



INF

Studiengang
Medien- und
Kommunikationsinformatik



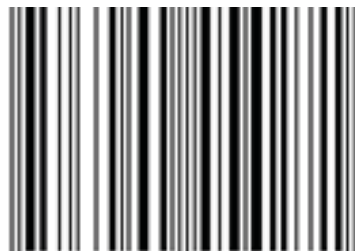
Hochschule Reutlingen
Reutlingen University

Uwe Kloos, Natividad Martínez, Gabriela Tullius (Hrsg.)

Informatics Inside: Human-Centered Computing

Informatik-Konferenz an der Hochschule Reutlingen
30. April 2014

ISBN 978-3-00-045427-1



9 783000 454271 >

Impressum

Anschrift:

Hochschule Reutlingen
Reutlingen University
Fakultät Informatik
Medien- und Kommunikationsinformatik
Alteburgstraße 150
D-72762 Reutlingen

Telefon: +49 7121 / 271-4002

Telefax: +49 7121 / 271-4042

E-Mail: infoinside@reutlingen-university.de

Internet: <http://www.infoinside.reutlingen-university.de>

Organisationskomitee:

Prof. Dr. Gabriela Tullius, Hochschule Reutlingen
Prof. Dr. Natividad Martínez, Hochschule Reutlingen
Prof. Dr. Uwe Kloos, Hochschule Reutlingen

André Antakli
Thomas Bauer
Olaya De la Rosa Avitia
Matthias Gutekunst
Viktoria Hoffmann
Johannes Kartheininger
René Mangold
Stanislas Mauser
Lars Schneider
Arkadius Weister
Anna Wellerdiek



Hochschule Reutlingen
Reutlingen University

Copyright: © Hochschule Reutlingen, Reutlingen 2014
Herstellung und Verlag: Hochschule Reutlingen
ISBN 978-3-00-045427-1

Inhaltsverzeichnis

Gestenerkennung & Augmented Reality

Thomas Bauer

Anforderungsanalyse zur computergestützten Erkennung der Deutschen Gebärdensprache..... 8

Matthias Gutekunst

Augmented Reality zur Steigerung der Immersion in virtuellen Umgebungen..... 26

Stanislas Mauser

Analysis of Finger- and Palm-based interaction paradigms for Touch-Free Gesture-Based Control of Medical Devices with the Leap Motion Controller..... 34

Softwaretechnik

René Mangold

Selektion von Szenarien zur Optimierung von Simulationen im präventiven Krisenmanagement..... 46

Arkadius Weister

Language Oriented Programming: Modulare domänenspezifische Sprachen..... 54

Entwicklung Mobiler Anwendungen

Olaya De la Rosa Avitia

Strategy to Test Mobile Apps..... 70

Viktoria Hoffmann

Optimierung der Usability von digitalen Fahrtenbüchern durch automatisches Erfassen von fahrzeugspezifischen Daten..... 80

Johannes Kartheininger

Vergleich der Single Sign On Verfahren SAML und OpenID Connect..... 92

Virtuelle Welten

André Antakli

Umgebungswahrnehmung von agentenbasierten simulierten Menschmodellen in virtuellen Welten im Kontext C3D..... 100

Augmented Virtuality zur Steigerung der Immersion in virtuellen Umgebungen *

Matthias Gutekunst
Reutlingen University
Matthias_Sebastian.Gutekunst
@Student.Reutlingen-University.DE

Abstract

In mehreren Untersuchungen hat sich gezeigt, dass sich die Wahrnehmung des eigenen Körpers in einer virtuellen Umgebung positiv auf die Wahrnehmung der gesamten Umgebung auswirkt. Für diese Untersuchungen wurden der Körper einer Person, oder Teile davon, als animierter Avatar aus der Ego-Perspektive dargestellt. Im Kontext der Informatikkonferenz *Informatics Inside 2014* an der Hochschule Reutlingen soll in dieser Arbeit eine andere Möglichkeit der Darstellung untersucht werden. In einer prototypischen Augmented Virtuality Anwendung soll die virtuelle Umgebung um realen Inhalten erweitert werden. Es soll einer Person ermöglicht werden, Teile ihres eigenen Körpers nicht als Avatar, sondern auf Basis einer Kameraaufnahme als realistische Repräsentation wahrzunehmen. Die Arbeit beschreibt hierbei die gesetzten Ziele, sowie Aufbau und Funktionsweise der prototypischen Anwendung und deren derzeitigen Stand.

