

# Zeitmanipulation in der Virtuellen Realität

Jelko Arnds, Niklas Emanuel, Alexander Grabsch, Laura Meyer  
Mirco Pham, Alexander Schülke, Damaris Semper  
Kalaishelvan Sithamparanathan

Arbeitsgruppe Kognitive Neuroinformatik  
Fachbereich 3  
Universität Bremen

August 2015

## Abstract

*Die Interaktion mit virtuellen Welten ermöglicht bei der Untersuchung menschlicher Zeitwahrnehmung neue Herangehensweisen. Sie bietet das Potenzial Szenarien zu entwickeln, die jenes Empfinden ausreizen und darauf zugeschnitten sind. Mittels eines konstruierten Fahrradsimulators und der durch ein HMD dargestellten virtuellen Realität, wird eine Möglichkeit geboten, den linearen Verlauf der Zeit aufzuheben und den Fortschritt der Zeit selbst zu bestimmen. Es soll herausgefunden werden, inwiefern diese Beeinflussungsmöglichkeit innerhalb der VR sich auf die Zeitwahrnehmung in der Realität auswirkt. Dabei übt sowohl die prospektive als auch die retrospektive Zeitwahrnehmung durch von uns konzipierte Wahrnehmungstests Einfluss auf unsere Resultate aus. Diese zeigen letztendlich, dass die Manipulation der Zeit in der virtuellen Realität keinen Einfluss auf die reale Zeitwahrnehmung hat.*

## 1. EINLEITUNG

In den letzten Jahrzehnten wurden bereits mehrere Modelle entwickelt, um die menschliche Wahrnehmung der Zeit besser zu verstehen und sinnvoll nutzen zu können. Dabei wurde insbesondere das Konzept der internen Uhr häufig aufgegriffen und um weitere Aspekte ergänzt:

Mit der Hypothese eines internen Schrittmachers, der bislang keiner speziellen Hirnregion zugeordnet werden konnte, steht der Biopsychologie ein vielseitig nutzbares Modell zur Verfügung, welches die zeitlich beeinflussten Verhaltensweisen des Menschen auf Basis eines Mechanismus interpretierbar macht. Forschungsergebnissen von Treisman (1963) zufolge, sei das System eines Schrittmachers verantwortlich für die Entsendung von Impulsen (obwohl es zur genauen Funktionsweise abweichende Annahmen gibt), welche dem Men-

schen ihr Zeitgefühl verleihen. Überprüfende Forschungen und Experimente brachten die Erkenntnis, dass die Impulse den Probanden mit unterschiedlichen Frequenzen beeinflussen, wobei der Ursprung dieses Sachverhaltes Gegenstand aktueller Forschungen ist. Die daraus resultierende innere Taktung eines Individuums lässt das Zeitempfinden variieren, weshalb ein "festes" und synchrones Erleben der Zeit nicht mehr als selbstverständlich gelten kann. Bestärkt wird dieses Modell durch Forschungen PÖPPELS (1976), welcher unser Zeitempfinden ebenfalls als diskontinuierlich und segmentiert beschreibt. In PÖPPELS durchgeführtem Experiment untersuchte er per Eye-Tracking die schnellstmöglich aufeinander folgende Duktion (Drehbewegung) der Augen, wenn sie einer Bewegung folgen. Die Minimaldauer dieser Drehbewegungen konnte auf ca. 30 Millisekunden bestimmt werden. Diese Dauer deckt sich mit den untersuchten Pulsinter-

vallen und stützt die Theorie der segmentierten Zeitwahrnehmung<sup>5</sup>.

Ein Hauptaspekt bei der Untersuchung dieser schwankenden Frequenzen ist die physiologische Aktivität der Probanden, welche unter anderem durch Stimuli wie Drogen und Variation der Körpertemperatur (FRANCOIS, 1927) beeinflusst wird. Dabei waren die Ergebnisse replizierbar, denn die durch den jeweiligen Stimulus hervorgerufenen Taktungen des Probanden verhielten sich immer entsprechend zur Intensität des Stimulus. Auch mit visuellen sowie auditiven Eindrücken wurden Experimente durchgeführt (NOULHIANE, 2007, ANGRILLI, 1997), die darauf schließen lassen, dass die Emotionen des Menschen einen dominanten Aspekt bei der Wahrnehmung der Zeit einnehmen und, infolgedessen, im direkten Zusammenhang mit dem System des internen Schrittmachers stehen. Die durchgeführten Versuche zeigten, dass die Zeitwahrnehmung der Probanden zwischen negativen und positiven Eindrücken (unter Einfluss des Erregungszustandes) unterscheidet. Somit kann gefolgert werden, dass sich jenes System zur Zeitwahrnehmung an die jeweilige Situation adaptiert und einen flexiblen Mechanismus darstellt.

Diese Erkenntnis legt die Optimierung von speziellen Vorgängen nahe, in denen das subjektive Zeitempfinden von Belang ist. Ein Feld, welches im engen Zusammenhang mit einer solchen Optimierung steht, ist die Interaktion mit digitalen Medien.

Es geht jedoch nicht nur darum, Medien auf das menschliche Empfinden zu zuschneiden: Die Möglichkeit, Probanden in virtuellen Realitäten auf ihre Zeitwahrnehmung hin zu untersuchen, eröffnet der Forschung neue Möglichkeiten, die bislang nur wenig ausgeschöpft wurden. Dass Zeit ein beeinflussbarer Parameter innerhalb dieser Realitäten ist, stellt den Hauptaspekt unseres Experimentes dar und soll die Frage klären, wie sich die interne Taktung des Menschen verhält, sobald er einer nicht-linearen Zeit ausgesetzt wird.

