

HOCHSCHULE DARMSTADT

INSORI AUSARBEITUNG

Die Auswirkung intelligenter Gesichtserkennungssoftware auf Kriminalität

Lucas Stumm

Matrikelnummer: 764915

email-Adresse: lucas.stumm@stud.h-da.de

Semester: 5

M.A. Karin Ulrich

February 8, 2022

Abstract

Ein wichtiger Teil des 21. Jahrhunderts ist die Digitalisierung der Gesellschaft. Darunter fällt die automatisierte Informationsverarbeitung im Bereich der Überwachung. Dies kann zum Beispiel in China in der Xinjiang Region gesehen werden. Das Überwachungssystem, mit der Bezeichnung Skynet, wurde in China implementiert, um die Kriminalitätsrate zu reduzieren und die Region sicherer zu machen. [20] Daher lautet die Forschungsfrage, inwieweit die facial recognition Software in der Lage ist, die Kriminalitätsrate und somit präventiv Straftaten zu verhindern.

In dieser Ausarbeitung wird darauf eingegangen, auf welchen Grundlagen die facial recognition Software aufbaut. Ebenso wird erläutert, welche Probleme es bei der Gesichtserkennung gibt, wie zum Beispiel, wenn die Lichtbedingungen nicht optimal sind. Danach wird auf die Auswirkung von der facial recognition Software eingegangen und wie effektiv diese anhand der Kriminalitätsrate ist. Zum Schluss wird aufgezeigt, ob die facial recognition Software hilft, Kriminalität präventive zu verhindern.

Contents

1	Einleitung	1
2	Grundlagen der Gesichtserkennung	1
2.1	Eigengesichter	1
2.2	Geometrischen Merkmalen	2
3	Probleme und Lösungen	3
3.1	Glanz	4
3.2	Glanzkorrektur	5
3.2.1	Fill-In Methode	5
3.2.2	Eigengesichter	5
4	Effektivität von Gesichtserkennung	6
4.1	China	6
4.2	Singapur	7
4.3	London	7
5	Evualation	7
6	Fazit	9
7	Anhang	10
7.1	Eidesstattliche Erklärung	13

1 Einleitung

Im 21. Jahrhundert verlässt sich ein Großteil der Bevölkerung auf die Digitalisierung des Alltags. Manche Städte und Länder tun dies auch im Bereich der Bekämpfung von Kriminalität. Dafür gibt es mehrere Beispiele wie in China, Singapur und London. [16, 19, 20]

Daher ist die Zielsetzung dieser Arbeit, festzustellen, inwieweit facial recognition Software es ermöglicht, Kriminalität präventive zu verhindern. Es wird erwartet, dass diese die Kriminalität in den Bereichen Stadt und Vorstadt senkt. Desweiteren wird angenommen, dass facial recognition Software an Orten mit schlechten Kamera-Bedingungen eine geringer Effizienz aufweist. Die Struktur der Arbeit wird desweiteren so ablaufen. Am Anfang wird auf zwei mögliche Arten der Gesichtserkennung eingegangen (Eigengesichter und Geometrische Merkmale). Dies wird gefolgt mit dem Problem des Glanz und dessen Korrektur. Danach wird auf die Effizienz von facial recognition Software in den Orten China, Singapur und London eingegangen. Zum Schluss wird das Ergebnis präsentiert mit einem Kommentar des Autors.

2 Grundlagen der Gesichtserkennung

In diesem Kapitel werden auf die Varianten "Eigengesichter" und mit geometrischen Merkmalen eingegangen. Des Weiteren gibt es auch noch die Methoden "Local Binary Patterns" (LBP), "Elastic Bunch Graph Matching" (EBGM), zweidimensionalen Fouriertransformation und neuronalen Netzen. [10,12] Es wurden diese beiden Varianten ausgewählt, da "Eigengesichter" die Vorteile hat, dass man dieses zur Echtzeit Gesichtserkennung verwenden kann. "Geometrische Merkmale" wurde aufgrund des allgemeinen Gebrauches von geometrischen Bildern im Alltag ausgewählt. Aufgrund von mangelndem Platze werden die anderen Methoden in dieser Arbeit nicht weiter erörtert. Die Primärenquellen für dieses Kapitel sind [8, 10].

