



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
*Hamburg University of Applied Sciences*

# **Immersion durch Haptik in Virtual Reality Systemen**

Lea Podgajnik

Eine wissenschaftliche Ausarbeitung

**Lea Podgajnik**

Martikel Nr. 2036249

Lea-Veronique.Podgajnik@haw-hamburg.de

Immersion durch Haptik in Virtual Reality Systemen

– Eine wissenschaftliche Ausarbeitung

Ausarbeitung eingereicht im Rahmen des Seminars  
im Studiengang Next Media  
am Department Informatik  
der Fakultät Technik und Informatik  
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer : Prof. Dr. Kai von Luck

Abgegeben am 15.09.2014

**Lea Podgajnik**

**Immersion durch Haptik in Virtual Reality Systemen – Eine wissenschaftliche Ausarbeitung**

**Stichworte**

Augmented Reality, Datenvisualisierung, Haptik, Immersion, Information und Raum, Informationssystem, Kommunikation, Multimedia, Next Media, Rauminstallation, Realitätsrekonstruktion, Sinneswahrnehmung, Technologie, Virtual Reality

**Kurzzusammenfassung**

Diese wissenschaftliche Ausarbeitung setzt sich mit Haptik erzeugender Technologie als Next Media Element zur Steigerung der Immersion in Virtual Reality Systemen auseinander. Es stellt sich die Frage, ob neben der Ansprache des Seh- und Gehörsinns durch die des Tastsinns eine authentischere virtuelle Realitätssimulation und ein effektiveres Storytelling möglich ist und welche Technologien diese erzeugen und in VR-Systeme implementiert werden können.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Virtual Reality.....</b>	<b>2</b>
2.1	Head-Mounted-Displays zur Erzeugung einer VR .....	2
2.2	Cave-Systeme zur Erzeugung einer VR .....	2
<b>3</b>	<b>Immersion .....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Haptik erzeugende Technologie .....</b>	<b>3</b>
4.1	Emo-Jacket .....	4
4.2	FlexTorque.....	6
4.3	Airborne Ultrasound Tacticle Display.....	7
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>9</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>10</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>11</b>
	<b>Versicherung über Selbstständigkeit .....</b>	<b>12</b>

# 1 Einleitung

Die Entwicklung neuer IT-gestützter Technologien mit Multi- und Next Media-Elementen kann zu einem möglichst wahrnehmungsintensiven und effektiven Storytelling führen. Realitätsrekonstruierende und erlebnisorientierte Anwendungen wie Virtual-Reality Systeme können als solche angesehen werden. Diese bedienen sich hauptsächlich aufwendiger visuell-akustischer Elemente um ein überzeugendes virtuelles Abbild von der Realität zu schaffen. In dieser wissenschaftlichen Ausarbeitung soll der Aspekt der Haptik, also einer zusätzlichen Ansprache des Tastsinns zu einer möglichen Steigerung des immersiven Effekts in VR-Systemen beleuchtet werden. Dabei werden zum grundlegenden Verständnis in den ersten beiden Kapiteln sowohl die Begriffe Virtual Reality als auch Immersion definiert und anschließend Haptik erzeugende Technologie an drei wissenschaftlichen Projekten vorgestellt. Im letzten Kapitel wird die Implementierung und Verwendung von dieser Technologie in VR-Systemen diskutiert und mögliche Anwendungs- und Nutzungsszenarien beschrieben.

## 2 Virtual Reality

Um zu prüfen ob Haptik erzeugende Technologien Potenzial haben die Eindrücke in VR-Systemen zu optimieren, soll im Folgenden der Begriff Virtual Reality und Virtual Reality-Systeme definiert werden.

