

Aus dem Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde  
der Universität zu Köln  
Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik  
Direktorin: Univ.-Prof. Dr. med. dent. Anja Liebermann

**Klinisch prospektive Studie  
zum Einfluss virtueller Realität  
auf das subjektive Empfinden von Patient\*innen  
mit ausgeprägter Zahnbehandlungsangst  
vor einer zahnärztlichen Behandlung**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde  
der Medizinischen Fakultät  
der Universität zu Köln

vorgelegt von  
Sarah Mäkelburg  
aus Hattingen

promoviert am 27.04.2026

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität zu Köln

2026

Dekan: Universitätsprofessor Dr. med. G. R. Fink

1. Gutachterin: Privatdozentin Dr. med. Dr. med. dent. S. Rink-Notzon
2. Gutachter: Privatdozent Dr. med. T. A. Jarczok

### Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Dissertationsschrift ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskriptes habe ich Unterstützungsleistungen von folgenden Personen erhalten:

Frau Univ.-Prof. Dr. med. dent. Anja Liebermann M. Sc.  
Frau Priv.-Doz. Dr. med. Dr. med. dent. Svenja Rink-Notzon

Weitere Personen waren an der Erstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe einer Promotionsberaterin/eines Promotionsberaters in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertationsschrift stehen.

Die Dissertationsschrift wurde von mir bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Die in dieser Arbeit angegebene Studie ist nach entsprechender Anleitung durch Frau Univ.-Prof. Dr. med. dent. Anja Liebermann, M. Sc., Frau Priv.-Doz. Dr. med. Dr. med. dent. Svenja Rink-Notzon und Dr. med. dent. Isabel Lente, M.Sc. von mir selbst ausgeführt worden. Die verwendete Anwendung zur Nutzung der virtuellen Realität wurde in der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik des LMU Klinikums München von Herrn Dr. rer. biol. hum. Dipl.-Ing. (Univ.) Kurt-Jürgen Erdelt programmiert.

Die statistische Auswertung ist nach entsprechender Anleitung durch Herrn Dr. rer. medic. Franz-Josef Faber und Herrn Dr. rer. biol. hum. Dipl.-Ing. (Univ.) Kurt-Jürgen Erdelt von mir selbst durchgeführt worden.

### Erklärung zur guten wissenschaftlichen Praxis:

Ich erkläre hiermit, dass ich die Ordnung zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis und zum Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten (Amtliche Mitteilung der Universität zu Köln AM 132/2020) der Universität zu Köln gelesen habe und verpflichte mich hiermit, die dort genannten Vorgaben bei allen wissenschaftlichen Tätigkeiten zu beachten und umzusetzen.

Köln, den 11.06.2025

Unterschrift: .....

## Danksagung

An dieser Stelle möchte ich die Gelegenheit nutzen, all den Menschen zu danken, die mich während dieser Zeit auf vielfältige Weise begleitet und unterstützt haben.

An erster Stelle gilt mein besonderer Dank Frau Univ.-Prof. Dr. med. dent. Anja Liebermann, die mir als Doktormutter die Möglichkeit gegeben hat, meine Dissertation in ihrem Fachbereich zu schreiben, und mir stets mit Vertrauen und fachlicher Kompetenz zur Seite stand.

Ebenso danke ich Frau Priv.-Doz. Dr. med. Dr. med. dent. Svenja Rink-Notzon, die mich im Rahmen dieser Arbeit eng betreut hat. Ihre fachliche Unterstützung, ihre wertvollen Hinweise und ihr kritisches Feedback haben diese Arbeit wesentlich bereichert.

Ein weiterer Dank gilt Herrn Dr. rer. medic. Franz-Josef Faber für seine zuverlässige und stets hilfsbereite Unterstützung bei methodischen und organisatorischen Fragen.

Ein besonderer Ort während dieser Arbeit war für mich die Werkstoffkunde, nicht nur als Arbeitsplatz, sondern auch als Ort für kollegialen Austausch, der produktiven Ruhe und, nicht zu vergessen, des besten Kaffees.

Meinen Freund\*innen und meiner Familie danke ich herzlich für ihre Unterstützung, ihre Geduld und ihr Vertrauen über die gesamte Zeit hinweg.

Für meine Familie

# Inhaltsverzeichnis

<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>9</b>
<b>1. ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>10</b>
<b>2. EINLEITUNG</b>	<b>11</b>
2.1. Angststörungen	11
2.1.1. Wie entsteht Angst?	11
2.1.2. Pathologische Angst	13
2.1.3. Spezifische Phobien	13
2.2. Zahnbehandlungsangst	14
2.2.1. Definition	14
2.2.2. Abgrenzung Zahnbehandlungsphobie	14
2.2.3. Ätiologie	15
2.2.4. Diagnostik	16
2.2.5. Messung der Angstreaktion	16
2.2.6. Auswirkungen von Zahnbehandlungsangst	18
2.3. Therapie	20
2.3.1. Akutstrategien für zahnärztliche Behandlungsfähigkeit	20
2.3.2. Langfristige Strategien Zahnbehandlungsphobie	21
2.3.3. Langfristige Strategien Zahnbehandlungsangst	21
2.4. Virtuelle Realität	22
2.4.1. VR-Technologie	22
2.4.2. Cybersickness	23
2.4.3. Einsatz von VR in der Zahnmedizin	23
2.4.4. Angstmanagement mit VR in der Medizin	24
2.5. Einsatz von VR zur Therapie von Zahnbehandlungsangst	25
2.6. Fragestellung und Ziel der Arbeit	26
<b>3. MATERIAL UND METHODEN</b>	<b>27</b>
3.1. Vorbereitungen	27
3.1.1. Fallzahlschätzung	27
3.1.2. Rekrutierung	27
3.1.3. Ein- / Ausschlusskriterien	28

3.1.4.	Aufklärung & Einwilligung	29
3.1.5.	Einteilung der Gruppen	29
3.2.	Durchführung	31
3.2.1.	Fragebögen vor der Wartezeit	31
3.2.2.	Virtuelle Realität	32
3.2.3.	Messung der Vitalparameter	33
3.2.4.	Fragebögen nach der Wartezeit	34
3.2.5.	Zahnärztliche Behandlung	35
3.3.	Auswertung	36
3.3.1.	Einfluss auf das subjektive Empfinden	36
3.3.2.	Einfluss auf die Vitalparameter	37
3.3.3.	Vergleich der Studiengruppen	37
4.	<b>ERGEBNISSE</b>	<b>38</b>
4.1.	Beschreibung Patientenkollektiv	38
4.2.	Einfluss auf das subjektive Empfinden	39
4.2.1.	Fragebogen 2	39
4.2.2.	Fragebogen 3	40
4.2.3.	Fragebogen 4	41
4.3.	Einfluss auf die Vitalparameter	42
4.3.1.	Blutdruck	42
4.3.2.	Pulsfrequenz	44
4.3.3.	Sauerstoffsättigung	46
4.4.	Vergleich der Studiengruppen	47
4.4.1.	Einfluss auf das subjektive Empfinden	47
4.4.2.	Einfluss auf den Blutdruck	49
4.4.3.	Einfluss auf die Pulsfrequenz	51
4.4.4.	Einfluss auf die Sauerstoffsättigung	53
5.	<b>DISKUSSION</b>	<b>54</b>
5.1.	Methodische Kritik	54
5.2.	Bewertung der Versuchsergebnisse	55
5.2.1.	Soziodemografische Daten	55
5.2.2.	Einfluss der VR-Intervention auf subjektives Empfinden	56
5.2.3.	Fragebogen 4 zur Beurteilung der VR-Anwendung	56

