

Fahrzeugidentifikation anhand des Kennzeichens - Anforderungen und Lösungen

TechnoTeam Bildverarbeitung GmbH, Ilmenau

Zusammenfassung: Die Anwendung der Bildverarbeitung zur Identifikation von Fahrzeugen anhand der Fahrzeugkennzeichen ist ein sehr komplexer Prozeß. Im Rahmen mehrerer Projekte wurden die technischen Möglichkeiten der Fahrzeuglokalisierung und der Bildauswertung erarbeitet und erprobt. Die Anforderungen an die Systeme sind sehr unterschiedlich. Es werden daher vielfältige Lösungsvarianten benötigt. Die vorgestellten Systeme decken dabei die Bereiche Verkehrsflußerfassung, Verkehrsüberwachung, Parkhauskontrolle und automatische Gebührenerfassung/-abrechnung ab. Besonders wichtig ist die Anpassung der Hardware (Aufnahmetechnik, Beleuchtung, Auswertelektronik) an die Anforderungen der jeweiligen Einsatzfälle.

1 Einleitung

In der heutigen Zeit ist der Straßenverkehr durch eine hohe und ständig wachsende Dichte gekennzeichnet. Das führt zu den verschiedensten Problemen, für die Lösungen gefunden werden müssen. Mit Hilfe der Bildverarbeitung können einige schwierige Aufgaben überhaupt erst in Angriff genommen oder wenigstens besser als bisher bewältigt werden. Dazu gehören:

–

Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr bestimmt werden. Die Ergebnisse einer solchen Auswertung können entweder sofort zur Steuerung des Verkehrs (durch zeitweilige Umleitung der Verkehrsströme) oder mittelbar über die Verkehrsplanung (durch eine dauerhafte Umgestaltung des Straßennetzes) verwertet werden.

– **Zutrittskontrolle/ Parkraumbewachung:**

Bestimmte Teile des Verkehrsnetzes sollen nicht für alle Verkehrsteilnehmer zugänglich sein, z.B. Firmenparkhäuser, Anwohnerparkplätze etc. Wünschenswert ist eine Kontrolle der Ein- und Ausfahrten und eine ggf. automatische Betätigung von Schrankensystemen.

– **Limit-Kontrolle:**

Erfassung von Fahrzeugen, die bestimmte Grenzwerte überschreiten (z.B. Geschwindigkeits- und Achslastkontrolle).

– **Kontrolle einer Gebührenerfassung:**

Die Benutzung vieler Parkplätze und -häuser ist gebührenpflichtig. Denkbar und in anderen Ländern üblich sind Straßenbenutzungsgebühren. Mit Hilfe von Bildverarbeitungssystemen kann eine fahrzeugbezogene Gebührenberechnung kontrolliert werden.

In allen diesen Applikationen ist die Identifikation der Fahrzeuge anhand ihres Kfz-Kennzeichens notwendig. Durch Anwendung von Systemen und Methoden der Bildverarbeitung kann diese Kennzeichenerkennung teilweise oder vollständig automatisiert werden. Die dazu von uns verwendeten Algorithmen sind teilweise in /KRÜG95/ erläutert.

Der Anwender muß sich dabei immer der Tatsache bewußt sein, daß nicht alle Kennzeichen richtig erkannt werden können. Die praktisch erreichbare Kennzeichenerkennungsrate liegt weit unter der Erkennungsrate heutzutage üblicher -OCR-Software. Das hat unter anderem folgende Gründe:

- unterschiedliche Beschaffenheit der Kennzeichen (Verschmutzung, Beschädigung durch Schrauben, Deformation, Alter der Kennzeichen)
- starke Variation der Umgebungsbedingungen (Beleuchtungsverhältnisse, Regen, Schnee)

Es werden Systemkonzepte benötigt, die einerseits die Erfassung auswertbarer Bilddaten ermöglichen und andererseits fehlertolerant sind.

