

# Untersuchung und Entwicklung von Algorithmen für das Erkennen und Identifizieren von Münzen

Dennis Ziegenhagen

Hochschule Osnabrück  
Fakultät Ingenieurwissenschaften und Informatik  
Barbarastr. 16, D-49076 Osnabrück  
dennis.ziegenhagen@hs-osnabrueck.de

Art der Arbeit: Semesterarbeit (M.Sc. Verteilte und Mobile Anwendungen)  
Betreuer der Arbeit: Prof. Dr. Karsten Morisse, Hochschule Osnabrück  
Prof. Dr. Frank M. Thiesing, Hochschule Osnabrück  
(GI-Vertrauensdozent)

**Abstract:** In dieser Arbeit werden zunächst verfügbare Ansätze zur Objekterkennung untersucht. Insbesondere wird dabei deren Eignung zur Erkennung und Identifizierung von Münzen getestet. Hierfür werden Fotografien verwendet, auf denen unterschiedliche Euromünzen dargestellt sind. Basierend auf den Untersuchungsergebnissen wird eine Münzerkennung entwickelt, welche eine Fotografie auswertet und Informationen wie z. B. die Anzahl und den Gesamtwert der Münzen zurückgibt. Die Münzerkennung wird als Java-Applikation und als Android-App umgesetzt. Für die Bildverarbeitung wird die Open-Source Bibliothek *OpenCV* eingesetzt.

## 1 Einleitung

Die große Geschwindigkeit, mit der sich die digitale Bildverarbeitung weiter entwickelt, ermöglicht es, die Verarbeitung von Bildmaterial in einer Vielzahl von Anwendungsfällen einzusetzen [Jä12]. Beispiele dafür sind das Zählen und Vermessen von Objekten, die Analyse von dynamischen Prozessen (Bewegungen, Wachstumsstudien etc.) und das Identifizieren von Personen und Objekten. Es sind Algorithmen und Standard-Vorgehensweisen entstanden, welche auf spezifische Probleme angewendet werden können. Mit der Open-Source Bibliothek *OpenCV*<sup>1</sup> existiert eine Sammlung solcher Funktionen.

Ein Ziel dieser Arbeit ist das Entwickeln einer Anwendung, welche mit Elementen der Bildverarbeitung das Erkennen und Identifizieren von Münzen auf Fotografien ermöglicht. Dabei wird untersucht, ob verfügbare Ansätze der Objekterkennung ausreichend sind oder eine spezielle Lösung entwickelt werden muss. Die entstehende Anwendung soll fähig sein, qualitativ durchschnittliche Fotos von Digitalkameras oder Smartphone-Kameras

---

<sup>1</sup><http://opencv.org/>

entgegenzunehmen, auszuwerten und als Ergebnis die Anzahl und den Gesamtwert der im Foto enthaltenen Münzen auszugeben. In Form einer Android-App kann die Münzerkennung z. B. verwendet werden, um mit Hilfe der eingebauten Smartphone-Kamera Kleingeld zu fotografieren und dessen Gesamtwert zu ermitteln.

Für das Erkennen von Münzen auf Fotografien sind einige besondere Eigenschaften zu berücksichtigen:

- Die Farbe von fotografierten Münzoberflächen kann, abhängig von der Art und dem Einfallswinkel des Lichts, stark von der tatsächlichen Farbe abweichen
- Die Oberflächenfarbe variiert je nach Abnutzungsgrad und Unreinheiten
- Charakteristika, wie z. B. Ränder mit Einkerbungen, sind je nach Kamerawinkel nicht immer zu erkennen
- Die verwendete Kamera und Fotoeigenschaften (Auflösung, nicht durchgeführter oder falscher Weißabgleich etc.) beeinflussen das Erkennungspotential
- Münzen unterschiedlicher Werte können aus demselben Material bestehen, ähnliche Durchmesser besitzen und/oder das gleiche Rückseitenmotiv aufweisen

## 2 Untersuchung der Ansätze

Um möglichst brauchbare Untersuchungsergebnisse zu erhalten, werden Testfotografien mit einer gewöhnlichen Smartphone-Kamera erstellt und ohne weitere Bildverbesserungen verwendet. Art und Einfallswinkel des Umgebungslichts werden dabei variiert. Es werden Münzen unterschiedlicher Abnutzung und Verschmutzung verwendet. Jede Fotografie enthält eine zufällige Anzahl verschiedener Münzen, welche entweder die Vorder- oder Rückseite zeigen. Zusätzlich enthalten einige Fotografien weitere Objekte, welche von den Objekterkennungen aussortiert werden sollen.