5.2.4.	Einfluss der VR-Intervention auf Vitalparameter	57
5.2.5.	Vergleich von Kontroll- und Versuchsgruppe	58
5.3.	Literaturvergleich	59
5.4.	Schlussfolgerungen	60
6.	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>62</b>
7.	<b>ANHANG</b>	<b>67</b>
7.1.	Abbildungsverzeichnis	67
7.2.	Tabellenverzeichnis	68
7.3.	Patienteninformation & Einwilligungserklärung	69
7.4.	Fragebögen	76
7.4.1.	Fragebogen 1	76
7.4.2.	Fragebogen 2.1 / 2.2	77
7.4.3.	Fragebogen 3.1 / 3.2	78
7.4.4.	Fragebogen 4	78
7.5.	Statistik	80
7.5.1.	Einfluss auf das subjektive Empfinden	80
7.5.2.	Einfluss auf die Vitalparameter	82
8.	<b>VORABVERÖFFENTLICHUNGEN VON ERGEBNISSEN</b>	<b>85</b>

## **Abkürzungsverzeichnis**

*AR Augmented Reality*

*DAS Dental Anxiety Scale*

*DSM-V 5. Auflage des Diagnostic and  
Statistical Manual of Mental Disorders*

*DVT digitale Volumetomographie*

*EDA Elektrodermale Aktivität*

*EKG Elektrokardiographie*

*EMDR Eye Movement Desenzitation and  
Reprocessing*

*HAF Hierarchischer Angstfragebogen*

*HMD Head-mounted Display*

*HPA-Achse Hypothalamus-Hypophysen-  
Nebennieren-Achse*

*ICD-10 10. Revision der International  
Classification of Diseases*

*ICD-11 11. Revision der International  
Classification of Diseases*

*KVT Kognitive Verhaltenstherapie*

*MDAS Modified Dental Anxiety Scale*

*MR Mixed Reality*

*PPG Photoplethysmografie*

*PTT Pulswellenlaufzeit*

*VAS Visuelle Analogskala*

*VR Virtual Reality*

*WHO Weltgesundheitsorganisation*

## 1. Zusammenfassung

Zahnbehandlungsangst ist ein weit verbreitetes Phänomen, das sowohl die orale als auch die allgemeine Gesundheit negativ beeinflussen kann. Es besteht daher ein großes Interesse an wirksamen, leicht implementierbaren und nebenwirkungsarmen Interventionsmethoden zur Reduktion dieser Angst.

Ziel der vorliegenden Studie war die Evaluation einer Intervention mittels virtueller Realität, die im Wartezimmer angewendet wird, auf die Zahnbehandlungsangst von Patient\*innen mit einer ausgeprägten Angst vor zahnärztlichen Behandlungen. Dabei wurden sowohl das subjektive Empfinden der Patient\*innen als auch der Einfluss der Intervention auf objektiv messbare Vitalparameter (Pulsfrequenz, Blutdruck, Sauerstoffsättigung) betrachtet.

In die Studie eingeschlossen wurden Patient\*innen, die in der Modified Dental Anxiety Scale (MDAS) einen Summenwert der Antworten von mindestens 15 von 25 Punkten erzielten. Die 74 Studienteilnehmer\*innen wurden randomisiert der Versuchs- oder der Kontrollgruppe zugewiesen. Die Teilnehmer\*innen der Versuchsgruppe nutzten während der 15-minütigen Wartezeit vor einer zahnärztlichen Kontrolluntersuchung und anschließender professioneller Zahnreinigung eine Virtual Reality Brille mit programmierter visueller und akustischer Umgebung. Die Teilnehmer\*innen der Kontrollgruppe verbrachten denselben Zeitraum ohne jegliche Interventionsmaßnahme im Wartezimmer.

Die Erfassung der subjektiv empfundenen Zahnbehandlungsangst erfolgte vor und nach der Wartezeit mittels eines Fragebogens, der die MDAS und Fragen zur aktuellen Befindlichkeit umfasste. Zusätzlich bewertete die Versuchsgruppe das subjektive Erleben der virtuellen Realität. Während der Wartezeit wurden zudem die Vitalparameter Blutdruck, Pulsfrequenz und Sauerstoffsättigung kontinuierlich aufgezeichnet.

Die Ergebnisse zeigten, dass die Patient\*innen, die während der Wartezeit die VR-Brille trugen, im Anschluss geringere Werte im MDAS-Score und höhere Werte im Befindlichkeits-Fragebogen aufwiesen. Hinsichtlich der Vitalparameter ließ sich keine klare Tendenz feststellen.

Somit lässt sich schlussfolgern, dass die VR-Intervention zu einer Verbesserung des subjektiven Empfindens der Patient\*innen führen kann. Sie fühlen sich weniger ängstlich, ruhiger und sicherer und empfinden das Tragen der VR-Brille als positiv und hilfreich.

## **2. Einleitung**

### **2.1. Angststörungen**

#### **2.1.1. Wie entsteht Angst?**

Angst ist eine der grundlegendsten Emotionen des Menschen, ein evolutionär verankerter Mechanismus, der vor Gefahren warnt und das Überleben sichert. Sie entsteht als Reaktion auf eine reale oder antizipierte Bedrohung und beeinflusst Körper, Gedanken und Verhalten auf vielschichtige Weise.<sup>1</sup>

Angst gehört zu den angeborenen und kulturunabhängigen Basisemotionen.<sup>2,3</sup> Ihre evolutionsbiologische Bedeutung ist enorm: In ihrer normalen Ausprägung hilft sie dem Menschen, Gefahren frühzeitig zu erkennen und ermöglicht eine schnelle, angemessene Reaktion.<sup>4,5</sup> Dadurch trägt sie wesentlich zu dessen Überleben bei und schützt ihn vor Bedrohungen.<sup>6</sup> Auch wenn Angst als unangenehm empfunden wird, erfüllt sie eine essenzielle Funktion im Alltag, sei es beim Meiden von Risiken oder bei der Vorbereitung des Körpers auf herausfordernde Situationen.<sup>4</sup>

Emotionen, wie auch Angst, können durch verschiedene Komponenten charakterisiert werden. Sie werden anhand der physiologischen, affektiven, kognitiven und Verhaltens-Komponente beschrieben.<sup>2,6</sup> Durch diese Differenzierung wird deutlich, dass Angst mehr ist als ein subjektives Gefühl, sondern auch körperliche Reaktionen, Gedankenprozesse und beobachtbare Verhaltensweisen umfasst.

Ein zentraler Bestandteil der Angst ist die physiologische Komponente, die sich in spezifischen körperlichen Reaktionen äußert, die durch das vegetative Nervensystem gesteuert werden. So führt die Aktivierung des Sympathikus unter anderem zu einer erhöhten Herzfrequenz, einer gesteigerten Muskelspannung sowie einer verstärkten Schweißproduktion.<sup>7</sup> Diese Veränderungen sind adaptive Reaktionen, die den Körper auf eine schnelle Reaktion in der Konfrontation mit einer Bedrohung vorbereiten.

