

# **Der Einsatz von Virtual Reality im Sport**

Einblick in Körperempfinden, Motivation, Sinnhaftigkeit und Akzeptanz

## **BACHELOR THESIS**

HS20/21

### **Autorin**

Deuber Michelle

### **Begleitperson**

Dr. Christ Oliver

### **Praxispartner**

Sensopro AG

Urfer Jan

## Abstract

Die vorliegende Bachelorthesis befasst sich mit Fragestellungen über das Körperempfinden bei der Verwendung von Virtual Reality während des Sports, mit der Motivation und Akzeptanz Virtual Reality auch ausserhalb der VR-Studie während des Sports anzuwenden und inwiefern es möglich und sinnvoll ist, die im Rahmen einer Physiotherapie empfohlenen Übungen in einer Virtual Reality Umgebung durchzuführen. Zur Beantwortung der Fragestellungen wurden die Erfahrung mit Virtual Reality, die Anfälligkeit auf Motion Sickness, die Veränderung der Simulator Sickness Symptome, die Motivation und das Empfundene Immersionsgefühl während des Trainings mittels Onlinefragebogen erhoben. Anhand einer Kurzbefragung konnten die Erfahrung mit dem Training, inhaltliche Verbesserungsvorschläge der virtuellen Welt und Antworten über die Akzeptanz und Motivation gewonnen werden. Als Ergebnis geht hervor, dass die Verwendung von Virtual Reality im Sport ein grosses Potenzial aufweist. Es gilt jedoch vorgängig die Aspekte der Durchführbarkeit und Verhältnismässigkeit zu prüfen sowie Inhalte und Abläufe zielgruppengerecht zu gestalten, bevor ein Virtual Reality basiertes Sportangebot konzipiert wird.

Schlüsselwörter: Virtual Reality, Motion Sickness, Simulator Sickness, MSSQ, SSQ, Sensopro Luna, Virtual Reality und Sport, Sensory Conflict Theory

Anzahl Zeichen Abstract (inkl. Leerzeichen): 1'197

Anzahl Wörter Abstract: 154

Dieser Bericht umfasst 124'916 Zeichen (inkl. Leerzeichen, ohne Anhang)

## Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung .....	1
1.1	Ausgangslage .....	2
1.2	Zielsetzung und Abgrenzung .....	2
1.3	Aufbau der Arbeit .....	3
2.	Im Zentrum der Arbeit stehende Theorien und Konzepte .....	4
2.1	Virtual Reality .....	4
2.2	Sensopro Luna .....	5
2.2.1	Technische Informationen .....	6
2.3	Nebenwirkungen in der Nutzung von Virtual Reality .....	8
2.3.1	Motion Sickness .....	8
2.3.2	Simulator Sickness .....	11
2.3.3	Sensory Conflict Theory .....	12
2.4	Einsatz von Virtual Reality im Sport .....	16
3.	Methodik .....	18
3.1	Untersuchungsdesign .....	18
3.2	Datenerhebung und Datenauswertung .....	20
3.3	Erhebungsinstrumente .....	20
4.	Ergebnisse .....	24
4.1	Ergebnisse Vorselektion .....	24
4.2	Ergebnisse Experiment .....	24
5.	Diskussion .....	42
5.1	Beantwortung und Diskussion der Fragestellungen .....	42
5.2	Methodenreflexion .....	46
6.	Fazit und Ausblick .....	47
6.1	Zukünftige Forschungen .....	47
7.	Literaturverzeichnis .....	49
8.	Abbildungsverzeichnis .....	53
9.	Tabellenverzeichnis .....	54
10.	Abkürzungsverzeichnis .....	55
11.	Anhang .....	56

## 1. Einleitung

Die Technologieentwicklung hat während des letzten Jahrzehnts rasante Fortschritte verzeichnet. Auch der Aufschwung, die immer grössere Beliebtheit und Verwendung von Smartphones in der breiten Bevölkerung, dessen Funktionen schon fast mit den Leistungen eines Computers verglichen werden können, haben den Zugang zu virtuellen Welten für jedermann erschwinglich gemacht und erleichtert (Mahrer, 2014). Darunter fällt auch Virtual Reality (VR), so wird die virtuelle Realität bezeichnet, welche in allen möglichen Bereichen wie Medizin, Bildung, Unterhaltung, Freizeit, Training und Militär bereits breite Anwendung findet (Martin-Gutiérrez, Efrén Mora, Añorbe-Díaz & González-Marrero, 2017) und schon lange nicht mehr nur bei technikbegeisterten Gamern omnipräsent ist. Eine Einführung in die VR Technologie findet sich in Kapitel 2.1. VR gewinnt zunehmend für viele Branchen und Unternehmen, welche das Erlebnis der virtuellen Welt sachdienlich nutzen wollen, an Bedeutung. Im Sportbereich gehen die ersten Forschungen über die Verwendung von VR im Sport zwar bis in die 1990er Jahre zurück, das Interesse an Forschungen dieser Art ist jedoch erst in den letzten Jahren stark angestiegen (Neumann et al., 2018). Auch das Schweizer Unternehmen Sensopro AG möchte VR nutzen, um mit VR das Training abwechslungsreicher zu gestalten. Die Inhalte der virtuellen Welt sind mit den vorgegebenen Bewegungsausführungen des Trainings kongruent. Die Person wird durch die VR-Technologie absorbiert und kann dadurch eine andere Art des Trainings erfahren. Eine detaillierte Beschreibung des für diese Bachelorthesis von der Sensopro AG zur Verfügung gestellten Gerätes Sensopro Luna ist in Kapitel 2.2 ersichtlich.

Je nach Transportmittel und Bewegungsart können Nebenwirkungen, z.B. in Form von Übelkeit oder Erbrechen, auftreten, was als Motion Sickness (MoS) bezeichnet wird (Golding, 2016). Entstehen Symptome wie Übelkeit oder Kopfschmerzen aufgrund der Verwendung von VR oder in einem Simulator, wird von Simulator Sickness (SiS) gesprochen (Bles, Bos, de Graaf, Groen & Wertheim, 1998). Bei der Anwendung von VR oder simulationsorientierten Geräten jeglicher Art ist besondere Vorsicht geboten, da unterschiedliche Reaktionen auf die Nebenwirkungen zu erwarten sind (Lackner, 2014). Um MoS und SiS zu messen, werden die beiden am besten etablierten Testverfahren in Form eines Fragebogens vorgestellt: Für die MoS ist dies gemäss Golding (2006) der Motion Sickness-Susceptibility-Questionnaire (MSSQ) und für die SiS haben Kennedy et al. (1993) den Simulator Sickness-Questionnaire (SSQ) entwickelt.

Die Sensory Conflict Theory (SCT) nach Reason und Brand (1975) erlaubt einen Erklärungsansatz über die Entstehung von MoS zu liefern. Eine ausführlichere Beschreibung der SCT und den Nebenwirkungen in der Nutzung von VR sowie möglicher Gegenmassnahmen für MoS finden sich in Kapitel 2.3. Wie bereits erwähnt, gewinnt VR im Sport immer grössere Bedeutung, weshalb das Kapitel 2.4 Auskunft über den Einsatz von VR im Sport gibt.

## 1.1 Ausgangslage

Das Schweizer Unternehmen Sensopro AG lanciert mit dem Projekt «mutig» eine Machbarkeitsstudie zum Bewegungstracking bei Sportübungen im virtuellen Raum. Dazu bedarf es einer Klärung über die generelle Anfälligkeit von Menschen auf MoS und das allfällige Auftreten von SiS während oder nach dem VR-basierten Training. Diese Bachelorthesis untersucht somit die Anfälligkeit auf MoS und das Auftreten von SiS, während die Studienteilnehmenden ein VR-Training auf dem Sensopro Luna durchführen. Anhand der Ergebnisse kann das Unternehmen Sensopro AG einschätzen, ob der Einsatz von VR während des Sports möglich und vertretbar ist und ob VR als fester Bestandteil des Trainings integriert werden kann.

## 1.2 Zielsetzung und Abgrenzung

Das Projektteam dieser Studie setzt sich aus einem für die Konstruktion der virtuellen Welt verantwortlichen Psychologen / Softwareentwickler sowie aus Experten des Praxispartners Sensopro AG, welche dem Projektteam für die Dauer der Studie das Gerät Sensopro Luna zur Verfügung stellen, damit die Erhebung an dem Gerät durchgeführt werden kann, zusammen. Das Projektteam arbeitete zwar insbesondere bei der Gestaltung der virtuellen Welt eng zusammen, verfolgt aber in den späteren Phasen des Projekts eigenständige Ziele und Themenbereiche. Die Experten von Sensopro AG waren an der Entwicklung der virtuellen Welt beteiligt, indem sie das VR-basierte Training direkt an ihrem Gerät ausprobierten und dadurch einschätzen konnten, ob die virtuelle Welt für die geplante Durchführung des Trainings auf dem Sensopro Luna geeignet ist. Zudem lieferten sie Inputs zu Anpassungen und Verbesserungsvorschläge für die Konstruktion der virtuellen Welt. Für den Psychologen / Softwareentwickler stand die Konstruktion einer virtuellen Welt, passend zu den Trainingsinhalten des Sensopro Luna im Vordergrund, während das Ziel der Experten von Sensopro AG darin liegt abzuklären, ob die Nutzung von VR während der Physiotherapie, insbesondere mit dem Sensopro Luna, zukunftsfähig ist und die Methode breite Anwendung finden kann. Die vorliegende Bachelorthesis prüft, ob VR für den Einsatz im Sport, konkret für den Einsatz auf dem Sensopro Luna, geeignet und sinnvoll ist und klärt die Motivation der Teilnehmenden (TN) ab, VR während des Sports zu benutzen. Weiter soll geklärt werden, ob im Zusammenhang mit der Nutzung von VR Symptome von SiS auftreten und wie stark diese in Erscheinung treten. Dadurch soll die Eignung der Verwendung von VR während des Trainings auf dem Sensopro Luna geklärt werden. Demnach geht diese Bachelorthesis folgenden Fragestellungen nach:

Wie ist das Körperempfinden der Teilnehmenden bei der Verwendung von Virtual Reality während des Sports?

Wie hoch sind die Akzeptanz und die Motivation der Teilnehmenden Virtual Reality während des Sports anzuwenden?

Inwiefern ist es möglich und sinnvoll, die im Rahmen einer Physiotherapie empfohlenen Übungen in einer Virtual Reality Umgebung auszuführen?

### 1.3 Aufbau der Arbeit

Diese Bachelorthesis befasst sich in einem ersten Schritt mit den im Zentrum der Arbeit stehenden Theorien und Konzepten. Darin wird VR eingeführt und anhand eines Modells vorgestellt. Damit die Lesenden dieser Arbeit ein Verständnis über das Gerät Sensopro Luna erhalten, werden die Funktion und der Aufbau des Gerätes beschrieben. Ein wichtiger Aspekt in der Nutzung von VR sind die Nebenwirkungen, welche während der Nutzung auftreten können. Dazu werden die SCT, die MoS und die SiS genauer beschrieben. Abschliessend werden Gegenmassnahmen aufgezeigt, mit welchen die MoS und SiS Symptome gelindert oder verhindert werden können. In Kapitel 2.4 findet sich ein Einblick über den Einsatz von VR im Sport. Dieses Kapitel soll aufzeigen, wie VR im Sport bereits angewandt wird und welche Punkte in der Gestaltung und Anwendung besonders zu beachten sind. Darauf folgend soll in Kapitel 3 das für die Beantwortung der Fragestellungen methodische Vorgehen mit dem Untersuchungsdesign und den Erhebungsinstrumenten aufgezeigt werden. Im Ergebnisteil dieser Bachelorthesis werden die Ergebnisse der Vorselektion und des Experiments dargelegt. In der Diskussion, welche in Kapitel 5 behandelt wird, geht es um die Beantwortung der Fragestellungen und die Methodenreflexion. Das Fazit und der Ausblick in Kapitel 6 bilden den Schluss dieser Bachelorthesis.

## 2. Im Zentrum der Arbeit stehende Theorien und Konzepte

Der erste Teil des Kapitels beinhaltet eine Einführung in die Definition von VR. Weiter wird VR als Technologie anhand eines Modells vorgestellt. Anschliessend wird das Gerät Sensopro Luna in der Funktion, Aufbau und technischen Daten beschrieben. In Kapitel 2.3 geht diese Bachelorthesis auf die Nebenwirkungen ein, die während der Nutzung von VR auftreten können. Die möglichen Nebenwirkungen wie MoS und SiS sollen anhand der SCT beschrieben werden, um ein besseres Verständnis für deren Ursache und möglichen Auswirkungen zu generieren. Es werden der MSSQ und der SSQ sowie Gegenmassnahmen für MoS und SiS vorgestellt.

### 2.1 Virtual Reality

VR ist definiert als digitales, computerbasiertes Format, in welchem eine vollständig simulierte Realität dargestellt wird. Um ein realistisches Erlebnis dieser Welten zu gewährleisten, ist eine sehr leistungsstarke Hard- und Software nötig. Das können VR-Helme, spezielle Brillen oder 3D-Software sein, die bei der Visualisierung und Erstellung dieser virtuellen Welten verwendet werden (Hsieh & Lin, 2011).

Dörner, Broll, Grimm und Jung (2013) definieren VR als Simulation, die so umfassend gestaltet ist, dass das Erleben für den Menschen nicht mehr von der echten Realität zu unterscheiden ist.

Die virtuelle Realität gilt dann als perfekt gestaltet, wenn sämtliche Sinneseindrücke, welche die Nutzenden während der Anwendung erleben, durch den Computer erzeugt wurden (Slater, Usoh & Steed, 1994). Das Empfinden der virtuellen Realität ist in ihrer Intensität so kongruent zu der realen Welt, dass keine Unterscheidung mehr möglich ist. Damit die virtuelle Realität auch so wahrgenommen wird, haben Burdea und Coiffet (2003) ein eigenes I<sup>3</sup>-Modell entwickelt, welches die wichtigsten Eigenschaften von VR beschreibt: Immersion, Interaktion und Imagination. Immersion beschreibt die Fähigkeit, eine andere Welt als die, in der man lebt, als real wahrzunehmen (Sherman & Craig, 2003). Die Interaktion beschreibt die Möglichkeit zur Interaktion in oder mit der virtuellen Welt. Die Imagination umfasst die Vorstellungskraft einer Person, sich in die virtuelle Welt hineinversetzen zu können (Burdea & Coiffet, 2003). Das Modell ist in der folgenden Abbildung 1 ersichtlich.

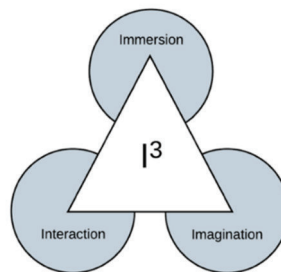


Abbildung 1. Eigene Darstellung: I<sup>3</sup>-Modell nach Burdea und Coiffet (2003)

Der Effekt der Immersion konnte durch Spanlang, Fröhlich, Descalzo, Antley und Slater (2007) belegt werden. Dabei sind Testpersonen aus einem in der virtuellen Welt brennenden Raum geflohen, in der Annahme, der Raum stünde tatsächlich in Flammen. Slater et al. (2006) konnten den Effekt der Immersion

ebenfalls nachweisen. Dieses Forschungsteam hat das Milgram Experiment unter der Verwendung von VR repliziert. Obwohl die Testpersonen wussten, dass sie virtuellen Personen (Avataren) gegenüberstehen, zeigten sie übereinstimmende Reaktionen zum Originalexperiment, wenn es um die Bestrafung der Avatare im Falle einer falschen Antwort ging (Slater et al., 2006).

Wie hoch der Immersionsgrad ausfällt, hängt von der Technologie ab. Displays, welche am Kopf getragen werden, bezeichnet man als Head-Mounted-Displays. Diese werden oft zusammen mit Kopfhörern benutzt. Das Head-Mounted-Display weist aufgrund der eingeschränkten Sicht und der wahrgenommenen Abgeschiedenheit von der realen Welt einen hohen Immersionsgrad auf (Suh & Prophet, 2018). In Cave Automatic Virtual Environments CAVE befinden sich die Nutzenden in einem Raum, in welchem die Wände und allenfalls auch der Boden aus Projektionswänden und Flachbildschirmen bestehen. Die CAVE Umgebung weist aufgrund der virtuellen 360°Grad Umgebung und der Interaktionsmöglichkeit mit dem System einen mittleren Immersionsgrad auf (Suh & Prophet, 2018). Die normale Desktop-Anwendung an einem PC wird als non-immersive Technologie bezeichnet, da der Absorptionsgrad tief ist, wenig Präsenz erlebt wird und die reale Umgebung jederzeit wahrgenommen werden kann (Milgram & Kishino, 1994).

In der vorliegenden Bachelorthesis wurde für das Experiment ein Head-Mounted-Display verwendet: die Oculus Quest, mit welcher ein hoher Immersionsgrad bei den TN erreicht werden konnte. Während der Nutzung der Oculus Quest haben die TN ein Training auf dem Sensopro Luna absolviert. Dieses Gerät wird in Kapitel 2.2 näher beschrieben.

## 2.2 Sensopro Luna

Die Entwicklung dieses Koordinationsgerätes geht ins Jahr 2008 zurück, in welchem der Gründer im Rahmen seines Sportstudiums an der Universität Bern mit seinem Onkel das erste Gerät dieser Art konstruierte (Sensopro, 2021). Als 2013 das Gerät Sensopro Luna zum ersten Mal der Öffentlichkeit vorgestellt wurde, erhielten die Entwickler auf der FIBO in Köln eine Nomination zum Innovation Award, obwohl bisher noch kein einziges Gerät verkauft worden war. 2016 erfolgte dann der Auftritt in der Fernsehsendung die Höhle der Löwen, wodurch das Gerät das erste Mal der breiten Öffentlichkeit präsentiert wurde und dadurch an Bekanntheit gewinnen konnten (Sensopro, 2021). Im Jahr 2018 wurden die Gründer nicht nur zu den Unternehmern des Jahres gekürt, sie hatten ebenfalls einen Auftritt in der Fernsehsendung Aeschbacher im Schweizer Fernsehen. Selbst die A-Prominenz wurde auf das Gerät aufmerksam: Der NBA-Star Kevin Durant kaufte sich 2019 für seine Reha ein Sensopro Luna und Daniel Craig stattete sich am Filmset zum neuen James Bond Film ebenfalls mit einem Sensopro Luna aus (Sensopro, 2021).

Aufbauend auf den fünf motorischen Fähigkeiten Koordination, Kraft, Ausdauer, Schnelligkeit und Beweglichkeit wird die Koordination ins Zentrum gerückt. Eine gut trainierte Koordinationsfähigkeit dient der Verletzungs- und Sturzprävention, welche für Spitzensportler ebenso relevant ist wie für Senioren und daher ein Leben lang trainiert werden sollte (Sensopro, 2021). In der Rehabilitation spielt die Koordination vor allem bei orthopädischen Verletzungen und neurologischen Krankheiten eine wichtige Rolle.

Durch den Sensopro Luna lässt sich die Koordination einfach und autonom umsetzen, wodurch ein motiviertes, effizientes und langfristiges Training absolviert werden kann.

### 2.2.1 Technische Informationen

Um einen Einblick in das für die VR-Studie verwendete Gerät Sensopro Luna zu erhalten, werden einige technische Daten beschrieben und anhand von Abbildungen dargestellt.

Tabelle 1. Beschreibung der technischen Informationen für das Gerät Sensopro Luna. Quelle: [www.sensopro.swiss](http://www.sensopro.swiss), 13.03.2021

PRODUKT	BESCHREIBUNG
<b>Basisgerät</b>	Sensopro Luna, der ohne Verankerung am Boden verwendet werden kann (inkl. Bodenschutz).
	Trainingszone bestehend aus: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fixierbare Wippe aus (Swingboard) mit freischwingenden Standflächen (tapes)</li> <li>▪ 8x3 Gummizüge (tubes) in unterschiedlichen Stärken</li> <li>▪ 2 Handläufe (side rails)</li> <li>▪ 2 Überkopfstangen (top rails)</li> <li>▪ Sicherungssystem (security kit)</li> <li>▪ Haltevorrichtung für tubes (tube boys)</li> </ul> Dimensionen (m): L x B x H: 2.50 x 1.40 x 2.35 Gewicht ca. 280 kg
<b>Optionen:</b>	
<b>Pulverbeschichtung</b>	Farben des Sensopro Luna nach eigenen Wünschen und Vorstellungen erhältlich in: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ RAL Farben</li> <li>▪ Diversen Spezialfarben</li> </ul>
<b>Video Kit</b>	Videosystem (Monitor, Computer und Eingabeeinheit direkt am Gerät montiert) Der Kunde wird bei seinem Training durch professionelle Trainingsanleitung geleitet und trainiert vollständig autonom. Für den Trainer dient das Video Kit als Ideensammlung und Trainingsunterstützung. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Basisausstattung: 9 Videos</li> <li>▪ Upgrade 1: 9 Videos</li> </ul>
<b>SPT Seat</b>	Ermöglicht vielseitige Übungsformen in sitzender Position. Körperteile wie obere Extremitäten können gezielt entlastet werden. Mit dem Sensopro Luna Seat ruhen Sie direkt auf dem Sensopro Luna.

