

# **Automatisch generierte Routenskizzen**

[M. Agrawala and C. Stolte, Rendering Effective Route Maps: Improving Usability Through Generalization, Stanford University]

Seminar: Visuelle Navigation, Universität Konstanz

Thomas Hagemann

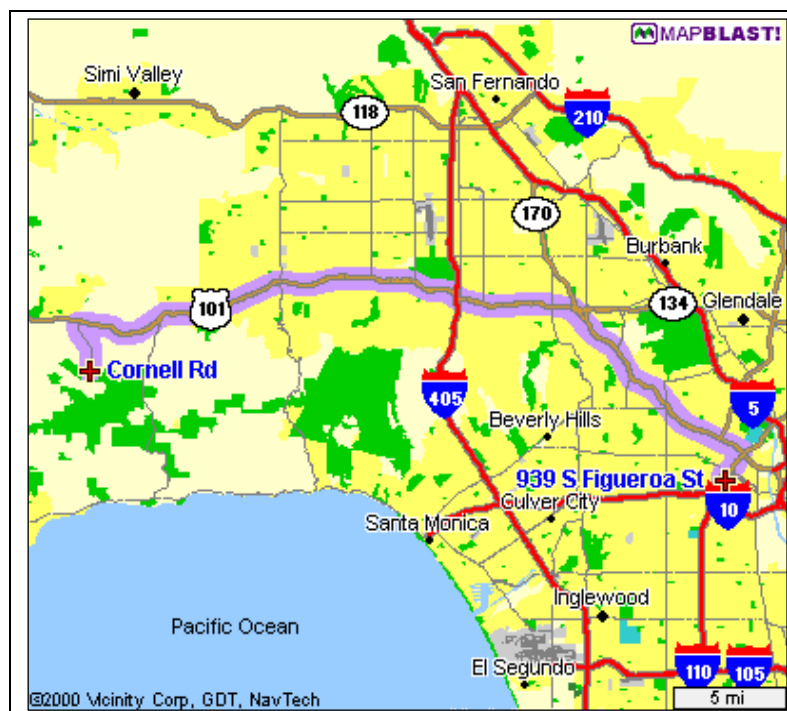
# Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung .....	3
1.1 Probleme dieser Ansätze .....	4
2 Generalisierungstechniken .....	6
3 LineDrive .....	7
3.1 Shape Simplification .....	8
3.2 Road Layout .....	10
3.3 Label Layout .....	14
3.4 Context Layout .....	15
3.5 Decoration .....	16
4 Navigation / Orientierung / Situation .....	17

# 1 Einleitung

Seit tausenden von Jahren benutzt der Mensch Karten, um seine Umgebung zu dokumentieren und sich zielsicher fortbewegen zu können. Egal ob zu Wasser, an Land oder in der Luft; Karten spielen bei der Navigation eine wichtige Rolle. So kann mit Hilfe von Karten nicht nur die eigene Position und die Zielposition bestimmt werden, sondern auch der Weg um diese zu erreichen. Die Qualität der Karten hat sich dabei im Laufe der Jahre stetig verbessert.

Nicht nur professionelle Transportunternehmen benutzen Karten um ihre Routen festzulegen, sondern auch der Normalbürger greift immer häufiger auf die im Internet bereitgestellten Routenberechnungssysteme zu, um sich auf neue Strecken vorzubereiten. Diese Routenberechnungssysteme stellen dabei eine textuelle Beschreibung sowie eine Karte, bei der der Weg zwischen Start und Ziel hervorgehoben wurde zur Verfügung.

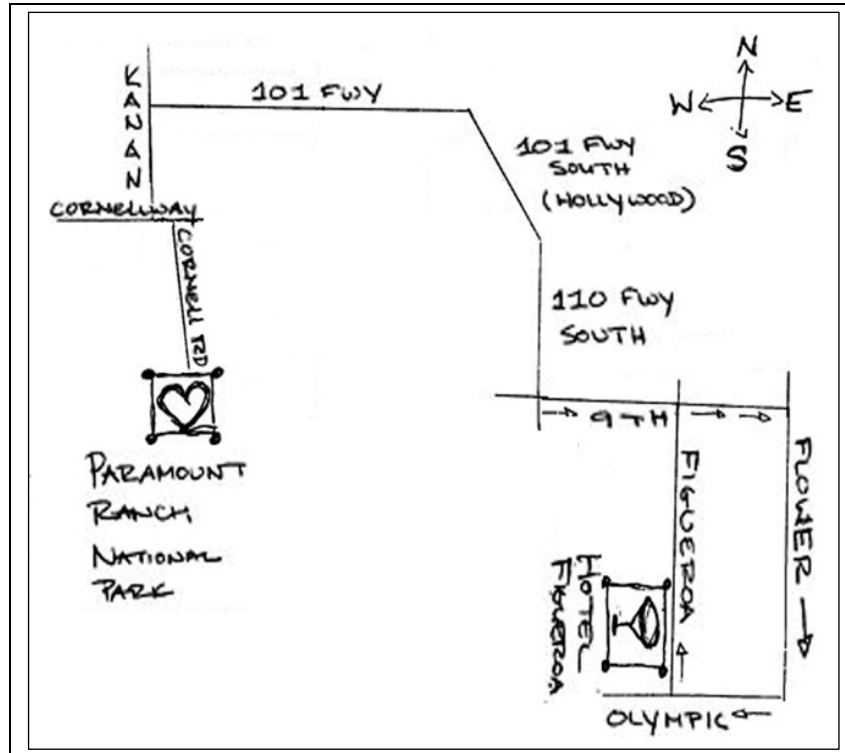


Landkarte mit hervorgehobener Wegstrecke:

Cornell Rd. → 939S. Figueroa St.