Angst ist jedoch nicht nur durch körperliche Reaktionen gekennzeichnet, sondern auch ein emotionales Erleben. Das subjektive Empfinden von Angst zeigt sich in der affektiven Komponente. Dieses Erleben variiert je nach Intensität von leichtem Unbehagen bis hin zu panikartigem Schrecken und ist stark von der jeweiligen Situation sowie den individuellen Erfahrungen der betroffenen Person geprägt.

Zusätzlich zu den körperlichen und emotionalen Aspekten ist die kognitive Verarbeitung ein wesentlicher Bestandteil der Angst. Die kognitive Komponente bezieht sich auf die Bewertung der Situation sowie auf begleitende Gedanken wie Sorgen, Befürchtungen oder Katastrophenvorstellungen. Diese Gedanken beeinflussen maßgeblich die Wahrnehmung, ob eine Bedrohung als real oder übertrieben empfunden wird. Dadurch spielen sie eine entscheidende Rolle in der Entstehung und Aufrechterhaltung von Angstzuständen.<sup>6</sup>

Die kognitive Verarbeitung wirkt sich wiederum auf das Verhalten der betroffenen Person aus. Die Verhaltenskomponente manifestiert sich in sichtbaren Reaktionen auf einen angstauslösenden Reiz wie etwa Veränderungen der Gestik und Mimik, etwa einem angespannten Gesichtsausdruck oder einem leicht geöffneten Mund. Darüber hinaus führen auch Veränderungen in der Stimmlage und Körpersprache zu typischen Anzeichen für Angst.<sup>2,5</sup> Diese nonverbalen Signale können sowohl bewusst als auch unbewusst wahrgenommen werden und tragen zur Kommunikation der Emotion bei.

Bevor sich Angst jedoch in den genannten Komponenten manifestieren kann, müssen komplexe neuronale Prozesse die Wahrnehmung und Bewertung potenzieller Bedrohungen ermöglichen. Die Entstehung und Regulation dieser Reaktionen beruhen auf einer Vielzahl von Mechanismen im zentralen Nervensystem, die eine detaillierte Verarbeitung der Angst auf mehreren Ebenen ermöglichen. Insbesondere subkortikale Strukturen wie die Amygdala sind entscheidend für die Erkennung und Modulation von Angstreaktionen.<sup>8</sup> Die folgenden Abschnitte beleuchten die zentralen neurobiologischen Prozesse, die an der Verarbeitung dieser Emotion beteiligt sind.

Bei der neuronalen Verarbeitung von Angst spielt die Amygdala eine zentrale Rolle.<sup>8</sup> Sie ist ein Kerngebiet im limbischen System, das an der Emotionsverarbeitung beteiligt ist.<sup>7</sup> Visuelle, akustische und somatosensorische Reize gelangen über afferente Bahnen zur Amygdala, wo sie analysiert und bewertet werden. Anschließend beeinflussen efferente Bahnen verschiedene Körperfunktionen und Verhaltensweisen, die mit Angst in Verbindung stehen.<sup>9</sup> Über ihre Verbindungen zum Hypothalamus reguliert die Amygdala die Aktivität des vegetativen Nervensystems im Rahmen der Abwehrreaktion. Wird eine Person mit einem angstauslösenden Reiz konfrontiert, kommt es zur Aktivierung des Sympathikus. Dies führt zu physiologischen Veränderungen wie einer erhöhten Herzfrequenz, einem Anstieg des Blutdrucks sowie einer verstärkten Schweißsekretion. Zudem wird Adrenalin und Noradrenalin aus dem Nebennierenmark freigesetzt, um den Körper auf eine Kampf- oder Fluchtreaktion vorzubereiten.<sup>4,10</sup>

Parallel dazu wird über die Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse (HPA-Achse) die Ausschüttung von Kortisol angeregt. Während Adrenalin für eine sofortige Aktivierung sorgt, unterstützt Kortisol eine verzögerte, aber länger anhaltende Stressreaktion. Diese fein abgestimmte Reaktion ermöglicht es dem Organismus, auch über einen längeren Zeitraum hinweg auf potenzielle Gefahren vorbereitet zu sein.

Weitere Efferenzen zur periaquäduktalen grauen Substanz steuern Angst- und Fluchtreflexe, während Projektionen in die Großhirnrinde die bewusste Wahrnehmung und das subjektive Erleben der Angst ermöglichen.<sup>8,10</sup> Durch diese vielschichtige neuronale Verarbeitung wird deutlich, dass Angst weit mehr ist als nur eine emotionale Reaktion, nämlich ein komplexes Zusammenspiel verschiedener biologischer, kognitiver und verhaltensbezogener Prozesse.

### **2.1.2. Pathologische Angst**

Fehlt eine reale Bedrohung oder steht die Angstreaktion in keinem angemessenen Verhältnis zur Situation zum Objekt, spricht man von einer Angststörung.<sup>11,12</sup> In solchen Fällen geht die natürliche Schutzfunktion der Angst verloren und schlägt in eine übermäßige, oft unbegründete Furcht um. Diese Störung führt zu körperlichen und psychischen Symptomen, die nicht nur kurzfristig belastend sind, sondern auch das tägliche Leben der Betroffenen erheblich einschränken können.<sup>13</sup>

Die hohe Relevanz des Themas zeigt sich in den epidemiologischen Daten. In Deutschland liegt die 12-Monatsprävalenz für Angststörungen bei 15,3 %

.<sup>14</sup> Damit gehört sie zu den häufigsten Erkrankungen überhaupt.

Um Angststörungen systematisch zu erfassen und zu diagnostizieren, wurden sie in der 11. Revision der International Classification of diseases (ICD-11) der Weltgesundheitsorganisation (WHO) den angst- und furchtbezogenen Störungen zugeordnet (6B00-6B0Z).<sup>13</sup> Innerhalb dieser Kategorie finden sich verschiedene spezifische Störungsbilder. Neben der generalisierten Angststörung, der Panikstörung und der Agoraphobie umfasst sie auch die spezifische Phobie, die mit dem Code 6B03 eine eigene Klassifikation erhalten hat.

### **2.1.3. Spezifische Phobien**

Pathologische Ängste, die im Rahmen einer spezifischen Phobie auftreten, beziehen sich auf bestimmte Objekte oder Situationen.<sup>2</sup> Obwohl diese in der Regel keine reale Gefahr darstellen, erleben Betroffene sie als unangemessen bedrohlich. Dies führt häufig dazu, dass sie solche Situationen oder Objekte aktiv vermeiden.<sup>15</sup>

Spezifische Phobien zählen zu den häufigsten Angststörungen. In Deutschland sind etwa 10,3 % der Bevölkerung innerhalb eines Jahres von einer solchen Phobie betroffen.<sup>14</sup> Besonders auffällig ist dabei das Geschlechterverhältnis: Frauen entwickeln spezifische Phobien etwa dreimal so häufig wie Männer.<sup>14</sup>

Um die Entstehung spezifischer Phobien zu erklären, wird häufig das multifaktorielle Vulnerabilitäts-Stress-Modell herangezogen.<sup>16</sup> Dieses Modell beschreibt, dass eine Kombination aus individuellen Anfälligkeiten (Vulnerabilitäten) und belastenden Stressoren dazu führen kann, dass eine Phobie entsteht, wenn ein bestimmter Schwellenwert überschritten wird. Dabei spielen sowohl genetische als auch lernpsychologische Faktoren eine entscheidende Rolle.

