

# Ähnlichkeitsbasierte Verkehrszeichenerkennung

Dirk Reichardt

Februar 1992

AG Richter  
Fachbereich Informatik  
Universitlt Kaiserslautern

Hiermit versichere ich, daß ich die vorliegende Arbeit selbständig verfaßt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet habe.

Kaiserslautern, Februar 1992

A handwritten signature in black ink, reading 'Dirk Reichardt'. The signature is written in a cursive style with a long horizontal stroke at the end.

Dirk Reichardt

## Zusammenfassung

Gegenstand dieser Arbeit ist die Konzeption und Realisierung eines Systems zur automatischen Erkennung von Verkehrszeichen in natürlichen Straßenszenen. In einer in Form von symbolischen Formprimitiven vorliegenden Bildbeschreibung werden Verkehrszeichen lokalisiert und klassifiziert.

Einleitend wird der durch das europäische Projekt PROMETHEUS gegebene Rahmen zu der gestellten Aufgabe aufgezeigt und eine Übersicht über die Problematik *Rechnersehen* gegeben.

Grundlegend für die Klassifikation von Verkehrszeichen ist die Modellierung der Domäne. Dazu wird eine Wissensbasis in Form eines semantischen Netzes aufgebaut, in der eine strukturelle Beschreibung einer Menge von Verkehrszeichen abgelegt wird. Das Netzwerk ist mit einer Akquisitionskomponente versehen, die eine Regelsprache für die Deklaration eines neuen Verkehrszeichens zur Verfügung stellt. Ein Verkehrszeichen kann durch geometrische Formen und zwischen diesen bestehenden Lagerelationen beschrieben werden, die durch Knoten und Kanten im Netzwerk repräsentiert werden.

Das in symbolischer Beschreibung vorliegende Bild wird zunächst durch eine Segmentierungskomponente in Bereiche unterteilt, die jeweils die Beschreibung eines Verkehrszeichens enthalten könnten. Dadurch wird das Bild in mehrere Segmente, bestehend aus je einer Menge von ineinanderliegenden geometrischen Formen, unterteilt, die durch die *enthält*-Relation eine baumartige Struktur aufweisen.

Jedes der gefundenen Segmente wird durch einen Ähnlichkeitsmatch auf das Semantische Netzwerk abgebildet. Durch die Kombination der gemessenen strukturellen Ähnlichkeiten zwischen Segment und Subnetzen des Semantischen Netzwerks und Gewichten, die an Netzwerkkanten gespeichert werden, wird ein Ähnlichkeitswert zu Verkehrszeichen bzw. Verkehrszeichenklassen bestimmt. Mit Hilfe von Schwellwerten wird dieser Abbildungsprozeß gesteuert und die Überprüfung von Lagerelationen veranlaßt.

Aufgebrochene und verfälschte Konturen können vom System erkannt und rekonstruiert werden, so daß die Klassifikation auch bei geringer Qualität der Eingangsdaten durchgeführt werden kann.

Abschließend wird auf die Verarbeitung von Bildfolgen durch symbolische Objektverfolgung eingegangen und andere Arbeiten angeführt, die sich ebenfalls mit Problematik Verkehrszeichenerkennung befaßt haben.

## Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen danken, die zu der Entstehung dieser Arbeit beigetragen haben. Herrn Prof. Richter und meinem Betreuer Frank Maurer möchte ich für die Betreuung der Arbeit danken.

Mein Dank gilt auch Herrn Metzler und Herrn Hahn, sowie Herrn Ulmer, der meine Arbeit bei der Daimler-Benz AG betreut hat.