Mit Hilfe dieser Karten und Wegbeschreibungen kann der Fahrer nun zielsicher Strecken zurücklegen, welche er zuvor noch nicht kannte.

Neben der Wegbestimmung durch automatische Systeme ist eine weitere häufige Form einer Navigationshilfe, sich die Strecke von jemanden aufzeichnen zu lassen, der den Weg bereits kennt.



Handgezeichnete Karte der Wegstrecke:

Cornell Rd. → 939S. Figueroa St.

### 1.1 Probleme dieser Ansätze

Beide der obengenannten Möglichkeiten sich im Alltag Wegbeschreibungen zu besorgen, bieten sowohl Vor- als auch Nachteile.

Der große Vorteil von handgezeichneten Karten begründet sich auf der Einfachheit in der graphischen Repräsentation. Die manuell generierten Karten zeichnen sich vor allem dadurch aus, dass nur die für die Navigation wichtigen Informationen visualisiert werden.

Aber nicht nur das Ausblenden von Informationen erleichtert das Navigieren mit diesen Karten, sondern auch die Transformation der Route an sich. So sind nicht nur die Winkel in denen die Straßen zu einander stehen verändert worden, sondern auch die Länge und Form der einzelnen Straßen.

Die Veränderung der Winkel, Länge und Form der Straßen begründet sich darauf, dass für die Navigation hauptsächlich der Abbiegevorgang von einer Straße auf die Nächste wichtig ist. Die Vorteile der manuell erstellten Karte entsprechen den Nachteilen der automatisch erstellten Karten.

Bei den Routenberechnungssystemen werden für die Navigation unnötige Informationen eingeblendet, wie zum Beispiel Straßen die zwar in der Nähe der Route liegen, aber mit der Route an sich nicht in Verbindung stehen. Auch die Strecke an sich wird ungünstig dargestellt, da die Skalierung der Straßen einheitlich ist. So nehmen lange Autobahnstrecken viel Platz in Anspruch, obwohl hier wenige Abbiegevorgänge durchgeführt werden und die kürzeren Strecken innerhalb von Städten, bei denen in der Regel viele Richtungswechsel durchgeführt werden, werden nur relativ klein dargestellt.

Der Vorteil der automatischen Systeme liegt darin, dass sie im Gegensatz zu den manuellen Systemen ohne eine weitere Person, die Kenntnisse über die zurückzulegende Strecke verfügt, leicht zugänglich sind.

In der Arbeit von Agrawala und Stolte "Rendering Effective Route Maps: Improving Usability Through Generalization" wird ein System vorgestellt, welches die Vorteile der handgezeichneten Karte in ein automatisches System, namentlich „LineDrive“, integriert.

## 2 Generalisierungstechniken

Um eine Straßenkarte besser an den Navigationsprozess anzupassen, wird bei handgezeichneten Wegstrecken die Form der einzelnen Straßen generalisiert.

Das bedeutet, dass die Form vereinfacht und verdeutlicht wird, wobei dies sich nicht nur auf die Straßen, sondern auch auf die komplette Route bezieht.

Generalisierungen finden bei Länge, Winkel und Form statt.

- Länge

Einzelne Straßen werden entweder verkürzt oder verlängert. Diese unterschiedliche Skalierung der Straßen hat den Vorteil, dass jede Straße sichtbar wird bzw. bleibt. Zusätzlich kann man so die Karte auf einem begrenzten Raum skalieren.

- Winkel

Für die Orientierung ist die Winkelgröße nicht ausschlaggebend. Wichtig ist nur die Unterscheidung zwischen links und rechts. Daher kann der Winkel beliebig verändert werden, um eine bessere Übersichtlichkeit der Gesamtstrecke zu erreichen und die Abbiegungen hervorzuheben.

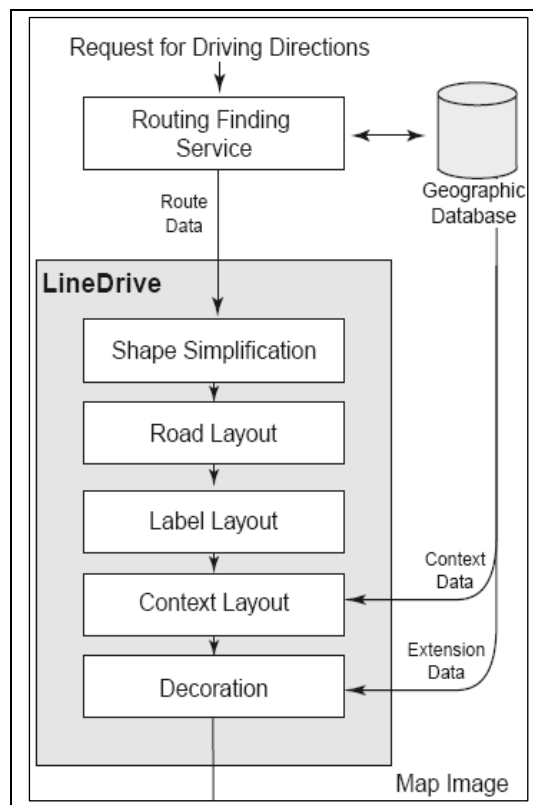
- Form

Die Form von einzelnen Straßen kann verändert werden, da sie meist für die Navigation unwichtig ist. Somit kann man durch eine Begradigung von Straßenverläufen das Augenmerk auf die Abbiegungsorte lenken.

