



Universität Hamburg  
DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

# Redirected Walking in zufallsgenerierten Virtual Reality Leveln

Autor:

**Karim Djemai**

Matrikel: 6911548

Mensch-Computer Interaktion  
Fachbereich Informatik

Erstgutachter: Prof. Dr. Frank Steinicke  
Zweitgutachter: Dr. Eike Langbehn

Hamburg, 2. Juni 2021

---

# Abstract

One of the greatest challenges in dealing with modern “virtual reality” (VR) technology is the limitation of the accessible area (tracking space). This is due to the limited tracking of the position and rotation of the headset and the controllers in some technologies (for example, the models of the “HTC VIVE” product line) , and also to the size of the space in most VR setups. There are different solutions to this problem. In the experiment presented here, three of them are compared. On the one hand, conventional methods of locomotion in VR (joystick control and teleportation), and on the other hand, a relatively new method of locomotion called “redirected walking”. This is an umbrella term for methods in which the user is guided through the real tracking space by subtle changes to the virtual locomotion, while maintaining the illusion that they are moving without any changes. These methods can be combined in different ways and thus are adaptable to the context. This work investigates a certain context: automatically generated levels. By combining so-called “rotational gains” and so-called “impossible spaces” and incorporating them into a level generation algorithm, I have succeeded in creating theoretically infinitely large levels through which the user can move even though she is located in a limited tracking space. This paper presents an experiment that investigates whether the user’s spatial understanding forms itself better with this method of locomotion as the user moves through the level, and whether the sense of presence in virtual reality is higher, compared to the more traditional methods of locomotion.

---

# Zusammenfassung

Eine der größten Hürden im Umgang mit moderner “virtual reality” (VR) Technologie ist die Begrenzung des begehbaren Bereiches (Trackingspace). Dies entsteht zum einen, durch räumlich limitierte Erfassung (auf Englisch: tracking) der Position und Rotation des Headsets und der Controller bei einigen Technologien (zum Beispiel den Modellen der “HTC VIVE”-Produktreihe), zum anderen durch die Raumgröße der meisten VR-Setups. Es gibt unterschiedliche Lösungsansätze für dieses Problem. In dem hier vorgestellten Experiment werden drei davon miteinander verglichen. Zum einen konventionelle Fortbewegungsarten für VR (Joystick-Steuerung und Teleportieren), zum anderen eine verhältnismäßig neue Fortbewegungsart mit dem Namen “Redirected Walking”. Hierbei handelt es sich um einen Sammelbegriff für Methoden bei denen die Nutzer:in durch subtile Änderungen an der VR-Fortbewegung durch den realen Trackingspace gelenkt wird, dabei aber die Illusion aufrecht erhalten wird, sie würde sich ohne Änderung fortbewegen. Diese Methoden lassen sich auf unterschiedliche Weisen kombinieren und sind so dem Kontext flexibel anpassbar. Diese Arbeit untersucht dabei einen konkreten Kontext: Automatisch generierte Level. Durch die Kombination von so genannten “Rotational Gains” und sogenannten “Impossible Spaces” und die Inkorporation davon in einen Levelgenerierungsalgorithmus ist es mir gelungen, theoretisch endlos große Level zu erschaffen, durch die sich die Nutzer:in fortbewegen kann obwohl sie sich nur in einem begrenzt großen Trackingspace befindet. Diese Arbeit stellt ein Experiment vor, das untersucht ob das räumliche Verständnis der Nutzer:innen mit dieser Fortbewegungsart beim durchschreiten des Levels besser gebildet wird, und ob das Präsenz Gefühl in der virtuellen Realität höher ist, als mit den herkömmlicheren Fortbewegungsmethoden.

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
1.1	Redirected Walking	1
1.1.1	Rotation Gains	1
1.1.2	Impossible Spaces	2
<b>2</b>	<b>Verwandte Arbeiten</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Generierte Level</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Fortbewegungsarten</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>Implementierung</b>	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>Experiment</b>	<b>7</b>
<b>7</b>	<b>Teilnehmer</b>	<b>8</b>
<b>8</b>	<b>Materialien</b>	<b>9</b>
<b>9</b>	<b>Methoden</b>	<b>10</b>
<b>10</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>11</b>
<b>11</b>	<b>Diskussion</b>	<b>12</b>
<b>12</b>	<b>Konklusion</b>	<b>13</b>
<b>13</b>	<b>Acknowledgments</b>	<b>14</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>15</b>
	Electronic	15

