

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Einführung in den Themenbereich

Thema der Diplomarbeit ist die Interpretation einer natürlichen Verkehrsszene durch Klassifikation der darin enthaltenen Verkehrszeichen.

Dabei soll zur Lösung der Aufgabe nicht in die Infrastruktur eingegriffen werden¹. Die zu untersuchenden Eingangsdaten werden durch eine Kamera geliefert.

Damit handelt es sich um eine Aufgabe, die in einen Teilbereich der Künstlichen Intelligenz, den Bereich Rechnersehen (*Computer Vision*), fällt. Rechnersehen befaßt sich mit der Verarbeitung von Bildinformation zur Interpretation des Bildinhaltes. Der Problembereich Rechnersehen kann in verschiedene Teilprobleme untergliedert werden. Zunächst müssen die von der Kamera gelieferten Daten in eine geeignete Darstellung überführt werden, die sich für die Weiterverarbeitung im Rechner eignet. Die Bildaufbereitung, beispielsweise durch Unterdrückung von Rauschen, stellt die Hauptaufgabe dieses als *image processing* oder *signal processing* bezeichneten Teilbereichs. Die Erkennung, bzw. Klassifikation von Mustern (*pattern recognition*) ist Aufgabe eines zweiten Teilbereichs des Rechnersehens. Die Erkennung von Linien, Konturen und Flächen (*early processing*) kann diesem Teilbereich zugeordnet werden. Der dritte Teilbereich des Rechnersehens ist zugleich derjenige, auf dem der Schwerpunkt der KI-Forschung liegt: Bildverstehen. Die ersten beiden Bereiche benötigen kein Wissen über einen bestimmten Aufgabenbereich. Um ein Bild jedoch nicht nur zu beschreiben, sondern zu interpretieren, ist dieses Wissen nötig.

¹Eine Möglichkeit der Erkennung von Verkehrszeichen mit Hilfe eines von diesem ausgesendeten Signals, würde eine auf die Aufgabenstellung zugeschnittene Veränderung der Infrastruktur voraussetzen.

Neben den klassischen, analytischen Methoden, erlebt der Konnektionismus gerade in der Bildverarbeitung in den letzten Jahren einen enormen Aufschwung. Ein wesentliches Merkmal dieses Ansatzes ist zum einen die Aufhebung der Trennung zwischen Verarbeitung und Speicherung von Wissen, zum anderen die Aufhebung der Aufteilung des Rechnersehens in die oben erwähnten drei Komponenten. Die Erfolge, die mit *Neuronalen Netzen* in der Bildverarbeitung, insbesondere in der Mustererkennung erzielt wurden, machen den neuronalen Ansatz zu einem Forschungsschwerpunkt im Bereich Rechnersehen.

Es bleibt jedoch festzuhalten, daß es noch keinem System - weder einem auf klassischen noch einem auf konnektionistischen Methoden beruhenden - gelungen ist, den Fähigkeiten des menschlichen visuellen Systems nahe zu kommen.

1.2 Eingliederung in das PROMETHEUS Projekt

Die vorliegende Arbeit steht nicht alleine, sondern ist im Rahmen eines europäischen Automobil- und Verkehrskonzepts zu verstehen. Aus diesem Grund soll das *Prometheus* Projekt im Folgenden kurz vorgestellt werden.

1.2.1 PROMETHEUS

PROMETHEUS (Programme for a European Traffic with highest Efficiency and Unprecedented Safety) ist ein europäisches Projekt welches sich mit dem Automobil und dem Verkehr der Zukunft beschäftigt. Die stark steigende Zahl an Fahrzeugen und die damit verbundene Problematik der Verkehrssicherheit und Umweltbelastung veranlaßte die maßgeblichen Forschungsleiter der europäischen Automobilindustrie im Herbst 1985 dazu, das PROMETHEUS Projekt ins Leben zu rufen.

Seit 1986 werden die Forschungsaktivitäten der Automobilfirmen, sowie der Universitäten und Elektronikfirmen, die sich dem Projekt angeschlossen haben, in europäischem Rahmen durch PROMETHEUS koordiniert. Vom 1. Oktober 1986 bis Ende 1987 wurden in der Definitionsphase des Projekts die Anforderungen an ein solches europäisches Projekt, die vorhandenen Technologien und der Wissensstand untersucht. 1988 schloß sich eine einjährige Startphase an, in der konkrete Forschungsprojekte festgelegt wurden. Seit dem 1. Januar 1989 läuft die Forschungs- und Entwicklungsphase, für die sechs Jahre vorgesehen sind, bevor sich 1994 die Realisierungsphase anschließen soll.

