
Erstellung, Suche und Vergleich von Phantombildern in der Augmented Reality

Alexandra Krien

Technische Universität Dresden
Dresden, Germany
alexandra.krien@tu-dresden.de

Maxime Thebault

INSA Rennes
Rennes, France
Maxime.Thebault@insa-
rennes.fr

Heiner Ludwig

Technische Universität Dresden
Dresden, Germany
heiner.ludwig@tu-dresden.de

Paste the appropriate copyright statement here. ACM now supports three different copyright statements:

- ACM copyright: ACM holds the copyright on the work. This is the historical approach.
- License: The author(s) retain copyright, but ACM receives an exclusive publication license.
- Open Access: The author(s) wish to pay for the work to be open access. The additional fee must be paid to ACM.

This text field is large enough to hold the appropriate release statement assuming it is single spaced in a sans-serif 7 point font.

Every submission will be assigned their own unique DOI string to be included here.

Abstract

Phantombilder sind in der Polizeiarbeit ein unverzichtbares Medium bei der Suche nach Verdächtigen. Diese Arbeit beschäftigt sich damit, wie die dabei gängigen Abläufe in die Augmented Reality angehoben werden können, um so die Bedienbarkeit und Nutzererfahrung zu verbessern. Der Fokus liegt dabei auf einer anfragebasierten, unscharfen Suche anhand der Phantombilder aus einer Datenbank von standardisierten Fotografien verschiedener Personen. Der Nutzer hat so die Möglichkeit, seine zusammengestellten (Such-)Kriterien anhand reeller Menschen zu vergleichen und möglicherweise seine Anfrage auf der Suche nach dem besten Treffer anzupassen.

Author Keywords

Information Retrieval, Phantombilder, Augmented Reality

Einführung

Auf der Suche nach bestimmten Personen, beispielsweise im Zuge der Ermittlung einer Straftat, sind Phantombilder ein gängiges Hilfsmittel. Augenzeugen versuchen ihre Erinnerung unter Anleitung eines Beamten zu rekonstruieren. Auch wenn die Erstellung solcher Phantombilder bereits auf eine digitale Ebene angehoben wurde, ist der Prozess dennoch bisher sehr statisch. Die skizzenhaft zusammengestellten Merkmale enthalten möglicherweise große Ungenauigkeiten, Nutzer haben keine Möglichkeit

ihr Ergebnis mit reellen Menschen abzugleichen. Hinzu kommt der große Einfluss eines anwesenden Beamten. Der Zeuge muss seine Erinnerungen sehr genau und eindeutig beschreiben, um auf der gleichen Ebene des Beamten zu kommunizieren, da beispielsweise die Beschreibung einer „hellen Haut“ unterschiedlich aufgefasst werden kann.

Die Idee hinter dieser Arbeit ist es, Phantombilder als Suchanfrage für ein datenbankbasiertes System zu nutzen. Dies bietet die Möglichkeit, die skizzenhafte Anfrage mit reellen Menschen zu vergleichen. Personen bemerken so schneller Fehler oder Ungenauigkeiten und haben die Möglichkeit ihre Anfrage iterativ so weit zu verfeinern, dass die Ergebnismenge der verdächtigen Personen eher ihrer Erinnerung entspricht. Diese Menge ist für alle Betrachter uneindeutig.

Ziel soll ein intuitives System sein, welches nach einer Einführung selbstständig von Personen ohne Vorwissen eingesetzt werden kann. Um dem Nutzer einen persönlichen Bearbeitungsraum zu bieten und an die reelle Begegnung anzuknüpfen, wurde entschieden, dieses System in die Augmented Reality anzuheben. Gesten sollen dabei als einfache Interaktionsform dienen.

Das System sei im Folgenden erläutert.

