auch nicht mehr auf, bricht der Algorithmus ab [Maringolo, 2012].

Aufgrund des Zulassens von Verschlechterungen, ist ein Vorteil dieses Verfahrens die dadurch größere Wahrscheinlichkeit, tatsächlich aus einem lokalen Minimum der Kostenfunktion zu kommen und das globale Minimum zu finden. Aus diesem Grund ist dieser Algorithmus in der Fachliteratur auch der meist angewandte bei der automatischen Platzierung von Schrift in Karten [Maringolo, 2012], [Petzold, 2003].

Maringolo [2012] zeigt in Abbildung 2.29 einen visuellen Vergleich der vier vorgestellten Algorithmen. In dunkelgrau werden die Überlappungen der Beschriftungen dargestellt.

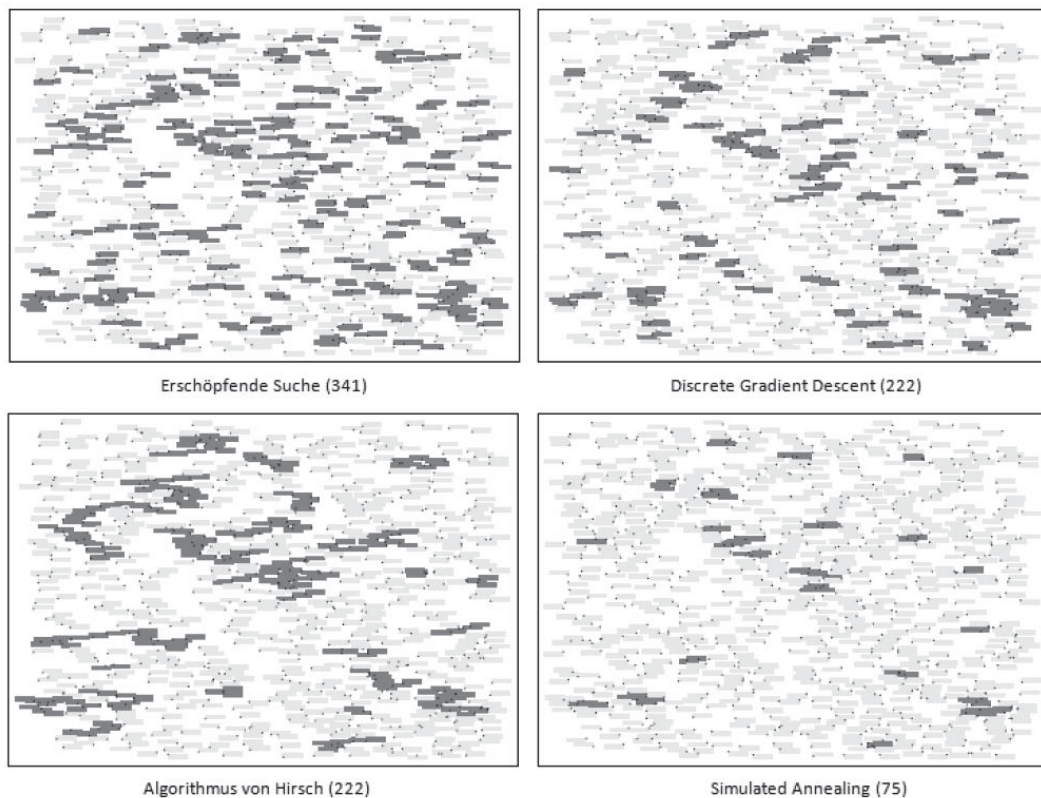


Abbildung 2.29: *Visueller Vergleich der Algorithmen, Maringolo [2012]*

Hierbei ist auch deutlich zu sehen, dass *Simulated Annealing* das beste Ergebnis erzielt, wo hingegen *Discrete Gradient Descent* und der Algorithmus von Hirsch sich in der Anzahl der verbleibenden Konflikte nicht unterscheiden, aber ein deutlich besseres erzielen, als die erschöpfende Suche.

Ein einfaches Beispiel einer nun erfolgreichen Selektion von möglichen Schriftkandidaten ist in Abbildung 2.30 zu sehen:

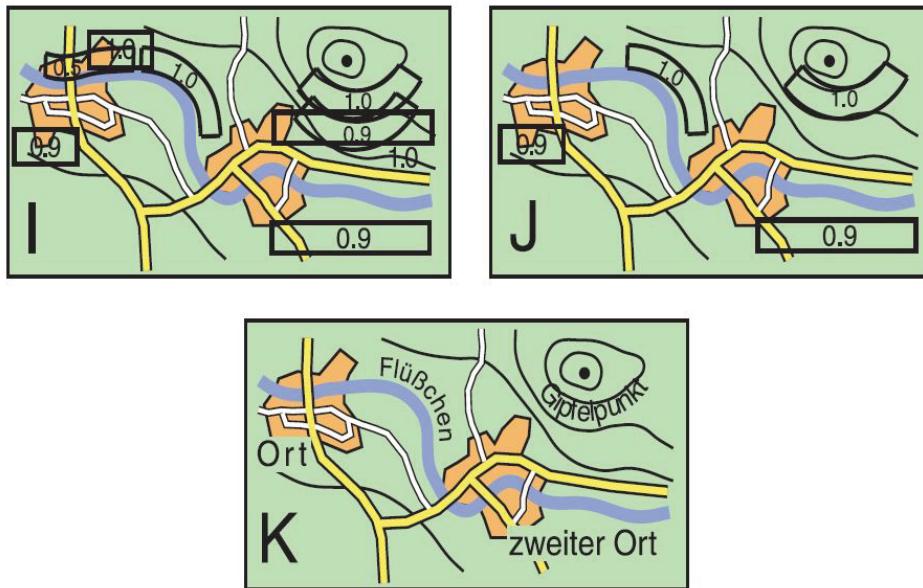


Abbildung 2.30: Selektion der besten Beschriftungskandidaten, Ellsiepen et al. [2002]

3 Bildkarten

Dieses Kapitel soll einen Einblick in das Thema Bildkarten geben. Die Beschaffenheiten von Bildkarten werden erläutert sowie die Herausforderungen der Schriftplatzierung im Vergleich zu klassischen Karten dargestellt.

3.1 Definition und Eigenschaften von Bildkarten

Ursprung von Bildkarten sind Aufnahmen durch bemannte bzw. unbemannte Satelliten mit Hilfe von Kameras oder anderen Abtastsystemen sowie Aufnahmen durch Geländebefliegungen von Luftfahrzeugen [Hake et al., 2002]. Ziel ist es, solch eine Aufnahme Schritt für Schritt kartenähnlicher werden zu lassen [Hake et al., 2002]. Abbildung 3.1 veranschaulicht den Herstellungsprozess.

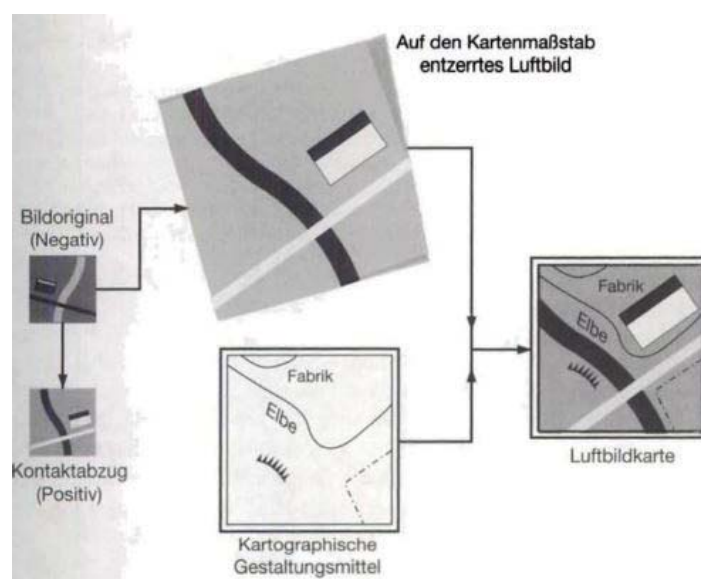


Abbildung 3.1: Vom Luftbildoriginal bis zur Bildkarte, Hake et al. [2002]

Die negativen Originale sowie die entstandenen positiven Abzüge (vgl. links in Abbildung 3.1) weisen keine einheitlichen Maßstäbe auf, da Aufnahmeachsen von Kameras meist nicht streng lotrecht sind und zudem original aufgenommene Bilder nach außen hin aufgrund des radialen Bildversatzes eine größere Verzerrung aufweisen [Hake et al., 2002]. Abbildung 3.2 zeigt die Auswirkungen dieses Versatzes grafisch.

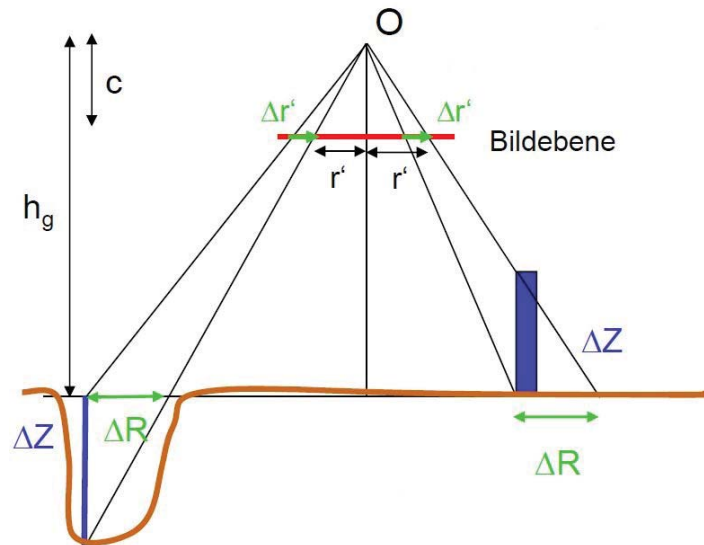


Abbildung 3.2: Aufnahmegeometrie mit radialem Bildversatz, eigene Darstellung

Hierbei handelt es sich um die grundsätzliche Aufnahmegeometrie eines Luftbildes. O stellt das Projektionszentrum der Kamera dar und die Bildebene ist zum einfacheren Verständnis in diesem Fall auf positiver Seite visualisiert (die negative, eigentliche Bild- oder Sensorebene würde über dem Projektionszentrum O liegen). Bei c handelt es sich um die Brennweite der Kamera und h_g die Flughöhe über dem Boden.

Die blauen Darstellungen können als typische Höhenunterschiede wie Löcher (vgl. Abbildung 3.2 links) oder hohe Gebäude (vgl. Abbildung 3.2 rechts) betrachtet werden. Die Punkte oben und unten an diesen Objekten besitzen die gleichen Lagekoordinaten x, y und sollten in einer Karte und somit auch Bildkarte übereinander als Punkt dargestellt werden. Aufgrund der projektiven Aufnahmegeometrie bei Bildern entsteht der radiale Bildversatz, der die Höhenunterschiede der besagten Punkte ΔZ in der Bildebene als $\Delta r'$ auffasst und es somit den Anschein hat, diese Punkte hätten unterschiedliche Lagekoordinaten. Je höher/tiefer das Objekt in Bezug zum Boden oder je weiter es sich vom Bildmittelpunkt befindet, desto größer ist der radiale Bildversatz $\Delta r'$. Maßstabsgetreue Messungen anhand von Pixeln in diesen Bildern sowie die Integration abstrakter kartographischer Symbole sind somit noch nicht möglich. Daher dienen Originalaufnahmen bzw. deren positive Abzüge vorwiegend zur Arbeitsplanung und Bildinterpretation [Hake et al., 2002].

Die entzerrten Bilder aus den Originalaufnahmen werden als digitale Orthophotos bezeichnet (vgl. mittig oben in Abbildung 3.1). In diesen wird der radiale Bildversatz $\Delta r'$ eliminiert und Punkte mit gleichen Lagekoordinaten erhalten auch in der Bildebene die gleichen Pixelkoordinaten. Aufgrund der Maßstäblichkeit sind nun egal in welchem Bereich des Bildes Messungen von Winkeln, Strecken und Flächen möglich [Hake et al., 2002]. Die Verknüpfung von Orthophotos um größere Gebiete darzustellen, wird als Bildplan bezeichnet [Hake et al., 2002].

In Verbindung mit kartographischen Symbolen wie Signaturen, Linien- & Flächenfarben sowie die Schrift, um die es in dieser Arbeit geht, werden die Bildpläne zu sogenannten Bildkarten umgewandelt (vgl. rechts in Abbildung 3.1) [Hake et al., 2002]. Somit enthalten diese aufgrund der Kombination von Fernerkundungsdaten mit den Signaturen realistische sowie abstrakte Informationen über das betreffende Gebiet [Murphy, 2014].

Albertz et al. [1992] beschreiben drei verschiedene Typen von Bildkarten:

- Fokussierung der bildhaften Informationen: in diesen Bildkarten sollen die realistischen Inhalte im Fokus stehen und Beschriftungen sowie andere kartographische Symbole auf ein Mindestmaß beschränkt werden, um die Aufmerksamkeit des Betrachters zuerst auf die Bildinhalte zu lenken.
- Annäherung an topographische Karten: das Orthophoto soll so weit durch kartographische Symbole ergänzt werden, dass es sich an topographische Karten annähert und somit einer nahezu topographischen Karte mit zusätzlichen realen Bildinformationen zu den Objekten ähnelt.
- Integration von Höhenlinien: Höhenlinien stören die realistischen Bildinhalte am stärksten. Es wird empfohlen, größere Abstände zwischen den Höhenlinien als in üblichen Karten zu wählen.

