

Bauhaus-Universität Weimar  
Fakultät Medien  
Studiengang Medieninformatik

# Mehrbenutzer Multi-Touch-Interaktion mit einem immersiven 3D Bildschirmtisch

## Bachelorarbeit

Sebastian Stickert  
Geboren am 21.04.1992 in Rostock

Matrikelnummer 110882

1. Gutachter: Prof. Dr. Bernd Fröhlich  
Betreuer: Alexander Kulik, André Kunert

Datum der Abgabe: 14. April 2015

## **Erklärung**

Hiermit versichere ich, daß ich diese Arbeit selbständig verfaßt und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

Weimar, den 14. April 2015

.....  
Sebastian Stickert

## **Zusammenfassung**

Dieses Dokument dient als Muster für die Ausarbeitung einer Diplomarbeit am Lehrstuhl für Webtechnologie und Informationssysteme. 1 - 2 - 3 Umläut-test.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>4</b>
1.1	Mehrbenutzer VR-Systeme . . . . .	4
1.2	Multi-Touch Interaktion mit dreidimensionalen Szenen . . . . .	4
1.3	Ziel der Arbeit . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Finger und Hand Tracking auf Grundlage von Maximally Stable Extremal Regions</b>	<b>5</b>
2.1	Maximally Stable Extremal Regions . . . . .	5
2.2	Technische Voraussetzungen . . . . .	5
2.3	Implementierung . . . . .	5
2.3.1	TUIO Touch Protokoll . . . . .	5
2.3.2	Umgang mit Jittering . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Anforderungsanalyse</b>	<b>7</b>
3.1	Mehrbenutzer Touch-Eingaben . . . . .	7
3.2	Tiefenwahrnehmung durch Stereo- und Bewegungsparallaxe . . . . .	7
3.3	Interaktionsziele und involvierte Freiheitsgrade . . . . .	7
3.4	Explizite und implizite Kontrolle der involvierten Freiheitsgrade . . . . .	7
3.5	Visuelle Rückmeldung . . . . .	8
<b>4</b>	<b>3D Interaktion mit Multitoucheingaben</b>	<b>9</b>
4.1	Interaktion 1 . . . . .	9
4.2	Interaktion 2 . . . . .	9
4.3	Interaktion 3 . . . . .	9
4.4	Diskussion . . . . .	9
<b>5</b>	<b>Wahrnehmungskonflikte und Lösungsansätze</b>	<b>10</b>
5.1	Ansatz 1 . . . . .	10
5.2	Ansatz 2 . . . . .	10
5.3	Diskussion . . . . .	10

<b>6</b>	<b>Abbildung von Touch Eingaben in der Applikationsstruktur</b>	<b>11</b>
6.1	Multitouch-Input Pipeline . . . . .	11
6.2	Representation im Szenegraph . . . . .	11
6.3	Touchwerkzeuge und Applikationsmanipulatoren . . . . .	11
6.4	Diskussion . . . . .	11
<b>7</b>	<b>Explizite Multi-Touch 3D Interaktion</b>	<b>12</b>
7.1	Rotation, Translation und Skalierung im Bildraum . . . . .	12
7.2	3D Translation . . . . .	12
7.3	3D Rotation . . . . .	12
7.4	Vorteile und Limitierungen . . . . .	12
<b>8</b>	<b>Levelling: Implizite Multi-Touch 3D Navigation</b>	<b>13</b>
8.1	Depth-Levelling . . . . .	13
8.2	Rotation-Levelling . . . . .	13
8.3	Vorteile und Limitierungen . . . . .	13
<b>9</b>	<b>Wechsel zwischen Interaktionstechniken</b>	<b>14</b>
9.1	Verhinderung von Eingabekonflikten . . . . .	14
9.2	Interaktionsterritorien . . . . .	14
<b>10</b>	<b>Virtuelles Freischneiden der Hand während Berührungseingaben</b>	<b>15</b>
10.1	Ansatz . . . . .	15
10.2	Implementierung . . . . .	15
10.3	Vorteile und Limitierungen . . . . .	15
<b>11</b>	<b>Diskussion</b>	<b>16</b>
11.1	Erfüllung der Vorgaben . . . . .	16
11.2	Beobachtungen . . . . .	16
11.3	Hypothesen . . . . .	16
<b>12</b>	<b>Fazit</b>	<b>17</b>
12.1	Beiträge dieser Arbeit . . . . .	17
12.2	Vorschläge zur Weiterentwicklung . . . . .	17
<b>13</b>	<b>Ein Kapitel</b>	<b>18</b>
13.1	Ein Abschnitt . . . . .	18
13.1.1	Ein Unterabschnitt . . . . .	18
13.1.1.1	Ein Unterunterabschnitt . . . . .	18
13.1.1.2	Noch ein Unterunterabschnitt . . . . .	18
13.1.2	Noch ein Unterabschnitt . . . . .	18

13.2 Beispiele . . . . .	19
13.3 Bemerkungen . . . . .	20
<b>A Ein Anhang</b>	<b>22</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>23</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>24</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>25</b>

# Kapitel 1

## Einführung

Hier wird das Kapitel Einführung beschrieben. Das Kapitel besteht aus den Abschnitten 1.1, 1.2 und 1.3.

