

**Seminararbeit**  
**Visuelle Datenexploration**

**Rendering Effective Route Maps:  
Improving Usability Through Generalization**

**Werner König**

Prof. Dr. Daniel Keim  
Seminar Visuelle Datenexploration  
FB Informatik und Informationswissenschaften  
Universität Konstanz

## **Kurzfassung**

Maneesh Agrawala und Chris Stolte [AS01] von der Stanford University stellen in dem dieser Arbeit zugrunde liegenden Paper „Rendering Effective Route Maps: Improving Usability Through Generalization“ [AS01] kartographische Generalisierungstechniken für automatische Systeme vor, welche speziell zur Erhöhung der Benutzbarkeit entworfen worden sind. Ferner beschreiben sie die praktische Umsetzung dieser Techniken in das System LineDrive.

Mit Hilfe dieses Systems soll eine automatische Generierung von kontextbezogenen Karten ähnlich einer Handskizze möglich sein, welche essentielle Informationen hervorhebt und weniger wichtige in den Hintergrund treten lässt.

Die Benutzerfreundlichkeit und die Performance des Systems wurden in zwei unabhängigen Evaluationen überprüft. Hierbei zeigte sich, dass die Anwender die von LineDrive generierten Karten gegenüber Standardkarten bevorzugten oder zumindest den gemeinsamen Einsatz für sinnvoll erachteten.

## Inhalt

1	Motivation .....	4
2	Benutzbarkeit von Karten.....	7
3	LineDrive – Abstraktionsansatz .....	9
3.1	Abstraktion des Straßenverlaufs .....	11
3.2	Annähernde Layoutsuche .....	12
3.3	Straßenlayout .....	13
3.4	Beschriftungslayout .....	13
3.5	Kontextlayout .....	14
3.6	Dekoration .....	14
4	Evaluation .....	15
5	Schlussfolgerung und Ausblick.....	17
6	Referenzen .....	18
6.1	Quellenverzeichnis .....	18
6.2	Abbildungsverzeichnis .....	18

# 1 Motivation

Einige der wohl im Alltag am häufigsten verwendeten Visualisierungen sind Verbindungskarten, wie Straßen-, U-Bahn oder S-Bahn-Karten. Diese werden unter der Prämisse entworfen, dem Betrachter möglichst intuitiv und einfach gewisse Verbindungsmöglichkeiten zu veranschaulichen, wodurch dieser sich dann den für seine Anforderungen geeignetsten Weg in möglichst kurzer Zeit herausfinden können sollte.

Der manuelle Entwurf von Karten ist eine komplexe Aufgabe, wobei die Bedeutsamkeit von Teilinformationen der Karte für die Navigation des Betrachters redaktionell bewertet werden muss, um eine geeignete Informationsaufbereitung zu gewährleisten. Kartographische Techniken, wie Abstraktion, Vereinfachung und Verzerrung werden verwendet, um relevante Informationen hervorzuheben und weniger bedeutsame in ihrer Erscheinung zu minimieren oder auszublenden.

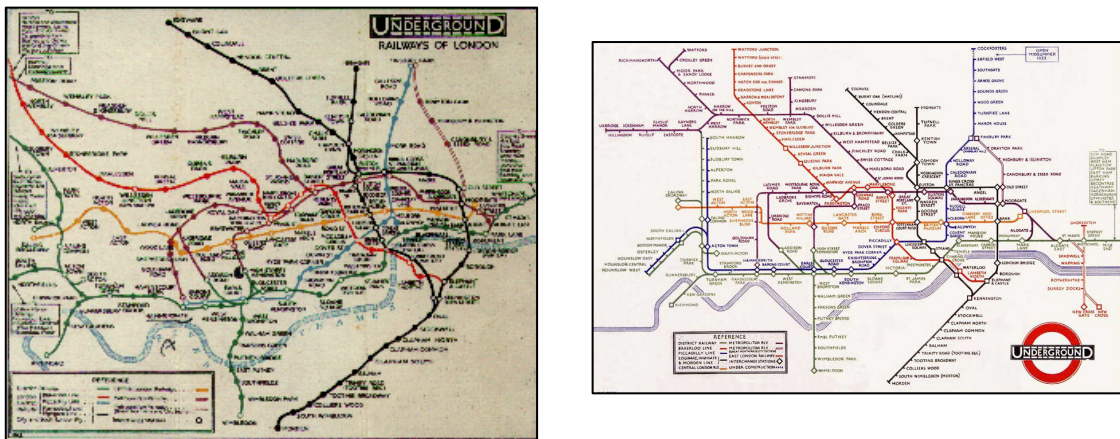


Abbildung 1.1: London Underground, H.F. Stingmore 1927(links), Harry Beck 1953(rechts).

Gut sichtbar wird dies zum Beispiel an den U-Bahn-Karten der Londoner Underground in Abbildung 1.1. Um eine übersichtlichere Karte zu erhalten, abstrahierte Harry Beck die Bahnverläufe in Richtung, Länge und Verlauf – im Gegensatz zu der realitätsgetreueren Darstellung von H.F. Stingmore.

Becks abstrahierte Karte erscheint zunächst zwar eher unrealistisch, erhöht aber durch die Reduzierung von Daten, die in diesem Zusammenhang unwesentlich sind, deutlich die Lesbarkeit und ist damit verbunden auch besser zu verstehen.