Beispiel einer Bildkarte in Bezug auf Beschriftungen liefert Abbildung 3.3.

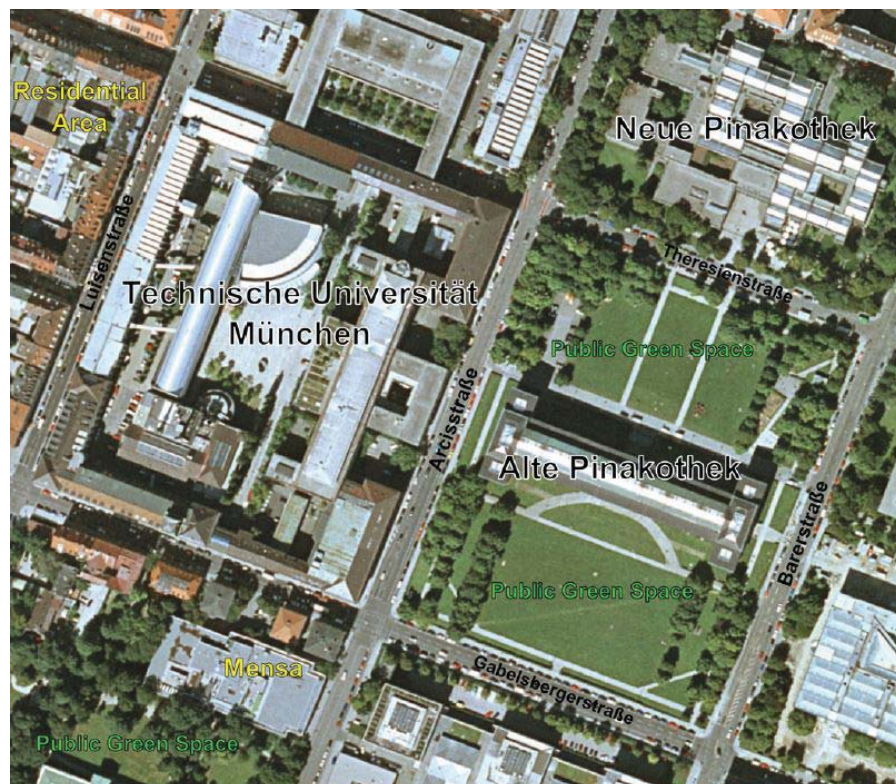


Abbildung 3.3: Bildkarte durch Beschriftung eines Orthophotos, Murphy [2014]

3.2 Besondere Herausforderungen der Schriftplatzierung

Im Gegensatz zu klassischen Karten, in denen topographische Merkmale vom Kartographen bestimmt und es keine Symbole gibt, die nicht definiert wurden, werden durch die Aufnahme von Satelliten- oder Luftbildern alle topographischen Merkmale im Sichtbereich der Kamera erfasst und somit auch später in der Bildkarte dargestellt [Albertz et al., 2003]. In diesen können Objekte gleicher Art, anders als bei konventionellen Karten aufgrund von Lichtverhältnissen, Jahreszeiten oder anderen umweltbedingten Einflüssen auch andere Strukturen aufweisen und unterschiedlich erscheinen [Albertz et al., 2003]. Zum anderen kann in Bildkarten die Hierarchie der realistisch dargestellten Objekte nicht mehr visualisiert werden [Murphy, 2014]. Die Darstellung der realen Welt durch Bilder erfüllt die Karte somit mit Informationen, auf die der Kartograph nur noch begrenzten Einfluss bei der Gestaltung der Karte hat [Albertz et al., 2003].

Durch die Kombination von Bildmaterial mit topographischen Karten werden somit die leeren Flächen, die sie besitzt, mit Informationen gefüllt. Da in solchen Flächen bevorzugt die Schrift gesetzt wird, ergibt sich nun ein Konflikt der Bildinformationen mit der Schrift, der die Lesbarkeit beeinträchtigen kann.



Abbildung 3.4: *Beeinträchtigung der Lesbarkeit*

Bei Anwendung der Regeln für die Schriftplatzierung aus Abschnitt 2.2 kann der Text in Bereiche platziert werden, in denen er schwer bis gar nicht mehr lesbar ist (vgl. Textfeld im Wald in Abbildung 3.4). Somit ist bei der Schriftplatzierung unter der Beachtung der genannten Kriterien und Regeln zusätzlich die Relevanz des Bildinhaltes durch eine Analyse der Bildradiometrie notwendig, um die Schrift so umzuplatzieren, dass sowohl die Lesbarkeit verbessert wird und dabei die Regeln der Schriftsetzung trotzdem nicht verletzt werden.

4 Methodik

Wie schon in Kapitel 1 erwähnt, ist das Ziel dieser Arbeit eine automatisierte Schriftplatzierung in Bildkarten zu erzeugen und zu evaluieren, ob die genannten Hypothesen aus Abschnitt 1.2 erfüllt werden können oder nicht. Hierfür wurde ein Programm in *MATLAB* geschrieben, dessen detailliertere Implementierung in Kapitel 5 und dessen Ergebnisse in Kapitel 6 diskutiert werden. In diesem Kapitel wird die grundlegende Vorgehensweise des Programms, welches zu diesem Zweck geschrieben wurde, dargelegt. Es wird für punkt-, linien- und flächenförmigen Objekten erläutert, wie die Theorie aus Kapitel 2 unter Beachtung, dass es sich nun um Bildkarten [Kapitel 3] und nicht um Karten im Allgemeinen handelt, umgesetzt wird.

4.1 Erzeugung und Bewertung der Beschriftungskandidaten

Die Logik der Herangehensweise orientiert sich nach dem allgemeinen Prinzip, der im Abschnitt 2.3 beschrieben wurde: die Erzeugung von Beschriftungskandidaten, deren Bewertung und letztendlich der tatsächlichen Wahl der besten Position für die Schrift. Für die Erzeugung wurde auf die entsprechenden Regeln aus Abschnitt 2.2 zurückgegriffen. Wie und welche genau, wird nun in diesem Abschnitt erläutert. Der Nutzer des implementierten Programms erhält die Möglichkeit, alle drei genannten Objektarten zu beschriften.

Punkte

Für Punktobjekte wird im Bild eine Position für das Objekt selbst gewählt und der Name dieses Objekts dem Programm übergeben. Die Erzeugung aller möglichen Beschriftungspositionen orientiert sich an der Vorgehensweise von Petzold [2003]. Wie der 8-er Nachbarschaft von Pixeln werden anhand der Objektposition acht mögliche Schriftpositionen wie in Abbildung 4.1 folgt generiert:

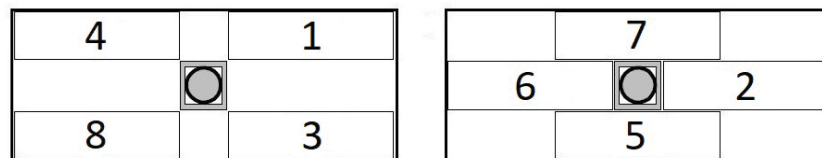


Abbildung 4.1: Mögliche Schriftpositionen samt Priorität, bearbeitete Grafik aus Petzold [2003]

Anhand des eingegebenen Textes durch den Nutzer wird für jeden Namen die Größe der Labelbox individuell berechnet. Somit werden keine Beschriftungsräume erzeugt, die unnötig zu groß oder gar zu klein wären. Zu große Labelboxen würden durch ihren Bildinhalt das Ergebnis unnötig verfälschen und Überlappungskonflikte erzeugen, die die Schrift selbst nicht erzeugen würde. Zu kleine Beschriftungsräume würden wiederum keine Überlappungen erzeugen, obwohl die Schrift selbst, die darüber hinaus verläuft, genau dies täte. Zudem würde sie dann auch nicht in Bezug zum Punktobjekt liegen, wie die Beschriftungsräume es in Abbildung 4.1 zeigen.

Das Programm erzeugt für alle Kandidaten eine Struktur, in der folgende Parameter gespeichert werden:

$$\text{Label}(i, x_{OL}, y_{OL}, \text{width}, \text{height}, x, y, \text{bewertung}) \quad (4.1)$$

mit	i	–	Index der Labelbox, nach Priorität geordnet
	x_{OL}, y_{OL}	–	Koordinaten der oberen linken Ecke einer Labelbox
	width	–	Breite der Labelbox
	height	–	Höhe der Labelbox
	x, y	–	Position des gewählten Punktobjekts
	bewertung	–	Bewertung nach Priorität

Aus der vom eingegebenen Text errechneten Labelboxgröße width und height können ausgehend von den gewählten Punktobjektkoordinaten x, y die Koordinaten der jeweiligen Punkte oben links der Labelboxen errechnet werden. Der Index der einzelnen Labels orientiert sich an den Prioritäten, wie sie Petzold [2003] in Abbildung 4.1 vergeben hat. Diese Prioritäten erhalten folgende Bewertungen, die in Abbildung 2.16 aus Abschnitt 2.3.2 näher erläutert wurden.

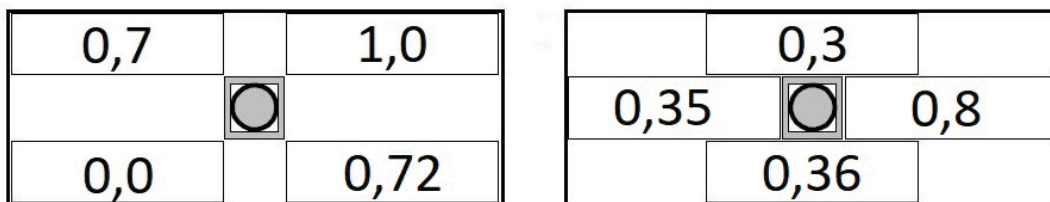


Abbildung 4.2: Mögliche Schriftpositionen samt Bewertung, bearbeitete Grafik aus Petzold [2003]

Für die Wahl der besten Position aus all diesen Möglichkeiten fällt nun im Fall der Bildkarten aber nicht die Bewertung nach der Besetzungspriorität alleine ins Gewicht. Es ist nun entscheidend festzustellen, ob die Schrift an dieser Stelle auf dem Bild aufgrund des meist inhomogenen Hintergrunds (vgl. Abschnitt 3.2) noch gut zu lesen ist, oder ob sie in diesem Fall nicht doch auf einer anderen Position, die in der Bewertung der ersten untergeordnet ist, besser zu lesen ist. Dies wird in Abschnitt 4.2 näher behandelt.

Flächen

Für die Beschriftung von Flächen steht dem Nutzer die Möglichkeit, zu Beginn diese mit vier gewählten Punkten auf dem Bild einzugrenzen. Die Idee für die Schriftposition hier ist nun, innerhalb dieses unregelmäßigen Vierecks das größte, den Bildachsen nach ausgerichtete Rechteck wie in Abbildung 4.3 zu finden. Dies ist für die spätere Analyse der Bildradiometrie [Abschnitt 4.2] und der anschließenden Schriftplatzierung wichtig.

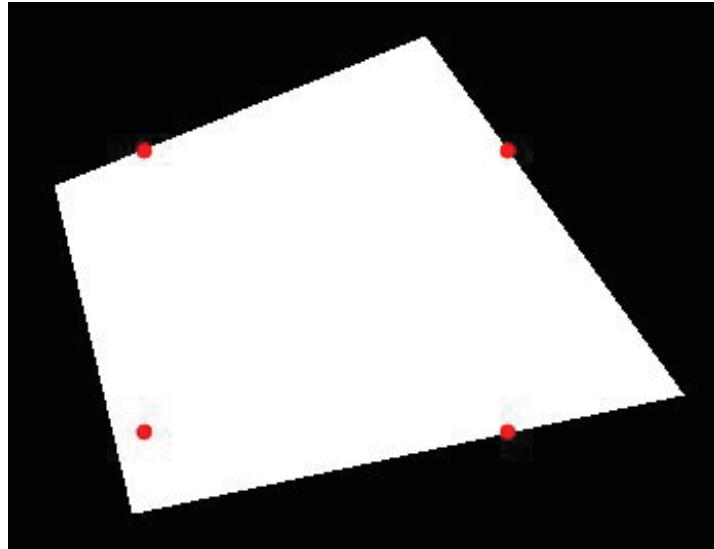


Abbildung 4.3: *Maximal größtes Rechteck innerhalb eines unregelmäßigen Vierecks*

Mit Hilfe dieses Rechtecks wird anhand dessen Zentrum die grundlegende Lage bestimmt, an der die Schrift liegen soll. Dieses Rechteckzentrum wird nun wie bei der Punktbeschriftung als Punktobjekt angesehen, bei der die gleiche Vorgehensweise wie zuvor beschrieben angewendet wird. Der einzige Unterschied in diesem Fall ist, dass eine neunte mögliche Beschriftungsposition generiert wird, die genau auf dem Zentrum des Rechtecks liegt. Hierbei handelt es sich um eine eigens entwickelte Methode im Vergleich zu Abschnitt 2.2.4.