2.1 Eigengesichter

Das Verfahren anhand Eigengesichter, welches auch zur Glanzkorrektur im Kapitel 2.2 verwendet wird, wurde von Turk und Pentland in ihrem Dokument "Eigenfaces for Recognition" präsentiert. [14] Dabei wird angenommen, dass das Gesichtsbild ein Vektor ist. Unter normalen Umständen wird

nur ein kleiner Ausschnitt dieses Bildes benötigt, da das Gesicht lediglich ein Teil dieses ist. Hierbei wird der Vektorraum mit vielen Bildern befüllt. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass nicht alle Bilder im Vektorraum Gesichter sind. Diese Bilder stellen zum Beispiel Straßen oder Häuser dar. Das hat den Sinn einen diversen Vektorraum zu haben, um zu überprüfen zu können, ob der Algorithmus funktioniert. Deswegen muss ein Untervektorraum vom Vektorraum erzeugt werden, welcher nur noch repräsentativen Gesichter beinhaltet. Daher sollte der Untervektorraum mit weniger Basisvektoren auskommen als der ursprüngliche Vektorraum, da man ansonsten auch diesen verwenden könnte. Zudem sollten die Bilder/Vektoren optimalerweise orthogonal zueinander sein.

Um dies zu erreichen kann man die Anwendung von statistischen Methoden verwenden. Dabei muss man die repräsentativen Gesichter als eine Punktwolke im Raum vorstellen. Die Vektoren, im Vektorraum, sollen durch diese Gesichter repräsentiert werden. Die Basisvektoren für den Untervektorraum werden sukzessive basierend auf den vorherigen Vektoren bestimmt. Daher wird zuerst der Vektor ausgewählt, der den Vektorraum am ehesten repräsentiert. Dieses Verfahren erzeugt jedoch einen Fehler, den man reduzieren muss. Das Problem besteht darin, dass der bestimmte Vektor nicht alle Gesichter vom Untervektorraum repräsentiert. Diesen Fehler kann man reduzieren, indem man nicht nur einen Vektor verwendet, sondern mehrere. Die neuen Vektoren sollten dabei orthogonal zu dem vorherigen Vektoren sein. Jeder weitere Vektor erzeugt auch einen Fehler, diese werden aber mit jeder Iteration geringer. Dies kann man so lange wiederholen bis der Restfehler bei quasi null ist. Diese Angehensweise ist auch bekannt als "Principal Component Analysis" (PCA). [10]

2.2 Geometrischen Merkmalen

Die Methode, mit den geometrischen Merkmalen, vergleicht das Gesicht einer Person mit einem oder mehreren Gesichtsbildern von derselben Person, die vorher genommen wurden. Dabei wird das Gesicht erstmal ermittelt. Sobald die Software das Gesicht gefunden hat, sucht dieses nach den geometrischen Merkmalen (siehe Graphik 2). Die Software überprüft zum Beispiel die Länge der Augen, den Abstand zwischen dem Augenpaar, die Länge der Nase, den Abstand zwischen der Nase und den Augen, den Abstand zwischen den Augen und dem Mund, die Breite vom Mund und die

Breite des Gesichts (siehe Graphik 1). [8]

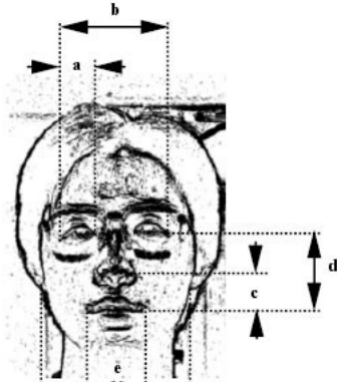


Figure 1: Geometrische Merkmale anhand eines menschlichen Gesichts. [21]

