

Eignung von Smartphone-Kameras zur Fingerabdruckerkennung und Methoden zur Verbesserung der Qualität der Fingerbilder

Chris Stein, Claudia Nickel

Fachbereich Informatik
Hochschule Darmstadt
Haardtring 100
D-64295 Darmstadt

chris.stein@stud.h-da.de, c.nickel@fbi.h-da.de

Abstract: Diese Arbeit befasst sich mit der Untersuchung auf die Eignung von Smartphone-Kameras für eine Fingerabdruckerkennung. Es werden unter Alltagsbedingungen Fingerfotos mit den Kameras von verschiedenen Smartphones mit mehreren Personen gemacht und ausgewertet. Vier der fünf untersuchten Geräte stellen sich bei der Aufnahme von Fingerfotos als untauglich dar. Die Aufnahmen des tauglichen Gerätes werden weiter auf ihre Qualität untersucht und mit welchen Methoden diese erhöht werden kann, um die Erkennungsleistung zu verbessern.

1 Einführung

Smartphones erfreuen sich einer immer höheren Beliebtheit unter den Nutzern. Der Marktanteil der Smartphones wird zukünftig weiter ansteigen und klassische Handys nach und nach verdrängen. Jedes Smartphone ist mit mindestens einer integrierten Kamera, die eine hohe räumliche Auflösung hat, ausgestattet. Durch die hohe Auflösung des Kamerasensors, ist es möglich, viele Details der Umwelt zu erfassen. Dadurch sind die Sensoren auch in der Lage, feine Strukturen eines Fingers zu erfassen, wie dies bei der Fingerabdruckerkennung erforderlich ist. Es ist aber zu beachten, dass mehr Megapixel bei den Aufnahmen nicht zwangsläufig zu detailreicheren Bildern führen. Zwar sind die Auflösungen der Chips in den letzten Jahren gestiegen, aber aufgrund der kompakten Bauweise der Smartphones sind die verbauten Sensoren in den Kameras in der Regel nicht größer geworden. Dieser Umstand macht die Sensoren besonders anfällig für hohes Grundrauschen, was sich auf den Detailgrad der Bilder negativ auswirkt. Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Frage, ob die Qualität der Bilder ausreicht, die mit solchen Kameras unter Alltagsbedingungen gemacht wurden. Kann die Funktionalität eines teuren Fingerabdruckscanners mit einer günstigen und stets verfügbaren Smartphone-Kamera erfüllt werden? Die Identifizierung über ein biometrisches Merkmal bietet im Vergleich zur klassischen PIN einen erhöhten Schutz vor Unbefugten, da dieses nicht vergessen, verloren oder gestohlen werden kann. Eine Gegenüberstellung von Biometrie und Passwort kann unter [SK08] nachgelesen werden.

2 Verwandte Arbeiten

Derawi et al. verfolgen in [DYB11] ein ähnliches Ziel und überprüfen die Fingerabdruckerennung von Bildern, die mit zwei verschiedenen Smartphones gemacht wurden. Die angegebenen Erkennungsraten sind vielversprechend, da sie ohne jegliche Nachbearbeitung der Bilder sehr hoch waren. Die Ergebnisse wurden jedoch teils unter Laborbedingungen erzielt und sind aufgrund der verschiedenen Rahmenbedingungen nicht mit den Ergebnissen in dieser Arbeit vergleichbar. In [HJY10] wurde eine niedrigauflösende Digitalkamera genutzt und die Bilder mit verschiedenen Algorithmen nachbearbeitet, um deren Qualitätsauswirkungen zu untersuchen. Die Aufnahmen wurden unter Laborbedingungen erstellt. Durch Nachbearbeitungen der Bilder, konnte die Qualität deutlich verbessert und so eine hohe Erkennungsleistung erreicht werden. Dass eine Fingerabdruckerennung auch mittels niedrigauflösenden Webcams möglich ist, stellt [MS09] dar. Es wurde eine False Acceptance Rate (FAR) von 0,18% und eine False Rejection Rate (FRR) von 10,29% erreicht. Aufgrund des optimierten Fokus auf Nahaufnahmen von Webcams, ist jedoch auch eine wesentlich niedrigere Auflösung ausreichend, da der Abstand von Kamera und Finger hier sehr klein sein kann.