Verwandte Arbeiten

Erstellung von Phantombildern

Die klassische Erstellung von Phantombildern findet im Rahmen einer Zeugenaussage auf dem Revier statt. Die Umgebung kann dabei Auswirkungen auf die Genauigkeit der Aussage haben. Erfahrungen zeigten, dass insbesondere anwesende Beamte Einfluss auf die Ergebnisse nahmen. Ihre Aufgabe ist es, die Zeugen bei der Rekonstruktion des Gesehenen zu unterstützen. Soziale Faktoren entscheiden dabei darüber, wie viele Informationen tatsächlich preisgegeben und ob sie korrekt aufgenommen wer-

den. Der Beamte als uneeteiligte Person kann unter Umständen einschüchternd wirken. Aber auch unterschiedliche Vorstellungen und Auffassungen zur Ausprägung von Merkmalen können zu Abweichungen führen. Alle beteiligten Personen müssen demnach für ein gutes Ergebnis die gleiche deskriptive Sprache sprechen. [7]

Es gab bereits in der Vergangenheit Versuche, diesen Prozess auf eine digitale Ebene anzuheben. So existieren eine Vielzahl an einfachen Desktoplösungen, die ein Zusammenstellen verschiedener optischer Merkmale zu einem Phantombild erlauben. [1, 4]

Die konkrete Suche aufgrund eines veränderbaren Phantombildes hingegen ist unseren Recherchen zu Folge noch nicht sehr verbreitet. Die wenigen existierenden Systeme brachten aber bereits Erkenntnisse darüber, wie ein moderner Erstellungsprozess ablaufen könnte und welche Faktoren entscheidend sind, um durch die Anfrage auch signifikante Ergebnisse zu erhalten. Unterschiede zeigten sich insbesondere durch die Auswahl der kombinierbaren Merkmale für die Suchanfrage. „SpotIt!“ ermöglicht bspw. die Auswahl mehrerer Ausprägungen für ein Merkmal und interpoliert anschließend zwischen diesen um die optimale Lösung zu finden. [6] Ein anderes Personenidentifikationssystem hingegen zeigte, dass bereits eine Unterscheidung des Gesichts in 3 Bereiche reicht, um in der Suche eine Trefferquote von über 90% zu erreichen. Wichtigster Faktor ist dabei die Ausprägung der Augen. [5]

Gesten

Gestik als Eingabemedium zur Erstellung von Phantombildern ist gänzlich neu, der Aufbau einer geeigneten Gestensprache ist daher unumgänglich.

Das Buch „Emotionales Interaktionsdesign“ beschäftigt sich u.a. mit der Semantik von Gestensprachen und zeigt

Notwendigkeiten wie Abbruch-Gesten oder die allgemeine Robustheit von Gesten auf. [8] Kaisa Väänänen und Klaus Böhm weisen auf Schwierigkeiten wie Ermüdung der Gliedmaßen und eingeschränkte Exaktheit während der Gesten-Nutzung hin, betonen jedoch gleichzeitig die vereinfachte Navigation und Manipulation für verschiedenste Nutzergruppen in virtuellen 3D-Räumen. [10] Nutzerstudien zeigten weiterhin, dass die Metaphern-Nutzung bei Gesten weniger effektiv als die Nutzung von Freihand-Gesten ist. [13]

Ebenso ist allgemein die Nutzung von formalisierten Gesten („semaphoric gestures“) nicht sinnvoll, da sie während der Interaktion unnatürlich wirken. [12, 15] Viele gestenbasierten Eingabesysteme benutzen derzeit sowohl formalisierte, als auch Freihand-Gesten und nutzen damit die Vorteile beider Gruppen. [13]

Nicht zuletzt haben Hollywood-Filme wie *Iron Man* [14] oder *Minority Report* [9] als Inspiration für die User Experience und die Erstellung von futuristischen Nutzungsoberflächen und Eingabesystemen gedient.