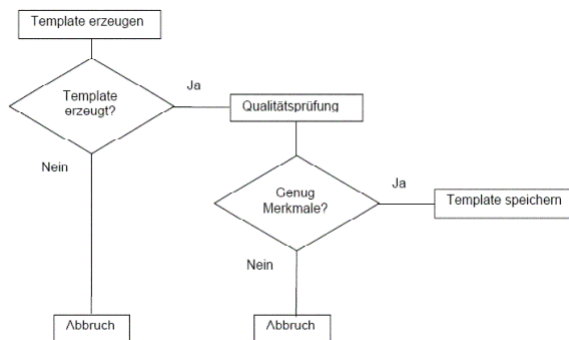


Figure 2: Ein digitalisiertes Gesicht wird nach seinen geometrischen Merkmalen überprüft. Bei mangelnden Merkmalen wird das Bild verworfen [8]

3 Probleme und Lösungen

Das Kapitel Probleme und Lösungen beschäftigt sich mit dem Problem des Glanz und zwei entsprechende Lösungsansätze für dieses Problem. Das

Problem des Glanz wurde dabei ausgewählt, da dieses im Bereich der Bildaufnahme ein allgemeines Problem ist, welches selbst optimalen Kamera-Bedinungen entstehen kann. Probleme wie overfitting/underfitting werden aufgrund von mangelndem Platze nicht weiter in dieser Arbeit erwähnt. Die Quellen [10,12] stellen die Primärquellen in diesem Kapitel.

3.1 Glanz

Glanz beschreibt das Phänomen, wenn das Licht vom Gesicht reflektiert wird. Dies kann durch Flüssigkeiten wie Schweiß oder Wasser passieren oder zu starkem Licht. In der Graphik 3 kann man mehrere Stellen mit Glanz in dem Gesicht der Person sehen.

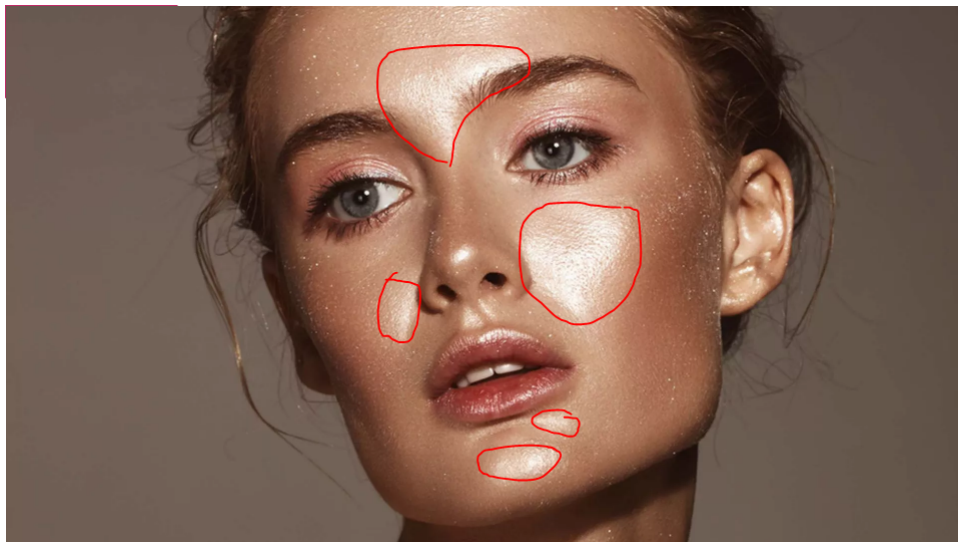


Figure 3: Die rote umranden Kreise zeigen die Stellen im Gesicht mit Glanz. [2]

Das Problem für die Software besteht dabei, dass durch die Reflektion im Gesicht, Daten verloren gehen. Zudem muss die Software überhaupt feststellen, ob der Glanz überhaupt da ist. Deswegen müssen Stellen mit Glanz nachbearbeitet werden, um die fehlenden Informationen zu replizieren. Das Stellt ein großes Problem da, wenn der Glanz sich an Stellen befindet, die in andere Areale des Gesichtes gehen. Häufig stellen dabei die Augen und der Mund aufgrund ihre Flüssigkeiten ein Problem dar. Dies wird zu einem

Problem, wenn man facial recognition Software in regnerischen oder feuchten Regionen verwendet.