Dieser Einsatz von manipulierter Zeit bietet das Potenzial, menschliches Zeitwahrnehmen auf Extremsituationen zu untersuchen und so

mit das Gesamtkonzept besser zu verstehen. Um die Einwirkung der verzerrten Zeit auf die kognitiven Fähigkeiten zu berücksichtigen, sind entsprechende Tests im Experiment Design vorgesehen.

## 2. METHODEN

Im folgenden wird Klarheit über die Versuchsbedingungen und die Vorgehensweise und die verwendeten Methoden geschaffen.

### 2.1. EXPERIMENTDESIGN

Grundsätzlich gilt die Frage zu klären, ob und in welchem Ausmaß die Zeitwahrnehmung des Menschen durch Aufhebung des linearen Zeitverlaufs beeinflusst wird. Diese Aufhebung soll in der virtuellen Realität geschehen und für den Probanden möglichst realistisch simuliert werden. Damit die Simulation als realistisch empfunden wird, müssen folglich so viele Sinneswahrnehmungen des Probanden wie möglich durch VR-generierte ersetzt werden.

Die Manipulation des Zeitverlaufs innerhalb unserer virtuellen Realität soll direkt durch den Probanden selbst gesteuert werden. Ein für uns geeignetes Szenario zu diesem Zweck ist unter anderem das Fahrradfahren, da eine eigene, zeitabhängige Körperbewegung durch die Umgebung stattfindet. Somit wird dafür gesorgt, dass die Bewegungsgeschwindigkeit, aber auch der Verlauf der Zeit, wahrnehmbar ist. Durch spezialisierte Hardware wird dem Probanden realitätsnahes Fahrradfahren in der VR ermöglicht, wobei die Eingabe, das Treten, entweder als Geschwindigkeit oder als Zeit interpretiert werden kann. Um diese Hardware nutzen zu können müssen die Probanden in der Lage sein ein Fahrrad zu fahren und keine schwerwiegenden Hör- oder Sehschwächen aufweisen. Verhältnismäßig schwache Kurzsichtigkeit spielt allerdings keine Rolle.

## 2.2. VERSUCHSAUFBAU

Es wäre wünschenswert, wenn sich der Proband analog zu seinen Bewegungen in der Realität auch in der VR fortbewegen kann. Aus technischen Gründen ist es immer noch schwierig eine natürliche Bewegung - wie etwa die Fortbewegung zu Fuß - präzise zu messen und in die virtuelle Realität zu übermitteln. Deshalb fällt die Wahl auf ein Fahrrad, das einerseits leicht messbare Eigenschaften besitzt und andererseits gut in die VR integriert werden kann.

Der Versuchsaufbau besteht aus einem Fahrrad, welches fest auf einem Rollentrainer installiert ist und sich nicht anderweitig bewegen kann. Die Rotationsgeschwindigkeit der Rollen am Rollentrainer wird gemessen und als Geschwindigkeit interpretiert, während die Bewegung des Lenkers abgenommen und als Lenkungswinkel in die virtuelle Welt übertragen wird. Die Rotationsgeschwindigkeit der Rollen auf dem Rollentrainer wird mittels Reed-Kontakten gemessen, wobei der Sensor sich am Gestell des Rollentrainers befindet und in der hintersten Rolle ein Magnet befestigt ist. Bei jeder Umdrehung der Rolle wird der Sensor durch den Magneten betätigt und ein Arduino Uno überträgt die gemessene Geschwindigkeit auf den Computer. Zur Bestimmung des Lenkungswinkels wird ein Potentiometer eingesetzt. Dieses wird mittels einer Konstruktion aus Holz, Schrauben, Kabelbindern und einem Seil am Lenker des Fahrrads befestigt. Das Potentiometer ist zwischen zwei Holzklötzen am vorderen Teil des Rollentrainers, neben der Befestigung des Fahrradrahmens, angebracht, sodass der Fahrradlenker frei beweglich bleibt. Um den Drehungswinkel des Lenkers zu erfassen, wird ein in etwa 5 mm dickes Seil zur Kraftübertragung sowohl mit dem Potentiometer als auch mit einer Schelle an der Lenkerstange befestigt. Das Potentiometer wird schließlich an den Arduino Uno angeschlossen, um die gemessenen Werte auf den Computer zu übertragen.

Während der Durchführung auf dem Fahr-

rad werden insgesamt zwei Arduino Unos eingesetzt, zum Einen zur Messung der Geschwindigkeit und Lenkerrotation und zum Anderen zur Messung des Pulses. Der Puls wird optisch mittels eines Clips am Ohr gemessen. Die Werte werden zur Übertragung an den zweiten Arduino Uno gesendet und von diesem an den Computer weitergeleitet.

Für die Umsetzung der virtuellen Realität wird die Software Unity und als Head-Mounted Display (HMD) eine Oculus Rift DK2 verwendet. Die Welt wird selber konzeptioniert und umgesetzt. Der Verlauf der Straße wird so entwickelt, dass der Proband in der virtuellen Welt dazu gezwungen ist, an bestimmten Abschnitten schneller oder langsamer zu fahren oder in einem bestimmten Winkel zu lenken. Dies soll sicherstellen, dass der Proband die Fahrgeschwindigkeit variiert und somit den Einfluss der Versuchsbedingungen der beiden Durchläufe stärker wahrnimmt. Teilweise werden von Unity mitgebrachte Objekte verwendet oder teilweise Objekte im Unity Asset Store gekauft. Einige Objekte werden ebenfalls mittels des 3D-Programms Blender selbst konstruiert. Für die Erfassung der Messdaten wird ein Logger entwickelt, welcher alle Daten kontinuierlich für jeden Frame aufzeichnet. Wir zeichnen vorsorglich mehr Messdaten auf, als wir benötigen werden, um nach möglicher Entdeckung eines signifikanten Einflusses durch die Versuchsbedingungen eine Korrelation zwischen dieser und den angegebenen Messwerten zu berechnen.

