

Einsatz der Bildverarbeitung zur Fahrzeugidentifikation

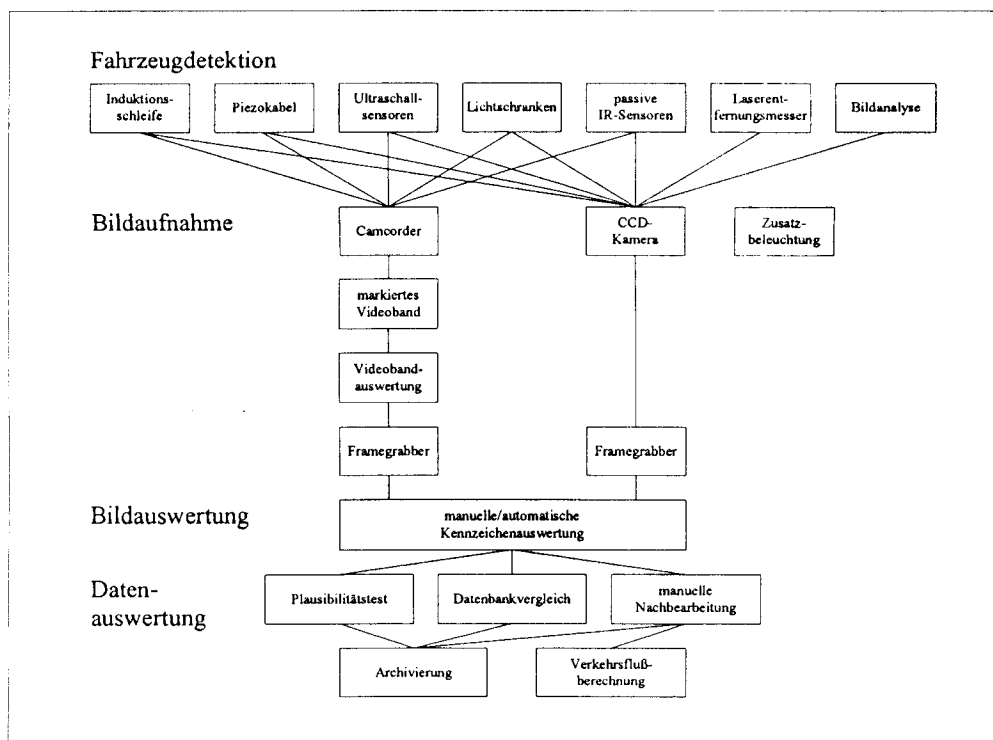


Abb. 1: Realisierungsmöglichkeiten der einzelnen Teilkomponenten eines möglichen Gesamtsystems

Zusammenfassung:

Die Identifikation von Fahrzeugen anhand ihrer Kennzeichen ist eine im Bereich des Verkehrsmanagements an verschiedenen Stellen zu lösende Aufgabe. Es wird gezeigt, mit welchen Ansätzen die verschiedenen Aufgabenstellungen bewältigt werden können. Für die Problemstellungen der Verkehrsflußanalyse, der Zutrittskontrolle und der Kontrolle der automatischen Gebührenerfassung werden Systeme und Konzepte vorgestellt.

AUTOREN:

DIPL.-ING. KRÜGER, UDO

DR.-ING. POSCHMANN, RALF

TECHNOTEAM BILDVERARBEITUNG GMBH

LANGWIESENER STR.16

98693 ILMENAU

TELEFON 0 36 77 / 66 32 60

FAX 0 36 77 / 66 32 86

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 (u.a. /LOHM94/). Mit Hilfe der Bildverarbeitung können einige schwierige Aufgaben überhaupt erst in Angriff genommen oder wenigstens besser als bisher bewältigt werden. Dazu gehören:

- Verkehrsflußanalyse:
Für ein räumlich begrenztes Gebiet werden an ausgewählten Punkten die vorbeifahrenden Fahrzeuge registriert. Daraus können 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:
Bestimmte Teile des Verkehrsnetzes sollen nicht für alle Verkehrsteilnehmer zugänglich sein. (z.B. Firmenpark-

häuser, Anwohnerparkplätze etc.) Wünschenswert ist eine automatische Überwachung bzw. Registrierung von Regelverstößen.

