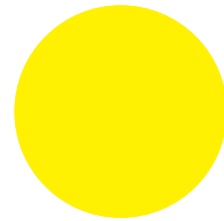


# Verwendung von Eye-Tracking zur Steuerung von Bedienelementen in Virtual Reality

**Studienarbeit**



des Studiengangs -todo-

an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg Stuttgart

von

**-todo-**

-todo-

**Bearbeitungszeitraum**

**Matrikelnummer, Kurs**

**Ausbildungsfirma**

**Betreuer**

-todo-

3394182, 7008632, STG-TINF17ITA

Robert Bosch GmbH, -todo-

-todo-

## Abstract

*TODO: deutscher Abstract....*

## Abstract

*TODO: english abstract....*

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>V</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>VI</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>VII</b>
<b>Formelgrößenverzeichnis</b>	<b>VIII</b>
<b>Formelverzeichnis</b>	<b>IX</b>
<b>Listings</b>	<b>X</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>2</b>
1.1 Auswertung . . . . .	2
1.1.1 Tescht . . . . .	2
<b>2 Grundlagen</b>	<b>3</b>
2.1 Virtual Reality . . . . .	3
2.2 VR-Headset . . . . .	3
2.2.1 Head-Mounted Display . . . . .	3
2.2.2 Controller . . . . .	3
2.2.3 Lighthouse Tracking System . . . . .	5
2.3 Eyetracking . . . . .	5
2.4 Unity . . . . .	7
2.4.1 steamVR . . . . .	7
2.4.2 hmd_eyes . . . . .	7
2.5 Fitts' Law . . . . .	7
<b>3 Stand der Technik</b>	<b>8</b>
3.1 Interaction techniques using head gaze for virtual reality . . . . .	8
3.1.1 Einordnung der Relevanz . . . . .	9
3.2 Electrooculogram-based virtual reality game control using blink detection and gaze calibration . . . . .	9
3.2.1 Einordnung der Relevanz . . . . .	10
3.3 Eye-Gaze-Controlled Telepresence Robots for People with Motor Disabilities	11
3.3.1 Einordnung der Relevanz . . . . .	11

3.4	Behavior Analysis of Indoor Escape Route-Finding Based on Head-Mounted VR and Eye Tracking . . . . .	11
3.4.1	Einordnung der Relevanz . . . . .	11
3.5	VR-HMD Eye Tracker in Active Visual Field Testing . . . . .	11
3.5.1	Einordnung der Relevanz . . . . .	11
3.6	Eye-gaze-triggered Visual Cues to Restore Attention in Educational VR . .	11
3.6.1	Einordnung der Relevanz . . . . .	11
<b>4</b>	<b>Aufbau der Testumgebungen</b>	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>Probandenversuche</b>	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>Diskussion der Ergebnisse</b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>Fazit</b>	<b>15</b>
7.0.1	Zusammenfassung . . . . .	15
7.0.2	kritische Würdigung . . . . .	15
7.0.3	Ausblick . . . . .	15
<b>Anhang</b>		<b>A</b>
Literatur . . . . .		A
<b>Glossar</b>		<b>B</b>

# Abkürzungsverzeichnis

<b>BSP</b>	Board Support Package
<b>HMD</b>	Head-Mounted Display
<b>VR</b>	Virtual Reality

# Abbildungsverzeichnis

2.1	HTC Vive HMD . . . . .	4
2.2	Controller der HTC Vive . . . . .	4
2.3	Lighthouse Basis Station . . . . .	5
2.4	Pupil Core Headset . . . . .	6
3.1	Resultat der Befragung . . . . .	9

# Tabellenverzeichnis



# Formelgrößenverzeichnis

$a$	rad	Bedeutung von a
$b$	rad	Bedeutung von b
$\lambda$	rad	Bedeutung von lambda
$\phi$	rad	Bedeutung von phi

# Formelverzeichnis

# Listings

# Ideen für Studie

Vergleich Controller mit Eye-Tracker. Bsp.: Laserpointer

Zielscheibe (Pfeil & Bogen)