2 Systemkonzepte

Für die automatische Identifikation eines Fahrzeuges anhand seines Kennzeichens müssen vier

Erfassung ausgewählter Ereignisse (incl. ggf. vorhandener Meßdaten) und der dazugehörigen Bilddaten:

1. Fahrzeugdetektion

Feststellung der Fahrzeugpräsenz im Erfassungsbereich der Aufnahmeeinrichtung sowie Ermittlung bestimmter Fahrzeugdaten (z.B. Geschwindigkeit und Fahrzeugklasse).

2. Bildaufnahme

Erfassung der Szene. Häufig ist der Einsatz von Zusatzbeleuchtung notwendig, z.B. Blitzgeräte im sichtbaren oder infraroten Spektralbereich.

Verarbeitung der erfaßten Daten:

3. Bildauswertung

Extraktion der Kfz-Kennzeichen aus den Bilddaten.

4. Datenauswertung

Applikationsspezifische Auswertung der Kennzeicheninformationen.

Für die einzelnen Teilaufgaben stehen sehr unterschiedliche, weitgehend frei miteinander kombinierbare Realisierungsmöglichkeiten zur Verfügung, die in Abb. 1 dargestellt werden.

Fahrzeugdetektion

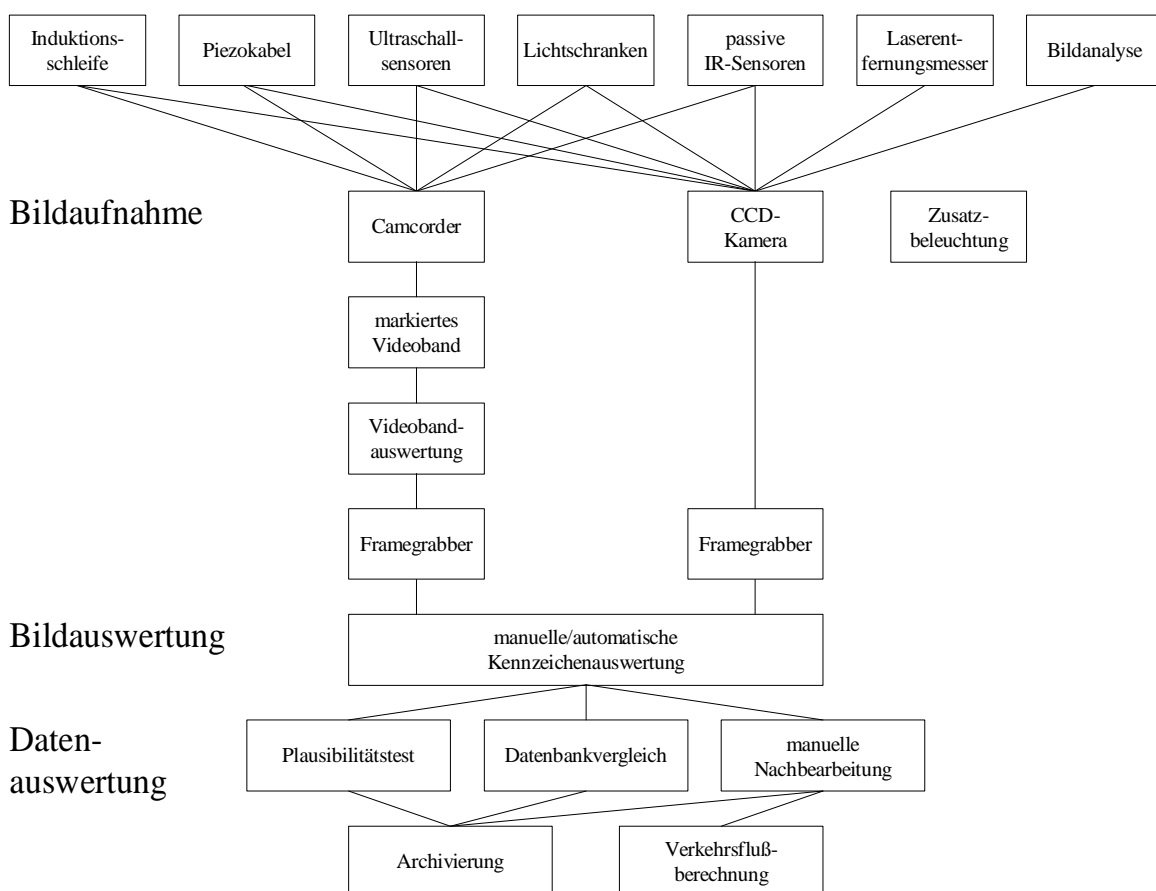


Abb. 1: Realisierungsmöglichkeiten der einzelnen Teilkomponenten eines möglichen Gesamtsystems