Da Angst eine evolutionär bedeutsame Funktion erfüllt, gibt es genetische Risikofaktoren, die die Entwicklung einer Angststörung begünstigen können.<sup>17</sup> Allerdings reichen genetische Einflüsse allein nicht aus, um das Entstehen einer Phobie zu erklären. Erst das Zusammenspiel mit Umweltfaktoren wie der individuellen Lerngeschichte, dem Erziehungsstil und negativen Lebensereignissen ergibt ein umfassendes Bild.<sup>15</sup>

Die Entstehung spezifischer Phobien wird zudem durch verschiedene Lernmechanismen erklärt, die im sogenannten „Three-Pathway-Modell“ beschrieben werden.<sup>18</sup> Einer dieser Mechanismen ist die klassische Konditionierung, bei der ein neutraler Reiz mit einem aversiven Ereignis verknüpft wird, sodass dieser Reiz in Zukunft Angst auslöst. Ein weiterer Weg ist das Modelllernen, bei dem Menschen durch das Beobachten anderer Personen lernen, bestimmte Reize als bedrohlich zu empfinden. Zudem kann auch das Instruktionlernen eine Rolle spielen, wenn häufig wiederholte verbale Informationen oder Anweisungen, selbst ohne traumatische Erfahrung, zu einer Phobie führen.

Spezifische Phobien bleiben oft über lange Zeit bestehen, da sie durch Vermeidungsverhalten negativ verstärkt werden. Indem Betroffene die angstauslösende Situation meiden, verringert sich zwar kurzfristig die Angstreaktion, doch langfristig wird dadurch die Phobie weiter verstärkt. Dieses Prinzip wird als operante Konditionierung bezeichnet, bei der eine Verbindung zwischen Reiz und Reaktion entsteht. Zusätzlich tragen veränderte Aufmerksamkeitsprozesse und kognitive Bewertungsmuster dazu bei, dass Phobien aufrechterhalten bleiben.<sup>15</sup>

Grundsätzlich kann eine spezielle Phobie in jedem Lebensalter beginnen, jedoch tritt sie besonders häufig bereits in der Kindheit auf.<sup>21</sup> Im Kindes- und Jugendalter sind bestimmte Ängste Teil einer normalen Entwicklung. Daher sollte die Beurteilung einer Phobie stets im Vergleich mit anderen Personen derselben Entwicklungsstufe erfolgen.<sup>21</sup>

## **2.2. Zahnbehandlungsangst**

### **2.2.1. Definition**

Die Angst vor zahnärztlichen Behandlungen ist eine der häufigsten spezifischen Ängste und betrifft Menschen aller Altersgruppen. Zahnbehandlungsangst beschreibt das Auftreten von Angstsymptomen, die speziell im Zusammenhang mit zahnärztlichen Eingriffen auftreten. Dabei kann die Intensität der Angst von leichtem Unwohlsein bis hin zu ausgeprägten Angstreaktionen reichen, die eine zahnmedizinische Behandlung erheblich erschweren oder unmöglich macht.

### **2.2.2. Abgrenzung Zahnbehandlungsphobie**

Während viele Menschen ein gewisses Unbehagen oder Angst vor zahnärztlichen Behandlungen verspüren, wird diese Angst dann als krankheitswertig betrachtet, wenn sie zu einer starken Vermeidung des Zahnarztbesuchs führt oder den Alltag der betroffenen Person erheblich einschränkt.<sup>20</sup> In diesem Fall spricht man nicht mehr nur von einer starken Zahnbehandlungsangst, sondern von einer Zahnbehandlungsphobie.

Die Unterscheidung zwischen einer intensiven Angstreaktion und einer tatsächlichen Phobie ist im klinischen Alltag oft herausfordernd. Zur Diagnosestellung können die Kriterien der ICD-

11 oder des „Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders“ (DSM) für spezifische Phobien herangezogen werden, die im weiteren Verlauf noch detaillierter erläutert werden.<sup>21</sup> In Deutschland sind etwa zwei Drittel der Bevölkerung in unterschiedlichem Ausmaß von Zahnbehandlungsangst betroffen.<sup>22,23</sup> Etwa 10 % der Menschen erleben eine besonders ausgeprägte Angstreaktion<sup>22-24</sup>, wobei Frauen häufiger betroffen sind als Männer.<sup>25,26</sup> Ein ähnliches Bild zeigt sich im internationalen Vergleich.<sup>20</sup> Konkrete Prävalenzraten für die Zahnbehandlungsphobie lassen sich derzeit nicht ableiten, da die Diagnostik in der Regel nicht nach den Kriterien des ICD oder DSM erfolgt.<sup>20</sup>

### **2.2.3. Ätiologie**

Die Übergänge zwischen starker Zahnbehandlungsangst und Zahnbehandlungsphobie sind nicht nur im klinischen Kontext schwer abzugrenzen, sondern auch hinsichtlich ihrer Ätiologie. Beide Phänomene gehen häufig ineinander über und lassen sich als Teile eines kontinuierlichen Prozesses betrachten. Nach dem Vulnerabilitäts-Stress-Modell wird die Entwicklung einer Zahnbehandlungsphobie durch das Zusammenwirken individueller Prädispositionen und belastender Faktoren begünstigt. Im Folgenden wird die Ätiologie der Zahnbehandlungsphobie betrachtet, da diese die ausgeprägtere Form der Angst darstellt und daher die zugrunde liegenden Mechanismen besser erklären kann.

Das Entstehen einer Zahnbehandlungsphobie ist ein multifaktorielles Geschehen. In der zahnmedizinischen Behandlung gibt es zahlreiche potenzielle angstausslösende Reize, wie etwa der Anblick der Anästhesienadel oder das Geräusch des Bohrers.<sup>27</sup> Häufig werden als subjektive Ursachen für die Entwicklung von Zahnbehandlungsangst, die Erwartung von Schmerzen oder Traumata, sowie negative Erfahrungen aus früheren, schmerzhaften Behandlungen genannt.<sup>27</sup> Wenn solche schmerzhaften Erfahrungen wiederholt oder besonders intensiv erlebt werden, kann es zur Generalisierung der Angst kommen. In diesem Fall bezieht sich die Angst nicht mehr nur auf spezifische Situationen oder Behandlungen, sondern auf die gesamte zahnärztliche Behandlung. Die Behandlung wird dann als grundsätzlich angstausslösend wahrgenommen.<sup>28</sup>

Auch das Modelllernen spielt eine bedeutende Rolle in der Entstehung von Zahnbehandlungsphobien. Wenn Angst vor zahnärztlichen Behandlungen in der Familie von Eltern oder Geschwistern vorgelebt wird, kann dies die Entwicklung einer Phobie begünstigen.<sup>27</sup> Im späteren Lebensalter übernehmen Gleichaltrige die Vorbildfunktion, die zunächst von den Familienmitgliedern ausgeübt wurde.<sup>29</sup>

Ein weiteres zentrales Element der Zahnbehandlungsphobie ist das Vermeidungsverhalten. Dies trägt dazu bei, dass die Phobie bestehen bleibt oder sich sogar verstärkt.<sup>30</sup> Die Vermeidung des Zahnarztbesuchs führt kurzfristig zu einer Reduktion der Angst, hindert jedoch den Betroffenen daran, positive Erfahrungen zu machen, die zur Verringerung der Angst beitragen könnten.