Das menschliche Lern- und Aufnahmevermögen wird durch Zeit und Anzahl begrenzt (das Kurzzeitgedächtnis kann  $7 \pm 2$  Elemente für ungefähr 12 - 30 Sekunden zwischenspeichern). Daher ermöglicht eine Reduzierung der Datendichte dem Betrachter die dargestellten Informationen besser zu verarbeiten.

Nicht nur professionell gestaltete Verbindungskarten für verschiedenste Medien zeichnen sich durch die manuelle Abstraktion von Informationen aus, sondern auch handskizzierte Karten. Hierbei entscheidet sich der Autor bewusst oder unbewusst für die relevantesten Daten und zeichnet im Wesentlichen nur diese. Weiterhin werden zum Beispiel die Straßenverläufe, ähnlich beim vorherigen Beispiel, in ihrer Richtung, Länge und Verlauf nur abstrahiert nachempfunden, da eine höhere Realitätsnähe oft aus Gründen der Zeit und/oder der Unwissenheit nicht zu verwirklichen ist.

Daraus ergibt sich eine Visualisierung, die normalerweise sehr einfach zu verstehen und nachzuvollziehen beziehungsweise nachzufahren ist.

Im Gegensatz zu den Handskizzen zeichnen sich die im Internet immer mehr verbreiteten Online Mapping Systeme eher durch eine hohe Detailtreue und Informationsdichte aus. Hierbei erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass Daten, wie Beschriftungen und Routen, sich überlagern und Details durch den einheitlichen Skalierungsfaktor bis zur Unkenntlichkeit geschrumpft werden. Daraus resultiert zumeist eine schlechtere Lesbarkeit, welche mit einer verminderten Benutzbarkeit für den Anwender einhergeht.

Dieses Phänomen der „Schrumpfung“ bei einheitlichem Skalierungsfaktor wird in Abbildung 1.2 recht deutlich. Bei der automatisch generierten Karte (links) nehmen die Autobahnen sehr viel Platz der Graphik ein, wobei sie nur wenig Informationen für den Navigierenden darbieten, da größtenteils nur dem Verlauf der Autobahn gefolgt werden muss. Im Gegensatz dazu werden essentielle Informationen zur Navigation hin zur Autobahn und von der Autobahn zum Zielpunkt durch die Skalierung nur unkenntlich als Punkt dargestellt. Die Karte rechts mit variablem Skalierungsfaktor kann jedoch die interessanten Stellen hervorheben und detaillierter dem Betrachter präsentieren.

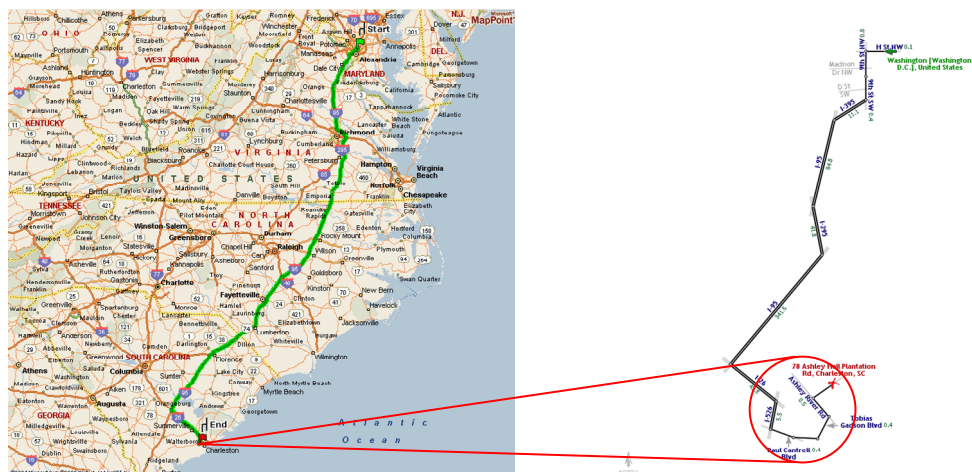


Abbildung 1.2: Straßenroute von Washington DC nach Charleston SC. Links: generiert von einem Standard Online Mapping System. Rechts: gleiche Route generiert von LineDrive.

Ein weiterer Schwachpunkt der automatisch generierten Karten liegt in der fehlenden oder unzulänglichen Trennung von essentiellen und vernachlässigbaren Daten im jeweiligen Benutzungskontext. Diese Trennung wird bei den Handskizzen und den professionell gestalteten Karten vom Autor oder Designer übernommen und ermöglicht erst eine sinnvolle Abstraktion des Verbindungskontexts und damit eine erhöhte Benutzbarkeit.

Maneesh Agrawala und Chris Stolte [AS01] von der Stanford University stellen in dem dieser Arbeit zugrunde liegenden Paper „Rendering Effective Route Maps: Improving Usability Through Generalization“ kartographische Generalisierungstechniken für automatische Systeme vor, welche speziell zur Erhöhung der Benutzbarkeit entworfen worden sind. Außerdem beschreiben sie die algorithmische Implementierung dieser Techniken für das System LineDrive.

Mit Hilfe dieses Systems soll eine automatische Generierung von kontextbezogenen Karten ähnlich einer Handskizze möglich sein, welche essentielle Informationen hervorhebt und weniger wichtige vernachlässigt.

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit werden die verwendeten Techniken von Agrawala und Stolte sowie das System LineDrive und dessen Implementierung vorgestellt. Anschließend wird auf eine Internet-Benutzerstudie des Systems LineDrive näher eingegangen und diskutiert.