1.2.1.1 Teilprojekte von PROMETHEUS

PROMETHEUS setzt sich aus Projekten der Grundlagenforschung und konkreten An-

wendungen zusammen, die durch eine gemeinsame Administration koordiniert werden. Die folgenden drei Teilprojekte beschäftigen sich mit der Anwendung der Technologien im Fahrzeug.

- **PRO-CAR** : Teilprojekt zur Entwicklung eines *elektronischen Kopiloten* zur Unterstützung und Entlastung des Fahrers.
- **PRO-NET** : Entwicklung eines Systems zur Kommunikation zwischen mehreren Fahrzeugen
- **PRO-ROAD** : Kommunikation zwischen Fahrzeug und Umgebung (Leitpfosten)

Neben diesen Teilprojekten wird die Grundlagenforschung in weitere vier Teilprojekte untergliedert.

- **PRO-GEN** : Abklärung von Rechtsfragen bei der Einführung von Produkten und Untersuchung des bestehenden Bedarfs an speziellen Systemen.
- **PRO-ART** : Nutzung von Methoden der Künstlichen Intelligenz
- **PRO-CHIP** : Entwicklung von spezieller Hardware zur Integration in das Fahrzeug
- **PRO-COM** : Telekommunikation

Fortschritte zeigen die bisherigen Demonstrationen der Beteiligten innerhalb der *Common European Demonstrators*. Es wurden Testfahrzeuge vorgeführt, die mit den entsprechenden Systemen ausgerüstet waren. Im Einzelnen wurden vorgeführt:

- Systeme zur Sichtverbesserung (bei Nebel, Dunkelheit, Schnee oder Regen)
- Abstandsmessung und -warnung (autom. Stop-and-Go)
- Systeme zur Spurhaltung
- Verkehrslenkung und Zielführung mit einem unabhängigen elektronischen Kartensystem und infrastrukturgestützten Navigationsgeräten
- Satellitenkommunikation für den Nutzfahrzeugverkehr
- Kraftschlußüberwachung zwischen Reifen und Fahrbahn

1.2.1.2 PROMETHEUS Mitglieder

Dem PROMETHEUS Projekt haben sich Automobilfirmen aus 6 europäischen Ländern angeschlossen. Dabei werden einzelne Projekte von den Forschungsgruppen verschiedener Firmen gemeinsam bearbeitet.

Deutschland	Adam Opel AG BMW Daimler-Benz MAN Porsche Volkswagen
England	Jaguar Rolls Royce
Frankreich	Matra Peugeot, Citroën Renault
Italien	Fiat Alpha Lancia Industriale IVECO
Österreich	Steyr-Daimler-Puch
Schweden	Saab Scania Volvo

1.2.2 CED 3 - Collision Avoidance

In der Projektgruppe CED 3 (Common European Demonstrators) befaßt man sich mit der Unterstützung des Fahrers zur Vermeidung von Unfällen durch rechtzeitige Erkennung von Hindernissen und kritischen Verkehrssituationen. Durch das Collision Avoidance System sollen die Verkehrssicherheit, die Wirtschaftlichkeit (durch Verminderung der Zahl der durch Unfälle hervorgerufenen Verkehrsstaus) und der Fahrkomfort verbessert werden.

Der Fahrer eines Fahrzeugs befindet sich ständig in Situationen, in denen er zuwenig Zeit hat, auf diese richtig zu reagieren. Hervorgerufen werden solche Gefahrensituationen durch unübersichtliche Stellen, andere Fahrzeuge, die aus Seitenstraßen auftauchen und Müdigkeit oder Unaufmerksamkeit des Fahrers.

An dieser Stelle will das Collision Avoidance System ansetzen und den Fahrer in derartigen Situationen unterstützen, bzw. Gefahrensituationen gar nicht erst entstehen zu lassen. Dazu soll das System die Umgebung beobachten und mögli-

che Kollisionen voraussehen und somit dem Fahrer eine angemessene Unterstützung geben, wobei diese nur aus Information aber auch aus Intervention bestehen kann.