Kombination von virtueller oder auch augmentierter Realität mit Gesteneingabe erfolgt beispielsweise in Brillensystemen. Zu den bekannten Vertretern zählen die Firmen *HTC* mit der *HTC Vive* [3] oder auch *Oculus VR* mit der *Oculus Rift* [2], die unabhängig voneinander eine VR-Brille mit mehreren Kameras entwickelten und so eine Interaktion mit dem virtuellen Raum für den Nutzer möglich machten.

Konzept

Das Konzept zur digitalen Erstellung von Phantombildern ist ein System, welches den Nutzer in eine virtuelle Realität versetzt, die mittels Gesten manipulierbar ist. Durch die Interaktion mit suchanfragen- und ergebnisrepräsentierenden Objekten, steuert der Nutzer die Erstellung des Phantombildes, indem er diese Objekte auswählt, verschiebt, löscht

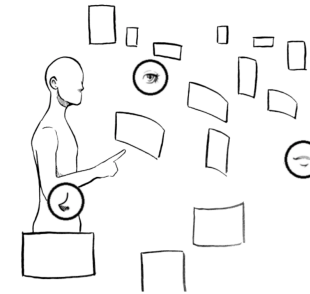


Figure 1: Virtuelle Objekte im System: Kreise repräsentieren Anfrageobjekte, Rechtecke die Ergebnisse in Fotoform

oder kombiniert.

Der Nutzer navigiert das System von einem festen Standpunkt aus. Um einzelne Objekte genauer zu betrachten, bewegt er sich also nicht körperlich, sondern verändert die Position des virtuellen Raums mittels Translations- und Skalierungsgesten.

Die Objekte sind im 180-Grad-Winkel „schwebend“ um den Nutzer angeordnet. (Figure 1) Durch sowohl freie, als auch objektorientierte Gesten kann er mittels ein- oder zweihändiger Gestikulation Suchanfragen, Ergebnisse oder Ergebnisvorschläge speichern, löschen, zum Ergebnispool hinzufügen, neu kombinieren oder rückgängig machen. Das System wird immer nur von einem Nutzer gleichzeitig benutzt, weitere Personen können während des gesamten Findungsprozesses ausschließlich als Zuschauer involviert werden. So ist eine Moderatorenrolle eines Experten, der dem ausführenden Nutzer Hilfestellung gibt, grundsätzlich denkbar, im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht weiter betrachtet.

Aus der Sicht der Nutzbarkeit bietet das System folgende Vorteile:

- Effizientes und selbstständiges Arbeiten durch intuitive Gesten und mögliche Hilfestellung durch das System
- direkte Interaktion vom Nutzer mit der Benutzungsoberfläche (freie Exploration)
- Effektive Ergebnisfindung durch ständiges Feedback und Anpassung vom System
- Nutzerzufriedenheit durch immer sichtbaren Fortschritt
- Der Einsatz des Systems ist ortsunabhängig und verlangt nur kleine Räumlichkeiten

Systemnutzung

Systemstart und erste Suche

Nachdem der Nutzer eine Virtual-Reality-Brille erhalten hat, kann er mit Hilfe der *smile*-Geste eine Übersicht öffnen, die in alle relevanten Gesichtsbereiche untergliedert ist. (Figure 2) Es wurde entschieden die möglichen Anfrageparameter sehr feingranular aufzuspalten. Der Nutzer hat eine Vielzahl an Möglichkeiten diese zu kombinieren. Er ist nicht darauf angewiesen alle zu nutzen, bereits ein Anfrageobjekt genügt um das System zu starten. Dies hat den Vorteil möglichst individuell auf verschiedene Nutzer und deren Erinnerung eingehen zu können. Erinnerungen können sich stark unterscheiden, da Menschen auf unterschiedliche optische Merkmale besonders achten. Diese beliebigen Details können angegeben werden, um die Ermittlung zu unterstützen.

Zu auswählbaren Anfrageobjekten in unterschiedlichen Ausprägungen zählen:

- Hautfarbe

- Gesichtsform
- Augen und Augenfarbe
- Brauen
- Nase
- Mund
- Ohren
- Frisur und Haarfarbe
- Gesichtsbehaarung
- Besondere Merkmale (Narben, Leberflecke oder Male, Tattoos, Brillen...)