Grundsätzlich kann Virtual Reality als das Produkt einer Technik zur Simulation der Wirklichkeit in einer computergenerierten, interaktiven Umgebung in Echtzeit verstanden werden. Diese bedient sich einer multimodalen Sinnesansprache, wobei in der Praxis die meisten VR-Systeme durch audio-visuelle Elemente die Realität simulieren. Die computergenerierte Umgebung soll so realistisch wie möglich auf den Nutzer/Betrachter wirken und zu verschiedenen Anwendungszwecken (Entertainment, Kunst, Gaming, Raumfahrt, Architektur, Medizin, Militär) eine natürliche Interaktion des Nutzers auslösen. Es kann zwischen mehreren VR-Hardwaretypen unterschieden werden, wie Head-Mounted-Displays (HMD) oder CAVE Systemen. Sowohl die HMD- als auch die CAVE-Technologie basiert auf der Erzeugung von Immersion durch eine hauptsächlich audio-visuelle Ansprache und Simulation der Realität<sup>1</sup>.

### 2.1 Head-Mounted-Displays zur Erzeugung einer VR

Eine Methode zur Erzeugung einer virtuellen Realität stellt das Übertragen von (3D/Bewegt-) Bildern durch ein Head-Mounted-Display dar. Dies ist ein auf dem Kopf des Nutzers als Device getragenes Wiedergabegerät welches häufig eine brillen- oder helmähnliche Form hat und meist das ganze Sichtfeld des Nutzers bedienen soll. Dieser ist isoliert von anderen Umwelteindrücken und kann seine Aufmerksamkeit allein auf die projizierten Inhalte lenken. Zusätzlich kann ein Tracking der Nutzerbewegungen und Gesten erfolgen, damit die Wiedergabe des HMD angepasst auf die Aktionen des Nutzers stattfinden kann. Als ein bekanntes Beispiel kann die von Palmer Luckey an der University of Southern California entwickelte Oculus Rift angesehen werden die hauptsächlich als Hardware zum Gaming eingesetzt werden soll.

### 2.2 Cave-Systeme zur Erzeugung einer VR

Auf einem anderen Prinzip basiert die Simulation einer VR mit einem Cave-System (Cave Automatic Virtual Environment). Dabei handelt es sich um eine real begehbare Rauminstallation in der eine dreidimensionale automatisierte virtuelle Umwelt generiert wird die in Echtzeit

---

<sup>1</sup> DÖRNER et al. 2013

und interaktiv auf den Nutzer reagiert. Häufig dienen sowohl die Wände als auch Decke und Boden des Raumes als Projektionsfläche für die Wiedergabe dreidimensionaler Bilder. Zur akustischen Ansprache werden Lautsprecher verwendet. Als Beispiel kann das 1992 entwickelte CAVE System aus dem Electronic Visualization Laboratory der University of Illinois at Chicago genannt werden<sup>2</sup>.

### 3 Immersion

Die Fähigkeit von VR-Systemen Realität zu simulieren kann am Grad der Immersion des Nutzers definiert werden. So spricht man von VR-Systemen auch häufig von immersiven Umgebungen. Um den Einfluss von Haptik auf die Immersion des Nutzers diskutieren zu können, soll zuerst dieser Begriff geklärt werden.

Als Immersion kann die Bewusstseinsveränderung des Nutzers durch das Eintauchen in die virtuelle Welt verstanden werden. Dieser geschieht wenn sich der Nutzer mehr mit sich selbst und seiner Rolle in der VR identifizieren und emotionalisieren kann als mit seiner realen. Der Aspekt der Interaktion mit der virtuellen Umwelt ist dabei besonders wichtig. Kann der Mensch mit der computergenerierten Umwelt interagieren ist diese gegeben und wirkt auf ihn immersiv<sup>3</sup>. Es kann die Flow-Theorie nach Mihály Csíkszentmihályi herangezogen werden, die das rauschähnliche Gefühl der völligen Vertiefung und des Aufgehens des Individuums in einer Tätigkeit oder Umgebung beschreibt<sup>4</sup>. Das Erzeugen eines hohen Immersionsgrad kann also als Ziel von VR-Systemen verstanden werden.