Schlüsselwörter

Bildsegmentierung, Objekterkennung, Augmented Virtuality, Selbstwahrnehmung, Head-Mounted Display

*

Betreuer Hochschule: Prof. Dr. rer. nat. Uwe Kloos
Hochschule Reutlingen
Uwe.Kloos@Reutlingen-
University.de

Informatics Inside 2014,
Wissenschaftliche Vertiefungskonferenz
30.April 2014, Hochschule Reutlingen
Copyright 2014 Matthias Gutekunst

CR-Kategorien

I.4.6 [Image Processing and Computervision]: Segmentation; I.4.8 [Image Processing and Computervision]: Scene Analysis—*Object recognition*

1 Einleitung

Neue Entwicklungen im Bereich der Head-Mounted Displays öffnen den Bereich der immersiven virtuellen Umgebungen für eine breite Masse an Nutzern und Anwendungsszenarien. Produkte wie die von OculusVR¹ entwickelte Oculus Rift stellen eine kostengünstige Möglichkeit dar, um interaktive, virtuelle Umgebungen mit einem hohen Grad an Immersion zu präsentieren. Ein Sichtfeld mit weitem Blickwinkel und ohne erkennbare Ränder, sowie Echtzeit-Headtracking ermöglichen es eine Person zu großen Teilen von der realen Umgebung abzuschotten. Der Person wird somit ein Eintauchen in die virtuelle Umgebung ermöglicht. Sie kann sich in der virtuellen Welt umsehen und je nach verwendetem Verfahren natürlich bewegen. Die Abschottung von der Realität stellt jedoch zur gleichen Zeit ein Hindernis dar, wenn es darum geht in der virtuellen Welt zu interagieren. Ein Grund dafür ist, dass eine Person nicht in der Lage ist ihren eigenen Körper als Referenz wahrzunehmen. Basierend auf der Aussage von Gibson [4] geht Linkaeger davon aus, dass ein Mensch nicht seine Umgebung wahrnimmt, sondern die Beziehung zwischen sich selbst und seiner Umgebung [6, S.1]. Der Grad an Immersion einer virtuellen Umgebung hängt also direkt von der Selbstwahrnehmung einer Person innerhalb dieser ab.

¹Oculus VR: <http://www.oculusvr.com/>

1.1 Verwandte Arbeiten

Die Darstellung des eigenen Körpers oder Teilen davon und die damit verbundenen Auswirkungen auf die Wahrnehmung einer virtuellen Welt wurden in mehreren Experimenten untersucht. Linkenauger et al. [6, S. 3] untersuchten den Einfluss der Größe eines Avatars auf die Größenwahrnehmung von anderen im Raum befindlichen virtuellen Gegenständen. Der Avatar war hierbei eine virtuelle Hand- und Arm Repräsentation, deren Größe in mehreren Versuchen angepasst wurde. Es hat sich dabei gezeigt, dass die Größenwahrnehmung anderer virtueller Objekte direkt mit der Größe des Avatars zusammenhängen. Aus diesem Versuch und mehreren Kontrollversuchen wurde geschlossen, dass der eigene Körper bzw. eine Repräsentation davon eine Hauptrolle bei der Größenwahrnehmung von virtuellen Objekten einnimmt [6, S. 8]. Die Testpersonen assoziieren den Avatar demnach als Körperteil und verwenden diesen als Referenz für die Größenerkennung. Eine weitere Versuchsreihe von Creem-Regehr et al. [2] beschäftigt sich mit den Auswirkungen eines Avatars auf die Abschätzung von Distanzen in einer virtuellen Umgebung. Hierbei wurde festgestellt, dass Personen weniger Fehler bei der Distanzabschätzung in einer virtuellen Umgebung machen, wenn sie zuvor die Möglichkeit hatten sich selbst als Avatar in einer solchen Umgebung wahrzunehmen.

