

# Kfz-Kennzeichen-Erkennung

**Prof. Dr. Harald Kipke**

Fakultät Bauingenieurwesen  
Technische Hochschule Nürnberg

**Prof. Dr. Christine Rademacher**

Fakultät Angewandte Mathematik, Physik, Allgemeinwissenschaften  
Technische Hochschule Nürnberg

**Prof. Dr. Elke Wilczok**

Fakultät Angewandte Mathematik, Physik, Allgemeinwissenschaften  
Technische Hochschule Nürnberg

**Patrick Schwentek M. Eng.**

Fakultät Bauingenieurwesen  
Technische Hochschule Nürnberg

**Jochen Keilholz**

Fakultät Angewandte Mathematik, Physik, Allgemeinwissenschaften  
Technische Hochschule Nürnberg

**Benjamin Karakus**

Fakultät Angewandte Mathematik, Physik, Allgemeinwissenschaften  
Technische Hochschule Nürnberg

**Zusammenfassung:**

Für die kommunale Verkehrsplanung sind zuverlässige Informationen über die Auslastung von Straßen, Radwegen, Parkplätzen etc. unerlässlich. In Nürnberg werden aus diesem Grund bereits seit den 1970er-Jahren regelmäßig sogenannte Querschnittszählungen durchgeführt. Bis heute sind solche Zählungen zum Großteil Handarbeit und werden oft von Schülerinnen und Schülern durchgeführt.

Konventionelle Zählungen ermöglichen eine Differenzierung nach Ort, Zeit und Fahrzeuggattung. Sie sind jedoch nicht in der Lage, Verkehrsströme über den Messpunkt hinaus weiter zu verfolgen. Oft interessieren aber weniger die Verkehrsstärken an den Zu- und Abflussstellen eines komplexen Verkehrsknotenpunktes als vielmehr der Verkehrsfluss von A nach B. Könnte man in A und B erfasste Fahrzeuge miteinander identifizieren, ließe sich der Verkehrsfluss zwischen beiden Orten aus den punktuellen Messungen rekonstruieren. Kfz-Kennzeichen vorbeifahrender Autos können schwerlich von Schülerinnen und Schülern am Straßenrand notiert werden, von der Verschlüsselung der Daten ganz zu schweigen. Hier sind Kameras und Computer-Programme gefragt. Kameras produzieren aber keine Buchstaben und Ziffern, nur Pixelbilder. Aus solchen muss die Nutzinformation erst einmal mit Algorithmen der Bildverarbeitung und der Mustererkennung extrahiert werden. Für Fotos parkender Autos wurde im Rahmen des hier beschriebenen Anwendungsprojekts eine Software entwickelt. Mit ihrer Hilfe kann die Dauer öffentlich abgestellter Fahrzeuge statistisch erfasst werden, was eine wichtige Grundlage zur Steuerung und Bewirtschaftung des öffentlichen Parkraums darstellt.



## 1. Projektdaten

Fördersumme	5.000 Euro
Laufzeit	März bis August 2015
Fakultät	Bauingenieurwesen Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften
Projektleitung	Prof. Dr. Harald Kipke
Kontaktdaten	E-Mail: <a href="mailto:harald.kipke@th-nuernberg.de">harald.kipke@th-nuernberg.de</a>

## 2. Ausgangslage

Für die kommunale Verkehrsplanung sind zuverlässige Informationen über die Auslastung von Straßen, Radwegen, Parkplätzen etc. unerlässlich. In Nürnberg werden aus diesem Grund bereits seit den 1970er-Jahren regelmäßig sogenannte Querschnittszählungen durchgeführt. Bis heute sind solche Zählungen zum Großteil Handarbeit. Bekannt sind die alljährlichen Schüler-Projekte, bei denen von 6 bis 22 Uhr an verschiedenen Knotenpunkten im Stadtgebiet Strichlisten über FußgängerInnen, Fahrräder, Motorräder, Lkws und Pkws erstellt werden.

Konventionelle Zählungen ermöglichen eine Differenzierung nach Ort, Zeit und Fahrzeuggattung. Sie sind jedoch nicht in der Lage, Verkehrsströme über den Messpunkt hinaus weiter zu verfolgen. Oft interessieren aber weniger die Verkehrsstärken an den Zu- und Abflussstellen eines komplexen Verkehrsknotenpunktes als vielmehr der Verkehrsfluss von A nach B. Könnte man in A und B erfasste Fahrzeuge miteinander identifizieren, ließe sich der Verkehrsfluss zwischen beiden Orten aus den punktuellen Messungen rekonstruieren.

Eindeutiges Erkennungsmerkmal jedes Kraftfahrzeugs ist sein Nummernschild. Aus Datenschutzgründen ist die explizite Erfassung von Kfz-Kennzeichen verboten. Für die Identifikation eines Fahrzeugs reicht aber bereits ein aus dem Kfz-Kennzeichen berechneter, verschlüsselter Code. Die Auswertung des Ortskennzeichens (N, FÜ, LAU...) unterliegt keinerlei Einschränkungen. Mit Hilfe des Ortskennzeichens lassen sich ergänzende Informationen zu Pendlerströmen gewinnen – auch über das Erfassungsgebiet der Zählung hinaus.