- Geschwindigkeitskontrolle/ Rotlichtüberwachung:
Hier soll eine Erfassung des Fahrzeuges bei Überschreitung der zulässigen Geschwindigkeit bzw. bei Nichtbeachtung einer Ampel erfolgen.
- Gebührenerfassung:
Die Benutzung vieler Parkplätze und -häuser ist gebührenpflichtig. Denkbar und in anderen Ländern üblich sind Straßenbenutzungsgebühren. Mit Hilfe von Bildverarbeitungssystemen kann eine fahrzeugbezogene Gebührenerfassung erfolgen.

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.

2 Systemkonzepte

Für die automatische Identifikation eines Fahrzeuges anhand seines Kennzeichens müssen vier Teilaufgaben gelöst werden:

- Fahrzeugdetektion
Feststellung der Fahrzeugpräsenz im Erfassungsbereich der Aufnahmeeinrichtung.
- Bildaufnahme
Erfassung der Szene. Häufig ist der Einsatz von Zusatzbeleuchtung notwendig, z.B. Blitzgeräte im sichtbaren oder infraroten Spektralbereich.
- Bildauswertung
Extraktion der Kfz-Kennzeichen aus den Bildern (siehe Abschnitt 4).
- Datenauswertung
Die Verwendung der Kennzeichen hängt ab vom Anwendungsfall (siehe Abschnitt 3).

Für die einzelnen Teilaufgaben stehen sehr unterschiedliche, weitgehend frei miteinander kombinierbare Realisierungsmöglichkeiten zur Verfügung, die in der folgenden Grafik auszugsweise dargestellt werden.

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 wurden 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

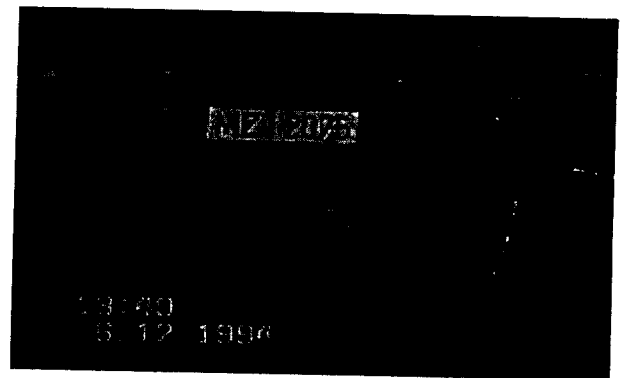


Abb. 2: Beispielbild aus einer Verkehrsflußanalyse.

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.

Die aus der Bildanalyse ermittelten Kennzeichendaten können Grundlage verschiedener Auswertungen sein.

- Plausibilitätstest
Der Plausibilitätstest wird verwendet, um die aus der Bildanalyse gewonnenen Kennzeichendaten mit anderen Informationen über das Fahrzeug zu vergleichen. Siehe zum Beispiel Abschnitt 3.2.
- Datenbankvergleich
Beim Datenbankvergleich wird das ermittelte Kennzeichen mit den Informationen aus einer Datenbank (zufahrtsberechtigte Kfz) verglichen. Je nach Ergebnis können verschiedene Aktionen erfolgen.
- Nachbearbeitung

Mit Hilfe der manuellen Nachbearbeitung kann die Ausgangsbasis für weitere Analysen auf der Grundlage der erkannten Kennzeichen verbessert werden.

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

3 Realisierte Systeme

3.1 Verkehrsflußfassung

Zur Verkehrsflußfassung werden an den Aufnahmestellen Camcorder installiert, die die vorbeifahrenden Fahrzeuge auf ein Videoband aufzeichnen. Auf der Fahrbahn wird ein Piezokabel angebracht (Abb. 2). Über eine Auswerteschaltung wird ein Zweifrequenzsignal zur Aufzeichnung auf der Tonspur bereitgestellt und damit die Überfahrt jedes Kfz auf der Tonspur markiert. Die markierten Bilder des Videobandes werden in der Auswertephase im Labor detektiert und digitalisiert.



Abb. 3: Aufnahmekopf eines Enforcements für die automatische Gebührenerfassung

Die Auswertung besteht aus einer automatischen Kennzeichenerkennung, die manuell nachbearbeitet wird, wenn die Wahrscheinlichkeit für ein richtig erkanntes Kennzeichen zu klein ist. Durch den Vergleich der Kennzeichenlisten verschiedener Erfassungsstellen können mit Hilfe eines unscharfen Vergleichsalgorithmus die Verkehrsflüsse ermittelt werden.