1.2 Zielsetzung

Basierend auf den Ergebnissen der Untersuchungen in Kapitel 1.1 soll geprüft werden, in wie fern sich die Wahrnehmung einer Person ändert, wenn statt den in diesen Experimenten verwendeten Avataren eine möglichst realitätsnahe Darstellung des eigenen Körpers in die virtuelle Umgebung integriert wird. Zu diesem Zweck ist das Hauptziel dieser Arbeit eine Möglichkeit zu erforschen, um es Personen zu ermöglichen, ihre eigenen Körperteile innerhalb einer virtuellen Umgebung aus der Ego-Perspektive direkt wahrzunehmen. Anstatt einen Avatar einzusetzen, welcher lediglich die Bewegungen einer Person in die virtuelle Welt überträgt, sollen bei diesem An-

satz die Körperteile einer Person von einer Kamera erfasst werden und die virtuelle Umgebung soll mit diesen Bildern erweitert werden. Die Annahme ist dabei, dass sich eine Person durch eine realitätsnahe Darstellung des eigenen Körpers noch besser mit dieser Darstellung identifizieren kann und dadurch die Grenzen zwischen virtueller und realer Umgebung weiter verwischen. Dadurch soll ein höherer Grad an Immersion erreicht werden.

2 Vorgehensweise

Basierend auf der Zielsetzung wurden zunächst Anforderungen für eine Augmented Reality Anwendung definiert, durch die es ermöglicht werden soll, Kameraaufnahmen von ausgewählten realen Objekten in eine virtuelle Umgebung zu integrieren. Im Fall des Prototyps sollen dabei die Hände einer Person aus einer Aufnahme aus der Ego-Perspektive extrahiert und anschließend mit der virtuellen Welt zu verschmelzen werden. Neben dieser funktionellen Anforderung, ist eine Hauptanforderung eine hohe Performanz, sowohl bei der hardwareseitigen Umsetzung als auch bei der Verarbeitung der Kameradaten. Dies ist notwendig, da eine niedrige Bildwiederholungsrate und ein damit verbundener Versatz zwischen einer Bewegung und deren Darstellung sensorische Konflikte hervorrufen oder verstärken kann. Diese wirken sich negativ auf die Immersion aus und können Symptome der Simulatorkrankheit auslösen [5, S. 50]. Des Weiteren soll die Wahrnehmung des eigenen Körpers nicht durch andere Objekte gestört werden, weshalb eine weitere Anforderung ist, die Verarbeitung der Kameradaten ohne die Verwendung von Markern durchzuführen.

Gemäß den zuvor genannten Anforderungen wurde eine prototypische Anwendung entwickelt, welche es dem Nutzer ermöglicht, seine Hände in einer virtuellen Umgebung wahrzunehmen. Dieser Prototyp teilt sich in eine Software- und eine Hardwarekomponente. Es wurde daher zunächst nach geeigneter Kamerahardware, für die Verwendung in Kombination mit dem Oculus Rift Development Kit, gesucht. Interessante Kandidaten waren