## 2 Benutzbarkeit von Karten

Der Anspruch an eine benutzerfreundliche Karte ist im Allgemeinen, dass sie den Anwender in seinem jeweiligen Benutzungskontext bei der Erfüllung seiner Aufgabe effektiv und effizient unterstützt. Dabei müssen die dargebotenen Informationen dem Betrachter in Quantität, Qualität und Form eine leichte, zielgerichtete und unmissverständliche Verarbeitung ermöglichen.

Um diese Kriterien nachprüfen zu können, muss zuerst geklärt werden, welche Informationen für den Menschen zur Navigation überhaupt notwendig oder dienlich sind. Eine allgemein angesehene Theorie aus der kognitiven Psychologie besagt, dass Menschen Straßen als Sequenzen von Abzweigungen speichern.

Diese Theorie ist nahe liegend, wenn man sich die Situation einer verbalen Straßenbeschreibung näher betrachtet. Zumeist wird eine Route durch eine Anzahl von Richtungen und entsprechenden Straßennamen beschrieben – „zuerst rechts abbiegen in die Schloßallee, dann links in die Bahnhofstraße und schlussendlich geradeaus bis zum Ziel“. Zusätzliche Informationen, wie Distanzen, Querstraßen, Brücken, Bauten, Bahngleise oder Autobahnauffahrten, können zur Verbesserung der Orientierung beitragen, sind aber nicht zwingend zur Navigation nötig.

Des Weiteren ist nicht nur die Art der Informationen, sondern auch die Darbietung für die Benutzbarkeit von Bedeutung. Handelsübliche Straßenkarten werden im Großformat mit Mehrfachfaltung angeboten und müssen vom Betrachter ausgefaltet und entsprechend rotiert oder wieder gefaltet werden. Dieser für einen Beifahrer schon anspruchsvolle Vorgang, ist für eine fahrende Person nicht ohne beachtlichen Verlust der Aufmerksamkeit für den Straßenverkehr zu vollziehen. Daher sollte eine Karte nicht nur klar und einfach zu verstehen sein, sondern auch eine Form besitzen, die ein einfaches Handling ermöglicht.

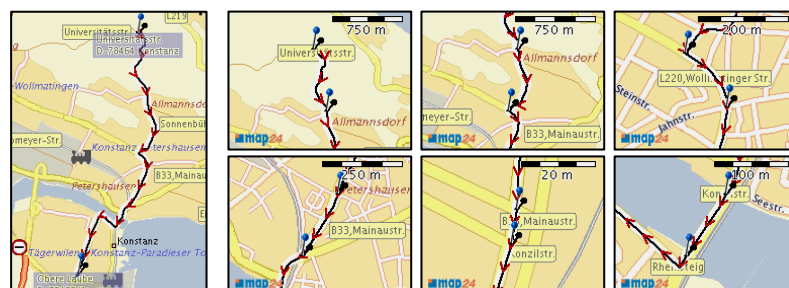
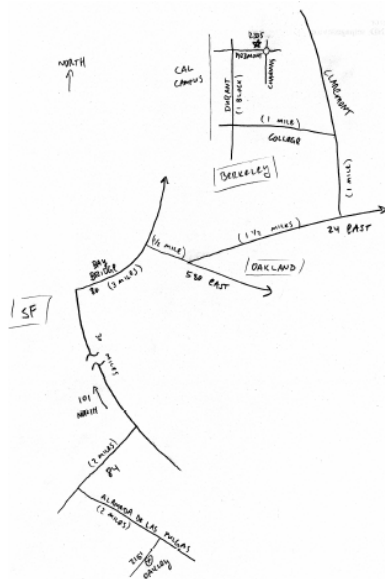


Abbildung 2.1: Routingplan Universität Konstanz – Obere Laube.  
Links Gesamtübersicht, rechts Abschnittskarten, [Map24].

Ein Ansatz zur Lösung des Handhabungsproblems wird von den vielen Online Mapping Systemen dargeboten. Dabei werden mehrere kleine Karten mit unterschiedlichen, aber in sich einheitlichen Skalierungsfaktoren und verschiedenen Orientierungen zur Darstellung von einzelnen Routenabschnitten verwendet (siehe Abbildung 2.1).

Diese sind an sich leichter zu handeln, erschweren aber nun die Gesamtübersicht über die Route und die Zusammenhänge der einzelnen Strecken- beziehungsweise Kartenabschnitte.



Ein anderer Ansatz findet in den bereits erwähnten Handskizzen, wie zum Beispiel Abbildung 2.2, Verwendung. Hierbei werden die Längen der Routen, die Winkel der Abzweigungen und die Form der Straßenverläufe derart verändert, dass eine klare und einfache Darstellung im handhabbaren Format möglich wird.

Der Umfang der Verzerrungen ist aber dahingehend beschränkt, dass die Übereinstimmung des Gesamteindrucks des Straßenverlaufs mit der Realität immer noch gewährleistet werden kann.

So sollen trotz des variablen Skalierungsfaktors kürzere Strecken kürzer als längere erscheinen.

Abbildung 2.2: Handskizze [Agra01].

Des Weiteren werden Informationen ohne direkten Bezug zur gewünschten Route ausgelassen, wodurch der Informationsgehalt auf das Essentielle reduziert wird.