3.2 Glanzkorrektur

Bei der Glanzkorrektur gibt es die Algorithmen "Fill-In Methode", "Interpolation", "Hilfe der Gauß'schen Ausgleichsrechnung" und "Eigengesichter". Der Lösungsansatz "Eigengesichter" wurde ausgewählt, da dieser schon in Teilen in der Arbeit behandelt wurde. Die "Fill-In" Methode wurde aufgrund von ihrer Einfachheit ausgewählt. Aufgrund von limitiertem Platz werden nur auf die Algorithmen "Fill-In" und "Eigengesichter" eingegangen. Für dieses Unterkapitel sind [10,12] die Primärquellen.

3.2.1 Fill-In Methode

Bei dieser Methode muss vorausgesetzt sein, dass die Gesichtsbilder in der Datenbank glanzfrei sind. Die Differenz der Ähnlichkeit zwischen dem Bild, das verglichen werden soll, und dem original Bild aus der Datenbank wäre zu groß, als dass man dies mit dieser Methode tun könnte. Stellt die Software fest, dass ein Pixel defekt ist, wird für die Berechnung dieser Punkt mit einer Konstanten ersetzt. Diese Konstante stellt klar, dass der Pixel defekt ist und nicht für den Vergleich verwendet wird. Dabei wird die Gesamtähnlichkeit zwischen den beiden Bildern durch die Summe, der unkorrigierten Punkte und den korrigierten Punkten mal die Konstante berechnet. Zudem kann man die Summe der korrigierten Punkte mal die Konstante kürzen auf den Ausdruck Anzahl der korrigierten Punkte mal die Konstante. Desweiteren hat der Betrag Anzahl der korrigierten Punkte mal die Konstante keinen Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit, da dieser Konstant beim Vergleich mit anderen Bildern aus der Datenbank gleich ist. Nur die Summe, der unkorrigierten Punkte, wird für die Ähnlichkeitsbestimmung der Bilder verwendet und bestimmt die entsprechende Wahrscheinlichkeit, ob die Bilder dieselbe Person zeigen. [12]

3.2.2 Eigengesichter

Als erstes muss das zu korrigierende Gesicht im Bild bestimmt und der Rest ausgeschnitten werden. Danach wird das Bild sowie die Eigengesichter in Vektoren umgewandelt. Dabei werden alle Pixel, die vom Glanz betroffen

sind, aus dem Vektor entfernt. Durch das Entfernen der Pixel verlieren die Eigengesichter die Eigenschaft der Orthogonalität zueinander. Deswegen muss eine Ausgleichrechnung gemacht werden, um den Gesichtsvektor durch eine Kombination der Eigengesichter aus der Datenbank darzustellen. Bei der Wiederherstellung des Bildes werden die vollständigen Eigengesichter bei der Linearkombination verwendet. [12]

4 Effektivität von Gesichtserkennung

Um die Effektivität von der Gesichtserkennungssoftware zu definieren, wird der prozentuale Unterschied seit dem Jahr der Implementierung verwendet. Diese Methode hat ihre Schwächen, da diese nicht politische oder andere soziale Aspekte, die sich auf die Kriminalitätsrate beziehen, berücksichtigt. Dennoch sollte es möglich sein die Effektivität der Gesichtserkennungssoftware, zur präventiven Verhinderung von Straftaten, zu ermitteln. Damit andere Faktoren die Daten nicht zu sehr verfälschen, werden Daten von drei verschiedenen Städten/Länder verwendet, um feststellen zu können, ob facial recognition in verschiedenen politischen und sozialen Klimas funktionieren. Außerdem wurden spezifisch diese drei Orte gewählt, da alle eine sehr ausgebauten Überwachungsaperatus verfügen. Für dieses Kapitel gibt es keine Primärquelle, da die Ergebnisse, die in diesem Kapitel gewonnen werden, aus vielen verschiedenen Statistiken, Studien und Artikel entstammen.