Abbildung 1: Verarbeitungsschritte der Anwendung

neben der für die Versuche verwendeten Logitech C525, eine IDS UI-3240CP, eine VRmC-16/C COB, die RGB Kamera aus dem Microsoft Kinect System sowie eine PS3 Eye Kamera. Mit Ausnahme der PS3 Eye Kamera verfügen alle diese Kameras über eine Auflösung, die der Ausgabe der Oculus Rift nahezu entspricht. Des Weiteren weisen alle Kameras eine hohe Bildwiederholungsrate von mindestens 30Hz und bis zu 60Hz auf. Für den Prototyp wurden mehrere Aufbauten, sowohl mit einer Kamera als auch stereoskopisch, erstellt. Der in Abbildung 2 dargestellte Prototyp wurde hierbei die meiste Zeit während der Entwicklung der Anwendung eingesetzt. Es handelt sich um einen nicht stereoskopischen Aufbau mit einer Logitech C525 Webcam, bei dem das Kamerabild für die Ausgabe dupliziert wurde. Die Kamera wurde wegen einer hohen Bildwiederholungsrate sowie einer relativ gut zur Ausgabe der Oculus Rift passenden Auflösung verwendet. Ein weiterer vielversprechender Ansatz für einen stereoskopischen Hardwareprototypen von Steptoe[7] wurde erst gegen Ende der Entwicklungsphase gefunden und konnte daher in dieser Arbeit nicht mehr betrachtet werden. Bei diesem Ansatz wurde eine Logitech C310 Kamera mit einem Weitwinkel Objektiv ausgerüstet, um das große Sichtfeld der Ausgabe der Oculus Rift schon bei der Aufnahme abdecken zu können. Die prototypische Anwendung wurde mit Hilfe der Open Source Bibliotheken OpenCV² und OpenGL³ als Plugin für die Unity⁴ Entwicklungsumgebung entworfen. Das Ziel war es hierbei eine Anwendung zu schaffen, welche ein Objekt (im speziellen die Hände einer Person) aus einer Aufnahme extrahiert und innerhalb einer virtuellen Welt positioniert.



Abbildung 2: Hardware Prototyp: Oculus Rift + Logitech C525

3 Funktionsweise der prototypischen Anwendung

Abbildung 1 zeigt die einzelnen Verarbeitungsschritte, die verwendet werden, um Objekte aus dem Kamerabild zu extrahieren und diese in einer virtuellen Umgebung zu platzieren. Im aktuellen Stand des Prototyps werden so die Hände einer Person in einer virtuellen Umgebung dargestellt. Die Vorverarbeitung erzeugt zunächst aus dem Originalbild ein binäres Referenzbild auf dessen Basis die Bildsegmentierung durchgeführt wird. Zur Erzeugung des Referenzbild wird ein doppeltes Schwellwertverfahren angewendet, welches es erlaubt einen bestimmten Farbbereich zuzulassen oder diesen auszuschließen. Das Verfahren wird dabei auf den kompletten Farbraum eines Bildes angewendet um einen möglichst genauen Bereich definieren zu können. Es entstehen dadurch sechs Grenzwerte die einzeln eingestellt werden können.

²OpenCV: <http://opencv.org/>

³OpenGL: <http://www.opengl.org/>

⁴Unity 3D: <https://unity3d.com/>

Für ein Pixel an der Stelle i im RGB-Farbraum funktioniert das Schwellwertverfahren folgendermaßen:

```
dst(i) = lowerBi <= src(i)i <= upperBi &&
        lowerGi <= src(i)G <= upperBi &&
        lowerBi <= src(i)B <= upperBi
```

Für jeden Farbwert R,G und B im Pixel wird geprüft ob sich dieser innerhalb der vorgegebenen Grenzwerte befinden. Nur wenn dies auf alle drei Farbwerte zutrifft, wird das Pixel des Referenzbildes gesetzt (weiß). Ansonsten bleibt dieses schwarz. Durch dieses Vorgehen finden bei der Erzeugung des Referenzbildes auch schon eine Vorsegmentierung statt, bei der einige irrelevante Objekte durch die eingestellten Schwellwerte ausgeblendet werden. Zur Unterdrückung von Bildrauschen wird auf das Binärbild anschließend noch ein morphologisches Opening angewendet [3, S. 179]. Diese Kombination von Erosion und Dilatation glättet die Ränder der im Binärbild gesetzten Bereiche und entfernt einzelne gesetzte Pixel, welche meist durch Bildrauschen entstanden sind.

Für die Segmentierung wurden zwei verschiedene Verfahren untersucht. Das erste ist die markerbasierte Watershed Transformation. Bei diesem Verfahren werden die Daten eines Bildes als Höheninformationen interpretiert. Markante Kanten bilden hierbei Berge und farblich einheitliche Bereiche Täler. Der Watershed Algorithmus [1, S. 295f] flutet anschließend diese Täler, bis nur noch die Bergkämme erhalten bleiben, welche die Täler umgeben. Diese definieren als sogenannte Wasserscheiden die Grenzen zwischen verschiedenen Regionen im Bild. Da niedrigere Bergkämme teilweise auch überflutet werden, werden mehrere ähnliche Regionen, zu größeren Regionen zusammengefasst. Dennoch entsteht bei der Watershed Transformation oftmals eine Übersegmentierung des Bildes. Das bedeutet es werden zu viele kleine Regionen ermittelt. Um dies zu vermeiden, kann im Vorfeld definiert werden, welche Bereiche im Bild zusammengehören. Dies