### 3 LineDrive – Abstraktionsansatz

Maneesh Agrawala und Chris Stolte entwickelten an der Stanford University das System LineDrive, welches zur Laufzeit Verbindungskarten herstellt. LineDrive unterscheidet sich gegenüber üblichen Online Mapping Systemen dahingehend, dass Generalisierungstechniken ähnlich denen von Handskizzen verwendet werden, um daraus eine höhere Benutzbarkeit zu gewinnen (siehe Abbildung 1.2 rechts und Abbildung 3.2).

Durch die Generalisierung und damit Veränderung von Parametern wie Form, Position, Winkel und Länge scheint der Raum an Darstellungsmöglichkeiten fast unbegrenzt. LineDrive schränkt sich daher, wie in Abbildung 3.1 zu sehen, auf fünf Berechnungsstufen – Formvereinfachung, Straßenlayout, Beschriftungslayout, Kontextlayout und Dekoration – bei der Visualisierungsgenerierung ein.

Die geographischen Basisdaten zur Kartengenerierung sind in einer Datenbank mit Längen- und Breitengrad gespeichert. Bei der Eingabe von einem gewünschten Start- und Zielpunkt berechnet der Routing Finding Service auf der Datenbasis eine Sequenz von Straßen entsprechend der gewünschten Verbindung. Die Straßen sind als lineare Kurven, definiert durch Sequenzen von Längen- und Breitenwerten, gespeichert.

Diese Daten werden dem Image Size Oracle übergeben, welches auf Grund des geschätzten Verlaufs der Straßensequenzen (zum Beispiel Nord-Süd) und der schlussendlichen Ausgabegröße am Ausgabegerät, wie Display oder Drucker, eine Kartengröße bestimmt, welche diesen Einflussgrößen in Höhe, Breite und Orientierung möglichst gerecht werden soll.

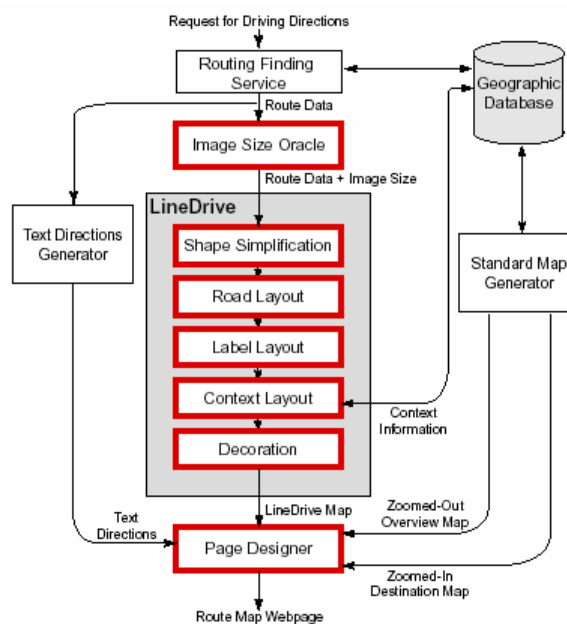


Abbildung 3.1: LineDrive System Blockdiagramm, Boxen repräsentieren Berechnungsstufen, Pfeile entsprechen dem Datenfluss [Agra01].

Die erste Stufe der Berechnung des Kartenlayouts durch LineDrive ist die Formvereinfachung, welche überflüssige Details im Verlauf einer Straße entfernt.

Die nächsten drei Stufen – Straßenlayout, Beschriftungslayout, Kontextlayout – bedienen sich eines Suchalgorithmus, um ein annähernd optimales Layout aus der Menge der Möglichkeiten herauszufinden. Dieser verändert die Parameter des Layouts in definierten Grenzen zufällig und bewertet das Ergebnis. Der Vorgang wird inkrementell solange durchgeführt, bis eine zufrieden stellende Anordnung der Straßen, Beschriftungen oder des Kontextes gefunden wurde.

Die Berechnungsstufe Dekoration erweitert die Visualisierung durch zusätzliche Hilfsinformationen, wie Straßenerweiterungen, Abzweigungsmarkierungen und dem Orientierungspfeil, zur Anzeige der Himmelsrichtung relativ zur Ausrichtung der Route.

Das aus diesen fünf Berechnungsstufen resultierende Kartendesign wird dem Page Designer zur Anzeige und Integrierung in die jeweilige Onlineumgebung übergeben.