### 4 Haptik erzeugende Technologie

Nachdem der Begriff der VR und der Immersion definiert wurde, kann der Aspekt der Haptik erzeugenden Technologie in diesem Zusammenhang betrachtet werden. Die Auseinandersetzung mit VR-Systemen hat gezeigt, dass diese hauptsächlich audio-visuell ansprechend wirken und den Seh- und Gehörsinn zur Immersion benutzen. Diese Effekte sind technisch bereits auf einem hohen Niveau, sodass eine Steigerung dieser umso schwieriger und eine Maximierung des Immersionseffekts umso unwahrscheinlicher wird<sup>3</sup>. Dagegen kann die Fokussierung auf

---

<sup>2</sup> CRUZ-NEIRA et al. 1992

<sup>3</sup> ZHOU/DENG 2009

<sup>4</sup> CSIKSZENTMIHALYI 2000

einen andern Wahrnehmungssinn, etwa den Tastsinn zu neuen Effekten führen und begründet die Auseinandersetzung mit Haptik in VR-Systemen. Diese kann durch taktilen Feedback, also durch die Simulation des Oberfläche- und Strukturverhaltens eines virtuellen Objekts und durch Force Feedback, der Simulation des Verhaltens/Bewegung bei physikalischer Einwirkung erzeugt werden. Der Nutzer erfährt diese durch eine haptische Rückmeldung die er als Berührung des virtuellen Objekts wahrnimmt. Die Illusion von Realität wird so gesteigert, da Elemente der virtuellen Welt nun für den Nutzer auch „anfassbar“ werden<sup>5</sup>.

Zur Veranschaulichung Haptik erzeugender Technologien werden in den nachfolgenden Kapiteln drei wissenschaftliche Projekte vorgestellt die nach diesem Grundprinzip konzipiert und prototypisch entwickelt worden sind.

## 4.1 Emo-Jacket

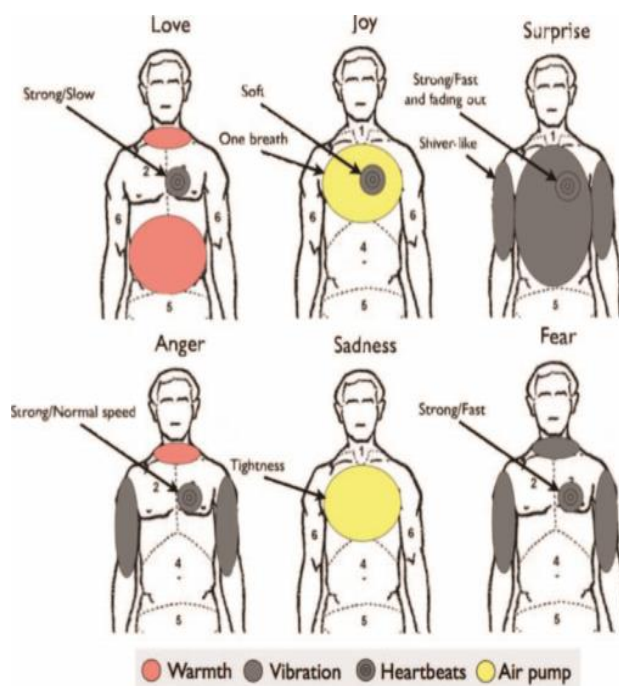


Abbildung 1: Funktionsweise der Emo-Jacket<sup>6</sup>

Als Technologie zur Ansprache des Tastsinns kann die 2012 an der University of Ottawa entwickelte Emo-Jacket gesehen werden. Diese kann als tragbare High-Tech Jacke definiert und somit in den Bereich Wearable Technology gegliedert werden. Die Idee war es durch Simulation körperlicher Reaktionen dazu die passenden Emotionen beim Nutzer der Jacke zu wecken. Eine Emotionalisierung und Immersion im Film- und Gamingbereich wurde angestrebt indem die Jacke synchron auf jeweilige Szenen mit passendem Force Feedback reagierte<sup>6</sup>.