Zu diesen Messwerten gehören die folgenden Daten:

- Zeit in der VR
- Echtzeit
- Geschwindigkeit des Fahrrads in der VR
- reale Geschwindigkeit
- zurückgelegte Strecke in der VR
- real zurückgelegte Strecke
- Position des Fahrrads in der VR
- Rotation der Kamera
- Puls
- Anzahl Kollisionen

- Potentiometer Rohdaten
- Tretgeschwindigkeit Rohdaten

Bei dem Experiment-Computer handelt es sich um einen mit 16 GB RAM, i7 2600k @ 3,4 Ghz und mit einer verbauten Grafikkarte des Typs Nvidia GeForce GTX 560. Es werden zwei Monitore angeschlossen, einer für die Nutzung durch den Experimentleiter und einen zum Durchführen der vorgesehenen Tests mit den Probanden. Typischerweise werden eine Tastatur und Maus für die Experimentleitung angeschlossen. Der Proband führt die Tests mittels einer selbst konstruierten Buttonbox durch. Dies ist eine einfache Box mit USB-Anschluss, bei welcher die Druckknöpfe mit Tasten der standard Tastatur belegt werden können. Auditive Stimuli werden während der Durchführung durch Sennheiser Onear-Kopfhörer HD201 wiedergegeben.

### 2.3. VERSUCHSABLAUF

Der Proband wird gebeten in mehreren Durchläufen unter verschiedenen Versuchsbedingungen auf dem Fahrrad zu fahren. Dabei ist die Dauer der Durchläufe jeweils auf 3 Minuten begrenzt, diese Information wird dem Probanden jedoch vorenthalten. Es gibt zwei Versuchsbedingungen, die erste wird im folgenden als **nicht-manipulierte Durchlauf** bezeichnet, dieser beschreibt die Bedingung, in welcher das Treten des Probanden als Geschwindigkeit des Fahrrads in die VR übertragen wird. Analog dazu wird die Versuchsbedingung, in der das Treten als Zeitfortschritt in der VR interpretiert wird, als **manipulierter Durchlauf** bezeichnet. Die Manipulation der Zeit im manipulierten Durchlauf wird mittels eines selbst entwickelten Scripts in C# & .NET für Unity realisiert.

Das Skript der Zeitmanipulation ist folgendermaßen aufgebaut: Eine Oberklasse setzt, in Abhängigkeit von der ausgelesenen Geschwindigkeit des Fahrrads, die Zeitvariable der Unity Welt und aktualisiert die Einstellungen der Bildeffekte beider Oculus Rift Kameras. Konkret bedeutet dies, dass einmal pro Frame die

Geschwindigkeit des Fahrrads über das Script `SensorReceiver` aus dem seriellen Port ausgelesen wird. Des Weiteren wird die Zeitvariable bis zu einem gewählten Maximum (in unserem Fall von doppelter Geschwindigkeit) in Bezug auf Physik und Geräuschkulisse gesetzt und die Bildeffekte über eine Hilfsklasse aktualisiert. Diese Hilfsklasse wird eingesetzt um die Bildeffekte beider Kameras zu verarbeiten, diese werden unter Verwendung verschiedener Berechnungen in Abhängigkeit der Zeitvariable gesetzt. Zu diesen Bildeffekten gehört die Größe des Sichtfelds (engl.: field of view), der Bloom- und Sunshaft-Effekt und die Sättigung der Farbe über das Skript der generellen Farbkorrektur (engl.: color correction). Bei minimaler Geschwindigkeit sind die Geräusche stark verlangsamt, das Sichtfeld klein, die Bloom- und Sunshaft-Intensität gering und die Sättigung vollständig aus dem Bild entfernt. Bei maximaler Geschwindigkeit sind die Geräusche beschleunigt, das Sichtfeld groß, die Bloom- und Sunshaft-Intensitäten hoch, d.h. Lichter leuchten stärker und Lichtstrahlen sind teilweise sichtbar, und zuletzt wird die Sättigung auf den Standardwert gesetzt. Letztendlich tragen sowohl die Bildeffekte als auch die durch den Zeitfaktor veränderte Physik und Geräuschkulisse zu dem veränderten Zeitgefühl in der VR bei.

Vorab werden die Probanden in zwei Gruppen aufgeteilt (A und B), wobei **Gruppe A** zunächst den Durchlauf ohne Zeitmanipulation und **Gruppe B** zuerst den Durchlauf mit Zeitmanipulation durchführt. Mit dieser Maßnahme soll sichergestellt werden, dass die Reihenfolge der beiden Durchläufe keinen Einfluss auf die Ergebnisse des Experiments hat.

Letztendlich findet zu Beginn des Experiments noch eine zweiminütige Eingewöhnungsphase in einer separaten Testwelt statt, um eine Gewöhnung an das Experiment, das Fahrrad und die Steuerung zu ermöglichen.

## 2.4. METHODEN ZUR UNTERSUCHUNG DER KOGNITIVEN BELASTUNG UND DER ZEITWAHRNEHMUNG

Vor und nach jeder Versuchsbedingung werden weitere unterschiedliche Tests durchgeführt.

