

# Kapitel 6

## Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde das Konzept einer optischen Innenraumüberwachung erstellt und mittels CMOS-Kameras und Bildverarbeitungsalgorithmen die Anwendungen „Optischer Innenraumschutz“ und „Optische Belegungszustandserkennung“ realisiert. Mit einer CMOS-Kamera, die zentral im Dachhimmel angebracht ist, und einem Fischaugen-Objektiv kann der vordere Innenraum überwacht werden (Abschnitt 3.8). Für den hinteren Innenraum ist nur eine zusätzliche Kamera notwendig. Durch Zusammenfügen der beiden Bilder wird immer nur eine Verarbeitungseinheit benötigt.

Der optische Innenraumschutz ist in der Lage, durch pixel- und regionenorientierte Auswertung Objekte, die sich in der Nähe des Fahrzeugs aufhalten und in das Fahrzeug eindringen, zu detektieren und nach Größe und Position auszuwerten. Hierzu wurden verschiedene Methoden zur Detektion von Veränderungen untersucht. Das Konzept des optischen Innenraumschutzes ist in Abschnitt 4.4 erläutert worden. Für die optische Belegungszustandserkennung wurden zwei Konzepte in Kapitel 5 entwickelt. Sie wurden im Abschnitt 5.4 vorgestellt.

Das Konzept der optischen Innenraumüberwachung ist in Abb. 6.1 abgebildet. Die pixelorientierte Verarbeitung hat als Ergebnis eine binäre Maske, die alle Veränderungen anzeigt. Im Laufe der Arbeit hat sich herausgestellt, daß auch andere Anwendungen, die auf Bildverarbeitung basieren, im Fahrzeug denkbar sind. Diese Anwendungen können die binäre Maske sehr gut als Vorverarbeitung einsetzen, um Rechenleistung einzusparen. Es hat sich herausgestellt, daß eine Aufteilung der Verarbeitung, wie sie in Abb. 6.1 dargestellt ist, in pixelorientierte Verarbeitung und Auswertung sinnvoll ist. Untersuchungen in [15,65] haben gezeigt, daß es möglich ist, die einfache zeitrekursive Verarbeitung sogar in jeden Bildpunkt eines Bildsensors zu integrieren. Damit werden der weiteren Verarbeitung das Eingangsbild und die binäre Maske zur Verfügung gestellt. Dies ergibt Vorteile bei den Systemkosten, der Bearbeitungsgeschwindigkeit und dem Energieverbrauch. Ein Vorteil der pixelorientierten Verarbeitung ist der geringe Rechenaufwand, um eine Änderungsdetektion durchzuführen. Durch die Auswertung der binären Masken bei dem Innenraumschutz benötigen auch die regionenorientierten Algorithmen einen minimalen Rechenaufwand. Der Einsatz von teurer Bildverarbeitungshardware ist für die Anwendung des Innenraumschutzes nicht notwendig.

Die optische Belegungszustandserkennung, die in der Abb. 6.1 neben dem Innenraum-