Allgemein Zuverlässigkeit / Genauigkeit Eye-Tracking-Systems

Anschauen der Kalibrierung

## Auswertung

Bogen anfertigen für Bewertung der Versuche

10 Sachen auswählen (Zeit messen insgesamt (Controller & Augen))

## Tescht

# 1 Einleitung

Vergleich Controller mit Eye-Tracker. Bsp.: Laserpointer

Zielscheibe (Pfeil & Bogen)

Allgemein Zuverlässigkeit / Genauigkeit Eye-Tracking-Systems

Anschauen der Kalibrierung

## 1.1 Auswertung

Bogen anfertigen für Bewertung der Versuche

10 Sachen auswählen (Zeit messen insgesamt (Controller & Augen))

### 1.1.1 Tescht

## 2 Grundlagen

In dem folgenden Kapitel werden die Grundlagen dieser Arbeit beschrieben. Zuerst wird das in dieser Arbeit verwendete VR-Headset vorgestellt. Nach dem VR-Headset folgt der Eye Tracker und zum Schluss die Laufzeit- und Entwicklungsumgebung Unity.

### 2.1 Virtual Reality

Für den Begriff Virtual Reality (VR) oder Virtuelle Realität existieren verschiedenste Definitionen. So beschreibt

### 2.2 VR-Headset

Im Rahmen dieser Arbeit wird das VR-Headset HTC Vive verwendet. Das Headset wurde gemeinsam von den Firmen HTC und Valve entwickelt. Das VR-Headset lässt sich in die folgenden 3 Teile unterteilen.

[CKK19]

#### 2.2.1 Head-Mounted Display

Head-Mounted Display (HMD)

*TODO: Abbildung von Headset*

#### 2.2.2 Controller

*TODO: Abbildung von Controller*



Abbildung 2.1: HTC Vive HMD [[Corc](#)]



Abbildung 2.2: Controller der HTC Vive [[Corb](#)]

### 2.2.3 Lighthouse Tracking System



Abbildung 2.3: Lighthouse Basis Station [Cora]

*TODO: Abbildung von Basisstation*

## 2.3 Eyetracking

Eyetracking ist eine Technologie, die erkennt, in welche Richtung eine Person ihren Blick richtet. Hierfür werden beim Eyetracking Blick sowie Augenbewegungen erfasst. Die hauptsächlichen Parameter, die durch das Eyetracking erfasst werden, sind Fixationen (von dem Benutzer fixierter Punkt oder Objekt), Sakkaden (schnelle Augenbewegungen bei der Erfassung eines neuen Fixpunktes) und Regression (Rücksprung zu vorherigen Fixpunkte oder Objekte).

*TODO: Quelle aus Pupil Labs Dokumentation -> Core -> Hardware*

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein Eyetracker von Pupil Labs verwendet. Sie entwickeln seit 2014 die Plattform Pupil Core, die aus einer Open-Source-Suite sowie dem Eyetracker selber besteht. In Abbildung 2.4 ist das tragbare Eyetracker Headset Pupil Core zu sehen, welches wie eine Brille getragen wird. An dem Headset ist eine Blickfeldkamera (Nummer 1) angebracht, welche das Blickfeld des Benutzers aufnimmt. Mithilfe der Augenkameras (Nummer 3) lässt sich das komplette Auge erfassen. Die Augenkameras