Einer dieser Tests hat den Zweck, die kognitive Belastung (engl.: cognitive load) der Probanden während der Versuche zu ermitteln. Zu erfahren, in wie weit das Arbeitsgedächtnis der Probanden während der jeweiligen Versuchsbedingung belastet wird und in wie weit sich die Belastung zwischen den beiden Versuchsbedingungen unterscheidet, stellt einen interessanten Aspekt unseres Experiments da. Zu diesem Zweck konzipierten wir mittels dem Programm Processing einen Test, bei diesem erhält der Proband vor jedem der beiden Durchläufe in der VR verschiedene Muster, welche als Reize fungieren. Nachdem der Durchlauf absolviert wurde, wird der Proband aufgefordert, die Muster bestmöglich wiederzugeben. Bei den visuellen Stimuli handelt es sich um eine 6-stellige Zeichenfolge (Formen: Quadrat, Kreis und Dreieck), die nach jedem Durchlauf vom Probanden mittels Stift und Papier aufgezeichnet wird. Als auditive Stimuli erhält der Proband eine Tonfolge und muss diese nach dem Durchlauf auf den Tisch klopfen. Das Klopfen auf dem Tisch wird, mittels eines am Tisch befestigten Mikrofons, aufgezeichnet.

Um die Zeitwahrnehmung zu untersuchen, wird mittels Processing ein weiterer Test mit dem folgenden Ablauf entwickelt: Der Proband sieht zur Überprüfung der visuellen Zeitwahrnehmung zunächst für eine bestimmte Zeit einen roten Kreis. Die Dauer wird vom Programm zufällig bestimmt, doch überschreitet nicht den Zeitraum von zehn Sekunden. Der Proband soll den Kreis beobachten und nachdem dieser verschwunden ist, drückt er so lange einen Knopf auf der Buttonbox, wie dieser glaubt den Kreis gesehen zu haben. Dieser Vorgang wird drei Mal wiederholt. Nach dem Testen der visuellen Wahrnehmung, folgt ein Test für die auditive Wahrnehmung. Der Aufbau ähnelt dem des visuellen Tests, jedoch

wird anstatt eines roten Kreises ein Ton mit zufälliger Länge eingespielt.

Die Reihenfolge der Tests ist bei jedem Probanden gleich strukturiert. Nach der kurzen Eingewöhnungsphase in der Testwelt wird der erste Zeitwahrnehmungstest und darauf folgend der Test zur Messung der kognitiven Belastung durchgeführt. Wurden diese abgeschlossen, folgt der erste Durchlauf in der für das Experiment konzipierten Welt und anschließend die Wiederholung der Tests.

Zusätzlich gab es einen retrospektiven Vergleich nach den beiden Durchläufen mittels Two alternative forced choice Test (2afc). Bei diesem Test muss der Proband entscheiden, welchen der beiden Durchläufe dieser als länger einschätzt. Die Dauer beider Durchläufe ist wie erwähnt jedoch fest auf 3 Minuten begrenzt. Dieser Test gibt uns nähere Informationen über die retrospektive Zeitwahrnehmung des Probanden, nachdem dieser durch beide Versuchsbedingungen beeinflusst wurde.

Zur Überprüfung der von uns aufgestellten Hypothesen werden folgende Daten erfasst:

- Die Ergebnisse des Zeitwahrnehmungstests vor und nach jedem Durchlauf (insgesamt drei), um die durchschnittlichen Abweichungen zu berechnen und zu überprüfen, ob es einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Versuchsbedingungen gibt.
- Die Ergebnisse des 2AFC Tests, welche im weiteren Verlauf möglicherweise einen Hinweis auf die Beeinflussung der retrospektiven Zeitwahrnehmung der Probanden geben.
- Die Ergebnisse des Tests zur kognitiven Belastung, diese werden im weiteren Verlauf durch ein von uns gewähltes Bewertungsschema quantisiert, um eine generelle Aussage über die kognitive Belastung während unseres Experiments und in besonderem innerhalb der Versuchsbedingungen treffen zu können.

## 2.5. STIMULI

Grundsätzlich lässt sich vorweg nehmen: Je weniger Sinnesindrücke der Proband von der Außenwelt wahrnimmt, desto stärker orientiert sich dessen Wahrnehmung an den Einflüssen in der virtuellen Welt. Der Mensch verfügt neben den fünf klassischen Sinnen (Sehen, Riechen, Hören, Schmecken, Tasten) zusätzlich über vier weitere Sinne. Entsprechend der modernen Physiologie gehört zu diesen der Temperatursinn, die Schmerzempfindung, der Gleichgewichtssinn und die Körperempfindung. Im Zusammenhang mit unserem Experiment sind dabei Schmecken, Temperatursinn und Schmerzempfindung ohne Bedeutung. Diese konnten entweder mit den uns zur Verfügung stehenden Mitteln nicht realisiert werden oder sind in der Realität und VR identisch. Als relevant gelten also Sinneswahrnehmungen, die in der Realität und VR unterschiedlich sind.

### Relevante Sinneswahrnehmungen:

#### Stimuliert

- Sehen
- Hören
- Tasten

#### Nicht aktiv simuliert

- Riechen
- Gleichgewichtssinn
- Kinästhesie

Arbeiten Sinneswahrnehmungen gegeneinander, kann dies zu unerwünschten Effekten führen, die ihrerseits durch unangenehme Reaktionen des Körpers ausgedrückt werden. Zu diesen akuten Symptomen gehören unter anderem Schwindel, Übelkeit oder Orientierungslosigkeit. In diesem Zusammenhang kann ebenfalls die so genannte Simulator Sickness auftreten. Unsere Simulation des Fahrradfahrens in der virtuellen Realität scheint sich insbesondere bezüglich des Gleichgewichtssinns von der Erfahrung des echten Fahrradfahrens zu unterscheiden. Die Ursache dafür liegt in den konkurrierenden Informationen des Auges und des Gleichgewichtssinnes auf der statisch montierten Fahrradkonstruktion. Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass ein gewis-

ser Anteil der Probanden Probleme mit diesem Umstand hatte, was sich jedoch nach der Eingewöhnungsphase verbesserte.