Mit mehreren auch verschiedenartigen Sensoren soll die Umgebung erfaßt werden um dann ausgewertet und auf mögliche Hindernisse untersucht werden zu können. Abschließend wird das Ergebnis durch geeignete Benutzerschnittstellen dem Fahrer mitgeteilt oder direkt eingegriffen, falls der Fahrer keine Möglichkeit hätte, schnell genug zu reagieren (support manoeuvres).

Die folgenden Sensortypen werden von den verschiedenen Automobilfirmen in deren Forschungsprojekten verwendet.

RADAR	Jaguar
LIDAR	Fiat, Renault, PSA
Transponder	Volvo
Computervision	BMW, Daimler-Benz, Jaguar, Renault, PSA

Die Hauptaufgaben bestehen in der Kombination der Daten, die von verschiedenen Sensoren geliefert werden (*multiple sensor fusion*), der Verbesserung der Verlässlichkeit der vom System gefundenen Resultate und der Spezifikation und Entwicklung einer Schnittstelle zum Fahrer. Die verfügbaren Technologien und die Komplexität der Aufgabe machen Collision Avoidance zu einem Langzeitprojekt. In näherer Zukunft können jedoch schon individuelle Lösungen zu kleineren Teilproblemen angeboten werden.

1.2.3 Eingliederung der Arbeit

Zur Analyse der Verkehrssituation gehört zweifelsohne auch die Erkennung der in der Szene enthaltenen Verkehrszeichen sowie deren Ort und Bedeutung. Das Wissen über die Vorfahrtsregelung an Kreuzungen und Einmündungen, die Warnung vor Bahnübergängen und anderen Gefahrensituationen durch Verkehrszeichen kann ausgenutzt werden, um Verkehrssituationen richtig einzuschätzen und gegebenenfalls Warnungen an den Fahrer weiterzugeben. Um diese Informationen auswerten zu können, bedarf es eines Systems zur optischen Erkennung von Objekten in natürlichen Szenen. Aus diesen Gründen wurde die Verkehrszeichenerkennung in den Bereich Computervision des Collision Avoidance Systems aufgenommen.

1.3 Gliederung und Überblick

Die Arbeit besteht aus zwei Teilen, einem theoretischen Teil, der in Kapitel 3 vorgestellt wird, sowie einem praktischen Teil. Der praktische Teil wurde bei der Daimler-Benz AG in Esslingen durchgeführt und umfaßt die Erstellung eines Programms. Da es sich dabei um die Implementierung der im theoretischen Teil vorgestellten Konzepte handelt, wird auf eine eigenständige Beschreibung des Softwareproduktes verzichtet. Ein Überblick über die Benutzerschnittstelle, sowie eine Betrachtung der gelieferten Ergebnisse, wird im Anhang B vorgestellt.

Zur Einführung in den Themenbereich wird in Kapitel 2 ein kurzer Überblick über Methoden des Rechnersehens gegeben, bevor in Kapitel 3 die eigentliche Arbeit vorgestellt wird.

Das Verkehrszeichenerkennungssystem setzt auf einer symbolischen Beschreibung der Verkehrsszene auf und versucht, anhand dieser symbolischen Information Verkehrszeichen in einer Szene zu finden und zu klassifizieren. Bevor eine symbolische Beschreibung der zu untersuchenden Verkehrsszene vorliegt, müssen einige Aufbereitungs- und Klassifikationsprozesse durchlaufen werden. Da bei der Verarbeitung der symbolischen Daten einige Eigenschaften der Vorverarbeitung zu berücksichtigen sind, werden die verwendeten Verfahren in 3.3 kurz skizziert.

Die Schwerpunkte der Arbeit sind die Wissensrepräsentation in Form eines Netzwerkes, die in 3.4.1 ausführlich vorgestellt wird, sowie die in 3.4.2 vorgestellte Klassifikation. Dabei wird auf die Definition von Ähnlichkeitsmaßen zum Vergleich von Szenensegmenten mit gespeicherten Verkehrszeichen, insbesondere auf die Möglichkeit der Erkennung und Rekonstruktion von aufgebrochenen und veränderten Konturen (3.4.2.6), eingegangen.

Nach der Vorstellung des konzipierten und implementierten Systems, wird in 4.2.1 eine Erweiterung des bestehenden Systems um eine Objektverfolgungskomponente zur Auswertung von Bildfolgen eingegangen, die jedoch noch nicht implementiert wurde.

Abschließend werden die Ergebnisse der Arbeit noch einmal zusammengefaßt und auf mögliche Verbesserungen eingegangen.