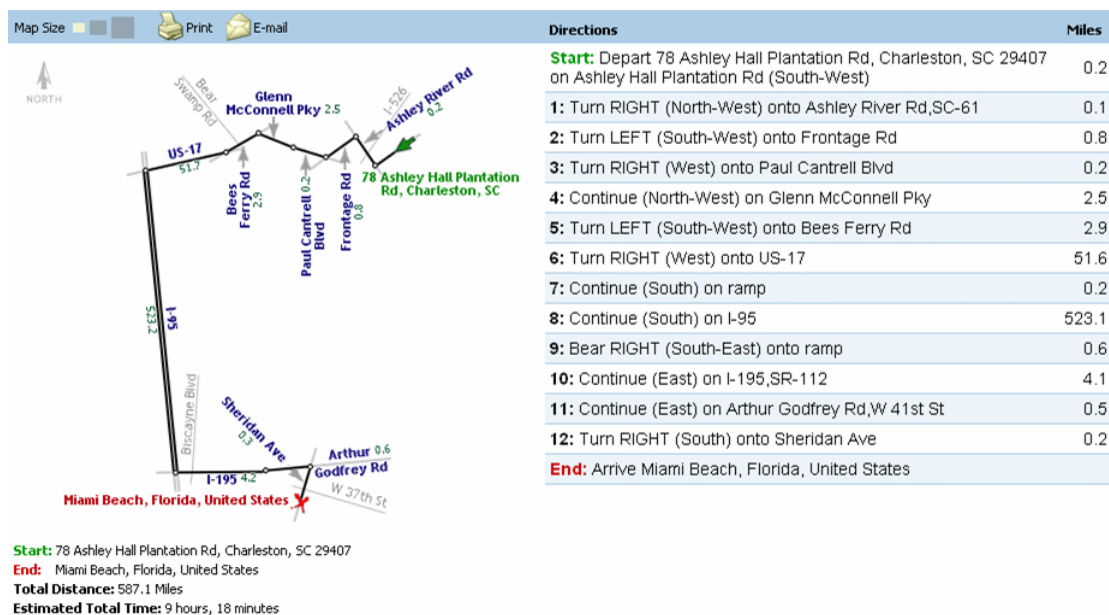


Abbildung 3.2: Straßenroute von Charleston nach Miami Beach mit Routenbeschreibung, generiert von LineDrive, integriert in den MSN-Service [Mapb04].

### 3.1 Abstraktion des Straßenverlaufs

Obwohl jede Straße entlang einer gewünschten Route als detaillierte lineare Kurve spezifiziert ist, benötigt der Navigierende nicht unbedingt den exakten Straßenverlauf um der Straße zu folgen. Es ist sogar von Vorteil diesen Verlauf zu glätten und zu abstrahieren, da dadurch klarere geometrische Gebilde entstehen, die eine einfachere kognitive Verarbeitung ermöglichen.

Weiterhin können so die verschiedenen Straßen besser von einander unterschieden werden, was eine Betonung von Abzweigungen zur Folge hat. Insgesamt führt somit eine Abstraktion des Straßenverlaufs zu einer Reduzierung von vernachlässigbaren Informationen und zur Verdeutlichung von essentiellen Daten im Benutzungskontext (siehe Abbildung 3.3).

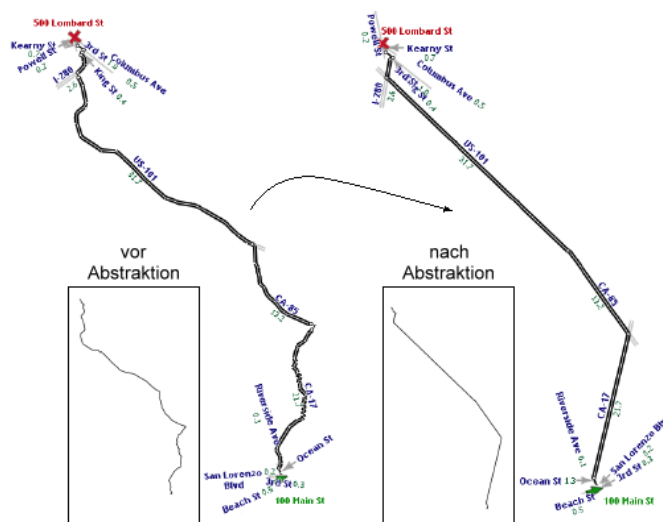


Abbildung 3.3: Links normaler und rechts abstrahierter Straßenverlauf.

Bei LineDrive werden alle wichtigen Definitionspunkte einer Straße als nicht entfernbar markiert. Dies sind Anfangs- und Endpunkte, sowie weitere Punkte, die den Gesamteindruck des Verlaufs gewährleisten. Diese werden dann direkt verbunden, alle restlichen Punkte einfach entfernt.

Bei diesem Vorgang können drei Problem auftreten:

- Es können falsche Überschneidungen mit anderen Routen entstehen.
- Es können Überschneidungen fehlen.
- Es können inkonsistente Abzweigungsrichtungen aus der Abstrahierung resultieren.

Zur Vermeidung dieser Artefakte wird ebenso wie die Endpunkte auch jede wirkliche Überschneidung als nicht entfernbar markiert, sowie das Entfernen von Punkten nur dann erlaubt, wenn dadurch nicht eine neue Überschneidung entsteht, die nicht in der Liste der wirklichen Überschneidungen schon registriert wurde.

Schlussendlich werden alle Abschnitte des Verlaufs darauf überprüft, ob eine inkonsistente Abzweigungsrichtung durch die Abstraktion aufgetreten ist.

## 3.2 Annähernde Layoutsuche

Beim manuellen Entwurf einer Karte steht der Designer vor der Aufgabe, viele Elemente möglichst so auf einer begrenzten Fläche anzuordnen, dass der Betrachter den Informationsgehalt schnell und richtig interpretieren kann. Hierbei sind oft komplexe Entscheidungen und zwiespältige Kompromisse zu treffen. Zum Beispiel können sich Elemente überschneiden oder stehen in Relation zu anderen und haben dadurch nur einen begrenzten Spielraum für die Positionierung.

Die Automatisierung dieses nicht trivialen Problems kann durch eine Suche vollzogen werden. Dabei wird das Layout über den Raum von möglichen Layouts durch inkrementelle Suche und Bewertung der Treffer zu einem optimalen Layout angenähert, wie im folgenden Pseudocode beschrieben.