Der Sensopro Luna aus der Seitenansicht mit Tubes, also Gummibändern mit unterschiedlichen Widerständen zur gezielten Kräftigung, Rails für permanente Trainingssicherheit, Tapes in Form von zwei federnden Standflächen für eine maximale Muskelaktivierung, Swingboard für die ultimative Herausforderung und noch höhere Instabilität und das Video-Kit (Sensopro, 2021) sind in der folgenden Abbildung 2 ersichtlich:



Abbildung 2. Sensopro Luna. Quelle: [www.sensopro.swiss/grosse-luna/produkt](http://www.sensopro.swiss/grosse-luna/produkt), 13.03.2021

Das Video-Kit gilt als Herzstück von Sensopro, für welches bereits über 800 Videos in verschiedenen Levels vorhanden sind. Dieses kann als Zusatzoption zum Sensopro Luna für eine professionelle Trainingsanleitung gekauft werden (Sensopro, 2021). Der leistungsfähige Touchscreen-Rechner mit einer einzigartigen Trainingssoftware ermöglicht den Kunden die Auswahl zwischen verschiedenen Übungen und Kategorien. Eine kurze Einführung durch einen Trainer oder Therapeuten genügt, damit die Kunden aufgrund der professionellen Anleitung des Video-Kits autonom trainieren können. Die verschiedenen Programme des Video-Kits sind in Anhang A ersichtlich.

Es wird empfohlen, für jede Trainingseinheit ein komplettes Training für die Dauer von zehn Minuten zu absolvieren (Sensopro, 2021). Sollte Das Training nun zusätzlich mit VR durchgeführt werden, sollten die möglichen Nebenwirkungen, welche im folgenden Kapitel 2.3 beschrieben werden, ebenfalls beachtet werden.

## 2.3 Nebenwirkungen in der Nutzung von Virtual Reality

Die Nutzung von VR bringt nicht nur Spass und Begeisterung, es können auch Nebenwirkungen auftreten, welche sich unterschiedlich stark äussern. Deshalb sollte ein Unternehmen das Auftreten von Nebenwirkungen abklären, bevor VR für professionelle Zwecke angeboten wird. Diese Abklärungen dienen nicht nur der Absicherung des Unternehmens, sondern gewährleisten auch die Unversehrtheit der Personen. Um die Nebenwirkungen näher zu betrachten, beschreibt dieses Kapitel die Ursachen und Auswirkungen von MoS und SiS. Es werden Instrumente vorgestellt, anhand derer die Symptome gemessen werden. Die Entstehung von MoS und SiS wird durch die SCT erklärt. Abschliessend werden Gegenmassnahmen erläutert, mit welchen die Nebenwirkungen verhindert oder vermindert werden können.

### 2.3.1 Motion Sickness

Motion Sickness, auch Reisekrankheit genannt, gibt es, seit es Menschen und Bewegung gibt: Schon die Römer und die Griechen kannten MoS (Huppert, Oldelehr, Krammling, Benson & Brandt, 2016). Gemäss Brandt, Bauer, Benson und Huppert (2016) beschrieben die Chinesen bereits um 300 n.Chr. *Wageneinfluss* und *Schiffseinfluss*. Der britische Marineheld, Admiral Nelson, der im Alter von zwölf Jahren zum ersten Mal auf See ging, war ein chronischer Leider an MoS (Brandt et al., 2016). Der Begriff MoS wurde im 19. Jh. zur Erklärung von Seekrankheiten eingeführt und seither als umfassende Bezeichnung für Symptome, welche während bestimmten Bewegungsausführungen auftreten können, verwendet.

#### Anfälligkeit für Motion Sickness

Der Bereich über die Anfälligkeit auf MoS variiert gemäss Lackner (2014) in der Normalbevölkerung zwischen 10'000 und 1. Gemäss Benson (1998) übergeben sich fast 100% der menschlichen Passagiere von Rettungsflossen auf rauer See. 60% der studentischen Besatzungsmitglieder von Flugzeugen leiden irgendwann im Verlauf ihrer Ausbildung an Luftkrankheit. Bei vertikaler Bewegung (Hub) ist die Schwingung mit einer Frequenz von etwa 0.2 Hz am erregendsten, Bewegung mit 1 Hz ist um ein zehnfaches weniger erregend. Rund 7% der Passagiere auf See berichten von Erbrechen während einer Reise (Lawthor & Griffin, 1988). Einer repräsentativen Studie aus Indien zufolge, liegt die Gesamtprävalenz für MoS bei etwa 28%, wobei Frauen mit 27% anfälliger sind als Männer mit 16.8%. In Deutschland liegt die Prävalenz bei Personen, welche die Frage über Erfahrungen mit MoS mit „ja“ beantworteten bei insgesamt 13.4%, einschliesslich einer Prävalenz von 50% bei Personen unter 30 Jahren (Hain & Cherchi, 2018). Die Prävalenz hängt jedoch davon ab, wie MoS definiert ist, da fast alle Personen durch Bewegung Symptome erfahren können, wenn diese energisch genug ist (Hain & Cherchi, 2018). Personen mit aktiveren Berufen sind dabei weniger anfällig (Sharma, 1997). Interessanterweise berichteten 46% des Krankentransportpersonals über Übelkeit und 65% über das Sopot-Syndrom, ein Syndrom, bei welchem durch Bewegung Schläfrigkeit verursacht wird (Wright, 1995). Frauen sind im Verhältnis von etwa 5:3 bewegungsempfindlicher als Männer, obwohl der Zusammenhang eher in der Art der Auskunft über

Unterschiede als in tatsächlichen geschlechtsspezifischen physiologischen Unterschieden zu verorten ist (Cheung & Hofer, 2002).

Laut Grunfeld und Gresty (1998), reagieren Frauen um ihren Menstruationszyklus empfindlicher auf Bewegungen, was auf die Wechselwirkungen zwischen Migräne und MoS zurückzuführen sein kann. Kinder sollen gemäss Takahashi, Toriyabe, Takei und Kanzaki (1994) nahezu immun gegen MoS sein. Mit zunehmendem Alter steigt der Schweregrad von MoS bis etwa 15 Jahre an (Takahasi et al., 1994). In einer genetischen Studie zu MoS von Hromatka et al. (2015) wurden 80'494 Proben des US-amerikanischen Unternehmens 23andMe, welches in der Biotechnologie tätig ist, untersucht. Es wurde herausgefunden, dass es in der menschlichen Genomprobe 35 Loci gibt, die grösstenteils europäischer Abstammung sind und mit einer grösseren Neigung zur Entwicklung von MoS in Verbindung gebracht wurden. Loci bedeutet die physische Position eines Gens im Genom, also der Gen-Ort. Viele dieser Loci befanden sich in der Nähe von Genen, die an der Entwicklung von Gleichgewicht, Auge, Ohr und Gehirn beteiligt sind (Hromatka et al., 2015). Ebenfalls wurde ein Zusammenhang zwischen Migräne, postoperativer Übelkeit und Erbrechen (PONV), Schwindel und MoS gefunden. Sowohl Migräne als auch PONV teilten genetische Assoziationen mit MoS (Hromatka et al., 2015).

#### Wie Motion Sickness entstehen kann

MoS kann durch Kopfbewegungen hervorgerufen werden und Orientierungslosigkeit sowie Müdigkeit auslösen. Erste Anzeichen sind oft durch ein blasses Aussehen gekennzeichnet. Es folgen Gähnen, Unruhe und kalter Schweiß, der sich oftmals auf der Stirn oder der Oberlippe bildet (Hain & Cherchi, 2018). Treten MoS Symptome auf, kann es zu Magenverstimmungen, Müdigkeit oder Schläfrigkeit kommen. Übelkeit und Erbrechen kennzeichnen die Endstadien von MoS.

MoS kann in Unterkategorien eingeteilt werden: MoS aufgrund visueller oder vestibulärer Stimulation. Gelegentlich treten auch Formen auf, die mit somatosensorischer Stimulation verbunden sind, wie die Laufbandkrankheit oder Kopf-an-Hals-Bewegung wie dem Zervix Schwindel (Hain & Cherchi, 2018). Mit Abstand am häufigsten kommt die rein visuelle Empfindlichkeit vor, welche auch *visuelle Abhängigkeit* genannt wird. Bei visueller Abhängigkeit tritt MoS aufgrund visueller Bewegungen wie bei Kinobesuchen auf (Hain & Cherchi, 2018). Vollständig immun gegen MoS sind wie bereits erwähnt Kinder unter zwei Jahren und Personen, welche über kein intaktes Vestibulärsystem verfügen.

Die primären Anzeichen und Symptome von MoS sind auch gemäss Golding (2016) Übelkeit und Erbrechen. Weitere Symptome sind Magenverstimmungen, Schwitzen, Schläfrigkeit, erhöhter Speichelfluss, erhöhte Körpertemperatur, Gesichtsrötlichkeit, Kopfschmerzen, Appetitverlust, Schwindel und Geruchsempfindlichkeit (Golding, 2016). Das Auftreten von okulomotorischen Symptomen wie Augenbelastung, Konzentrationsschwierigkeiten und Kopfschmerzen ist höher in Situationen, in welchen visuelle Abweichungen als auslösender Stimulus vorkommen. Dies kann in Simulatoren oder bei der Verwendung von VR-Technologien der Fall sein, im Gegensatz zu MoS, welche aufgrund von Ganzkörperbeschleunigungen auftritt, wie dies während einer Schifffahrt der Fall ist. Kopfschmerzen werden sogar mehr durch reale Bewegungen hervorgerufen, auch wenn reale Bewegungen im Vergleich

zu visuellen Bewegungen MoS in Bezug zu Übelkeit doppelt begünstigen (Bijveld, Bronstein, Golding & Gresty, 2008).

Die Einführung neuer visueller Technologien kann ebenfalls dazu führen, dass visuell induzierte MoS bei einem grösseren Teil der Bevölkerung auftritt (Golding, 2016). MoS kann durch eine Vielzahl von Transportumgebungen wie Land, Meer, Luft und Raum ausgelöst werden. Die Nebenwirkungen treten vor allem dann auf, wenn eine physische Entkoppelung stattfindet. Das bedeutet, dass nur visuelle und akustische Reize stimuliert werden, der Körper jedoch stillsteht. Das Gehirn stellt eine Abweichung von der körperlichen Selbstwahrnehmung und dem, was visuell vermittelt wird, fest. Dadurch wird eine physische Abwehrhaltung erzeugt. Durch das Gleichgewichtsorgan, welches die Abweichung als fundamentale Störung interpretiert, wird Erbrechen ausgelöst (Mehnert, 2017). Je verzögerter die Simulation auf eine Kopfbewegung reagiert, also je grösser der zeitliche Abstand zwischen der Kopfbewegung der realen Person und der Reaktion der Simulation ist, desto grösser ist die Gefahr, dass negative Symptome ausgelöst werden (Aguinas, Henle & Beaty Jr, 2001).

Die Symptome können gemäss Jerald (2016) während oder nach der Nutzung von immersiven Technologien erfolgen. Dieser ungewollte Nebeneffekt ist für die Softwareentwickler von VR-Anwendungen nicht einfach zu beheben und stellt eine ernstzunehmende Herausforderung dar. In der Wissenschaft werden folgende VR-Nacheffekte beschrieben: Wahrnehmungsinstabilitäten der realen Welt, Desorientierungen und nicht kontrollierbare Rückblendungen, auch „Flashbacks“ genannt. Ungefähr 10% der Testpersonen geben an, solche Nacheffekte zu verspüren. Die Wahrscheinlichkeit an solchen Nacheffekten zu leiden, steigt mit der Anzahl der Symptome von MoS (Jerald, 2016).

Ungewollte Nebeneffekte können ungeachtet der physischen Gesundheit, also auch bei Personen mit einem intakten vestibulären System, auftreten. Das Ausmass der Sensitivität unterscheidet sich jedoch individuell. Es sollte zusätzlich ein Augenmerk auf die Ausfallraten bei Testverfahren gelegt werden. Die virtuelle Simulation kann für eine Person eine zusätzliche Stressquelle darstellen und vermehrt zum Abbruch des Testverfahrens führen (Dziuda, Biernacki, Baran & Truszczynski, 2014). Stanney, Kingdon und Kennedy (2002) verzeichneten in ihrer Studie eine Abbruchrate der Versuchsteilnehmenden von 12%. Um Ergebnisverzerrungen zu vermeiden ist es daher wichtig, sich mit der Empirie auseinanderzusetzen. In der Fahrsimulationforschung konnte belegt werden, dass die SiS einen negativen Einfluss auf die Validität und die Reliabilität von Forschungsergebnissen sowie auf die Leistung der Probanden ausüben kann.

Auf die SiS wird in Kapitel 2.3.2 näher eingegangen. Aufgrund der fortgeschrittenen Technologie von VR gehen Sevinc und Berkman (2020) davon aus, dass die Nebenwirkungen nicht zwingend auf Hardwareeinschränkungen zurückzuführen sind, sondern auch durch Anwendungsaspekte ausgelöst werden. Aus diesem Grund besteht weiterhin Bedarf an einer Messmethode zur Bewertung und zum Vergleich von MoS-Effekten.

### [Motion Sickness-Susceptibility-Questionnaire \(MSSQ\)](#)

Eine Möglichkeit auf MoS zu testen, besteht darin Personen zu bitten, einen Fragebogen auszufüllen. Reason und Brand (1975) entwickelten dazu den MSSQ, welcher damals über 50 Items beinhaltete.

Golding (1998) kürzte diesen auf neun Items. Der MSSQ-Fragebogen zählt zu den besten Prädiktoren, um die Anfälligkeit einer Person auf MoS zu testen (Golding, 2006). In dem Fragebogen wird zwischen Transportmitteln wie Autos und Flugzeugen sowie zwischen Schaukeln, Karussellen etc. unterschieden. Es werden die Arten von Bewegungen und Symptome, welche Unwohlsein, Übelkeit oder tatsächliches Erbrechen ausgelöst haben, erfasst. Der erste Teil des Fragebogens ermittelt die Kindheitserfahrungen, also vor dem 12. Lebensjahr und der zweite Teil die letzten zehn Jahre. Der errechnete Score gibt Aufschluss darüber, wie sensitiv die Person auf Bewegungen reagiert (Golding, 2006).

### 2.3.2 Simulator Sickness

Das Konstrukt SiS leitet sich von MoS ab. Aufgrund des vermehrten Einsatzes von Simulatoren als Resultat der voranschreitenden Digitalisierung wurde der Begriff MoS auf diese Kontexte spezifiziert. Bei den Untersuchungen von Havron und Butler (1957) mit Helikoptersimulationen wurde erstmals eine spezifische Form der MoS entdeckt (Neukum & Grattenthaler, 2006). Der Unterschied zwischen den Begriffen MoS und SiS liegt in den unterschiedlichen sensorischen Ursachen der Symptome. MoS bezieht sich auf die Exposition einer Bewegung oder auf verschiedene Aspekte einer sich bewegenden Umwelt und entsteht durch tatsächliche Bewegungen, die Störungen des Vestibulärapparates hervorrufen (Neukum & Grattenthaler, 2006). In Simulatoren werden Informationen hauptsächlich über das visuelle und weniger über das vestibuläre System aufgenommen, weshalb SiS nicht unbedingt eine physikalische Bewegung voraussetzt (Neukum & Grattenthaler, 2006).

SiS kann aufgrund unzureichender Bewegungsfähigkeiten des Simulators in der Nachahmung der Amplituden einer realen Bewegung ausgelöst werden (Bles et al., 1998). Die Bewegungseigenschaften von Transportflugzeugen zum Beispiel sind so ausgerichtet, dass die Bewegungsgrundlagen eines Transportflugzeug-Simulators ausreichen, um das menschliche Gleichgewichtssystem zu überzeugen, dass die visuell vorgeschlagene Bewegung durch entsprechende körperliche Bewegungsstimuli hinreichend ergänzt wird. Das Auftreten von SiS ist bei diesen Arten von Simulatoren deshalb nicht üblich (Bles et al., 1998). Für hoch manövrierbare Militärflugzeuge sowie für Geländefahrzeuge sind die Bewegungseigenschaften der Bewegungsbasis oftmals unzureichend, wodurch das Vestibulärsystem nicht überzeugend stimuliert wird und dadurch SiS entstehen kann (Bles et al., 1998). Häufig kann beobachtet werden, dass erfahrene Piloten stärker unter der SiS leiden als Anfänger. Das kann daran liegen, dass die erfahrenen Piloten über eine voll entwickelte Erwartung der eintreffenden sensorischen Signale verfügen, diese jedoch nicht mit den tatsächlich eintreffenden sensorischen Signalen übereinstimmen. Anfänger hingegen können dafür eher MoS erleben, wenn sie ihren ersten Kunstflug durchführen, da ihre Erwartungen nicht mit den eintreffenden sensorischen Informationen übereinstimmen (Bles et al., 1998). In Situationen, in welchen die zeitliche Übereinstimmung zwischen den visuellen Anzeigen und der physischen Bewegung des Simulators unzureichend ist, kann ebenfalls SiS auftreten (Bles et al., 1998). Diese zeitliche Diskrepanz begünstigt das Auftreten von SiS auch bei der Verwendung von VR-Applikationen (Regan & Price, 1994).

### Simulator Sickness-Questionnaire

SiS ist polysymptomatisch und wird meist in drei Symptomgruppen beschrieben: Nausea, Okulomotor und Desorientation (Neukum & Grattenthaler, 2006). Einige der Symptome beschreiben zwei Symptomgruppen, da diese nicht disjunkt sind (Kennedy et al., 1993). Mit dem SSQ wird das Ausmass der Krankheitssymptome während oder nach der Nutzung von VR gemessen. Anhand der Mittelwerte der jeweiligen SSQ-Subskalen kann die Anfälligkeit einer Person für SiS ermittelt werden. Bei einem Score >15 soll ein Arzt aufgesucht oder eine Information über mögliche Risiken und Nachwirkungen erfolgen. Bei einem Score >20 soll die entsprechende Person auf ihren Zustand aufmerksam gemacht werden und unter weiterer Beobachtung verbleiben (Kennedy et al., 1993).

Kennedy et al. (1993) beschreiben 16 Symptome, welche auf einer Vier-Punkte-Skala (0-3) bewertet werden. Der Fragebogen findet in der VR-Forschung breite Akzeptanz. Teilweise kritisiert werden jedoch die psychometrischen Eigenschaften und die Anwendbarkeit. Seit kurzem existieren zwei weitere Testversionen, welche auf dem SSQ beruhen: der Cybersickness-Questionnaire (CSQ) und der Virtual Reality-Sickness-Questionnaire (VRSQ). Die Fragebogen wurden in der Studie von Sevinc und Berkman (2020) in ihrer Validität bestätigt. In einer Untersuchung von Neukum und Grattenthaler (2006) wurde die anhaltende Wirkung der SiS Symptome untersucht. Sie fanden heraus, dass allgemeines Unwohlsein, eines der am häufigsten auftretenden Symptome, bis durchschnittlich 2.72 Stunden ( $SD = 1.90$ ) und Übelkeit bis zu 2.75 Stunden ( $SD = 2.02$ ) nach Exposition der Simulation andauerte (Neukum & Grattenthaler, 2006).

Wie MoS und SiS konkret ausgelöst werden, wird im folgenden Kapitel anhand der Sensory Conflict Theory beschrieben.

### 2.3.3 Sensory Conflict Theory

Reason und Brand (1975) gelten als Begründer der Sensory Conflict Theory, auf Deutsch sensorische Konflikttheorie. Diese Theorie ist die vorherrschende Theorie über MoS, da sie viele Arten von MoS am besten erklärt. Die Reflexive Eye Movement Theory besagt, dass nur Augenbewegungen, die durch Netzhautschlupf (der Bewegung eines Bildes über die Netzhaut) erzeugt werden, MoS hervorrufen. Hain und Cherchi (2018) denken, dass die Theorie ihre Berechtigung hat, da eine Reaktion auf eine hohe Geschwindigkeit und mehr Bewegung tatsächlich zu MoS führen kann, es jedoch unwahrscheinlich ist, dass ein Blick auf ein Ziel, das sich mit der Person bewegt, das Auftreten von MoS verhindern kann. Die Postural Instability Theory wurde durch Stoffregen, Chen, Varlet, Alcantara und Bardy (2013) vertreten. Die Theorie besagt, dass Körperbewegungen anstelle von Augenbewegungen oder sensorischen Konflikten den dominierenden Einfluss auf MoS haben. Während Haltungsinstabilität häufig mit MoS einhergeht und sicherlich auch eine Verbindung besteht, gehen Hain und Cherchi (2018) davon aus, dass diese Theorie nicht mehr beschreibt als die SCT. Aus diesen Gründen wird der Fokus in dieser Bachelorthesis auf die SCT gelegt. Die Theorie geht davon aus, dass die Orientierung im dreidimensionalen Raum durch sensorische Inputs an das zentrale Nervensystem übertragen wird. Wenn die Erwartungen des sensorischen Systems, die auf früheren Erfahrungen basieren, nicht mit den Informationen übereinstimmen, was das sensorische System in der Simulationsumgebung aufnimmt, entsteht SiS (Reason & Brand, 1975).