<b>Index</b> . . . . .	<b>16</b>
------------------------	-----------

---

# Abbildungsverzeichnis

---

# Tabellenverzeichnis

---

# KAPITEL 1

## Einführung

Zweibeiniges Gehen bietet als Fortbewegungsart durch virtuelle Realität viele Vorteile gegenüber alternativen Fortbewegungsarten.[

] beschreibt beispielsweise, ein höheres Präsenzgefühl der Nutzer:innen.[

] zeigt dass weniger Motion sickness entsteht wenn sich die Nutzer:innen durch die virtuelle Welt bewegen indem sie gehen. [

] erklärt das beim Gehen mehr Sinne stimuliert werden als bei künstlichen Alternativen, wie zum Beispiel der Joystick Steuerung. Tiefensensibilität (Propriozeption) und Gleichgewichtssinn (vestibuläre Wahrnehmung) signalisieren, dass er gerade wirklich geht, während diese Information bei alternativen Fortbewegungsart allein vom visuellen Sinn übermittelt wird. Leider bringt das reale gehen (real walking nach[

] ) auch den großen Nachteil mit sich, dass es in der Regel auf einen einzelnen Raum (den Trackingspace) beschränkt ist. Zwar gibt es dazu auch ausnahmen, ( siehe z.B.[ ] ), jedoch sind diese dann mit großem Aufwand verbunden und nicht für jede Endnutzer:in umzusetzen.

### 1.1 Redirected Walking

Eine Art dieses Problem zu Umgehen ist das so genannte “Redirected Walking”. Dies ist eine Sammlung von Techniken mit denen die Nutzer:in subtilen Manipulationen der Fortbewegungsart durch den Trackingspace navigiert wird. Dabei wird die Illusion aufrecht erhalten sie würde sich unverändert, frei bewegen. So lässt sich die Nutzer:in von den äußeren Begrenzungen des Trackingspaces fern halten, und die virtuell begehbare Fläche vergrößern. Im folgenden werde ich nun zwei dieser Techniken genauer vorstellen.

#### 1.1.1 Rotation Gains

Rotation Gains werden Kopfrotationen hinzugefügt sodass sich die virtuelle Kamera leicht schneller oder langsamer dreht als der reale Kopf mit dem VR-Headset. Kopfrotationen lassen sich mit der Schreibweise  $R_{real} := (pitch_{real}, yaw_{real}, roll_{real})$  darstellen, wobei pitch, yaw und roll die Eulerschen Winkel der Kopfrotation darstellen. Für alle



3 Winkel kann ein rotation gain angewandt werden. Der rotation gain wird dann als Quotient des virtuellen Winkels und des realen Winkels definiert also:  $gR := R_{\text{virtual}} / R_{\text{real}}$  Dieses Anwenden funktioniert indem der rotation gain  $gR$  mit dem Winkel der realen Kopfrotation ( $\alpha$ ) multipliziert wird also:  $gR * \alpha$  Da für jeden Winkel der Kopfrotation ein rotation gain definiert werden kann werden Rotationsgains folgendermaßen dargestellt: ( $gR_{\text{pitch}}$ ,  $gR_{\text{yaw}}$ ,  $gR_{\text{roll}}$ )

### **1.1.2 Impossible Spaces**

---

## KAPITEL 2

# Verwandte Arbeiten

---

## KAPITEL 3

# Generierte Level

---

## KAPITEL 4

# Fortbewegungsarten

---

## KAPITEL 5

# Implementierung

---

## KAPITEL 6

# Experiment

---

## KAPITEL 7

### **Teilnehmer**

---

## KAPITEL 8

# Materialien



---

## KAPITEL 9

# Methoden

---

## KAPITEL 10

### **Ergebnisse**

---

# KAPITEL 11

## **Diskussion**

---

## KAPITEL 12

### **Konklusion**

---

## KAPITEL 13

# Acknowledgments

## **Bibliographie**

### **Electronic**

Ich bin damit einverstanden, dass meine Arbeit in den Bestand der Bibliothek eingestellt wird.

---

Ort, Datum

---

Unterschrift

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit im Studiengang Mensch-Computer-Interaktion selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel — insbesondere keine im Quellenverzeichnis nicht benannten Internet-Quellen — benutzt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Ich versichere weiterhin, dass ich die Arbeit vorher nicht in einem anderen Prüfungsverfahren eingereicht habe und die eingereichte schriftliche Fassung der auf dem elektronischen Speichermedium entspricht.

---

Ort, Datum

---

Unterschrift