3 Vorgehensweise

Es werden zunächst einzelne Fingerfotos mit den Smartphones Apple iPhone 4, HTC Hero, Motorola Milestone, Nokia C7 und Samsung Nexus S mit unterschiedlichen Einstellungen gemacht. Anschließend werden die Bilder im Enrollment-Prozess in die Software VeriFinger 6.3 Extended SDK von Neurotechnology [Web1] geladen. Die Software enthält Identifikationsalgorithmen für Fingerabdrücke. Es wird versucht, Merkmale aus den Aufnahmen zu extrahieren und ein Template zu generieren.

Es stellt sich heraus, dass die Geräte von Apple, HTC, Motorola und Nokia nicht zur Aufnahme von Fingerbildern geeignet sind. Der Autofokus dieser Geräte ist nicht in der Lage, auf sehr nahe Objekte zu fokussieren, wie dies bei den Fingerbildern erforderlich ist. Erst ab einer gewissen Distanz zwischen Kamera und Finger, sind die Kameras in der Lage zu fokussieren. Durch die große Distanz zum Finger ist der Detailgrad der aufgenommenen Finger jedoch zu gering. Eine zuverlässige Extraktion der Merkmale aus diesen Bildern ist nicht möglich. Diese Geräte scheiden somit vorzeitig aus und werden nicht weiter in dieser Arbeit betrachtet. Als einziges taugliches Gerät für diese Untersuchung erwies sich das Nexus S, das für die weiteren Untersuchungen verwendet wird. Aber auch bei diesem Gerät musste ein gewisser Abstand der Finger zur Kamera eingehalten werden, was die effektive Auflösung der aufgenommenen Finger senkt.



Abbildung 1: Foto vom iPhone 4 - Fokussierung auf den Finger ist bei zu geringer Distanz zwischen Kamera und Finger nicht möglich

Als nächster Schritt werden Fingerbilder von mehreren Personen mit dem Nexus S aufgenommen. Diese Bilder werden in mehreren Schritten nachbearbeitet, mit dem Ziel die Qualität zu erhöhen. Mit der VeriFinger Software wird zunächst ein Qualitätswert von jedem Bild im unbearbeiteten und nachbearbeiteten Zustand errechnet. Der nächste Schritt ist die Extraktion der Merkmale und die Generierung der Templates aus den Aufnahmen. Hierbei wird jeweils ein Template aus den unbearbeiteten und nachbearbeiteten Bildern erstellt. Zum Schluss werden die Templates gegeneinander geprüft um die Ähnlichkeitswerte zu berechnen und die Ergebnisse evaluiert. Diese Schritte werden in den nächsten Kapiteln näher beschrieben.

4 Datenerhebung

Es wurde eine Datenbank mit Fingerabdrücken von neun, an der Datenerhebung freiwillig teilnehmenden, Personen erstellt. Dazu wurden die Testpersonen aufgefordert, die Unterseite des Mittel- und Zeigefingers mit dem Nexus S zu fotografieren. Die Durchführung erfolgte an zwei Terminen. An jedem Termin wurde von den Teilnehmern mit dem Nexus S jeweils ein Bild vom Mittel- und vom Zeigefinger erstellt. Die Testpersonen konnten frei wählen, wie sie das Smartphone beim Fotografieren halten und von welcher Hand sie die Finger fotografieren wollten. Der Abstand von Kamera und Finger sollte so gering wie möglich sein, um die bestmögliche Auflösung der Fingerstruktur zu erhalten. Die aufgenommenen Bilder wurden vor Ort in Augenschein genommen und bei sichtbarer mangelnder Qualität (z.B. bei Verwackelungen, Finger nicht korrekt erfasst) erneut aufgenommen.

Die Datenbank umfasst insgesamt 36 Fingerbilder: Von jeder der neun Personen sind zwei Bilder vom Zeige- und Mittelfinger vorhanden.