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

Für diese Aufgabenstellung wurde von TechnoTeam ein System realisiert, das markierte Videobänder einlesen und auswerten kann. Über eine angepaßte Nutzeroberfläche können die Daten durch den Nutzer einfach verwaltet und nachbearbeitet werden. Für kurzfristige (tagesweise) Verkehrsflußerfassungen auf Bundes- und Landesstraßen wurden einfache Sensoren auf der Basis von Piezokabeln entwickelt. Dieses System wird derzeit von einem führenden Vertreter auf dem Gebiet der Verkehrstechnologie eingesetzt.

3.2 Kontrolle der automatischen Gebührenerfassung (AGE)

In Zusammenarbeit mit dem Konsortium "TELEDRIIVE" /TT94/ wurde von TechnoTeam für den Feldversuch zur

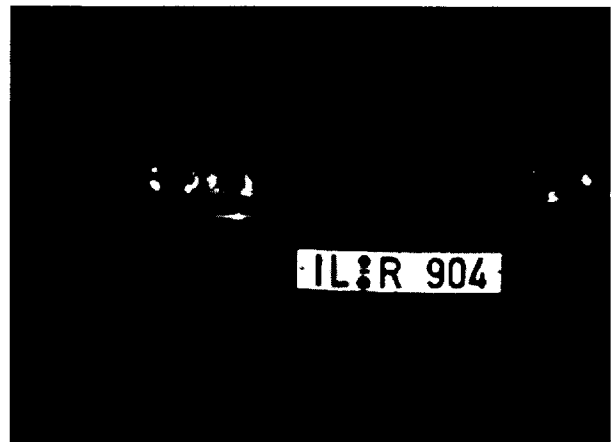


Abb. 4: Ausgangsbild für die Kennzeichenerkennung bei der Kontrolle der AGE

AGE des Bundesministeriums für Verkehr an der Bundesautobahn A555 ein Kontrollsystem erstellt und erprobt.

Im Szenario des Konsortiums "TELEDRIIVE" erfolgt die Gebührenerfassung in einer On-Board-Elektronikeinheit (Obu), die durch Hochfrequenzsender kleiner Leistung am Fahrbahnrand Autobahnabschnittsweise mit den notwendigen Informationen (Gebührensatz, Erfassungsstelle usw.) versorgt wird. Zur Kontrolle der Buchungsvorgänge wird die Obu ebenfalls durch einen kleinen Sender an der Kontrollstelle zur Rückmeldung über einen Infrarotkanal angeregt. Diese Rückmeldung erfolgt nur bei korrekter Buchung im aktuellen Erfassungsbereich.

Das Kontrollsystem nimmt Fahrzeugbilder auf, aus denen Kennzeichendaten ermittelt werden und vergleicht diese mit den Informationen, die aus der Obu des Fahrzeuges über den 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.

Das eingesetzte Erfassungssystem besteht aus einem Aufnahmekopf (mit Laserentfernungsmesser, Blitzgerät, Optik für den Empfang der Obu-Infrarot-Signale und 2 CCD-Kameras) und aus einem Steuerrechner (PC mit Framegrabber/Kompressionskarte und Blitzsteuerung). Der Datenaustausch mit der Auswertestation erfolgt über den Austausch einer Wechselfestplatte.

Je eine Kamera erfaßt ein Übersichtsbild zur Beurteilung der Gesamtsituation und ein Bild zur Kennzeichenermittlung (Beispielbild siehe Abb. 4). Für die Aufnahme des Kennzeichenbildes wird mit einem Infrarotblitzgerät gearbeitet. Das geblitzte Bild dient als Grundlage für die sofortige Analyse des Kennzeichens im steuernden Rechner und dem Vergleich mit dem Datensatz der On-Board-Unit.

Dieses System hat sich von Mai 1994 bis Juni 1995 (Dauer des Feldversuches vom BMV) hervorragend bewährt.