## 3. RESULTATE

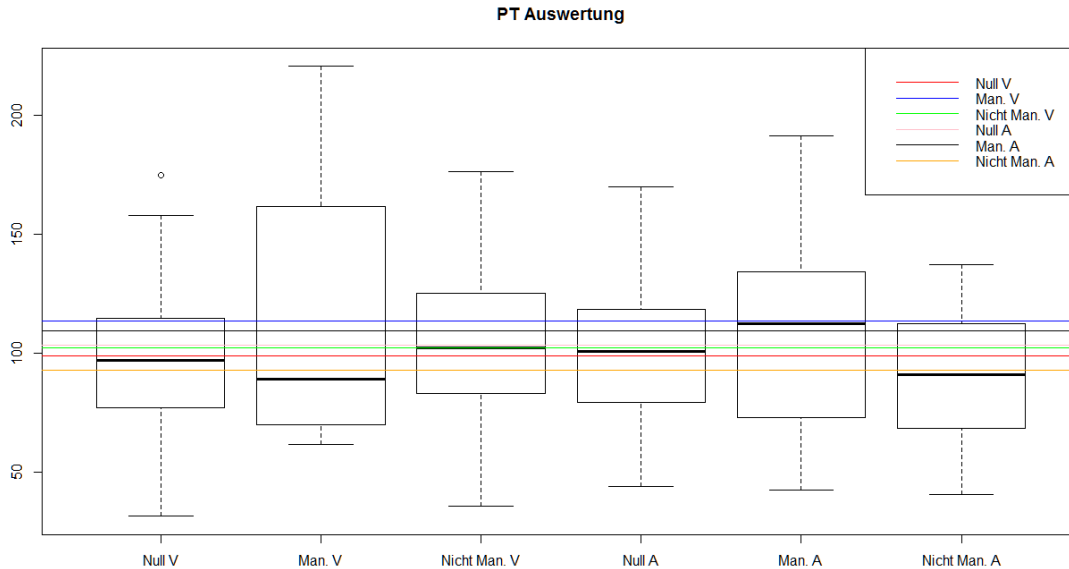
*Die beiden Zeitwahrnehmungstests sowie der Test zur Identifizierung kognitiver Belastung stellen in unserer Auswertung die abhängigen Variablen dar und werden als PT (Perception Test), CL (Cognitive Load Test) und 2AFC (Two-Alternative Forced Choice Test) bezeichnet. Im Folgenden werden verschiedene Varianzanalysen und T-Tests auf die PT und CL Ergebnisse und letztendlich ein  $\chi^2$ -Test auf den 2AFC angewandt, um signifikante Zusammenhänge bzw. Unterschiede zwischen den Faktoren Versuchsbedingung und Gruppenaufteilung zu ermitteln. Der Alphafehler wird auf 5% gesetzt, so dass zwar eine geringe Irrtumswahrscheinlichkeit besteht, diese jedoch gemäß des wissenschaftlichen Standards vernachlässigbar ist.*

### 3.1. PROBANDEN

Den überwiegenden Anteil der Probanden bildeten Studierende der Universität Bremen. Die Gesamtzahl belief sich auf 30 Probanden, wobei insgesamt nur 25 Datensätze aufgrund von technischen Fehlern oder Abbrüchen - auf Wunsch der Probanden - gewertet werden konnten. Ebenfalls aufgrund technischer Probleme konnten lediglich die Daten von 21 Probanden aus dem Zeitwahrnehmungstest verwendet werden.

### 3.2. PROSPEKTIVE ZEITWAHRNEHMUNG

Die Zeiteinschätzung der Probanden wird über die Ergebnisse des PT ermittelt und interpretiert. Abbildung 1 zeigt die durchschnittlichen Abweichungen der PT Ergebnisse aller Probanden getrennt nach den jeweiligen Durchläufen in Prozent. Die allgemeine Streuung umfasst den Intervall von ca. 50 bis ca. 200 Prozent des ursprünglichen Eingangsreizes. Eine Platzierung im Bereich 100 Prozent entspricht somit einer korrekten Einschätzung der Dauer.



**Abbildung 1:** Ergebnisse des Zeitwahrnehmungstests

Eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung zwischen den Probanden wurde ausgeführt, um den Einfluss der Versuchsbedingungen manipuliert, nicht manipuliert und der Gruppenaufteilung Gruppe A und B auf die visuelle und auditive Zeitwahrnehmung zu ermitteln. Aufgedeckt werden konnte ein signifikanter Einfluss der Gruppenaufteilung auf die PT Ergebnisse bei  $p < .05$  [ $F(1, 39) = 5.81, p = 0.02$ ]. Hingegen konnte ein signifikanter Einfluss der Versuchsbedingungen auf die PT Ergebnisse bei  $p < .05$  ausgeschlossen werden [ $F(1, 39) = 2.9, p = 0.097$ ].

Des Weiteren wurden die PT Ergebnisse in die Kategorien visuell und auditiv aufgeteilt und eine erneute Varianzanalyse mit diesen abhängigen Variablen durchgeführt um den Ursprung der gefundenen Signifikanz näher einzugrenzen. Der Aufbau entsprach dem der zweifaktoriellen Varianzanalyse zuvor, lediglich mit nur einem dieser abhängigen Variablen pro Analyse. Ein signifikanter Einfluss der Faktoren auf die Ergebnisse des visuellen PT bei  $p < .05$  konnte nicht nachgewiesen werden [ $F(1, 39) = 5.813, p = 0.021$ ]. Somit war der signifikante

Einfluss der Faktoren bei  $p < .05$  innerhalb der Ergebnisse des auditiven PT zu finden [ $F(1, 39) = 6.341, p = 0.016$ ].