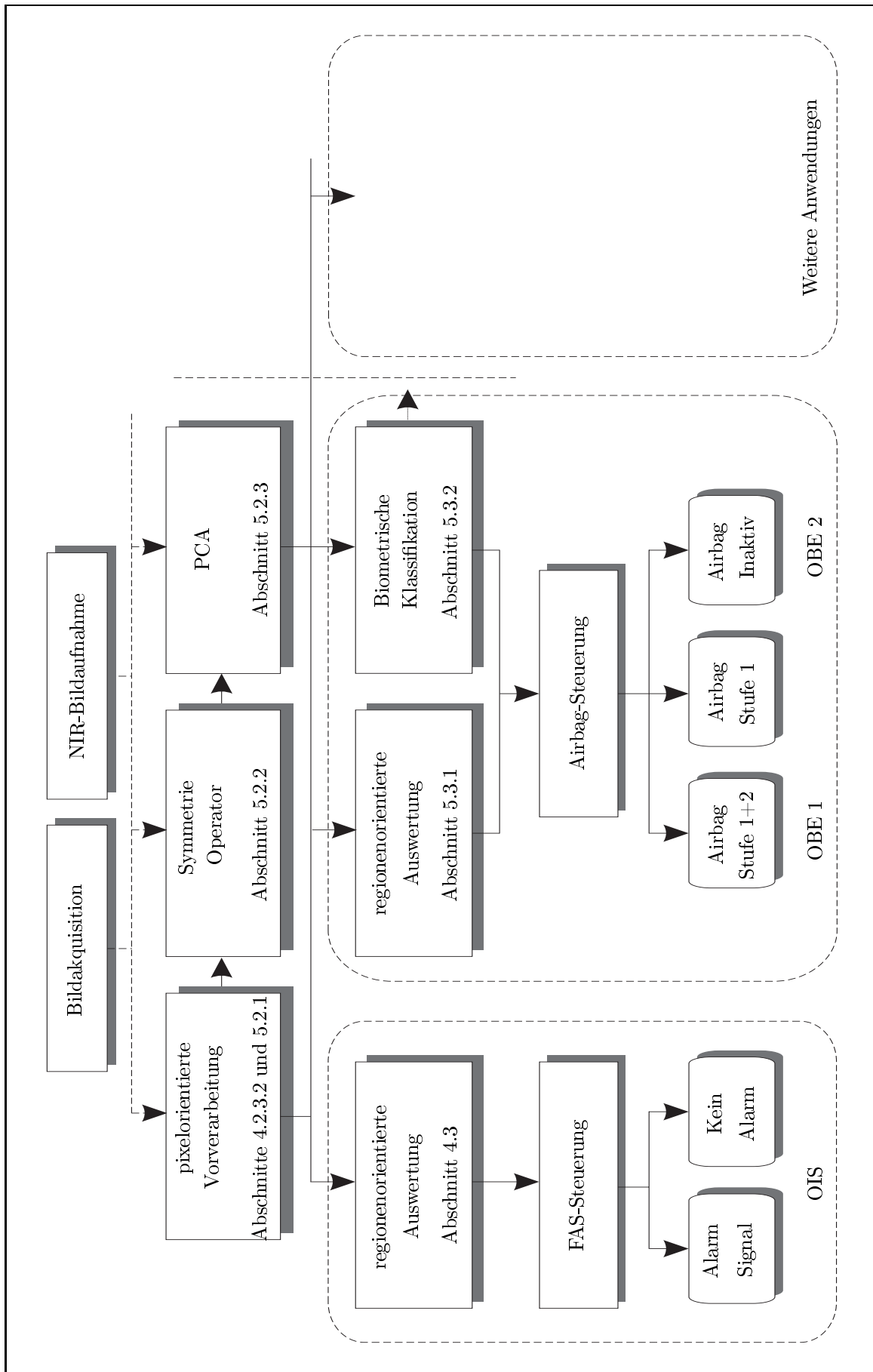


Abbildung 6.1: Optische Kfz-Innenraumüberwachung

schutz skizziert wurde, kann mittels der regionorientierten Auswertung oder der biome-trischen Klassifikation realisiert werden. Der Vorteil des ersten Ansatzes (OBE1) ist die Kombination mit dem optischen Innenraumschutz. Beide Anwendungen benutzen diesel-be Verarbeitung, Kamera und Recheneinheit, so daß nur ein Umschalten des Modus von Innenraumschutz zur Belegungszustandserkennung und umgekehrt notwendig ist.

Der zweite Ansatz (OBE2) mittels der PCA hat sich als sehr robust, aber auch als sehr komplex herausgestellt. Außerdem ist eine eigene Kamera für jeden Sitzplatz notwendig, da mit der Anordnung aus Position Nr. 6 die Gesichter nicht vollständig und beson-ders nicht verzeichnungsfrei aufgenommen werden können. Dieser Ansatz bietet aber den Vorteil eine sehr genaue Detektion bis hin zur Identifikation durchzuführen. Mit der Ge-sichtsposition und der Position der Augen sind viele weitere Anwendungen im Fahrzeug vorstellbar.