Die für die Fahrzeugdetektion zur Verfügung stehenden Sensoren unterscheiden sich in ihrer Reichweite, Justierbarkeit, Mobilität, Robustheit und ihrem Preis. Es hat sich gezeigt, daß die Fahrzeugdetektion durch eine Analyse der Straßenszene aus dem Livebild der CCD-Kamera unter Realweltbedingungen (Sonnenstand, Helligkeitsschwankungen, Variation der Aufnahmeverhältnisse) und mit der zum Einsatz kommenden Technik (PC) nicht möglich ist. Sehr gute Erfahrungen haben wir mit einem Laserentfernungsmesser („Laveg“, Fa. Jenoptik) und mit Piezokabeln gemacht.

Die Bilderfassung mit Hilfe von CCD-Kameras kann auf sehr unterschiedliche Art und Weise erfolgen. Durch den geringen Dynamikumfang der CCD-Matrizen ist man unter Umständen gezwungen, mehrere Kameras zu verwenden, um bestimmte Aufgabenstellungen zu lösen (z.B. Erfassung des Kennzeichens und der Umgebung des Fahrzeuges).

Wird ein Blitzgerät synchron zur Shutterzeit der CCD-Kamera gesteuert, so kann die Retroreflexion der deutschen Kennzeichen /DIN82/ ausgenutzt werden, so daß die entstehenden Kennzeichenbilder sehr kontrastreich und arm an störenden weiteren Bildanteilen sind.

Entscheidend für eine erfolgreiche Anwendung der Kennzeichenerkennung ist die fehler-tolerante Nutzung der Kennzeicheninformation.

Als Ergebnis der Bildanalyse steht nicht nur der ASCII-Code des Kennzeichens zur Verfügung, sondern es können eine Reihe weiterer Informationen abgeleitet werden. Dazu zählen u.a. die Einzelzeichenwahrscheinlichkeit und die Kennzeichengröße / -lage.

Mit Hilfe dieser Daten können verschiedene Auswertungen erfolgen:

– **Plausibilitätstest**

Der Plausibilitätstest wird verwendet, um die aus der Bildanalyse gewonnenen Kennzeichendaten mit anderen Informationen über das Fahrzeug (z.B. einer Eigenidentifikation über einen Infrarotkanal) zu vergleichen.

– **Datenbankvergleich**

Beim Datenbankvergleich wird das ermittelte Kennzeichen mit den Informationen aus einer Datenbank (zufahrtsberechtigte Kfz) verglichen.

– **Nachbearbeitung**

Mit Hilfe der manuellen Nachbearbeitung kann die Ausgangsbasis für weitere Analysen auf der Grundlage der erkannten Kennzeichen verbessert werden. Durch Auswertung der Einzelzeichenwahrscheinlichkeiten kann diese Nachbearbeitung selektiv nur für die nicht oder mit geringer Sicherheit erkannten Kennzeichen erfolgen.

Bei der Nutzung der gewonnenen Daten sind die einschlägigen Bestimmungen des Datenschutzes zu beachten.

3 Bildaufnahmetechnik

Die Auswahl der Komponenten für die Bildaufnahmetechnik (Kamera, Optik) ist entscheidend für den Erfolg der vorgestellten Systemkonzepte.

Shuttersynchrone Blitzaufnahmen, Full-Frame-Shutter Kameras und der kombinierte Einsatz von Auto-Iris-Objektiven in Verbindung mit einer begrenzten Auto-Shutter-Funktion (Erfassung von Übersichtsbildern ohne Zusatzbeleuchtung) sind nur einige Gesichtspunkte, die bei der Kameraauswahl berücksichtigt werden müssen. Die konkreten Einsatzbedingungen vor Ort (insbesondere Fahrzeuggeschwindigkeiten, Straßenbreite und mögliche Kamerastandpunkte) bestimmen die Auswahl der entsprechenden Komponenten.