### 1.1 Mehrbenutzer VR-Systeme

Hier steht Inhalt zu Mehrbenutzer VR-Systemen.

### 1.2 Multi-Touch Interaktion mit dreidimensionalen Szenen

Hier steht Inhalt zu Multi-Touch Interaktion mit dreidimensionalen Szenen.

### 1.3 Ziel der Arbeit

Hier steht Inhalt zum Ziel der Arbeit.

# Kapitel 2

## Finger und Hand Tracking auf Grundlage von Maximally Stable Extremal Regions

Hier wird das Kapitel Finger und Hand Tracking auf Grundlage von Maximally Stable Extremal Regions beschrieben. Das Kapitel besteht aus den Abschnitten 2.1, 2.2 und 2.3.

### 2.1 Maximally Stable Extremal Regions

Hier steht Inhalt zu Maximally Stable Extremal Regions.

### 2.2 Technische Voraussetzungen

Hier steht Inhalt zu Technischen Voraussetzungen.

### 2.3 Implementierung

Hier steht Inhalt zur Implementierung. Dieser Abschnitt besteht aus den Unterabschnitten 2.3.1 und 2.3.2.

#### 2.3.1 TUIO Touch Protokoll

Hier steht Inhalt zum TUIO Touch Protokoll.



### **2.3.2 Umgang mit Jittering**

Hier steht Inhalt zum Umgang mit Jittering.

# Kapitel 3

## Anforderungsanalyse

Hier wird das Kapitel Anforderungsanalyse beschrieben. Das Kapitel besteht aus den Abschnitten 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 und 3.5.

### 3.1 Mehrbenutzer Touch-Eingaben

Hier steht Inhalt zu Mehrbenutzer Touch-Eingaben.

### 3.2 Tiefenwahrnehmung durch Stereo- und Bewegungsparallaxe

Hier steht Inhalt zu Tiefenwahrnehmung durch Stereo- und Bewegungsparallaxe.

### 3.3 Interaktionsziele und involvierte Freiheitsgrade

Hier steht Inhalt zu Interaktionszielen und involvierten Freiheitsgraden.

### 3.4 Explizite und implizite Kontrolle der involvierten Freiheitsgrade

Hier steht Inhalt zu Expliziter und impliziter Kontrolle der involvierten Freiheitsgrade.

## **3.5 Visuelle Rückmeldung**

Hier steht Inhalt zu Visueller Rückmeldung.

# **Kapitel 4**

## **3D Interaktion mit Multitoucheingaben**

Hier wird das Kapitel 3D Interaktion mit Multitoucheingaben beschrieben.  
Das Kapitel besteht aus den Abschnitten 4.1, 4.2, 4.3 und 4.4

### **4.1 Interaktion 1**

Hier steht Inhalt zu Interaktion 1.

### **4.2 Interaktion 2**

Hier steht Inhalt zu Interaktion 2.

### **4.3 Interaktion 3**

Hier steht Inhalt zu Interaktion 3.

### **4.4 Diskussion**

Hier steht Inhalt zur Diskussion.

# Kapitel 5

## Wahrnehmungskonflikte und Lösungsansätze

Hier wird das Kapitel Wahrnehmungskonflikte und Lösungsansätze beschrieben. Das Kapitel besteht aus den Abschnitten 5.1, 5.2 und 5.3.

### 5.1    Ansatz 1

Hier steht Inhalt zu Ansatz 1.

### 5.2    Ansatz 2

Hier steht Inhalt zu Ansatz 2.

### 5.3    Diskussion

Hier steht Inhalt zur Diskussion.

# Kapitel 6

## Abbildung von Touch Eingaben in der Applikationsstruktur

Hier wird das Kapitel Abbildung von Touch Eingaben in der Applikationsstruktur beschrieben. Das Kapitel besteht aus den Abschnitten 6.1, 6.2, 6.3 und 6.4.

### 6.1 Multitouch-Input Pipeline

Hier steht Inhalt zur Multitouch-Input Pipeline.

### 6.2 Representation im Szenegraph

Hier steht Inhalt zur Representation im Szenegraph.