### **procedure SimAnneal()**

```
1 InitializeLayout()
2  $E \leftarrow \text{ScoreLayout}()$ 
3 while( ! termination condition)
4   PerturbLayout()
5    $newE \leftarrow \text{ScoreLayout}()$ 
6   if( $(newE > E)$  and (  $\text{Random}() < ( 1.0 - e^{-\Delta E/T} )$  )))
7     RevertLayout()
8   else
9      $E \leftarrow newE$ 
10  Decrease(  $T$  )
```

Anfangs wird ein Ausgangslayout initialisiert, von dem die Suche ausgeht und dessen Bewertungsergebnis als erster Richtwert für die folgenden Treffer definiert wird. Die Bewertungsrichtlinien der Layouts sind hierbei für die Güte des finalen Ergebnisses sehr entscheidend. Es werden durch die Funktion `ScoreLayout()` je nach Art der Layouts „Strafpunkte“ für Übertretungen von Toleranzen oder ungewünschten Abweichungen vergeben, wodurch eine Minimierung des Scores angestrebt wird.

Anschließend wird bis zum Erreichen der Abbruchbedingung das gerade aktuelle Layout durch die Funktion `PerturbLayout()` in gewissen Grenzen zufällig verändert. Erhält das dadurch gewonnene neue Layout weniger Strafpunkte wie das bisherige, wird dieses übernommen und als Basis für die weiteren Durchgänge verwendet. Ansonsten wird es verworfen und das bisherige nochmals verändert.

Mit einer inkrementell abnehmenden Wahrscheinlichkeit werden auch schlechte Ergebnisse als Basis übernommen um lokale Minima in der Bewertung zu umgehen.

### 3.3 Straßenlayout

Beim Straßenlayout werden die Routen derart in Länge und Orientierung verändert, so dass zwingend alle zu befahrenden Straßen sichtbar sind und die Karte eine bestimmte Größe nicht überschreitet. Bei dieser Manipulation muss das Auftreten von Seiteneffekten, wie falsche oder fehlende Überschneidungen, verhindert oder zumindest eingeschränkt werden.

Der Layoutentwurf wird durch die im Absatz 3.2 vorgestellte Suche bewerkstelligt. Für das Ausgangslayout wird zuerst ein einheitlicher Skalierungsfaktor für die Route gewählt, so dass alle Straßen sich innerhalb des durch die Größe der finalen Karte limitierten Bereichs befinden. Anschließend werden alle Straßen, die eine Mindestlänge unterschreiten auf eben diese ausgedehnt. Auf Grund dieser Veränderung können nun einzelne Straßen aus dem Bereich herausragen. Daher wird das Layout nochmalig auf den festgesetzten Bereich skaliert.

Zur Manipulation des Layouts innerhalb der Funktion `PerturbLayout` wird eine zufällig ausgewählte Straße in ihrer Länge um bis zu  $\pm 20\%$  oder in ihrer Orientierung um bis zu 5 Grad verändert. Anschließend wird wiederum das daraus resultierende neue Layout auf die spezifizierte Größe skaliert. Layouts mit inkonsistenten Abzweigungsrichtungen werden verworfen und daher aus dem Lösungsraum entnommen. Andere Abweichungen in Länge, Form und Ausrichtung der Visualisierungen der Straßen mit der Realität oder falsche beziehungsweise fehlende Überschneidungen werden durch die Bewertungsfunktion bestraft und somit eingeschränkt.

### 3.4 Beschriftungslayout

Zur besseren Bestimmung der einzelnen Straßen durch den Betrachter werden diese beschriftet. Die Beschriftungen weisen durch ihre Nähe zum Visualisierungsobjekt oder durch einen Pfeil auf ihre Zugehörigkeit hin. Durch Position, Darstellung und Form ergeben sich eine Vielzahl von Beschriftungs- und Positionierungsmöglichkeiten, welche unterschiedliche Platzbedürfnisse, aber auch unterschiedliche Klarheit in Bezug auf die Identifizierung durch den Betrachter besitzen. In Abbildung 3.4 werden beispielhaft Beschriftungsmöglichkeiten aufgezeigt.

Für das Initiallayout bei der Layoutsuche (Absatz 3.2) werden verschiedene Möglichkeiten für jede Beschriftung festgelegt und Wertigkeiten zugeordnet. Zuerst wird jede Beschriftung an der zentralsten Stelle mit der höchst gewerteten Darstellung positioniert. Im weiteren Verlauf der Suche wählt die Funktion `PerturbLayout()` in Bezug auf die Beschriftung eine zufällig aus und manipuliert deren Position und Darstellung. Zur Bewertung des Layouts werden Überschneidungen mit anderen Objekten auf der Karte, die Nähe der Beschriftung zum dazugehörigen Objekt und die Art der Darstellung bemessen.

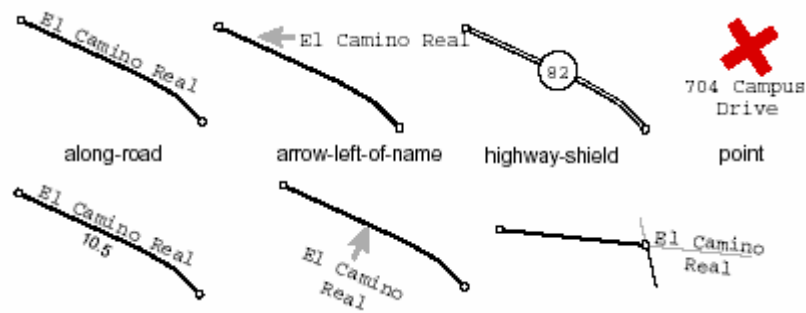


Abbildung 3.4: Verschiedene Beschriftungsmöglichkeiten von Straßen [AS01].