Die Bilder wurden mit der höchstmöglichen Qualitätseinstellung des Samsung Nexus S erstellt. Das Gerät erzeugt hierbei Bilder mit etwa 5 Megapixel (Dimensionen der Bilder betragen 1920x2560). Alle Fotos wurden mit eingeschaltetem Blitz aufgenommen. Der Blitz erhöht die Stabilität der Bilder gegenüber Verwacklungen, indem kürzere Belichtungszeiten erreicht werden. Des Weiteren kann damit die Schärfe der Bilder angehoben werden und das Grundrauschen der Kamera vermindert werden, da durch den Blitz eine bessere Beleuchtung herrscht und die Kamera die Lichtempfindlichkeit (ISO) automatisch runterregelt. Ein weiterer Vorteil ist die homogenere Ausleuchtung der Bilder durch den Blitz.

5 Nachbearbeitung der Aufnahmen

Es werden fünf Nachbearbeitungsschritte durchgeführt, um die Qualität der Bilder zu verbessern. Die Bilder nach Schritt 4 und 5 werden anschließend bezüglich Qualität und Erkennungsleistung untersucht und mit denen der unbearbeiteten Aufnahmen verglichen. Die fünf Nachbearbeitungsschritte werden manuell in folgender Reihenfolge durchgeführt:

1. Zuschneiden des Bildes: Die Dimensionen des Bildes werden auf den Finger beschränkt (von der Fingerkuppe bis zum ersten Fingerknochen)
2. Reduzierung des Farbraums: Grauwertumwandlung des Bildes
3. Kontrastspreizung: Nutzung der maximalen Bandbreite der Helligkeitswerte
4. Ausrichtung des Bildes: Rotierung des Bildes, so dass der Finger möglichst “nach oben” zeigt
5. Lokaler Normalisationsfilter¹: Die Qualität der Fingerstrukturen wird verbessert.

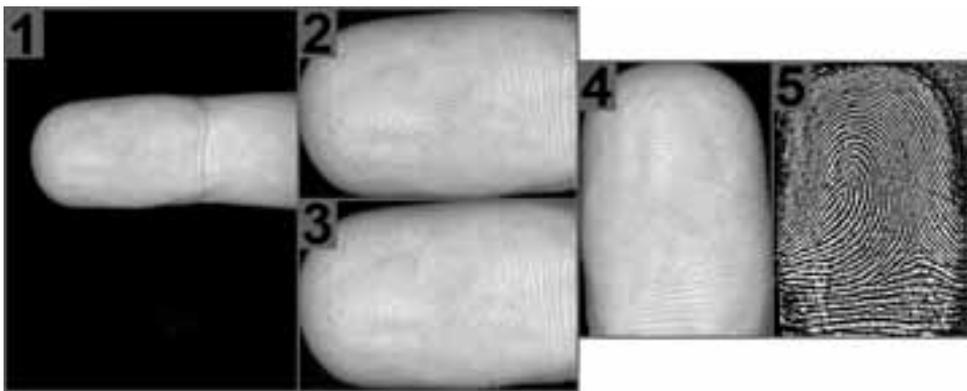


Abbildung 2: Fingerbilder nach den einzelnen Bearbeitungsschritten: (1) unbearbeitet, (2) beschnitten, (3) Grauwertumwandlung und Kontraststeigerung, (4) Rotation, (5) lokaler Normalisationsfilter

6 Auswertung

In diesem Kapitel werden die Qualitätswerte der Bilder, die Ähnlichkeitswerte aus den erstellten Templates und die Auswirkungen der Nachbearbeitungsstufen (siehe Kapitel 5) dargestellt. Es wurden bei der Auswertung 32 der 36 Fingerbilder verarbeitet. Vier Fingerbilder von vier verschiedenen Personen waren leider aufgrund falscher Fokussierung der Kamera unbrauchbar.

¹ Für die Anwendung des lokalen Normalisationsfilters wurde die Software Filter Forge 2.0 [Web2] benutzt. Der Filter ist als Plug-In für die Software Filter Forge 2.0 verfügbar. Die Einstellungen des Filters, mit denen er angewandt wurde, sind folgende: HDRI Mode: No, White Color: , Black Color: , RGB Mode: No, Filter Opacity: 100, Sampling Radius: 50, Sampling Percentile: 50, High Precision: No, Shadow Edge: 11, Light Edge: 11, Flat Edge: No, Lowpass Treshold: 2, Lowpass Tone: 10, Shadow Blend: 10, Hilight Blend: 10, Shadow Saturation: 100, Contrast: 100, Gamma: 100, Size, Pixels: 73% horizontal dimension of the image, Seamless Tiling: No

6.1 Qualitätswerte

Der Qualitätswert (Quality Score) wird beim Enrollment-Prozess berechnet. Er gibt an, in wie weit das Bild geeignet ist, um Muster des Fingerabdrucks mittels des Algorithmus der VeriFinger Software zu erkennen und daraus extrahieren zu können. Die Skala reicht von 0 bis 255. Je höher der Wert ist, desto höher ist die Qualität.