### 2.1 Klassifizierung und Trainingsdaten

Eine häufig genutzte Möglichkeit, um bekannte Objekte in Bildern zu erkennen, ist die Bildung von Merkmalklassen (Klassifizierung) durch die Auswertung von Stichproben (Training) [NFHS11, S. 434]. Die OpenCV-Bibliothek enthält verschiedene Algorithmen für die Klassifizierung. Aus Trainingsdaten und Beispielbildern können damit *Classifier* gewonnen werden, in denen die Merkmalinformationen gespeichert werden [OC1]. Mit Hilfe einer entsprechenden Funktion können diese Classifier auf ein Bild angewendet werden, um eine Liste von Bildregionen zu ermitteln, in denen übereinstimmende Merkmale gefunden wurden. Um die Eignung der OpenCV-Klassifizierung für die Münzen-Identifikation zu untersuchen, werden Classifier für unterschiedliche Münzwerte erzeugt. Bei der Anwendung der Classifier zeigt sich jedoch, dass sie zur *Unterscheidung* der Münzwerte in den Testszenarien nicht ausreichen.

## 2.2 OpenCV-Algorithmen

Die OpenCV-Bibliothek enthält eine Sammlung von Bildverarbeitungs-Algorithmen, von denen sich einige als Hilfsmittel für die Münzen-Erkennung eignen. Besonders relevant sind *HoughCircle* (Erkennen von Kreisen), *findContours* (Konturenerkennung) und *FeatureDetector* (Finden von Bereichen mit bestimmten Eigenschaften).

Die Untersuchung zeigt, dass hierbei bereits ein großes Potential für das Erkennen und Unterscheiden von Münzen vorhanden ist, sofern die entsprechenden Parameter geeignet gewählt werden. Da jedoch die Anforderungen an die auszuwertenden Fotografien so gering wie möglich sein sollen, lassen sich keine allgemeinen Einstellungen und Parameterwerte finden, mit denen alle Testfälle erfolgreich abgedeckt werden.

## 2.3 Extraktion spezifischer Münzen-Merkmale

In einem weiteren Ansatz werden spezifische Merkmale von Euromünzen verwendet, um eine Identifizierung zu ermöglichen. Insbesondere werden dabei der Durchmesser und Materialeigenschaften berücksichtigt, wie z. B. die Farbe und die Verwendung mehrerer Materialien pro Münze. Anstelle einer automatisierten Klassifizierung durch Trainingsdaten findet daher eine gezielte Auswahl der relevanten Merkmale statt.

In exemplarischen Testszenarios werden Fotografien mit Hilfe einer prototypischen Anwendung auf diese spezifischen Merkmale hin untersucht. Als Ergebnis dieses Ansatzes ergibt sich, dass anhand der ausgewählten Merkmale mindestens eine automatisierte Zuordnung eines Objektes zu einer Münz-Gruppe<sup>2</sup> erzielt werden kann.

## 3 Entwicklung der Münzerkennung

Die vorangegangenen Untersuchungen ließen erkennen, dass eine spezielle Vorgehensweise für die Münzerkennung notwendig ist. Der entwickelte Prozess zur Extraktion der gewünschten Informationen besteht daher aus einer Hierarchie von verketteten Operationen. Diese Vorgehensweise ist ein Standardverfahren der Bildverarbeitung [Jä12, S. 12].