Außerdem möchte ich mich bei Bernard Besserer bedanken, der mir während meiner Arbeit immer eine große Hilfe war.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>6</b>
1.1	Einführung in den Themenbereich . . . . .	6
1.2	Eingliederung in das PROMETHEUS Projekt . . . . .	7
1.2.1	PROMETHEUS . . . . .	7
1.2.1.1	Teilprojekte von PROMETHEUS . . . . .	7
1.2.1.2	PROMETHEUS Mitglieder . . . . .	9
1.2.2	CED 3 - Collision Avoidance . . . . .	9
1.2.3	Eingliederung der Arbeit . . . . .	10
1.3	Gliederung und Überblick . . . . .	11
<b>2</b>	<b>Rechnersehen</b>	<b>12</b>
2.1	Early Processing . . . . .	12
2.1.1	Gauß - Filter . . . . .	13
2.1.2	Laplace-Ableitung . . . . .	13
2.1.3	Der mexikanische Hut . . . . .	15
2.2	Bildsegmentierung . . . . .	16
2.2.1	Kantenextraktion . . . . .	16
2.2.2	Regionenanalyse . . . . .	17
2.3	Repräsentation von zweidimensionalen Formen . . . . .	17
2.3.1	Linienzüge als Punktliste . . . . .	18
2.3.2	Chain codes . . . . .	18
2.3.3	B-Splines . . . . .	19
2.3.4	Regionenrepräsentation . . . . .	19
2.3.5	Eigenschaften von Konturen . . . . .	19
2.4	Repräsentation und Nutzung von Wissen . . . . .	20
2.4.1	Repräsentationsform . . . . .	20
2.4.2	Matching . . . . .	20
2.4.3	Inferenz . . . . .	20

<b>3</b>	<b>Verkehrszeichenerkennung</b>	<b>21</b>
3.1	Architektur des Systems	21
3.1.1	Überblick über das Gesamtsystem	21
3.1.1.1	Komponenten der Bildvorverarbeitung	21
3.1.1.2	Symbolische Bildverarbeitungskomponenten	23
3.1.2	Architektur des symbolischen Klassifikationssystems	23
3.1.2.1	Modellierung der Verkehrszeichen	23
3.1.2.2	Klassifikation eines Bildes	24
3.2	Verkehrszeichen	25
3.2.1	Semantische Einteilung von Verkehrszeichen	26
3.2.2	Syntaktische Einteilung von Verkehrszeichen	26
3.3	Bildvorverarbeitung	29
3.3.1	Die HSC Kodierung	30
3.3.2	Benutzung des HSC zur Generierung von symbolischen Form- primitiven	32
3.3.3	Szenendarstellung durch Formprimitive	33
3.4	Symbolische Bildverarbeitung	33
3.4.1	Die Wissensrepräsentation	33
3.4.1.1	Das Verkehrszeichennetzwerk	35
3.4.1.2	Wissen über Konturen	41
3.4.1.3	Wissen über Lagerrelationen	44
3.4.1.4	Netzwerkoperationen	49
3.4.1.5	Wissensakquisition	50
3.4.2	Klassifikation	55
3.4.2.1	Segmentierung einer Verkehrsszene	55
3.4.2.2	Abbildung eines Segmentbaums auf das Netzwerk	60
3.4.2.3	Umrissklassifikation	65
3.4.2.4	Piktogrammklassifikation	66
3.4.2.5	Verkehrszeichenklassifikation	68
3.4.2.6	Erkennung und Rekonstruktion von Konturen	75
3.4.2.7	Kalibrierung	87
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>92</b>
4.1	Zusammenfassung	92
4.2	Systemerweiterungen und Ausblick	93
4.2.1	Objektverfolgung	93
4.2.2	Integration von Farbinformation	97
4.2.3	Ausblick	98

<b>A</b>	<b>Andere Arbeiten</b>	<b>99</b>
A.1	Farbbildklassifikation . . . . .	99
A.1.1	Der Aufbau des Systems . . . . .	100
A.1.2	Pixelklassifikation . . . . .	101
A.1.3	Wissensrepräsentation . . . . .	101
A.2	Verkehrszeichenerkennung mit KEE . . . . .	102
A.2.1	Die KEE Wissensbasis . . . . .	102
A.2.2	Ablauf der Klassifikation . . . . .	104
A.3	Das ISIS System . . . . .	104
<b>B</b>	<b>Benutzerschnittstelle und Beispiel</b>	<b>107</b>
B.1	Die Benutzerschnittstelle . . . . .	107
B.1.1	Die Klassifikationsansicht . . . . .	107
B.1.2	Die Netzwerkansicht . . . . .	109
B.2	Die Lagerrelationen . . . . .	110
B.3	Ergebnisse der Klassifikation . . . . .	110