Durch die Diskrepanz zwischen Erwartung und Simulationsrealität entsteht ein interner Konflikt, der durch das sensorische System nicht gelöst werden kann, wodurch SiS verursacht wird (Reason & Brand, 1975). Bei einem feststehenden Fahrsimulator fehlen vestibuläre Reize welche Beschleunigungen beim Fahren indizieren könnten und die Person durch ihre Erfahrung in einem realen Fahrzeug erwartet.

Dabei stehen die von den Augen übertragenen Bewegungssignale, das Vestibulärsystem und die nicht-vestibulären Propriozeptoren, welche der Wahrnehmung von Stellung und Bewegung des Körpers im Raum und so der Propriozeption dienen, entweder im Widerspruch zueinander oder im Widerspruch zu dem, was eine Person ausgehend von früheren Erfahrungen erwartet (Bles et al., 1998).

Reason und Brand (1975) gehen von zwei Hauptkategorien von Fehlpaarungen der Bewegungshinweise aus: einem intersensorischen Konflikt, ausgelöst durch eine visuell-vestibuläre Fehlpaarung und einem intrasensorischen Konflikt, ausgelöst durch eine Kanal-Otolith Fehlpaarung (Bles et al., 1998). Otolithen sind kleine prismatische Kristalle, welche aus kohlesauerm Kalk bestehen und sich im Gleichgewichtsorgan des Ohres befinden. Sie ermöglichen im Vestibulärorgan des Innenohrs die Wahrnehmung von Beschleunigung und Schwerkraft (Tran Ba Huy & Toupet, 2001).

Im Weltall registrieren die Otolithen die Wirkung der Schwerkraft nicht mehr, da sie nicht mehr vorhanden ist, sondern signalisieren weiterhin eine lineare Beschleunigung (Hain & Cherchi, 2018). Gegenwärtig wird angenommen, dass MoS im Weltraum auf einen Verlust des üblichen Otolithensignals zurückzuführen ist, welches mit einer Kopfbewegung weg von der Gravitationsachse verbunden ist. Ist der Kopf geneigt, verfehlt das Gehirn das otolithische Signal, das besagt, dass der Kopf geneigt ist, empfängt aber weiterhin das Kanalsignal. Ein weiteres ausserirdisches Problem besteht darin, dass die lineare Beschleunigung die Trägheitsmasse eines otolithischen Sensors verschieben und durch die fehlende Schwerkraft nicht wieder in einen Ruhezustand gebracht werden kann, wodurch nur die Spannkraft übrigbleibt (Hain & Cherchi, 2018).

Die obenerwähnten Fehlpaarungen können nach Reason und Brand (1975) in zwei Arten von Konflikten unterteilt werden:

- **Typ 1 Konflikt:** Beide Systeme, also die intersensorischen und die intrasensorischen, signalisieren gleichzeitig widersprüchliche Bewegungsinformationen.
- **Typ 2 Konflikt:** Eins der Systeme signalisiert eine Bewegung unter Abwesenheit eines entsprechenden Signals eines anderen Sensors.

Guedry (1991) erweitert die beiden Konflikttypen um eine dritte Kategorie, die sich mit der Fehlpaarung von Vestibulär-Propriozeptoren befasst. Bles et al. (1998) sind der Ansicht, dass trotz der vielen Beispiele über die Formen von MoS, welche in bestimmte Typen und Kategorien eingeordnet werden kann, so wurde es unter anderen von Reason und Brand (1975) postuliert, es in der Praxis schwierig ist, eine bestimmte auslösende Bewegungsbedingung in nur eine der Konfliktkategorien einzuordnen. Bles et al. (1998) sind sich einig, dass die meisten Beispiele, wie sie von Guedry (1991) beschrieben werden, durchaus zu Orientierungslosigkeit und Bewegungssillusionen führen können. Aus der Erfahrung von Bles

et al. (1998) wird MoS in erster Linie in Situationen ausgelöst, in welchen die Bestimmung der subjektiven Vertikalen, also der inneren Darstellung der Schwerkraft, gestört ist.

Für das bessere Verständnis wird die Aussage anhand eines Beispiels näher erläutert: Nach langanhaltender Zentrifugation werden nur Kopfbewegungen, welche die Ausrichtung des Kopfes relativ zum Schwerkraftvektor verändern, MoS auslösen. In einer aufrechten Sitzposition können Roll- und Steigungsbewegungen des Kopfes MoS auslösen, während schwankende Bewegungen zwar Bewegungsillusionen, jedoch keine MoS auslösen (Bles et al., 1998). Befindet sich die Person in Rückenlage, können schwankende und Steigungsbewegungen MoS provozieren, Rollbewegungen jedoch nicht. Dadurch wird verdeutlicht, dass sensorische Fehlpaarungen Bewegungsillusionen hervorrufen können, MoS jedoch nur ausgelöst wird, wenn die Bestimmung der subjektiven Vertikale nicht möglich ist (Bles et al., 1998). Diese Erkenntnis führte dazu, dass Bles et al. (1998) die SCT in Bezug auf MoS neu definierten: Alle Bewegungen, die MoS auslösen, sind charakterisiert durch einen Zustand, in welchem die *wahrgenommene Vertikale* basierend aus den integrierten Informationen der Augen, dem Vestibulärsystem und den nicht-vestibulären Propriozeptoren im Widerspruch zur *subjektiven Vertikalen* steht, welche erwartungsgemäss anhand früherer Erfahrungen gebildet wird. Im folgenden Kapitel sollen nun Gegenmassnahmen erläutert werden, mit denen MoS entgegengewirkt werden kann.

### 2.3.4 Gegenmassnahmen für Motion Sickness

Hain und Cherchi (2018) beschreiben drei wirkungsvolle Strategien, mithilfe derer das Auftreten und die Intensität von MoS reguliert oder gar verhindert werden können:

- **Verhalten (Vermeidung, mentale Aktivitäten)**

**Im Auto:** Auf dem Vordersitz sitzen oder fahren. In einem Fahrzeug sollte auf Handlungen wie Lesen verzichtet werden, da dies den visuell-vestibulären Konflikt verstärkt. Das konnte durch Beobachtungen bestätigt werden, in welchen bis zu einem Viertel der Beifahrer von Rallyefahrzeugen über MoS berichteten, wenn sie ein Buch gelesen oder auf dem Rücksitz gesessen haben. Gemäss Kuiper, Bos, Schmidt, Diels und Wolter (2020) kann MoS durch die Vorwegnahme von Bewegung vermieden werden. Fahrer verspüren viel weniger MoS als Mitfahrer, da sie die Bewegung steuern und wissen, wann sie abbiegen, anfahren und anhalten. Bekannte Strecken zu fahren, macht Personen weniger anfällig auf MoS als das Befahren von Neuland (Kuiper et al., 2020).

**An Bord eines Schiffes:** In der Mitte bleiben und zum Horizont schauen. Sich fernhalten von kleinen engen Stellen, von welchen der Horizont nicht sichtbar ist.

**Im Flugzeug:** Fensterplatz oder die Vorderseite des Flugzeuges aufsuchen. Einige Personen sind der Ansicht, dass die Mitte des Flugzeuges gewählt werden sollte, da die Neigung des Flugzeuges besser eingeschätzt werden kann. Es sollte vermieden werden, sich in die Nähe des Schotters zu setzen, da keine visuelle Hilfe vorhanden ist, welche herausfinden lässt, wie stark man wirklich geneigt ist.

Verhaltensbezogene Massnahmen gegen MoS können gemäss Golding (2016) in Habituation vs. unmittelbare, kurzfristige Verhaltensänderungen wie Körperhaltung und visuelle Aufmerksamkeit eingeteilt

werden. Habituation scheint die sicherste Massnahme gegen MoS zu sein, dieser Ansatz ist per Definition jedoch langfristiger Natur (Golding, 2016). Habituation ist der medikamentösen Behandlung überlegen und frei von Nebenwirkungen (Cowings & Toscano, 2000).

- **Medikamente (konventionelle, alternativ)**

Aus systematischer Sicht können Medikamente, normalerweise immer durch Reduzieren, den vestibulären Input verändern oder die Konsequenzen der Bewegungsstimulation reduzieren. Anders ausgedrückt: Medikamente können Eingangsgrössen oder zentrale Reaktionen auf die Eingangsgrössen unterdrücken (Hain & Cherchi, 2018). Medikamente gegen MoS können möglicherweise die Adaptionrate erhöhen, indem sie eine progressive Exposition gegenüber höheren Stimulationsniveaus ermöglichen, ohne dass dabei Symptome hervorgerufen werden (Lackner & Graybiel, 1994).

Medikamente wie Promethazin und Skopolamin bieten schützende Vorteile (Graybiel & Lackner, 1987). Diese Medikamente wirken beruhigend auf das zentrale Nervensystem und induzieren Schläfrigkeit, so dass sie oft in Kombination mit Dexedrin bzw. Ephedrin verwendet werden (Lackner, 2014). In Arzneimittelstudien über MoS findet sich gemäss Lackner (2014) immer eine grosse Anzahl von Placebo-Effekten, welche normalerweise in der Grössenordnung von 10-40% der Arzneimittelwirkungen liegen. Die meisten Medikamente gegen MoS müssen mindestens 30 Minuten vor der Exposition einer Aktivität, die Symptome hervorrufen kann, eingenommen werden. Personen mit Glaukom- oder Prostataproblemen sollten Medikamente nur auf Empfehlung des Arztes einnehmen (Hain & Cherchi, 2018). Eine wichtige Herausforderung in der Zukunft besteht in der Entwicklung von Medikamenten gegen MoS, welche keine unerwünschten Nebenwirkungen wie Schläfrigkeit auslösen. Kontrolliertes, regelmässiges Atmen erhöht die Bewegungstoleranz gegenüber MoS auslösenden Bewegungen, ist jedoch nur halb so wirksam wie die medikamentöse Behandlung. Es ist jedoch sofort anwendbar und frei von Nebenwirkungen. Die Wirksamkeit, welche durch den Mechanismus des Atmens entsteht, ist ungewiss, sie könnte jedoch auf die Aktivierung des bekannten Hemmreflexes zwischen Atmung und Erbrechen zurückzuführen sein (Golding, 2016).

- **Übung (Gewöhnung / Habituation)**

Eine Reihe wegweisender Experimente im Pensacola Slow-Rotation-Room hat gezeigt, dass es möglich ist, Personen zu desensibilisieren, indem sie anfänglich Kopfbewegungen bei sehr niedrigen Rotationsgeschwindigkeiten von 1 U/min und anschliessend zusätzliche Kopfbewegungen bei höheren Geschwindigkeiten ausführen mussten. Dieses Paradigma ermöglicht eine Anpassung der Personen an Geschwindigkeiten bis zu 25 U/min und höher, ohne dass dabei Anzeichen von MoS hervorgerufen werden (Lackner, 2014). Personen, bei denen das Vestibulärsystem nicht funktioniert, sind wie bereits erwähnt immun gegen MoS. Ebenso wenig funktioniert bei diesen die Geschwindigkeitsspeicherung. Die umfangreichsten Habituationsprogramme, auch MoS-Desensibilisierung genannt, werden durch das Militär betrieben, da die für Piloten vorgesehenen Medikamente aufgrund deren Nebenwirkungen wie Schläfrigkeit oder Sehstörungen kontraindiziert sind. Diese Programme erreichen eine Erfolgsrate von über 85%, sind jedoch sehr zeitaufwändig und dauern über mehrere Wochen (Benson, 1999) an.

Werden alle drei Strategien angewandt, so ist es gemäss Hain und Cherchi (2018) äusserst ungewöhnlich eine Person zu finden, welche sich nicht wesentlich besser fühlt. Welche Strategie am effektivsten hilft, kann zwischen Personen variieren und sollte deshalb individuell herausgefunden werden.

## 2.4 Einsatz von Virtual Reality im Sport

Die VR-Technologie wird zunehmend von Sportlern, Trainern und anderen sportbasierten Profis genutzt. In verschiedenen Studien wird gezeigt, dass interaktive VR-Anwendungen die physiologischen und psychologischen Leistungsbereiche von Athleten stark verbessern können (Neumann et al., 2018). Mit den neuen verfügbaren Tools können Trainer virtuelle Welten für den Erwerb von Fertigkeiten, Training, Fitness und Rehabilitation erstellen. Der nächste logische Schritt wäre die Konstruktion einer VR-basierten Umgebung, in welcher ein Athlet Situationen und Strategien einschliesslich der Musik verändern kann, wodurch der Unterschied in der Leistung während der Nutzung von VR und der Echtzeit gemessen werden kann (Katz, Parker, Tyreman, Kopp, Levy & Chang, 2006). Die Herausforderung besteht in der Entwicklung von VR-Umgebungen, welche den Athleten einen Mehrwert bringen und durch welche eine Leistungssteigerung erzielt werden kann. Um eine solche virtuelle Umgebung erfolgreich zu entwickeln, bedarf es der Beantwortung folgender Fragen:

- **Was sind die Anforderungen an die Hardware und Betriebssysteme?**

Gemäss Kondruk (2005, zitiert nach Katz et al., 2006, S. 7) muss es möglich sein, ultimative, interaktive und kostengünstige Tools bereitzustellen, welche Innovation, Zusammenarbeit, Entdeckungen in der Visualisierung und VR zusammenbringen. Dies erfordert anspruchsvolle Architektur einschliesslich Multiprozessorsysteme, 3D-Texturierung und -Schattierung, Volumen-Rendering, dynamische Videoauflösung, extreme Skalierung, ausgeklügelte Lautsprecher, haptische Schnittstellen, drahtlose und netzwerkfähige Einsatzmöglichkeiten und die Fähigkeit, Einzel- und Multi-User Interaktionen zu verwalten.

- **Wie können effektive VR-Umgebungen gestaltet werden?**

Es gibt verschiedene Faktoren, welche die Gestaltung beeinflussen: Das Verständnis der Benutzerperspektive und die geeignete Anwendung der Aktivierungstechnologien wie Audio- und haptische Geräte. Es müssen Umwelten entwickelt werden, welche die Nutzenden einbinden, in welchen sie die Möglichkeit erhalten in der Problemlösung erfolgreich zu sein und die Ziele effizient erreichen können. Das System muss nicht nur auf die Eingaben der Nutzenden reagieren, es muss auch die Umwelt entsprechend anpassen. Die Aktivitäten finden in Echtzeit statt und müssen interaktiv gestaltet sein (Katz et al., 2006). Musik spielt ebenfalls eine wichtige Rolle, da sie emotionalen Inhalt bietet und die Umgebung widerspiegelt. Der Designer muss in der Lage sein, abstrakte Konzepte zu visualisieren, einschliesslich der dynamischen Beziehungen im System.

- **Können VR-Umgebungen die Leistungen im Sport verbessern?**

Ijsselsteijn, de Kort, Westerink, de Jager und Bonants (2004) verwendeten Heimtrainer in einer virtuellen Heimvideo Computerumgebung, um den Einfluss des Grades der Immersion und die Anleitung

eines virtuellen Trainers zu untersuchen. Die Forscher interessierten sich für die Motivation der TN, Biofeedback (Herzfrequenz und Geschwindigkeit) und das Gefühl von Presence oder der Immersion. Die Ergebnisse zeigten, dass je immersiver die Umgebung und je mehr die TN Presence verspüren, desto grösser der Spass und desto positiver die Auswirkung auf die Motivation und wahrgenommene Kompetenz und Kontrolle. Ebenso fuhren die TN schneller. Während der virtuelle Trainer Druck und Spannungsgefühle zu mindern vermochte, hatte dieser keinen Einfluss auf die Geschwindigkeit.

Yang und Kim (2002) haben ein VR-Bewegungstrainingssystem entwickelt, welches einen „Geist“-Kampfsporttrainer aus einem first-person Blickwinkel beinhaltet, welchem der TN so gut und so nah wie möglich folgen konnte, um einen bestimmten Bewegungsablauf zu erlernen. Der Trainer überlagerte den Körper der TN, so dass es den Anschein erweckte, dieser ginge aus den TN hervor. Um diesen Effekt zu erzielen, ist ein Head-Mounted-Display erforderlich. Die TN ahmten dann die Bewegungen des Trainers nach. Die Forschenden stiessen in der Untersuchung auf technische Herausforderungen in Bezug auf die Bewegungsgeschwindigkeit, den Freiheitsgrad und den Einfluss des Head-Mounted-Displays. Die Ergebnisse zeigten jedoch, dass die TN in der VR-Umgebung die Bewegungen mindestens so gut lernten, wie TN, welche die Bewegungen in der realen Welt lernten, in einigen Fällen sogar besser, insbesondere in der X-, Z-Achse. (Yang & Kim, 2002).

Der grösste Teil der Forschungen befasste sich mit dem Bereich Ausdauer wie Laufen, Radfahren und Rudern. Der Geschicklichkeitssport unter der Verwendung von VR ist bislang kaum erforscht. Für die menschliche Leistung im Sport besteht die Vision der Forschenden darin, virtuelle Umgebungen zu schaffen, die so überzeugend, unterhaltsam, transparent und motivierend sind, dass Sportler auf allen Stufen sie nutzen werden. Dadurch können die Fähigkeiten verbessert werden und zum Sport motivieren. Darüber hinaus sollen Training und Fitness in der Allgemeinheit zunehmen, was zu besserer Gesundheit in der Gesamtbevölkerung führt, wodurch die Gesundheit, die Produktivität und die Wirtschaft verbessert werden (Katz et al., 2006). Die Forschungsziele von Katz et al. (2006) bestehen in der Entwicklung kollaborativer virtueller Welten, der Erforschung virtueller Welten in Sport, Fitness und in der Rehabilitation sowie der Überprüfung der Effektivität. Diese Welten würden adaptives Feedback ermöglichen und wären für verschiedene Schwierigkeitsstufen anpassbar. Fähigkeiten, welche in den virtuellen Welten erlernt wurden, könnten in die reale Welt übertragen und aus der Ferne angeeignet werden. Interaktionen und Lernen können individuell oder kollaborativ sein. Die spezifischen Interessensgebiete umfassen mentale Vorbereitung, Entscheidungstraining, verbesserte Reaktionszeit, Leistungssteigerung und Rehabilitation (Katz et al., 2006). Gleichgewicht und Propriozeption sind wichtige Faktoren in Sport, Rehabilitation und Fitness. Leider wurde in der Forschung immer noch kein Heilmittel gegen MoS und Desorientierung gefunden. Überlegungen hinsichtlich des Designs sind umfangreich und die Kosten relativ hoch. Dennoch ermöglicht die VR-Technologie individuelles Lernen und die Anwendung modernster Lernprinzipien, das Maximieren der Leistung und sie bieten realistische sowie überzeugende Umgebungen, die kollaborativ und interaktiv sein können. Werden die genannten Punkte bei der Konstruktion von VR-basierten Trainings berücksichtigt, bringt die Verwendung von VR im Sport eine Vielzahl von Stärken mit sich (Neumann et al., 2018).

### 3. Methodik

Dieses Kapitel befasst sich mit dem methodischen Vorgehen zur Klärung der Fragestellungen dieser Bachelorthesis. Es beschreibt das Untersuchungsdesign, die Auswahl des Samplings, die Ethikrichtlinien, die Datenerhebung und Datenauswertung. In Kapitel 3.2 werden die Erhebungsinstrumente, mit welchen die Daten gewonnen wurden, näher beschrieben.

#### 3.1 Untersuchungsdesign

Bei der vorliegenden Bachelorthesis handelt es sich um ein Quasi-Experiment mit kausaler Einzelfallstudie in einem Mixed-Methods Verfahren ohne Messwiederholung (Flick, 2017). Eine Messwiederholung schien in Anbetracht des gewählten Samplings nicht nötig, da allfälliges Auftreten von SiS auch bei einmaliger Durchführung zu erkennen ist. Mit dem Experiment soll herausgefunden werden, ob und wie schnell bei Personen mit einem hohen MSSQ-Wert SiS während des Trainings mit VR auftritt und ob sich die Resultate signifikant von den Personen unterscheiden, welche einen niederen MSSQ-Wert aufweisen. Analog zu einem echten Experiment dient, wie von Döring und Bortz (2016) erläutert, ein Quasi-Experiment der Überprüfung eines kausalen Einflusses einer oder mehrerer unabhängiger Variablen (UV) auf die Ausprägung einer oder mehrerer abhängiger Variablen (AV). Das Experiment soll die Wirkung der unabhängigen Variable (UV1) Gruppe *nicht empfindlich* vs. Gruppe *empfindlich* (UV2) auf die abhängige Variable (AV) *Gesamtveränderung SSQ* sowie die dazugehörigen Untervariablen messen. Da für das Experiment eine Gruppe *nicht empfindlich* und eine Gruppe *empfindlich* gebildet wurden, handelt es sich um ein einfaktorielles, univariates between-groups Design (Flick, 2017). Zu den Untersuchungseinheiten zählen die TN, der Sensopro Luna und die VR-Brille Oculus Quest. Mit dieser Bachelorthesis soll ein ganzheitliches, realistisches Bild über die Entstehung von SiS im Zusammenhang mit Sport unter der Verwendung von VR generiert werden.