Das zu analysierende Bildmaterial wird zunächst mit Hilfe von Weißabgleich und Angleichung der RGB-Kanäle aufbereitet. Durch Anwendung von Schwellwert-Operationen werden Objekte vom Hintergrund getrennt und interessante Bereiche ermittelt. Um ungleichmäßiger Beleuchtung entgegenzuwirken, wird dabei ein mehrstufiges Schwellwertverfahren verwendet. Iterativ werden die gefundenen Bereiche optimiert, indem jeweils durch Hough-Transformation [NFHS11, S. 195] kreisförmige Objekte ermittelt werden und eine erneute, angepasste Schwellwert-Operation den Bereich weiter eingrenzt. Als Merkmale werden die Position und der Radius der gefundenen Kreise gespeichert.

---

<sup>2</sup>Die Münzen werden anhand ihres Materials (Kupfer, Nordisches Gold, mehrere Materialien) gruppiert

Durch das Anwenden jeweils passend skalierten Masken werden die durchschnittlichen RGB-Werte des äußeren Randes und des inneren Bereichs der gefundenen Kreise als weitere Merkmale gespeichert. Die Masken entsprechen der 1-Euro-Münze und der 2-Euro-Münze. Die Abweichung der beiden Durchschnittswerte voneinander wird ebenfalls gespeichert, um in der späteren Bewertungsphase zwischen Münzen aus einem und Münzen aus zwei Materialien unterscheiden zu können.

Aus der Menge der gewonnenen Merkmale werden zunächst Statistiken berechnet, wie z. B. größter/kleinsten Radius und die Farbwerte mit der jeweils größten Ähnlichkeit zu den Erwartungswerten der Materialien. Die Merkmale jedes gefundenen Objekts werden mit diesen Statistiken verglichen und damit Wahrscheinlichkeiten für jeden Münzwert ermittelt. Objekte, die keine genügend große Wahrscheinlichkeit für einen Münzwert besitzen, werden aussortiert. Am Ende des Bewertungsprozesses existiert eine Zuordnung des wahrscheinlichsten Münzwertes zu jedem gefundenen Objekt. Die Anzahl der Zuordnungen und ihr (wahrscheinlicher) Gesamtwert werden ausgegeben. Damit der Anwender den Erfolg der Münzerkennung kontrollieren kann, werden die Zuordnungen in die Bereiche des ursprünglichen Bildes entsprechend eingetragen.

## 4 Fazit

Die in der Arbeit vorgenommenen Untersuchungen der Bildverarbeitungsansätze zeigten, dass für die Identifizierung von Münzen auf Fotografien ein spezieller Erkennungsprozess notwendig ist, welcher spezifische Merkmale der Münzen berücksichtigt. Es wurde daher eine Anwendung entwickelt, welche auf Basis von hierarchisch verketteten Methoden der Bildverarbeitung in der Lage ist, Objekte innerhalb eines Fotos zu erkennen und zugehörige Merkmalinformationen zu ermitteln. Durch statistische Analysen und gewichtete Bewertung der Merkmale wird jedem Objekt ein wahrscheinlicher Münzwert zugeordnet. Der Erfolg der Münzerkennung ist dabei von der Fotoqualität abhängig. Da die Berechnung der Wahrscheinlichkeit über einen Vergleich mit den übrigen Objekten geschieht, ist die Erkennungsrate am höchsten, wenn unterschiedliche Münzwerte auf der Fotografie abgebildet sind.

## Literatur

- [Jä12] Bernd Jähne. *Digitale Bildverarbeitung und Bildgewinnung*. Springer-Verlag, 7. Auflage, 2012.
- [NFHS11] Alfred Nischwitz, Max Fischer, Peter Haberäcker und Gudrun Socher. *Computergrafik und Bildverarbeitung*. Vieweg+Teubner Verlag, 3. Auflage, 2011.
- [OC1] Cascade Classifier Training — OpenCV 2.4.8.0 documentation. [http://docs.opencv.org/doc/user\\_guide/ug\\_traincascade.html](http://docs.opencv.org/doc/user_guide/ug_traincascade.html), abgerufen am 15.01.2014.