4.1 China

Kommission für Wissenschaft und Technologie der Stadt Beijing hat 2011 den Vorschlag unterbreitet ein Überwachungssystem, zu implementieren, um den Straßenverkehr zu verbessern. [13] Es gibt keine offiziellen Berichte, wann und ob der Vorschlag angenommen und implementiert wurde. Dennoch gibt es Artikel, die andeuten, dass der Vorschlag in den folgenden Jahren umgesetzt wurde. [17] Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Kriminalitätsrate in China von 2011 bis 2015 gestiegen ist. Der Wachstum beträgt hierbei um 19% /1.169.000 neuen Fällen pro Jahr. [15] Daher kann man daraus schließen, dass entweder der Vorschlag abgelehnt wurde und die Artikel falsch sind oder der Vorschlag angenommen wurde, aber nicht zur Bekämpfung von Kriminalität geholfen hat. Dies lässt sich daran erklären, dass das

Überwachungssystem noch nicht vollständig entwickelt war und über die Jahre angepasst werden musste. 2016 wurde zusätzlich das Cybersecurity Law implementiert. [18] Dieses Gesetz hatte zur Folge, dass alle Informationen, die durch einen "critical infrastructure operators" durchlaufen, gewissen Regeln unterfallen. Die zwei wichtigsten Sachen dabei sind, dass privaten Informationen gesammelt und diese ausgewertet werden, um festzustellen, ob die Person sich im Rahmen des Gesetzes bewegt. Seitdem sind die Zahlen der gemeldeten Fälle gesunken von 7.174.037 in 2015 zu 5.069.242 in 2018. [15] Das ist eine Reduzierung von ca. 29%.

4.2 Singapur

2014 hat Singapur entschieden 1.000 Sensoren in der Stadt zu installieren. [19] Die Kriminalitätsrate in Singapur hat sich nicht signifikant entwickelt, seit der Implementierung des Überwachungsapparatus. Dabei war die Anzahl der kriminellen Fälle in 2014 bei 33.839. In 2020 lag diese Zahl bei 37.273 Fälle. Dies ist ein Anstieg von 9%. Jedoch muss man berücksichtigen, dass zwischen den Jahren die Fälle fluktuieren. [7] Weshalb es schwierig ist für Singapur zu bestimmen, wie effektiv der Überwachungsapparatus ist.

4.3 London

London hat angefangen während des 2. Welt Krieges ihren Überwachungsapparatus aufzurüsten. [3] Dies wurde öffentlich durch den NSA Skandal von Edward Snowden. [1] Dabei hat London Police entschlossen 2020 facial recognition in ihren Überwachungsapparatus einzubinden. [16] Seit 2014/15 ist die Kriminalitätsrate in London von 82.36 bis zu 95.99 in 2018/2019 pro 1.000 gestiegen. 95.99 pro 1.000 würde bei London ca. 860.261 Person entsprechen. Seitdem die facial recognition Software in London implementiert wurde, sind die Zahlen von 95.99 auf 26.3 pro 1.000 gefallen. Dies entspricht einem Fall von 73%. [16]

5 Evaluation

Anhand den drei Beispielen und dem Kriterium kann man sehen, dass die facial recognition Software in London am effektivsten ist, gefolgt von China und am Ende Singapur. Wie schon erwähnt, hat dieses Verfahren seine

Schwächen. Singapur hatte vor und nach der Implementierung der facial recognition Software eine niedrige Kriminalitätsrate. Weswegen man deren Nutzen nicht feststellen konnte. Im Gegensatz hatte London vor facial recognition Software eine sehr hohe Kriminalitätsrate, die nach der Implementierung stark gefallen ist und dieser Fall war nur nach einem Jahr der Umsetzung. [16]

Dieser Kontrast zeigt die Stärke oder auch die Schwäche von facial recognition Software und dem Überwachungsapparat. Diese senken nur die Kriminalitätsrate, wenn die Bevölkerung der Meinung ist, dass diese nicht ungeschoren davonkommen kann. In Orten, die schon sehr auf Kriminalität achten und diese hart bestrafen, ist der Nutzen von facial recognition Software gering. Hingegen Städte/Länder, die darauf nicht so sehr drauf achten, werden einen großen Nutzen von facial recognition Software haben.