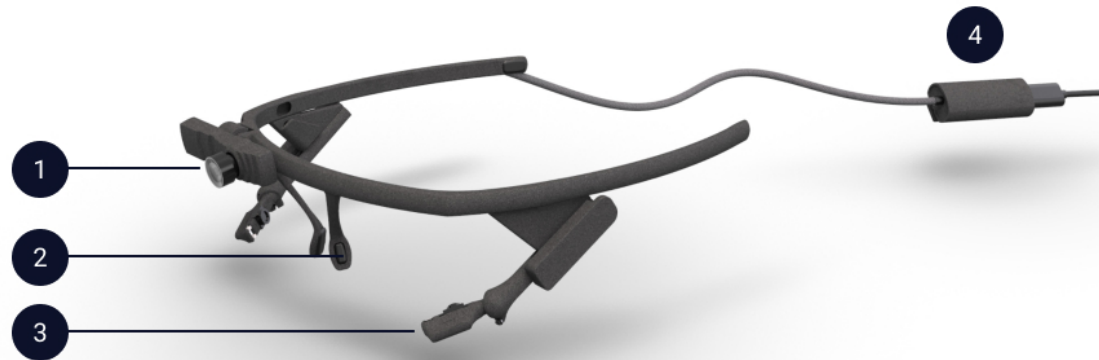


Abbildung 2.4: Pupil Core Headset

lassen sich individuell auf die Augen einstellen. Ein USB-C Kabel (Nummer 4) dient als Stromversorgung sowie für den Austausch der Videodaten der Kameras. Wird der Eyetracker mit dem Computer verbunden, dann lässt sich mit der Pupil Core Software das Eyetracking starten. Mithilfe der Software lassen sich die Eyetracking-Daten aus den Videostreams auslesen, auswerten und über eine Netzwerk Schnittstelle zur Verfügung stellen. Zudem kann in das Umgebungsvideo der Blickfeldkamera der Punkt angezeigt werden, auf den der Benutzer seinen Blick fixiert.

Da in dieser Arbeit das Eyetracking innerhalb einer VR-Umgebung untersucht werden soll, wird ein speziell für die HTC Vive entwickelter Eyetracker von Pupil Labs verwendet. Dies ist ein Add-on von Pupil Labs, welches in das HTC Vive Headset eingebaut wird und während dem Tragen des Headsets verwendet werden kann.

*TODO: Bild von Add-on hinzufügen*

[KPB14]

## 2.4 Unity

### 2.4.1 steamVR

### 2.4.2 hmd\_eyes

## 2.5 Fitts' Law

## 3 Stand der Technik

In diesem Kapitel werden bisherige Forschungsarbeiten mit ähnlichen Ansätzen vorgestellt und mit dieser Arbeit in den Kontext gestellt. Es wurden bereits mehrere alternative Steuermöglichkeiten zu den herkömmlichen VR-Controllern erforscht und erprobt.

### 3.1 Interaction techniques using head gaze for virtual reality

Diese im Mai 2016 veröffentlichte Arbeit hat sich zum Ziel gesetzt, die Position des Kopfes zu nutzen, um die ungefähre Blickrichtung des Nutzers zu erkennen und somit natürlichere Interaktionen in der virtuellen Realität zu ermöglichen. Die Motivation hinter der Arbeit war es, die doch sehr unnatürliche Steuerung über Controller zu ersetzen, um so eine bessere Immersion in die virtuelle Welt zu gewährleisten. Die Wahl, die Kopfbewegung als Steuerung zu nutzen, ist gefallen, da diese Bewegung von allen natürlich vorkommenden interaktiven Bewegungen eines Nutzers (wie z.B. Handbewegungen, Augenbewegungen, Fuß/Beinbewegungen und Kopfbewegungen) am einfachsten zu erfassen und in VR übertragbar ist. Da ein Großteil der VR-Headsets auf dem Erfassen des Kopfes in einem Raum basiert (TODO vgl. Kapitel von Jörn wie er das erklärt), ist die Erfassung dieser Daten meist ohne größere Umstände möglich. Um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erlangen, wurden mehrere Versuchsreihen und anschließende Befragungen der Probanden durchgeführt. Die Autoren der Arbeit haben dafür einige Spiele (teils bereits in VR existierend, teils Portierungen von Smartphone-Spielen in VR) so angepasst, dass Kopfbewegungen zur Steuerung eingelesen werden können. Als Eingabegeräte wurden ein Leap Motion Controller (ein Hand-Tracking-Gerät), ein herkömmlicher Xbox Controller und das von den Autoren "Head Gaze" benannte Kopf-Tracking miteinander verglichen. Als VR-Headset wurde ein Oculus DK2 verwendet. Nach der ersten Versuchsreihe in dem Spiel "SSlash the Fruit VR" hat sich Head Gaze als die intuitivste Eingabemethode herausgestellt. Daher wurden in den nachfolgenden beiden Versuchen mit den Spielen "Virtual Reality Experience" (kurz VREx) und "Dungeon VR" nur noch Head Gaze verwendet. Der Grund hierfür