Die Idee dahinter ist, die Schrift auf dem Zentrum dieses Rechtecks zu platzieren, da dieses auch ungefähr den Schwerpunkt der Fläche repräsentieren soll. Also wird im Bezug zu einer Punktbeschriftung eine Labelbox erzeugt, die genau auf dem Rechteckszentrum liegt und die Bewertung 1 erhält.

Die Überlegung für die Bewertungen entsprechen nun folgender Logik: Falls die Positionierung auf dem Zentrum aufgrund des Bildinhaltes (oder einer Überlappung mit einer anderen Schrift) nicht die beste Möglichkeit (oder gar nicht möglich) wäre, so ist je nach Abhängigkeit von den Eigenschaften des Rechtecks eine neue Position zu wählen. Ist das Rechteck eher vertikal ausgerichtet (Breite < Höhe), so wäre eine Position über oder unter dem Zentrum eher zu bevorzugen, als links oder rechts (oder überhaupt diagonal), da sich diese Positionen noch am ehesten im Bereich der ausgewählten Fläche befinden

würden. Somit ergibt sich für den Fall eines vertikal ausgerichteten Rechtecks folgende Bewertung für dessen Zentrumspunkt:

0,4		0,7
	1,0	
0,2		0,5

	0,9	
0,3	1,0	0,6
	0,8	

Abbildung 4.4: Bewertung für Zentrum aus vertikalem Rechteck, bearbeitete Grafik aus Petzold [2003]

Äquivalent hierzu die Bewertung für die Beschriftungskandidaten um das Zentrum eines horizontal ausgerichteten Rechtecks:

0,5		0,7
	1,0	
0,2		0,6

	0,3	
0,8	1,0	0,9
	0,4	

Abbildung 4.5: Bewertung für Zentrum aus horizontalem Rechteck, bearbeitete Grafik aus Petzold [2003]

Somit gibt es neun mögliche Bildausschnitte mit bekannten Parametern, die für die Bildanalyse in Abschnitt 4.2 zur Verfügung stehen.

Linien

Bei der Beschriftung von linienförmigen Objekten steht dem Nutzer ebenfalls die Möglichkeit zur Verfügung, die Anfangs- und Endpunkte von einzelnen Linien oder mehreren Liniensegmenten einer Polylinie auszuwählen. Somit kann man die Struktur des Objekts, welches man beschriften möchte, auf dem Bild nachfahren.

Im Unterschied zu Punktobjekten und Flächen ist die Schrift nicht horizontal zur x - Achse des Bildes ausgerichtet sondern orientiert sich an der Richtung, die auch das Objekt oder einzelne Liniensegmente davon besitzen. Dies ist z.B. gut an der Beschriftung von Flüssen und Straßen zu erkennen:



Abbildung 4.6: Beispiel für Fluss- und Straßenbeschriftung, Google Inc. [2018]

Da das Liniensegment vom Nutzer an sich nicht gezeichnet wird und eine gewissen Breite der linienförmigen Objekte im Bild auch gegeben ist (siehe Fluss- und Straßenbreite in Abbildung 4.6), so macht es durchaus Sinn, die Beschriftung nicht über oder unter das Liniensegment zu legen (vgl. Abbildung 2.8) sondern genau auf das Liniensegment.

Es eignet sich also, die Beschriftung für ein Liniensegment auf den Mittelpunkt zu legen, welcher wie folgt berechnet wird:

$$\mathbf{x}_{\text{mittel}} = \frac{|\mathbf{x}_{i+1} - \mathbf{x}_i|}{2} \quad (4.2)$$

mit \mathbf{x}_i – Koordinaten des Anfangspunktes
 \mathbf{x}_{i+1} – Koordinaten des Endpunktes

Die Ausrichtung des Textes muss sich der des Liniensegments ebenfalls anpassen, welche wie folgt lautet:

$$\phi = \arctan \frac{|y_{i+1} - y_i|}{|x_{i+1} - x_i|} \quad (4.3)$$

mit x_i, y_i – Koordinaten des Anfangspunktes
 x_{i+1}, y_{i+1} – Koordinaten des Endpunktes

Somit kann für jedes Liniensegment dessen Schrift gesetzt werden.

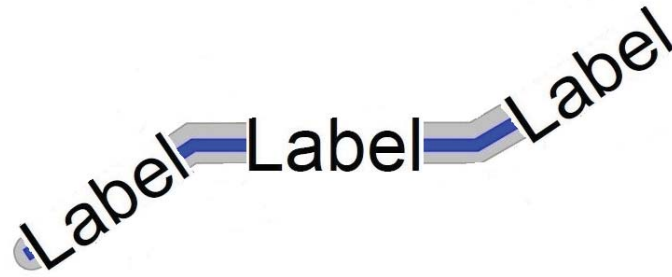


Abbildung 4.7: *Beschriftung jedes Segments, bearbeitete Grafik aus Petzold [2003]*

Die Bewertung wird trivial vorgenommen, indem bei einem Liniensegment nur eine Beschriftungsposition in Frage kommt. Bei mehreren werden die Längen der einzelnen Segmente

$$s = \sqrt{(y_{i+1} - y_i)^2 + (x_{i+1} - x_i)^2} \quad (4.4)$$

mit x_i, y_i – Koordinaten des Anfangspunktes
 x_{i+1}, y_{i+1} – Koordinaten des Endpunktes

bestimmt und jeweils an den beiden längsten Segmenten die Beschriftung gesetzt. Aufgrund der Eigenschaften benutzter *MATLAB*-Funktionen (vgl. Kapitel 5) ist eine Untersuchung der Bildtextur im Textbereich bei schiefen Textelementen, wie sie ausschließlich in dieser Arbeit bei den Linienobjekten vorkommen, nicht möglich. Somit wird die Beschriftung auf eben beschriebene Art und Weise ohne die Analyse des Bildhintergrunds gesetzt und im Abschnitt 4.2 sowie Abschnitt 4.3 auf die weitere Vorgehensweise bei Punkten und Flächen weiter eingegangen.

4.2 Analyse der Radiometrie des Kandidatenhintergrunds

Um die gewählten möglichen Schriftpositionen nicht nur aufgrund ihrer Priorität, sondern auch ihres Bildinhaltes zu bewerten, ist eine Analyse der Bildtextur unumgänglich. Hierbei ist es also wichtig, möglichst homogene Bereiche eines Bildes zu finden, in der sich die Schrift klarer vom Hintergrund abheben kann als in heterogenen Bereichen des Bildes.

Als heterogener Bereich werden Bereiche in der Bildmatrix beschrieben, die abruptere Grauwertänderungen und somit stärkere Kanten vorweisen als homogene Flächen, deren Pixelnachbarn zueinander ähnliche Farbwerte besitzen und somit nicht so starke Kanten erzeugen. Letztere werden wie schon erwähnt für eine Schriftplatzierung bevorzugt.

Um den Grad der Homogenität zu bestimmen, ist es notwendig die *Gray-Level Co-Occurrence Matrix* zu berechnen [Kolev, 2015]. Diese Matrix gibt an, wie oft benachbarte Pixel mit ähnlichen Grauwerten vorkommen. Die Häufigkeit solcher auftretenden ähnlichen Grauwerte bei Pixelpaaren werden als Zahleneinträge in der *Gray-Level Co-Occurrence Matrix* gespeichert. Bildet diese mit ihren Häufigkeiten eine Diagonale, so kann der untersuchte Bereich als homogen betrachtet werden. Bei heterogenen Bildern treten auch neben dieser Diagonalen zunehmend Häufigkeiten auf. Kolev [2015] verdeutlicht den Unterschied der berechneten Matrizen zwischen einem homogenen und einem heterogenen Bild:

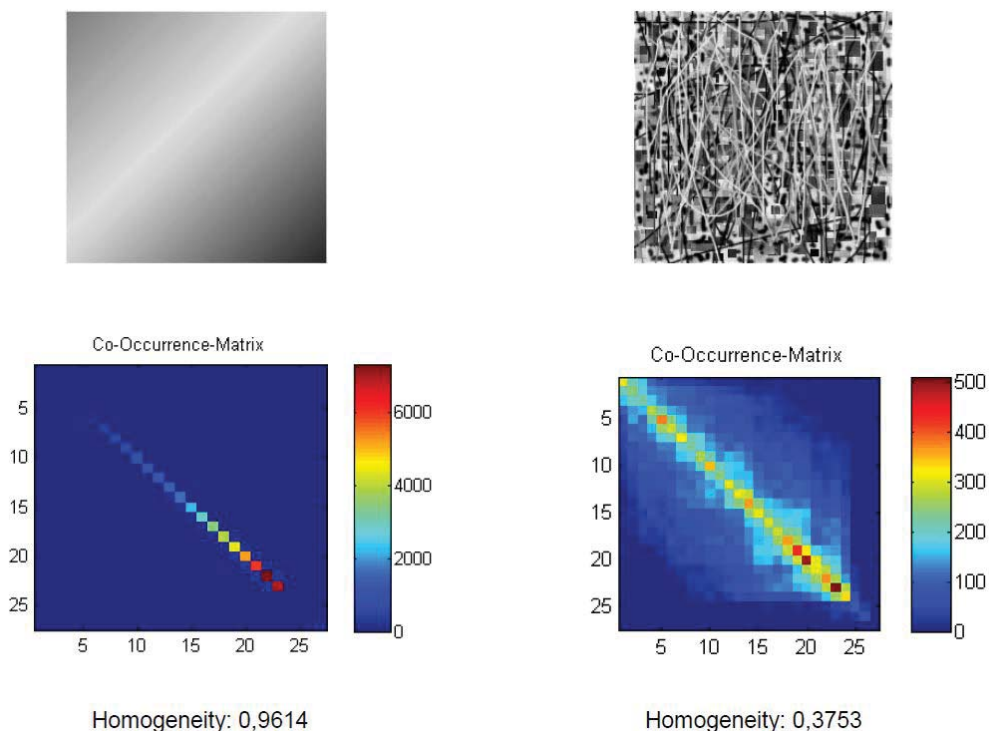


Abbildung 4.8: Vergleich eines homogenen mit einem heterogenen Bild, Kolev [2015]

MATLAB bietet hierfür die Funktion *graycoprops* an, in der die Homogenität anhand der Abstände einzelner auftretender Häufigkeiten zur Hauptdiagonalen der *Gray-Level Co-Occurrence Matrix* berechnet werden kann [MathWorks Inc., 2018]:

$$h = \sum_{i,j} \frac{p(i,j)}{1 + |i - j|} \quad (4.5)$$

mit i, j – Intensität des Pixelpaars

Das Ergebnis gibt die Homogenität zwischen 1 für (sehr homogen) und 0 (sehr heterogen) an. Somit kann für die einzelnen Labelboxen neben der Bewertung anhand der

grundlegenden Positionsprioritäten auch eine Bewertung in Bezug auf die Textur des Bildinhalts bestimmt werden. Somit wird bei der Selektion des letztendlichen Schriftkandidaten auch der Bildinhalt mit in Bezug genommen.

4.3 Festlegung der Beschriftung

Nachdem für Punkt- und Flächenobjekte die Beschriftungskandidaten wie in Abschnitt 4.1 und Abschnitt 4.2 erzeugt, von 0 (zuletzt zu berücksichtigen) bis 1 (als erstes zu berücksichtigen) bewertet und anschließend die Güte des Bildinhalts anhand der Bildradiometrie ebenfalls von 0 (heterogen) bis 1 (homogen) bestimmt wurden, erfolgt die Festlegung der Schriftposition aus all diesen Möglichkeiten. Ziel für die letztendliche Bestimmung der besten Schriftposition ist nun, die Bewertung aus der Priorität und die Bewertung anhand des Bildinhalts so zu kombinieren, dass eine sinnvolle Gesamtbewertung erfolgt. Die Gesamtbewertung dieser Arbeit lässt sich aus einem gewichteten Mittel bestimmen, bei dem dem Bildinhalt ein höheres Gewicht zugewiesen wird, wie der Positionspriorität an sich. Dies soll gewährleisten, dass sich die Schrift wie bereits in Kapitel 3 erwähnt, möglichst auf lesbaren Hintergrund befindet.

Die Gesamtbewertung in dieser Arbeit berechnet sich wie folgt:

$$q = \frac{p + w \cdot h}{w + 1} \quad (4.6)$$

mit

p	–	Bewertung aus der Priorität
h	–	Bewertung aus der Homogenität
w	–	Gewicht

Der Wert, der für alle späteren Ergebnisse (sofern nicht anders erwähnt) für die Gewichtung verwendet wurde, beträgt in der Implementierung dieser Arbeit $w = 2$, kann aber beliebig verändert werden, wenn zum Beispiel die Schriftpositionierung unabhängig vom Bildinhalt ($w = 0$) geschehen soll (vgl. Abschnitt 6.2).

Somit ergeben sich sowohl bei den Punktobjekten als auch an den Flächenzentren der ausgewählten Flächen acht bzw. neun Beschriftungskandidaten mit je einer Gesamtbewertung, von denen die höchste ausgewählt wird und die Schrift genau auf diese Stelle des Bildes gesetzt werden soll.

Da der Nutzer die Objekte, die er beschriften möchte, nacheinander auswählt und nicht alle Objekte gleichzeitig im Bild bestimmt werden, orientiert sich das Beschriftungsverfahren dieser Arbeit an das *Direkte Verfahren* aus Abbildung 2.21, welches von Haegi [2002] erläutert wurde.