##### 3.1.1 Sampling

Das Sampling wurde mittels Vorab-Auswahl generiert (Flick, 2017). Die Zielgruppe setzt sich aus Studierenden aller Semester in angewandter Psychologie an der FHNW Olten zusammen. Das Sampling erfolgt in zwei Schritten: Der erste Schritt liegt in der Vorselektion, in welcher die Zielgruppe Angaben über ihre Erfahrungen mit MoS machen mussten. Die Altersspanne der Studierenden, welche an der Umfrage teilgenommen haben, liegt zwischen 18 und 43 Jahren. Die Studierenden wurden nach Bereinigung der Ausschlusskriterien zuerst nach ihrem MSSQ-Wert sortiert und mittels der Even-Out Methode in zwei Gruppen eingeteilt: Studierende, welche einen hohen Richtwert aufweisen (>20), und solche, die einen niedrigen Wert aufweisen (<11). Durch diese Methode bestand zwar das Risiko eines Konfundierungseffektes, jedoch konnten dadurch nur speziell für das Experiment relevante Studierende eingeladen werden. Durch die Even-Out Methode konnte dem Problem der geringen Validität, eines der grössten Probleme in quasi-experimentellen Studien, entgegengewirkt werden. Die interne Validität beschreibt das Ausmass, in welchem eine Veränderung in *Gesamtveränderung SSQ* (AV) eindeutig auf den Einfluss der Gruppenzuteilung aufgrund des MSSQ-Wertes (UV1+2) zurückzuführen ist. Aufgrund

dieser Basis wurden pro Gruppe je fünf Studierende ausgewählt. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Studierenden mit den höchsten MSSQ-Werten und die mit möglichst tiefen MSSQ-Werten ausgewählt wurden. Die Stichprobe wurde deshalb nicht grösser gewählt, da es in der Stichprobe im Verhältnis viel mehr Personen gibt, die nicht anfällig auf MoS sind, als solche, die anfällig sind. Um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten, wurden jeweils die Extremwerte der jeweiligen Gruppen bei der Auswahl berücksichtigt, was eine Personenzahl von fünf TN pro Gruppe ergab.

### 3.1.2 Ethik

Da aufgrund der aktuellen Situation mit COVID-19 der Zutritt zu den Räumlichkeiten und der Unterricht an Hochschulen untersagt ist, mussten Abklärungen über die Ethikkommission der FHNW getätigt werden. Die Studie wurde vom Research Ethics Review Board der Hochschule für Angewandte Psychologie FHNW unter der Nr. EAL210112 geprüft und bewilligt. Weiter für den Ethikantrag relevant war die Tatsache, dass die TN während der Durchführung des Trainings auf dem Sensopro Luna per Video und während der Kurzbefragung per Audioaufnahme aufgezeichnet wurden. Es musste die Verhältnismässigkeit über die Durchführung des Experiments abgeklärt werden, da davon auszugehen war, dass vor allem die auf SiS anfälligen TN Symptome aufweisen werden. Um die ethischen Richtlinien einzuhalten, wurde ein Corona-Sicherheitskonzept erstellt. Die TN und die Verantwortlichen des Experiments haben während der gesamten Dauer des Experiments jederzeit eine Schutzmaske getragen, für die Nutzung der VR-Brille musste zusätzlich eine separate Maske für den oberen Gesichtsbereich getragen werden. Der nötige Mindestabstand wurde, wenn möglich, immer eingehalten. Die Geräte wurden nach jedem TN desinfiziert, die VR-Brillen mit einer speziellen Infrarotstrahltechnik gereinigt und die Räumlichkeiten gelüftet. Ebenso standen Schutzhandschuhe bereit, welche bei Bedarf zusätzlich getragen werden konnten. Weiter war es wichtig, dass sich die TN bewusst waren, dass sie das Experiment jederzeit abbrechen können und sollen, falls sie sich sehr unwohl fühlen und Symptome auftreten. Für das Experiment wurde genügend Zeit eingeplant, damit die Leitung bei Bedarf Hilfe leisten und die TN betreuen konnte, sollten unerwartete Konsequenzen auftreten. Die TN hatten weiter die Möglichkeit sich hinzusetzen und bei Bedarf Getränke oder kleine Snacks einzunehmen. Die Leitung hat zudem sichergestellt, dass Medikamente gegen SiS vorhanden waren, welche falls nötig eingenommen werden konnten.

## 3.2 Datenerhebung und Datenauswertung

Folgend wird erläutert, anhand welcher Methoden die Daten erhoben, untersucht und ausgewertet wurden. Die Daten wurden mittels qualitativer und quantitativer Methoden erhoben und ausgewertet.

### 3.2.1 Datenerhebung und Datenauswertung Vorselektion

Die Vorselektion wurde mittels eines im Onlinedienst Questback erstellten Fragebogens vorgenommen. Der Fragebogen diente dazu, potenzielle TN für das Experiment zu gewinnen. Die Auswertung wurde mittels dem Statistikprogramm SPSS Version 25 vorgenommen. Die Daten ermöglichten eine Gruppeneinteilung der potenziell geeigneten TN anhand ihrer MSSQ-Werte.

### 3.2.2 Experiment

Am Tag des Experiments füllten die TN vor dem Training einen Fragebogen aus, der über den Onlinedienst Questback generiert wurde und Angaben über die aktuelle Befindlichkeit erheben sollte. Nach dem Training füllten die TN erneut einen Fragebogen aus. Dieser soll allfällige Unterschiede in der Befindlichkeit der TN im Vergleich zu vor dem Training festhalten. Diese Daten wurden ebenfalls mit dem Statistikprogramm SPSS ausgewertet. Im Anschluss an das Training wurden die TN in einer Kurzbefragung über den Inhalt der virtuellen Welt und ihrer Motivation während des Trainings / zu weiteren Trainings befragt. Damit die Möglichkeit bestand, die Kurzbefragung retrospektiv zu bearbeiten, wurde diese mit entsprechender Einwilligungserklärung der TN mittels Audioaufnahme-App über das Samsung Galaxy Mobiltelefon aufgezeichnet. Auf eine wörtliche Transkription und anschließende Kodierung wurde verzichtet, da die Aussagen der Kurzbefragung durch die Verfasserin direkt sinngemäss auf Papier erfasst wurden. Die Antworten wurden anschliessend digital verschriftlicht und die qualitative Auswertung in Form einer Antwortzusammenfassung vorgenommen. Eine Kodierung der Antworten schien dahingehend nicht erforderlich, da kein Vergleich oder Differenzierung der Gruppen, sondern die Erfassung der individuellen Meinung zu inhaltlichen Aspekten des Trainings angestrebt wurde. Dabei war die Gruppenzugehörigkeit irrelevant.

## 3.3 Erhebungsinstrumente

Als Basis der Erhebung diente die Vorselektion. Anhand dieser wurden potenzielle TN für das Experiment akquiriert. Die Konstruktion einer virtuellen Welt bildete ein weiteres Erhebungsinstrument. Anhand dieser sollte herausgefunden werden, ob und in welcher Form die TN während des Trainings SiS erleben. Am Tag des Experiments mussten die TN zwei Fragebogen ausfüllen, anhand derer das aktuelle sowie das Wohlbefinden nach dem Training ermittelt werden konnte. Die anschließende Kurzbefragung diente der Meinungsabfrage der TN über den Inhalt der virtuellen Welt und die Motivation während dem Training. Durch die gewonnenen Informationen können einerseits Verbesserungen und Handlungsempfehlungen für die Konstruktion der virtuellen Welt und wichtige Hinweise für die Sensopro AG betreffend die praktische Umsetzung ermittelt werden.

### 3.3.1 Erhebungsinstrumente Vorselektion

Für die Vorselektion wurde ein Fragebogen über den Onlinedienst Questback erstellt. Der Fragebogen wurde mittels Mailverteiler der Hochschule für Angewandte Psychologie FHNW Olten für die Akquise von Studierenden aus allen Semestern verschickt. Um die generelle Anwendbarkeit des Experiments zu prüfen, wurde die Anfälligkeit von potenziellen TN auf MoS erhoben. Dazu wurden die Studierenden aufgefordert, einen Fragebogen mit Auszügen aus dem MSSQ nach Golding (2006) auszufüllen. Der detaillierte Aufbau des Fragebogens ist in Anhang B ersichtlich und besteht aus mehreren Teilen: Startseite und Begrüssung, Persönliche Daten, MSSQ-Items und Schlussseite.

#### Auswahl der TN

Nach der Auswertung der Fragebogen wurden aus den 44 vollständig ausgefüllten Exemplaren zehn Studierende für die Teilnahme ausgewählt. Die Auswahl erfolgte anhand folgender Kriterien:

- **Anstellungsverhältnis FHNW**

Für die Teilnahme am Experiment dürfen die Studierenden aktuell oder seit Beginn des Studiums nicht bei der FHNW in einem Angestelltenverhältnis als Honorarkraft, wissenschaftlicher Assistent / Assistentin / Mitarbeiter / Mitarbeiterin stehen / gestanden haben. Studierende, die diese Anforderung nicht erfüllten, wurden aus dem Sampling ausgeschlossen.

- **Deklaration von Krankheiten**

Für die Auswahl gilt eine Nulltoleranz. Wer eine beeinträchtigende Krankheit aufwies oder bewusstseinsverändernde Medikamente / Drogen einnahm, wurde aus dem Sampling ausgeschlossen. Dadurch wurde gewährleistet, dass die TN in ihrer Gesundheit und das Experiment selbst nicht gefährdet werden.

- **MSSQ-Werte**

Der niedrigste MSSQ-Wert der Studierenden lag bei 0 und der Höchste bei 48.05. Je höher der Wert, desto grösser ist die Anfälligkeit für MoS. Für das Experiment waren Personen mit möglichst tiefen und möglichst hohen Werten von Interesse. Die Studierenden wurden basierend auf ihren MSSQ-Gesamtwerten nach dem Even-Out Prinzip in zwei Gruppen aufgeteilt: Gruppe *empfindlich* und Gruppe *nicht empfindlich*.

Anschliessend wurden die für die Teilnahme akzeptierten Studierenden per Mail informiert. Die Studierenden mussten für die Terminfindung an einer Doodle-Umfrage teilnehmen und die Termine eintragen, an denen sie verfügbar waren. Für den Fall, dass kein passender Terminvorschlag vorhanden wäre, konnten die Studierenden mit der Leitung Kontakt aufnehmen, um einen passenden Termin zu finden. Die Gruppeneinteilung konnte aufgrund der Anmeldungen anschliessend durch die Leitung vorgenommen werden. Es wurden zwei Gruppen (empfindlich / nicht empfindlich) à fünf Personen gebildet. Alle aufgegebenen Studierenden haben am Experiment teilgenommen.

### 3.3.2 Experiment

Die TN wurden bei ihrer Ankunft begrüsst und anhand eines Anweisungstextes über den Inhalt und den Ablauf des Experiments informiert. Der Anweisungstext für das Experiment kann Anhang C entnommen werden. Aufgrund der aktuellen Situation mit COVID-19 wurde seitens der Leitung ein Corona-Sicherheitskonzept für die Durchführung des Experiments erstellt, welches den Anforderungen des Bundes entspricht. Das Sicherheitskonzept kann in Anhang D eingesehen werden.

Damit ein reibungsloser und standardisierter Ablauf garantiert werden konnte, wurde durch die Leitung ein Drehbuch erstellt. Das Drehbuch beinhaltet den genauen Ablauf des Experiments mit entsprechenden Zeitangaben. Das Drehbuch ist in Anhang E ersichtlich. Die TN wurden während des Trainings mittels GoPro Hero 2 per Video aufgezeichnet. Ebenso wurde das Gespräch während der Kurzbefragung mittels Audioaufnahme-App auf dem Samsung Galaxy Mobiltelefon aufgezeichnet. Aus diesem Grund mussten die TN vor Beginn des Experiments eine Einwilligungserklärung und eine informierte Einwilligung unterzeichnen. Die Vorlagen der Einwilligungen, woraus detailliertere Angaben abgelesen werden können, finden sich in Anhang F. Im Anschluss an das Experiment wurden die TN mit CHF 20.00 für ihren Aufwand entschädigt. Dazu mussten die TN eine Quittung unterzeichnen; die Vorlage kann Anhang G entnommen werden.

#### Pretest

Nachdem die TN die Einwilligungserklärungen unterzeichnet, die Instruktion auf dem Gerät Sensopro Luna absolviert und die VR-Brille passend auf sich eingestellt hatten, füllten sie einen Fragebogen aus. Der Fragebogen wurde mittels dem Onlinedienst Questback erstellt. Der Fragebogen war folgendermassen aufgebaut: Begrüssung, Persönliche Daten, SSQ-Werte, weitere Angaben und Schlussseite. Der vollständige Pretest Fragebogen ist in Anhang H ersichtlich.

#### Posttest

Nachdem die TN das Training auf dem Sensopro Luna absolviert hatten, füllten sie den Posttest Fragebogen aus. Dieser Fragebogen dient dazu herauszufinden, ob sich im körperlichen Wohlbefinden im Vergleich zu vor dem Training etwas verändert hat. Der Aufbau des Fragebogens beinhaltet folgende Punkte: Begrüssung, wurde das Training vollständig absolviert, SSQ-Werte, weitere Angaben, Fragen zur virtuellen Welt, Fragen zur Motivation und Schlussseite. Der vollständige Posttest Fragebogen ist in Anhang I ersichtlich.

#### Kurzbefragung

Zum Schluss wurden die TN zu inhaltlichen Aspekten der virtuellen Welt und des Trainings befragt. Die Antworten lieferten wichtige Hinweise für den Psychologen / Softwareentwickler der virtuellen Welt bezüglich der inhaltlichen Gestaltung und für den Praxispartner hinsichtlich der Durchführbarkeit und Motivation des Trainings. Auszüge aus der Kurzbefragung sind folgend aufgelistet. Die vollständige Kurzbefragung ist in Anhang J ersichtlich.

- Wie würden Sie Ihre Erfahrung mit dem Training auf dem Sensopro Luna unter der Verwendung von VR beschreiben?

Mit dieser Frage soll herausgefunden werden, wie sich die TN während des Trainings gefühlt haben, ob sie ähnliche Erfahrungen gemacht haben und wie sie das Erlebnis von VR und Sport beschreiben würden. Dadurch konnte ein erster Eindruck über die Motivation gewonnen werden.

- Könnten Sie sich vorstellen, dieses Training auch in der Öffentlichkeit, z.B. in einem Fitnessstudio, zu machen? Weshalb / weshalb nicht?

Diese Frage soll die Motivation der TN erfragen, das Training auch ausserhalb des Experiments zu absolvieren. Dadurch kann der Praxispartner einschätzen, ob die Idee von einem Training in Kombination mit VR massentauglich ist.

- Wie könnte die virtuelle Welt in dem von Ihnen absolvierten Training besser gestaltet werden, um besseren Komfort und eine höhere Zufriedenheitsrate zu erlangen?

Durch diese Frage können wichtige Hinweise bezüglich der Gestaltung der virtuellen Welt gewonnen werden. Verbesserungsvorschläge und Anmerkungen ermöglichen eine Optimierung der bisherigen Version der virtuellen Welt.

### 3.3.3 Virtuelle Welt

Das Training wurde mit einer VR-Brille absolviert. Durch den Psychologen / Softwareentwickler im Team wurde eigens dazu eine virtuelle Welt programmiert. Für die virtuelle Welt wurde eine Weltraumdarstellung gewählt. Die TN werden nach der Begrüssung und einer Trainingsinstruktion aufgefordert, abwechselnd Squats (Kniebeugen) und Lunges (Ausfallschritte) zu absolvieren. Das Training ist so aufgebaut, dass sich die TN an dem Sternenstaub-Strahl orientieren können, wenn sie sich nach oben oder nach unten bewegen müssen. Der Inhalt des Trainings ist somit kongruent zu den erforderlichen Bewegungsausführungen. Das Ziel in der Konstruktion der virtuellen Welt bestand darin, die Gestaltung so vorzunehmen, dass keine oder nur geringe Anzeichen von SiS auftreten. Wie die virtuelle Welt im Detail aufgebaut ist, kann Anhang K entnommen werden.

Damit das Unternehmen Sensopro AG einen Anhaltspunkt hat, wie sich die TN auf dem Gerät unter der Verwendung von VR bewegen, wurden die Trainings mittels Videoaufnahme über GoPro Hero 2 unter der Einwilligung der TN aufgezeichnet.

## 4. Ergebnisse

Dieses Kapitel beschreibt die Ergebnisse der Vorselektion und des Experiments. Darin enthalten sind Ergebnisse des Pretest Fragebogens, welchen die TN vor dem Training ausfüllten, ebenso wie die Ergebnisse des Posttest Fragebogens, welcher nach dem Training ausgefüllt wurde. Weiter werden die Ergebnisse, die durch die Kurzbefragung gewonnen werden konnten, erläutert.

### 4.1 Ergebnisse Vorselektion

Bei Abschluss der Umfrage hatten  $N = 44$  Personen den Fragebogen ausgefüllt. In einem ersten Schritt wurden diejenigen Personen ausgeschlossen, die in einem Angestelltenverhältnis mit der FHNW stehen oder standen, Medikamente einnehmen, an Epilepsie oder ähnlichen Krankheiten und an körperlichen Beschwerden der unteren Extremitäten leiden. Das führte zu einer möglichen Stichprobe von  $N = 33$ . Für diese Personen wurde der MSSQ-Wert nach Golding (2006) ermittelt. Dazu wurden zuerst die Summenwerte für die Sparten *MoS Kind* und *MoS Erwachsene* berechnet. Die Range *MoS Kind* reicht von *MIN* 19 bis *MAX* 36 und für *MoS Erwachsene* von *MIN* 18 bis *MAX* 39. Anschliessend wurden die MSSQ-Werte für je *MoS Kind* und *MoS Erwachsene* anhand einer Formel nach Golding (2006) ermittelt. Für die Berechnung des MSSQ-Summenwertes pro Person wurden die Ergebnisse *MoS Kind* und *MoS Erwachsene* addiert. Die Summenwerte reichten von *MIN* 0 bis *MAX* 48.05. Anhand der Berechnungen wurden je fünf Personen mit möglichst hohen und möglichst niederen Werten für das Experiment ausgewählt und dabei in die Gruppen *empfindlich* und *nicht empfindlich* eingeteilt. Die Gruppeneinteilung mit entsprechenden MSSQ-Werten kann Anhang L entnommen werden.

### 4.2 Ergebnisse Experiment

Das Experiment wird insgesamt zehnmal durchgeführt, wobei je Gruppe  $n = 5$  Personen zugehören. Die Altersspanne liegt zwischen 22 und 43 Jahren, der Altersmittelwert bei 28.4 Jahren und der Mittelwertsunterschied bei 3.4 Jahren ( $G1 M = 26.8$ ,  $G2 M = 30.2$ ). Die ausgemachte Stichprobe besteht aus zwei männlichen und acht weiblichen TN. In einer ersten Überprüfung der Daten wird geklärt, ob Ausreisser identifiziert werden können. Dies ist bei der Gruppe *empfindlich* der Fall, wodurch der Ausreisser aus der Stichprobe ausgeschlossen wird, um eine Verzerrung der Ergebnisse zu verhindern. Dadurch beträgt die neue Stichprobengrösse für die Gruppe *empfindlich*  $n = 4$ , die Gruppe *nicht empfindlich* wie bisher  $n = 5$ , was eine neue Gesamtstichprobenzahl von  $N = 9$  ergibt. Einige Daten mit und ohne Ausreisser sind jeweils im Anhang ersichtlich und werden nur bei Relevanz für die Ergebnisse spezifisch erwähnt.

#### 4.2.1 Pretest

##### Überprüfung der Normalverteilung

In einem ersten Schritt wurde mit dem Kolmogorov-Smirnov und dem Shapiro-Wilk Test geprüft, ob die Daten normalverteilt sind. Für die Auswertung wurde die körperliche Belastung der TN in den verschiedenen Gruppen anhand der Veränderungen der SSQ-Werte berechnet. Die Werte konnten dabei

zwischen -2 und 2 liegen, wobei ein positiver Wert eine Verschlechterung und ein negativer Wert eine Verbesserung der Symptome bedeutet. Für die SSQ-Score Berechnung nach Kennedy et al. (1993) wurden drei Unterkategorien *Nausea [N]*, *Oculomotor [O]* und *Disorientation [D]* und ein Gesamt-Score *Total Score [TS]* gebildet (Anhang M). Die Daten des SSQ-Fragebogens mit den 16 Items über *beide Gruppen* weisen keine Normalverteilung auf. Für die Gruppe *nicht empfindlich* ergibt der Kolmogorov-Smirnov Test einzig für das Item *Müdigkeit* eine Normalverteilung mit  $p=0.161$ . Bei der Gruppe *empfindlich* ergab die Überprüfung keine Normalverteilung (Anhang N).