wird mit sogenannten Markern gemacht, die dem Watershed Algorithmus Anhaltspunkte liefern, wie die Gebiete geflutet werden sollen. Das im Vorfeld erzeugte Binärbild stellt diese Marker zur Verfügung. Die Watershed Transformation findet also auf dem Originalbild statt und verwendet dabei Informationen aus dem erzeugten Binärbild um die Segmentierung zu optimieren. Das zweite untersuchte Verfahren ist eine kantenbasierte Segmentierung auf dem Binärbild mittels des Canny Kantendetektors. Diese von Canny im Jahr 1986 vorgestellte Methode [1, S. 151] versucht aus möglichen Kanten Konturen zu bilden. Es werden dabei alle in Frage kommenden Pixel auf einen unteren und einen oberen Grenzwert hin überprüft. Sollte ein Pixel über dem oberen Grenzwert liegen, so wird es als Pixel einer Kante akzeptiert, liegt es unter dem unteren Grenzwert wird es abgelehnt. Wenn das Pixel zwischen oberem und unterem Grenzwert liegt, wird es akzeptiert sofern es mit einem bereits akzeptierten Pixel verbunden ist [1, S. 152]. Durch dieses Vorgehen entstehen Konturen, welche die einzelnen Objekte im Bild umschließen. Bei Versuchen in der Anwendung war es jedoch oft nicht möglich geschlossene Konturen zu bilden und die einzelnen Objekt zuverlässig zu trennen. Die Resultate konnten zwar durch eine weitere Anwendung von morphologischen Operationen auf das Kantenbild verbessert werden, jedoch war eine Segmentierung mittels Canny Kantendetektor dennoch oft zu instabil. Diese Instabilität führte dazu, dass in der virtuellen Umgebung flackernde Hände dargestellt wurden, da diese manchmal als Objekt erkannt wurden und manchmal nicht. Die Segmentierung mittels der Canny Methode spielte daher bei der Entwicklung der Anwendung eine nachrangige Rolle.

Aus dem segmentierten Bild werden neben der bereits bekannten Objektkontur weitere Merkmale extrahiert. Dadurch wird es ermöglicht irrelevante Objekte im nächsten Verarbeitungsschritt herauszufiltern. Abbildung 3 zeigt die verschiedenen Merkmale, welche aus dem Binärbild extrahiert wurden.