Körperbezogene Merkmale wie Größe oder Figur seien zunächst unbetrachtet. Alle verfügbaren Merkmale seien zusätzlich in ihrer Position zueinander betrachtbar.

Um eine Suchanfrage zu starten, wählt der Nutzer ein Gesichtsmerkmal aus, indem er das entsprechende virtuelle Objekt mit einer Hand anfasst und mittig vor sich zieht. Sobald der Nutzer das Objekt loslässt, werden verschiedene Variationen des gewählten Gesichtsteils, wieder in Form von Objekten, angezeigt. Der Nutzer kann die passendste Ausprägung auswählen und das Merkmal so seiner Suchanfrage hinzufügen. Die gebündelte Anfrage wird im Anfragemenü zentral als Phantombild dargestellt. (Figure 2)

Das Anfragemenü kann anschließend mittels der umgekehrten Geste wieder geschlossen werden. Die Suche wird automatisch gestartet. Die einzelnen Anfrageobjekte platzieren sich gleichmäßig im Raum, die Ergebnisse befinden sich zwischen diesen. Dabei ist die räumliche Entfernung zwischen einzelnen Suchergebnissen direkt proportional zu

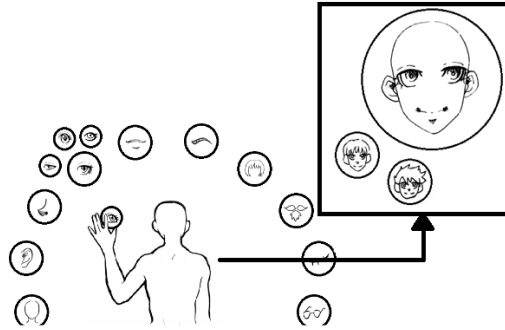


Figure 2: Anfrageerstellung: Zusammenfassung gewählter Merkmale als Phantombild im Zentrum des Menüs, Ergebnisse die ebenfalls als Suchobjekte integriert wurden erscheinen unterhalb

deren Ähnlichkeit. Ergebnisse die sich besonders nah an einem Anfrageobjekt befinden, erfüllen dieses Kriterium besonders gut. Ergebnisse die allen Kriterien entsprechen befinden sich entsprechend mittig.

Ergebnisexploration und -speicherung

Durch die *navigation*-Geste kann der Nutzer den „Ergebnis-Raum“ translatieren, skalieren und rotieren. Ist beispielsweise ein Suchergebnis besonders passend, kann die Menge ähnlicher Suchergebnisse vergrößert und die Granularität verfeinert werden, indem sich der Nutzer virtuell zum Ergebnisobjekt bewegt und eine Skalierung vornimmt, um sich die Ergebnisse diesen Typs genauer anzuschauen. Um Ergebnisse zu speichern werden diese per Zeige-Geste markiert und mit einer *pull*-Geste zum Nutzer gezogen. Sind unpassende Ergebnisse auszuschließen, können diese markiert und anschließend mit der *remove*-Geste entfernt werden. Soll die nächste Suchanfrage durch bereits gefundene Gesichtsmerkmale konkretisiert werden, wird

das Ergebnisobjekt mittels der *add*-Geste mit beiden Händen gefasst, mittig vor den Nutzer gezogen und so mit dem Suchanfrage-Objekt der vorherigen Suche verknüpft.

Weitere Suchanfragen

Nach jeder weiteren Suche kann das System anhand der vom Nutzer ausgewählten und gelöschten Ergebnisobjekte zunehmend genauere Vorschläge für die folgenden Suchanfragen aufstellen. So ist beispielsweise die Wahrscheinlichkeit, dass eine blauäugiger Mensch eher einen (nord-)europäischen Hauttyp besitzt höher, als bei braunäugigen Menschen [11]. Voraussichtlich passende Ausprägungen von Anfrageobjekten werden im Anfragemenü besonders hervorgehoben. Selbstverständlich kann der Nutzer auch unabhängig davon jederzeit die Anfrage überarbeiten.