Die Variable *SSQ-Total Score T1* für *beide Gruppen* und für die Gruppe *nicht empfindlich* ist gemäss dem Kolmogorov-Smirnov Test, wie in Tabelle 2 ersichtlich, nicht signifikant und somit normalverteilt. Bei der Gruppe *empfindlich* ergab die Überprüfung keine Normalverteilung.

Tabelle 2. Überprüfung Normalverteilung, SSQ-Total Score T1, beide Gruppen und Gruppe nicht empfindlich

Beide Gruppen	Kolmogorov-Smirnov Test <i>p</i> -Wert	Shapiro-Wilk Test <i>p</i> -Wert	Mittelwert <i>M</i>	Standardabweichung <i>SD</i>	Normalverteilung
SSQ-Total Score T1	0.200	0.477	165.320	96.839	Ja
Gruppe <i>nicht empfindlich</i>					
SSQ-Total Score T1	0.200	0.701	170.10	108.948	Ja

Für die Subskalen *Nausea*, *Oculomotor* und *Disorientation* über *beide Gruppen* und für die Gruppe *nicht empfindlich* ergab der Test für die Subskala *Nausea* eine Normalverteilung (Tabelle 3). Bei der Gruppe *empfindlich* ergab die Überprüfung keine Normalverteilung.

Tabelle 3. Überprüfung Normalverteilung, Subskalen T1, beide Gruppen und Gruppe nicht empfindlich

Beide Gruppen	Kolmogorov-Smirnov Test <i>p</i> -Wert	Shapiro-Wilk Test <i>p</i> -Wert	Mittelwert <i>M</i>	Standardabweichung <i>SD</i>	Normalverteilung
Nausea	0.200	0.137	16.960	15.659	Ja
Oculomotor	0.040	0.257	21.055	9.866	Nein
Disorientation	0.002	0.000	6.186	7.336	Nein
Gruppe <i>nicht empfindlich</i>					
Nausea	0.200	0.057	17.172	19.551	Ja
Oculomotor	0.033	0.042	22.740	10.719	Nein
Disorientation	0.026	0.006	5.568	7.624	Nein

### Vergleich von Gruppen hinsichtlich ihrer zentralen Tendenz

Für die 16 Items des SSQ-Fragebogens wurde aufgrund von nicht normalverteilten Daten der *U*-Test nach Mann-Whitney für den Vergleich von zwei Stichproben *empfindlich* und *nicht empfindlich* hinsichtlich

ihrer zentralen Tendenz gerechnet. Dabei konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen gefunden werden (Anhang O).

Aufgrund der Normalverteilung der Variable *SSQ-Total Score T1* wurde der *t*-Test für unabhängige Stichproben nach Student für *beide Gruppen* gerechnet (Tabelle 4). Der Unterschied zwischen den Gruppen ist statistisch nicht signifikant (Sig. 2-seitig  $p= 0.881 \rightarrow$  Varianzhomogenität) und könnte zufällig zustande gekommen sein.

Tabelle 4. *t*-Test für unabhängige Stichproben, *SSQ-Total Score T1*, Gruppen *empfindlich+nicht empfindlich*

Beide Gruppen	Levene Test der Varianzgleichheit $p$ -Wert	<i>t</i> -Test für die Mittelwertgleichheit Sig. (2-seitig)	Varianzhomogenität / Varianzheterogenität	Unterschied signifikant?
SSQ-Total Score T1	0.935	0.881	Varianzhomogenität	Nein

Für die Subskalen *Nausea*, *Oculomotor* und *Disorientation* über *beide Gruppen* wurde der *U*-Test nach Mann-Whitney gerechnet. Auch hier konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen gefunden werden ( $p= >0.050$ ) (Tabelle 5).

Tabelle 5. *U*-Test Mann-Whitney, Subskalen *T1*, Gruppen *empfindlich+nicht empfindlich*

Beide Gruppen	Signifikanz $p$ -Wert	<i>U</i> -Test Mann-Whitney <i>U</i> -Wert	Mittelwert <i>M</i>	Standardabweichung <i>SD</i>
Nausea	1.000	10.000	16.960	15.659
Oculomotor	0.730	8.000	21.055	9.866
Disorientation	0.905	9.000	6.186	7.336

## 4.2.2 Posttest

### Überprüfung Normalverteilung

Die Daten für die zweite Messung wurden wiederum auf Normalverteilung hin geprüft. Der Kolmogorov-Smirnov und der Shapiro-Wilk Test weisen für die 16 Items des SSQ-Fragebogens über *beide Gruppen* keine Normalverteilung auf. Für die Gruppe *nicht empfindlich* weisen die Tests für das Item *Schwitzen* mit  $p= 0.200$ , Shapiro-Wilk  $p= 0.314$  eine Normalverteilung auf, die restlichen Items sind nicht normalverteilt. Für die Gruppe *empfindlich* findet sich in keinem Item eine Normalverteilung (Anhang P).

Die Variable *SSQ-Total Score T2* für *beide Gruppen* und für die Gruppe *nicht empfindlich* ist gemäss dem Kolmogorov-Smirnov und dem Shapiro-Wilk Test normalverteilt (Tabelle 6). Bei der Gruppe *empfindlich* ergab die Überprüfung keine Normalverteilung.

Tabelle 6. Überprüfung Normalverteilung, *SSQ-Total Score T2*, *beide Gruppen* und *Gruppe nicht empfindlich*

Beide Gruppen	Kolmogorov-Smirnov Test <i>p</i> -Wert	Shapiro-Wilk Test <i>p</i> -Wert	Mittelwert <i>M</i>	Standardabweichung <i>SD</i>	Normalverteilung
SSQ-Total Score T2	0.132	0.175	149.458	83.021	Ja
Gruppe <i>nicht empfindlich</i>					
SSQ-Total Score T2	0.131	0.303	166.968	105.166	Ja

Für die Subskalen *Nausea*, *Oculomotor* und *Disorientation* über *beide Gruppen* und für die Gruppe *nicht empfindlich* ergab der Test für alle Subskalen eine Normalverteilung (Tabelle 7). Bei der Gruppe *empfindlich* ergab die Überprüfung keine Normalverteilung.

Tabelle 7. Überprüfung Normalverteilung, *Subskalen T2*, *beide Gruppen* und *Gruppe nicht empfindlich*

Beide Gruppen	Kolmogorov-Smirnov Test <i>p</i> -Wert	Shapiro-Wilk Test <i>p</i> -Wert	Mittelwert <i>M</i>	Standardabweichung <i>SD</i>	Normalverteilung
Nausea T2	0.199	0.447	22.260	14.310	Ja
Oculomotor T2	0.200	0.194	8.422	7.990	Ja
Disorientation T2	0.054	0.024	9.280	9.842	Ja
Gruppe <i>nicht empfindlich</i>					
Nausea T2	0.200	0.758	22.896	18.596	Ja
Oculomotor T2	0.200	0.814	10.612	8.642	Ja
Disorientation T2	0.200	0.314	11.136	11.646	Ja

### Vergleich von Gruppen hinsichtlich ihrer zentralen Tendenz

Für die 16 Items des SSQ-Fragebogens wurde aufgrund von nicht normalverteilten Daten der *U*-Test nach Mann-Whitney für den Vergleich von zwei Stichproben *empfindlich* und *nicht empfindlich* hinsichtlich ihrer zentralen Tendenz gerechnet. Dabei konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen gefunden werden (Anhang Q).

Aufgrund der Normalverteilung der Variable *SSQ-Total Score T2* wurde der *t*-Test für unabhängige Stichproben nach Student gerechnet (Tabelle 8). Der Unterschied zwischen den Gruppen ist nicht signifikant (Sig. 2-seitig  $p=0.487 \rightarrow$  Varianzheterogenität) und könnte zufällig zustande gekommen sein.

Tabelle 8. *t*-Test für unabhängige Stichproben, *SSQ-Total Score T2*, Gruppen *empfindlich+nicht empfindlich*

Beide Gruppen	Levene Test der Varianzgleichheit <i>p</i> -Wert	<i>t</i> -Test für die Mittelwertgleichheit Sig. (2-seitig)	Varianzhomogenität / Varianzheterogenität	Unterschied signifikant?
SSQ-Total Score T2	0.047	0.487	Varianzheterogenität	Nein

Für die Subskalen *Nausea*, *Oculomotor* und *Disorientation* über *beide Gruppen* wurde aufgrund der Normalverteilung der *t*-Test für unabhängige Stichproben nach Student gerechnet (Tabelle 9). Der Unterschied zwischen den Gruppen ist nicht signifikant (Sig. 2-seitig *Nausea*  $p=0.893$ , *Oculomotor*  $p=0.393$  und *Disorientation*  $p=0.563 \rightarrow$  Varianzhomogenität) und könnte zufällig zustande gekommen sein.

Tabelle 9. *t*-Test für unabhängige Stichproben, Subskalen *T2*, Gruppen *empfindlich+nicht empfindlich*

Beide Gruppen	Levene Test der Varianzgleichheit <i>p</i> -Wert	<i>t</i> -Test für die Mittelwertgleichheit Sig. (2-seitig)	Varianzhomogenität / Varianzheterogenität	Unterschied signifikant?
Nausea T2	0.180	0.893	Varianzhomogenität	Nein
Oculomotor T2	0.716	0.393	Varianzhomogenität	Nein
Disorientation T2	0.545	0.563	Varianzhomogenität	Nein

#### Vergleich zweier abhängiger Stichproben hinsichtlich zentraler Tendenzen

Für die Berechnung der 16 Items des SSQ-Fragebogens für die Gruppe *nicht empfindlich* wurde der Wilcoxon-Test gerechnet. Beim Item *Überanstrengung der Augen* gab es einen statistisch signifikanten Unterschied in der Bewertung vor und nach dem Training,  $Z=-2.236$ ,  $p=0.025$ . Die Unterschiede in den anderen Items sind statistisch nicht signifikant (Anhang R).

Bei der Gruppe *empfindlich* fand sich beim Item *Schwitzen* ein statistisch signifikanter Unterschied in der Bewertung vor und nach dem Training,  $Z=-2.000$ ,  $p=0.046$ . Die Unterschiede in den anderen Items sind statistisch nicht signifikant (Anhang R).

Der *SSQ-Total Score T1 + T2* ist für die Gruppe *nicht empfindlich* normalverteilt, weshalb der *t*-Test für abhängige Stichproben nach Student gerechnet wurde. Es konnte kein statistisch signifikanter Unterschied für die Mittelwerte der Bewertungen des *SSQ-Total Score T1* und *T2* gefunden werden (Tabelle 10). Der Mittelwert der Bewertung des *SSQ-Total Scores T1 + T2* zeigt eine Abnahme, was eine Verbesserung der *SSQ*-Werte zwischen vor und nach dem Training bedeutet.

Tabelle 10. *t*-Test für abhängige Stichproben, *SSQ-Total Score T1+T2*, Gruppe *nicht empfindlich*

Gruppe <i>nicht empfindlich</i>	<i>t</i> (4) <i>p</i> -Wert	Test bei gepaarten Stichproben <i>p</i> -Wert	Mittelwert <i>M</i>	Standardabw. <i>SD</i>	Mittelwert T1 <i>M</i>	Mittelwert T2 <i>M</i>	Standardabw. T1 <i>SD</i>	Standardabw. T2 <i>SD</i>
<i>SSQ-Total Score T1 und T2</i>	0.090	0.933	3.126	78.086	170.095	166.968	108.948	105.166

Für die Gruppe *empfindlich* wurde aufgrund fehlender Normalverteilung der Wilcoxon-Test gerechnet. Es konnte kein statistisch signifikanter Unterschied für die Mittelwerte der Bewertungen des *SSQ-Total Score* vor und nach dem Training gefunden werden (Tabelle 11). Der Mittelwert der Bewertung des *SSQ-Total Scores* vor dem Training hat eine Abnahme gezeigt, was eine Verbesserung der *SSQ*-Werte zwischen vor und nach dem Training bedeutet.

Tabelle 11. *Wilcoxon-Test*, *SSQ-Total Score T1+T2*, Gruppe *empfindlich*

Gruppe <i>empfindlich</i>	<i>Wilcoxon-Test</i> <i>p</i> -Wert	Standardisierte Teststatistik <i>Z</i> -Wert	Mittelwert T1 <i>M</i>	Mittelwert T2 <i>M</i>	Standardabw. T1 <i>SD</i>	Standardabw. T2 <i>SD</i>
<i>SSQ-Total Score T1 und T2</i>	0.715	-0.365	159.342	127.571	95.369	49.837

Für die Berechnungen der Subskalen *Nausea*, *Oculomotor* und *Disorientation* über beide Gruppen, die Gruppe *nicht empfindlich* und die Gruppe *empfindlich* wurde der *Wilcoxon-Test* gerechnet (Tabelle 12).

Für die Subskalen *Nausea* und *Disorientation* konnten für beide Gruppen keine statistisch signifikanten Unterschiede gefunden werden. Die Mittelwerte der Bewertungen der Subskalen *Nausea* und *Disorientation* haben eine Zunahme zwischen vor und nach dem Training gezeigt. Bei der Subskala *Oculomotor* fand sich ein statistisch signifikanter Unterschied in der Bewertung zwischen vor und nach dem Training. Der Median für die Bewertung *Oculomotor* betrug 15.16 (Interquartilsabstand= 15.16) vor dem Training und sank auf 7.58 (Interquartilsabstand= 15.16), nachdem die TN das Training absolviert hatten. Für acht TN haben die Bewertungen abgenommen und für einen TN gab es keine Veränderung der Bewertung nach dem Training. Der Mittelwert für *Oculomotor* ist nach dem Training gesunken, was eine Verringerung der Symptome darstellt (Tabelle 12).

Für die Berechnungen in der Gruppe *nicht empfindlich* konnten für die Subskalen *Nausea* und *Disorientation* keine statistisch signifikanten Unterschiede gefunden werden. Die Mittelwerte der Bewertungen der Subskalen *Nausea* und *Disorientation* haben eine Zunahme zwischen vor und nach dem Training gezeigt. Bei der Subskala *Oculomotor* fand sich ein statistisch signifikanter Unterschied. Der

Median für die Bewertung *Oculomotor* war 15.16 (Interquartilsabstand= 18.95) vor dem Training und ist auf 7.58 gesunken (Interquartilsabstand= 15.16) nachdem die TN das Training absolviert haben. Für alle TN haben die Bewertungen abgenommen. Der Mittelwert für *Oculomotor* ist nach dem Training gesunken, was eine Verbesserung der Symptome darstellt (Tabelle 12).

Tabelle 12. *Wilcoxon-Test, Subskalen T1+T2, Gruppen empfindlich+nicht empfindlich*

Beide Gruppen	Wilcoxon-Test <i>p</i> -Wert	Standardisierte Teststatistik Z-Wert	Mittelwert T1 <i>M</i>	Mittelwert T2 <i>M</i>	Standardabw. T1 <i>SD</i>	Standardabw. T2 <i>SD</i>
Nausea T1 und T2	0.096	-1.667	16.960	22.260	15.659	14.310
Oculomotor T1 und T2	0.010	-2.565	21.055	8.422	9.866	7.990
Disorientation T1 und T2	0.414	-0.816	6.186	9.280	7.336	9.842
Gruppe <i>nicht empfindlich</i>						
Nausea T1 und T2	0.257	-1.134	17.172	22.896	19.551	18.596
Oculomotor T1 und T2	0.038	-2.070	22.740	10.612	10.719	8.642
Disorientation T1 und T2	0.317	-1.000	5.568	11.136	7.624	11.646
Gruppe <i>empfindlich</i>						
Nausea T1 und T2	0.157	-1.414	16.695	21.465	12.004	9.133
Oculomotor T1 und T2	0.109	-1.604	18.950	5.685	9.785	7.257
Disorientation T1 und T2	1.000	0.000	6.960	6.960	8.036	8.036

Bei der Gruppe *empfindlich* konnte für keine der Subskalen ein statistisch signifikanter Unterschied gefunden werden. Der Mittelwert für *Nausea* hat nach dem Training zugenommen, bei *Oculomotor* abgenommen und für *Disorientation* hat sich der Mittelwert nicht verändert (Tabelle 12).

Aufgrund des signifikanten Unterschiedes zwischen vor und nach dem Training in der Subskala *Oculomotor* wurden die Subskalen und die *SSQ-Total Scores* wie in Tabelle 13 ersichtlich gegenübergestellt. Für die Erklärung dieses Ergebnisses wurde die Stichprobe  $N= 10$  mit dem Ausreisser gewählt. Es ist zu erkennen, dass sich die Ausreisser-Werte in den Subskalen *Oculomotor*, *Disorientation* und *SSQ-Total Score* erheblich von der restlichen Stichprobe unterscheiden, was zu einer Verzerrung der Daten führt. Der Ausreisser befindet sich in der Gruppe *empfindlich*. Es ist interessant, dass es sich um den TN mit dem zweithöchsten MSSQ-Wert (28.13) handelt und entgegen der Erwartung nicht um den TN mit dem höchsten MSSQ-Wert (48.05!).

Tabelle 13. Gegenüberstellung Subskalen und SSQ-Total Score T1+T2, Gruppen empfindlich+nicht empfindlich

Subskalen Nausea, Oculomotor, Disorientation, SSQ-Total Score T1 und T2, n= 10

Gruppe empfindlich	Nausea T1	Nausea T2	Oculomotor T1	Oculomotor T2	Disorientation T1	Disorientation T2	SSQ-Total Score T1	SSQ-Total Score T2
	19.080	28.620	7.580	0.000	0.000	0.000	99.710	107.040
	19.080	19.080	30.320	0.000	13.920	0.000	236.820	71.360
Ausreisser	9.540	28.620	15.160	53.060	13.920	125.280	144.440	774.030
	28.620	28.620	22.740	7.580	13.920	13.920	244.150	187.450
	0.000	9.540	15.160	15.160	0.000	13.920	56.700	144.440

Gruppe nicht empfindlich	Nausea T1	Nausea T2	Oculomotor T1	Oculomotor T2	Disorientation T1	Disorientation T2	SSQ-Total Score T1	SSQ-Total Score T2
	38.160	47.700	15.160	7.580	0.000	27.840	199.420	310.870
	0.000	0.000	30.320	15.160	13.920	13.920	165.460	108.760
	0.000	9.540	15.160	7.580	0.000	0.000	56.700	64.030
	9.540	28.620	15.160	0.000	0.000	0.000	92.380	107.040
	38.160	28.620	37.390	22.740	13.920	13.920	336.530	244.150

Werden die Werte von T1 mit den Werten von T2 gegengerechnet, ergibt dies die Veränderung in der Bewertung der Subskalen zwischen den beiden Zeitpunkten. Die Veränderung anhand der Mittelwerte der jeweiligen Gruppen mit N= 10 kann Tabelle 14 entnommen werden.

Tabelle 14. Veränderung Subskalen, beide Gruppen, mit Ausreisser (links) und ohne Ausreisser (rechts)

	Mittelwert Gruppe «nicht empfindlich»	Mittelwert Gruppe «empfindlich»	Differenz Mittelwerte	Mittelwert Gruppe «nicht empfindlich»	Mittelwert Gruppe «empfindlich»	Differenz Mittelwerte
Veränderung Nausea	-6.360	-7.155	0.795	-5.724	-4.770	-0.954
Veränderung Oculomotor	1.895	-5.053	6.948	12.128	13.265	-1.137
Veränderung Disorientation	0.000	-20.880	20.880	-5.568	0.000	-5.568
Veränderung SSQ Total Score	-8.602	-63.983	55.381	3.126	31.771	-28.645

Mit den Ausreisser-Daten haben bei der Gruppe *empfindlich* alle Mittelwerte von T1 zu T2 abgenommen (links), was eine Verschlechterung der Symptome bedeutet. Für die Subskala *Oculomotor* ist ersichtlich, dass sich die Symptome um -5.053 verschlechtern haben (links). Ohne Ausreisser zeichnet sich jedoch eine starke Verbesserung von 13.265 ab. Der tatsächliche Unterschied zwischen den Gruppen anhand der Wertedifferenzen ohne Ausreisser wird somit kleiner und ist nicht durch Verzerrungen verfälscht, welche die Unterschiede zwischen den Gruppen grösser darstellen, als sie effektiv sind.

Um die Veränderung der Symptome der jeweiligen Subskalen und des SSQ-Total Scores zu veranschaulichen, wurde die Differenz der Werte T1 und T2 gerechnet. Anders als in Tabelle 14 abgebildet, bedeuten negative Werte hier eine Verbesserung der Symptome. Für die Subskala *Oculomotor* ist erkennbar, dass sich die Symptome bei neun TN verbessert haben, einzig beim Ausreisser ist eine deutliche Verschlechterung erkennbar. Der SSQ-Total Score hat sich überraschenderweise in beiden Gruppen bei

drei TN verschlechtert, wobei beim Ausreisser eine erhebliche Verschlechterung stattgefunden hat. Für die Subskala *Nausea* sind die Gruppenunterschiede ebenfalls nicht stark und bei *Disorientation* hat es bei vier von fünf TN keine Veränderung gegeben (Tabelle 15).