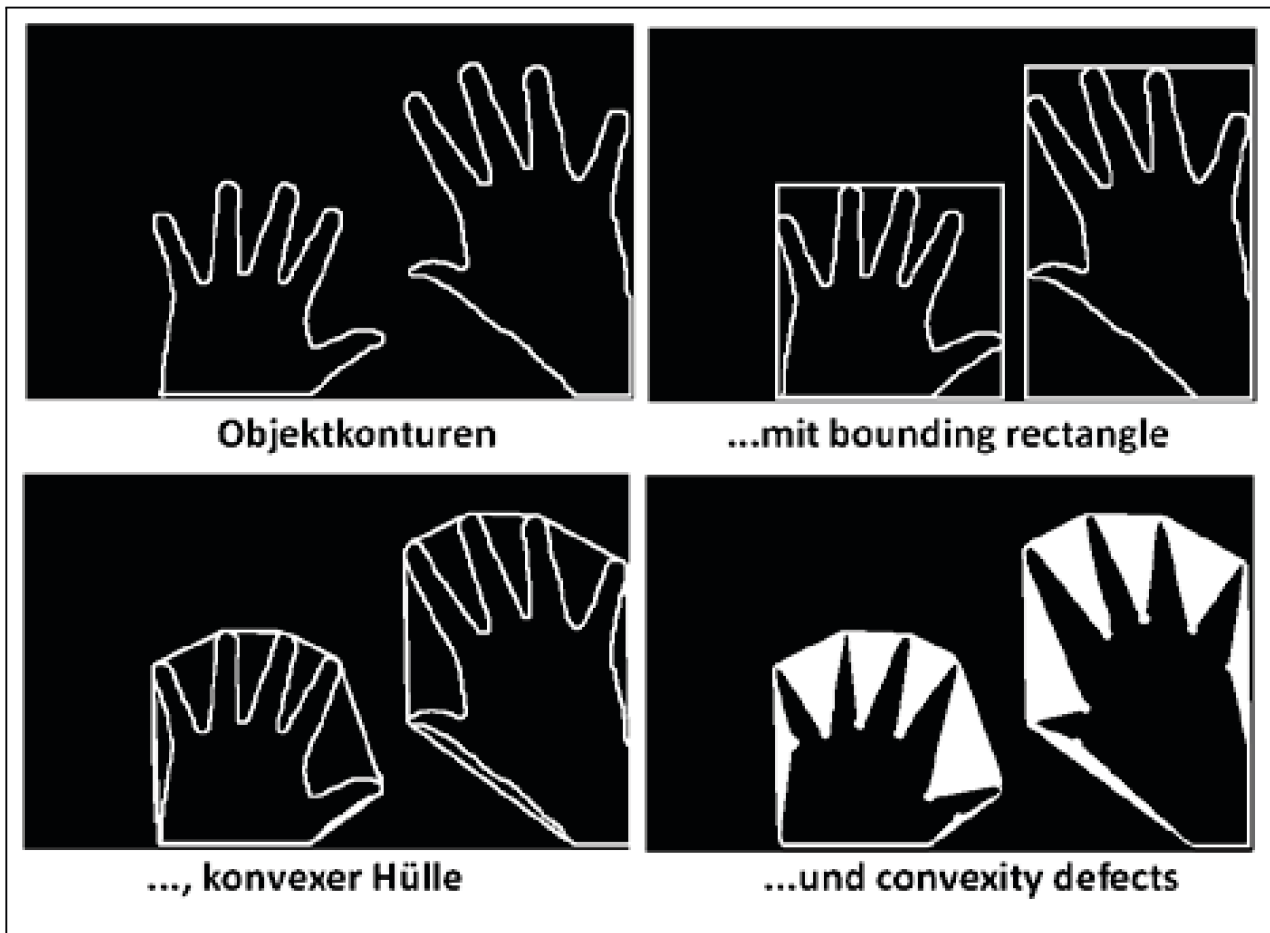


Abbildung 3: Extraktion von Merkmalen erkannter Objekte

Das erste Merkmal ist das bounding rectangle. Es stellt das minimale, nicht gedrehte Rechteck dar, welches die Kontur eines Objekts umschließt. Des Weiteren wird eine konvexe Hülle um das Objekt gezeichnet, welche es ermöglicht die convexity defects (in Abbildung 3 als weiße Dreiecke dargestellt) zu bestimmen. Diese Defekte definieren Bereiche zwischen der Kontur eines Objekts und dessen konvexer Hülle, welche beim Erzeugen dieser Hülle nicht berücksichtigt wurden. Die Defekte werden durch drei Punkte beschrieben: Startpunkt, Endpunkt und entfernter Punkt, wobei letzterer den am weitesten von der konvexen Hülle entfernten Punkt darstellt. Bei der Bestimmung der convexity defects im Prototyp werden nur Defekte berücksichtigt, bei denen der entfernte Punkt einen zuvor festgelegten Mindestabstand zur konvexen Hülle aufweist. Neben den genannten Merkmalen wird zusätzlich die Fläche des Objekts bestimmt. Anhand dieser Merkmale werden Filter an-