Negative, kognitive Bewertungen der zahnärztlichen Behandlungssituation können die Angst zusätzlich verstärken. Dies gilt insbesondere, wenn Schmerzen als besonders intensiv wahrgenommen oder die Situation als unkontrollierbar eingeschätzt wird.<sup>31,32</sup>

#### **2.2.4. Diagnostik**

In der ICD-11 werden spezifische Phobien als eigene Kategorie unter dem Kürzel 6B03 beschrieben. Eine Zahnbehandlungsphobie wird häufig von den behandelnden Zahnärzt\*innen vermutet. Um jedoch festzustellen, ob es sich tatsächlich um eine Zahnbehandlungsphobie oder lediglich um starke Zahnbehandlungsangst handelt, ist eine eingehende Diagnostik durch psychologische Fachpersonen wie Psychiater\*innen, Psychosomatiker\*innen oder psychologische Psychotherapeut\*innen erforderlich.<sup>20</sup>

Die ICD-11 definiert fünf diagnostisch notwendige Kriterien für die Feststellung einer spezifischen Phobie. Erstens muss eine stark ausgeprägte Angst vor einem bestimmten Objekt oder einer bestimmten Situation bestehen, die bei tatsächlicher oder erwarteter Exposition immer wieder auftritt. Dabei ist die auftretende Angst nicht proportional zur realen Bedrohung.

Zweitens muss ein Vermeidungsverhalten vorliegen oder die Exposition nur mit starker Angst ertragen werden. Ein wichtiger Unterschied zur 10. Revision der International Classification of Diseases (ICD-10) besteht darin, dass das Kriterium des Vermeidungsverhaltens in der ICD-11 weicher gefasst wurde. Dadurch ist es nun möglich, auch ohne ein vollständiges Vermeiden des Stimulus die Diagnose einer spezifischen Phobie zu stellen.<sup>33</sup>

Drittens muss das Verhalten über einen längeren Zeitraum hinweg bestehen und darf nicht nur kurzfristig auftreten. Viertens ist es notwendig, andere psychische Störungen, die ähnliche Symptome verursachen könnten, auszuschließen. Schließlich führt die Phobie, fünftens, zu einer starken Belastung und beeinträchtigt die Funktionsfähigkeit in wesentlichen Lebensbereichen des betroffenen Individuums.<sup>19</sup>

Im Vergleich zur ICD-10, in der der Übergang von einer starken Angstreaktion zu einer Phobie primär durch das Vermeiden des angstauslösenden Stimulus definiert wurde, legt die ICD-11 ihren Fokus stärker auf den Leidensdruck und die Beeinträchtigung der Alltagsfunktionen der betroffenen Person.<sup>34</sup>

Neben der ICD-11 spielen auch die diagnostischen Kriterien des DSM eine bedeutende Rolle in der klinischen Praxis. Die Kriterien des DSM-V unterscheiden sich formal von denen der ICD-11, inhaltlich jedoch nicht.<sup>35,36</sup>

#### **2.2.5. Messung der Angstreaktion**

Die Messung der Angstreaktion ist ein wichtiger Bestandteil der Diagnostik und Behandlung von Angststörungen, einschließlich der Zahnbehandlungsangst. Um die Intensität und die Auswirkungen der Angst auf die betroffene Person zu erfassen, können unterschiedliche

Verfahren eingesetzt werden. Dabei können sowohl subjektive Empfindungen der Patient\*innen als auch objektive physiologische Reaktionen berücksichtigt werden. Beide Messmethoden liefern wertvolle Informationen, die sich ergänzen und helfen, die Angstreaktionen besser zu verstehen.

### **Subjektive Messung von Angst**

Zur Erfassung des subjektiven Empfindens von Angst stehen verschiedene standardisierte Fragebögen zur Verfügung, die sowohl die affektive als auch die kognitive Komponente der Angst abbilden. Diese Instrumente ermöglichen es, die Angstreaktion zwischen verschiedenen Personen zu vergleichen und ein differenziertes Bild der individuellen Angst zu erhalten. Im Folgenden werden die am häufigsten genutzten Fragebögen genauer vorgestellt.

#### *Visuelle Analogskala (VAS)*

Die VAS ist ein einfaches Instrument, welches die Angststärke auf einer Skala von völliger Angstfreiheit bis hin zu maximaler Angst misst. Die zu testende Person markiert die Stelle auf der Skala, die der eigenen Angst entspricht. Laut der S3-Leitlinie zur Zahnbehandlungsangst bei Erwachsenen dient die VAS als Screeninginstrument in der Erstanamnese. Werte über 50 % deuten auf eine stärkere Angst hin. Diese sollte in Form eines ausführlicheren Fragebogens genauer ergründet werden.<sup>20</sup>

#### *Dental Anxiety Scale (DAS)*

Die DAS nach Corah umfasst vier Fragen mit einem fünfstufigem Antwortsystem.<sup>37</sup> Sie ist international eines der am häufigsten eingesetzten Instrumente in der Zahnmedizin zur Messung der Zahnbehandlungsangst.<sup>20,38</sup> In der deutschen Sprache wurde die Skala ebenfalls validiert.<sup>39</sup>

#### *Modified Dental Anxiety Scale (MDAS)*

Im Gegensatz zur DAS berücksichtigt die MDAS auch die Behandlungssituation der Lokalanästhesie, die für viele Patient\*innen einen Stressfaktor darstellt.

#### *Hierarchischer Angstfragebogen (HAF)*

Der HAF nach Jöhren besteht aus elf Fragen und erfasst nicht nur typischerweise angstauslösende Behandlungssituationen, sondern auch das Vermeidungsverhalten der betroffenen Person.<sup>40</sup>

### **Objektive Messung von Angst**

Neben der subjektiven Einschätzung können auch physiologische Reaktionen auf Angst, die durch die Aktivierung des Sympathikus ausgelöst werden, durch die Messung von Vitalparametern objektiv erfasst werden. Diese werden im Folgenden genauer erläutert.

#### *Blutdruck*

Der Blutdruck kann entweder direkt über eine Kanüle in einer Arterie oder indirekt mithilfe einer Manschette nach der Korotkow-Methode gemessen werden.<sup>7</sup>

Eine neuere Methode beruht auf der Photoplethysmografie (PPG), einer optischen Technik zur Bestimmung von Volumenänderungen in Gefäßen. Diese ermöglicht die Ableitung der Pulswellenlaufzeit (PTT), aus der der Blutdruck mittels eines Algorithmus geschätzt wird.<sup>41,42</sup> Normalerweise liegt der Blutdruck bei einem gesunden Erwachsenen unter 120/80 mmHg.<sup>43</sup> Bei einer Angstreaktion steigt der Blutdruck, was auf eine sympathische Aktivierung des Herzens und eine Erhöhung der Inotropie hinweist.<sup>7</sup>

#### *Sauerstoffsättigung*

Die Sauerstoffsättigung wird über ein Pulsoximeter gemessen, das Rot- und Infrarotlicht durch den Finger sendet und das durch das Gewebe transmittierte Licht misst. Aus den unterschiedlichen Absorptionseigenschaften von sauerstoffreichem und sauerstoffarmem Hämoglobin wird der Sauerstoffgehalt im Blut berechnet.