Tabelle 15. Veränderung Subskalen und SSQ-Total Score, Gruppen empfindlich+nicht empfindlich, mit Ausreisser

Veränderung Subskalen Nausea, Oculomotor, Disorientation und  
SSQ-Total Score T1 und T2, n= 10

Gruppe empfindlich	Nausea	Oculomotor	Disorientation	SSQ-Total Score
	9.540	-7.580	-0.000	7.330
<b>Ausreisser</b>	<b>19.080</b>	<b>37.900</b>	<b>111.360</b>	<b>629.590</b>
	-0.000	-15.160	-0.000	-56.700
	9.540	-0.000	13.920	87.740
	-0.000	-30.320	-13.920	-165.460

Gruppe nicht empfindlich	Nausea	Oculomotor	Disorientation	SSQ-Total Score
	9.540	-7.580	27.840	111.450
	-0.000	-15.160	-0.000	-56.700
	9.540	-7.580	-0.000	7.330
	19.080	-15.160	-0.000	14.660
	-9.540	-15.160	-0.000	-92.380

Um eine Erklärung für die Verbesserung der Symptome für die Subkategorie *Oculomotor* zu erhalten, wurden die sieben Items des SSQ-Fragebogens, welche dieser Subkategorie zugeordnet werden, einzeln betrachtet. Für die Items *allgemeines Unwohlsein* und *Müdigkeit* haben zwei TN eine Verbesserung der Symptome erfahren, für sieben TN fand keine Veränderung statt. Die *Überanstrengung der Augen* hat sich bei allen TN verbessert. Weitere Ergebnisse sind in Tabelle 16 ersichtlich.

Tabelle 16. Veränderung Subskala Oculomotor für T1+T2, N=9

Veränderung Subskala Oculomotor mit Items T1 und T2, n= 9

	Gar nicht	Etwas	Mittel	Stark	Veränderung Verbesserung (+) / Verschlechterung (-) / Unverändert (=)
Allgemeines Unwohlsein T1	6	3	---	---	2 (+) / 7 (=)
Allgemeines Unwohlsein T2	8	1	---	---	
Müdigkeit T1	3	5	1	---	2 (+) / 7 (=)
Müdigkeit T2	4	5	---	---	
Kopfschmerzen T1	7	2	---	---	1 (-) / 1 (+) / 7 (=) Ein TN hatte zum Zeitpunkt T1 etwas Kopfschmerzen, bei T2 gar nicht (+) Ein TN hatte zum Zeitpunkt T1 gar nicht Kopfschmerzen, bei T2 etwas (-)
Kopfschmerzen T2	7	2	---	---	
Überanstrengung der Augen T1	---	7	2	---	9 (+)
Überanstrengung der Augen T2	8	1	---	---	
Probleme scharf zu sehen T1	8	1	---	---	9 (=)
Probleme scharf zu sehen T2	8	1	---	---	
Konzentrationsschwierigkeiten T1	8	1	---	---	1 (+) / 8 (=)
Konzentrationsschwierigkeiten T2	9	---	---	---	
Verschwommenes Sehen T1	9	---	---	---	9 (=)
Verschwommenes Sehen T2	9	---	---	---	

Weiter wurde für die 16 Items des SSQ-Fragebogens ein Wilcoxon-Test für beide Gruppen ( $N=9$ ) gerechnet. Für die Items *Überanstrengung der Augen* ( $Z=-2.887$ ,  $p=0.004$ ) und *Schwitzen* ( $Z=-2.530$ ,  $p=0.011$ ) wurde ein statistisch signifikanter Unterschied gefunden. Der Median für die Bewertung war 0 (Interquartilsabstand= 0) vor dem Training und ist danach auf 1 angestiegen (Interquartilsabstand= 0.5). Für alle TN haben die Bewertungen abgenommen. Der Mittelwert war bei 0.11 ( $SD=0.333$ ) und erhöhte sich nach dem Training auf 1.22 ( $SD=0.441$ ). Für das Item *Schwitzen* war der Median der Bewertung 1 (Interquartilsabstand= 1) vor dem Training und ist danach auf 2 angestiegen (Interquartilsabstand= 1). Der Mittelwert war bei 0.56 ( $SD=0.527$ ) und erhöhte sich nach dem Training auf 1.44 ( $SD=0.726$ ). Für sieben TN haben die Bewertungen zugenommen und für zwei TN gab es keine Veränderung in der Bewertung (Anhang Q).

### Generelle Fragen zum Training

Für die Auswertung der Fragen wurde eine Überprüfung auf Normalverteilung der Daten vorgenommen. Für die Variablen *Ich fand die Übung aufregend* ( $p=0.200$ ), *ich fand die Übung fesselnd* ( $p=0.059$ ), *ich fand die Übung angenehm* ( $p=0.200$ ), *Ich fand die Übung herausfordernd* ( $p=0.144$ ) und *ich fand die Übung verwirrend* ( $p=0.054$ ) wurde keine Signifikanz angegeben, somit sind diese Variablen normalverteilt (Anhang S). Für diese wurde ein  $t$ -Test für unabhängige Stichproben nach Student gerechnet (Anhang T).

Die Ergebnisse des Levene-Tests weisen für alle Variablen eine Signifikanz von  $p = > 0.050$  auf, was auf Varianzhomogenität schliessen lässt und besagt, dass sich die Gruppen in ihren Bewertungen signifikant unterscheiden.

Der *t*-Test für den Mittelwertvergleich weist jedoch für alle Variablen einen *p*-Wert  $> 0.050$  auf, wodurch die Unterschiede zwischen den Gruppenmittelwerten nicht signifikant und zufällig zustande gekommen sind (Anhang T).

Der *U*-Test nach Mann-Whitney, welcher für die nicht normalverteilten Variablen *Immersionsgefühl insgesamt, ich hätte mehr Zeit für die Übung benötigt, ich wollte nach einer Weile aufhören, ich fand die Übung unterhaltsam, ich hatte Spass während der Übung, ich fand die Übung frustrierend, ich fand die Übung langweilig, ich fand die Übung schwierig zu absolvieren, ich fand die Übung anstrengend und ich fand die Übung ermüdend* ergeben keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen (Anhang U).

Die TN konnten ihre Einschätzung über ihre Erfahrungen mit dem Training auf einer Likert-Skala zwischen (1) „Stimme überhaupt nicht zu“ bis (5) „Stimme vollkommen zu“ angeben. Es wurden alle möglichen Antwortalternativen genutzt. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Fragen zur Erfahrung mit dem Training erläutert:

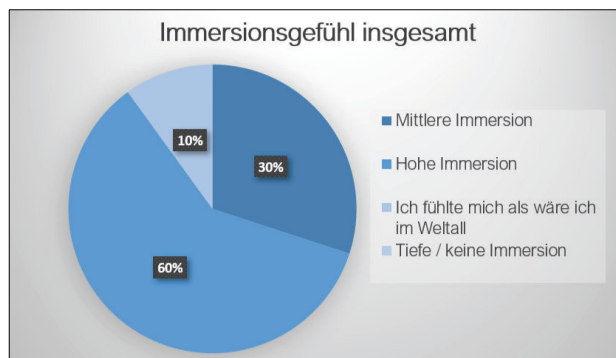


Abbildung 3. Eigene Darstellung: Immersionserfahrung insgesamt

60% der TN gaben an, während des Trainings eine hohe und 30% eine mittlere Immersion empfunden zu haben. Ein TN gab an, sich gefühlt zu haben, als wäre er / sie im Weltall (Abbildung 3).

Tabelle 17. Eigene Darstellung: Zeit war ausreichend

Zeit reichte aus	%-Anteil Nennungen
Ja	80%
Nein	20%

80% der TN gaben an, dass die Zeit, sich mit der virtuellen Welt vertraut zu machen, ausreichte. 20% waren der Meinung, dass für die Instruktion mehr Zeit hätte einberechnet werden müssen (Tabelle 17).

Bis auf eine Person haben alle TN angegeben, dass sie nicht nach einer Weile aufhören wollten. 100% der TN würden gerne auch andere Trainings mit VR ausprobieren. 20% der TN stimmen der Aussage stark zu, dass sie das Training unterhaltsam fanden, 80% stimmen der Aussage vollkommen zu.

Tabelle 18. Eigene Darstellung: Die Übung war aufregend

<b>Die Übung war aufregend</b>	<b>%-Anteil der Nennungen</b>
Stimme teilweise zu	30%
Stimme stark zu	40%
Stimme vollkommen zu	30%

70% der TN stimmen stark oder vollkommen zu, dass das Training für sie aufregend war, 30% stimmen dieser Aussage teilweise zu (Tabelle 18).

Tabelle 19. Eigene Darstellung: Spass an der Übung

<b>Ich hatte Spass an der Übung</b>	<b>%-Anteil der Nennungen</b>
Stimme teilweise zu	20%
Stimme stark zu	10%
Stimme vollkommen zu	70%

Spas am Training zu haben war für 80% der TN stark oder vollkommen der Fall, 20% teilten diese Ansicht zumindest teilweise (Tabelle 19).

Tabelle 20. Eigene Darstellung: Übung war fesselnd

<b>Ich fand die Übung fesselnd</b>	<b>%-Anteil der Nennungen</b>
Stimme teilweise zu	30%
Stimme stark zu	30%
Stimme vollkommen zu	40%

Das Gefühl von der virtuellen Welt gefesselt zu sein hatten 70% der TN stark oder vollkommen, 30% stimmten dem nur teilweise zu (Tabelle 20).

Tabelle 21. Eigene Darstellung: Übung war angenehm

<b>Ich fand die Übung angenehm</b>	<b>%-Anteil der Nennungen</b>
Stimme teilweise zu	20%
Stimme stark zu	50%
Stimme vollkommen zu	30%

80% der TN empfanden das Training stark oder vollkommen angenehm, 20% stimmen dieser Aussage teilweise zu (Tabelle 21).



Abbildung 4. Eigene Darstellung: Übung war herausfordernd

Die Einschätzung der TN über den Grad der empfundenen Herausforderung ist in Abbildung 4 dargestellt. 70% der TN fanden das Training teilweise, stark oder vollkommen herausfordernd, 30% der TN stimmen dem nicht zu. Weiter gaben 90% der TN an, das Training überhaupt nicht frustrierend oder langweilig empfunden zu haben; ein TN stimmte diesen Aussagen wenig zu. Das Training wurde von den meisten TN als nicht schwierig eingeschätzt (Tabelle 22).

Tabelle 22. Eigene Darstellung: Übung war schwierig

Ich fand die Übung schwierig	%-Anteil der Nennungen
Stimme überhaupt nicht zu	60%
Stimme wenig zu	30%
Stimme teilweise zu	10%

90% der TN fanden, dass das Training überhaupt nicht bis teilweise anstrengend war. Ein TN hatte das Training als stark anstrengend empfunden (Abbildung 5).



Abbildung 5. Eigene Darstellung: Übung war anstrengend

Der Aussage, dass das Training ermüdend war, stimmten 60% der TN überhaupt nicht oder wenig zu, 40% waren der Ansicht, das Training sei teilweise ermüdend gewesen. Alle TN haben das Training als nicht schmerzhaft empfunden. 90% der TN haben das Training nicht verwirrend empfunden, 10% waren teilweise dieser Ansicht. Zusätzlich zu dem Fragebogen wurde die Einschätzung der TN zum Trainingsinhalt mittels Kurzbefragung erhoben. Die Ergebnisse werden im folgenden Kapitel 4.2.3 erläutert.

### 4.2.3 Kurzbefragung

Aus den Ergebnissen der Kurzbefragungen können folgende für die Beantwortung der Fragestellungen relevanten Antworten abgeleitet werden:

- **Erfahrungen mit dem Training auf dem Sensopro Luna unter der Verwendung von VR**

Die TN empfanden das Training als körperlich eher anspruchsvoll. Sie nannten hohe Anforderungen an Koordination, Gleichgewicht, Balance und Orientierung. Da keiner der TN bisher eine vergleichbare Erfahrung gemacht hat, bestand die Herausforderung zusätzlich in der Gewöhnung an den Sensopro Luna in Verbindung mit VR und im Zurechtfinden in der virtuellen Welt. Dass sich die TN während des Trainings an den Rails festhalten konnten, wurde geschätzt. Drei TN gaben an, dass die Erfahrung neu für sie ist und rund die Hälfte hatten Spass dabei. Die TN finden den Einsatz von Musik gut, da durch diese die Geschwindigkeit vorgegeben wird und die Trainings dadurch effektiver gemacht werden können.

- **Erfahrungen mit anderer Hardware als Oculus Quest und Unterschiede (Tabelle 23)**

60% der TN haben Erfahrungen mit anderer Hardware als Oculus Quest, 30% hatten keine Vorerfahrung mit VR und ein TN kannte die Oculus Quest 2.

Tabelle 23. Eigene Darstellung: Antwortzusammenfassung Hardware

Hardware	Unterschied zu Oculus Quest	%-Anteil Nennungen
Oculus Quest 2	Bessere Auflösung und Verstellen der Linse besser	10%
Andere (Bezeichnung unbekannt)	Verursachte Druckstellen am Kopf.	10%
	Qualität von Oculus Quest war besser.	20%
	Kein Unterschied bemerkt.	10%
	Oculus Quest war angenehmer zu tragen.	10%
Samsung (Bezeichnung unbekannt)	Bei Oculus Quest sah man die reale Umgebung (Mixed-Reality) was bei dieser nicht möglich war.	10%
Keine Vorerfahrung mit VR	----	30%

- Könnten Sie sich vorstellen, dieses Training auch in der Öffentlichkeit, z.B. in einem Fitnessstudio, zu machen?

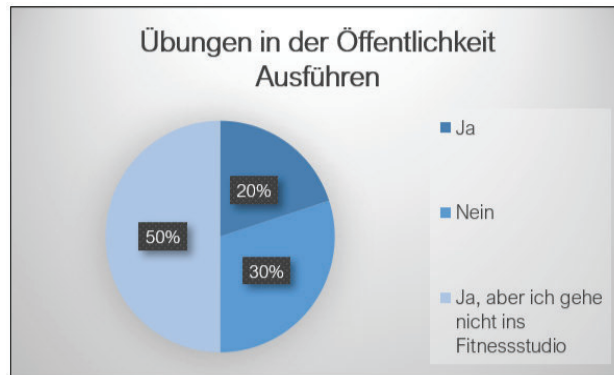


Abbildung 6. Eigene Darstellung: Antwortzusammenfassung Fitnessstudio

Wie in Abbildung 6 ersichtlich ist, würden 20% der TN das Training in der Öffentlichkeit wie in einem Fitnessstudio machen. Vorbehalte gibt es aufgrund von Schamgefühlen und dass die Umgebung nicht wahrgenommen werden kann, die Umgebung die Personen jedoch schon. Wäre der Sensopro Luna in einem separaten Raum platziert, würde dies die Akzeptanz und Motivation steigern. TN, welche sich gegen die Benutzung in der Öffentlichkeit ausgesprochen haben, argumentieren mit der fehlenden Kontrolle über die korrekte Ausführung des Trainings, da man sich selbst nicht sehen kann, ebenso wie mit Schamgefühlen.

- Training mit VR am ehesten machen wollen: Zuhause / Fitnessstudio / Gesundheitspraxis?

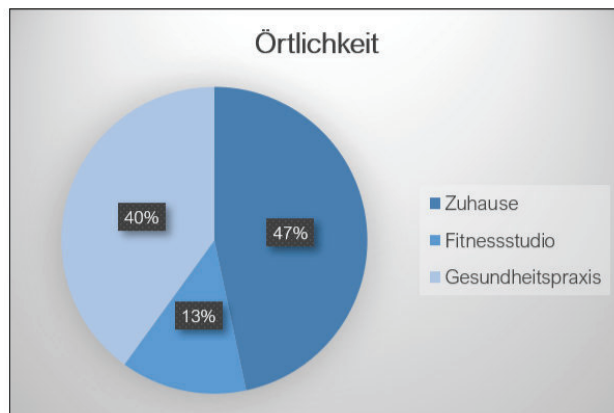


Abbildung 7. Eigene Darstellung: Antwortzusammenfassung Örtlichkeit

Ein Argument für die Gesundheitspraxis besteht in der Möglichkeit, durch eine Fachperson kontrolliert und instruiert zu werden, damit die TN sicher sind, dass das Training korrekt ausgeführt wird. Für die Durchführung zuhause sprechen die Zeit- und Wegersparnis und der geringere Aufwand. Dadurch schätzen die TN auch die Motivation und die konsequente Durchführung höher ein. Wie in Abbildung 7 ersichtlich, sprechen sich die meisten gegen das Fitnessstudio aus, da sich die TN zu beobachtet fühlen würden in einem solchen Setting, relativ betrachtet zu den anderen Auswahlmöglichkeiten.

- **Bessere Gestaltung für besseren Komfort und Zufriedenheitsrate?**

In Tabelle 24 sind die Ausführungen und Empfehlungen ersichtlich, wie die virtuelle Welt besser gestaltet und inhaltlich erweitert werden könnte. Am wichtigsten erachten 90% der TN eine Variation der Welten und die freie Wahl der Musik.

Tabelle 24. *Eigene Darstellung: Antwortzusammenfassung Gestaltung*

Beschreibung	% Anteil Nennungen
Qualitative Verbesserung, um das Spiel interessanter zu gestalten und bessere Immersion zu erzeugen, mehr und andere Übungen	10%
Wechselnde Welten und Musik (selbst wählbar)	90%
Punktezahl überflüssig, keine Anhaltspunkte ob Stand gut oder schlecht, keine zusätzliche Motivation.	20%
Multiplayer Spiel daraus machen	10%
Instruktionen könnten mehr im Gesichtsfeld sein	20%
Radius Sternenstaub-Strahl weiter machen, damit nicht direkt im Blickfeld	10%

- **Was fanden Sie besonders interessant / spannend / spassig?**

Was die TN besonders interessant, spannend und spassig gefunden haben, wird in Tabelle 25 dargestellt. Die Kombination von realen Bewegungen, einem wackligen Untergrund und VR beeindruckten 40% der TN. Der Fokus auf mehrere Sachen gleichzeitig und die Immersion fanden je 30% der TN interessant.

Tabelle 25. *Eigene Darstellung: Antwortzusammenfassung interessant / spannend / spassig*

Beschreibung	% Anteil Nennungen
Die Integration von realen Bewegungen, mit wackligem Untergrund und VR	40%
Dass man sich auf mehrere Sachen gleichzeitig konzentrieren muss	30%
Einfach einmal eine VR-Brille anzuziehen	20%
Dass man den Kopf im Sternenstaub-Strahl halten musste	20%
Spielerlebnis: Man macht Sport, aber es fühlt sich nicht wie Sport an	20%
Immersion / man macht etwas, aber sieht sich selbst und die Realität nicht	30%
Dass die Geschwindigkeit der Übungen vorgegeben wurde	10%
Musik	10%

- Was hat Ihnen nicht gefallen / gefehlt?

Die Tabelle 26 verdeutlicht inhaltliche Aspekte, welche die TN anpassen oder ergänzen würden und was ihnen am Training gefehlt hat.

Tabelle 26. Eigene Darstellung: Antwortzusammenfassung was hat gefehlt

Beschreibung	% Anteil Nennungen
Sternenstaub war zu hell, allgemein sollten nicht zu helle (weisse) Sachen verwendet werden, da diese eher blenden mit VR.	10%
Sternenstaub sieht nicht wie Sternenstaub aus.	10%
Anleitungen zu Übungen könnten zeitverzögerter zum Sternenstaub kommen.	20%
Anfängerprogramm einführen, wo die Übungen noch besser erklärt werden.	10%
Übungen zuerst ohne Brille machen, um zu sehen, ob man sie korrekt ausführt.	10%
Hindernisse oder ähnliches einbauen für schnellere Bewegung und Aktivität.	10%
Gegen Schluss ermüdend für die Augen und Druck am Kopf von der Brille.	10%
Anweisungen über korrekte Ausführung der Übungen.	10%
Über längere Zeit wird es zu langweilig, weil es immer das Gleiche ist.	10%
Freie Auswahl der Musik	10%

- Gedanken während des Trainings:

30% der TN gaben an, dass sie sich zuerst überlegen mussten, wie sie stehen sollen, während das Training bereits begonnen hatte. 20% der TN haben sich darauf fokussiert, den Sternenstaub einzufangen. Bei den Lungen fürchteten 20% der TN, dass sie das Band verfehlen und runterstürzen, da sie nichts von der Umgebung wahrnehmen konnten.