Die haptische Ansprache wurde an verschiedenen Körperregionen mit ebenso verschiedenen Feedbacktypen erzeugt um unterschiedliche körperliche Reaktionen auf bestimmte Emotionen zu simulieren. Es wurde sowohl Vibration, Wärme, Luftdruck als auch eine Herzschlagsi-

<sup>5</sup> BOLL 2006

<sup>6</sup> ARAFASHA, F. et al. 2012



mulation erzeugt. Dazu wurden 35 Vibrationsmotoren, 2 Temperatursensoren und –Regler und mehrere Luftdüsen in die Jacke verbaut. Insgesamt konnte die Jacke 6 Emotionen simulieren: Liebe, Freude, Überraschung, Wut, Trauer und Angst. Abbildung 1 zeigt, an welchen Körperregionen die verschiedenen Feedbacktypen eingesetzt worden sind um die passende Emotion zu simulieren.

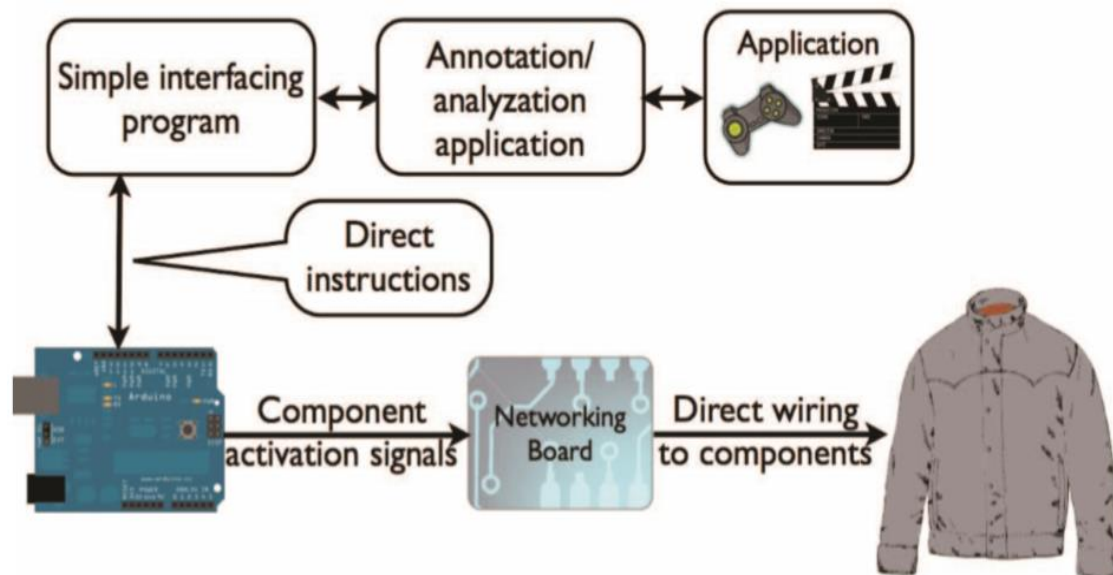


Abbildung 2: Technik der Emo-Jacket<sup>6</sup>

Abbildung 2 veranschaulicht die angewendete Technik in der Jacke. Über eingenähte Arduino's erhält die Jacke über einen Microcontroller die vom Computer ausgehenden Befehle über die umzusetzenden Zeitpunkt, Dauer und das Programm (also Emotionswahl). Diese sind an die jeweiligen Film- oder Gamingszenen orientiert. Durch die eingnähten Haptik erzeugenden Elemente in der Jacke werden so körperliche Reaktionen beim Nutzer simuliert. Ein Test sollte die Effektivität der Jacke überprüfen. Dazu wurde Probanden ein Film gezeigt, jeweils mit und ohne die Emo-Jacket zu tragen. Auf einer Skala von 0 (stimme nicht zu) bis 5 (Stimme voll zu) sollten diese im Anschluss bewerten, inwiefern sie sich emotional in die Szenen involviert fühlten. Es wurde also der Immersionseffekt der Jacke überprüft. Abbildung 3 zeigt, dass die Jacke je nach Aussage zu einer um bis zu 40% gesteigerten Immersion beim Nutzer führte.