Anschließend führten wir zwei gepaarte T-Tests durch, bei denen jeweils die Ergebnisse des auditiven PT mit den Faktoren der Versuchsbedingungen und der Gruppenaufteilung verglichen wurden. Kein signifikanter Einfluss durch die Versuchsbedingungen konnte innerhalb der Gruppe A aufgedeckt werden [ $t(8) = 0.547, p < .05$ ].

Somit deckten wir auf, dass der Faktor Gruppeneinteilung, in diesem Fall die Bedingungen die in Gruppe B vorlagen, einen signifikanten Einfluss auf die auditiven Ergebnisse des Zeitwahrnehmungstests hatte [ $t(10) = -2.449, p < .05$ ].

Des Weiteren wurden die Mittelwerte - ebenfalls zu sehen in Abbildung 1 - für jede Versuchsbedingung des Zeitwahrnehmungstest der Gruppe B des auditiven Durchlaufs berechnet, um innerhalb dieser signifikanten Bedingung eine durchschnittliche Tendenz bzw. Veränderung der Ergebnisse nachvollziehen zu können. Die durchschnittliche Abweichung

des auditiven PT der Gruppe B der Versuchsbedingung manipuliert ergab 133.65 Prozent ( $M=133.65$ ,  $SD=38.375$ ), somit wurde die Dauer tendenziell länger eingeschätzt. Innerhalb der Versuchsbedingung nicht manipuliert konnte eine durchschnittliche Abweichung von 93.941 Prozent ( $M=93.941$ ,  $SD=25.634$ ) ermittelt werden, d.h. die Probanden schätzten die Dauer unter der Versuchsbedingung nicht manipuliert im durchschnitt kürzer ein.

### 3.3. RETROSPEKTIVE ZEITWAHRNEHMUNG

Nach den zwei Versuchsbedingungen wurden die Probanden aufgefordert, zu bestimmen, welchen Durchlauf sie als länger einschätzen würden. Beide Durchläufe besaßen die gleiche Dauer, die Probanden hatten jedoch keine Kenntnis über diesen Umstand. Bei diesem 2AFC-Test (two-alternative forced choice test) mussten sich die Probanden für einen der Durchläufe entscheiden und konnten keine

Antwort dazwischen geben. Auf diese Weise ist der Proband dazu gezwungen, sich für eine Möglichkeit zu entscheiden, auch wenn dies im Zweifelsfall lediglich eine Tendenz darstellt. Diese Informationen können einen tendenziellen Aufschluss darüber geben, welche Versuchsbedingung das Zeitgefühl möglicherweise beeinträchtigt hat.

Um eine möglicherweise signifikante Verteilung der Ergebnisse hinsichtlich der retrospektiven Zeitwahrnehmung aufzudecken, führten wir einen  $\chi^2$ -Test durch. Die Anzahl der Probanden die jeweils einen der Versuchsbedingungen als länger einschätzten ist nicht signifikant abhängig von den Faktoren der Versuchsbedingungen oder der Gruppeneinteilung  $\chi^2(1, N=25) \geq 0.543$ ,  $p < .05$ . Der kritische Wert bei einem Signifikanzlevel von  $p < .05$  liegt bei 0.371, somit ist der kleinste berechnete Wert innerhalb des  $\chi^2$ -Test 0.543 größer als der noch signifikante kritische Wert.

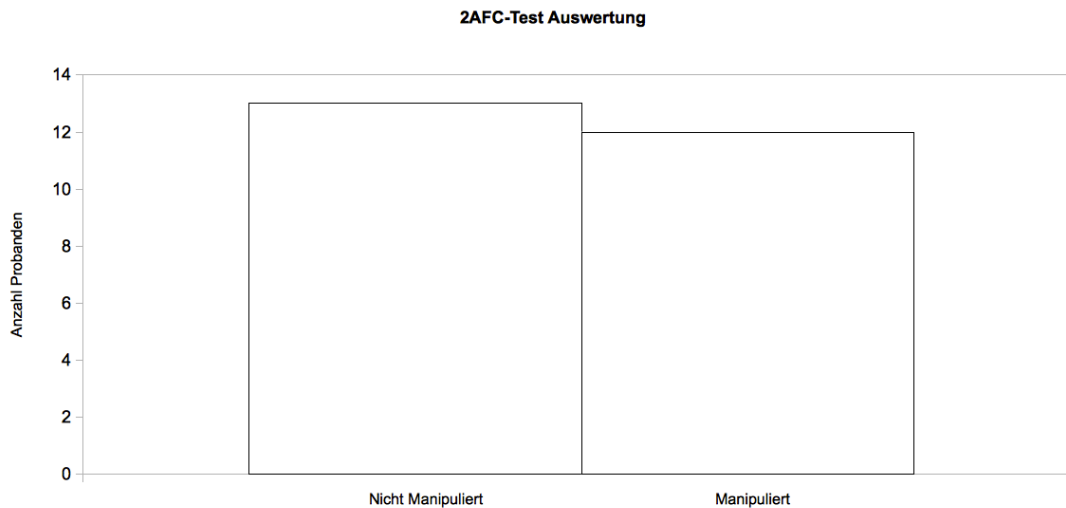


Abbildung 2: Ergebnisse des Two-Alternative Forced Choice Tests



### 3.4. KOGNITIVE BELASTUNG

Um die CL Ergebnisse quantisieren zu können entwickelten wir eine Formel die die Ergebnisse in Prozent im Intervall 0 bis 100 darstellt. Jedes richtige Symbol an der richtigen Stelle bedeutet zwei Punkte, jedes richtige Symbol an der falschen Stelle einen Punkt und jedes falsche Symbol keinen Punkt. Zusätzlich wird die Anzahl der vom Proband angegebenen Symbole berücksichtigt, indem das Ergebnis für jedes zusätzliche oder fehlende Symbol um 20 Prozent verringert wird.