Der normale Bereich für die Sauerstoffsättigung liegt zwischen 94 und 98 %.<sup>7</sup> Eine erhöhte Sympathikusaktivität kann die Sauerstoffsättigung indirekt erhöhen, indem sie die Bronchodilatation fördert und das Herzzeitvolumen steigert.<sup>7</sup>

#### *Herzfrequenz*

Die Herzfrequenz gibt die Anzahl der Herzschläge pro Minute an und kann über Elektrokardiographie (EKG) erfasst werden. Alternativ kann die Pulsfrequenz, die durch den Blutfluss in den Arterien entsteht, manuell oder mithilfe elektronischer Messgeräte ermittelt werden. Ein Pulsoximeter misst ebenfalls die Pulsfrequenz über die Veränderung der Lichtabsorption.<sup>7</sup> Über die PTT, die durch einen PPG-Sensor in Fitnessarmbändern erfasst wird, kann auch die Herzfrequenz ermittelt werden.<sup>41,42</sup>

Normalerweise liegt die Herzfrequenz eines Erwachsenen zwischen 60 und 80 Schlägen pro Minute.<sup>7</sup> Eine verstärkte Sympathikusaktivität hat eine positiv chronotrope Wirkung, was zu einer Erhöhung der Herzfrequenz führt.<sup>7</sup>

#### *Kortisol*

Der Kortisolspiegel im Speichel ist ein wertvoller Marker für die Stressreaktion des Körpers. Eine erhöhte Ausschüttung von Kortisol wird durch die Aktivierung der HPA-Achse ausgelöst und liefert wichtige Hinweise auf die Intensität der Angstreaktion.<sup>44</sup> Die Messung erfolgt üblicherweise mittels immunologischer Verfahren.<sup>45</sup>

Durch die Kombination dieser verschiedenen Messmethoden kann ein umfassendes Bild der Angstreaktion gewonnen werden, das sowohl subjektive Wahrnehmungen als auch objektive physiologische Veränderungen berücksichtigt.

### **2.2.6. Auswirkungen von Zahnbehandlungsangst**

Zahnbehandlungsangst äußert sich als eine intensive emotionale Reaktion auf verschiedene Aspekte der zahnärztlichen Behandlung und führt zu Veränderungen im Verhalten, Erleben und zu körperlichen Reaktionen, die von Person zu Person unterschiedlich ausfallen können.<sup>46</sup> Diese Angst hat weitreichende Auswirkungen, die sowohl die Mundgesundheit als auch die

allgemeine Gesundheit betreffen und sich in verschiedenen Bereichen des Lebens der betroffenen Person widerspiegeln.

Ein wesentlicher Bereich, in dem sich Zahnbehandlungsangst bemerkbar macht, ist die Mundgesundheit. Studien belegen, dass Patient\*innen mit Zahnbehandlungsphobie häufig einen schlechteren Zustand ihrer Mundgesundheit aufweisen und einen höheren zahnärztlichen Behandlungsbedarf haben.<sup>47</sup> Eine Untersuchung mit 137 Studienteilnehmer\*innen ergab, dass bei ängstlichen Patient\*innen die Anzahl kariöser oder zerstörter Zähne signifikant höher war, als bei nicht ängstlichen Patient\*innen.<sup>25</sup> Dieser Befund wird durch das Vermeidungsverhalten verstärkt: Fast die Hälfte der befragten Patient\*innen gab an, Zahnarztbesuche oft hinauszuzögern, während ein Viertel Termine regelmäßig absagte oder nicht wahrnahm.<sup>25</sup> Dieses wiederholte Vermeidungsverhalten führt zu einem Teufelskreis, in dem der steigende Behandlungsbedarf die Angst verstärkt und wiederum das Vermeidungsverhalten fördert.<sup>30,48</sup> Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der Dauer des Vermeidungsverhaltens und dem Anstieg der Zahnbehandlungsangst.<sup>38</sup>

Die Auswirkungen der Zahnbehandlungsangst beschränken sich nicht nur auf die Mundgesundheit. Sie haben auch weitreichende psychosoziale Konsequenzen, die die Lebensqualität der Betroffenen stark beeinträchtigen. Häufig berichten diese von Schamgefühlen, sozialem Rückzug und einem verminderten Selbstwertgefühl.<sup>49</sup> Zahnbehandlungsangst beeinflusst somit das allgemeine Wohlbefinden der Patient\*innen und kann, insbesondere durch die Erwartungsangst vor anstehenden Behandlungen, zu erheblichen Einschränkungen im Alltag führen.<sup>20</sup>

Zusätzlich zu den direkten Auswirkungen auf die Mundgesundheit hat Zahnbehandlungsangst auch indirekte Folgen für die allgemeine Gesundheit. Unbehandelte Zahnerkrankungen wie Parodontitis können schwerwiegende systemische Auswirkungen haben. So zeigt sich beispielsweise, dass chronische Parodontitis die Immuntoleranz bei Patient\*innen mit rheumatoider Arthritis verringert.<sup>50</sup> Darüber hinaus gibt es Hinweise auf einen bidirektionalen Zusammenhang zwischen Parodontitis und verschiedenen systemischen Erkrankungen, darunter kardiovaskuläre Krankheiten und der Alzheimer Demenz.<sup>51,52</sup> Die Entzündungsprozesse, die durch Parodontitis ausgelöst werden, erhöhen die systemische Entzündungsbelastung des Organismus, was die allgemeine Gesundheit zusätzlich gefährdet. Das durch Zahnbehandlungsphobie hervorgerufene Vermeidungsverhalten verhindert oft die frühzeitige Prävention, Diagnose und Behandlung von Zahnerkrankungen, wodurch sowohl die orale als auch die allgemeine Gesundheit gefährdet werden. Ein frühzeitiges Erkennen und die gezielte Behandlung dieser Angst sind daher von entscheidender Bedeutung, um den Teufelskreis aus zunehmendem Vermeidungsverhalten und steigenden Gesundheitsrisiken zu durchbrechen.

## **2.3. Therapie**

Nachdem die vielfältigen Auswirkungen der Zahnbehandlungsangst auf die Mundgesundheit und das allgemeine Wohlbefinden der betroffenen Patient\*innen aufgezeigt wurden, ist es entscheidend, effektive Therapiemöglichkeiten zu betrachten. Im Rahmen der S3-Leitlinie AWMF 2019 zur Zahnbehandlungsangst bei Erwachsenen existieren detaillierte Therapieempfehlungen, die in zwei Hauptansätze unterteilt werden: akute Strategien zur schnellen Behandelbarkeit und langfristige Therapieansätze zur dauerhaften Reduktion der Angst.<sup>20</sup> Diese beiden Ansätze berücksichtigen zudem die unterschiedliche Schwere der Zahnbehandlungsangst, die entweder mit oder ohne Krankheitswert vorliegen kann. Ziel ist es, den Patient\*innen eine individuell angepasste Behandlung zu ermöglichen, die sowohl akute Symptome adressiert als auch eine langfristige Reduktion der Angstreaktion anstrebt.