Entscheidend ist auch die Auswahl der Optik. Die Anforderungen sind dabei sehr vielfältig. lichtstarke Objektive zu verwenden, da nur so die Energie der Zusatzbeleuchtung effektiv ausgenutzt werden kann.

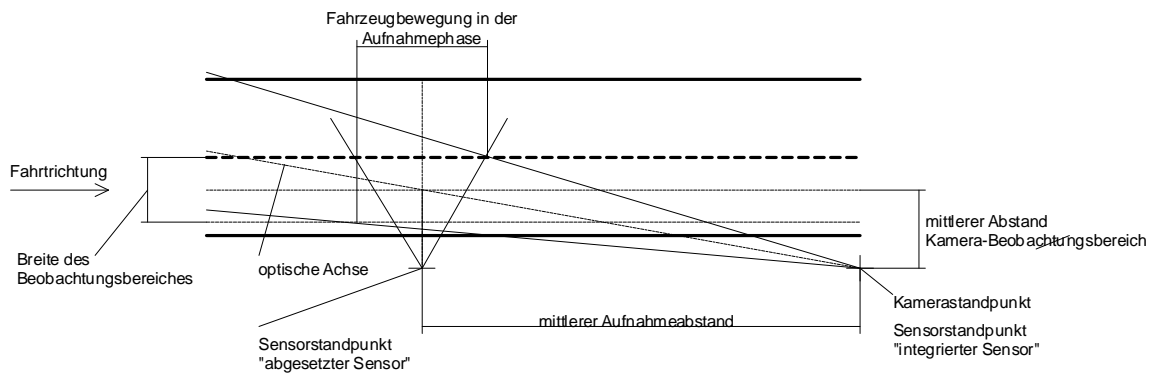


Abb. 2: Aufnahmesituation bei Applikationen der Kennzeichenerkennung

Für die Systeme bei der AGE wurden bedingt durch die hohen Fahrzeuggeschwindigkeiten relativ kleine Winkel der optischen Achse zur Fahrbahn eingestellt (Bewegungsunschärfe). Es kamen langbrennweitige Objektive ($f > 50 \text{ mm}$) zum Einsatz. Durch diese Aufnahmesituation wird die Perspektive nicht wesentlich verzerrt.

Für die Kontrollen von Parkhauseinfahrten oder bei der Zutrittskontrolle werden Aufnahmeabstände von 2-4 m bei Fahrbahnbreiten von 3-4 m eingesetzt, wobei eine starke Verzerrung der Bilder entsteht, da die Aufnahmetechnik nur am Fahrbahnrand aufgestellt werden kann. Aus diesem Grund ist der Einsatz von Shiftobjektiven vorzusehen oder die Bildebene muß zur optischen Achse beweglich gelagert sein. Hier ist sicherzustellen, daß die Objektebene parallel zur Bildebene verschoben werden kann und die optische Achse weiterhin senkrecht auf der Objektebene steht. (Abb. 3)

Die Kamertechnik muß für diesen Zwecke vorbereitet sein, und die Objektive müssen ein größeres Bildfeld ausleuchten. Man verwendet Objektive, die für größere Bildfelder gerechnet wurden (z.B. Fotoobjektive statt C-Mount).

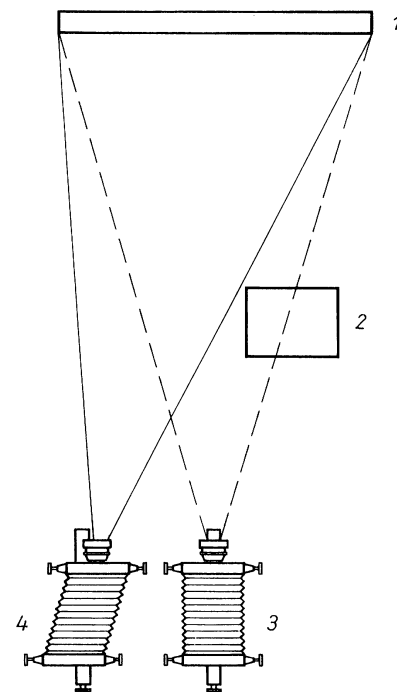


Abb. 3: Gerade Ansicht bei seitlichem Kamerastandpunkt durch waagerechte Parallelverschiebung (Grafik aus /TEIC86/) 1 Objekt; 3 Kamera normal; 4 Kamera mit waagerechter Parallelverschiebung