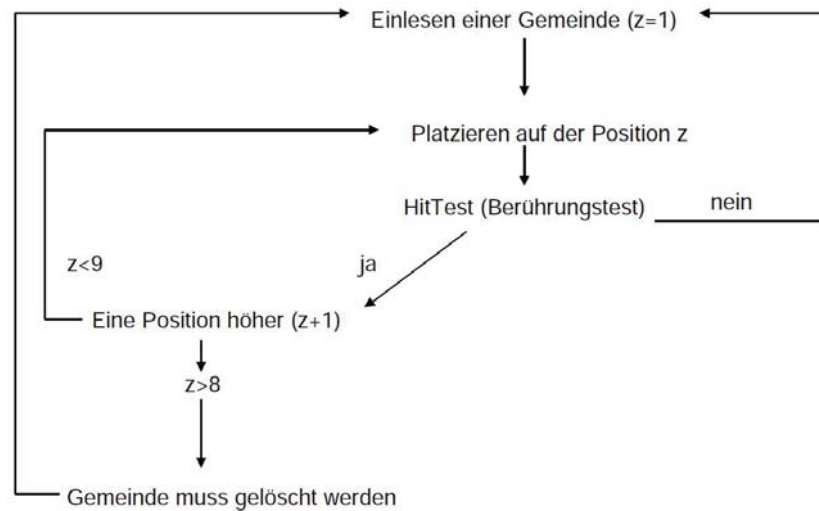


Abbildung 4.9: Logik des direkten Verfahrens, Haegi [2002]

Wird also das erste Objekt durch den Nutzer gewählt, findet die zuvor beschriebene Gesamtbewertung aller Kandidaten statt und die Schrift wird ohne eine Überprüfung auf Überlappungskonflikte gesetzt, da es noch keine andere Beschriftung geben kann. Wird nun das zweite Objekt erstellt, so muss nach der Festlegung der besten Position mit der höchsten Gesamtbewertung geprüft werden, ob dieser eingenommene Raum der Labelbox sich mit der zuvor gesetzten schneidet.

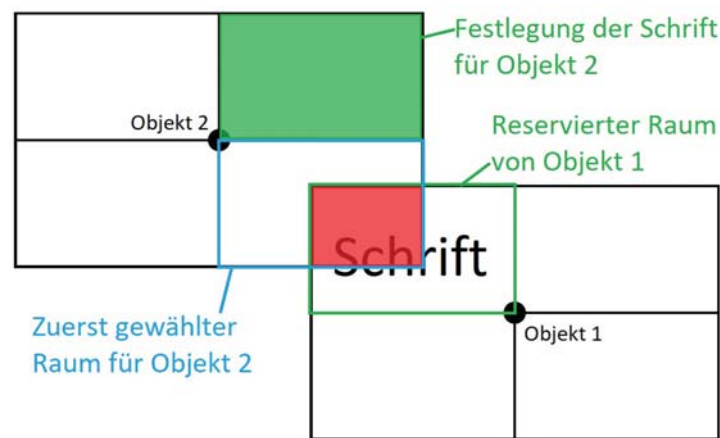


Abbildung 4.10: Konfliktprüfung einer zu setzenden Schrift

Das Programm prüft für das nach der Gesamtbewertung beste Ergebnis für Objekt 2 (blau, vgl. Abbildung 4.10), ob es mit allen, bisher reservierten Beschriftungsräumen im Bild, in denen zuvor schon Beschriftungen gesetzt wurden (in diesem Fall grüner Rahmen, vgl. Abbildung 4.10) eine Überschneidung gibt. Ist dies der Fall, so wird die Labelbox mit der zweithöchsten Gesamtbewertung gewählt und ebenfalls auf Konflikte mit allen, bisher gesetzten Labelboxen im Bild geprüft. Sobald kein Konflikt mehr

besteht, wird die aktuell gewählte Labelbox als Beschriftungsposition festgelegt. Im Programm werden natürlich alle acht bzw. neun Positionen behandelt, die Darstellung von vier Positionen wie hier dient nur der einfacheren Veranschaulichung des Konfliktproblems. Werden alle acht (Punktobjekt) bzw. neun (Flächen) Möglichkeiten jeweils immer Konflikte mit bereits gesetzten Schriften gefunden, erscheint eine Meldung und die Beschriftung wird nicht gesetzt.

Abbildung 4.11 veranschaulicht nochmal den Fall mehrerer Konflikte:

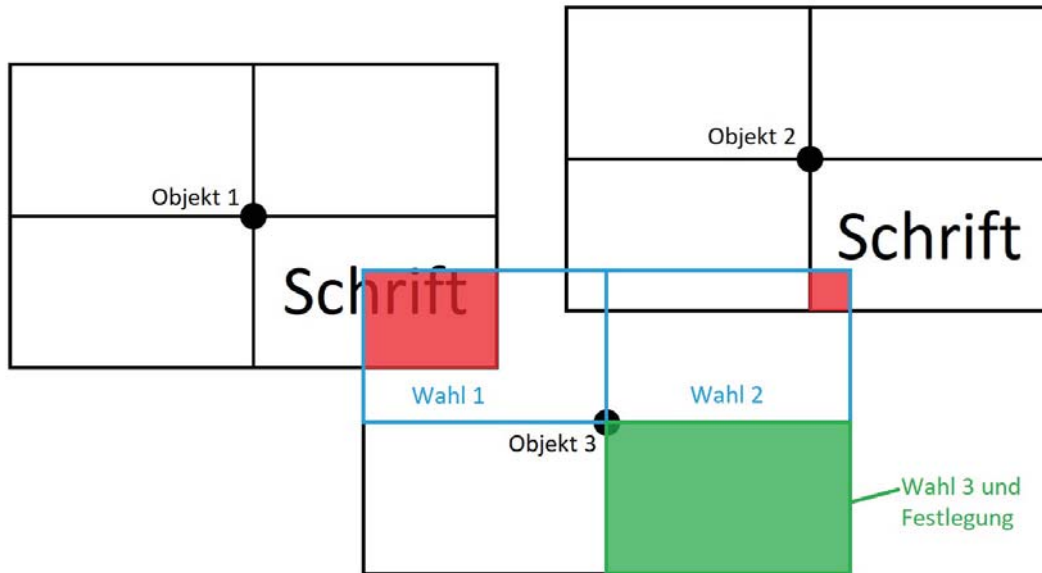


Abbildung 4.11: Mehrere Konfliktprüfungen

Wie auch in diesem Beispiel deutlich wird ein Konflikt ausgegeben, auch wenn sich die Buchstaben der Schriften selbst nicht berühren würden. Es reicht, wenn sich die für die Beschriftung reservierten Räume schneiden. Dies garantiert mit einem gewissen Puffer, dass eher ein Konflikt ausgegeben wird und die Schrift bevorzugter Weise woanders (oder gar nicht) platziert wird, anstatt dass sie eventuell zu nah an einer anderen Schrift platziert wird, was ein eher unästhetisches Bild erzeugen würde.

Konflikte mit Bildrändern werden in diesem Programm ebenfalls berücksichtigt. Liegt ein gesetztes Punktobjekt oder das errechnete Flächenzentrum in der Nähe eines Kartenrandes, so darf die Schrift nicht über das Bild hinaus gehen (vgl. Regeln nach Imhof [1962] aus Abschnitt 2.2.1). Abbildung 4.12 veranschaulicht diese Situation. Die hierfür errechnete Größe der Labelbox anhand des eingegebenen Textes ragt über den Bildrand hinaus (roter Bereich). Bestimmt man die Größe der nach der Labelgröße geschnittenen Bildteile neu, so erhält man die blau umrandeten bzw. grüne Fläche(n). Eine Abgleichung der Breiten und Höhen der erhaltenen Labelboxen mit der Labelbox der zu setzenden Schrift filtert die ungewollten blauen Bereiche aus und setzt die Schrift auf die grüne Position. Ist diese schon durch vorherige Beschriftungen belegt, so wird die Beschriftung ebenfalls wie im Fall einer Überlappung auf jeder möglichen Schriftposition verworfen.

Abbildung 4.12 zeigt sogar den Spezialfall, dass die Schrift bedingt durch die Kartenränder oberhalb und rechts des Punktobjekts, auf der Position links unten gesetzt werden kann (vgl. Abschnitt 6.3.4).

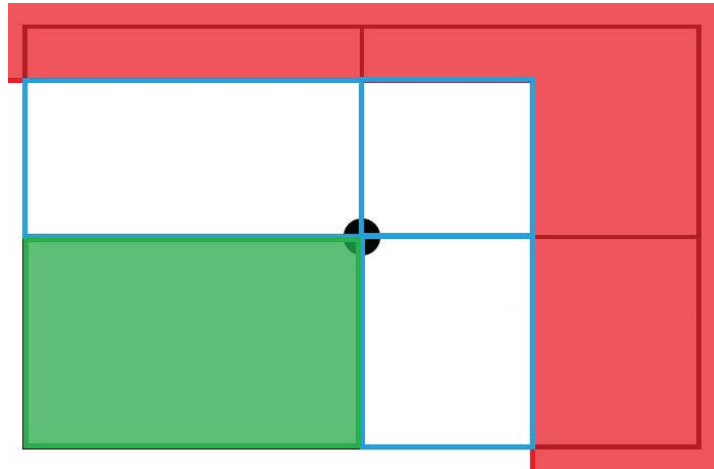


Abbildung 4.12: *Konflikt mit dem Kartenrand*

5 Implementierung in MATLAB

Dieses Kapitel erläutert die Vorgehensweise der zuvor beschriebenen Methodik etwas genauer. Es zeigt, wie sie mit *MATLAB* implementiert wurde und soll dem Leser einen ungefähren Einblick in die Logik und Struktur des Programms gewähren sowie die Zwischenschritte anhand aussagekräftiger Beispiele verdeutlichen.

5.1 Verwendete Daten

Die verwendeten Bilder in dieser Arbeit sind Orthophotos des LDBV [2008]¹ von München bzw. des LDBV [2015] von der Gemeinde Poing. Das LDBV befliegt die Erdoberfläche Bayerns und erstellt digitale Senkrechtaufnahmen aus ca. 4km Höhe. Produkt dieser Befliegungen sind Orthophotos in einer Qualität bis zu 14335×11290 Pixeln. Mit einer Bodenpixelgröße (engl.: *ground sampling distance*) von $GSD = 20\text{cm}$ ist eine hohe Auflösung garantiert.

Für diese Arbeit sind solche Aufnahmen von München und Poing verwendet worden. Abbildung 5.1 zeigt ein Beispiel der verwendeten Luftaufnahmen:

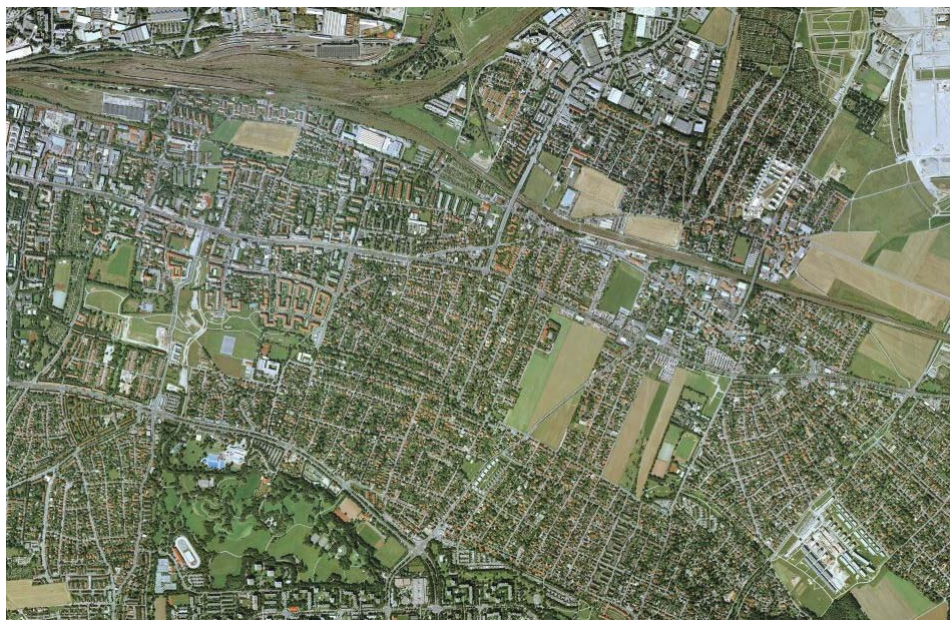


Abbildung 5.1: *Beispiel eines Luftbildes, LDBV [2008]*

¹Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung

Die Luftbilder liegen grundsätzlich im hochauflösenden *.tif*-Format vor. Für die Berechnung und Darstellung von verschiedenen Bildinhalten sowohl im Programm als auch in dieser Arbeit sind die Bilder ins *.jpg*-Format umgewandelt worden, um eine schnellere Laufzeit zu garantieren. In diesen Bildern sollen nun die Beschriftungen für Punkte, Flächen und Linien vorgenommen werden.

5.2 Algorithmen

Die Umsetzung dieser Arbeit in *MATLAB* erfolgt über drei Komponenten: jeweils einer einzelnen Umsetzung für die Punkt-, Flächen- und Linienbeschriftung und einer kompakten Implementierung über eine graphische Benutzeroberfläche, um alle drei Beschriftungen auf einem Bild vorzunehmen.