### 6.3 Touchwerkzeuge und Applikationsmanipulatoren

Hier steht Inhalt zu Touchwerkzeugen und Applikationsmanipulatoren.

### 6.4 Diskussion

Hier steht Inhalt zur Diskussion.

# Kapitel 7

## Explizite Multi-Touch 3D Interaktion

Hier wird das Kapitel Explizite Multi-Touch 3D Interaktion beschrieben. Das Kapitel besteht aus den Abschnitten 7.1, 7.2, 7.3 und 7.4.

### 7.1 Rotation, Translation und Skalierung im Bildraum

Hier steht Inhalt zu Rotation, Translation und Skalierung im Bildraum.

### 7.2 3D Translation

Hier steht Inhalt zu 3D Translation.

### 7.3 3D Rotation

Hier steht Inhalt zu 3D Rotation.

### 7.4 Vorteile und Limitierungen

Hier steht Inhalt zu Vorteilen und Limitierungen.

# Kapitel 8

## Levelling: Implizite Multi-Touch 3D Navigation

Hier wird das Kapitel Levelling: Implizite Multi-Touch 3D Navigation beschrieben. Das Kapitel besteht aus den Abschnitten 8.1, 8.2 und 8.3.

### 8.1 Depth-Levelling

Hier steht Inhalt zu Depth-Levelling.

### 8.2 Rotation-Levelling

Hier steht Inhalt zu Rotation-Levelling.

### 8.3 Vorteile und Limitierungen

Hier steht Inhalt zu Vorteilen und Limitierungen.



# Kapitel 9

## Wechsel zwischen Interaktionstechniken

Hier wird das Kapitel Wechsel zwischen Interaktionstechniken beschrieben.  
Das Kapitel besteht aus den Abschnitten 9.1 und 9.2.

### 9.1 Verhinderung von Eingabekonflikten

Hier steht Inhalt zur Verhinderung von Eingabekonflikten.

### 9.2 Interaktionsterritorien

Hier steht Inhalt zu Interaktionsterritorien.

# Kapitel 10

## Virtuelles Freischneiden der Hand während Berührungseingaben

Hier wird das Kapitel Virtuelles Freischneiden der Hand während Berührungseingaben beschrieben. Das Kapitel besteht aus den Abschnitten 10.1, 10.2 und 10.3.

### 10.1 Ansatz

Hier steht Inhalt zum Ansatz.

### 10.2 Implementierung

Hier steht Inhalt zur Implementierung.

### 10.3 Vorteile und Limitierungen

Hier steht Inhalt zu Vorteilen und Limitierungen.

# Kapitel 11

## Diskussion

Hier wird das Kapitel Diskussion beschrieben. Das Kapitel besteht aus den Abschnitten 11.1, 11.2 und 11.3.

### 11.1 Erfüllung der Vorgaben

Hier steht Inhalt zur Erfüllung der Vorgaben.

### 11.2 Beobachtungen

Hier steht Inhalt zu Beobachtungen.

### 11.3 Hypothesen

Hier steht Inhalt zu Hypothesen.

# Kapitel 12

## Fazit

Hier wird das Kapitel Fazit beschrieben. Das Kapitel besteht aus den Abschnitten 12.1 und 12.2.

### 12.1 Beiträge dieser Arbeit

Hier steht Inhalt zu Beiträgen dieser Arbeit.

### 12.2 Vorschläge zur Weiterentwicklung

Hier steht Inhalt zu Vorschlägen zur Weiterentwicklung.

# Anhang A

## Anhang 1

Im Anhang kann auf Implementierungsaspekte wie Datenbankschemata oder Programmcode eingegangen werden.

# Abbildungsverzeichnis

13.1 Logo der BUW. . . . .	19
13.2 Zwei Logos. . . . .	19

# Tabellenverzeichnis

13.1 Die Zahlen 1 bis 5 und ihre Quadrate. . . . .	20
--	----

# Literaturverzeichnis

- [Jurafsky and Martin, 2008] Jurafsky, D. and Martin, J. H. (2008). *Speech and Language Processing*. Prentice Hall, 2 edition.
- [Manning and Schuetze, 1999] Manning, C. D. and Schuetze, H. (1999). *Foundations of Statistical Natural Language Processing*. The MIT Press, 1 edition.
- [Prettenhofer and Stein, 2010] Prettenhofer, P. and Stein, B. (2010). Cross-Language Text Classification using Structural Correspondence Learning. In *Proceedings of the 48th Annual Meeting of the Association of Computational Linguistics (to appear)*, Uppsala, Sweden. Association for Computational Linguistics.
- [Rosenblatt, 1958] Rosenblatt, F. (1958). The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological review*, 65(6):386–408.