Kfz-Kennzeichen vorbeifahrender Autos können schwerlich von Schülerinnen und Schülern am Straßenrand notiert werden, von der Verschlüsselung der Daten ganz zu schweigen. Hier sind Kameras und Computer-Programme gefragt. Kameras produzieren aber keine Buchstaben und Ziffern, sondern nur Pixelbilder. Aus solchen muss die Nutzinformation erst einmal mit Algorithmen der Bildverarbeitung und der Mustererkennung extrahiert werden. Für Fotos parkender Autos wurde im Rahmen des hier beschriebenen Anwendungsprojekts eine Software entwickelt. Mit ihrer Hilfe kann die Dauer öffentlich abgestellter Fahrzeuge statistisch erfasst werden, was eine wichtige Grundlage zur Steuerung und Bewirtschaftung des öffentlichen Parkraums darstellt.

Die im Rahmen dieser Studie untersuchten Fotos wurden mit einfachen Handy-Kameras quasi „im Vorbeigehen“ aufgenommen und sind deshalb qualitativ nicht optimal: Verwacklung, ungünstige Lichtverhältnisse und räumliche Verzerrung erschweren die Erkennung von Schriftzeichen. Hinzu kommen Verschmutzung und teilweise Überdeckung der Nummernschilder durch andere Objekte im Bild. Die Eingangsdaten müssen vor der Weiterverarbeitung daher erst einmal so gut wie möglich „repariert“ werden.



Abbildung 1: Dieses Nummernschild ist ein hoffnungsloser Fall

Für die Bildaufbereitung ebenso wie später für die Schrifterkennung wurden Algorithmen aus dem mathematisch-naturwissenschaftlichen Software-Paket Mathematica von Wolfram Research verwendet: Lokale Störungen konnten mit Hilfe eines Median-Filters beseitigt werden. Ein solcher gleicht die Farbwerte benachbarter Pixel aneinander an. Dünne, teilweise aufgebrochene Strukturen wurden mit morphologischer Dilatation verstärkt, unerwünschte Verklebungen mit morphologischer Erosion getrennt.



Abbildung 2: Originalbild (links), Bild nach morphologischer Erosion (rechts).

Um schwarze Schriftzeichen auf weißem Grund zu erkennen, benötigt man keine Farbfotos. Die bereinigten Eingangsdaten können in speichersparende und klar strukturierte Binärbilder gewandelt werden. Der hierbei verwendete morphologische Binarisierungs-Operator entscheidet nicht pixelweise auf schwarz/weiß, sondern bezieht stets auch die Farbwerte der Nachbar-Pixel mit ein.



Abbildung 3: Bild nach Binarisierung.

### 3. Ziele des Forschungsprojekts

#### Bildsegmentierung

Die vorliegende Studie beschränkt sich auf Eingangsdaten, die im Wesentlichen nur ein Nummernschild beinhalten. Befinden sich auf einem Foto mehrere Nummernschilder oder andere vergleichbare Objekte (z.B. Hinweistafeln, Plakate), sind zusätzliche Verarbeitungsschritte erforderlich. „Segmentieren“ bedeutet hier also ausschließlich „Extraktion von Buchstaben/Ziffern“.

Dazu wurden die Binärbilder zunächst negiert (weiße Schrift auf schwarzem Hintergrund) und die Mathematica-Funktion *MorphologicalComponents* verwendet. Diese ermittelt zusammenhängende Weißbereiche und färbt jeden einzelnen Bereich mit einer anderen charakteristischen Farbe ein. Auf Pixelebene entspricht dem Einfärben die Zuordnung einer Bereichs-Kennzahl.



Abbildung 4: Zusammenhangskomponenten des Bildes.

Unter Verwendung dieser Kennzahlen wurde für jeden zusammenhängenden Weißbereich ein separates Binärbild generiert:



Abbildung 5: Zusammenhangskomponenten mit relevantem Inhalt.

Nicht alle so generierten Bilder enthielten zwangsläufig Buchstaben oder Ziffern:



Abbildung 6: Zusammenhangskomponenten mit irrelevantem Inhalt.

Dank der einheitlichen Struktur der Nutzinformation ließen sich solche Artefakte jedoch leicht identifizieren: Buchstaben und Ziffern auf Autokennzeichen besitzen ein charakteristisches Höhen-Breiten-Verhältnis. Auch sind die Anteile schwarzer und weißer Pixel auf solchen Bildern annähernd gleich.

### Sortierung und Gruppierung der Schriftzeichen

Jedes deutsche Autokennzeichen (und nur solche wurden hier betrachtet) beginnt mit einer Folge von Buchstaben und endet mit einer Folge von Ziffern. Dieses Wissen kann verwendet werden, um sicher zwischen 0 und O bzw. zwischen B und 8 zu unterscheiden. Aus diesem Grund wurden die in Abschnitt 3 extrahierten Buchstaben- und Ziffernbilder entsprechend des Abstands ihrer Nutzinformation vom linken Bildrand sortiert.