### **2.3.1. Akutstrategien für zahnärztliche Behandlungsfähigkeit**

In der zahnärztlichen Praxis ist es nicht immer möglich, die Zahnbehandlungsangst langfristig zu therapieren, bevor eine dringend erforderliche Behandlung durchgeführt werden kann. In solchen Fällen empfiehlt die Leitlinie verschiedene Maßnahmen, die es ermöglichen, zügig mit der notwendigen zahnärztlichen Behandlung fortzufahren. Hierbei kommen sowohl medikamentöse Therapien als auch Sedierungsverfahren zum Einsatz, um die Angst kurzfristig zu reduzieren und die Behandlung durchzuführen zu können.<sup>20</sup>

Als erste Wahl wird eine leichte Sedierung mit Benzodiazepinen empfohlen, da diese Medikamente die Angst effektiv lindern. Es ist jedoch zu beachten, dass Benzodiazepine mit einer Reihe von Nebenwirkungen verbunden sein können. Zu den häufigsten unerwünschten Effekten bei der Anwendung von Midazolam, dem am häufigsten eingesetzten Benzodiazepin, gehören Husten, Übelkeit und Erbrechen.<sup>53</sup>

Sollte aufgrund von Kontraindikationen keine Anwendung von Benzodiazepinen möglich sein oder diese nicht ausreichend wirken, wird als Alternative Lachgas empfohlen.<sup>20</sup> Lachgas hat jedoch ebenfalls mögliche Nebenwirkungen, wie Schwindel, Desorientierung sowie Gedächtnis- und Wahrnehmungsstörungen. In seltenen Fällen wurden auch tödliche Unfälle aufgrund von Hypoxie berichtet, weshalb eine kontinuierliche Überwachung der Patient\*innen mittels Pulsoxymetrie erforderlich ist.<sup>54</sup>

Für den Fall, dass ein dringender Behandlungsbedarf besteht und die oben genannten Sedierungsmaßnahmen nicht ausreichend wirken, kann eine Behandlung unter Allgemeinanästhesie in Erwägung gezogen werden. Diese stellt jedoch eine Belastung für den gesamten Organismus dar und birgt das Risiko von Komplikationen. Hierbei wird zwischen kleineren, unbedenklichen Komplikationen, wie etwa postoperativer Übelkeit, Halsschmerzen oder Zahnschäden, und schwerwiegenderen, langfristigen Komplikationen wie kardialen, respiratorischen und renalen perioperativen Komplikationen unterschieden.<sup>55</sup> Eine

Allgemeinanästhesie sollte daher nur nach strenger Indikationsstellung und sorgfältiger Abwägung der Risiken in Betracht gezogen werden.<sup>20</sup>

### **2.3.2. Langfristige Strategien Zahnbehandlungsphobie**

Die zuvor beschriebenen akuten Maßnahmen sind auf die kurzfristige Bewältigung der Zahnbehandlungsangst ausgelegt. Um jedoch die Angst langfristig zu therapieren und eine nachhaltige Verbesserung zu erzielen, sind umfassendere, langfristige Therapieansätze notwendig. Zu den bewährtesten Methoden zählt die kognitive Verhaltenstherapie (KVT), die als Therapiemethode der ersten Wahl gilt.<sup>20</sup> Die KVT basiert auf der Annahme, dass die Gedanken einer Person ihr Verhalten und ihre Gefühle maßgeblich beeinflussen. Ziel der Therapie ist es, dysfunktionale Kognitionen zu identifizieren und zu verändern, um so das Verhalten der Patient\*innen positiv zu beeinflussen.<sup>2</sup>

Eine weitere Möglichkeit zur Behandlung von Zahnbehandlungsangst ist Eye Movement Desensitization and Reprocessing (EMDR). Diese Methode wird insbesondere dann empfohlen, wenn eine KVT nicht verfügbar ist oder nicht ausreichend wirksam erscheint.<sup>20</sup> EMDR wurde ursprünglich zur Behandlung der Posttraumatischen Belastungsstörung (PTBS) entwickelt, hat sich jedoch auch als effektiv bei der Behandlung von Zahnbehandlungsangst erwiesen. In einer entsprechenden Studie zeigte sich, dass der Punktwert der DAS in der Versuchsgruppe nach der Therapie um 2,5 Punkte gesenkt wurde, was auf eine signifikante Reduktion der Zahnbehandlungsangst hinweist.<sup>56</sup>

Zusätzlich zu diesen psychotherapeutischen Verfahren können Entspannungsverfahren oder das Hören von Musik als unterstützende Maßnahmen dienen, um die Therapie zu ergänzen.<sup>20</sup>

### **2.3.3. Langfristige Strategien Zahnbehandlungsangst**

Für Patient\*innen mit Zahnbehandlungsangst ohne Krankheitswert liegt der Fokus eher auf unterstützenden, nicht-medikamentösen und nicht-psychologischen Ansätzen. Hier sind langfristige Therapieoptionen, die keine spezifische psychologische oder pharmakologische Behandlung erfordern, von Bedeutung. Entspannungsverfahren, wie etwa progressive Muskelrelaxation oder Meditation, können helfen, die Angstsymptome zu lindern und eine entspannende Atmosphäre während der Behandlung zu schaffen.<sup>57</sup>

Eine weitere unterstützende Maßnahme ist der Einsatz von Musik-Entspannung.<sup>20</sup> Musik kann die Aktivität des sympathischen Nervensystems dämpfen und das subjektive Angstempfinden der Patient\*innen reduzieren. Zahlreiche Studien belegen, dass Musik vor und während zahnmedizinischer Eingriffe, wie etwa einer Zahnextraktion oder Wurzelkanalbehandlung, positive Effekte auf die Vitalparameter und das Wohlbefinden hat.<sup>58-60</sup> Diese Maßnahmen bieten eine einfache und kostengünstige Ergänzung zu psychologischen und pharmakologischen Ansätzen und helfen, die Angst zu verringern.

Neben klassischen Therapien gewinnen moderne Technologien zunehmend an Bedeutung. Eine vielversprechende technologische Entwicklung ist die Virtual Reality (VR), deren Potenzial durch gezielte Ablenkung und Immersion zunehmend untersucht wird. Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit den Grundlagen der VR.

## **2.4 Virtuelle Realität**

### **2.4.1. VR-Technologie**

Virtual Reality bezeichnet eine computergenerierte, simulierte Wirklichkeit, die in der realen Welt nicht existiert, den Nutzer\*innen jedoch als real erscheinen.<sup>61</sup>

Sie ist ein Teilbereich der sogenannten Expanded Reality, zu der auch Augmented Reality (AR) und Mixed Reality (MR) gehören. Während AR und MR digitale Inhalte in die reale Umgebung integrieren, ersetzt VR die reale Welt vollständig durch eine virtuelle Umgebung und ermöglicht so ein besonders intensives Eintauchen in diese künstliche Realität.<sup>61</sup> Diese Tiefe des Erlebens wird als Immersion bezeichnet. Dies entspricht dem Grad, in dem die reale Umgebung ausgeblendet und die virtuelle Welt als alleinige Wirklichkeit wahrgenommen wird.<sup>61</sup>

Je nach Ausmaß dieser Immersion unterscheidet man zwischen zwei Hauptformen von virtueller Realität: der nicht-immersiven und der immersiven VR.