Rückgängig machen und Verlauf hervorheben

Um eine Suchanfrage oder Objektmanipulation rückgängig zu machen, kommt die *undo*-Geste zum Einsatz.

Sollen multiple Arbeitsschritte widerrufen werden, wird die *extended undo*-Geste genutzt: Während die eine Hand gehalten wird, erscheint vor dem Nutzer eine virtuelle Zeitleiste, anhand der im Arbeitsverlauf vor- und zurückgesprungen werden kann. Dazu wird die Hand horizontal nach links beziehungsweise rechts bewegt.

Speichern und Ergebnis

Wie bereits unter Abschnitt *Ergebnisexploration und -speicherung* erwähnt, können einzelne Suchergebnisse jederzeit über die *pull*-Geste gespeichert werden. Mittels der *down*-Geste öffnet sich eine Übersicht aller bereits gespeicherten Ergebnisse. Hier befindliche Objekte können jederzeit wieder entfernt werden oder auch nachträglich als Anfrageobjekte eingesetzt werden.

Beendet der Nutzer das System, werden die zu diesem

Zeitpunkt gespeicherten Ergebnisse als finales Ergebnis übernommen. Dieses ist auch nach Beenden der Session vom Beamten einsehbar und kann für die weiteren Ermittlungen eingesetzt werden. Wurde das System von mehreren Zeugen genutzt, hat der Beamte so die Möglichkeit die Ergebnisse zu vergleichen und auf Überschneidungen der Ergebnismengen zu überprüfen. Die Ergebnisse können ebenfalls einer späteren Session hinzugefügt werden. Der Beamte kann die Auswertung so direkt im System vornehmen.

Gesten

Gesten sollen logisch, intuitiv einfach zu erlernen und ergonomisch auszuführen sein. [13] Da das System hauptsächlich bei Laien zum Einsatz kommt, ist es von hoher Wichtigkeit eingängige Gesten zu finden, um eine gute Nutzbarkeit des Systems zu garantieren. Um die eindeutige Interpretation auf technischer Seite und die Unverwechselbarkeit der Gesten nutzerseitig zu gewährleisten, sollen Gesten robust sein und sich entsprechend klar voneinander unterscheiden. [13, 8] Des Weiteren benötigt jede Geste eine Abbruch-Möglichkeit. [8]

Im folgenden Teil werden alle System-Gesten aufgeführt: (Figure 3)

smile-Geste: Öffnen bzw. Schließen des Anfragemenüs (Analogie zum Öffnen eines Buches)

move-Geste: Navigation durch den virtuellen Raum

select-Geste: Auswählen von Anfrage- oder Ergebnisobjekten

add-Geste: Hinzufügen eines Ergebnisobjektes zur Suche

remove-Geste: Löschen eines ausgewählten Objektes

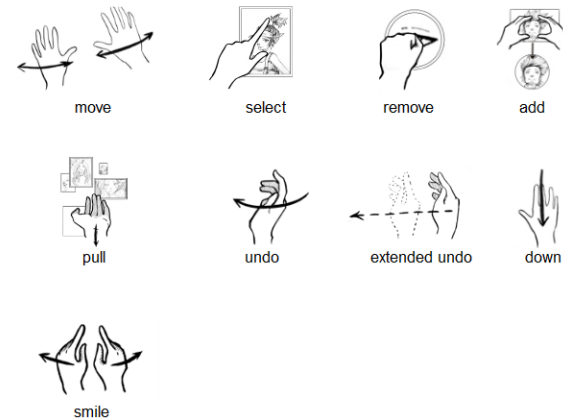


Figure 3: Gesten

undo-Geste: Rückgängig machen des letzten Schritts

extended undo-Geste: Aufzeigen und Steuern des Arbeitsverlaufs

pull-Geste: Speichern der Ergebnisse

down-Geste: Öffnen der gespeicherten Ergebnisse

Diskussion

Sowohl die computergestützte Phantombild-Erstellung, als auch die Gestik als Eingabemedium wurden separat vielfach wissenschaftlich untersucht. Die Kombination beider Themengebiete ist neu und bietet interessante Möglichkeiten zum Aufbau einer innovativen Nutzungsoberfläche.