### 3 LineDrive

Das LineDrive-System setzt auf einem herkömmlichen Streckenberechnungsservice und einer geographischen Datenbank auf. Diese liefern die Wegbeschreibung als eine Straßenfolge, wobei das Aussehen der Straßen über eine Sequenz von Formpunkten definiert wird.

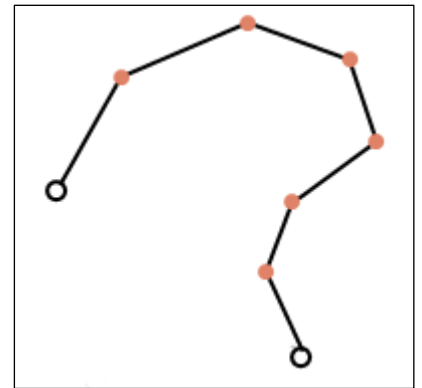
Auf diesen Inputdaten wird nun das LineDrive-System angewandt, um eine Karte mit den Charakteristika von handgezeichneten Karten zu erhalten.



LineDrive Rendering Pipeline

### 3.1 Shape Simplification

Der erste Schritt in der Rendering Pipeline des LineDrive-Systems besteht in der Vereinfachung der Straßenform. Wie bereits erwähnt, wird die Straße als eine Folge von Formpunkten beschrieben. Da für die Navigation der Verlauf einer Straße nicht erheblich ist, kann eine Straße in vereinfachter Form dargestellt werden. Im besten Fall wird somit eine Straße als Gerade visualisiert. Dies wird erreicht, indem man nach und nach Formpunkte zwischen dem Start- und Endpunkt der Straße löscht.



Allerdings kann man nicht jede Straße so leicht vereinfachen, da auch das Gesamterscheinungsbild der Route einen Einfluß auf die Lesbarkeit hat. So können durch Vereinfachung einer Straße folgende Fehler, welche zu Fehlinterpretation der Karte führen können, auftreten:

- Falsche Schnittpunkte (a)
- Fehlende Schnittpunkte (b)
- Falsche Richtungsänderungen (c)

original route	length	angle	shape
(a) false intersections			
(b) missing intersections			
	N/A		
(c) inconsistent turn direction			
			N/A
(d) overall route shape			

Fehlermöglichkeiten die durch Vereinfachung der Straßenform auftreten können.

Ein Problem ist, das bei der Vereinfachung der Straßenform zusätzliche Schnittpunkte erscheinen (a). Dies wird vermieden, indem geprüft wird, ob das Entfernen eines

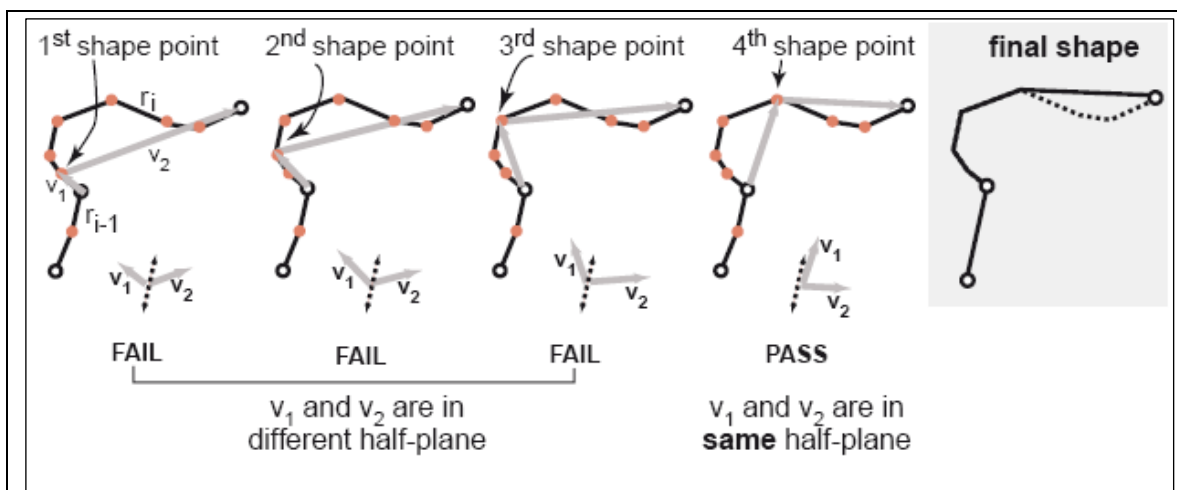
Formpunktes zur Entstehung eines neuen Schnittpunktes führt. Ist dies der Fall, wird der Punkt beibehalten.

Um das Problem der fehlenden Schnittpunkte (b) bei der Shape Simplification zu vermeiden, werden alle Schnittpunkte zwischen den Straßen auf Grundlage der unveränderten Formdaten der Straße berechnet. Diese Schnittpunkte werden zu den Formpunkten der entsprechenden Straßen hinzugefügt und als nicht entfernbar markiert. Somit werden durch die Vereinfachung der Form keine Schnittpunkte mehr fehlen.