### 3.5 Kontextlayout

Kontextinformationen sind Daten, die nicht zwingend zur Navigation erforderlich sind, aber die Benutzbarkeit einer Karte erhöhen können. Dies sind zum einen Kennzeichnungen von Querstraßen und zum anderen herausragende Gegebenheiten entlang des Routenverlaufs, wie Bauten oder Autobahnausfahrten. Solange die Beschriftungen von den Kontextobjekten keine anderen Objekte überschneiden, werden diese angezeigt. Überschneiden sich die Kontextobjekte selber mit anderen Objekten, kann dies akzeptiert werden, da ihre Visualisierung durch Form und Farbe eher unscheinbar gestaltet ist. Die Layoutsuche für die Kontextdarstellung wird analog zu der der Beschriftung durchgeführt.

### 3.6 Dekoration

Als letzte Berechnungsstufe von LineDrive werden noch Dekorationselemente hinzugefügt, die, ebenso wie die Kontextinformationen, die Benutzbarkeit der Karte weiterhin erhöhen sollen. So werden die Straßen über die Abzweigungspunkte hinaus in einem hellen Grau verlängert, jeder Abzweigungspunkt durch einen speziellen Punkt gekennzeichnet, die Straßen je nach Art, zum Beispiel Landstraße oder Autobahn, dargestellt und schlussendlich noch der Orientierungspfeil zur Identifikation der Himmelsrichtungen eingefügt.

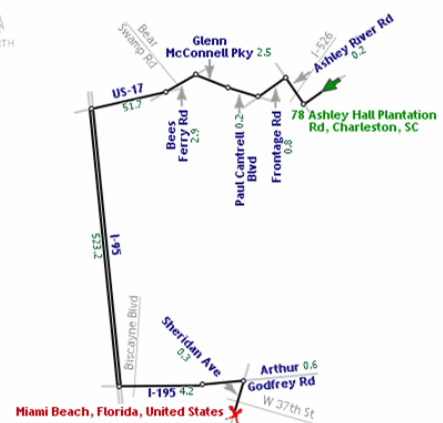


Abbildung 3.5: LineDrive Route mit Dekorationselementen.

## 4 Evaluation

Das System LineDrive wurde auf zwei Arten in einer Beta-Version, welche noch nicht die volle Darstellung von Kontextinformationen unterstützte, evaluiert. Zum einen wurde ein rein technischer Performancetest ohne Benutzerbeteiligung zur Ergebnisevaluierung durchgeführt, und zum anderen die Beta-Version zwischen Oktober 2000 und März 2001 in den MSN-Service [www.mapblast.com](http://www.mapblast.com) als Option integriert und online gestellt. Hierbei hatten die Anwender die Möglichkeit freiwillig Feedback hinsichtlich des neuen MSN-Features LineDrive abzugeben.

Bei ersterem Test wurden 7727 Routen, die an einem bestimmten Tag über [www.mapblast.com](http://www.mapblast.com) angefragt wurden, beispielhaft genommen und als Input verwendet. Die Testrouten zeigten eine mittlere Distanz von 52,5 Miles und eine durchschnittliche Anzahl von 13 Abzweigungen auf. Für die Evaluierung wurden die gleichen Anfragen zweimal berechnet – einmal sollte eine Webseite mit einem 600 x 400 Pixel großen Bild, zum anderen ein nur in der Breite auf 160 Pixel eingeschränktes Bild für einen handelsüblichen PDA entstehen. Gemessen wurden die Berechnungszeit und die generierten Fehler, wie zu kurze Straßen, Überlappungen und falsche oder fehlende Überschneidungen.

Die Berechnungszeit hingte stark von der Anzahl von darzustellenden Objekten ab und ergab im Mittel für den Web-Test 0.7 und für den PDA 0.8 Sekunden. Jedoch wurden auch Ausreißer mit rund 13 Sekunden bei über 100 zu berechnenden Straßen festgestellt.

Durch die vorgegebenen Randbedingungen, wie den limitierten Platz und die Anzahl von darzustellenden Objekten, konnte die gänzliche Vermeidung von Layoutfehlern auch im Optimalfall nicht erreicht, sondern musste ein guter Kompromiss gefunden werden. In nur wenigen Fällen konnte LineDrive kein annähernd optimales Layout finden. Die nach Art aufgeschlüsselten Fehlerquoten können aus der nachfolgenden Tabelle aus [AS01] entnommen werden. Leider geben Agrawala und Stolte in ihren Ausführungen keine differenzierteren Auskünfte über die Quote der vermeidbaren und unumgänglichen Fehler an.

Performance Statistics	(7727 routes)			
	Web		PDA	
Median Time		0.7s		0.8s
Short Roads (< 10 px)	415	5.4%	430	5.6%
False Intersection	25	0.3%	23	0.3%
Missing Intersection	15	0.2%	14	0.2%
Label-Label Overlaps	37	0.5%	289	3.7%
Label-Road Intersections	901	11.7%	2096	27.1%

Beim zweiten Test wurden auf der MSN-Webseite [www.mapblast.com](http://www.mapblast.com) über 150.000 Routen von realen Benutzern mittels LineDrive berechnet, wobei circa 2200 Anwender ein Onlineformular ausfüllten und zu zwei Frage mit jeweils drei Antwortmöglichkeiten Stellung nahmen. Persönliche Angaben zu den Anwendern wurden nicht gesammelt, wodurch keine gültigen Schlüsse bezüglich der Repräsentativität der Evaluierung gezogen werden können.