Abbildung 7: Sortierung der Schriftzeichen entsprechen Abstand vom linken Rand.

Die Buchstaben-Folge besteht aus dem Ortskennzeichen und Informationen über den Fahrzeughalter. Bei der Analyse von Verkehrsströmen muss zwischen beiden Informationen klar unterschieden werden. Hier hilft der für TÜV- und Zulassungsplakette reservierte Freiraum weiter: Berechnet man bei sortierter Zeichen-Folge die Abstände benachbarter Zeichen, fällt ein Abstand deutlich aus dem Rahmen. Dieser markiert das rechte Ende des Ortskennzeichens.

Nach der Sortierung und Gruppierung wurden die Zeichen-Bilder mit der Mathematica-Funktion *ImageCrop* von überflüssigem schwarzem Hintergrund befreit:



Abbildung 8: Schriftzeichen nach Entfernung von überflüssigem Hintergrund

## 4. Herangehensweise und Forschungsergebnisse

### Zeichenerkennung

Abschließend sollte jedem Zeichen-Bild noch eine eindeutige Kennung 0-9 bzw. A-Z zugeordnet werden. Bei dieser Klassifikations-Aufgabe kam die *Classify*-Umgebung von Mathematica zum Einsatz, die für allgemeine Mustererkennungs-Probleme konzipiert ist. Als Merkmalsvektor wurde das vollständige Binärbild verwendet.

Bevor ein statistischer Klassifikator eine Entscheidung treffen kann, muss er erst einmal mit einer repräsentativen Sammlung von Beispielen *trainiert* werden.

Dabei bedeutet „trainieren“, dass die freien Parameter einer vorgegebenen Funktion an die gegebenen Beispiele angepasst werden. Wie genau diese Funktion aussieht und wie die freien Parameter zu interpretieren sind, hängt vom verwendeten Klassifikations-Verfahren ab. Mathematica bietet u.a. *Logistic Regression*, *Naive Bayes*, *Nearest Neighbors*, *Random Forest* und *Support Vector Machine*. Bei der vorliegenden einfachen Aufgabenstellung spielte die konkrete Wahl des Klassifikationsverfahrens jedoch keine besondere Rolle. Verwendet wurde letztlich *Logistic Regression*.

Nach erfolgreichem Training kann ein Klassifikator auch solchen Beispielen Kennungen zuordnen, die nicht explizit in der Trainings-Stichprobe vorkamen („Abstraktionsfähigkeit“).

Bekanntlich gibt es auch Ortskennzeichen mit *Umlauten* wie FÜ oder AÖ. Solche mehrfach zusammenhängenden Symbole können mit dem hier vorgestellten Segmentierungs-Verfahren nicht als eine Einheit erkannt werden. Dies ist bei vorliegender Aufgabenstellung aber kein Problem: Die deutschen Kfz-Kennzeichen wurden wohlweislich so konzipiert, dass keine Konkurrenzsituationen auftreten. FU oder AO sind keine zulässigen Kfz-Kennzeichen. Erkennt der Klassifikator FU oder AO, kann man dieses Resultat bedenkenlos auf die korrekte Information „Fürth“ bzw. „Altötting“ abbilden.

## 5. Nachhaltigkeit

Das vorgestellte Verfahren wurde an deutsche Kfz-Kennzeichen angepasst. Es ist nicht in der Lage, ausländische Kfz-Kennzeichen als solche zu identifizieren. Erscheinen Buchstaben und Ziffern in einer anderen Reihenfolge, kann es zu Fehlklassifikationen kommen. Überdies wurde nur die in Deutschland gebräuchliche Schriftart trainiert.

Bei der Segmentierung der Zeichen können Rückfahrkameras Probleme bereiten:



Abbildung 9: Der Buchstabe „Z“ verklebt mit dem Rahmen.

Das hier vorgestellte Verfahren wurde mit Mathematica am PC implementiert. Es soll als Handy-App nachgebaut und für die Analyse des Parkverhaltens von Kfz-Besitzern genutzt werden.

Für die Erfassung bewegter Fahrzeuge mit Video-Kameras müssen die vorgestellten Verfahren modifiziert und erweitert werden.

Das studentische Forschungsprojekt ist Teil eines Eigenforschungsvorhabens, das seit drei Jahren am Labor für Verkehrswesen der Fakultät Bauingenieurwesen läuft. Ziel ist die Entwicklung einer vollständigen mobilen Applikation zur Durchführung von Verkehrserhebungen aller Art.

## 6. Literatur

[1] J.R. Parker, Pavol Federl, *An Approach To Licence Plate Recognition*, University of Calgary, 1996

[2] Dhawal Wazalwar, Erdal Oruklu, Jafar Saniie, *A Design Flow for Robust License Plate Localization and Recognition in Complex Scenes*, Journal of Transportation Technologies, 2012, 2, 13-21, <http://dx.doi.org/10.4236/jtts.2012.21002>

[3] <http://reference.wolfram.com/> (Mathematica-Dokumentation)