gewendet, die irrelevante Objekte entfernen. Es werden nur Objekte zugelassen, deren Fläche sich innerhalb eines vorher definierten Bereichs befindet. Außerdem werden Objekte bezüglich der Anzahl der vorhandenen convexity defects aussortiert. Bei einer gespreizten Hand wie in Abbildung 3 werden beispielsweise sechs Defekte erwartet. Jeweils einer an den Außenseiten von Daumen und kleinem Finger und weitere vier zwischen den Fingern. Für diesen Fall könnte also ein Bereich für erlaubte Defekte von beispielsweise 6 ± 2 festgelegt werden (erwartete Defekte \pm Toleranz). Alle Objekte, mit einer anderen Anzahl an Defekten würden entfernt. Verbleibende Objekte werden einzeln aus dem Kamerabild extrahiert, wobei das bounding rectangle die Begrenzung des einzelnen Objekts darstellt. Die Objekte werden dann in einem neuen Bild, welches dem Format der Ausgabe entspricht, neu positioniert.

Die Neupositionierung ist notwendig, da das Kamerabild und das Ausgabebild nicht das exakt gleiche Format aufweisen. Die Objekte werden daher im Bezug zu ihrer Originalposition im Kamerabild und zu der Größe der Ausgabe an einer neuen Position im Ausgabebild platziert. Dadurch wird sichergestellt, dass eine Person, die beispielsweise ihre Hand an den Rand des Kamerasichtfeldes bewegt, diese auch in der virtuellen Umgebung am Rand des dortigen Sichtfeldes wahrnimmt.

4 Derzeitiger Stand

Der derzeitige Stand der entwickelten Anwendung erlaubt einer Person ihre Hände innerhalb einer virtuellen Umgebung so wahrzunehmen, wie sie es auch in einer realen Umgebung tun könnte. Das bedeutet, es werden nicht nur ihre Bewegungen auf einen Avatar übertragen, sondern sie sieht ihre Hände mit eigener Hautfarbe und sonstigen eventuellen Besonderheiten.

Da der Prototyp zurzeit noch nicht über eine zuverlässige Klassifizierung der extrahierten Objekte verfügt, sondern lediglich einige irrelevante Objekte anhand bestimmter Merkmale und gesetzter Regeln herausfiltert, ist die Anzahl von false-positives bei einem komplexen Hintergrund teilweise noch sehr hoch. Dies führt dazu, dass die Anwendung bisher nur vor einfachen Hintergründen, bei der sich die Hände der Person klar abheben, zuverlässig funktioniert. Ein weiteres Problem beim derzeitigen Stand ist, dass die extrahierten Objekte in ihrer Größe bisher lediglich von der Kameraaufnahme, genauer von ihrer Entfernung zur Kamera und dem Sichtwinkel der Kamera, abhängen und noch keinen Bezug zur Größe der anderen virtuellen Objekte innerhalb der virtuellen Umgebung haben. Dadurch werden die Objekte zwar im Bezug zur Bewegung einer Person korrekt skaliert, können aber gemäß den Untersuchungen von Creem-Regehr [2] zu einer falschen Größenabschätzung innerhalb der virtuellen Welt führen. Obwohl diesem Effekt durch einen möglichst gleichen Sichtwinkel zwischen Kamera und Ausgabegerät entgegengewirkt wird, muss zukünftig dafür Sorge getragen

werden, dass die extrahierten Objekte ähnlich der in Abschnitt 3 beschriebenen Neupositionierung auch zusätzlich im Bezug auf den Maßstab der virtuellen Welt skaliert werden.

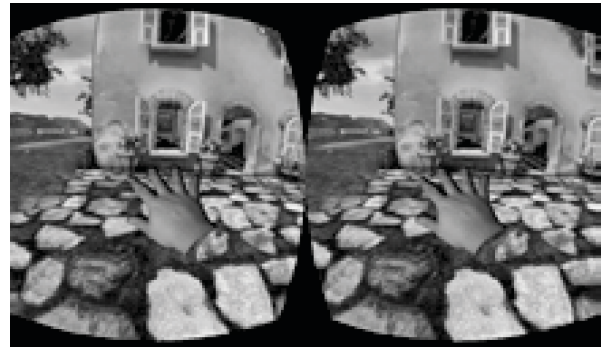


Abbildung 4: Reale Hand in einer virtuellen Umgebung

Im bisherigen Prototyp werden auch noch keine 3D Positionsdaten zu den erkannten Objekten ermittelt. Dies führt dazu, dass die Objekte in der virtuellen Umgebung lediglich als Ebene integriert werden. Ein Eindruck von dreidimensionaler Tiefe entsteht daher bisher nur durch die Entfernung der Objekte (im Fall des Prototyps, der Hände) zu der Kamera und der damit verbunden Größenänderung. Zwar entsteht hierbei, vor allem bei stereoskopischen Aufnahmen, auch schon eine gewisse Tiefenwahrnehmung, allerdings ist die 3D Position eines Objektes darüber hinaus auch essentiell für eine mögliche Interaktion mit virtuellen Objekten.