4 Applikationsbeispiele

4.1 Kontrolle der automatischen Gebüreneerkennung (AGE)

4.1.1 Systemkonzept und Realisierung

In Zusammenarbeit mit dem Konsortium „TELEDRIIVE“ /TT94/ wurde im Feldversuch zur AGE des Bundesministeriums für Verkehr an der Bundesautobahn A555 ein Kontrollsystem erprobt. Dieses System nimmt Fahrzeugbilder auf, aus denen Kennzeichendaten ermittelt werden und vergleicht diese mit den Informationen, die aus einer On-Board-Unit des Fahrzeuges über einen Infrarot-Kanal gesendet wurden. Der Vergleich der beiden Datensätze wird als Plausibilitätstest bezeichnet. Es werden die Fahrzeuge registriert, die kein Infrarotsignal senden oder deren Infrarotsignal wahrscheinlich nicht mit dem aus dem Bild ermittelten Kennzeichen übereinstimmt.

- Gewährleistung der Stichprobenkontrollen auf unterschiedlichen Fahrspuren
- Geringe Abhängigkeit von Witterungseinflüssen (Regen)



Abb. 5: Erfassungskopf für AGE-Systeme

Die Realisierung eines funktionierenden Enforcements erwies sich für alle Versuchsteilnehmer als Schlüsselproblem. Da unser System das einzige war, das mit vernünftigem Aufwand verwertbare Ergebnisse vorweisen konnte, haben wir gegen Ende des Feldversuches zu Demonstrationszwecken unser Enforcement auch mit dem AGE-System der Fa. DeTeMobil gekoppelt und dabei ausgezeichnete Ergebnisse erzielt. Die Systemoffenheit unseres Enforcements konnte demonstriert werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß es mit relativ geringem technischen Aufwand möglich ist, die Gebührenerfassung stichprobenartig automatisch zu kontrollieren. Die manuelle Nachbearbeitung beschränkt sich dabei nur auf die wenigen Fälle, bei denen die Gebühren wahrscheinlich nicht abgebucht wurden.

4.2 Verkehrsflußfassung

4.2.1 Zielstellung

Die Grundlage für jede Art der Verkehrsplanung, sei es für die Erweiterung bestehender Verkehrswege oder die Planung einer effektiven Verkehrssteuerung, sind aktuelle und genaue Daten über die derzeit vorliegende Verkehrssituation, die entsprechend den Anforderungen

Die Bestimmung der Verkehrssituation erfolgt durch das Verfolgen einzelner Fahrzeuge durch das zu beobachtende Verkehrsgebiet. Aus den so erhaltenen Daten lassen sich die Verkehrsströme, die Durchfahrtzeiten und andere wichtige Planungsdaten ermitteln.

Moderne Methoden der Verkehrsflußfassung, die auf der Basis von Videotechnik und digitaler Bildverarbeitung arbeiten, ermöglichen eine genaue Erfassung der aktuellen Verkehrssituation über große Zeiträume und an vielen Erfassungsstellen gleichzeitig.