Es wurde auch angemerkt, dass es zu Trainingsbeginn zu viele Inputs wie den Punktezähler, die Anweisungen, den Sternenstaub, der bereits auf die TN zukommt, und dass man sich gleichzeitig überlegen muss, welches Bein nun vorne ist. Dadurch, dass der Punktezähler ausserhalb des Sichtfeldes platziert ist, wird es für die TN schwierig, diesen im Blick zu haben und gleichzeitig den Kopf nicht aus dem Sternenstaub zu bewegen. Wären die Punkte mehr im Blickfeld, würde die Punktezahlung allenfalls auch mehr motivieren. Weiter gaben die TN an, dass die Punktevergabe nicht klar definiert sei. Es sei unklar, wann die Punkte verdoppelt werden und was anders gemacht werden müsste, um mehr Punkte zu erhalten. Hier würde sich eine klarere Instruktion anbieten.

Weiter wurde angemerkt, dass ein Feedbacksystem hilfreich wäre, anhand dessen erkennbar ist, ob die TN das Training korrekt ausführen. 20% der TN gaben an, während des Trainings auf den Timer geachtet zu haben, da sie körperlich ermüdeten. 30% der TN machten sich kaum Gedanken während des Trainings, sondern konzentrierten sich auf die korrekte Ausführung.

- Würden Sie das Training weiterempfehlen?

Wie in Abbildung 8 ersichtlich ist, würden 60% der TN das Training vorbehaltlos weiterempfehlen. Das Training gestaltet den Sport spielerischer und es wird ein ganz anderer Anreiz durch die VR-Technologie geboten. Genannt wurden grösserer Ansporn und Motivation, da an sich langweilige Übungen auf diese Art interessanter gemacht werden.

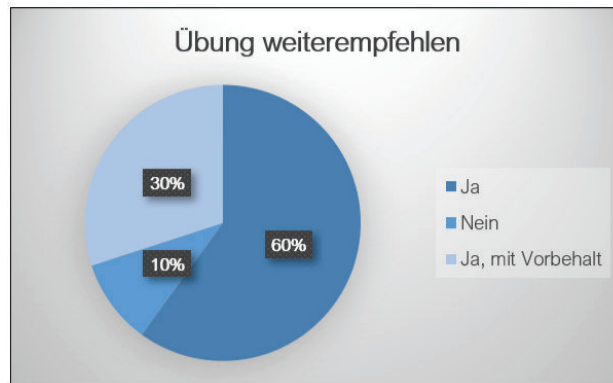


Abbildung 8. Eigene Darstellung: Antwortzusammenfassung Weiterempfehlung

Vorbehalte bestehen in der Dauer der Trainings: Die TN sehen den Vorteil in kürzeren Sessions von 10-15 Minuten; längere Sessions von 30-45 Minuten werden als weniger geeignet angesehen. Mit der Zeit könnte der Effekt der Neuartigkeit verfliegen, so dass das Training auch in diesem Setting nicht mehr gemacht wird. Deshalb wäre es wichtig, verschiedene Übungen, Welten und Musikstile anzubieten.

Nicht weiterempfehlen würden die TN das Training für Rehabilitationspatienten, sehr anfälligen Personen für MoS / SiS oder Personen mit Gelenkproblemen, es sei denn, die Trainings würden durch Fachpersonen instruiert und überwacht. Die Notwendigkeit einer sauberen Instruktion und anfängliche Begleitung durch eine Fachperson, unabhängig von körperlichen Einschränkungen oder Erfahrungsstand, wurde mehrfach genannt.

In einem gesundheitsbezogenen Kontext (Gesundheitspraxis) sehen die TN Potenzial, für Fitnessstudios eher weniger, da in diesem Setting soziale Aspekte im Zentrum stehen und nicht die isolierte Durchführung von Trainings. Für Personen, welche nicht ins Fitnessstudio gehen, sehen die TN diese Art von Sport hingegen als besonders empfehlenswert.

Im folgenden Kapitel 5 werden die obenerwähnten Ergebnisse diskutiert und die Fragestellungen anhand der Ergebnisse beantwortet sowie eine Methodenreflexion vorgenommen.

## 5. Diskussion

In diesem Kapitel werden die in der Einleitung dieser Bachelorthesis definierten Fragestellungen beantwortet und diskutiert, anschliessend wird die Methodik anhand der Durchführung, des Forschungsdesigns, der Technik und der menschlichen Einflüsse reflektiert.

### 5.1 Beantwortung und Diskussion der Fragestellungen

Im Rahmen dieser Bachelorthesis wurden zehn Personen rekrutiert, wovon je fünf anhand ihrer MSSQ-Werte in die Gruppen *empfindlich* und *nicht empfindlich* eingeteilt wurden. Bei der Bearbeitung der Daten konnte ein Ausreisser in der Gruppe *empfindlich* identifiziert werden, worauf die Daten aus der Stichprobe entfernt wurden. Widererwarten konnten alle TN, selbst die Empfindlichsten, das Training ohne Probleme vollständig durchführen. In den folgenden Kapiteln werden die Ergebnisse vertiefter diskutiert.

#### 5.1.1 Körperempfinden der TN

Das Körperempfinden wird mit qualitativen und quantitativen Methoden erhoben. Die Fragestellung

Wie ist das Körperempfinden der Teilnehmenden bei der Verwendung von Virtual Reality während des Sports?

lässt sich anhand der qualitativen Ergebnisse wie folgt beantworten: In der Kurzbefragung beschreiben die TN das Training als anspruchsvoll. Die Anforderungen an Koordination, Gleichgewicht, Balance und Orientierung wurden als hoch wahrgenommen. Die TN benötigen einige Zeit für die Gewöhnung an den Sensopro Luna mit gleichzeitiger Verwendung von VR, damit sie sich in der virtuellen Umgebung zurechtfinden können. Bei den Lunges fühlt sich ein Teil der TN unsicher, da die Umgebung nicht wahrgenommen werden kann, was zusätzlich Furcht vor einem Sturz verursacht. Allgemein schätzen die TN die Integration von realen Bewegungen mit einem instabilen Untergrund und VR. Dadurch, dass die Instruktion sehr zeitnah zum Trainingsbeginn eingeblendet wird, fühlen sich einige TN gestresst. Bei 20% tritt während des Trainings körperliche Ermüdung auf.

Quantitativ zeigen sich hinsichtlich der Veränderung der SSQ-Total Score Werte, der Erfahrung mit dem Training und den Subkategorien *Nausea* und *Disorientation* des SSQ-Fragebogens keine statistisch signifikanten Gruppenunterschiede hinsichtlich ihrer zentralen Tendenz.

Die Mittelwerte der Subskalen *Nausea* und *Oculomotor* zum Zeitpunkt T1 übersteigen den von Kennedy et al. (1993) genannten Richtwert von 15. Auch die Mittelwerte der Subskalen *Nausea* für *beide Gruppen* sowie *Oculomotor* bei der Gruppe *nicht empfindlich* zum Zeitpunkt T2 sind >15. Es wurde jedoch kein signifikant negativer Einfluss auf das Körperempfinden der TN festgestellt.

Für die Subkategorie *Oculomotor* sind die Unterschiede mit  $N=10$  lediglich für die Gruppe *nicht empfindlich* signifikant, da die Daten des Ausreissers aufgrund der starken Verschlechterung der Symptome zu einer signifikanten Verzerrung führen. Eine Erklärung für die beinahe flächendeckende starke Verschlechterung der Werte des Ausreissers kann die Verfasserin weder aus der Kurzbefragung, aus den

Fragen über die Erfahrung mit dem Training noch aus den Äusserungen erschliessen; die / der TN bewertete das Training in der Kurzbefragung sogar sehr positiv. Ohne Ausreisser findet sich für *beide Gruppen* zusammen und für die Gruppe *nicht empfindlich* ein signifikanter Unterschied. Die Symptome der Gruppe *nicht empfindlich* haben sich numerisch etwas stärker verbessert als bei der Gruppe *empfindlich*. Ebenfalls ist die Stichprobe mit  $n=5$  grösser, was einen Einfluss auf die Signifikanz haben kann. Das zeigt sich dadurch, dass die Ergebnisse mit  $N=9$  wieder signifikant sind.

Werden die Items für *Oculomotor* separat betrachtet, findet sich in *allgemeines Unwohlsein*, *Müdigkeit* und *Überanstrengung der Augen* eine Verbesserung der Symptome. Sich unwohl zu fühlen kann verschiedene Ursachen haben: eine unbekannte und neuartige Situation, fremde Personen, Unwissen über den Ausgang des Experiments etc. Das Kennenlernen, die Kenntnis über den genauen Ablauf und das erfolgreiche Absolvieren des Trainings können Gründe für die Linderung des Unwohlseins sein. Die geringere Müdigkeit kann durch die körperliche Aktivität, die Aufgeregtheit und das positive Erleben des Trainings erklärt werden.

Generell ist die Verbesserung der Werte in der Subskala *Oculomotor* überraschend, da wie in Kapitel 2.3.1 erwähnt, das Auftreten von okulomotorischen Symptomen wie Überanstrengung der Augen, Konzentrationsschwierigkeiten und Kopfschmerzen in Simulatoren oder bei der Verwendung von VR-Technologien grösser ist (Bijveld, Bronstein, Golding & Gresty (2008)) und es empirisch eher unwahrscheinlich ist, dass sich die Symptome während eines Trainings mit VR sogar verbessern.

Für das Item *Schwitzen* findet sich für *beide Gruppen* und für die Gruppe *empfindlich* eine statistisch signifikante Verschlechterung. Neben der körperlichen Aktivität kann die Ursache auch in der Befürchtung der TN, dass aufgrund ihrer Empfindlichkeit SiS auftreten kann und dadurch die Körpertemperatur durch die Angst stärker ansteigt, liegen. Es können sich durch Zufall auch mehr unsportliche in der Gruppe *empfindlich* befinden, welche durch das Training mehr beansprucht werden und dadurch stärker schwitzen.

Des Weiteren teilte eine / ein TN am Tag des Experiments mit, am Vorabend einen Migräneanfall gehabt und noch etwas Kopfschmerzen zu haben. Überraschenderweise verbesserten sich die Kopfschmerzen nach dem Training. Für eine / einen TN nahmen die Kopfschmerzen aufgrund von Druckstellen durch die VR-Brille etwas zu.

Für das Item *Überanstrengung der Augen* findet sich ebenfalls eine statistisch signifikante Verbesserung. Für diesen Umstand konnte keine Erklärung gefunden werden, zumal kein TN zuvor VR im Zusammenhang mit Sport benutzt hat und aufgrund dessen eher eine Verschlechterung der Symptome zu erwarten gewesen wäre. Weiter bleibt unklar, worauf die Überanstrengung der Augen zu Beginn des Experiments zurückzuführen ist.

Um das Problem der Multiplizität zu kontrollieren, wurde die Bonferroni-Korrektur durchgeführt. Die gefundenen Werte überschreiten den Korrekturwert von  $p=0.0125$  nicht, wodurch die Unterschiede als statistisch signifikant betrachtet werden können.

Das Training wird mit einer VR-Brille auf dem Gerät Sensopro Luna durchgeführt. Die TN bewegen sich entsprechend der virtuellen Darbietung der Bewegungsabläufe. Die Diskrepanz zwischen visuellen Reizen und tatsächlicher Bewegungsausführung wird dadurch klein gehalten, was ein Grund dafür sein kann, dass alle TN das Training erfolgreich absolvieren konnten, obwohl die MSSQ-Werte der Stichproben

bis 48.05 reichen. Ebenfalls musste kein TN auf das Medikament zurückgreifen, um allfällige SiS Symptome zu lindern. Das lässt vermuten, dass das Training selbst für empfindliche Personen kein Problem betreffend die Entstehung von SiS darstellt, da bei keinem der TN SiS aufgetreten ist.

In der Einschätzung über die Erfahrung mit dem Training haben sich die Gruppen ebenfalls nicht signifikant unterschieden. 30% empfinden das Training als herausfordernd, was teilweise mit der inhaltlichen Darbietung und nicht ausschliesslich auf die körperliche Herausforderung zurückzuführen ist. Unter den TN befinden sich sportliche und unsportliche Personen. Das Training wurde trotzdem von allen TN beendet, ebenso fühlen sich alle TN gut nach dem Training. Das lässt darauf schliessen, dass das Training auch von nicht sportlichen Personen problemlos absolviert werden kann, was einige Personen zusätzlich motivieren könnte, sich sportlich zu betätigen, da die Anstrengung durch die Ablenkung von VR nicht als unangenehm wahrgenommen wird.

### 5.1.2 Akzeptanz und Motivation der TN

Durch die qualitative Methode können wichtige Erkenntnisse hinsichtlich der Akzeptanz und Motivation der TN in der Nutzung von VR im Sport gewonnen werden. Die in der Einleitung definierte Fragestellung

Wie hoch sind die Akzeptanz und die Motivation der Teilnehmenden, Virtual Reality während des Sports anzuwenden?

lässt sich anhand der Ergebnisse folgendermassen beantworten: Die TN hatten ohne Ausnahme Spass am Training. 20% der TN würden das Training mit VR in einem Fitnessstudio absolvieren. Die restlichen TN haben Bedenken aufgrund von Scham und fehlender Überwachung durch eine Fachperson.

Die Akzeptanz und Motivation könnten gesteigert werden, indem das Gerät in einem separaten Raum platziert wäre, in welchem nur Personen anwesend sind, welche ebenfalls Trainings mit VR absolvieren. Könnten die Trainings zuhause absolviert werden, würden 47% der TN diese Option nutzen, da sie dadurch Zeit- und Wegersparnis hätten, was die Motivation zusätzlich steigert.

Alle TN würden sich wünschen, die Umwelten und die Musik selbst wählen zu können. Um die Motivation auf Dauer aufrecht zu erhalten, sollten eine grössere Variation der Übungen, der Einbau von Hindernissen für höhere Aktivierung und eine Multiplayer-Option angeboten werden. Der grösste Motivator in der VR Variante liegt wohl darin, dass zwar Sport getrieben, dies aufgrund der hohen Immersion und der spielerischen Darbietung allerdings nicht als anstrengend wahrgenommen wird.

Der Punkteähler kann dann motivierend wirken, wenn er näher im Blickfeld liegt und Klarheit darüber herrscht, unter welchen Umständen die Punkte verdoppelt oder verdreifacht werden. VR-Aufgaben welche Wettbewerbsfähigkeit induzieren, können kurzfristige Leistungssteigerungen hervorrufen, wenn die Person langsamer läuft als ein virtueller Konkurrent / eine virtuelle Konkurrentin (Nunes, Nedel & Roesler, 2014). Somit wäre das Vorhandensein von Wettbewerbsfähigkeit in der virtuellen Welt ein weiterer Marker, um die Motivation der TN zu steigern.

Hinsichtlich der Dauer empfiehlt es sich, die Trainings max. 10-15 Minuten lang zu gestalten. Bei längerer Dauer könnten Langeweile, körperliche Ermüdung oder Unwohlsein aufgrund der VR-Brille (Druckstellen) auftreten.

### 5.1.3 Möglichkeit VR und Sport zu kombinieren

Gemäss Neumann et al. (2018) konnten verschiedene Studien zeigen, dass interaktive VR-Anwendungen die physiologischen und psychologischen Leistungsbereiche von Athleten stark verbessern können. Wichtige Variablen stellen laut Neumann et al. (2018) die Anwesenheit Anderer in der virtuellen Welt, die Wettbewerbsfähigkeit, die Aufgabenanatomie, die Immersion, die Aufmerksamkeitsfokussierung und das Feedback dar. Die Fragestellung:

Inwiefern ist es möglich und sinnvoll, die im Rahmen einer Physiotherapie empfohlenen Übungen in einer Virtual Reality Umgebung auszuführen?

kann anhand der Ergebnisse der Kurzbefragung dahingehend beantwortet werden, dass die TN die Anwendung von VR im Rahmen einer Physiotherapie insofern als sinnvoll und möglich betrachten, als dass die Möglichkeit besteht durch eine Fachperson kontrolliert und instruiert zu werden, um sicherzustellen, dass die Übungen korrekt ausgeführt werden. Weiter wurde angemerkt, dass ein zusätzliches Feedbacksystem in der virtuellen Welt hilfreich wäre.

Als nicht sinnvoll betrachten die TN VR in der Physiotherapie für Rehabilitationspatienten, sehr anfälligen Personen für SiS oder Personen mit Gelenkproblemen; es sei denn, die Trainings würden durch Fachpersonen instruiert und überwacht. Die Notwendigkeit einer umfassenden Instruktion und anfängliche Begleitung durch eine Fachperson, unabhängig von körperlichen Einschränkungen oder Erfahrungsstand, wurden mehrfach genannt.

Um die Anfälligkeit von Patienten auf SiS zu überprüfen, könnten diese vor dem Training aufgefordert werden, einen MSSQ oder SSQ-Test auszufüllen, welcher im Programm integriert ist und dem Trainer / der Trainerin anschliessend direkt das Ergebnis anzeigt. Übersteigen Patienten einen gewissen Schwellenwert, wäre es diesen nicht erlaubt, die Anwendung zu nutzen. Dadurch könnten das Risiko und unnötige Konsequenzen für die Anbieter und Kunden minimiert werden. Was den Inhalt des Trainings betrifft, sind gemäss Neumann et al. (2018) Radfahren, Laufen und Rudern einfach in eine virtuelle Umgebung zu übersetzen, da sie Ausdauer-elemente enthalten.

## 5.2 Methodenreflexion

Die aufgrund der COVID-19 Situation verschärften Bedingungen gestalten die Durchführung des Experiments etwas herausfordernd. Während des gesamten Experiments muss eine Maske getragen werden und zusätzlich eine Untermaske während des Trainings mit VR. Die TN werden dadurch nicht nur durch die VR-Brille eingeschränkt, zusätzlich werden die Atmung durch die Maske und das Freihalten des Blickfeldes durch die Untermaske während des Trainings zusätzlich erschwert. Es muss mehr Zeit zwischen den TN eingeplant werden, damit alle Geräte nach jedem Durchgang desinfiziert und gereinigt und der Raum gelüftet werden kann.

Die TN füllen in der Vorselektion einen Fragebogen mit Elementen des MSSQ-Tests aus. Mit einer grösseren Stichprobe könnten aussagekräftigere Ergebnisse erzielt werden. Dadurch, dass neben quantitativen auch qualitative Erhebungsinstrumente gewählt werden, kann ein breites Spektrum an Wissen über die Erfahrung der TN gewonnen werden.

### 5.2.1 Technik

Für die Wiedergabe der virtuellen Welt wird die Oculus Quest verwendet. Durch die gute Qualität dieses Eingabegerätes wird das Training als angenehm empfunden und keiner der TN muss das Training vorzeitig abbrechen. Um mit dem Training zu beginnen, muss die virtuelle Welt vorgängig auf die entsprechende Position kalibriert werden. Dies hat grösstenteils funktioniert. Wenn sich die TN während der Kalibrierung zu weit nach unten bewegen, zeigt sich der Sternenstaub-Strahl in der virtuellen Welt entsprechend tief. Während des Trainings werden die TN mittels GoPro Hero 2 aufgezeichnet. Bis auf einen Fall, indem es statt einer Videoaufzeichnung eine Serien Fotoaufnahme generiert, hat auch dieser Aspekt der Technik einwandfrei funktioniert.

### 5.2.2 Menschliche Einflüsse

Unter den TN befinden sich auch Personen, welche zuvor noch nie eine VR-Brille benutzt haben. Dadurch, dass die TN, zusätzlich zur Maske, eine Untermaske für den Augenbereich anziehen müssen, wird etwas mehr Zeit benötigt. Da die TN einen unterschiedlichen Erfahrungsschatz in VR und in Sport mitbringen, werden die Übungen teils nicht korrekt ausgeführt. Durch den Umstand, dass sich die TN an den Rails festhalten können, wird der Zweck des Trainings bei einigen TN etwas verfehlt. Die Möglichkeit des Festhaltens ist aber notwendig, um Unfälle zu vermeiden, da durch die VR-Brille die Umgebung nicht mehr wahrgenommen werden kann und die TN somit keinen Anhaltspunkt haben, ob sie sich korrekt auf dem Sensopro Luna befinden. Die elastischen Tapes und die fehlende Erfahrung mit dem Sensopro Luna erschweren die korrekte Bewegungsausführung zusätzlich, weshalb die TN die Rails vermehrt zur Hilfe nehmen.

Nach der Diskussion und Beantwortung der Fragestellung findet sich in dieser Bachelorthesis im abschliessenden Kapitel 6 das Fazit und liefert einen Ausblick für zukünftige Forschungen.

## 6. Fazit und Ausblick

Das Unternehmen Sensopro AG möchte Sport und Training revolutionieren und auf das nächste Level bringen. Um das zu erreichen, beabsichtigt das Unternehmen den Einsatz von VR.

