

## Exposé

für eine Diplomarbeit

Arbeitstitel:

# Robuste und hochperformante Hintergrundentfernung für Bildaufnahmen von Paket- und Mischpostsendungen

Betreuer: Dr.-Ing. Thomas Kalbe  
Eingereicht am: 12. September 2014  
Eingereicht von: Christian Dähn  
Matrikel-Nummer: 875830  
Anschrift: Lübecker Straße 181, 19059 Schwerin  
Studiengang: Informatik 1100

## 1 Motivation

In Deutschland werden täglich mehrere Millionen Pakete und Briefe versendet und dabei in vernetzten Logistikzentren in ganz Deutschland verarbeitet. Dabei wird das Sendungsaufkommen mittels komplexer Sortieranlagen automatisch erfasst und weiter verarbeitet.

Besonders der Aspekt der Erfassung und Identifizierung der individuellen Sendung ist technisch anspruchsvoll. Hier sind vielfältige Probleme zu lösen, sei es die maschinelle Bildaufnahme auf reflektierenden und teils beschädigten Oberflächen, die Findung der Sendung (das Objekt) im Bild bei ähnlichen Farben von Objekt und Bildhintergrund sowie die Optimierung der Bilddaten für eine effiziente Auswertung durch OCR- und Codelesesysteme.

Aktuell sind bereits verschiedene Algorithmen und Softwarelösungen zur Findung und Separierung von Objekten in digitalen Bildaufnahmen verfügbar. So auch in dem Unternehmen ASinteg GmbH, einem Spezialisten für industrielle Bildverarbeitung aus Schwerin. Doch diese Verfahren haben derzeit vor allem mit Einschränkungen in der Performanz und dem hohen Anpassungsaufwand für heterogene Bildaufnahmeszenarien zu kämpfen. So führen z.B. variierende Texturen oder Ausleuchtung zu Problemen bei der Separierung der Objekte vom nicht verarbeitungsrelevanten Bildmaterial, dem „Hintergrund“ (z.B. Gurtförderer, Kameragestelle).

Der Einsatz von z.B. Histogramm- und Schwellwert-basierten Verfahren zur Separierung funktionierte bisher sehr zuverlässig bei Bildaufnahmeszenarien mit statischem Hintergrund und hohem Kontrast zum aufgenommenen Objekt. Im Zuge der Einführung von 3- bis 6-Seiten-Lesesystemen entfällt allerdings oftmals konstruktiv die Möglichkeit, für alle Kameras einen homogenen Hintergrund zu gewährleisten (z.B. durch Fremdeinwirkung der Beleuchtung anderer Scanner- und Kamerasysteme).

Hier müssen derzeit komplexere, meist mehrstufige Verfahren eingesetzt werden, welche auch auf inhomogenem Bildmaterial Objekte zuverlässig detektieren und für die weitere Verarbeitung separieren können. Dies ist sehr rechenaufwendig und daher oft um ein Vielfaches langsamer, als die zuvor genannten klassischen Algorithmen. Dieses Performanz-Problem verhindert zudem den Einsatz in besonders zeitkritischen Applikationen, wie z.B. Mischpostsortieranlagen und Inspektionssysteme für die Qualitätssicherung in Verpackungs- und Produktionsanlagen.

## 2 Zielsetzung und Grenzen

### 2.1 Ausgangssituation

In der industriellen Bildverarbeitung besteht eines der Hauptziele in der Identifikation von Objekten in digitalem Bildmaterial. Für die Auswertung dieser Objekte müssen diese zuvor von nicht relevanten Bilddaten unterschieden werden.

Je nach der Struktur des Bildmaterials kann dabei das zu detektierende Objekt, z.B.: eine Briefsendung auf einem Gurtfördersystem, von einer homogenen monochromatischen oder heterogenen mehrfarbigen Fläche umgeben sein. Durch den weit verbreiteten Einsatz von dunkel gefärbten Hintergründen für die Bildaufnahme (z.B. schwarze Gurtbänder) in der Logistik wird versucht, eine möglichst homogene Bildstruktur für eine zuverlässigere Separierung zu schaffen. In vielen Fällen ist dies nicht möglich, was zu erheblichen Problemen bei der Separierung der Objekte führen kann. Das Kernproblem hierbei stellt z.B. ein geringer Farb- und Kontrastunterschied des Bildhintergrundes zum Objekt dar.