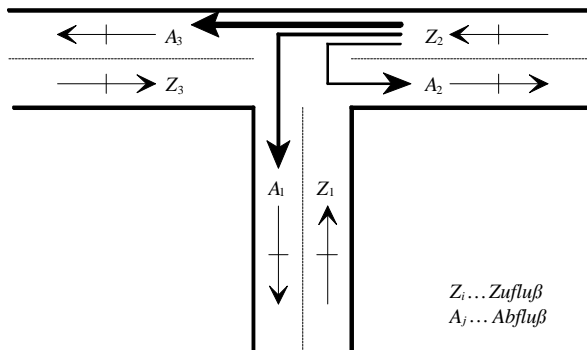


Abb. 6: Verkehrsfluß an einer einfachen Kreuzung

4.2.2 Verfahren

Das Prinzip der Verkehrsflußbestimmung besteht darin, daß über das Identifikationsmerkmal Kennzeichen ein Fahrzeug an verschiedenen Erfassungsstellen wieder identifiziert wird, und so seine Fahrtrichtung und die Durchfahrtzeit ermittelt werden kann. Beim Vergleich wird so vorgegangen, daß für jedes Kennzeichen in den Zuflußlisten korrespondierende Kennzeichen in den Abflußlisten in immer größer werdenden Zeitintervallen (Bereich 1, Bereich 2 etc.) bezogen auf die Anfangsschätzung der Durchfahrtzeit gesucht werden. Dabei kann in mehreren Schritten die Schwelle für die benötigte Übereinstimmungswahrscheinlichkeit heruntersetzt werden. Neben den Anfangsschätzungen wird eine minimale und maximale Zeitverschiebung für den Durchfluß vereinbart. Alle Fahrzeuge, die außerhalb dieser Zeitverschiebung von einem Zufluß zu einem Abfluß fahren, werden als Quellverkehr und als Zielverkehr gezählt. Aus der Zusammenfassung der Daten aller erfaßten Fahrzeuge in einem bestimmten Zeitraum lassen sich dann die für die Verkehrsplanung wichtigen Daten ermitteln.

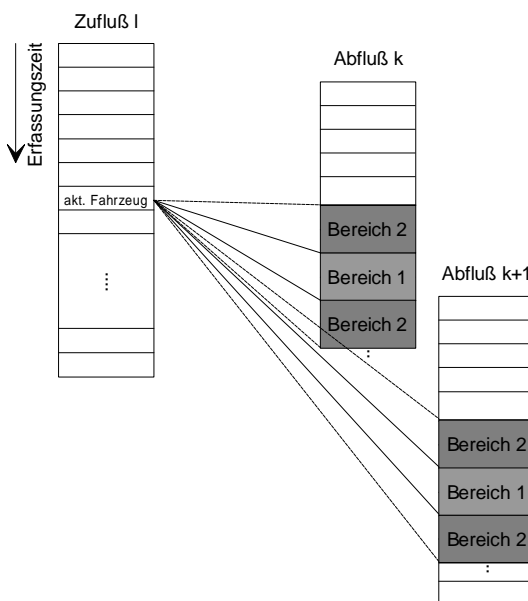


Abb. 7: Zuordnung der eines Fahrzeuges

		Abfluß					$Z(i) = \sum_j Q(i, j)$
		0	1	2	...	m	
Zufluß	0	0	Quellverkehr				
	1	Zielv.					
	2						
	...						
	n						
$A(j) = \sum_i Q(i, j)$							

Tab. 1: Verkehrsdatenmatrix als Ergebnis einer Verkehrsflußanalyse

4.2.3 Realisierung

Bei der von uns angewendeten Methode wird die Verkehrsflußerfassung in zwei Schritte eingeteilt:

1. Erfassung der Verkehrssituation auf markierten analogen Videobändern
2. Auswertung der Videobänder im Labor mit anschließender Berechnung der Verkehrsdaten

Entscheidend für die Wahl der erläuterten Systemkonzeption war, daß für eine Verkehrsflußerfassung meist 10-20 Erfassungsstellen benötigt werden. Deshalb müssen die Kosten je Erfassungsstelle so klein wie möglich gehalten werden.

An den Aufnahmestellen werden Camcorder installiert, die die vorbeifahrenden Fahrzeuge auf ein Videoband aufzeichnen. Auf der Fahrbahn wird ein Piezokabel angebracht (Abb. 8).