5.2.1 Punktbeschriftung

Das Programm für die Punktbeschriftung bietet dem Nutzer nach dem Start die Möglichkeit anzugeben, wie viele Punktobjekte er beschriften möchte. Anschließend erscheint das Luftbild, als Beispiel wird hier ein Teil eines Luftbildes von Poing verwendet. Alle folgenden gezeigten Beispiele anhand von Luftbildern in dieser Arbeit basieren auf den Luftbilddatensatz des LDBV [2015] bzw. LDBV [2008].



Abbildung 5.2: *Beispielbild einer Luftaufnahme von Poing, LDBV [2015]*

Der Pseudocode für die Berechnung der in Kapitel 4 erläuterten Methodik für die Schriftpositionierung kann Algorithmus 1 entnommen werden.

Algorithmus 1 Beschriftete Punktobjekte

Eingabe: Luftbild der Größe $r \times c \times 3$ **Ausgabe:** Luftbild mit gesetztem Punktobjekt und Schrift der Größe $r \times c \times 3$

Abfrage, wieviele Punkte gesetzt werden

while Gesetzte Punkte < erwünschte Anzahl gesetzter Punkte **do**

Wahl der Objektposition auf Luftbild

Eingabe der Objektbeschriftung

Erzeuge Testbild mit Labelbox im Zentrum des Bildes

Berechne Größe der Labelbox

Erzeuge struct mit allen acht Labels und deren Parametern

for jede einzelne Labelbox **do**

Ausschnitt des Bildes auf Labelboxgröße

Löschung der zurückgegebenen Ausschnitte, die nicht der Größe einer Labelbox entsprechen

Berechnung der Homogenität

Berechnung der Gesamtbewertung

end for

Wahl der Labelbox mit bester Gesamtbewertung

if noch keine Schrift bisher gesetzt **then**

Bildausschnitt beschriften

Ausschnitt in Gesamtbild einfügen

else

Prüfung auf Schnitt mit bisher gesetzten Beschriftungen

if keine Konflikte **then**

Bildausschnitt beschriften

Ausschnitt in Gesamtbild einfügen

else**while** Konflikte vorhanden **do**

wähle nächst größere Gesamtbewertung

Prüfung auf Schnitt mit bisher gesetzten Beschriftungen

if keine Konflikte **then**

Bildausschnitt beschriften

Ausschnitt in Gesamtbild einfügen

else

Fehlermeldung, keine konfliktfreie Setzung der Schrift möglich

end if**end while****end if****end if**

Speicherung der besetzten Räume

Anzeige des neu beschrifteten Luftbildes

end while

Nach Öffnen des Bildes besteht die Möglichkeit auf dem Luftbild ein Punktobjekt mit der Maus auszuwählen und die Position zu setzen (vgl. Abbildung 5.3 oben links).

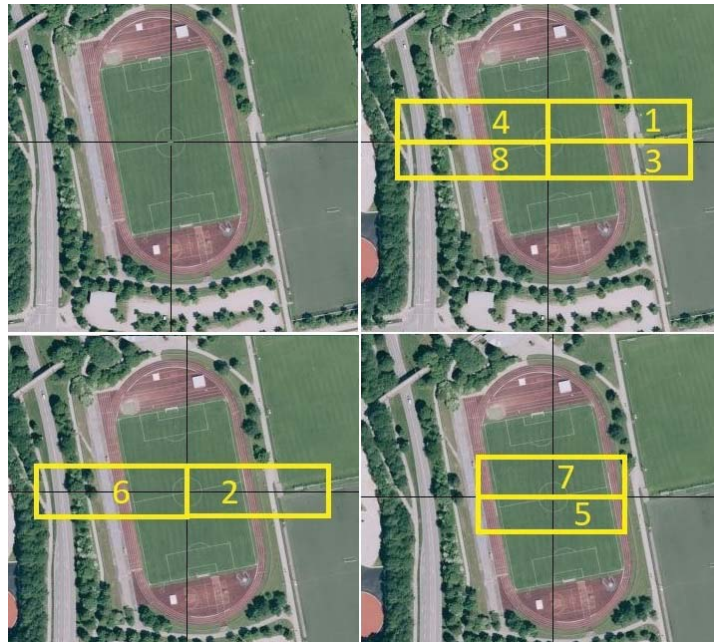


Abbildung 5.3: Wahl der Punktobjektposition samt Labelboxen

Nach der Wahl der Objektposition und der Eingabe des Textes für die Beschriftung in einem weiteren Eingabefeld, wird für die Ermittlung des benötigten Raumes für die Schrift ein schwarzes Bild erzeugt, in dem das weiße Textfeld für den Text hinzugefügt wird.











Abbildung 5.4: Generierung des benötigten Raumes der Schrift im Bild

Anhand dieses Binärbildes (Größe bezieht sich auf Größe des Gesamtbildes) können die Parameter wie Koordinaten der einzelnen Ecken sowie Breite und Höhe der Labelbox einfach berechnet werden und anhand der Methode aus Abbildung 4.2 die Struktur auf-

gebaut werden, die die einzelnen Labelboxen samt Parametern beinhaltet.

Die erzeugten Bildausschnitte anhand dieser Parameter am Beispielbild aus Abbildung 5.3 um den gewählten Anstoßpunkt des Fußballplatzes samt ihrer Bewertung nach Abbildung 4.2 und Berechnung der Homogenität sehen wie folgt aus:

Tabelle 5.1: *Bildausschnitte samt Bewertungen*

Bildausschnitt	Priorität	Bewertung der Priorität	Bewertung der Homogenität	Gesamt- bewertung
	1	1,0	0,77303	0,84869
	2	0,8	0,7832	0,7888
	3	0,72	0,81448	0,78299
	4	0,7	0,69498	0,69666
	5	0,36	0,7895	0,64633
	6	0,35	0,67438	0,56959
	7	0,3	0,78425	0,62283
	8	0,0	0,67517	0,45011

Die Gesamtbewertung in diesem Beispiel sowie in allen folgenden in dieser Arbeit, sofern nichts anderes erwähnt, errechnet sich mit den Gewicht $w = 2$ aus Gleichung (4.6). Der Algorithmus wählt anschließend den Ausschnitt, der die höchste Gesamtbewertung erhalten hat (vgl. Tabelle 5.1) und prüft, ob eine konfliktfreie Positionierung der Schrift vorgenommen werden kann. Wenn ja, wird die Schrift in diesen Ausschnitt gesetzt, wenn nein wird anhand der Reihenfolge, die sich aus den Gesamtbewertungen ergeben weiter geprüft, bis eine konfliktfreie Positionierung der Schrift erfolgen kann, oder die Setzung der Schrift vollständig verworfen wird. Für die Gestaltung der Schriftart wurde das Verfahren von Kolev [2015] verwendet, um eine noch bessere Lesbarkeit zu erzeugen.

Hierbei wird je nach Hintergrund zwischen einer schwarzen oder weißen Beschriftung gewählt, sowie je nach Stärke der Homogenität ein Halo-Effekt erzeugt, bei dem es sich um eine Umrandung der Buchstaben handelt, um diese vom Hintergrund abzuheben.

Als Resultat wird das neu erzeugte Bild mit der Beschriftung des gewählten Punktobjekts angezeigt:



Abbildung 5.5: *Beschriftung des Anstoßpunktes*

5.2.2 Flächenbeschriftung

Die Implementierung der Flächenbeschriftung erfolgt nach einem ähnlichen Prinzip ab wie die Punktbeschriftung. Der Nutzer erhält die Möglichkeit, die Anzahl der Flächen zu wählen, die er beschriften möchte. Eine Fläche kann in diesem Programm nur mit vier Punkten ausgewählt werden, wobei der zuletzt gesetzte Punkt mit einem Doppelklick beendet werden muss.



Abbildung 5.6: *Auswahl der zu beschriftenden Fläche*

Algorithmus 2 Beschriftete Flächenobjekte

Eingabe: Luftbild der Größe $r \times c \times 3$ **Ausgabe:** Luftbild mit gesetztem Flächenobjekt und Schrift der Größe $r \times c \times 3$
Abfrage, wieviele Flächen gesetzt werden

```
while Gesetzte Flächen < erwünschte Anzahl gesetzter Flächen do
  Eingrenzung der Fläche auf Luftbild
  Eingabe der Flächenbeschriftung
  Erzeuge Testbild mit Labelbox im Zentrum des Bildes
  Berechne Größe der Labelbox
  Berechne inneres, maximales Rechteck sowie Zentrumspunkt des Rechtecks
if Rechteck vertikal ausgerichtet then
  Passe Prioritäten entsprechend Abbildung 4.4 an und übergebe sie der struct
else
  Passe Prioritäten entsprechend Abbildung 4.5 an und übergebe sie der struct
end if
  Erzeuge struct mit allen neun Labels und deren Parametern
for jede einzelne Labelbox do
  Ausschnitt des Bildes auf Labelboxgröße
  Löschung der zurückgegebenen Ausschnitte, die nicht der Größe einer Labelbox
  entsprechen
  Berechnung der Homogenität
  Berechnung der Gesamtbewertung
end for
  Wahl der Labelbox mit bester Gesamtbewertung
if noch keine Schrift bisher gesetzt then
  Bildausschnitt beschriften
  Ausschnitt in Gesamtbild einfügen
else
  Prüfung auf Schnitt mit bisher gesetzten Beschriftungen
if keine Konflikte then
  Bildausschnitt beschriften
  Ausschnitt in Gesamtbild einfügen
else
while Konflikte vorhanden do
  wähle nächst größere Gesamtbewertung
  Prüfung auf Schnitt mit bisher gesetzten Beschriftungen
if keine Konflikte then
  Bildausschnitt beschriften
  Ausschnitt in Gesamtbild einfügen
else
  Fehlermeldung, keine konfliktfreie Setzung der Schrift möglich
end if
end while
end if
end if
  Speicherung der besetzten Räume
  Anzeige des neu beschrifteten Luftbildes
end while
```

Nach der Eingabe des Textes für die Beschriftung wird auf gleiche Art und Weise wie in Algorithmus 1 der benötigte Raum für die Schrift berechnet, die sie im Bild einnehmen soll. Für die Bestimmung der tatsächlichen Position der Schrift innerhalb der Fläche wird das Luftbild in ein Binärbild umgewandelt, das als Vordergrund die ausgewählte Fläche zeigt und den Rest des Luftbildes als schwarzen Hintergrund betrachtet (vgl. Algorithmus 2).

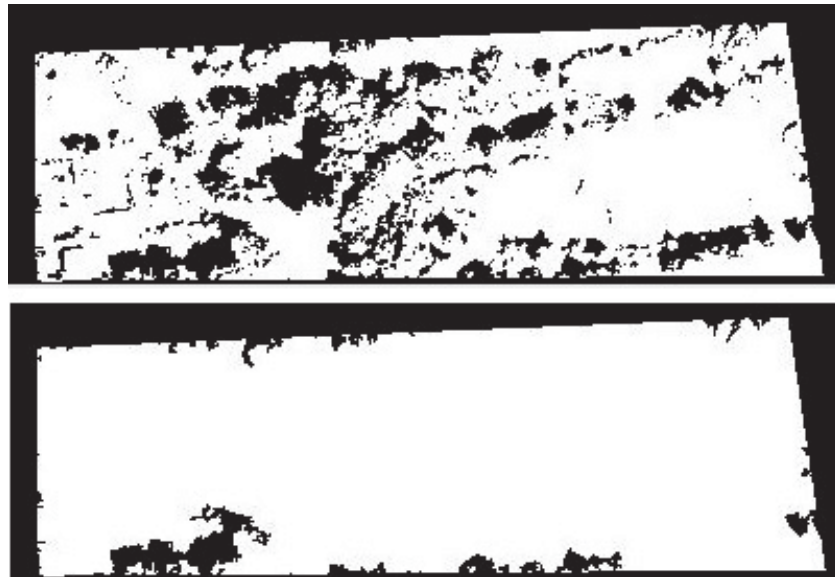


Abbildung 5.7: Binärbild der gewählten Fläche, original und bearbeitet

Da die Methode der Erzeugung eines maximal größten Rechtecks innerhalb dieser weißen Fläche nur bei vollständig ausgefüllten Flächen funktioniert, müssen die Löcher (vgl. Abbildung 5.7 oben), die aufgrund schattiger Effekte im Luftbild ebenfalls schwarze Pixel erzeugt haben, gefüllt werden. Die *MATLAB*-Funktion *imfill* schafft hier Abhilfe (vgl. Abbildung 5.7, unten).

Nun kann die Fläche sowie deren Zentrum bestimmt werden, die den Schwerpunkt der ursprünglich gewählten Fläche repräsentieren soll.



Abbildung 5.8: Gewählte Fläche mit innerem Rechteck samt Zentrum

Die Beschriftung des Zentrumspunktes erfolgt nun nach dem Prinzip der Punktbeschrif-

tung mit der Ausnahme der zusätzlich präferierten neunten Platzierungsmöglichkeit in der Mitte, wie sie an Abbildung 4.4 und Abbildung 4.5 erläutert wird.