Die Rückmeldungen und Ergebnisse der TN zum Training mit VR sind durchaus positiv zu bewerten: Alle TN, sportliche wie unsportliche und selbst die MoS-/SiS-empfindlichsten konnten das Training problemlos absolvieren, wodurch eine breitere Masse erreicht und sogar unsportliche Personen dazu motiviert werden können Sport zu treiben, da die Anstrengung durch die Ablenkung mit VR als angenehm wahrgenommen wird. Dies würde nicht nur die individuelle Gesundheit fördern, sondern bestenfalls auch zu einer finanziellen Entlastung des Gesundheitssystems führen, wenn genug Personen Interesse an VR im Sport finden, sich dadurch mehr bewegen, gesünder leben und gesünder werden. Der Einsatz von VR im Sport ist zukunftsfähig, auch wenn die möglichen Einsatzgebiete, die Örtlichkeiten und die Zielgruppen vorgängig gründlich eruiert werden müssen. Dazu sollte auch dem Wunsch nach Privatsphäre Rechnung getragen werden, indem darauf geachtet wird, dass die Personen nicht „ausgestellt“ sind, während sie mit VR trainieren.

Wichtig für VR-basierte Trainings sind eine fundierte Einführung und Überwachung durch Fachpersonen, Feedbackmöglichkeit während des Trainings und das Einblenden eines Avatars, an welchem sich die TN orientieren können. Inhaltlich sollte die Musik frei gewählt und die Umwelten individuell ausgesucht werden können. Damit das Interesse nicht verloren geht, sollten verschiedene Übungen und kurze Trainings von maximal 10-15 Minuten absolviert werden können.

Obwohl bei keinem der TN SiS aufgetreten ist, muss das Risiko von SiS bei der Anwendung von VR im Sport und allgemein im Auge behalten und möglichst verhindert werden. Die Sensopro AG sollte bei der allfälligen Konstruktion einer virtuellen Welt die qualitativ hohen Anforderungen an die Gestaltung berücksichtigen. Diese hat einen erheblichen Einfluss darauf, ob SiS auftritt. Stimmen die virtuellen Bewegungen mit den tatsächlichen Körperbewegungen überein und werden die Inhalte in einer hohen grafischen Qualität dargeboten, kann dies die Entstehung von SiS massgeblich verringern. Um das Risiko einer Gefährdung der Personen aufgrund von SiS während des Trainings zu minimieren, könnte ein MSSQ- oder SSQ-Test in das System eingebaut werden, welcher vorgängig von allen Personen absolviert werden muss. Der Test liefert Hinweise über die Anfälligkeit von SiS, wodurch der Trainer / die Trainerin die Passung der Person für ein Training abschätzen und das Risiko für beide Seiten minimiert werden kann.

### 6.1 Zukünftige Forschungen

Damit die Ergebnisse dieser Bachelorthesis bestätigt werden können, sollte die Entstehung von SiS unter der Verwendung von VR mit weiteren VR-basierten Trainings und einer grösseren, repräsentativen Stichprobe untersucht werden. Mittels G\*Power wurde die Anzahl TN ausgerechnet, welche für einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen auf dem  $p=0.050$  Niveau für den SSQ-Total Score T1 und T2 erforderlich wären. Künftige Forschungen sollten für den SSQ-Total Score T1 nach Möglichkeit eine Stichprobe von 2032 TN und für den SSQ-Total Score T2 eine Stichprobe von 194 TN anstreben, um signifikante Unterschiede festzustellen, falls solche existieren. Um eine wissenschaftlich fundierte Erklärung

zu erhalten, weshalb selbst die empfindlichsten TN das Training problemlos absolvieren konnten und was die flächendeckende Verbesserung der Symptome in den Items der Subskala *Oculomotor* ausgelöst hat, sollten künftige Forschungen den Einsatz von Biofeedback während des Trainings in Erwägung ziehen: Die gewonnenen Daten dieser Bachelorthesis zu den körperlichen Erfahrungen basieren auf Selbstauskunft der TN, deshalb wäre es interessant, die körperlichen Reaktionen der TN anhand von physiologischen Messmethoden zu erfassen, wodurch weitere aufschlussreiche Erkenntnisse gewonnen werden können.

## 7. Literaturverzeichnis

- Aguinas, H., Henle, Ch.A. & Beaty Jr, J.C (2001). Virtual Reality Technology: A New Tool for Personnel Selection. *International Journal of Selection and Assessment*, 9(1-2), 70 – 83. DOI: 10.1111/1468-2389.00164.
- Benson, A.J. (1998). Motion sickness. In J.M. Stellman et al. (Eds.), *Encyclopaedia of occupational health and safety. 4th ed.* (S. 12-50). Geneva: International Labour Office.
- Benson, A.J. (1999). Motion sickness. In J. Ernsting, A.N. Nicholson & D.S. Rainford (Eds.), *Aviation Medicine* (S. 318-338). Oxford: Butterworth.
- Bijveld, M.M., Bronstein, A.M., Golding, J.F. & Gresty, M.A. (2008). Nauseogenicity of off-vertical-axis rotation versus equivalent visual motion. *Aviat Space Environ Med.*, 79(7), 661–5.
- Bles, W., Bos, J.E., de Graaf, B., Groen, E. & Wertheim, A.H. (1998). Motion sickness: Only one provocative conflict? *Brain Research Bulletin*, 47(5), 481-487. DOI: 10.1016/S0361-9230(98)00115-4
- Brandt, T., Bauer, M., Benson, J. & Huppert, D. (2016). Motion sickness in ancient China: Seasickness and cart-sickness. *Neurology*, 87(3), 331-5. DOI: 10.1212/WNL.0000000000002871.
- Burdea, G., & Coiffet, P. (2003). *Virtual Reality Technology* (2nd Edition). Hoboken NJ: Wiley-Interscience.
- Cheung, B. & Hofer, K. (2002). Lack of gender difference in motion sickness induced by vestibular Coriolis cross-coupling. *Journal of Vestibular Research*, 12(4), 191-200.
- Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5., vollst. Überarb., akt. U. erw. Aufl. 2016). Berlin: Springer. DOI: 10.1007/978-3-642-41089-5
- Dörner, R., Broll, W., Grimm, P. & Jung, B. (Hrsg.). (2013). *Virtual und Augmented Reality (VR / AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität* (1st ed.2013). Berlin: Springer. DOI: 10.1007/978-3-642-28903-3
- Dziuda, Ł., Biernacki, M.P., Baran, P.M. & Truszczyński, O.E. (2014). The effects of simulated fog and motion on simulator sickness in a driving simulator and the duration of after effects. *Applied Ergonomics*, 45(3), 406-412. DOI: 10.1016/j.apergo.2013.05.003
- Flick, U. (2017). *Qualitative Sozialforschung. Eine Einführung* (8. völlig überarbeitete Neuauflage). Reinbeck bei Hamburg: Rowohlt.
- Golding, J.F. (1998). Motion Sickness Susceptibility Questionnaire Revised and Its Relationship to Other Forms of Sickness. *Brain research bulletin*, 47(5), 507–516. DOI: 10.1016/S0361-9230(98)00091-4
- Golding, J.F. (2006). Predicting individual differences in motion sickness susceptibility by questionnaire. *Personality and Individual Differences*, 41(2), 237-248. DOI: 10.1016/j.paid.2006.01.012
- Golding, J.F. (2016). Chapter 27-Motion Sickness. *Handbook of Clinical Neurology*, 137(3), 371-390. DOI: 10.1016/B978-0-444-63437-5.00027-3
- Graybiel, A. & Lackner, J.R. (1987). Treatment of severe motion sickness with antimotion sickness drug injections. *Aviat Space Environ Med.*, 58(8), 773–6.

- Grunfeld, E. & Gresty, M.A. (1998). Relationship between motion sickness, migraine and menstruation in crew members of a «round the world» yacht race. *Brain Res Bull*, 47(5), 433-6. DOI: 10.1016/s0361-9230(98)00099-9
- Guedry, F.E. (1991). Motion sickness and its relation to some forms of spatial orientation: Mechanisms and theory. *AGARD-LS-175*, 2, 1–30.
- Hain, T.C. & Cherchi, M. (2016). Chapter 28-Mal de débarquement syndrome. In J.M. Furman & T. Lempert (Eds.), *Handbook of Clinical Neurology. 3rd series*. (S. 391-395). Chicago: Elsevier. DOI: 10.1016/B978-0-444-63437-5.00028-5
- Havron, M.D. & Butler, L.F. (1957). *Evaluation of training effectiveness of the 2-FH-2 helicopter flight training research tool* (Technical Report No. NAVTRADEVCEEN 20-OS-16, Contract 1915). Arlington, VA: U.S. Naval Training Device Center.
- Hsieh, M.C. & Lin, H. C. K. (2011). A Conceptual Study for Augmented Reality E-Learning System Based on Usability Evaluation. *CISME*, 1(8), 5-7. DOI: 10.5963/CISME0108002
- Hromatka, B.S., Tung, J.Y., Kiefer, A.K., Do, Ch.B., Hinds, D.A. & Eriksson, N. (2015). Genetic variants associated with motion sickness point to roles for inner ear development, neurological processes and glucose homeostasis. *Human Molecular Genetics*, 24(9), 2700–8. DOI: 10.1093/hmg/ddv028
- Huppert, D., Oldelehr, H., Krammling, B., Benson, J. & Brandt, T. (2016). What the ancient Greeks and Romans knew (and did not know) about seasickness. *Neurology*, 86(6), 560-5. DOI: 10.1212/WNL.0000000000002355
- Ijsselsteijn, W.A., De Kort, Y., Westerink, J., de Jager, M., & Bonants, R. (2004). Fun and sports: Enhancing the home fitness experience. *Lecture Notes in Computer Science*, 3166, 46-56. DOI: 10.1007/978-3-540-28643-1\_8
- Jerald, J. (2016). *The VR book: Human-centered design for virtual Reality* (1<sup>st</sup> ed.). New York: ACM.
- Katz, L., Parker, J.R., Tyreman, H., Kopp, G., Levy, R.M. & Chang, E. (2006). Virtual Reality in Sport and Wellness: Promise and Reality. *International Journal of Computer Science in Sport*, 4(1), 4-16.
- Kennedy, R.S., Lane, N.E., Berbaum, K.S., & Lilienthal, M.G. (1993). Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *The International Journal of Aviation Psychology*, 3(3), 203-220. DOI: 10.1207/s15327108ijap0303\_3
- Kuiper, O.X., Bos, J.E., Schmidt, E.A., Diels, C. & Wolter, S. (2020). Knowing What's Coming: Unpredictable Motion Causes More Motion Sickness. *Human Factors*, 62(8), 1339-1348. DOI: 10.1177/0018720819876139
- Lackner, J.R., Graybiel, A. (1994). Use of promethazine to hasten adaptation to provocative motion. *Journal of clinical pharmacology*, 34(6), 644–648. DOI: 10.1002/j.1552-4604.1994.tb02018.x
- Lackner, J.R. (2014). Motion Sickness: More Than Nausea and Vomiting. *Experimental brain research*, 232(8), 2493–2510. DOI: 10.1007/s00221-014-4008-8.
- Lawthor, A. & Griffin, M.J. (1988). A survey of the occurrence of motion sickness amongst passengers at sea. *Aviat Space and Env Med*, 59(5), 399-406.
- Mahrer, M. (2014). *Learning and Teaching in a Virtual World: Evaluation of the Learning Effectiveness and the Motivation*. Unveröffentlichte Masterarbeit, Universität Zürich – Faculty of Science (MNF).

- Martin-Gutiérrez, J., Efrén Mora, C., Añorbe-Díaz, B. & González-Marrero, A. (2017). Virtual Technologies Trends in Education. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(2), 469-486. DOI: 10.12973/eurasia.2017.00626a
- Mehnert, A.K. (2017). Virtual Reality Sickness just got real. Der Schwindel ist echt. Eine interdisziplinäre Betrachtung der VR-Krankheit. München: Grin. Verfügbar unter: <https://www.grin.com/document/454955>.
- Milgram, P. & Kishino, F. (1994). A Taxonomy Of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77(12). 1321-1329.
- Neukum, A. & Grattenthaler, H. (2006). *Kinetose in der Fahrsimulation*. (Abschlussbericht Teil II des Projekts „Simulation von Einsatzfahrten im Auftrag des Präsidiums der Bayerischen Bereitschaftspolizei) Mainz: Interdisziplinäres Zentrum für Verkehrswissenschaften. Verfügbar unter der Website der Bibliothek der Universität Würzburg: [https://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/opus4-wuerzburg/frontdoor/deliver/index/docId/6608/file/Neukum\\_et\\_al\\_2006\\_VTS\\_Abschlussbericht\\_Teil\\_II\\_Kinetose.pdf](https://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/opus4-wuerzburg/frontdoor/deliver/index/docId/6608/file/Neukum_et_al_2006_VTS_Abschlussbericht_Teil_II_Kinetose.pdf)
- Neumann, D.L., Moffitt, R.L., Thomas, P.R., Loveday, K., Watling, D.P., Lombard, Ch.L. et al. (2018). A systematic review of the application of interactive virtual reality to sport. *Virtual Reality*, 22, 183-198. DOI 10.1007/s10055-017-0320-5.
- Nunes, M., Nedel, L. & Roesler, V. (2014). Motivating people to perform better in exergames: Competition in virtual environments. *IEEE Virtual Reality (VR)*, 115-116. DOI: 10.1109/VR.2013.6549389
- Reason, J.T. & Brand, J.J. (1975). Motion sickness. London: Academic Press.
- Regan, E.C. & Price, K.R. (1994). The frequency of occurrence and side effects of immersion virtual reality. *Aviat Space Environ Med.*, 65(6), 527–30.
- Sensopro Swiss (2021). Geschichte der Sensopro AG und Produkt Sensopro Luna. Retrieved from: <https://sensopro.swiss/ueber-uns/geschichte> und <https://sensopro.swiss/grosse-luna/produkt>.
- Sevinc, V. & Berkman, M.I. (2020). Psychometric evaluation of Simulator Sickness Questionnaire and its variants as a measure of cybersickness in consumer virtual environments. *Applied Ergonomics*, 82, 102958. DOI: 10.1016/j.apergo.2019.102958
- Sharma, K. (1997). Prevalence and Correlates of Susceptibility to Motion Sickness. *Acta Geneticae Medicae Et Gemellologiae: Twin Research*, 46(2), 105-21. DOI: 10.1017/S0001566000000660
- Sherman, W.R. & Craig, A.B. (2003). *Understanding Virtual Reality. Interface, Application, and Design*. Amsterdam: Morgan Kaufmann Publishers.
- Slater, M., Usoh, M. & Steed, A. (1994). Depth of Presence in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 3(2), 130-144. DOI: 10.1162/pres.1994.3.2.130
- Slater, M., Antley, A., Davison, A., Swapp, D., Guger, Ch. & Barker, Ch. et al. (2006). A virtual reprise of the Stanley Milgram obedience experiments. *PLoS one*, 1(1), e39-e39.
- Spanlang, B., Fröhlich, T., Descalzo, V.F., Antley, A. & Slater, M. (2007). The Making of a Presence Experiment: Responses to Virtual Fire. *Annual International Workshop on Presence*, 303–307.

- Stanney, K.M., Kingdon, K.S., & Kennedy, R.S. (2002). Dropouts and aftereffects: examining general accessibility to virtual environment technology. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 46th Annual Meeting*, 46(26), 2114- 2118. DOI: 10.1177/154193120204602603.
- Stoffregen, T.A., Chen, F.Ch., Varlet, M., Alcantara, C. & Bardy, B.G. (2013). Getting Your Sea Legs. *PLoS One*, 8(6), e66949-e66949. DOI: 10.1371/journal.pone.0066949
- Suh, A. & Prophet, J. (2018). The state of immersive technology research: A literature analysis. *Computers in Human Behavior*, 86, 77-90. DOI: 10.1016/j.chb.2018.04.019
- Takahashi, M., Toriyabe, I., Takei, Y. & Kanzaki, J. (1994). Study on experimental motion sickness in children. *Acta Otolaryngologica*, 114(2), 231-237. DOI: 10.3109/00016489409126049
- Toscano, W.B. & Cowings, P.S. (2000). Autogenic-feedback training exercise is superior to promethazine for control of motion sickness symptoms. *Journal of Clinical Pharmacology*, 40(10), 1154–1165. DOI: 10.1177/009127000004001010
- Tran Ba Huy, P. & Toupet, M. (2001). Otolith Function and Disorders. In W. Arnold (Eds.), *Advances in Oto-Rhino-Laryngology*, 58. DOI: 10.1159/isbn.978-3-318-00627-8
- Wright, M.S., Bose, C.L. & Stiles, A.D. (1995). The incidence and effects of motion sickness among medical attendants during transport. *Journal of Emergency Medicine*, 13(1), 15-20. DOI: 10.1016/0736-4679(94)00106-5
- Yang, U. & Kim, G.J. (2002). Implementation and Evaluation of «Just Follow Me»: An Immersive, VR-Based, Motion-Training System. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 11(3), 304 - 323. DOI: 10.1162/105474602317473240

## 8. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Eigene Darstellung: I <sup>3</sup> -Modell nach Burdea und Coiffet (2003) .....	4
Abbildung 2. Sensopro Luna. Quelle: <a href="http://www.sensopro.swiss/grosse-luna/produkt">www.sensopro.swiss/grosse-luna/produkt</a> , 13.03.2021 .....	7
Abbildung 3. Eigene Darstellung: Immersionsgefühl insgesamt.....	34
Abbildung 4. Eigene Darstellung: Übung war herausfordernd.....	36
Abbildung 5. Eigene Darstellung: Übung war anstrengend .....	36
Abbildung 6. Eigene Darstellung: Antwortzusammenfassung Fitnessstudio .....	38
Abbildung 7. Eigene Darstellung: Antwortzusammenfassung Örtlichkeit.....	38
Abbildung 8. Eigene Darstellung: Antwortzusammenfassung Weiterempfehlung .....	41

## 9. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Beschreibung der technischen Informationen für das Gerät Sensopro Luna. Quelle: www.sensopro.swiss, 13.03.2021 ...	6
Tabelle 2. Überprüfung Normalverteilung, SSQ-Total Score T1, beide Gruppen und Gruppe nicht empfindlich .....	25
Tabelle 3. Überprüfung Normalverteilung, Subskalen T1, beide Gruppen und Gruppe nicht empfindlich .....	25
Tabelle 4. t-Test für unabhängige Stichproben, SSQ-Total Score T1, Gruppen empfindlich+nicht empfindlich .....	26
Tabelle 5. U-Test Mann-Whitney, Subskalen T1, Gruppen empfindlich+nicht empfindlich.....	26
Tabelle 6. Überprüfung Normalverteilung, SSQ-Total Score T2, beide Gruppen und Gruppe nicht empfindlich .....	27
Tabelle 7. Überprüfung Normalverteilung, Subskalen T2, beide Gruppen und Gruppe nicht empfindlich .....	27
Tabelle 8. t-Test für unabhängige Stichproben, SSQ-Total Score T2, Gruppen empfindlich+nicht empfindlich .....	28
Tabelle 9. t-Test für unabhängige Stichproben, Subskalen T2, Gruppen empfindlich+nicht empfindlich .....	28
Tabelle 10. t-Test für abhängige Stichproben, SSQ-Total Score T1+T2, Gruppe nicht empfindlich .....	29
Tabelle 11. Wilcoxon-Test, SSQ-Total Score T1+T2, Gruppe empfindlich .....	29
Tabelle 12. Wilcoxon-Test, Subskalen T1+T2, Gruppen empfindlich+nicht empfindlich .....	30
Tabelle 13. Gegenüberstellung Subskalen und SSQ-Total Score T1+T2, Gruppen empfindlich+nicht empfindlich .....	31
Tabelle 14. Veränderung Subskalen, beide Gruppen, mit Ausreisser (links) und ohne Ausreisser (rechts) .....	31
Tabelle 15. Veränderung Subskalen und SSQ-Total Score, Gruppen empfindlich+nicht empfindlich, mit Ausreisser.....	32
Tabelle 16. Veränderung Subskala Oculomotor für T1+T2, N=9.....	33
Tabelle 17. Eigene Darstellung: Zeit war ausreichend.....	34
Tabelle 18. Eigene Darstellung: Die Übung war aufregend.....	35
Tabelle 19. Eigene Darstellung: Spass an der Übung .....	35
Tabelle 20. Eigene Darstellung: Übung war fesselnd .....	35
Tabelle 21. Eigene Darstellung: Übung war angenehm.....	35
Tabelle 22. Eigene Darstellung: Übung war schwierig.....	36
Tabelle 23. Eigene Darstellung: Antwortzusammenfassung Hardware.....	37
Tabelle 24. Eigene Darstellung: Antwortzusammenfassung Gestaltung .....	39
Tabelle 25. Eigene Darstellung: Antwortzusammenfassung interessant / spannend / spassig .....	39
Tabelle 26. Eigene Darstellung: Antwortzusammenfassung was hat gefehlt .....	40

## 10. Abkürzungsverzeichnis

Virtual Reality	VR
Teilnehmende / Teilnehmenden / Teilnehmerinnen / Teilnehmer	TN
Motion Sickness	MoS
Simulator Sickness	SiS
Sensory Conflict Theory	SCT
nach Christus	n.Chr.
Jahrhundert	Jh.
Hertz	Hz
versus	vs.
Umdrehungen pro Minute	U/min.
et cetera	etc.
zum Beispiel	z.B.