Aussage	Ohne Jacke	Mit Jacke	Effekt
Ich habe mich eingezogen gefühlt	2,14	3,64	+ 30,00%
Ich hatte Spaß	2,00	4,07	+ 41,40%
Die Erfahrung war intensiv	1,79	3,29	+ 30,00%
Ich konnte mich in die Szenen hineinversetzen	1,43	3,26	+ 38,60%
Ich war emotional ergriffen	1,71	3,57	+ 37,10%

Abbildung 3: Testergebnisse des Immersionseffekts der Emo-Jacket

## 4.2 FlexTorque

FlexTorque ist eine weitere auf haptischem Feedback basierte Anwendung der Tokyo University die 2009 entwickelt wurde. Dabei handelt es sich um ein tragbares Interface zur Simulation physikalischer Interaktionen wie Berühren, Halten, Drücken usw. Dieses besteht aus einem durch einen Motor betriebenen Gürtel der durch Krafteinwirkung Muskelreaktionen simuliert und auslöst. So kann etwa ein Vorgang wie ein Armdrücken gegen einen virtuellen Gegner oder der Rückstoß beim Schießen einer virtuellen Waffe vollzogen werden<sup>7</sup>.

Sowohl FlexTorque als auch die Emo-Jacket sind in den Bereich der Technologien mit contact-force Feedback einzuordnen. Es ist also ein Einsatz eines taktilen Devices mit Haut/Körperkontakt zum Nutzer nötig. Diese können durchaus als störend bei der Simulation aufgenommen werden. Eine non-contact-force Methode könnte immersiver wirken, beinhaltet allerdings auch die Problematik von der erschwerten Steuerung und Dosierung des Feedbacks auf Distanz.