Quality Scores

■ unbearbeitet ■ Nachbearbeitungsstufe 4 ■ Nachbearbeitungsstufe 5

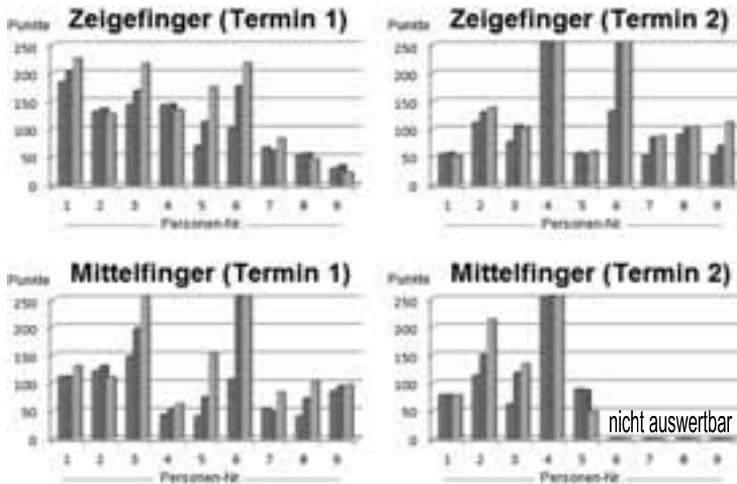


Abbildung 3: Darstellung der Quality Scores aller Fingerbilder unbearbeitet und nach Nachbearbeitungsstufen 4 & 5

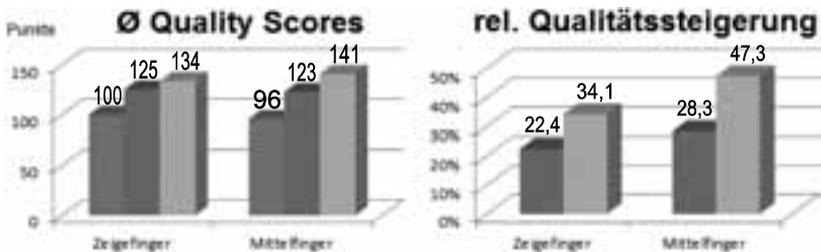


Abbildung 4: Darstellung der durchschnittlichen Quality Scores und die Steigerung der Quality Scores durch Nachbearbeitung in Bezug zu den unbearbeiteten Aufnahmen

Erkenntnisse und Beobachtungen:

Die Qualität der Bilder schwankt sehr und kann mit Nachbearbeitungen meistens verbessert werden. Eine Qualitätssteigerung nach jeder Nachbearbeitungsstufe ist bei vielen Bildern ersichtlich. Bei wenigen Bildern ist keine Qualitätssteigerung oder gar eine Senkung der Qualität zu beobachten. Insgesamt jedoch, kann man einen klaren Trend zur Steigerung der Qualität nach jeder Nachbearbeitungsstufe feststellen.

6.2 Ähnlichkeitswerte

Beim Enrollment-Prozess werden aus den Bildern Templates erzeugt. Die Templates von den Bildern vom 1. Termin dienen als Referenz, die vom 2. Termin als Probe. Alle Templates eines bestimmten Fingertyps werden in der Datenbank beim Vergleichsprozess gegeneinander geprüft. Bei der Prüfung wird ein Ähnlichkeitswert (Similarity Score) berechnet, der angibt wie genau zwei Templates übereinstimmen. Je höher der Wert ist, desto höher ist die Übereinstimmung.