Im Zuge der Entwicklung von Paket- und Mischpostsortieranlagen kamen bei meinem Arbeitgeber, der ASinteg GmbH, verschiedene Algorithmen und Tools zur Identifikation von Sendungen (Pakete und Briefe aufgenommen mit Zeilenkameras) in hochaufgelösten Grauwertbildern zum Einsatz. Im Produktionsbetrieb kam es aufgrund von Problemen mit unzureichender Performanz und Detektionsgenauigkeit zur Anforderung, eine neue Lösung zu finden, welche fehlertoleranter und zugleich performant arbeitet. Dabei stellen variierende Hintergründe im Sendungsfoto ein erhebliches Problem für die Bildauswertung dar.

### 2.2 Zielsetzung

Die neue Lösung soll in Form eines selbstentwickelten C++ Algorithmus oder basierend auf der freien C++ Bildverarbeitungsbibliothek OpenCV implementiert werden. Für den Nachweis der Funktionalität ist diese gegen das bestehende System sowie ggf. kommerzielle Lösungen auf Detektionsrate und Performanz zu testen.

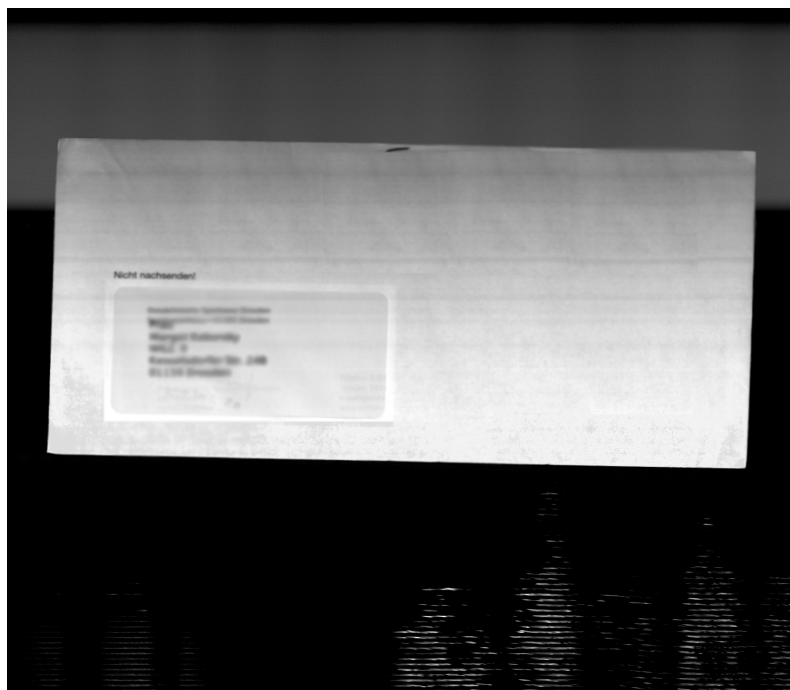
### 2.3 Zielgruppe

Das zu entwickelnde Verfahren soll in Form einer plattformunabhängigen C++ API und Bibliothek realisiert werden. Diese wird dann im ASinteg-eigenen Bildverarbeitungs-Framework integriert. Somit lassen sich dann durch C++ Entwickler bestehende und neue Applikationen um die neue robuste wie hochperformante Hintergrundentfernung (einen sog. „Cropper“) erweitern.

## 2.4 Abgrenzung

Diese Arbeit soll sich primär mit Vorverarbeitungsverfahren für die Objektidentifikation mittels digitaler Bildverarbeitung befassen. Als Basis für die hierfür benötigten digitalen Bildaufnahmen wird von Applikationen im Bereich der Paket- und Mischpostsortierung ausgegangen.

Explizit nicht detailliert thematisiert werden die nachfolgenden Bildverarbeitungsverfahren, wie z.B. optische Zeichenklassifikation und -erkennung (OCR), 1D-/2D-Codelesung sowie die Analyse der detektierten Objekte auf deren Inhalt.



**Bild 2.4.1:** Briefsendung auf inhomogenem Untergrund

### 3 Lösungsansatz

Im Zuge dieser Arbeit werden die bestehenden Verfahren auf ihre Stärken und Schwächen untersucht, miteinander verglichen und das Optimierungspotential ermittelt. Basierend auf dem aktuellen Erkenntnisstand, kann der negative Einfluss von Reflexionen und Texturen im Bildhintergrund durch den Einsatz einer Vorverarbeitung gemindert werden.