Eine Untersuchung über die Auswirkung auf die Selbstwahrnehmung und damit verbunden auf die Wahrnehmung der virtuellen Umgebung konnte aufgrund der dargestellten Probleme mit der bisherigen Anwendung noch nicht durchgeführt werden.

5 Ausblick

Zum derzeitigen Stand der Entwicklung des Prototyps ist es einer Person nicht möglich mit der virtuellen Umgebung zu interagieren. Weiterhin können die Parameter für Segmentierung und Objekterkennung bisher nur manuell und nur für eine Art von Objekten fest-

gelegt werden. Um einen Vergleich mit anderen Verfahren zu ermöglichen ist geplant den Prototyp an mehreren Punkten zu überarbeiten. Zunächst soll der Hardwareaufbau so erweitert werden, dass eine Bestimmung der 3D Position extrahierter Objekte und damit eine Interaktion mit der virtuellen Umgebung möglich wird. Als Basis wird dafür ein stereoskopischer Aufbau der Hardware, wie von Steptoe [7] beschrieben, untersucht. Des Weiteren müssen die Objekterkennungsmethoden überarbeitet werden. Das bedeutet zum einen, dass weitere Merkmale für verschiedene Objekte bestimmt werden müssen. Zum anderen müssen die bisherigen Filter durch Verfahren zur Objektklassifizierung ersetzt werden. Der Hauptaugenmerk liegt hierbei auf einer Verbesserung der Erkennung von Objekten vor komplexen Hintergründen und auf der Erkennung mehrerer Objekte verschiedenen Typs (beispielsweise Hände, Beine, Torso). Es werden dafür verschiedene Verfahren zum überwachten und nicht überwachten maschinellen Lernen untersucht. Anschließend sollen Untersuchungen durchgeführt werden, um festzustellen, inwiefern Unterschiede bei der Selbstwahrnehmung bestehen, wenn ohne Avatar, mit einem animiertem Avatar oder mit dem hier vorgestellten Ansatz gearbeitet wird.

Literatur

[1] G. R. Bradski and A. Kaehler. *Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV Library*. O'Reilly Media, Inc., first edition edition, 2008.

- [2] S. Creem-Regehr, K. Myszkowski, B. J. Mohler, H. H. Bühlhoff, W. B. Thompson, and S. H. Creem-Regehr. A full-body avatar improves egocentric distance judgments in an immersive virtual environment. In *the 5th symposium*, page 194.
- [3] A. Erhardt. *Einführung in die digitale Bildverarbeitung: Grundlagen, Systeme und Anwendungen ; mit 35 Beispielen und 44 Aufgaben*. Studium. Vieweg + Teubner, Wiesbaden, 1. aufl edition, 2008.
- [4] J. J. Gibson. *Wahrnehmung und Umwelt: D. ökolog. Ansatz in d. visuellen Wahrnehmung*. U-&-S-Psychologie. Urban und Schwarzenberg, München and Wien and Baltimore, 1982.
- [5] J. J. LaViola. A discussion of cybersickness in virtual environments. *ACM SIGCHI Bulletin*, 32(1):47–56, 2000.
- [6] S. A. Linkenauger, M. Leyrer, H. H. Bühlhoff, B. J. Mohler, and J. Witt. Welcome to wonderland: The influence of the size and shape of a virtual hand on the perceived size and shape of virtual objects. *PLoS ONE*, 8(7):e68594, 2013.
- [7] William Steptoe. Camera requirements for a stereo rig for head-mounted video see-through ar for the oculus rift.