Der stark reglementierte Prozess zum stufenweisen Aufbau eines Phantombildes ist für die Gesten-Eingabe gut

geeignet, da keine Notwendigkeit für eine „freie Suche“ besteht und somit beispielsweise auf Text-Eingaben durchweg verzichtet werden kann. Dies erlaubt es, die Bedienung des System sehr einfach zu halten.

Die Gesten bestehen nur aus wenigen Bewegungen, zumeist nur mit einer Hand. Dadurch wird der Ermüdung der Gliedmaßen des Nutzers entgegengewirkt, die simplen Abläufe sind schnell zu erlernen. [10] Da Suchanfragen und Ergebnisse prinzipiell als einfache Objekte dargestellt sind, ergibt sich die Möglichkeit des Einsatzes vieler Freihand-Gesten. [13]

Der Bezug zur Realität („Objekt nehmen und verschieben“) erleichtert die Verständlichkeit für den Nutzer. Zusätzlich bieten Objekte eine große Interaktions-Oberfläche, wodurch die fehlende Exaktheit von Gesten kompensiert wird. [10]

Prinzipiell sollte sich die Frage gestellt werden, wie aufwändig das Verstehen der neuartigen Nutzungsoberfläche und das Erlernen der Gesten ist. Durch den unkonventionellen Aufbau der virtuellen Oberfläche, konnte die Notwendigkeit von komplexen Gesten eliminiert werden. Die Benutzeroberfläche weicht dabei vom klassischen WIMP-Paradigma ab. Dies umfasst beispielsweise auf den Verzicht eines klassischen „Fensters“ oder auch einem Pointer, zumeist als Maus-Cursor umgesetzt. Stattdessen werden andere Darstellungsformen eingesetzt, die zum Teil auch Informationen kodieren. So stellt die räumliche Entfernung von Objekten deren Beziehung und Abhängigkeit zueinander dar. Dies könnte zu Verunsicherung bei einigen Nutzern führen.

Der Nutzer profitiert entsprechend nur dann von den einfachen Gesten, wenn er das Prinzip des Systems verinnerlicht hat. Die Intuitivität der Gesten muss in einer anschließenden Studie untersucht werden.

Eine künftige Ergänzung des Systems könnte der Aufbau

eines dreidimensionalen Phantombildes darstellen, das die plastische Form des Gesichts verdeutlichen würde. Dies könnte den Nutzer dabei unterstützen Personen besser zu erkennen, da bekanntlich eine Person auf einem 2D Foto anders wirken kann, als das reale 3D Abbild. Für einen zeitnahen Einsatz ist ein solches System aber nicht realistisch. Die entsprechenden Datenbanken im Back-End müssten 3D-Scans der Gesichter aller Personen bereit stellen, um einen Abgleich starten zu können. Solche Daten sind heutzutage noch nicht verbreitet und müssten ausschließlich zum Zwecke dieses Systems erfasst werden. 2D Fotografien hingegen sind wesentlich leichter zugänglich. Aus diesem Grund wurde entschieden diese Arbeit zunächst auf 2D Abbilder zu begrenzen.

Schlussfolgerung

Die Phantombilderstellung scheint eine bislang nicht ausgereizte Domäne zu sein. Zwar widmen sich viele wissenschaftliche Untersuchungen der technischen Umsetzung zur Gesichtserkennung oder auch -modellierung, die Integration von Nutzungsoberflächen wurde bisher jedoch nicht hinreichend betrachtet.