Neben dem Fehlen oder Auftreten von Schnittpunkten ist die Änderung der Richtung beim Abbiegen (c) ein Fehler, der bei der Vereinfachung der Straßenform entstehen kann.

Um diesen jedoch zu vermeiden, wird anhand des letzten Segmentes der vorhergehenden Straße die Ebene in zwei Hälften aufgeteilt. Nun werden zwei Vektoren erstellt. Der erste Vektor wird zwischen dem Anfangspunkt der Straße und dem aktuell betrachteten Formpunkt aufgestellt und der zweite zwischen dem aktuell betrachteten Formpunkt und dem Endpunkt der Straße.

Die Formpunkte werden nun der Reihe nach betrachtet und sobald die beiden Vektoren auf der gleichen Halbebene liegen, findet keine Richtungsänderung mehr statt und erst ab jetzt werden die Formpunkte entfernt.



Vorgehensweise bei der Überprüfung, ob ein Straßensegment entfernbar ist oder nicht.







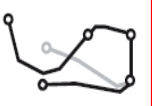




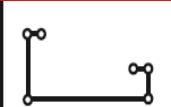
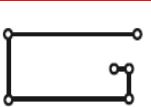
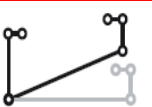
### 3.2 Road Layout

Wurden somit alle Straßen in ihrer Form vereinfacht, kann nun das Gesamtlayout der Strecke generiert werden.

Hierzu wird als erstes ein Anfangslayout initialisiert, indem eine Boundingbox um die gesamte Strecke gelegt wird und diese auf die Zielgröße skaliert wird. Als nächstes werden alle Straßen, deren Länge unter einem gewissen Schwellwert liegen, auf die Mindestlänge gesetzt. Nun wird wieder eine Boundingbox um die Strecke gelegt und nochmals auf die Zielgröße skaliert. Über eine score-Funktion wird jetzt das Layout bewertet.

Danach wird versucht das Layout iterativ zu verbessern, indem man in jedem Schritt das Layout leicht verändert, neu bewertet und vergleicht ob das Layout sich verbessert oder verschlechtert hat. Die Veränderung des Layouts in einem Schritt besteht in der zufälligen Auswahl einer Straße, dessen Länge um einen Faktor von 0.8 -1.2 oder dessen Winkel um  $\pm 5^\circ$  verändert wird. Auch hier wird danach wieder per Boundingbox auf die Zielgröße skaliert.

Diese Veränderungen am Layout führen wieder zu den Problemen, dass Schnittpunkte fehlen oder hinzukommen können oder das sich die Richtung beim Abbiegen ändert. Um Layouts, bei denen es zu diesen Fehlern kommt, zu vermeiden, gehen diese Fehler mit in die Bewertungsfunktion ein.

original route	length	angle	shape
			
(a) false intersections			
			
(b) missing intersections			
	N/A		
(c) inconsistent turn direction			
			N/A
(d) overall route shape			

Um die Veränderung der Straßenlänge ( $i$  Straßen) zu bewerten, wird von der Länge  $l_i$  der Straße  $r_i$  die Mindestlänge subtrahiert und dieser Wert durch die Mindestlänge geteilt. Das ganze wird nun noch quadriert und mit einem Gewicht  $W_{small}$  multipliziert, welches angibt, wie stark die Bewertung der Längenänderung in die Gesamtwertung des Layouts einfließen soll.

$$score(r_i) = ((l(r_i) - L_{min}) / L_{min})^2 * W_{small}$$

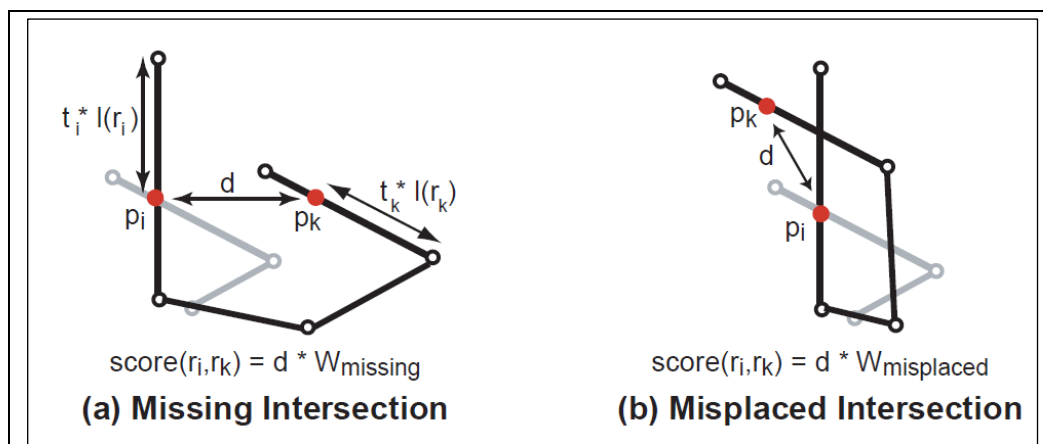
Um Streckenverhältnisse beizubehalten, d.h. kurze Straßen sollen auch weiterhin kürzer bleiben als lange und umgekehrt, werden auch diese bewertet. Hierzu werden die Straßen der Länge nach sortiert und falls sich diese Reihenfolge ändert, wird ein konstanter Wert zur score-Funktion addiert.