Similarity Scores

■ hohe² Genuine Scores ■ Genuine Scores ■ Imposter Scores

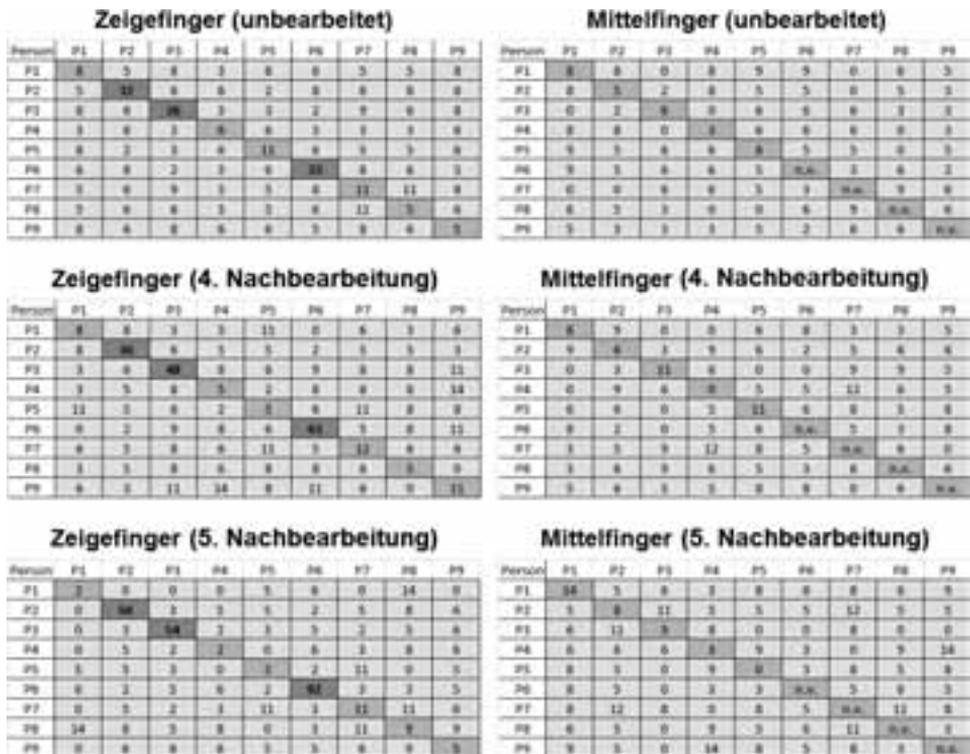


Abbildung 5: Darstellung der Similarity Scores aller Fingerbilder unbearbeitet und nach den Nachbearbeitungsstufen 4 & 5

Erkenntnisse und Beobachtungen:

Die Similarity Scores sind allgemein sehr niedrig. In drei Fällen kann ein erhöhter Genuine Score festgestellt werden. Durch Nachbearbeitungen kann dieser Score weiter gesteigert werden. Ansonsten haben die Nachbearbeitungen keine Auswirkungen erzielt.

² Mindestens doppelt so hoch wie der höchste Imposter-Score

7 Evaluation der Ergebnisse

Die Ergebnisse für die Qualitätssteigerung der Bilder durch verschiedene Nachbearbeitungsprozesse sind vielversprechend und zeigen, dass sich die Bilder dadurch in der Regel verbessern lassen. Enttäuschende Ergebnisse werden jedoch bei dem Vergleichsprozess erreicht. Viele der Templates von Bildern mit gutem Quality Score erreichen bei der Überprüfung einen schlechten Genuine Score. Zwei Aufnahmen des gleichen Fingers mit guten Quality Scores garantieren also keine hohe Ähnlichkeit. Daraus lässt sich folgern, dass die Qualität nicht das Problem ist, sondern andere Faktoren. Da die Aufnahme solcher Bilder nicht standardisiert ist, bestehen sehr viele Freiheitsgrade, die Probleme verursachen können.