Die letztendliche Platzierung der Schrift sieht anhand dieses Beispiels wie folgt aus:



Abbildung 5.9: *Finale Positionierung der Schrift für die gewählte Fläche*

In Abbildung 5.10 werden weitere Flächenbeschriftungen im ganzen Luftbild veranschaulicht:



Abbildung 5.10: *Finale Positionierung der Schrift für weitere Flächen*

5.2.3 Linienbeschriftung

Die Implementierung der Linienbeschriftung gestaltet sich anders als die der Punkt- (vgl. Abschnitt 5.2.1) und Flächenbeschriftung (vgl. Abschnitt 5.2.2). Aufgrund der Tatsache, dass das Ausschneiden der Bildinhalte für die Prüfung der Homogenität sowie die Bestimmung des Schriftstils durch Kolev [2015] den Bildachsen parallel ausgerichtete Rechtecke erfordert, ist auf diese Art und Weise die Beschriftung an schiefen Liniensegmenten nicht möglich.

Algorithmus 3 Beschrifte Linienobjekte

Eingabe: Luftbild der Größe $r \times c \times 3$

Ausgabe: Luftbild mit gesetztem Linienobjekt und Schrift der Größe $r \times c \times 3$

Auswahl des Linienobjekts

Eingabe der Linienbeschriftung

for alle Liniensegmente **do**

 Bestimme Längen und Richtungen der Liniensegmente

end for

Wähle längstes und zweitlängstes Segment aus, falls mehrere vorhanden

Bestimme Mittelpunkte des längsten und zweitlängsten Liniensegments

if Beschriftungen nicht zu nah aneinander **then**

if Längstes Liniensegment lang genug **then**

 Setze Schrift

else

 Fehlermeldung, Schrift nicht gesetzt

end if

if Zweitlängstes Liniensegment lang genug **then**

 Setze Schrift

else

 Fehlermeldung, Schrift nicht gesetzt

end if

else

if Längstes Liniensegment lang genug **then**

 Setze Schrift

else

 Fehlermeldung, Schrift nicht gesetzt

end if

end if

Der Umsetzung erfolgt somit wie in Algorithmus 3 beschrieben: Der Nutzer wählt aus dem gezeigten Luftbild das linienförmige Objekt und fährt dieses durch anklicken mehrerer Punkte, die auf diesem Objekt liegen, nach. Es können für ein gewähltes Objekt eine oder mehrere Liniensegmente gezogen werden.



Abbildung 5.11: *Auswahl des linienförmigen Objekts*

Der Algorithmus berechnet anhand der gegebenen Koordinaten den Mittelpunkt dieses Liniensegments aus Abbildung 5.11 sowie die Ausrichtung und platziert die Schrift (die auch hier der Nutzer zuvor eingibt) in fest gewählter weißer Farbe auf diese Position.



Abbildung 5.12: *Beschriftung des linienförmigen Objekts*

Die weiße Schrift wurde gewählt, da sie sich auf Straßen und Flüssen, bei denen es sich am öftesten um linienförmige Objekte handelt, visuell in Bildkarten besser abhebt und lesbarer bleibt als schwarze Schrift.

Die Generierung mehrerer Liniensegmente auf einem längeren linienförmigen Objekt hat zur Folge, dass die beiden längsten Liniensegmente als Beschriftungssegmente gewählt werden. Liegen diese beiden nicht zu nahe aneinander und erfüllen eine gewisse Mindestlänge, so erhalten diese längeren Objekte zwei Beschriftungen. Die Schwellwerte für die genannten Ausschlusskriterien können beliebig im Code verändert werden. Es empfiehlt sich, keine deterministischen Pixelwerte zu wählen, sondern die Kriterien immer in Abhängigkeit der Bildgröße zu implementieren.

Ein weiteres Beispiel für die zweifache Beschriftung eines längeren Objekts zeigt Abbildung 5.13.



Abbildung 5.13: *Zweifache Beschriftung des linienförmigen Objekts*

5.2.4 Benutzeroberfläche

Um die Algorithmen zusammenzufassen und die Beschriftung von punkt-, flächen- und linienförmigen Objekten in einer Bildkarte auf einmal vorzunehmen, wurde im Rahmen dieser Arbeit noch eine graphische Benutzeroberfläche (engl.: *graphical user interface* = GUI) erstellt, die sich wie folgt aufbaut:



Abbildung 5.14: Aufbau der GUI

Der Nutzer erhält die Möglichkeit, ein Bild seiner Wahl in das Programm zu laden, die Beschriftungen wie in Abschnitt 5.2 beschrieben vorzunehmen und das Produkt in einem Format seiner Wahl abzuspeichern. Aufgrund der Eigenschaften der *MATLAB*-Funktion *text*, die für die Linienobjekte die Beschriftung setzt, sollte dies geschehen, nachdem alle Punktobjekte und Flächen beschriftet wurden. *text* schreibt die Schrift nur über die Bildmatrix drüber, während *insertText* die tatsächliche Bildmatrix umschreibt. Dies hat zur Folge, dass bei einer Beschriftung von Punkten oder Flächen die Text-Elemente der Linien gelöscht werden. Somit sollte das Programm so verwendet werden, dass, wie die Anordnung der Buttons es schon vorgibt, die Objekte in folgender Reihenfolge beschriftet werden: Punkte, Flächen, Linien. Im Anschluss ist ein Abspeichern problemlos möglich und die Beschriftungen gehen nicht verloren.

6 Evaluierung der Hypothesen

In diesem Kapitel erfolgt die Evaluierung des Programms. Es sollen die Hypothesen aus Abschnitt 1.2 aufgegriffen und überprüft werden, inwiefern die Implementierung als solche eine automatische Platzierung erfüllt. Zudem wird analysiert, ob der Einbezug des Bildinhaltes bei der Entscheidungsfindung für die Schriftplatzierung eine entscheidende Rolle spielt oder nicht. Zum Abschluss sollen die Kriterien der Fachliteratur aus Abschnitt 2.2.1 herangezogen und mit den Ergebnissen des Programms verglichen werden, inwieweit diese eingehalten werden.

6.1 Funktionalität des Programms

Die Funktionalität des Programms, eine automatische Platzierung der Schrift für ein gewähltes Objekt vorzunehmen, ist praktisch schon durch die Erläuterung der Methodik (vgl. Kapitel 4) und Implementierung (vgl. Kapitel 5) bestätigt worden. Sind die Informationen über ein Objekt wie Position und Text, die in dieser Arbeit durch einen Nutzer angegeben und später möglicherweise auch durch hinterlegte Vektordaten herangezogen werden können, bekannt, so erfolgt in allen drei Fällen eine automatische Platzierung der Schrift. Die durchschnittlichen Berechnungszeiten¹ für die Berechnung der jeweiligen Beschriftungsposition der einzelnen Objektarten können Tabelle 6.1 entnommen werden.

Tabelle 6.1: *Durchschnittszeiten der Berechnungen*

Punkt	Fläche	Linie
~ 2,0s	~ 3,4s	~ 0,03s

6.2 Verbesserung durch Beachtung des Bildinhalts

Punkte










Wichtiger Kernaspekt dieser Arbeit ist die Frage, ob durch Beachtung des Bildinhaltes eine Veränderung der Schriftpositionierung erzeugt werden kann, wie wenn sie nur anhand der Prioritäten platziert worden wäre. Um dies zu beurteilen, sollten gewisse Szenarien bei der Wahl der Objektposition beachtet werden, die nun im folgenden erläutert werden.

¹unter Verwendung eines Intel® Core™ i5-4210U Prozessor und 8 GB RAM

Bedenkt man die Tatsache, dass eine Gewichtung der Homogenität in Gleichung (4.6) von $w = 0$ bedeuten würde, dass der Bildinhalt überhaupt keine Rolle bei der Berechnung der Gesamtbewertung spielt, so würde sich die Gesamtbewertung einzig und allein aus der Bewertung anhand der Prioritäten ergeben. Wie in dieser Arbeit nach Petzold [2003] (vgl. Abbildung 4.2) implementiert, würde als erste Wahl, sofern keine Überlappungskonflikte vorliegen, immer die Position oben rechts für die Schriftsetzung in Frage kommen.

Es wird also nun nach Fällen gesucht, in denen die Homogenität in den anderen Bereichen so viel besser sein könnte, dass diese Tatsache das Programm dazu zwingen würde, die Schrift von der gewollten Position oben rechts auf eine andere zu setzen, in denen die Bewertung anhand der Prioritäten allein nicht so hoch wie oben rechts ist. Folgende Beispiele zeigen die Wahl des Punktobjekts, sowie die Platzierung der Schrift ohne Einbezug der Bildradiometrie und mit Einbezug der Bildradiometrie.

Tabelle 6.2: Vergleich dreier Beispiele ohne und mit Beachtung der Bildradiometrie

Punktsetzung	$w = 0$	$w = 2$
		
		
		

In allen drei Fällen wird ohne Bezug zum Bildinhalt die Schrift anhand der Priorität oben rechts vom gesetzten Punktobjekt positioniert. Der Bildhintergrund weist an diesen Stellen heterogene Zonen auf wie der Übergang von Felder oder Wiesen zu Wälder oder Gebäude. Die Schriftgestaltung von Kolev [2015] kompensiert solche Fälle wunderbar mit einem Halo-Effekt, bei dem die Buchstaben der Schrift so umrandet werden, dass sie sich vom Bildhintergrund abhebt und lesbar bleibt.

Dies hat jedoch zur Folge, dass wichtige Bildinformationen verloren gehen, da die Pixel des Halo-Effekts diese überschrieben haben. Das dritte Beispiel der Tabelle 6.2 zeigt dies

deutlich: ohne Beachtung des Bildinhalts wird oben rechts auf der aufgrund des Hauses eher heterogenen Fläche beschriftet. Um die Schrift lesbar zu halten, werden die Pixel so überschrieben, dass das Haus für den Betrachter gar nicht mehr zu erkennen ist.

Unter Beachtung der Bildradiometrie generell erkennt das Programm im Bereich des Hauses, dass diese Fläche nicht so homogen ist, wie zum Beispiel die Fläche oben links des Punktobjekts, wo eine Wiese zu sehen ist. Durch diese Wiese erhält die Labelbox, die auf der Prioritätenliste erst an vierter Stelle kommt, die höchste Gesamtbewertung und somit wird die Schrift dort platziert. Aufgrund des homogenen Hintergrunds ist auch kein so starker Halo-Effekt notwendig, wodurch auch weniger Bildinformationen verloren gehen. Das Haus wird somit nicht von der Beschriftung überdeckt und bleibt dem Betrachter vollständig erhalten.

Flächen

Auch bei den Flächen kommt es durchaus zu Fällen, in denen die zentrale Lage über dem errechneten Schwerpunkt (zum einfacheren Verständnis in Abbildung 6.1 als roter Punkt dargestellt) nicht immer gewählt wird, wenn die Gesamtbewertung aufgrund der Homogenität in den umliegenden Bereichen insgesamt höher ist.



Abbildung 6.1: *Änderung der Schriftposition aufgrund des homogenen Hintergrunds*

Auch hier wird die Schrift aufgrund der Beachtung des Bildinhalts etwas von den Bäumen weg auf eine Position verschoben, auf der ebenfalls kein so starker Halo-Effekt nötig ist, sodass so wenig wie möglich Bildinformationen verdeckt werden. Es lässt sich sagen, dass bei der Punkt- und Flächenbeschriftung erhebliche visuelle Qualitätsunterschiede auftreten bezüglich der Relevanz des Bildinhalts. Die Beispiele zeigen, dass das Programm in der Lage ist, mit Einbezug des Bildhintergrunds die Schrift so unzuplatzen, dass sie lesbarer ist wie wenn sie nach der klassischen Theorie der Platzierung bei Karten im Allgemeinen gesetzt worden wäre.

Einzig allein bei der Linienbeschriftung kann dies nicht bestätigt werden, da wie schon in Abschnitt 4.1 und Abschnitt 5.2.3 erwähnt, eine Beachtung der Bildradiometrie nicht möglich ist. Somit werden die Schriftplatzierungen unabhängig des Bildinhalts vorgenommen.

6.3 Einhaltung der Regeln

In Abschnitt 2.2.1 wurden allgemeine Kriterien bezüglich der Beschriftung von Objekten u.a. von Imhof [1962] und Strijk [2001] aufgestellt. In diesem Abschnitt soll geprüft werden, inwiefern das Programm in der Lage ist, diese einzuhalten oder wo noch Probleme auftauchen, bei denen weiter Handlungsbedarf besteht.

Die wichtigsten Kriterien, die hier nun evaluiert werden sollen, lassen sich nochmal wie folgt zusammenfassen:

- Eindeutigkeit
- Überlappungsfreiheit
- Lesbarkeit
- Unvollständigkeit vermeiden
- Keine Trennung von geometrischen Eigenschaften

6.3.1 Eindeutigkeit

Für die Prüfung der eindeutigen Zuweisung von Schrift zu ihren korrespondierenden Objekten wurde ein Beispiel erzeugt, in dem willkürlich viele Objekte auf engstem Raum generiert wurden.