Mit dem vorgestellten, gestenbasierten System zum stufenweisen Aufbau von Phantombildern wird ein Konzept vorgestellt, welches die Möglichkeiten von Gestennutzung in einer innovativen Augmented-Reality-Oberfläche aufzeigt.

Durch den iterativen, unscharfen Suchprozess, wird die Suche immer weiter verfeinert. Dazu trägt sowohl der Nutzer bei, als auch eine automatische Betrachtung. Das Phantombild als Anfrage bietet die Möglichkeit stetig optimiert und angepasst werden zu können. Der virtuelle Arbeitsraum in Kombination mit einfachen Gesten und freien Explorationsmöglichkeiten kann den Nutzer hierbei unterstützen.

Wert wurde im Designprozess insbesondere auf die intuitive Bedienung gelegt. Der Nutzer soll so dabei unterstützt werden, sich lediglich auf die Inhalte zu konzentrieren. Das Szenario sieht vor Allem Menschen vor, die das System vermutlich eher selten nutzen werden. Auch deshalb ist eine einfache Bedienung unabdingbar.

Allgemein soll das Konzept zeigen, dass komplexe Computersysteme mit Hilfe moderner Eingabe-Technologien neue Ansätze hinsichtlich der einfachen Nutzbarkeit bieten können. Das System als Ganzes sei bezüglich der Verständlichkeit und dem zielführenden Einsatz weiterführend zu evaluieren.

REFERENCES

1. 1986. *Facette - Face Design System*.
<http://www.facette.de/>
2. 2013. *Oculus Rift*. <https://www.oculus.com/>
3. 2015. *HTC Vive*. <https://www.vive.com/de/>
4. 2017. *Identi-Kit 7 - Advanced Facial Composite Software*. <http://identikit.net/>
5. Janusz Bobulski and Mariusz Kubanek. 2012. Person identification system using an identikit picture of the suspect. *Optica Applicata* 42, 4 (2012), 865–873.
6. Roberto Brunelli and Ornella Mich. 1996. SpotIt! an interactive identikit system. *Graphical Models and Image Processing* 58, 5 (1996), 399–404.
7. Helmut Buchholz. 2012. Wie die Polizei Phantombilder erstellt. (2012). <http://www.stimme.de/heilbronn/nachrichten/region/sonstige-Wie-die-Polizei-Phantombilder-erstellt;art16305,2541477>
8. Rainer Dorau. 2011. *Emotionales Interaktionsdesign*. Springer Vieweg, Heidelberg. DOI:
<http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-03101-4>
9. 20th Century Fox Dream Works Pictures. 2002. *Minority Report*. cinematic movie. (3 October 2002).
10. R. A. Earnshaw. 1993. *Virtual Reality Systems*. Academic Press.
11. Peter Frost. 2006. European hair and eye color A case of frequency-dependent sexual selection? *Evolution and Human Behavior* 27 (2006).
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1090513805000590>
12. Francis Quek, David McNeill, Robert Bryll, Susan Duncan, Xin-Feng Ma, Cemil Kirbas, Karl E. McCullough, and Rashid Ansari. 2002. *Multimodal Human Discourse: Gesture and Speech*. Vol. 9. ACM, New York, NY, USA. 171–193 pages. DOI:
<http://dx.doi.org/10.1145/568513.568514>
13. Joao Rodrigues. 2016. *Handbook of Research on Human-Computer Interfaces, Developments, and Applications (Advances in Human and Social Aspects of Technology)*. IGI Global.
<http://www.igi-global.com/book/handbook-research-human-computer-interfaces/146921>
14. Marvel Studios. 2010. *Iron Man 2*. cinematic movie. (6 May 2010).
15. Alan Wexelblat. 1998. Research Challenges in Gesture: Open Issues and Unsolved Problems. In *Proceedings of the International Gesture Workshop on Gesture and Sign Language in Human-Computer Interaction*. Springer-Verlag, London, UK, UK, 1–11.
<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=647590.728557>