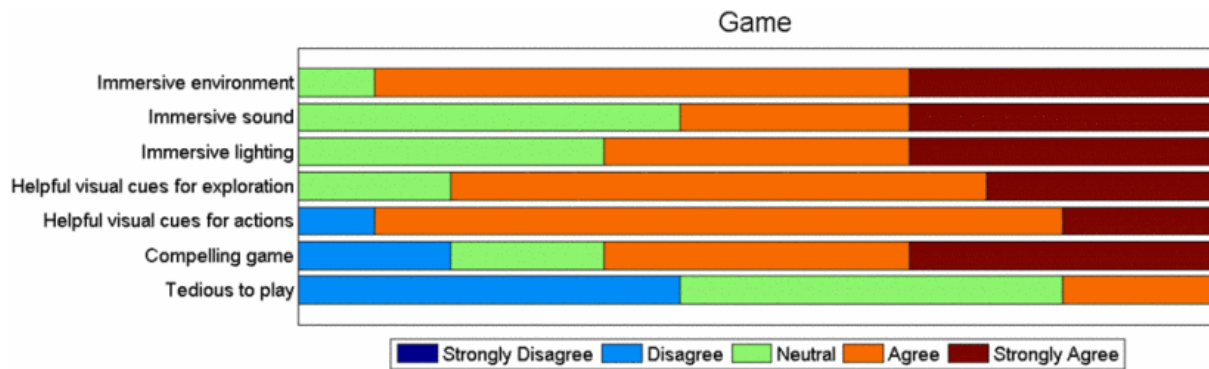


Abbildung 3.1: Resultat der Befragung

war zum Einen die Unzuverlässigkeit des Leap Motion Controllers, zum Anderen war der Xbox Controller nicht intuitiv genug für Bewegungen in VR. Da die Kernfrage die Immersion der neuen Steuerung war, wurden die Teilnehmer der Versuchsreihe nach ihrem Immersionsbefindnis befragt.

Wie in den oben stehenden Ergebnissen zu sehen ist, empfand der Großteil der Nutzer diese Steuerung als immersiv und nur wenige Nutzer haben sich von der Steuerung gestört gefühlt. Als weiteres Ziel der Forscher wird von den Forschern eine Umsetzung in Smartphone VR-Anwendungen erwähnt.

### 3.1.1 Einordnung der Relevanz

Die beschriebene Arbeit ist für den in dieser Arbeit vorgesehenen Versuchsaufbau von großer Relevanz, da es zu einem gewissen Grad eine Vorstufe darstellt. Der Begriff Head Gaze wird von den Forschern bewusst verwendet, da mit der Kopfbewegung auch der Blick (engl. Gaze) angenommen werden kann. Somit sind der Versuchsaufbau und die damit einhergehenden Ergebnisse sehr gut mit den in dieser Arbeit entstandenen Ergebnissen vergleichbar. (TODO Vergleich)

## 3.2 Electrooculogram-based virtual reality game control using blink detection and gaze calibration

Diese im September 2016 vorgestellte Arbeit beschreibt die Verwendung von einem Elektrookulogramm zur Bestimmung der Blickrichtung und zum Erkennen von Blinzeln. Diese Daten werden dann als Eingabe in einem VR-Spiel verwendet. Ein Elektrookulogramm (EOG) ist die Registrierung von Bewegungen der Muskeln, die zur Kontrolle der Augen

dienen. Dabei werden an jeder Seite der Augenhöhle außerhalb Elektroden angebracht, mit welchen die Bewegung der Augen und Augenlider aufgezeichnet werden kann. Wie schon in Kapitel 3.1, lag auch hier das Ziel dabei, eine intuitivere und immersivere Eingabemethode zu entwickeln. Zur Überprüfung der Ergebnisse werden sowohl die Rate der falschen Eingaben als auch die subjektive Empfindung erfasst. Als Beispielapplikation wird das Spiel "VRrailSurfer" verwendet. Das Spielprinzip ist vergleichbar mit dem bekannten Smartphone Spiel Subway Surfers. Eine Bewegung der Augen nach links oder rechts hat eine Bewegung der Spielfigur in die entsprechende Richtung zur Folge. Zum Springen müssen die Augen nach oben bewegt werden. Die mit dieser Methode erzielte Genauigkeit der Steuerung lag nach einer Reihe von Versuchen mit 10 Probanden im Durchschnitt bei 78%, wohingegen die Blinzelerkennung mit 96% deutlich höher lag. Die Forscher haben allerdings in diesem Beispiel nur die Steuerung über den Blick im Spiel implementiert, sie gehen aber davon aus, dass eine Genauigkeit von rund 96% auch in einem Spiel mit Blinzelerkennung umsetzbar ist.