Die Ergebnisse zeigen auf, dass 43.5% der Testanwender LineDrive zusätzlich zu Standardtools und knapp mehr als die Hälfte als Ersatz verwenden würden. Nur 0.9% lehnten LineDrive ab. Auch die Gesamteinschätzung des Tools an sich fiel sehr positiv aus, wie in der unten angeführten Tabelle zu sehen ist.

Der hauptsächlich festgestellte Mangel von LineDrive generierten Karten stellte sich beim Verlassen der vorher berechneten Route ein, da von LineDrive abseits dieser keine Informationen mehr angeboten werden und der Anwender nun auf andere Mittel oder seine Intuition zurückgreifen muss. Agrawala und Stolte weisen aber ausdrücklich darauf hin, dass dieses System eher für kurze Strecken unter 100 Miles und für Regionen, die dem Navigierenden nicht gänzlich unbekannt sind, entworfen wurde.

Inwieweit die Feedbackgebenden Anwender die generierten Karten auch tatsächlich praktisch genutzt haben und ob sich vielleicht daraus Änderungen hinsichtlich der Aussagen ergaben, bleibt unklar.

Leider gibt auch die zweite Evaluierung keine tieferen Details preis und kann allenfalls Tendenzen aufzeigen.

<b>User Feedback</b>		(2242 responses)
Would you use LineDrive maps in the future?		
1246	55.6%	Yes, I would use them instead of standard driving directions.
976	43.5%	Yes, I would use them along with standard driving directions.
20	0.9%	No thanks, I'll stick with standard driving directions.
How would you rate this feature?		
1787	79.7%	It's a blast.
253	11.3%	Just fine.
202	9.0%	Needs some work ...



## 5 Schlussfolgerung und Ausblick

Maneesh Agrawala und Chris Stolte [AS01] stellen mit LineDrive ein System vor, welches automatisch handskizzenähnliche Verbindungskarten generieren kann. Hierbei werden Generalisierungstechniken verwendet, die die Benutzerfreundlichkeit der Karten wesentlich verbessern sollen.

Die durchgeführten Evaluierungen konnten zumindest zeigen, dass die Anwender durchaus den Bedarf und ein Interesse an dieser Art der Darstellung haben. Auch scheint das System LineDrive in dieser Hinsicht durchaus gelungen. Leider kann dies durch die Art der Evaluierung nicht gültig gefolgert werden.

Eine erneute Evaluierung mit einer repräsentativen Benutzergruppe im praktischen Einsatz sollte daher angestrebt werden. Hierbei wäre ein Vergleich von Standardkarten, LineDrive-Karten und die Kombination aus beiden sicher sehr aufschlussreich.

Im Bezug auf den Einsatz von LineDrive in Deutschland könnte eine verstärkte Anzeige von Städtenamen von Vorteil sein, da diese vor allem bei Autobahnfahrten hinsichtlich der Beschilderung oft eine höhere Präsenz in Deutschland aufweisen als Straßenbezeichnungen.

Des Weiteren wäre eine dynamische Variante von LineDrive für mobile Systeme, wie PDA oder Handy, sicher sinnvoll, wodurch auch das Problem des Informationsmangels beim Verlassen der berechneten Route entfallen würde.

## 6 Referenzen

### 6.1 Quellenverzeichnis

- [Agra01] Maneesh Agrawala, “Visualizing Route Maps”, Dissertation, Department of Computer Science, Stanford University, 2001.
- [AS00] Maneesh Agrawala, Chris Stolte, “A Design and Implementation for Effective Computer-Generated Route Maps”, Stanford University, AAAI Symposium, 2000.
- [AS01] Maneesh Agrawala, Chris Stolte, “Rendering Effective Route Maps: Improving Usability Through Generalization”, Stanford University, SIGGRAPH, 2001.
- [Mapb04] MSN Maps & Directions, <http://www.mapblast.com>, online am 30.03.2004.
- [Map24] Map24 Routing, <http://www.map24.de/>, online am 30.03.2004.

### 6.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1: London Underground, H.F. Stingmore 1927(links), Harry Beck 1953(rechts).....	4
Abbildung 1.2: Straßenroute von Washington DC nach Charleston SC. Links: generiert von einem Standard Online Mapping System. Rechts: gleiche Route generiert von LineDrive.....	5
Abbildung 2.1: Routingplan Universität Konstanz – Obere Laube. Links Gesamtübersicht, rechts Abschnittskarten, [Map24].....	7
Abbildung 2.2: Handskizze [Agra01]. .....	8
Abbildung 3.1: LineDrive System Blockdiagramm, Boxen repräsentieren Berechnungsstufen, Pfeile entsprechen dem Datenfluss [Agra01]. .....	9
Abbildung 3.2: Straßenroute von Charleston nach Miami Beach mit Routenbeschreibung, generiert von LineDrive, integriert in den MSN-Service [Mapb04]. .....	10
Abbildung 3.3: Links normaler und rechts abstrahierter Straßenverlauf. ....	11
Abbildung 3.4: Verschiedene Beschriftungsmöglichkeiten von Straßen [AS01]. ....	14
Abbildung 3.5: LineDrive Route mit Dekorationselementen.....	14