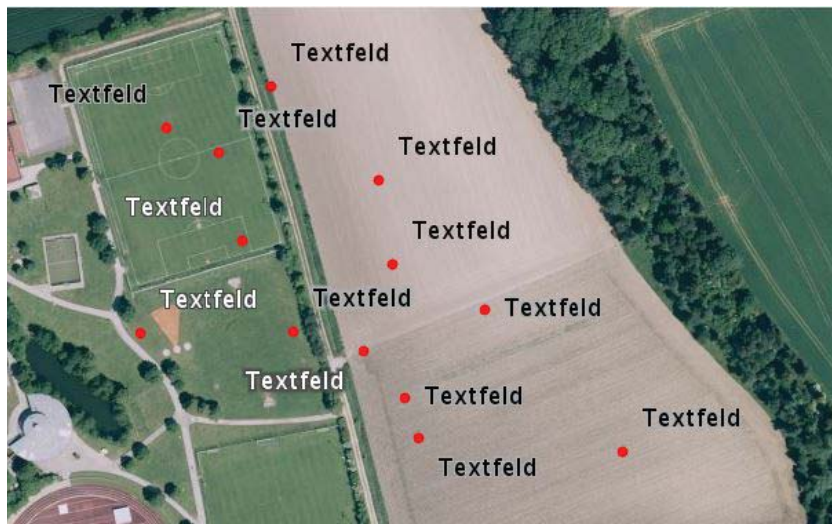


Abbildung 6.2: Prüfung der Zuordnung Schrift-Objekt

Auf den ersten Blick sieht solch eine gezwungen enge Darstellung erst einmal unübersichtlich aus. Betrachtet man das Bild jedoch ein paar Sekunden genauer, so fällt es nicht schwer, die Texte ihren korrespondierenden Objekten zuzuordnen. Was man bemängeln

kann, ist der doch etwas große Abstand zwischen Objekt und Schrift. Dies hat den Hintergrund, dass die Generierung des Schriftstils, vor allem bei stärkeren Halo-Effekten, eine nicht unerhebliche Rolle spielt. Kolev [2015] beschreibt im Ausblick seiner Arbeit das Problem, dass die Gestaltung der Schrift nicht zu nah an Bildrändern liegen dürfe, da sonst der Vorgang nicht mehr funktionieren würde. Die Erzeugung etwas größerer Labelboxen um diesem Problem entgegenzuwirken hat den Nachteil, dass deren Schriften sich nun etwas weiter weg vom Objekt befinden. Jedoch liegt dies noch im Rahmen und eine eindeutige Zuordnung ist durchaus möglich.

Das Kriterium der eindeutigen Zuordnung wurde von Imhof [1962] konkret nur für Punktobjekte formuliert. Bei der Beschriftung von mehreren Flächen sowie Linien waren in den zuvor gezeigten Beispielen untereinander keine Probleme der Zuordnung festzustellen.

6.3.2 Überlappungsfreiheit

Die Prüfung, ob ein Überlappungskonflikt erkannt und vermieden wird, kann leicht simuliert werden. Vorausgesetzt man befindet sich in einer homogenen Fläche um sicherzugehen, dass nur nach Prioritäten bewertet wird, so ist ein Konflikt schnell zu erzeugen. Ausgehend von einer Schriftsetzung oben rechts wählt man die Position eines Objekts so, dass sich ebenfalls oben rechts ein anderes Objekt oder eine Beschriftung befindet.



Abbildung 6.3: *Konfliktgenerierung*

Die Gesamtbewertung für die Beschriftung für das zu setzende Objekt in Abbildung 6.3 wäre oben rechts am höchsten. Da wie in Abbildung 4.10 ein Konflikt generiert wird, wird die zweite Position gewählt und die Schrift gesetzt.



Abbildung 6.4: *weitere Konfliktgenerierung*

Ähnlicher Fall gilt für Abbildung 6.4. Im Anschluss an Abbildung 6.3 wird ein Objekt

direkt links neben den beiden Objekten gesetzt, um auf der rechten Seite mehrere Konflikte wie in Abbildung 4.11 zu erzeugen. Das Programm erkennt dies und positioniert die Schrift auf der vierten Labelbox.

Die konfliktfreie Positionierung zwischen Punkt-Punkt, Punkt-Flächen sowie Flächen-Flächen funktioniert problemlos. Einzig allein Konflikte mit Linienbeschriftungen konnten nicht gelöst werden, da für diese keine Räume generiert und reserviert werden konnten, um diese in die Konfliktberechnung mit einzubeziehen (vgl. Abbildung 6.5).



Abbildung 6.5: Konflikt Punkt- mit Linienobjekt

6.3.3 Lesbarkeit

Eine beispielhafte Beschriftung mehrerer Objekte sieht wie folgt aus:



Abbildung 6.6: Beschriftetes Bild

Aufgrund der Schriftstilgenerierung bei Punkt- und Flächenobjekten bleibt die Schrift sehr gut lesbar. Allein bei der Linienbeschriftung, bei der es keinen Halo-Effekt gibt, kommt es manchmal zu Schwierigkeit, die Schrift klar vom Hintergrund zu trennen, wie in Abbildung 6.6 am Beispiel der Rosenstraße zu sehen ist.

6.3.4 Unvollständigkeit vermeiden

Laut Strijk [2001] sollen unvollständige Schriften vermieden werden. Dies passiert zum Beispiel, wenn die Schrift über den Kartenrand hinaus gehen würde. Zwingt man die Beschriftungen in diese Bereiche, so ergeben sich folgende Ergebnisse:

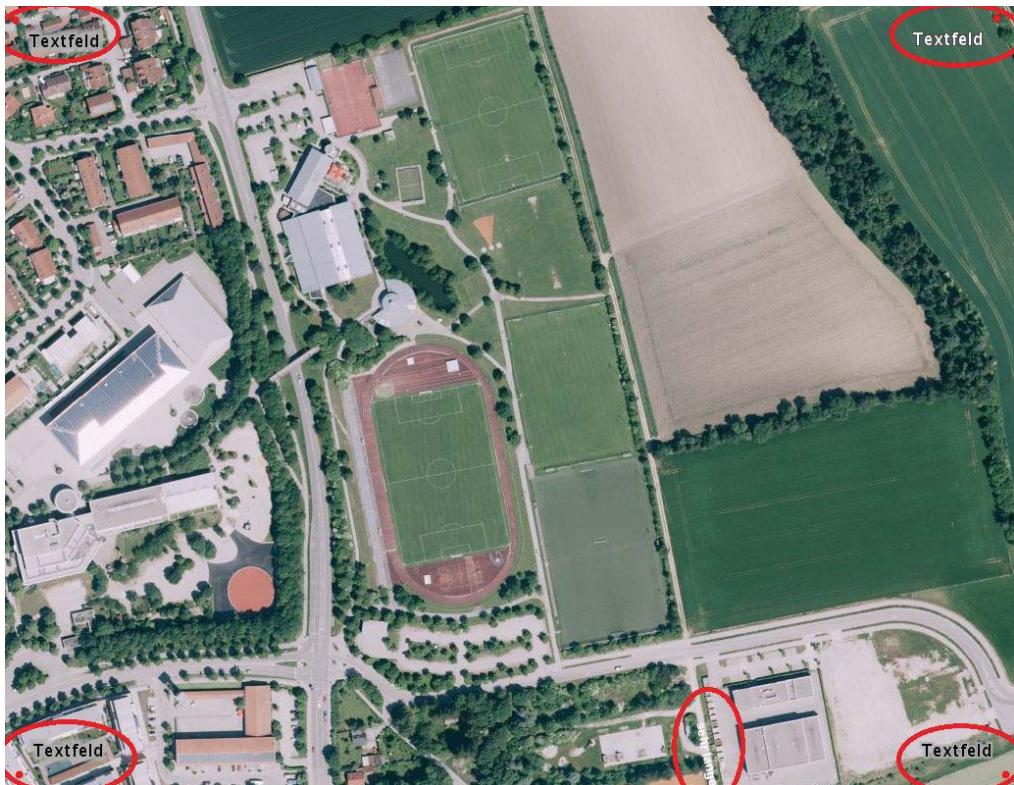


Abbildung 6.7: *Test auf unvollständige Schrift*

Der Algorithmus erkennt, wenn präferierte Labelboxen zu klein wären. Vor allem im Fall oben recht in Abbildung 6.7 wird die Schrift auf die letzte aller möglichen Positionen gesetzt, da alle anderen über den Kartenrand hinausragen würden. Die Flächenbeschriftung verhält sich ebenso im Falle eines Konflikts mit dem Kartenrand. Einzig allein die Linienbeschriftung ragt über den Rand hinaus (und ist zudem schlecht lesbar).

6.3.5 Keine Trennung von geometrischen Eigenschaften

Grundsätzlich betrachtet der Algorithmus die Bildinhalte auf Basis ihrer Homogenität und wählt sich dort den besten Raum aus, jedoch erfolgt keine wirkliche Objekterken-

nung. Der Algorithmus weiß also nie, um welche Bildinhalte es sich handelt und setzt ungehindert dessen die Schrift. So kann es dazu kommen, dass topologisch oder geometrisch wichtige Informationen überdeckt werden könnten, oder auch Schrift über Land/Wasser Grenzen hinausragen könnte. Beispiele hierfür zeigen folgende Abbildungen:



Abbildung 6.8: *Überlappung der Seebeschriftung aufs Land*

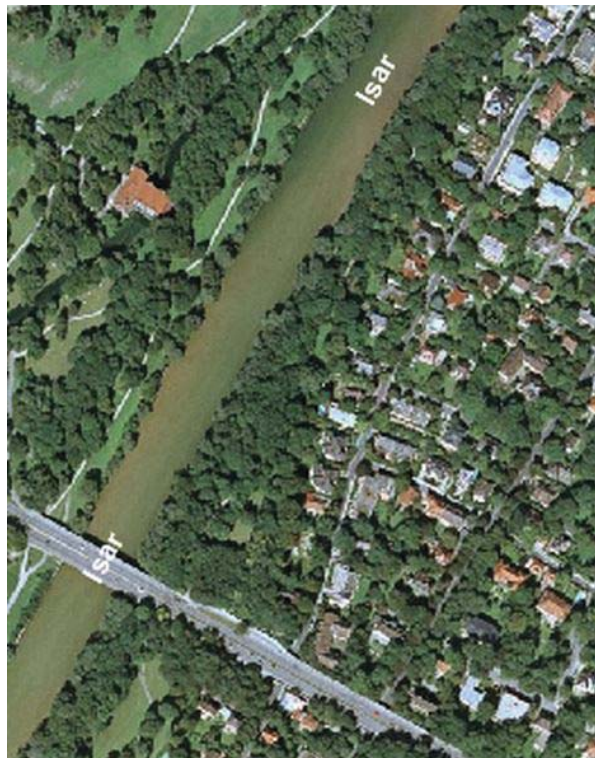


Abbildung 6.9: *Überlappung der Flussbeschriftung mit Brücke*

Neben der Bedingung, geometrische Eigenschaften des Bildes nicht zu beeinflussen, ist

das Programm auch noch nicht in der Lage, topologische Eigenschaften des Bildes wie sie Ellsiepen et al. [2002] in Abbildung 2.19 aufzeigt, zu beachten. In der Zukunft ist hierbei anzustreben, auf Basis von hinterlegten Vektordaten derartige Strukturen wie z.B. Brücken oder Straßen, die überdeckt werden könnten dem Programm zu übergeben, so dass diese als reservierte Räume betrachtet und bei der Konfliktlösung mit einberechnet werden können.

6.4 Übersicht der Hypothesen

Fasst man die Ergebnisse der Evaluierung tabellarisch nochmal zusammen, ergibt sich folgende Übersicht:

Tabelle 6.3: *Übersicht der Hypothesen*

	Punkte	Flächen	Linien
Funktionalität	✓	✓	✓
Unterschied mit Radiometrie	✓	✓	-
Eindeutigkeit	✓	✓	✓
Überlappungsfreiheit	✓	✓	-
Lesbarkeit	✓	✓	mäßig
Unvollständigkeit vermeiden	✓	✓	-
Keine Trennung von geom. Eigenschaften	-	-	-

Es fällt auf, dass die Implementierungen für Punkt- und Flächenbeschriftungen in Bezug auf geforderte Kriterien deutlich bessere Ergebnisse erzielt haben als die Linienbeschriftung. Dies ist vor allem der Tatsache geschuldet, dass die für die Punkte und Flächen essentiellen Funktionen bei den Linien nicht angewendet werden konnten.

7 Fazit

7.1 Zusammenfassung

Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass die gewünschte Kombination aus automatischer Schriftplatzierung unter Einhaltung der fachliterarischen Regeln mit der Beachtung der Bildinhalte von Orthophotos grundsätzlich gelingt und erste erfolgreiche Ergebnisse erzielt, die jedoch noch Platz für Verbesserungen beinhalten, welche in Abschnitt 7.2 näher diskutiert werden.

In dieser Arbeit stellen zunächst die Grundlagen Allgemeines über die Schrift in Karten dar. Neben den allgemeinen Aspekten der Kartographie und den aufgeführten Kriterien, die grundlegend für die Beschriftung von Karten gelten, wurden für Punktobjekte und Linien sowie Flächen im einzelnen die Regeln der Schriftplatzierung in klassischen Karten näher erläutert. Diese dienen als Basis für die angewandten Regeln der Schriftplatzierung in Bildkarten im implementierten Programm. Zusätzlich zeigen die Grundlagen den Automatisierungsprozess von Kartenbeschriftungen im Kern und es werden aktuelle Verfahren sowie Algorithmen mit ihren Stärken und Schwächen vorgestellt und gegeneinander aufgewogen. Aufgrund der Anwendung der automatischen Schriftplatzierung in Bildkarten beleuchtet diese Arbeit den Herstellungsprozess vom Luft- oder Satellitenbild zur Bildkarte und benennt deren Eigenschaften sowie die Herausforderungen, die sich damit für die automatische Schriftplatzierung ergeben, etwas genauer.

