

# Kapitel 1

## Einleitung

### 1.1 Problemstellung

Die optische Kfz-Innenraumüberwachung beinhaltet alle Anwendungen, die mit einem optischen Sensor den Innenraum eines Fahrzeugs überwachen und durch Verarbeitung des Sensorsignals unterschiedliche Funktionen bereitstellt. In dieser Arbeit wird versucht, anhand der Anwendungen optischer Innenraumschutz und optische Belegungszustandserkennung die Möglichkeiten der optischen Kfz-Innenraumüberwachung darzustellen.

Die Diebstahlwarnanlage (DWA) ist ein System, welches das Fahrzeug vor unbefugtem Eindringen und Entwenden sichert. Der Innenraumschutz ist ein Teilsystem der DWA und bewacht, wie der Name schon sagt, den Innenraum und zeigt eindringende Objekte der DWA an. Die Güte eines Innenraumschutzes wird aus dem Verhältnis Fehlalarm- zu Detektionsrate abgeleitet. Obwohl man die Fehlalarmrate nicht von der Detektionsrate losgelöst betrachten darf, ist sie jedoch diejenige, die zu Reklamationen und Unzufriedenheit von Kunden führt. Die Automobilhersteller verfolgen also das Ziel, die Häufigkeit der Fehlalarme möglichst niedrig zu halten, wobei die Systeme die Anforderungen der Gesetzgeber und Versicherungsvereinigungen bezüglich der Erkennung von Eingriffen einhalten müssen. Ein indirektes aber nicht weniger wichtiges Kriterium ist der Energieverbrauch einer DWA, die ausschließlich im abgestellten Zustand in Betrieb ist. Vom Kunden wird verlangt, daß ein Fahrzeug über einen sehr langen Zeitraum abgestellt werden kann und danach startbereit ist. Daher hat der Innenraumschutz, als ein aktives System, das Ziel so wenig Energie wie nur möglich zu verbrauchen. Für offene Fahrzeuge fehlt bislang ein vollständiger Innenraumschutz, da die Störeinflüsse sehr groß sind und damit die Fehlalarmrate in offenen Fahrzeugen zu hoch ist. Die bestehenden Systeme funktionieren bei teilweise geöffneten Fahrzeugen, wie z.B. bei einem offenen Fenster oder einem offenen Verdeck, entweder überhaupt nicht oder nur eingeschränkt. Weiterhin erlauben die heutigen Systeme keine Unterscheidung bezüglich der Größe, der eindringenden Objekte, des Ortes und damit auch der Geschwindigkeit. Hinzu kommt, daß sie nur bedingt oder indirekt zwischen Innen- und Außenraum unterscheiden können.

Stündlich ist allein in Deutschland ein Verkehrstoter zu beklagen. In den vergangenen 50 Jahren sind über eine halbe Million Menschen in Deutschland bei Verkehrsunfällen

ums Leben gekommen. Doch durch die Entwicklung von Sicherheitssystemen und neuen Richtlinien konnte die Zahl der getöteten Verkehrsteilnehmer von 21653 (1970) auf 8727 (1996) gesenkt werden. Durch die Einführung des Verwarnungsgeldes in Höhe von 40 DM für „Gurtmuffel“ sank die Zahl der getöteten PKW-Insassen 1984 um 1400. In Kombination mit dem Sicherheitsgurt gilt der Airbag als der Lebensretter bei schweren frontalen Unfällen.

Doch nur wenn die Sicherheitssysteme ordnungsgemäß angewendet werden, können sie ihre positive Wirkung entfalten. Diese an sich sehr offensichtliche Tatsache ist erst durch einige tragische Fälle in den USA in der Öffentlichkeit diskutiert worden. Dort ist die Anschnallrate sehr niedrig und liegt bei ca. 17%. Bei Unfällen, bei denen die Insassen nicht angeschnallt sind, können diese durch den herausschießenden Airbag ernsthaft verletzt werden. Diese Erfahrung machen besonders kleinwüchsige Personen machen, da sie tendenziell näher zum Airbag sitzen. In einigen Berichten wurde von Kindern geschrieben, die nicht angeschnallt bei einem Unfall mit niedriger Geschwindigkeit nur durch den Airbag lebensbedrohlich verletzt oder gar getötet wurden.