In Auswertung der Daten des Feldversuches, die mit einem ersten System AGE1 erfaßt wurden, konnte von den de-

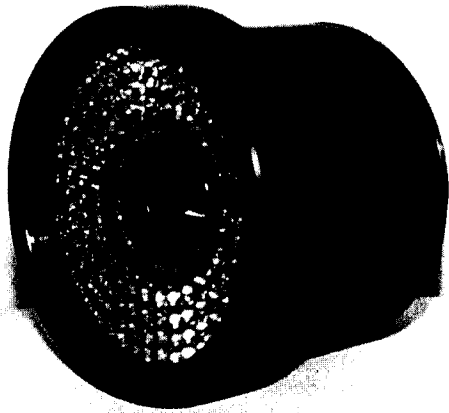


Abb. 5: Aufnahmekopf eines Systems für Zutrittskontrollen

tektierten Fahrzeugen bei 69% der Aufnahmen ein Kennzeichen gefunden werden (Mittelwert aller Testtage, d.h. über verschiedenste Wetter- und Umgebungssituationen). Die Fehlerrate von 31 % hat verschiedene Ursachen (zu dicht aufgefahrne Fahrzeuge, keine retroreflektierenden Kennzeichen, Suchalgorithmus konnte den Kennzeichenort nicht exakt bestimmen).

Wenn das Kennzeichen gefunden wurde, konnte bei über 95% aller Fälle die Zuordnung zu einem ggf. vorhandenen OBU-Signal mit einer Wahrscheinlichkeit von über 70% erfolgen, was dazu führt, daß die Kontrolle erfolgreich abgeschlossen wird und die Bilder verworfen, d.h. nicht gespeichert werden.

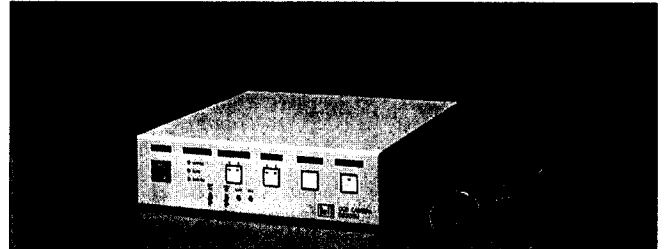
Mit dem neu entwickelten Enforcement AGE2 konnten durch verbesserte Bildaufnahmetechnik die Erkennungsraten erhöht werden. Unter realistischen Bedingungen an der A555 wurden bei 85% der erfaßten Fahrzeuge Kennzeichen gefunden, wobei nur ein sehr geringer Teil der Fehlfunktionen algorithmisch bedingt ist. (Die restlichen Fehler wurden durch nicht retroreflektierende Kennzeichen und zu dicht aufgefahrne Fahrzeuge verursacht.)

3.3 Zutrittssysteme

Die Aufgabe eines Zutrittssystems ist die Zuordnung eines Fahrzeuges zu einem bekannten Datensatz im System. 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 Aufnahmesituationen erzielen.

Der Aufnahmekopf besteht in diesem Fall aus einer CCD-Kamera, die in einen LED-Ringblitz integriert wird. Es kann so ein kleiner Aufnahmekopf mit hoher Lebensdauer reali-

Jetzt gibt's CCD für's Auge



Für alle Leute mit besonderen Anforderungen haben wir die CS 3130M im Programm.

Asynchronshutter. Integrierter Bildspeicher.

Eine Kamera mit 440.000 Pixel, Belichtungszeiten bis 1/500.000 sek. und Lanzeitbelichtungsmöglichkeit.

Wenn Sie mehr über unser umfangreiches Kamera-Programm wissen wollen, rufen Sie uns an oder schreiben Sie uns.

CCD-Schwarz/Weiß und Color-Kameras für Industrie, Medizin und Wissenschaft.



TOKYO ELECTRONIC INDUSTRY

Europe Office: Dr. Seitner GmbH - Mühlbachstr. 20 - D-82229 Seefeld
Tel.: (int. +49)-81 52/7 90 64 - Fax.: (int. +49)-81 52/7 98 80

siert werden.

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.

4 Algorithmen zur Bildauswertung

Die für die Bildauswertung benötigten Algorithmen können in die Komponenten Kennzeichensuche, Kennzeichenbinarisierung, Zeichenseparation, Zeichenerkennung und Nachbearbeitung unterteilt werden. Ergebnis der Algorithmenentwicklung sind Verfahren, die auf einem PC-486 ohne Hardwareunterstützung in 1.5 s (AGE) bzw. 3 s (Verkehrsfußfassung) das Kennzeichen ermitteln. Der Zeitunterschied zwischen den Varianten ergibt sich überwiegend aus den unterschiedlichen Algorithmen zur Kennzeichensuche.