<sup>7</sup> TSETSERUKOU et al. 2009

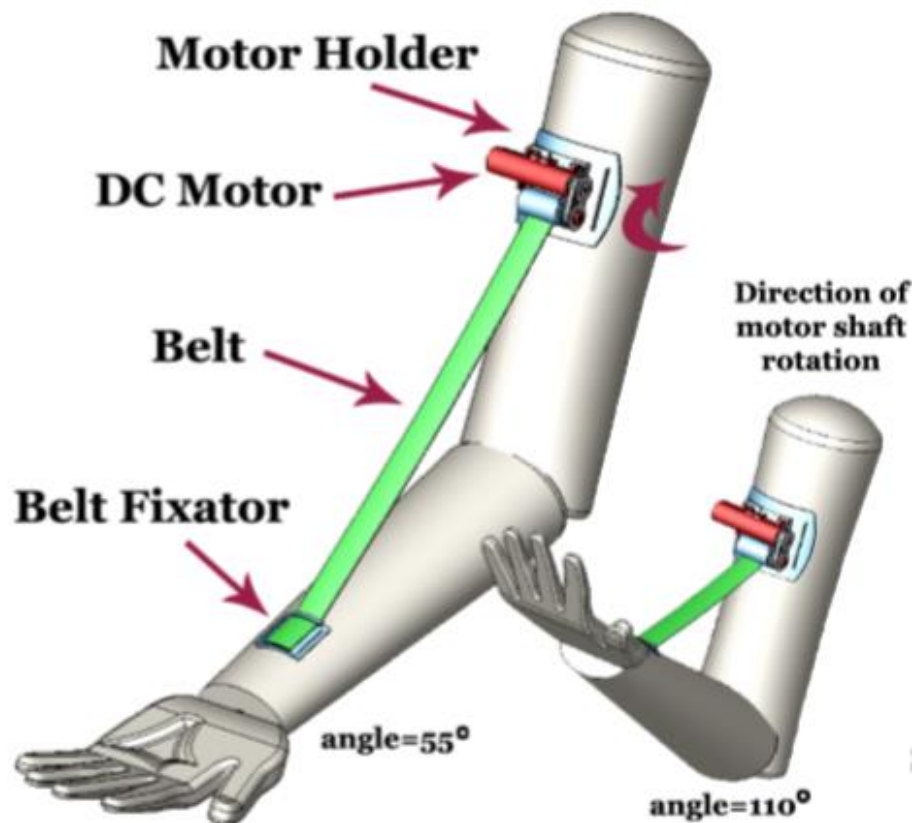


Abbildung 4: Bestandteile von FlexTorque<sup>7</sup>

### 4.3 Airborne Ultrasound Tactile Display

Der non-contact-force Ansatz wurde bei der Erzeugung von anfassbaren Hologrammen auf Basis von Ultraschallwellen ebenfalls an der Tokyo University verfolgt. Als Ergebnis wurde das *Airborne Ultrasound Tactile Display* hergestellt welches ohne Devices oder Luftdrüsen durch die Verwendung von Ultraschallwellen Haptik beim Berühren eines virtuellen Objekts erzeugt. Das *Airborne Ultrasound Tactile Display* besteht aus 324 Ultraschallsendern die eine Resonanzfrequenz von 40 kHz, Vibrationen von bis zu 1kHz und einen Druck von bis zu 1,6 Gramm erzeugen können. Dieses wurde an einen herkömmlichen Holo-Projektor montiert und durch Infrarot-Tracker ergänzt, sodass ein virtuelles Objekt erzeugt, die Handbewegung des Nutzers verfolgt und darauf das haptische Feedback simuliert werden kann. Der beeindruckende visuelle Effekt von 3D Holografien wird so um den Aspekt des Tastsinns ergänzt. Abbildung 5 zeigt ein einfaches Hologramm von Regentropfen, die auf der Handfläche „gspürt“ werden können<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> SHINODA et al. 2009

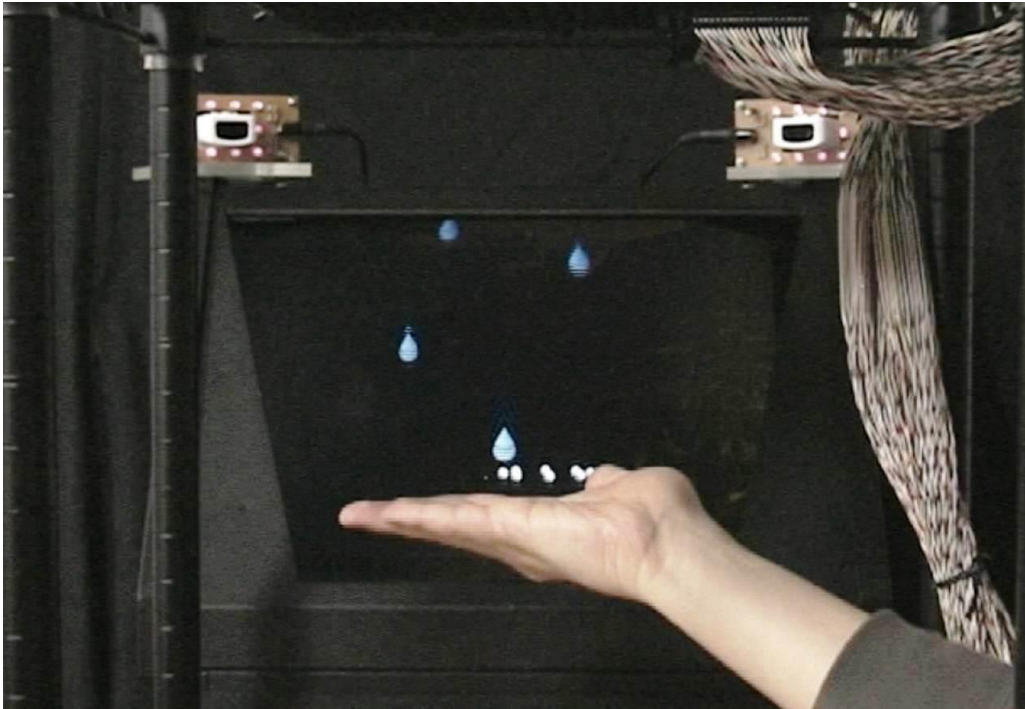


Abbildung 5: Spürbare Regentropfen als holografische Projektion mit Tactile Display<sup>8</sup>