Abbildung 3 stellt die Ergebnisse aufgeteilt nach Modalität und Versuchsbedingung dar. Manipuliert bezeichnet hier den Durchlauf, in dem die Zeit beeinflusst wurde. Das 'V' hinter der Versuchsbedingung kennzeichnet den

visuellen, das 'A' analog dazu den auditiven Durchlauf. Zusätzlich sind durch verschiedene Farben die Durchschnittswerte der Boxen gekennzeichnet.

Im Fall des kognitiven Belastungstests soll ebenso wie beim Zeitwahrnehmungstest eine Varianzanalyse Aufschluss über die Signifikanz der Ergebnisse geben. Es konnte kein signifikanter Einfluss der Versuchsbedingungen auf die Ergebnisse des CL-Tests nachgewiesen werden [F(1, 39)=0.012,p=0.915]. Ebenfalls konnte kein signifikanter Einfluss der Gruppeneinteilung auf die Ergebnisse des CL-Tests nachgewiesen werden [F(1, 39)=1.837,p=0.183]. Weder die Faktoren der Gruppenaufteilung noch die der Versuchsbedingungen haben einen signifikanten Einfluss auf die CL Ergebnisse bei einem Signifikanzlevel von 5%.

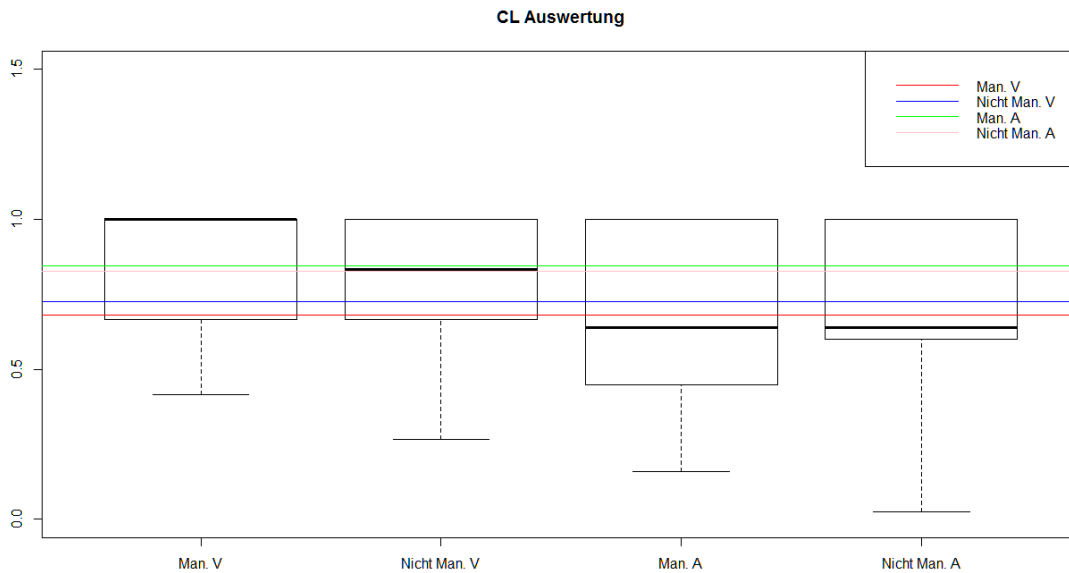


Abbildung 3: Ergebnisse des Cognitive Load Tests

## 4. DISKUSSION

*In der vorliegenden Studie wird sich mit der zentralen Fragestellung auseinandergesetzt, ob durch die Manipulation der Zeit in der VR Veränderungen in der Zeitwahrnehmung und -einschätzung des Menschen auftreten. Zu diesem Zweck wurden verschiedene Messwerte erhoben, um Rückschlüsse bezüglich dieser Fragestellung ziehen zu können.*

### 4.1. PROSPEKTIVE ZEITWAHRNEHMUNG

Mithilfe der Ergebnisse des Zeitwahrnehmungstests konnte ein signifikanter Einfluss auf die auditiven Ergebnisse zwischen den Versuchsbedingungen innerhalb der Gruppeneinteilung, in diesem Fall die der Gruppe B, nachgewiesen werden.

Bei genauerer Betrachtung der errechneten Mittelwerte konnte der Rückschluss gezogen werden, dass die Ergebnisse innerhalb der Versuchsbedingung nicht manipuliert ( $M=133.646$ ,  $SD=38.375$ ) durchschnittlich besser als die der Versuchsbedingung manipuliert ( $M=93.941$ ,  $SD=25.634$ ) ausfallen, d.h. die durchschnittliche Abweichung vom Optimum ist geringer. Bemerkenswert bei diesen Mittelwerten ist vor allem die große Differenz von 39.705 Prozent zwischen den Versuchsbedingungen manipuliert und nicht manipuliert, auch wenn das Ergebnis auf beide Faktoren der Gruppeneinteilung bezogen nicht signifikant ist.