Mittels Algorithmen wie z.B. dem Gauß-Filter sowie Rangordnungsfiltren wie Minimum und Median, können negative Einflüsse wie Bildrauschen und kleinere Reflexionen reduziert und somit ein höherer Kontrast zwischen Objekt und Bildhintergrund erreicht werden. Der Medianfilter hat hierbei den Vorteil, trotz der durchgeführten Pixelersetzung keine Unschärfen zu erzeugen.

Im Rahmen der Lösungsfindung wird der Ansatz evaluiert, die Bilddaten vor der Auswertung mit Rangordnungsfiltren soweit aufzubereiten, dass ein möglichst homogener und zum Objekt stark kontrastierender Bildhintergrund erzeugt wird. Auf Basis dieser Vorverarbeitung können dann z.B. klassische histogrammbasierte Verfahren zur Objektdetektion und der eigentlichen Separierung dessen vom Hintergrund eingesetzt werden.

## 4 Methodik und Vorgehensweise

Die Diplomarbeit behandelt nach einer detaillierten Analyse der Problematik die Grundlagen der digitalen Bildverarbeitung. Hier werden neben Grundbegrifflichkeiten auch der Faktor Bildqualität sowie verschiedene Bildverarbeitungsverfahren und -algorithmen zur Filterung und Objektfindung näher beleuchtet.

Anschliessend werden Lösungsansätze basierend auf kommerziellen und OpenSource-Lösungen evaluiert und einander gegenübergestellt. Nach einer Auswertung dieser erfolgt gemäß der Zielkriterien dieser Arbeit die Auswahl eines Lösungsansatzes.

Im nächsten Schritt wird die Umsetzung der Lösung aus Sicht des Software-Engineering dokumentiert und in Form eines C++ Prototypen implementiert. Dieser ist in der darauf folgenden Testphase in einem planvollen und den realen Produktionsszenarien gemäß gestalteten Testszenario zu prüfen.

Nach Abschluss der Tests erfolgt im letzten Abschnitt die kritische Bewertung und Zusammenfassung der Arbeit. Weiterhin erfolgt eine Bewertung der Zielerreichung sowie die Darstellung weiterer möglicher Verbesserungen und Einsatzmöglichkeiten.

## 5 Vorläufige Gliederung

Im Folgenden finden Sie einen ersten Gliederungsentwurf:

1. Einleitung
2. Problemstellung
  - 2.1. Ist-Zustand
  - 2.2. Zielsetzung
  - 2.3. Technische Produktumgebung
3. Grundlagen
  - 3.1. Bildaufnahme
    - 3.1.1. Optik
    - 3.1.2. Beleuchtung
    - 3.1.3. Kamera
  - 3.2. Bildvorverarbeitung
  - 3.3. Bildauswertung
  - 3.4. Entwicklungsumgebung
4. Lösungsansatz
  - 4.1. Evaluierung Filteralgorithmen
  - 4.2. Evaluierung Objektdetektionsverfahren
  - 4.3. Lösungsentscheidung
5. Lösungsentwurf
  - 5.1. Planung und Konzeption
  - 5.2. Systementwurf
6. Implementierung
  - 6.1. Bildaufnahme
  - 6.2. Filterung
  - 6.3. Objektdetektion
7. Nachweis der Funktionalität
  - 7.1. Testverfahren und -umgebung
  - 7.2. Testergebnisse
8. Bewertung und Ausblick

## 6 Zeitplanung

Der geplante Zeitraum für die Realisierung der Diplomarbeit und der dazugehörigen Softwareentwicklung beträgt 6 Monate. In diesem Zeitraum erfolgt neben der Erarbeitung und Dokumentation der technisch- wissenschaftlichen Grundlagen auch die Konzeption und Realisierung eines C++ Prototypen. Dabei erfolgen die Arbeiten im Bereich der Softwareentwicklung im Rahmen der Arbeitszeit. Eine regelmäßige Statusinformation an und Abstimmung mit dem Betreuer soll dabei eine hohe Transparenz und Erfüllung der Zielvorgaben sicherstellen.