Folgende Freiheitsgrade gibt es bei der Aufnahme von Fingerfotos, die die Qualität der Aufnahmen beeinflussen und für Probleme beim Vergleichsprozess sorgen können, wenn die Aufnahmen aufgrund dieser Variablen zu verschieden sind:

- Aufnahmegerat (Kamera): Auflösung, Rauschverhalten, Fokus, Blitz
- Entfernung der Kamera zum Finger
- Drehung und Winkel des Fingers zur Kamera
- Hintergrund
- Beleuchtung und Lichtreflexionen
- Beschaffenheit des Fingers: Wölbung, Abrieb und Verschmutzungen

Daraus können folgende Probleme bei der Extraktion von Merkmalen entstehen:

- Merkmale werden nicht erkannt
- Merkmale werden extrahiert, die keine sind
- Merkmale mit falschen Informationen (Lage, Orientierung) werden extrahiert
- Abstände der extrahierten Merkmale werden verfälscht

8 Fazit

Die Untersuchung hat gezeigt, dass die Fingerabdruckerkennung mit Smartphone-Kameras in alltäglichen Situationen noch nicht zuverlässig einsetzbar ist. Schon bei der Aufnahme von nahen Objekten scheitern einige Smartphone-Kameras und disqualifizieren sich für die Eignung für die Fingerabdruckerkennung. Der Vorteil der hohen Auflösung der Kameras wird durch die mangelhafte Fokussierung zunichte gemacht, da der große notwendige Abstand von Finger und Kamera die effektive genutzte Auflösung der Fingerstruktur verringert. Bei der Selektion eines geeigneten Smartphones für die Fingerabdruckerkennung stellt sich also vielmehr die Frage der Fähigkeit der Kamera auf nahe Objekte fokussieren zu können. Dies macht es besonders schwierig, geeignete Modelle zu identifizieren, da sich dieses Kriterium nicht vorab feststellen lässt und erst Testaufnahmen gemacht werden müssen.

Eine weitere Erkenntnis ist, dass die Auflösung der Kamera eine eher untergeordnete Rolle spielt. Dies wird durch den Ergebnissen der Arbeiten [HJY10] und [MS09] deutlich, da dort mittels niedrig auflösenden Kameras gute Ergebnisse erzielt werden konnten. Des Weiteren stellte es sich als schwierig heraus in alltags ähnlichen Situationen konstant gute Aufnahmen von den Fingern zu erreichen, was die schwankenden Quality Scores beweisen. Mithilfe von Nachbearbeitungen lassen sich die Bilder jedoch verbessern. Aber schon die Tatsache, dass mehrere Versuche gemacht werden müssen, um ein Foto von angemessener Qualität zu erstellen, stellt die Nutzerfreundlichkeit in Frage. Das Hauptproblem ist aber vielmehr die optische, nicht standardisierte Erfassung des Fingers. Die Aufnahme eines Fingers kann sehr unterschiedlich sein – das Ergebnis ist es schließlich dann auch, was zu nicht zuverlässigen Wiedererkennungsraten führt.

In dieser Arbeit wurde eine relativ kleine Datenbank an Fingerbildern erstellt, auf der die Ergebnisse dieser Arbeit basieren. Weitere Forschungsarbeiten von größerem Ausmaß sind notwendig, um weitere genauere Analysen zu erstellen und um mehr über die Randbedingungen für die Fingerabdruckererkennung mittels Smartphone-Kameras zu erfahren.

Literaturverzeichnis

- [DYB11] Derawi M. O.; Yang B.; Busch C.: Fingerprint Recognition with Embedded Cameras on Mobile Phones.
In: MobiSec 2011, 3rd International ICST Conference on Security and Privacy in Mobile Information and Communication Systems, 2011
- [HJY10] Hiew B. Y.; Jin Teoh A. B.; Yin O. S.: A Secure Digital Camera Based Fingerprint Verification System.
In: Journal of Visual Communication and Image Representation, Volume 21 Issue 3, April 2010, S. 219-231, 2010
- [MS09] Mueller R.; Sanchez-Reillo R.: An Approach to Biometric Identity Management Using Low Cost Equipment.
In: Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, IHH-MSP '09, 5th International Conference, S. 1096-1100, 2009
- [SK08] Scheuermann D.; Kniess, T.: Biometrie vs. Passwort - Advantage Biometrie.
In: IT-Sicherheit (2008), Nr. 2, S. 46-48, 2008
- [Web1] Neurotechnology: <http://www.neurotechnology.com/verifinger.html>
Zuletzt besucht am 26.07.2011
- [Web2] Filter Forge: <http://www.filterforge.com/>
Zuletzt besucht am 26.07.2011