Die optische Kindersitzerkennung benötigt schon mehr Rechenleistung, da schon die Bildrate wesentlich höher ist. Trotzdem wurde durch die geringe Anzahl an Eigenvektoren bei der PCA der Rechenaufwand wesentlich gesenkt. Allein wegen dieser Anwendung muß ein leistungsfähiger Signalprozessor oder Mikro-Controller eingesetzt werden. Hierzu müs-sen aber noch Tests durchgeführt werden, die die Alltagstauglichkeit der vorgeschlagenen Algorithmen untersucht.

## 6.1 Ausblick

Im folgenden werden mögliche Anwendungen, die während der Arbeit – aufgrund der begrenzten Zeit – nur kurz untersucht werden konnten, aufgelistet.

- Erfassung des Bekleidungszustandes von Fahrzeuginsassen  
Im Auftrag der BMW AG wurde am FORWISS in Passau eine Machbarkeitsstu-die durchgeführt. Das Ziel war es, mit Hilfe der optischen Bildaufnahme den Be-kleidungsstatus der Insassen zu bestimmen und aus dieser Information für die Heiz-/Klima-Regelung ein zusätzliches Signal zu liefern. Diese Anwendung verfolgt das Ziel, die Behaglichkeit der Insassen zu regeln. Je nach Bekleidung kann bei ein und derselben Temperatur eine andere Behaglichkeit empfunden werden. Für das FORWISS wurden mit der hochdynamischen CMOS-Kamera (Seite 61) un-terschiedliche Bekleidungssituationen im Innenraum aufgenommen. Mit einer der pixelorientierten Verarbeitung sehr ähnlichen Methode wurden die Personen vom Innenraum getrennt und die Positionen der Schulter, des Ellenbogens und des Knies anhand der Extrempunkte der binären Maske ermittelt. Ein eigens entwickeltes Fal-tenwurfkriterium wurde auf das Kantenbild der extrahierten Personen angewandt. Das Kriterium geht davon aus, daß beispielsweise ein unbekleideter Oberarm weni-ger Falten wirft, als ein bekleideter Oberarm.  
Die Simulationen haben gezeigt, daß der Bekleidungsstatus von 94 % der Oberar-me und 95 % der Unterarme korrekt erkannt wurden. Die Erkennungsrate für die Oberschenkel war etwas niedriger (81,3 %), da das Faltenwurfkriterium bei Ober-schenkeln nicht ohne weiteres zutrifft.
- Bestimmung des Sonnenstandes