Die Diplomarbeit gliedert sich dabei in folgende Phasen/Meilensteine:

- Anmeldung zur Diplomarbeit - bis 15.09.2014
- 1. Abstimmung mit dem Betreuer - bis KW42
  - Endgültige Gliederung und Inhalte festlegen
  - Einleitung ausarbeiten
- Vorbereitung der Lösungsfindung, ggf. Abstimmung mit Betreuer - bis KW46
  - Zu evaluierende Filter- und Separierungsverfahren ermitteln und beschreiben
  - Konkretisierung der Zeitplanung für Lösungsfindung, Implementierung und Testung
- Durchführung Lösungsfindung - bis KW50
  - Auswertung der Evaluierungsphase, Beschreibung Lösungsentscheidung
  - Erstellung Lösungsentwurf und Testkonzept
- Realisierung Prototyp und Testumgebung - bis KW05/2015
  - Erstellung und Beschreibung Testpläne und Testszenarien
  - Funktionaler Prototyp gemäß Lösungsentscheidung
  - Nachweis der Funktionalität mittels Benchmarks und Testprotokolle
- Fertigstellung der Rohfassung der schriftlichen Ausarbeitung - bis KW09/2015
- Lektorat und Korrekturen einarbeiten - bis KW12/2015



- Druck und Bindung der Diplomarbeit - KW13/2015
- Abgabe der Diplomarbeit - bis 31.03.2015
- Abstimmung Inhalt und Termin des Kolloquiums mit Betreuer - ca. 2-6 Wochen nach Abgabe

Avisiert ist die kontinuierliche Pflege der schriftlichen Ausarbeitung parallel zu praktischen Umsetzung, um eine aktuelle und zeitnahe Dokumentation der Arbeitsschritte zu erhalten.

## 7 Literaturrecherche

Im Zuge der Vorbereitung der Arbeit wurde eine Literaturrecherche zu technisch- wissenschaftlichen Grundlagen der Bildverarbeitung sowie konkreten Informationen zu verfügbaren Bildverarbeitungslösungen durchgeführt.

Dabei wurden die Fachbücher „Digitale Bildverarbeitung“ [Jäh05], „Machine Vision Algorithms and Applications“ [SUW08] sowie „Bildanalyse“ [Ste08] für die Ausarbeitung der Grundlagen ausgewählt.

Für die Analyse und Anwendung bestehender Bildverarbeitungslösungen kamen sowohl Fachbücher, als auch Technische Dokumentationen verschiedener Hersteller wie z.B. von der MV-Tec GmbH (Halcon Toolkit) und ASinteg (ImageManager Framework) zum Einsatz. Als Fachbücher wurden für die OpenSource Bildverarbeitungslösung OpenCV „Learning OpenCV“ [BK08], „OpenCV Computer Vision Application Programming Cookbook“ [Lag14] sowie „Mastering OpenCV with Practical Computer Vision Projects“ [BEE<sup>+</sup>12] ausgewählt.

## Literaturverzeichnis

- [BEE<sup>+</sup>12] BAGGIO, Daniel L. ; EMAMI, Shervin ; ESCRIVÁ, David M. ; LEVGEN, Khvedchenia ; MAHMOOD, Naureen ; SARAGIH, Jason ; SHILKROT, Roy: *Mastering OpenCV with Practical Computer Vision Projects*. Birmingham : Packt Publishing Ltd, 2012. – ISBN 978-1-849-51783-6
- [BK08] BRADSKI, Gary ; KAEHLER, Adrian: *Learning OpenCV - Computer Vision with the OpenCV Library*. Sebastopol : O'Reilly Media, Inc.", 2008. – ISBN 978-0-596-55404-0
- [Jäh05] JÄHNE, Bernd: *Digitale Bildverarbeitung*. 6. Auflage. Berlin, Heidelberg : Springer, 2005. – ISBN 978-3-540-24999-3
- [Lag14] LAGANIÈRE, Robert: *OpenCV Computer Vision Application Programming Cookbook, 2nd Edition*. 2nd New edition. Birmingham : Packt Publishing, Limited, 2014. – ISBN 978-1-782-16148-6
- [Ste08] STEINMULLER, Johannes: *Bildanalyse - Von der Bildverarbeitung zur räumlichen Interpretation von Bildern*. 2008. Auflage. Wiesbaden : Springer Berlin Heidelberg, 2008. – ISBN 978-3-540-79742-5
- [SUW08] STEGER, Carsten ; ULRICH, Markus ; WIEDEMANN, Christian: *Machine Vision Algorithms and Applications*. 1. Auflage. New York : Wiley, 2008. – ISBN 978-3-527-40734-7