Wobei man auch beachten muss, dass die Größe der zu überwachenden Stelle, auch eine Rolle spielt. Dies kann man in China sehen. China achtet und bestraft Kriminalität hart, hatte aber einen Nutzen von 29% durch facial recognition Software. Dies lässt sich darauf zurück führen, dass die Kriminalitätsrate bei steigender Bevölkerungsdichte steigt. Dies wird auch von den Studien von Keith Harries "Property Crimes and Violence in United States: An Analysis of the influence of Population density" [9] und von Joshua R. Battin & Justin N. Crowl "Urban sprawl, population density, and crime: an examination of contemporary migration trends and crime in suburban and rural neighborhoods" [11] unterstützt. Beide Studien fanden eine Parallele zu der Bevölkerungsdichte in Städten und ländlichen Regionen und Kriminalität. Deswegen ist facial recognition Software auch für Orte sinnvoll, die eine hohe Bevölkerungsdichte haben wie zum Beispiel London.

Man kann daraus schließen, dass allgemein facial recognition Software an vielen Orten helfen könnte. Auch in Regionen mit einer hohen Feuchtigkeit oder viel Regen wie London, stellt dies kein Problem da. Fälle wie in Singapur sind selten, da diese schon eine sehr geringe Kriminalitätsrate haben. Daher kann man definitiv behaupten, dass facial recognition Software effektiv ist, um Städte als auch Dörfer sicherer zu machen und Kriminalität präventive zu verhindern, sofern diese nicht schon eine geringe Kriminalitätsrate haben.

6 Fazit

Die Fragestellung, inwieweit facial recognition Software es ermöglicht, Kriminalität präventive zu verhindern, konnte in dieser Ausarbeit vollständig beantwortet werden. Dabei konnten auch auf die Probleme wie schlechte Bedingungen für die Kameras oder eine große Bevölkerung eingegangen werden. Auch wenn ich in meiner persönlichen Meinung gegen facial recognition Software bin, muss ich anhand dieser Arbeit zugeben, dass diese einen Sinn und Nutzen hat. Es hilft in Städten und Vororten, die nicht in der Lage sind mit der Kriminalität fertig zu werden, diese zu senken. Dennoch bin ich der Meinung, dass dies nicht aufkosten der konstanten Überwachung der gesamten Bevölkerung geschehen darf. Besonders wenn dies gegen bestehende Gesetze [4–6] verstößt wie zum Beispiel in London. Dennoch ist es eine interessante Frage, ob die allgemeine Bevölkerung, trotz Dauerüberwachung, dies lieber hätte, um Kriminalität zu senken.

7 Anhang

References

- [1] Peter Beaumont. Nsa leaks: Us and britain team up on mass surveillance. *The Guardian*, 2013. <https://www.theguardian.com/world/2013/jun/22/nsa-leaks-britain-us-surveillance>.
- [2] Bunte.de. Fettige haut im gesicht: Die rettung für unschönen glanz ist dieses serum. *Bunte.de*, 2020. <https://www.bunte.de/beauty/pflege/hautpflege/oeliger-hauttyp-fettige-haut-im-gesicht-die-rettung-fuer-unschoenen-glanz-ist-c.html>.
- [3] Gordon Corera. How the british and americans started listening in. *BBC*, 2016. <https://www.bbc.com/news/magazine-35491822>.
- [4] European court of human right. Guide on article 10 of the european convention on human rights. https://www.echr.coe.int/Documents/Guide_Art_10_ENG.pdf.
- [5] European court of human right. Guide on article 8 of the european convention on human rights. https://www.echr.coe.int/Documents/Guide_Art_8_ENG.pdf.
- [6] European court of human right. Lawsuit. [https://hudoc.echr.coe.int/eng-press#{%22itemid%22:\[%22003-7028496-9484349%22\]}](https://hudoc.echr.coe.int/eng-press#{%22itemid%22:[%22003-7028496-9484349%22]}).
- [7] Singapore Police Force. <https://www.police.gov.sg/Media-Room/Statistics?filter=19AA9819C28548B9B6138DC8B9E373B0>.
- [8] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Gesichtserkennung. https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Biometrie/Gesichtserkennung_pdf.pdf?__blob=publicationFile.
- [9] Keith Harries. *B.S. MAB, Ph.D.* PhD thesis, University of Maryland Baltimore County, 07 2006. [http://www.sascv.org/ijcjs/harries.html#\[1\]](http://www.sascv.org/ijcjs/harries.html#[1]).