Eine Winkeländerung des Winkels  $\alpha$  zwischen zwei Straßen fließt in die score-Funktion wie folgt ein.

$$score(r_i) = |\alpha_{curr} - \alpha_{orig}| * W_{orient}$$

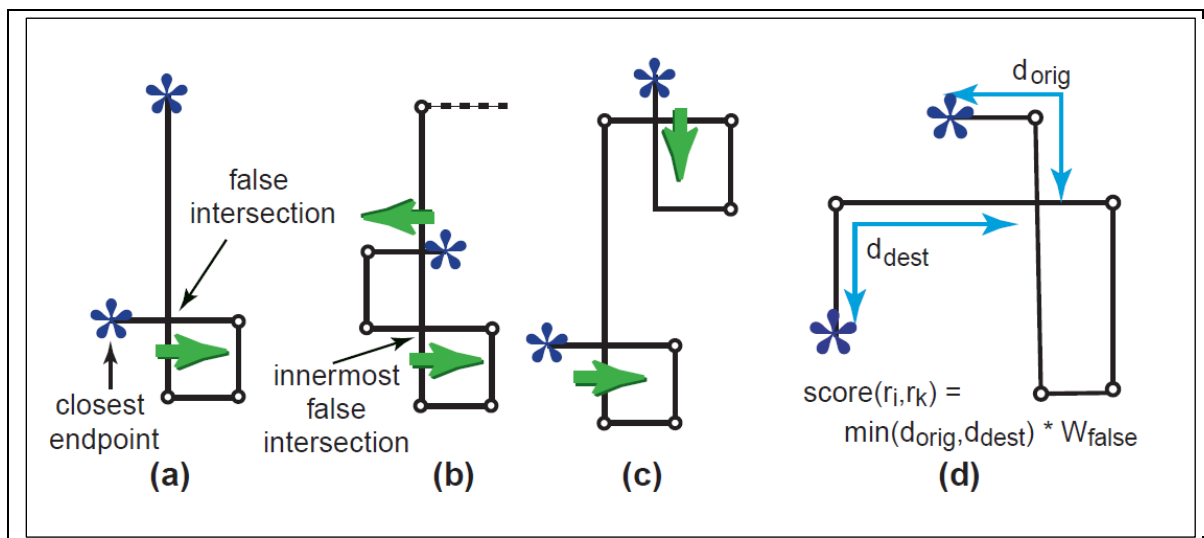
Wobei  $W_{orient}$  wieder ein Gewicht ist, welches angibt, wie stark die Winkeländerung in die Gesamtbewertung mit einfließen soll. Hier sieht man, dass, je weniger sich der Winkel verändert, desto besser (kleiner) ist der Wert der score-Funktion.

Wie bereits erwähnt, werden Schnittpunktfehler und Richtungsänderungen über einen höheren Wert in der Bewertungsfunktion zum Ausdruck gebracht. Dabei werden fehlende und fehl platzierte Schnittpunkte über den euklidischen Abstand zwischen den beiden Formpunkten, welche den Schnittpunkt markieren, bestimmt.

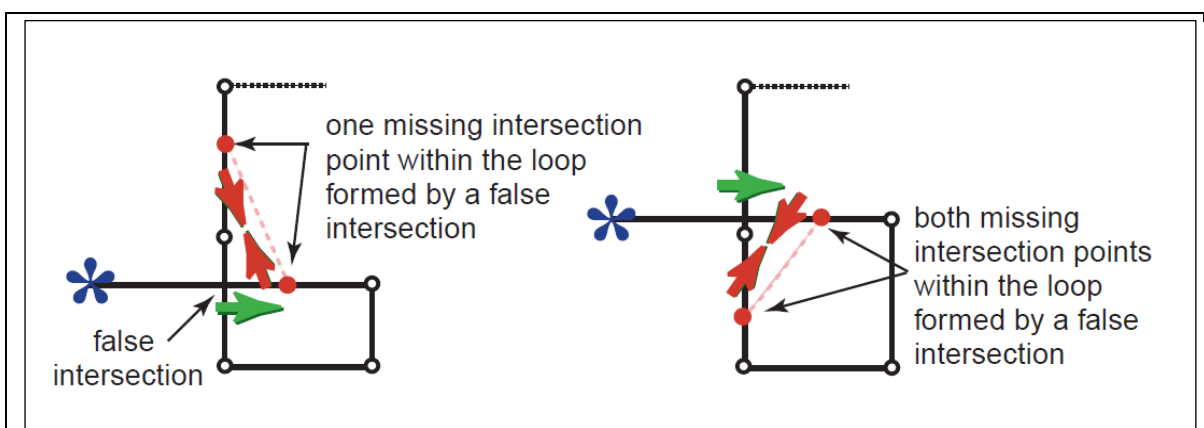


Die Bewertung von Schnittpunkten, die durch die Veränderung des Winkels oder der Länge einer Straße entstanden sind, werden über die kürzere der beiden Strecken vom neuen Schnittpunkt zum Route-Anfang oder Route-Ende bestimmt.

Ein falscher Schnittpunkt wird also aufgelöst, indem der kürzere Streckenteil hinter diesen Schnittpunkt (a) verschoben wird. Kommt es zu zwei neuen Schnittpunkten wird immer erst der innere aufgelöst (b) oder, falls möglich, beide gleichzeitig (c).