Über eine Auswerteschaltung wird ein Zweifrequenzsignal zur Aufzeichnung auf der Tonspur bereitgestellt und damit die Überfahrt jedes Kfz auf der Tonspur markiert. Mit Hilfe anderer Sensoren lassen sich auch weitere Daten (Fahrzeugklasse, Geschwindigkeit) mit erfassen. Die markierten Bilder des Videobandes werden in der Auswertephase im Labor detektiert und digitalisiert. Zur Auswertung werden die Videobänder aller Stationen nacheinander an einem PC bearbeitet.



Abb. 8: Beispielbild aus einer Verkehrsflußanalyse.

Die Auswertung besteht aus einer automatischen Kennzeichenerkennung, die manuell nachbearbeitet werden kann, wenn die Wahrscheinlichkeit für ein richtig erkanntes Kennzeichen zu klein ist. Durch den oben beschriebenen Vergleich der Kennzeichenlisten werden die benötigten Verkehrsflußdaten ermittelt.

Das System wurde bei Verkehrsflußerfassungen im Raum Mainz und Kassel angewendet und ermöglicht eine erhebliche Personaleinsparung bei der Auswertung der Videobänder. Die erreichbare statistische Sicherheit der Auswertungen ist so hoch, daß der Fehler unterhalb der tages- bzw. witterungsbedingten Verkehrsschwankungen liegt.

4.3 Zutrittskontrolle und Parkraumüberwachung

4.3.1 Zielstellung

Die Aufgabe eines Zutrittssystems ist die Zuordnung eines Fahrzeuges zu einem bekannten Datensatz im System. Dieser Datensatz kann aus einer Datenbank stammen, die alle berechtigten Fahrzeuge enthält oder aus der zur Verfügung stehenden Zusatzinformation (TAG-Systeme bzw. Ticketlesegeräte) ermittelt werden.

Ein wesentliches Merkmal ist dabei das Fahrzeugkennzeichen. Wenn ausschließlich das Kennzeichen aus dem Bild ermittelt werden soll, so kann die Systemkonzeption voll darauf abgestimmt werden. An den Zufahrten zu Parkhäusern und zu Firmengeländen lassen sich auf Grund eingengter Fahrspuren, langsam fahrender Fahrzeuge und guter Befestigungsmöglichkeiten für den Aufnahmekopf günstige Aufnahmebedingungen herstellen.

4.3.2 Verfahren

Die Zutrittskontrolle kann auf zwei Arten erfolgen:

1. Am Eingang eines zu überwachenden Bereiches werden die Fahrzeugdaten (Kennzeichen und andere fahrzeugspezifische Eigenschaften) bestimmt und mit den Daten einer Datenbank oder der On-Board-Unit des Fahrzeugs verglichen. Das Vergleichsergebnis kann zur Steuerung der automatischen Zufahrt verwendet werden.
2. Die am Eingang bestimmten Fahrzeugdaten werden auf dem Parkhausticket abgelegt. Beim Verlassen des Parkhauses werden die hier ermittelten Daten mit denen des Tickets verglichen. Nur wenn hier beide Datensätze hinreichend übereinstimmen, darf das Fahrzeug den Bereich wieder verlassen.