Aufgrund der Tatsache, dass die Probanden mehrere Versuche absolvierten und des Weiteren kein signifikanter Einfluss entdeckt werden konnte, scheint uns als Erklärung für diese Mittelwerte der allgemeine Einfluss der Konditionierung möglich. Somit haben die Probanden auf natürliche Weise während des Experiments gelernt und ihre Strategie zur Bewältigung der Zeitwahrnehmungsaufgabe angepasst. Eine andere mögliche Erklärung bietet die Wahl der Methodik, mit welcher die Probanden versuchen die Zeit korrekt einzuschätzen. Mehrere Probanden behaupteten den

Zeitwahrnehmungstest durch anwenden des sog. „Mitzählens“ besser abschließen zu können bzw. im Extremfall sogar zu boykottieren. Ebenfalls als mögliche Erklärung für dieses Ergebnis erscheint uns eine Eigenschaft des von uns gewählten Versuchsablaufs. Es ist möglich, dass die gewählte Dauer der Durchläufe unter Versuchsbedingungen - 3 Minuten - nicht ausreicht, um die menschliche Zeitwahrnehmung in einer messbaren Weise zu beeinflussen.

Aufgrund der Tatsache, dass nur ein Faktor der Gruppeneinteilung einen signifikanten Einfluss auf die Ergebnisse des PT hat und dies auch lediglich innerhalb der Bedingung auditiv besteht, kann unsere Fragestellung mit diesen Resultaten nicht eindeutig beantwortet werden.

### 4.2. RETROSPEKTIVE ZEITWAHRNEHMUNG

Die Auswertung der 2AFC Ergebnisse mit einem  $\chi^2$ -Test liefert das Ergebnis, dass die Faktoren Versuchsbedingung und Gruppeneinteilung keinen signifikanten Einfluss auf die retrospektive Zeitwahrnehmung haben.

Erklären lässt sich dieses Ergebnis möglicherweise durch die unterschiedlichen Einflüsse, denen die Probanden ausgesetzt sind. Diese sind stark subjektiv abhängig und beinhalten beispielsweise emotionale und physische Aspekte. Ebenfalls ein Fehlerpotential bietet die Wahl des 2AFC Test, dieser lässt selbst bei einer korrekt eingeschätzten Versuchsdauer kein vollständig korrektes Ergebnis zu, da beide Durchläufe prinzipiell die gleiche Dauer aufwiesen. Zudem werden Probanden die sich keiner Tendenz bewusst sind, dazu gedrängt eine Antwort abzugeben, sodass zufällige Verteilungen entstehen können. Des Weiteren ist anzumerken, dass der  $\chi^2$ -Test für ein möglichst signifikantes Ergebnis eine relativ große Anzahl an Probanden benötigt, sodass die Anzahl der von uns getesteten Probanden möglicherweise nicht für ein eindeutiges Er-

gebnis ausreicht.

Letztendlich lässt sich feststellen, dass mit den von uns erhobenen Daten keine signifikanten Einflüsse auf die retrospektive Zeitwahrnehmung durch die Versuchsbedingungen manipuliert und nicht manipuliert bewiesen werden können.

### 4.3. KOGNITIVE BELASTUNG

Aus der Auswertung des CL Tests lässt sich der Rückschluss ziehen, dass weder die Faktoren der Versuchsbedingungen oder der Gruppeneinteilung einen signifikanten Einfluss auf die kognitive Belastung der Probanden, während unseres Experiments, haben.

Erklären lässt sich dieses Ergebnis mithilfe verschiedener Ansätze. Neben der Möglichkeit, dass das gewählte Bewertungsschema der CL Tests für unseren Zweck ungeeignet sein könnte. Besteht ebenfalls die Möglichkeit, dass die Beeinflussung der Zeitwahrnehmung durch virtuelle Realitäten nur schwach bzw. nicht möglich sein könnte. Zudem ist es fraglich ob der von uns gewählte Versuchsaufbau dem Zweck der Beeinflussung der Zeitwahrnehmung in vollem Maße genüge, sodass weitere grundlegende Forschung bezüglich der Zeitwahrnehmung innerhalb der virtuellen Realität für eine adäquate Einschätzung vonnöten ist.

Aufgrund der Tatsache, dass lediglich eine geringe Anzahl Ergebnisse mit einer signifikanten Verteilung und einem signifikanten Zusammenhang erhoben wurden, würde es sich für weitere Experimente anbieten, die erwähnten potenziellen Störfaktoren näher zu erforschen, um diese im weiteren Verlauf zu eliminieren

und reproduzierbare Ergebnisse bezüglich der menschlichen Zeitwahrnehmung mit weniger Interpretationsspielraum zu erheben. Ausgehend von den ausgewerteten Daten lässt sich sagen, dass die interne Taktung des Menschen und somit die innere Uhr zumindest nicht in dem Maße dauerhaft von unseren Versuchsbedingungen beeinflusst werden konnte, sodass eine signifikante Veränderung im Verhalten des Menschen sich feststellen ließe.

## 5. REFERENZEN

ANGRILLI, A., CHERUBINI, P., PAVESE, A., & MANFREDINI, S. (1997). The influence of affective factors on time perception. *Perception & Psychophysics*, 59(6), 972-982.

FRANÇOIS, M. (1927). VI. Contribution à l'étude du sens du Temps. La température interne comme facteur de variation de l'appréciation subjective des durées. *L'année Psychologique*, 28(1), 186-204.

NOULHIANE, M., MELLA, N., SAMSON, S., RAGOT, R., & POUTHAS, V. (2007). How emotional auditory stimuli modulate time perception. *Emotion*, 7(4), 697-704.

FROST, D., & PÖPPEL, E. (1976). Different programming modes of human saccadic eye movements as a function of stimulus eccentricity: Indications of a functional subdivision of the visual field. *Biol. Cybernetics*, 23(1), 39-48.

TREISMAN, M. (1963). Temporal discrimination and the indifference interval: Implications for a model of the internal clock". *Psychological Monographs: General And Applied*, 77(13), 1-31.