### 3.2.1 Einordnung der Relevanz

Das Paper ist für diese Arbeit auch relevant. Trotz der komplett anderen Eye-Tracking Methode sind einige Punkte auf diese Arbeit übertragbar. Der Ansatz, Augenbewegungen über ein EOG zu erfassen, ist allerdings eher suboptimal, da die Genauigkeit nicht so hoch ist, wie bei dem in dieser Arbeit verwendeten System, da mehr Komplikationen, wie etwa ein verrutschen der Elektroden, auftreten können. Der Fokus des Papers lag allerdings eher auf der Machbarkeit eines EOGs in Verbindung mit einem VR-Headset, weshalb kein Vergleich mit anderen Eingabemethoden stattgefunden hat.

### **3.3 Eye-Gaze-Controlled Telepresence Robots for People with Motor Disabilities**

#### **3.3.1 Einordnung der Relevanz**

### **3.4 Behavior Analysis of Indoor Escape Route-Finding Based on Head-Mounted VR and Eye Tracking**

#### **3.4.1 Einordnung der Relevanz**

### **3.5 VR-HMD Eye Tracker in Active Visual Field Testing**

#### **3.5.1 Einordnung der Relevanz**

### **3.6 Eye-gaze-triggered Visual Cues to Restore Attention in Educational VR**

#### **3.6.1 Einordnung der Relevanz**

## 4 Aufbau der Testumgebungen

*TODO:*

## 5 Probandenversuche

*TODO:*



## 6 Diskussion der Ergebnisse

*TODO:*

# 7 Fazit

*TODO:*

## 7.0.1 Zusammenfassung

## 7.0.2 kritische Würdigung

## 7.0.3 Ausblick

# Anhang

## Literatur

- [CKK19] Viviane Clay, Peter König und Sabine König. „Eye tracking in virtual reality“. In: *Journal of Eye Movement Research* 12.1 (2019). DOI: [10.16910/jemr.12.1.3](https://doi.org/10.16910/jemr.12.1.3). URL: <https://bop.unibe.ch/JEMR/article/view/4332-Clay-final-sub>.
- [Cora] HTC Corporation. *Vive Hardware Base Stations*. URL: [https://www.vive.com/media/filer\\_public/vive/product-overview/vive-hardware-base-stations.png](https://www.vive.com/media/filer_public/vive/product-overview/vive-hardware-base-stations.png).
- [Corb] HTC Corporation. *Vive Hardware Controllers 1*. URL: [https://www.vive.com/media/filer\\_public/vive/product-overview/vive-hardware-controllers-1.png](https://www.vive.com/media/filer_public/vive/product-overview/vive-hardware-controllers-1.png).
- [Corc] HTC Corporation. *Vive Hardware HMD 1*. URL: [https://www.vive.com/media/filer\\_public/vive/product-overview/vive-hardware-hmd-1.png](https://www.vive.com/media/filer_public/vive/product-overview/vive-hardware-hmd-1.png).
- [KPB14] Moritz Kassner, William Patera und Andreas Bulling. „Pupil: An Open Source Platform for Pervasive Eye Tracking and Mobile Gaze-Based Interaction“. In: *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct Publication*. UbiComp '14 Adjunct. Seattle, Washington: Association for Computing Machinery, 2014, 1151–1160. ISBN: 9781450330473. DOI: [10.1145/2638728.2641695](https://doi.org/10.1145/2638728.2641695). URL: <https://doi.org/10.1145/2638728.2641695>.

# Glossar

## Glossareintrag

Ein Glossar beschreibt verschiedenste Dinge in kurzen Worten.