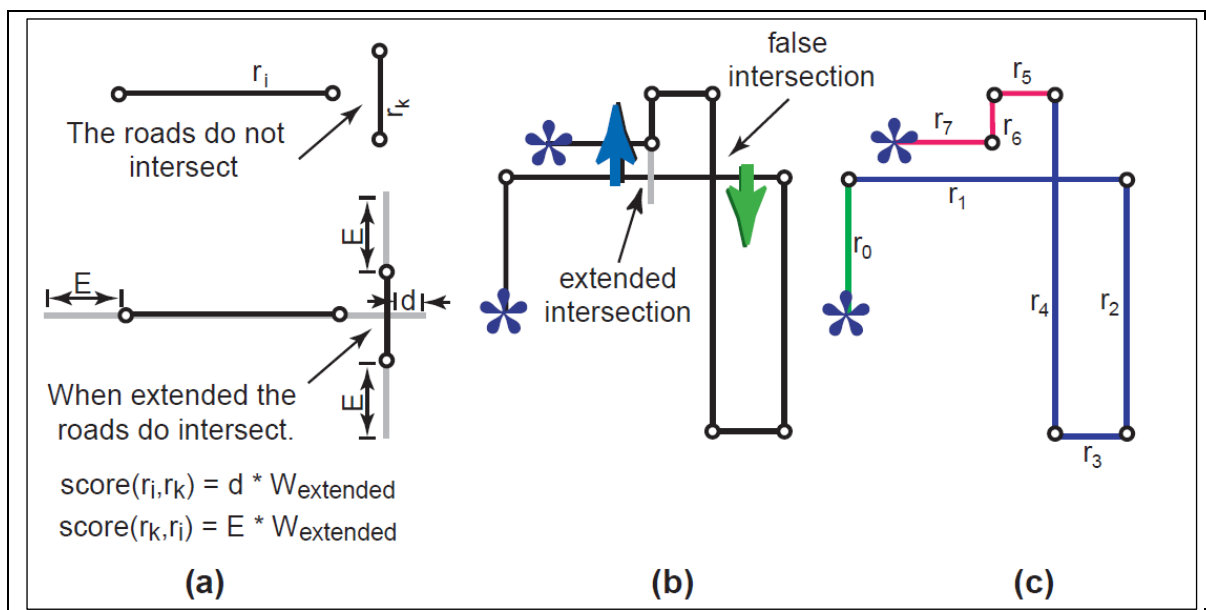


Ein besonders schwieriger Fall, der durch die Layoutmanipulation auftreten kann, liegt vor, wenn ein Schnittpunkt fehlt und gleichzeitig ein falscher Schnittpunkt auftritt. In diesen Fällen ziehen die Fehler das Layout in verschiedene Richtungen. Um auch dieses Problem handhaben zu können, wird der falsche Schnittpunkt als nicht so wichtig betrachtet, so dass sich der fehlende Schnittpunkt auflösen kann.



Neben den Längen- und Orientierungsänderungen und den Schnittpunktfehlern kann noch ein weiteres Problem betrachtet und bewertet werden: die erweiterten Schnittpunktfehler.

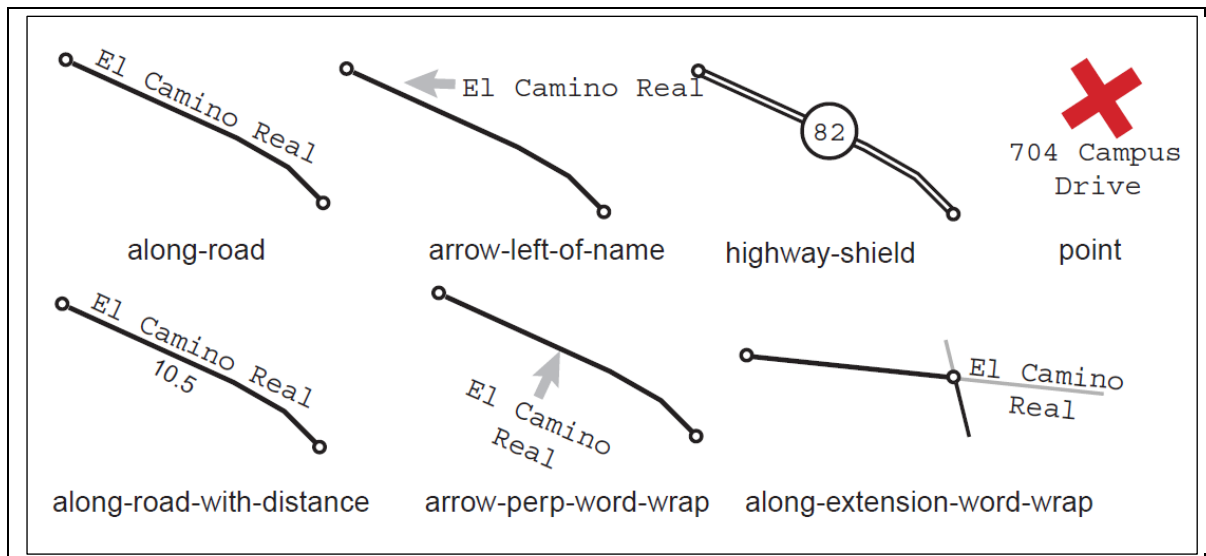
Auf kleinen Flächen kann es zu Fehlinterpretationen der Karte kommen, wenn zwei Straßen zu nah an einander sind. So entsteht der Eindruck, als ob sich Straßen berühren, welche keinen Schnittpunkt miteinander haben. Die Bewertung dieser Fehler wird vorgenommen, indem jede Straße um einen festgelegten Wert  $E$  verlängert wird und geschaut wird, ob innerhalb dieser Verlängerung ein Schnittpunkt vorkommt. Die Verlängerung der Straße fließt nur in die Schnittpunktberechnung ein, nicht aber in die graphische Wiedergabe.