Ein weiterer Aspekt ist der Gebrauch von Kindersitzen, die gegen die Fahrtrichtung montiert werden (Reboard- oder rückwärts gerichtete Kindersitze). In vielen Tests hat sich erwiesen, daß diese Kindersitze für Säuglinge einen hohen Schutz bieten, da der zum Körper verhältnismäßig schwere Kopf bei einem frontalen Unfall vom Sitz gestützt wird. Wird ein Reboard-Kindersitz auf einen Beifahrersitz mit Airbag benutzt, so kann im Falle eines Unfalls der Säugling durch die explosionsartige Entfaltung des Airbags getötet werden (siehe [13, 52] und Abb. 2.1).

Die Häufung der Fälle hat dazu geführt, daß in den USA neue Richtlinien [32] von der *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA) angekündigt wurden, die eine Erkennung von den beschriebenen Situationen fordert.

## 1.2 Zielsetzung der Arbeit

Durch die Entwicklung einer leistungsfähigen CMOS-Bildsensorik in den letzten Jahren [27, 61] hat sich die Möglichkeit ergeben, Bildverarbeitungssysteme in neue Bereiche einzuführen [47, 83]. Zu diesen Bereichen zählt auch der Automobil-Bereich, der aufgrund der extremen Anforderungen bisher den Einsatz herkömmlicher Bildsensorik unmöglich machte.

Das Ziel dieser Arbeit ist die Konzeption einer optischen Innenraumüberwachung, die in der Lage ist, einen optischen Innenraumschutz in Kombination mit einer optischen Sitzbelegungserkennung zu realisieren. Da auch im Automobil-Bereich ein hoher Kostendruck herrscht und die Kosten für ein optisches System – auch bei stetig sinkenden Bauelement-Preisen – im Moment höher sind als die des jeweiligen alternativen Systems, wird in dieser Arbeit ein Möglichkeit entwickelt, die es erlaubt weitere Anwendungen mit diesem System zu kombinieren.

Für den optischen Innenraumschutz bedeutet dies, daß mit einer Kamera der Innenraum beobachtet wird und bei Eindringen eines Objektes ein Alarm gemeldet wird. Hierbei soll der Vorteil der hohen Ortsauflösung des optischen Bildaufnahmesystems genutzt wer-

den. Für die Belegungszustandserkennung soll mit demselben System eine Lösung zur Erkennung von: Kindersitzen in unterschiedlichen Bauformen und Personen in korrekter Haltung oder Out-of-Position gefunden werden.

## 1.3 Aufbau der Arbeit

In Kapitel 2 wird der Stand der Technik der unter dem Begriff der Innenraumüberwachung zusammengefaßten Anwendungen Innenraumschutz und Belegungszustandserkennung vorgestellt. Hierbei umfaßt die Belegungszustandserkennung die Sitzbelegungs-, Kindersitz- und Out-of-Position Erkennung. Mit einem Überblick über die Tendenzen dieser Anwendungen endet das Kapitel.

Das dritte Kapitel befaßt sich mit den technischen Realisierungsaspekten der optischen Kfz-Innenraumüberwachung. Diese beginnt mit der Wahl der Kamera-Position, den optischen Bedingungen, die sich aus der Position ergeben, der Wahl des Bildsensors bzw. Kamera, der Kalibration und der Bildaufnahme.

Darauf folgend werden in Kapitel 4 Algorithmen vorgestellt, die für den optischen Innenraumschutz unter Berücksichtigung der Randbedingungen, die an einen Innenraumschutz bestehen, entworfen wurden. Es werden zuerst pixelorientierte Methoden vorgestellt, die entweder On-Chip in einem Bildpunkt [65] integriert oder sehr effektiv programmiert werden können. Danach werden die so verarbeiteten Bilder mit regionenorientierten Verfahren ausgewertet.

In Kapitel 5 werden Verfahren vorgestellt, die die Belegungszustandserkennung realisieren sollen. Dieser Abschnitt besteht aus mehreren optionalen Merkmalsextraktionen und zwei Klassifikationen. Bei der zweiten Klassifikation wurden alle auf einem Fahrzeugsitz möglichen Zustände untersucht und festgestellt, daß die Kindersitzerkennung durch eine Personendetektion realisiert werden kann. Wird nämlich eine Person auf dem Sitz detektiert, kann kein Kindersitz dort sein. Umgekehrt gilt, wenn keine Person auf dem Sitz gefunden wurde, ist die Aktivierung des jeweiligen Airbags nicht notwendig, da es sich entweder um einen Kindersitz oder ein anderes Objekt handelt, die keinen Airbag benötigen. Die Personendetektion wird durch eine Gesichtsdetektion erzielt, da das Gesicht eines der wenigen invarianten Merkmale des Menschen ist, das ständig aufgenommen werden kann.

Die Arbeit endet mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick auf mögliche weitere Anwendungen der optischen Innenraumüberwachung in Kapitel 6.