-
- [10] Michael Hähnel. *Diplom-Ingenieur*. PhD thesis, Technische Hochschule Aachen, 11 2007. https://publications.rwth-aachen.de/record/49893/files/Haehnel_Michael.pdf.
- [11] Justin N. Crowl Joshua R. Battin. *B.A., M.S., Ph.D; B.A., M.S., Ph.D*. PhD thesis, Mansfield University of Pennsylvania, 05 2017. <https://link.springer.com/article/10.1057/s41300-017-0020-9#rightslink>.
- [12] Seedorfer Jörg. *Diplom-Ingenieur*. PhD thesis, Technischen Hochschule Köln, 10 2009. https://epb.bibl.th-koeln.de/frontdoor/deliver/index/docId/173/file/Seedorfer_Joerg.pdf.
- [13] Leo Lewis. China mobile phone tracking system attacked as big brother surveillance. *The Australian*, 2011. <https://www.theaustralian.com.au/news/world/china-mobile-phone-tracking-system-attacked-as-big-brother-surveillance/news-story/7b19fabb97743ea3ba99d36cb1e1c6fa>.
- [14] Alex P. Pentland Matthew A. Turk. Face recognition using eigenfaces. *Vision and Modeling Group, The Media Laboratory Massachusetts Institute of Technology*, 1991. <https://www.mit.edu/~9.54/fall114/Classes/class10/Turk%20Pentland%20Eigenfaces.pdf>.
- [15] National Bureau of Statistics of China. <http://www.stats.gov.cn/english/Statisticaldata/AnnualData/>.
- [16] Billy Perrigo. London police to deploy facial recognition cameras despite privacy concerns and evidence of high failure rate. *Time*, 2020. <https://time.com/5770976/london-facial-recognition-police/>.
- [17] Maxwell R. Former cia chief has seen “hard evidence” of huawei spying on behalf of china. *phoneArena.com*, 2013. https://www.phonearena.com/news/Former-CIA-chief-has-seen-hard-evidence-of-Huawei-spying-on-behalf-of-China_id45500.
- [18] Reed Smith. Chinas cybersecurity law. <https://www.reedsmith.com/-/media/files/perspectives/2018/chinas-cybersecurity-law-002.pdf>.
-

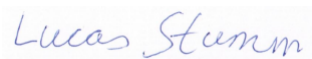
- [19] Irene Tham. 1,000 sensors to be rolled out in singapore as part of smart nation plan, 2014. <https://www.straitstimes.com/singapore/1000-sensors-to-be-rolled-out-in-singapore-as-part-of-smart-nation-plan>.
- [20] Yuan Yang. Data leak reveals china is tracking almost 2.6m people in xinjiang. *FINANCIAL TIMES*, 02 2019. <https://www.ft.com/content/9ed9362e-31f7-11e9-bb0c-42459962a812>.
- [21] Steffen Scheer Yasushi Tomii. Seminar biometrische identifikationsverfahren sose2004, 2004. https://www2.informatik.hu-berlin.de/Forschung_Lehre/algorithmenII/Lehre/SS2004/Biometrie/05Gesicht/gesichtserkennung.pdf.

7.1 Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit eigenständig und ohne fremde Hilfe angefertigt habe. Textpassagen, die wörtlich oder dem Sinn nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Name (Unterschrift)

A handwritten signature in blue ink that reads "Lucas Stumm". The signature is written in a cursive style and is placed on a light blue rectangular background.

February 8, 2022

Ort, Datum