Bildverarbeitung

4.1 Kennzeichensuche

Kennzeichen, die mit Hilfe von Zusatzbeleuchtung aufgenommen wurden (Beispielbild siehe Abb. 2), können sehr schnell bearbeitet werden:

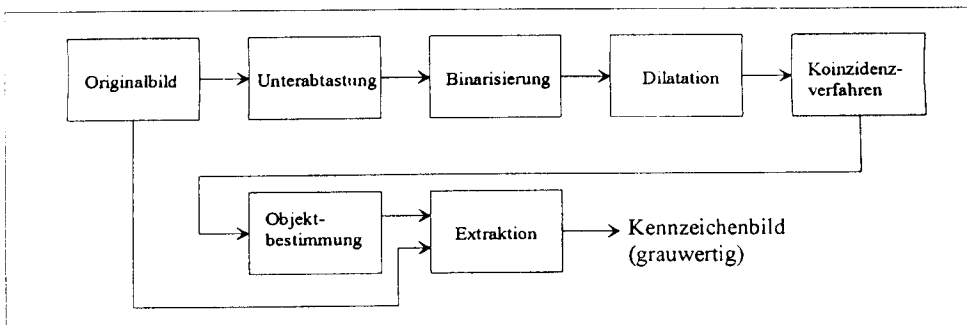


Abb. 6: Kennzeichenextraktion in geblitzten Aufnahmen (Prinzipdarstellung)

Kennzeichen, die ohne Zusatzbeleuchtung aufgenommen wurden (Beispielbild siehe Abb. 2), erfordern einen aufwendigeren Algorithmus. Es werden Techniken der Texturanalyse angewendet.

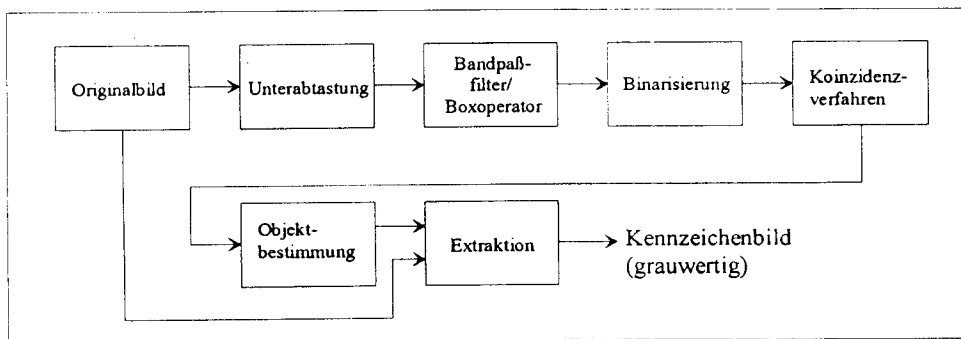


Abb. 7: Kennzeichenextraktion in Aufnahme ohne Zusatzbeleuchtung (Prinzipdarstellung)

Nach der Bestimmung des ungefähren Kennzeichenortes ist der genaue Kennzeichenrand zu ermitteln, um für die Binarisierung und die anschließende Zeichenseparation günstige Voraussetzungen zu schaffen.

4.2 Binarisierung

Mit Hilfe einer adaptiven Schwellersuche aus dem Histogramm des ermittelten Kennzeichenbildes wird eine globale Binarisierungsschwelle für das Kennzeichen ermittelt. Als günstig hat sich dabei ein Verfahren herausgestellt, das auf der Basis der Diskriminanzanalyse arbeitet. Es wird die Between-Class-Variance maximiert (harte Clusteranalyse mit zwei Clustern im Histogramm) /OTSU79/. Lokale Binarisierungsverfahren können aus Zeitgründen nicht eingesetzt werden.