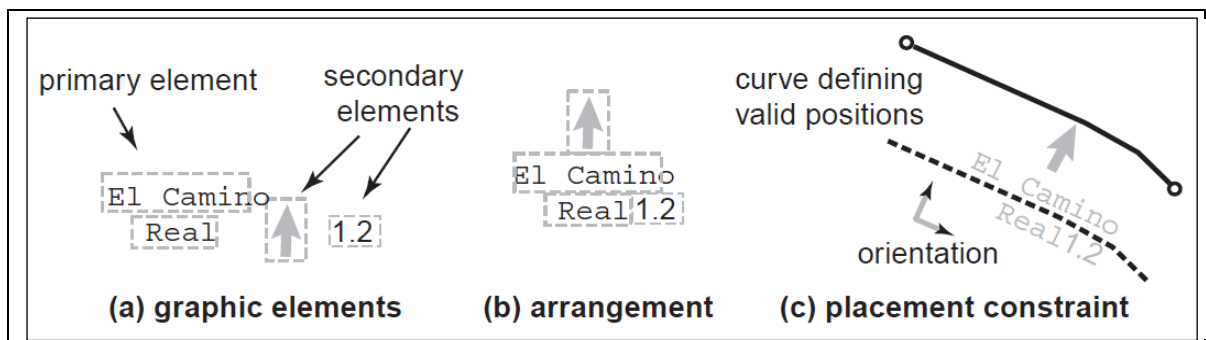
Sind so alle Änderungen in der Bewertung berücksichtigt, wird in jedem Schritt das Layout mit dem kleineren Wert ausgewählt und weiter optimiert.

### 3.3 Label Layout

Nachdem nun ein optimiertes Layout der Wegstrecke gefunden ist, kann man die Straßen mit Label versehen, wobei es verschiedenen Labelstyles gibt. Je nach Platz und nach Art der Straße können verschiedene Labelstyles verwendet werden.



Dabei besteht jeder Labelstyle aus drei Teilen. Den Graphischen Elementen, ihrer Anordnung und Position & Orientierung.

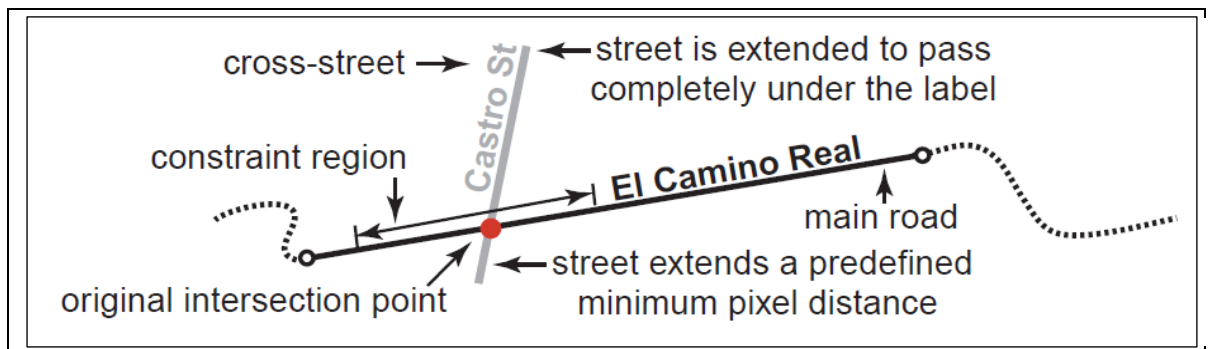


Auch bei der Auswahl der Label wird iterativ vorgegangen. In jedem Schritt werden für die Straßen Label mit zufällig gewähltem Labelstyle und Position ausgewählt und bewertet. Die Bewertung berücksichtigt dabei, ob das Label irgendwelche anderen Objekte schneidet, die Distanz zwischen dem Label und dem zu beschreibenden Objekt, sowie die Kompatibilität zwischen der Art des Objektes und des Labelstyles.

### 3.4 Context Layout

Sind jetzt auch die Straßennamen alle in der Karte vorhanden, können weitere Informationen zur Verfügung gestellt werden.

Für große Straßen kann zum Beispiel die letzte große Kreuzung der Straße eingezeichnet werden, so dass der Navigator weiss, dass, wenn er bei dieser Kreuzung angekommen ist, er bald abbiegen muss.



Auch in diesem Fall wird die Anzeige der Kontextinformationen wieder bewertet. Es wird die Entfernung der Kreuzung zum nächsten Abbiegungsort betrachtet, sowie die Anzahl der anderen Objekte, die diese neue Straße schneidet. Auch das Label der neuen Straße fließt in die Bewertung mit ein. Zusätzlich werden Layouts, bei denen diese neuen Straßen nicht angezeigt werden, mittels eines Wertes, der proportional zur ihrer Wichtigkeit ist, bestraft.