Die Methodik baut grundlegend auf die formulierten Regeln der Grundlagen auf und passt sich adaptiv den Begebenheiten der Orthophotos an. Die Erzeugung und Bewertung möglicher Schriftpositionen für Punktobjekte orientiert sich nach dem Verfahren von Petzold [2003] und analysiert durch Berechnung der Homogenität die Textur des Bildinhaltes, die für die Beschriftung in Frage kommt. Je nach Gewichtung können der Bildinhalt und die Priorität der Schriftposition aus der Literatur miteinander kombiniert werden, um so die optimale Schriftposition für ein Punktobjekt zu finden, welche somit beide Faktoren berücksichtigt und eine automatische Schriftplatzierung in Bildkarten konzipiert.

Die Vorgehensweise für die Beschriftung von Flächen baut auf einer Kombination aus einem eigens entwickeltem Konzept und den Regeln der Fachliteratur auf, um anschließend ebenfalls den Einfluss der Bildtextur in die Entscheidungsfindung mit einzubeziehen. Hierbei handelt es sich um die Eingrenzung der besagten Fläche auf einen ungefähren Bereich, der den Schwerpunkt des Flächenobjekts darstellt und im Anschluss die In-

tegration einer ähnlichen Methodik wie die der Punktobjektbeschriftung, wobei diese ebenfalls für den Fall der Flächenbeschriftung angepasst wurde.

Einzig für die Positionierung der Schrift von linienförmigen Objekten konnte aufgrund technischer Begebenheiten des Programms die Analyse der Bildradiometrie nicht mit einbezogen werden. Somit wurden hier für die Positionsfindung der Schrift die Regeln der allgemeinen Schriftpositionierung für linienförmige Objekte angepasst und implementiert.

Die Aufstellung der Hypothesen sowie deren Evaluierung bilden den Rahmen dieser Arbeit und ermöglichen es, das implementierte Programm auf seine Qualität zu überprüfen. Eine Übersicht kann Tabelle 6.3 entnommen werden.

Die Funktionalität des Programms für das automatische Positionieren der Schrift ist in allen drei Fällen für Punktobjekte, Flächen und Linien gegeben. In Abhängigkeit der Hardwarespezifikationen könnte das Programm unterschiedliche Laufzeiten vorweisen, jedoch liefert es im Allgemeinen in akzeptablen Berechnungszeiten die gewünschte Beschriftung des Objekts.

Die Kernfrage, ob das Einbeziehen der Bildtextur für die Entscheidungsfindung der automatischen Schriftplatzierung einen Einfluss hat, kann für Punktobjekte und Flächen bejaht werden. Je nach Gewichtung der Bildtextur liefert das Programm unterschiedliche Ergebnisse hierfür und zeigt auch verbesserte Positionierungen der Schrift, die ohne den Bezug der Bildtextur in einigen Fällen auf Stellen platziert wird, die für den Betrachter die Lesbarkeit der Schrift erschwert hätten. Für die Beschriftung der Linienobjekte kann dies nicht bestätigt werden, da der Bezug zum Bildinhalt aufgrund fehlender Programmfunktionen, die nur für Punkte und Flächen implementiert werden konnten, nicht erfolgt ist.

Die Einhaltung allgemeiner Kriterien der Kartenbeschriftung wie Überlappungsfreiheit, Lesbarkeit und Vermeidung der Unvollständigkeit wird bei der automatischen Schriftplatzierung für Punkt- und Flächenobjekte gegeben. Das Abspeichern des Raumes der gesetzten Schriften ermöglicht für jedes weitere Setzen von Beschriftungen das Überprüfen von Konflikten, um somit diese vermeiden zu können. Die Unvollständigkeit der Schrift durch Konflikte mit dem Kartenrand wird damit ebenso verhindert. Auch die Lesbarkeit der Schrift ist durch die Verwendung des vom Bildinhalt abhängigen Halo-Effekts der Schrift gewährleistet. All diese Methoden basieren auf Funktionen, die bei der Linienbeschriftung nicht implementiert werden konnten, wodurch die Einhaltung besagter Kriterien hierbei nicht möglich war. Einzig allein die Eindeutigkeit zwischen Schrift und Objekt kann wieder bei allen drei Beschriftungsarten erfüllt werden.

Welchen Aspekt die automatische Punkt-, Flächen- und Linienbeschriftung im Gesamten noch nicht erfüllt, ist die der Vermeidung von Trennung geometrischer Objekte. Abgesehen von der Beachtung der Homogenität platziert der Algorithmus die Schrift ungehindert dessen was sich inhaltlich hinter der Schrift befindet. Eine Objekterkennung seitens der Bildverarbeitung findet nicht statt. Somit können Flussbeschriftungen über Brücken verlaufen oder Seebeschriftungen ins Land hineinragen.

7.2 Ausblick

Die Evaluierung der Hypothesen ermöglicht detailliert das Aufzeigen der Stärken und Schwächen des in dieser Arbeit implementierten Programms. Dadurch wird deutlich, in welcher Hinsicht in naher Zukunft an der Automatisierung von Schriftplatzierung in Bildkarten gearbeitet werden muss.

In Bezug auf die Beschriftung der Punktobjekte lässt sich in puncto der Eindeutigkeit, die an sich schon gut ist, eine Verbesserung erzielen, in dem die Abstände zwischen der Schrift und des Objekts noch geringer gehalten werden, als in diesem Fall. Aufgrund der Erzeugung des Halo-Effekts benötigt der Algorithmus von Kolev [2015] eine größere Labelbox, als eigentlich für den gewählten Text vorgesehen wäre. Eine separate Verwendung von größeren Labelboxen und anschließender Integration der Schrift alleine in Größe der ursprünglichen Labelbox in das Orthophoto würde hier etwas Abhilfe schaffen.

Erheblichen Bedarf an Verbesserungen gibt es jedoch bei der Beschriftung von Linienobjekten. Durch die Ausrichtung der nicht bildachsenparallelen Liniensegmente können die Funktionen aus den Punkt- und Flächenverfahren wie schneiden des Bildausschnitts, Analyse der Radiometrie sowie das Überschreiben der Bildpixel mit Buchstabenpixel nicht angewendet werden. Im Rahmen dieser Arbeit wurde versucht, durch Interpolation das schiefe Rechteck achsenparallel zu drehen um somit alle erforderlichen Operationen durchführen zu können, jedoch führte dies zu keinem Ergebnis. In einem erfolgreichen Fall wäre anschließend auch eine Abspeicherung dieser Räume bei Schriftsetzung möglich gewesen, um die Kriterien der Überlappungsfreiheit und der Vermeidung von unvollständiger Schrift am Kartenrand zu erfüllen. Zudem wäre auch die Implementierung der Schriftstilgenerierung von Kolev [2015] erfolgreich verlaufen, um eine bessere Lesbarkeit zu gewährleisten. Der Kernaspekt, um beim Thema der automatisierten Linienbeschriftung in Bildkarten weiter anzugreifen, wäre somit eine Möglichkeit zu schaffen, die schiefen Bildausschnitte ebenfalls zu analysieren.

Die Trennung von topologischen und geometrischen Eigenschaften ist ein zentraler Punkt, der für alle drei Objektarten noch entwickelt werden muss. Die fehlende Objekterkennung der Bildverarbeitung könnte durch Hinzunahme von Vektordaten kompensiert werden. Bestehen für den Algorithmus für jedes Orthophoto hinterlegte Datenbanken, in denen Informationen über die Bildinhalte in Form von Geodaten gespeichert sind, so werden Grenzen zwischen Wasser und Land sowie Brücken über Wasser bei der Schriftsetzung ebenfalls berücksichtigt. Hinterlegte Vektordaten für Orthophotos könnten zudem die Notwendigkeit, dass der Nutzer diese geometrischen Daten wie in dieser Arbeit eingibt, nichtig machen. Das Programm würde sich somit die Koordinaten aller Punktobjekte laden sowie alle Eckpunkte der Flächen und selbstverständlich die Knotenpunkte von Polylinien. Wäre dies der Fall, so müsste auch nicht das direkte Verfahren der Schriftsetzung angewendet werden. Es wäre möglich, auf Basis des Algorithmus von Hirsch oder des *Simulated Annealing*, die Setzung aller Punktobjekte sowie deren Beschriftung gleichzeitig vorzunehmen und die

Überlappungskonflikte ebenfalls im gleichen Schritt zu lösen.

Das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Programm bietet jedoch eine erste Möglichkeit, Verfahren der automatischen Schriftplatzierung mit dem Einfluss der hinterlegten Bildinformation im Orthophoto zu kombinieren und anzuwenden. Anstelle von hinterlegten Geodaten, die in diesem Fall durch den Nutzer eingegeben werden, platziert das Programm gerade für Punktobjekte und Flächen die Schrift automatisch, ohne dass es zu Konflikten kommt oder die Lesbarkeit der Schrift durch die Bildinformation gestört wird.

Literaturverzeichnis

- Albertz J., Lehmann H., Tauch R. (1992). *Herstellung und Gestaltung hochauflösender Satelliten-Bildkarten*. In: Dodt J., Schulz S., Kartographische Nachrichten, 42, 205-213.
- Albertz J., Wiedemann A. (2003). *Topographic and Thematic Mapping from Satellite Image Data*. Institut für Photogrammetrie und Kartographie, Technische Universität Berlin.
- Dahlberg R. E. (1993). *The design of photo and image maps*. In: The Cartographic Journal, Vol. 30, 112-118.
- Dent B. D., Torguson J. S., Hodler T. W. (2008). *Cartography: Thematic Map Design*. McGraw-Hill Education, 6. Auflage. ISBN: 0-072-94382-3.
- Ellsiepen M., Morgenstern D. (2002). *Automatische Schriftplatzierung - Systematisierung des Beschriftungsprozesses*. Fachbeitrag, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. URL: http://geodaesie.info/system/files/privat/zfv_2002_3_Ellsiepen_Morgenstern.pdf.
- Freeman H. (2004). *Automated cartographic text placement*. In: Borgefors G, Sanniti di Baja G, Sarkar S (eds) Pattern Recognition Letters 26 (2005) 287-297. Amsterdam: Elsevier.
- Google Inc. (2018). [Letzter Zugriff am 10.07.2018].
- Haegi S. (2002). *Werkzeuge und ausgewählte Methoden für einen interaktiven Atlas der Weltanschauungen*. Diplomarbeit, Universität der Zürich. URL: http://www.geo.uzh.ch/dam/jcr:6d6f134f-ccc6-4c83-a473-92f23fcf7daa/msc_susetta_haegi_2002.pdf.
- Hake G., Grünreich D., Meng L. (2002). *Kartographie: Visualisierung raum-zeitlicher Informationen*. Walter de Gruyter GmbH, 10785 Berlin, Deutschland, 8. Auflage. ISBN: 3-11-016404-3.
- Hirsch S. A. (1982). *An Algorithm for Automatic Name Placement Around Point Data*. The American Cartographer.
- Imhof E. (1962). *Die Anordnungen der Namen in der Karte*. Internationales Jahrbuch für Kartographie II.

- Kolev V. (2015). *Entwicklung einer regelbasierten und automatisierten Schriftgestaltung in Bildkarten*. Masterarbeit, Technische Universität München.
- LDBV (2008). Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung. URL: <https://www.ldbv.bayern.de/vermessung/luftbilder/bayernbefliegung.html>.
- LDBV (2015). Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung. URL: <https://www.ldbv.bayern.de/vermessung/luftbilder/bayernbefliegung.html>.
- Maringolo G. (2012). *Dynamische Notation mit Eyetracking*. Diplomarbeit, Universität Stuttgart. URL: ftp://ftp.informatik.uni-stuttgart.de/pub/library/medoc.ustuttgart_fi/DIP-3343/DIP-3343.pdf.
- MathWorks Inc. (2018). [Letzter Zugriff am 17.05.2018]. URL: <https://de.mathworks.com/help/images/ref/graycoprops.html>.
- Murphy C. (2014). *Concise Image Maps - A Design Approach*. Dissertation, Technische Universität München. URL: <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1198079/1198079.pdf>.
- Petzold I. (2003). *Beschriftung von Bildschirmkarten in Echtzeit*. Dissertation, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. URL: <http://hss.ulb.uni-bonn.de/2003/0300/0300a.pdf>.
- Robinson A. H. Morrison J. L. Muehrke P. C. Kimerling A. J., Guptill S. C. (1995). *Elements of Cartography*. John Wiley & Sons, Inc., New York, 6. Auflage. ISBN: 0-471-55579-7.
- Slocum T. McMaster R. Kessler F., Howard H. (2010). *Thematic Cartography and Geovisualization*. Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, NJ, 3. Auflage. ISBN: 0-13-801006-4.
- Strijk T. (2001). *Geometric Algorithms for Cartographic Label Placement*. Dissertation, Universität Utrecht.
- Yoeli P. (1972). *The Logic of Automated Map Lettering*. Cartographic journal.