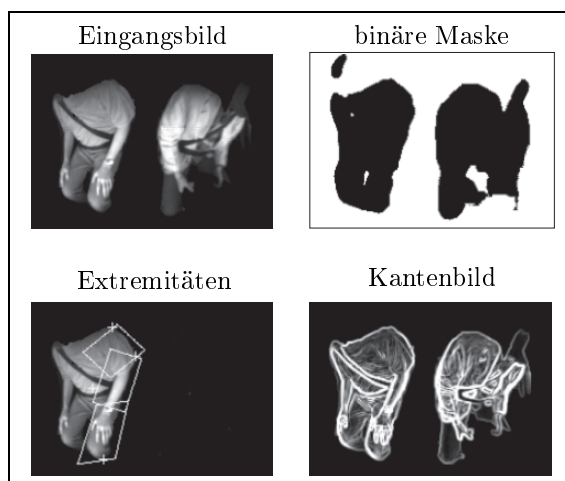


Abbildung 6.2: Bestimmung des Bekleidungszustands

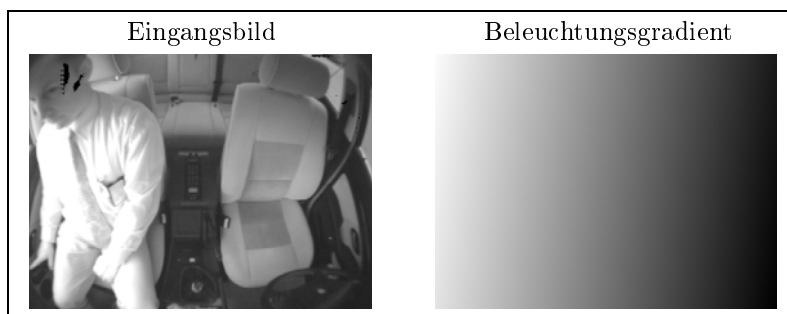


Abbildung 6.3: Bestimmung des Beleuchtungsgradienten

Für die Heiz-/Klima-Regelung ist die Kenntnis des Sonnenstandes bei sehr sonnigem Wetter ein sehr interessantes Signal, um die Behaglichkeit zu regeln. Im Moment werden Photosensoren benutzt, die den Sonnenstand direkt aus der Helligkeit bestimmen. Mit der optischen Innenraumüberwachung liegt das Bild des Innenraumes vor und die Möglichkeit nahe, den Sonnenstand aus dem Bild zu bestimmen. Mit einem Standard-Operator, der auch schon in Abschnitt 5.2.3 eingesetzt wurde, kann der Beleuchtungsgradient im Eingangsbild bestimmt werden.

- Bestimmung der Einstellung der Lüftungsgrille

Für die Heiz-/Klima-Regelung ist die Einstellung der Lüftungsgrille entscheidend für die Klimatisierung des mittleren Innenraums. Da der Aufwand für die direkte Messung der Einstellung der Lüftungsgrille zu groß ist, wurde untersucht, ob es mit Hilfe der Bildverarbeitung möglich ist.

Bei dieser Anwendung ist die Verarbeitung das geringste Problem, solange die Merkmale im Bild enthalten sind. Bei Probeaufnahmen hat sich herausgestellt, daß aus der Position Nr. 6 der Kamera die Lüftungsgrille extrem verzeichnet werden (siehe Tabelle 3.1 auf Seite 34). Außerdem sind die Abmessungen der Einstellungsrandel so klein, daß selbst bei einer Auflösung von  $(768 \times 576)$  Pixel eine Erkennung nicht möglich ist. Wie in Abb. 6.4 zu sehen ist, sind nicht alle Lüftungsgrille zu sehen.



Abbildung 6.4: Einstellung des Lüftungsgrill

- Fahrer Identifizierung und Autorisierung durch Gesichtserkennung  
Mit der KLT bzw. PCA wurde schon nachgewiesen, daß eine Erkennung einer eingeschränkten Anzahl von Personen möglich ist. Mit der Gesichtsdetektion als Vorverarbeitung kann eine Gesichtserkennung die Autorisierung durchführen.
- Automatische Einstellung der Außenspiegel  
Wenn die Positionen des Gesichts und der Augen bekannt sind, können die Außenspiegel automatisch eingestellt werden.
- Müdigkeitserkennung  
Das Problem bei der Müdigkeitserkennung ist, daß die Merkmale des Sekundenschlafs nicht eindeutig sind. Wenn aber aus der Bewegung des Gesichts und der Lidschlagfrequenz die Müdigkeit mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit abgeleitet werden kann, ist dies mit den Algorithmen, die in dieser Arbeit vorgestellt wurden, möglich.

Die pixelorientierte Verarbeitung kann auch in Anwendungen außerhalb des Fahrzeugs eingesetzt werden (siehe [76]). Es bieten sich Anwendungen zur Raumüberwachung [91], die registrieren, wieviele Personen im Raum sind. Auch die Position der Personen kann mit Hilfe der regionenbasierten Auswertung erfolgen. Automatisch öffnende Türen und Aufzüge besitzen passive Infrarot-Sensoren, um die Präsenz von Personen zu bestimmen. Mit Hilfe der hier vorgeschlagenen Ansätze kann die Bewegungsrichtung der Personen an diesen Orten bestimmt werden und die Tür nur dann geöffnet werden, wenn eine Person auf die Tür zu geht und nicht an ihr vorbei. Für die Sicherung von automatischen Garagentoren, für die noch keine volumetrische Überwachung des Gefahrenbereichs existiert, kann mit Hilfe der hier vorgestellten Verfahren eine Detektion aller Objekte durchgeführt werden.