### 3.5 Decoration

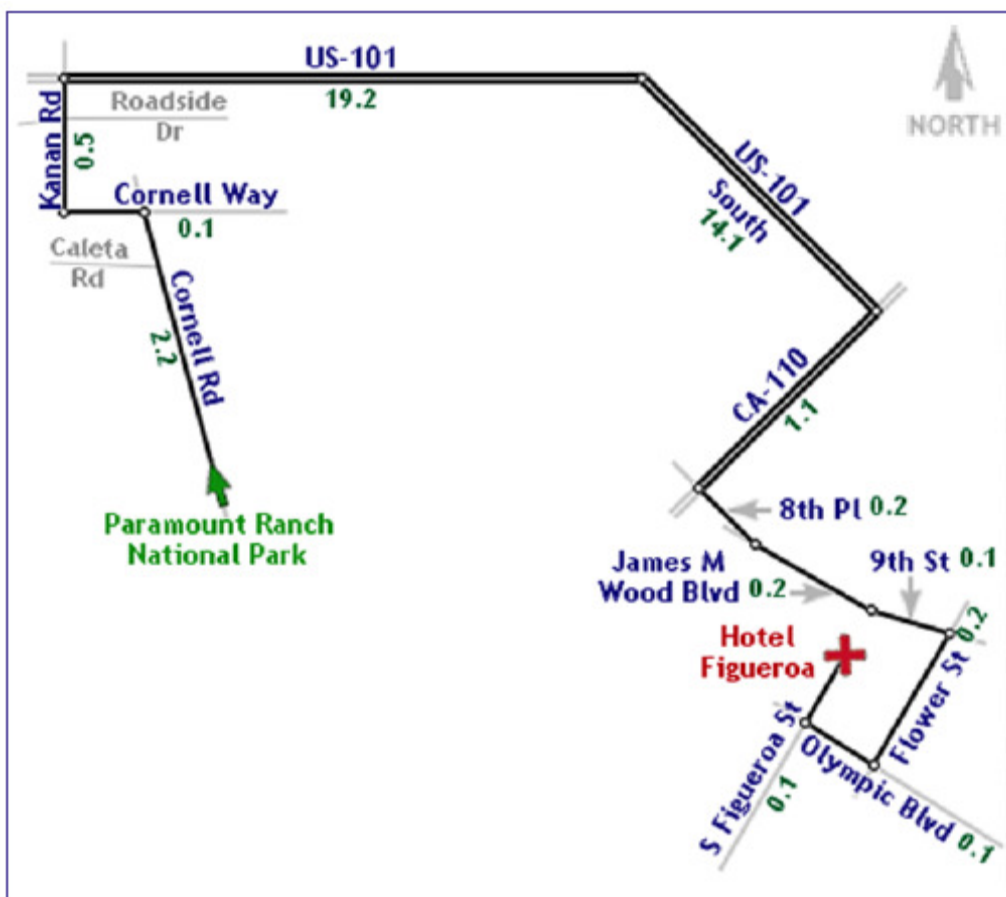
Zu guter Letzt werden noch vier Typen von graphischen Repräsentationen zu der Karte hinzugefügt.

Der erste Typ ist die Art, in der die Straße gerendert wird. In diesem Fall werden einfache Straßen durch einen Strich umgesetzt. Der Highway wird durch eine Doppellinie dargestellt.

Der zweite Typ sind graue Fortsetze der Straßen an den Abbiegungsorten.

Der dritte Typ sind die Punkte auf den Abbiegestellen.

Und der vierte Typ besteht aus dem Orientierungspfeil der Norden angibt.



## **4 Navigation / Orientierung / Situation**

### **Navigation**

Unter Navigation versteht man die Wegfindung zwischen einem Start und einem Endpunkt. Sie zeichnet sich durch eine Sequenz von Aktivitäten aus, in denen man sich immer wieder neu orientiert und situiert.

### **Orientierung**

Unter Orientierung versteht man die relationale Positionierung und Ausrichtung.

### **Situation**

Unter der Situation versteht man den Ort, an dem man sich befindet.

Das obige System liefert eine Karte, die im Prinzip nur zur Navigation genutzt werden kann. Sie enthält keine Informationen, die nicht mit der Wegstrecke in Verbindung stehen. Befindet man sich auf diesem Weg, kann man sich zwar auf der Karte situieren aber man kann sich auch nur anhand weiterer Wegpunkte orientieren.

Für die Orientierung im Raum ist diese Kartenform somit nicht geeignet, weil die Informationen der Karte alle vom Kontext der Wegstrecke abhängen und man sich somit auch nur in diesem Kontext orientieren kann.

Auch die Situation kann nur im Kontext der Wegstrecke bestimmt werden.

Bei interaktiven Systemen könnte sowohl die Orientierung als auch die Situation noch besser verdeutlicht werden, als dies bei der vorliegenden Navigation umgesetzt wurde.

### **Quellen**

Agrawala, M./Stolte, C.: Rendering Effective Route Maps: Improving Usability Through Generalization. Stanford University

Bogen, S. /Brandes, U./Ziezold, H.: Rendering Visual Navigation with Schematic Maps. University of Konstanz