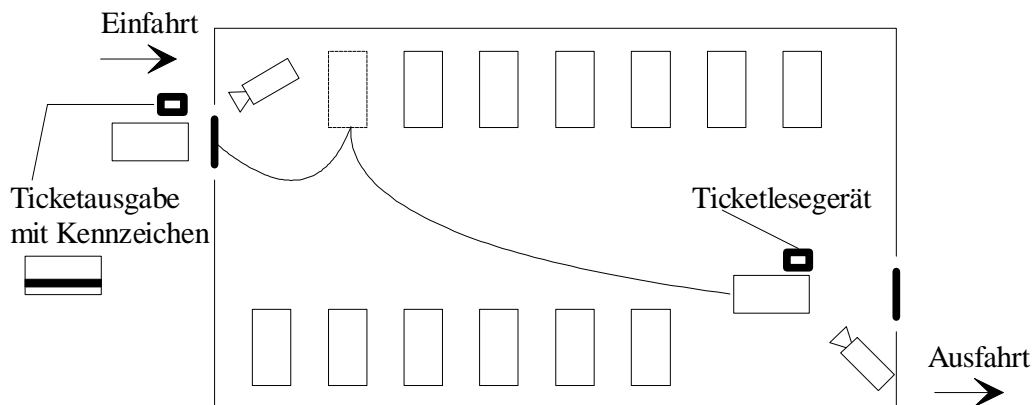


Abb. 9: Verfahren der Parkraumkontrolle

4.3.3 Realisierung

Der Aufnahmekopf (Abb. 10) besteht in diesem Fall aus einer CCD-Kamera, die in einen LED-Ringblitz integriert wird. Optional kann ein Netzteil und ein PC-104 Modul zur Auswertung hinzukommen. Es kann so ein kleiner Aufnahmekopf mit hoher Lebensdauer realisiert werden. Durch hohe Redundanz bei den Kennzeichen und eingengten Fahrspuren können sehr hohe Sicherheiten bei der Zuordnung der Kennzeichen erzielt werden.

Zur Auswertung der Bild- und Sensordaten wird je nach örtlichen Voraussetzungen ein Industrie-PC, ein Standard-PC bzw. ein PC-104 Modul verwendet.

Mit derartigen Systemen ist es möglich, die Sicherheit in dem zu überwachenden Parkraum erheblich zu erhöhen, da jedes Fahrzeug dann einem bestimmten Ticket zugeordnet werden kann. Weiterhin kann der Mißbrauch der Ticketsysteme weitgehend eingeschränkt werden.



Abb. 10: Aufnahmekopf eines Systems für Zutrittskontrollen

5 Zusammenfassung

Mit den vorgestellten Systemen kann der Aufwand gegenüber bisher verwendeten manuellen Methoden erheblich reduziert werden.

Es wurden Systemkonzepte vorgestellt, die dem jeweiligen Problem angepaßt wurden. Als Zielstellung wurde eine ausreichende Sicherheit bei den Ergebnisdaten bei möglichst niedrigen

Erreichbare Erkennungsraten liegen bei bis zu 80% vollständig richtig erkannter Kennzeichen. Bei den restlichen 20% sind in der Regel 1-2 Zeichen falsch.

Diese Erkennungsraten sind für unsere Applikationen durchaus ausreichend. Sowohl bei der Verkehrsflußanalyse als auch beim Plausibilitätstest im Projekt „AGE“ ist eine Wahrscheinlichkeitsaussage beim Vergleich zweier Kennzeichen gefordert. Ähnliche Überlegungen treffen auch für die Zutrittskontrolle und die Parkraumüberwachung zu, wenn die Kennzeichenerkennung bestehende Abrechnungs- bzw. Sicherungssysteme ergänzt.

Bei der Identifikation unbekannter Fahrzeuge (Geschwindigkeits- und Achslastkontrolle) ist eine manuelle Nachbearbeitung in jedem Fall erforderlich, um die hier geforderten hohen Sicherheiten zu gewährleisten.

Literaturquellen:

- /DIN82/ DIN 67520: Retroreflektierende Materialien zur Verkehrssicherung. Deutsche Norm, Teil 1 und 3, Sept. 1982, Teil 2 Juni 1989
/KRÜ95/ Krüger, U.; Poschmann, R.: Einsatz der Bildverarbeitung zur Fahrzeugidentifikation. Vision Jahrbuch 1995
/TEIC86/ Teicher, G.: Handbuch der Fototechnik. Fotokinoverlag Leipzig, 1986
/TT94/ N. N.: TechnoTrend System TELEDRIIVE. Autobahn-Tech 2/94, S. 18-19

Autoren:

PD Dr.-Ing. habil. Schmidt, Franz
Dipl.-Ing. Krüger, Udo
TechnoTeam Bildverarbeitung GmbH
Ehrenbergstraße 11
98693 Ilmenau
Tel.: 03677/ 668480
Fax.: 03677/ 668472

Email: franz.schmidt@technoteam.de

Email: udo.krueger@technoteam.de

Weitere Informationen über die
Firma TechnoTeam sind unter:
<http://www.technoteam.de> zu finden.