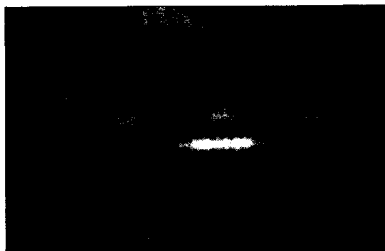


Abb. 8: Kennzeichenextraktion bei Aufnahmen ohne Zusatzbeleuchtung (Beispielbild)

4.3 Zeichenseparation

Die Zeichenseparation bestimmt aus dem Binärbild mit Hilfe eines Zeilenkoinzidenzverfahrens die umschreibenden Rechtecke der Zeichenkandidaten. Da die Binarisierung durch strukturelle Kennzeicheneigenschaften (Schrauben, TÜV-Märkte etc.) und durch Verschmutzung Ergebnisse liefert, bei denen einige Zeichen zusammenkleben, werden zwei Binärbilder verwendet. Das erste Bild ist das Ergebnis der obigen Binarisierung. Im zweiten Bild wird auf der Grundlage der Projektion des Grauwertbildes in Spaltenrichtung versucht, die Zeichen zu trennen /KRÜG94/.

4.4 Zeichenerkennung

Die einzelnen Zeichenkandidaten werden in einer OCR-Bibliothek in ASCII-Zeichen umgewandelt. Die von uns verwendete Bibliothek "Famulus" der Fa. RE-Recognition /FAMU93/ arbeitet auf der Basis der Winkelschnittanalyse /SCHW93/ und einem neuronalen Netzwerk als Klassifikator und ist daher weitgehend unempfindlich gegen Störungen (Konturverlauf, Pixelausfälle). Für jeden Zeichenkandidaten können mehrere ASCII-Codes (sogenannte Alternativen) mit den zugehörigen Wahrscheinlichkeiten ermittelt werden.

4.5 Nachbearbeitung

Die ermittelten Einzelzeichen werden zu Zeichenketten zusammengefaßt. Dabei werden Alternativen, Wahrscheinlichkeiten und uns bekannte Eigenheiten der OCR-Bibliothek berücksichtigt. Sollen deutsche Kennzeichen ausgegeben werden, so kann regelbasiert das Ergebnis weiterbearbeitet werden.

5 Zusammenfassung

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

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 ausreichend. Ähnliche Forderungen treffen auch für weitere Anwendungsfälle zu, z.B. Parkhäuser/-plätze mit eingeschränktem Nutzerkreis.

Bei der Identifikation unbekannter Fahrzeuge ist eine manuelle Nachbearbeitung in jedem Fall erforderlich, um die hier geforderten hohen Sicherheiten zu gewährleisten.

Die von TechnoTeam entwickelte Gerätetechnik wurde inzwischen auch für die Kontrolle bei der Erfassung weitere Verkehrsdaten weiterentwickelt und bei Partnern erprobt (Geschwindigkeits- und Gewichtskontrolle).

C-Mount-Objektive der KOMPAKT-Baureihe ...



**... sind das Non Plus Ultra
für die Bildverarbeitung**

Übrigens sind wir für unsere umfassende
Kundenberatung bestens bekannt.



Jos. Schneider Optische Werke Kreuznach GmbH & CO. KG
 PF 2463 · 55513 Bad Kreuznach · Ringstraße 132 · 55543 Bad Kreuznach
 Tel.: 06 71 / 60 12 87 · Fax: 06 71 / 60 11 08

Literaturquellen:

- [DIN82] DIN 67520: Retroreflektierende Materialien zur Verkehrssicherung. Deutsche Norm, Teil 1 und 3, Sept. 1982, Teil 2 Juni 1989
- [FAMU93] N.N.: Dokumentation zur Entwicklungsumgebung des Programmpaketes "FAMULUS". RE Recognition Technology GmbH, 1993
- [KRÜG94] Krüger, U.: Automatische und interaktive Auswertung von Fahrzeugkennzeichen. Diplomarbeit, TU Ilmenau, 1994
- [LOHM94] Lohmann, L. u.a.: Einsatzmöglichkeiten der digitalen Bildauswertung im Verkehrswesen. Vision Jahrbuch 1994, S. 35-38
- [OTSU79] Otsu, Nobuyuki: A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms. IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. SMC-9, No. 1, Jan. 1979, pp. 62 - 66
- [SCHW93] Schwarz, Hans-Ulrich: Schnittmuster - Handschrifterkennung mit der Winkelschnittanalyse. Magazin für Computer Technik (CT), 1993 Heft 11, S.248 - 252
- [TT94] N. N.: TechnoTrend System TELEDRIIVE. Autobahn-Tech 2/94, S. 18-19