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Auseinandersetzung mit dem Thema VR und Immersion und der Einblick in den Forschungsstand Haptik erzeugender Technologien am Beispiel der drei Projekte hat gezeigt, dass die Ansprache des Tastsinns zur Steigerung der Immersion durchaus sinnvoll sein kann, in der Praxis die aktuell verfügbaren Force-Feedback Technologien für sich noch zu optimieren und auch in Verwendung mit bereits existierenden VR-Systemen noch zu prüfen sind. Grundsätzlich kann aber der Einsatz von Haptik zur Immersion in VR-Systemen besonders im Gamingbereich vielversprechend sein um für die Nutzer eine noch überzeugendere VR zu schaffen und somit auch ein intensiveres Konsum-Erlebnis.

Eine empirisch untersuchte Wirksamkeit von der Ansprache des Tastsinns zur Erzeugung von Immersion in VR sollte ähnlich wie bei dem Test der Emo-Jacket erfolgen. Eine Usability-Studie könnte klären ob die Nutzer nach der Anwendung eines solchen Systems die virtuelle Umwelt tatsächlich als realer empfunden haben, als bei einer rein audio-visuellen Stimulation.

# Literaturverzeichnis

ARAFASHA, F. et al. 2012

Arafasha, F.; Alam, K., Saddik, A.: EmoJacket: Consumercentric wearable affective jacket to enhance emotional immersion. In: IIT, 20012 International Converfence, Univeristy of Ottawa, Kanada, 2012

BOLL 2006

Boll, S.: Haptics in Virtual Reality and Multimedia. In: IEEE MultiMedia Visions & Views, 2006

CRUZ-NEIRA et al. 1992

Cruz-Neira, C., Sandin, D., DeFanti, T., Keyon, R., Hart, J.: *The CAVE: audio visual experience automatic virtual environment*. Communications of the ACM **35** (6): 65–72m 1992

CSIKSZENTMIHALYI 2000

Csikszentmihályi, M.: *Das Flow-Erlebnis. Jenseits von Angst und Langeweile im Tun aufgehen*. Klett Verlag, Stuttgart, 2000

DÖRNER et al. 2013

Dörner, R., Broll, W., Grimm, P., Jung, B. (Hrsg.): *Virtual und Augmented Reality*. Springer Verlag, Heidelberg, 2013

SHINODA et al. 2009

Shinoda, H., Hoshi, T., Abe, D.: Adding Tactlie Reaction to Hologram. In: The 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, Japan, 2009

TSETSERUKOU et al. 2009

Tsetserukou, D., Sato, K., Neviarouskaya, A., Kawakami, N., Tachi, S.: *FlexTorque: Innovative Haptic Interface for Realistic Physical Interaction in Virtual Reality*. SIGGRAPH Asia 2009, Yokohama, Japan, December 16–19, 2009

ZHOU/DENG 2009

ZHOU, N., Deng, Y.. Virtual Reality: A State-of-the-Art Survey. In: International Journal of Automatisation and Computing, 2009

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Funktionsweise der Emo-Jacket .....	4
Abbildung 2: Technik der Emo-Jacket .....	5
Abbildung 3: Testergebnisse des Immersionseffekts der Emo-Jacket.....	6
Abbildung 4: Bestandteile von FlexTorque .....	7
Abbildung 5: Spürbare Regentropfen als holografische Projektion mit Tactile Display .....	8

## Versicherung über Selbstständigkeit

*Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.*

Hamburg, den 28.09.2014

d. Pospajuly