Bei der nicht-immersiven VR nehmen die Nutzer\*innen die virtuelle Welt lediglich von außen wahr, etwa über einen Bildschirm oder eine Projektion, wie sie beispielsweise in Computerspielen oder Flugsimulatoren zum Einsatz kommen.<sup>61</sup>

Die immersive VR stellt die Nutzer\*innen in den Mittelpunkt der virtuellen Umgebung, wobei diese vollständig von digitalen Inhalten umgeben sind.<sup>61</sup> Durch den Einsatz spezieller Geräte wie sogenannter Head-Mounted Displays (HMDs), am Kopf getragener Bildschirme, wird ein Großteil des Sichtfeldes ausgefüllt und eine weitgehende Isolierung von der Außenwelt erreicht.

Ein zentrales Merkmal immersiver VR ist die realitätsnahe Tiefenwahrnehmung. Diese entsteht durch die getrennte Darstellung leicht unterschiedlicher Bilder für das linke und rechte Auge. Dieses Prinzip entspricht dem des natürlichen Sehens. Im primären visuellen Kortex des Gehirns werden diese Reize dann zu einem dreidimensionalen Bild zusammengefügt, wobei die sogenannte binokulare Disparität eine entscheidende Rolle spielt.<sup>62</sup>

Damit sich die virtuelle Umgebung in Echtzeit an die Kopf- oder Körperbewegungen der Nutzer\*innen anpassen kann, kommen integrierte Trackingsysteme zum Einsatz.<sup>63</sup>

Diese ermöglichen es, die Perspektive innerhalb der Simulation dynamisch zu steuern, wodurch der Eindruck eines nahtlosen Eintauchens in die virtuelle Welt weiter verstärkt wird. Zusätzlich zur visuellen Darstellung werden häufig auch akustische und haptische Reize eingebunden, wie z. B. Geräusche, Musik oder Vibrationsfeedback. Diese multisensorische

Stimulation trägt dazu bei, das Gefühl der Präsenz in der virtuellen Realität weiter zu intensivieren.<sup>62</sup>

Während die immersive VR-Technologie durch realitätsnahe Erlebnisse vielfältige Anwendungsmöglichkeiten eröffnet, sind auch bestimmte Nebenwirkungen bekannt, die das Nutzererlebnis einschränken können.

#### **2.4.2. Cybersickness**

Trotz des großen Potenzials stellt insbesondere die sogenannte Cybersickness eine Herausforderung dar, da sie bei Nutzer\*innen während oder nach der Anwendung von VR zu unangenehmen Symptomen führen kann. Cybersickness beschreibt ein Phänomen, bei dem Symptome wie Schwindel, Übelkeit oder Gleichgewichtsstörungen während der Nutzung von VR und AR auftreten können. Besonders häufig treten diese Beschwerden bei der Nutzung von HMDs auf, selbst wenn der Nutzer dabei körperlich inaktiv bleibt.<sup>64</sup>

Obwohl die Symptome auch nach dem Absetzen des HMD anhalten können, verschwinden sie in der Regel von allein. Durch Cybersickness wird das immersive Erleben der virtuellen Welt jedoch spürbar beeinträchtigt.

Die Hauptursachen für Cybersickness liegen in sensorischen Konflikten, insbesondere in der Diskrepanz zwischen visueller Wahrnehmung und dem vestibulären System.<sup>65</sup> Dieser Konflikt entsteht, wenn Bewegungen in der virtuellen Welt visuell wahrgenommen werden, ohne dass eine entsprechende Reizung des Gleichgewichtssystems in der realen Welt erfolgt.

#### **2.4.3. Einsatz von VR in der Zahnmedizin**

Die Forschung zur Nutzung von VR in der Medizin begann in den 1990er-Jahren und hat seither kontinuierlich an Bedeutung gewonnen. Dies spiegelt sich in einem deutlichen Anstieg der Publikations- und Zitationszahlen wider.<sup>66</sup> Mit dieser Entwicklung hat sich VR zunehmend in verschiedenen medizinischen Bereichen etabliert: von der Lehre über die präoperative Planung bis hin zur Unterstützung von Patient\*innen, beispielsweise im Rahmen von Stressmanagement oder Rehabilitationsmaßnahmen.

##### **Einsatz von VR in der Lehre**

In der Ausbildung von Mediziner\*innen hat sich VR insbesondere im Bereich der Anatomievermittlung bewährt. Interaktive, VR-gestützte Anatomieatlanten ermöglichen es Lernenden, sich komplexe Strukturen räumlich vorzustellen und interaktiv zu erkunden.<sup>67</sup> Studien zeigen, dass VR-gestütztes Lernen nicht nur zeiteffizienter ist, sondern auch zu nachhaltigeren Lernerfolgen führt als herkömmliche, gedruckte Lehrmaterialien.<sup>68</sup>

In der Zahnmedizin liegt der Fokus besonders auf der detailreichen Anatomie der Mundhöhle. Hier sind bereits einige Anwendungsbeispiele bekannt. Eine VR-Anwendung zur Zahnmorphologie konnte zwar die Testergebnisse der Studierenden nicht signifikant verbessern, wurde jedoch als ergänzendes Lernmaterial sehr positiv bewertet.<sup>69</sup>

Besonders hilfreich erwies sich die virtuelle Realität beim Verständnis des komplexen Wurzelkanalsystems. Die dreidimensionale Darstellung erleichtert es den Studierenden, anatomische Zusammenhänge schneller zu erkennen und ein fundiertes räumliches Vorstellungsvermögen zu entwickeln.<sup>70</sup> Ein weiterer Vorteil liegt in der flexiblen, orts- und zeitunabhängigen Nutzung der Inhalte, die ein selbstbestimmtes Lernen fördert.<sup>71</sup>

Darüber hinaus ermöglichen VR-Simulationen inzwischen auch das gezielte Training praktischer Fertigkeiten in einer kontrollierten virtuellen Umgebung. Hierbei erhalten die Lernenden unmittelbares Feedback und können Behandlungsschritte beliebig oft wiederholen.<sup>71</sup> Dies erleichtert den Übergang vom Arbeiten an Phantommodellen hin zur Behandlung realer Patient\*innen.<sup>72</sup>

### **Einsatz von VR in der klinischen Anwendung**

Auch in der klinischen Anwendung eröffnet der Einsatz von Virtual Reality zunehmend neue Perspektiven. Während AR vor allem zur Echtzeitunterstützung während chirurgischer Eingriffe genutzt wird, kommt VR insbesondere in der präoperativen Planung zum Einsatz. In der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie sowie in der dentalen Implantologie wird VR gezielt eingesetzt, um operative Eingriffe realitätsnah und patientenspezifisch vorzubereiten.<sup>73</sup>

Mithilfe individueller 3D-Modelle lassen sich chirurgische Maßnahmen beispielsweise orthognathe Operationen im Vorfeld simulieren und optimieren.<sup>67</sup> Dies erhöht die Präzision der Eingriffe und verbessert die Vorhersagbarkeit der Ergebnisse, was insbesondere bei komplexen Fällen ein entscheidender Vorteil ist.<sup>71</sup>

Auch in der zahnärztlichen Implantologie gewinnt VR zunehmend an Bedeutung. Auf Grundlage der Daten digitaler Volumentomographie (DVT) können sowohl die ideale Implantatposition als auch der chirurgische Zugangsweg präzise geplant werden.<sup>73</sup>

### **Einsatz von VR in der Unterstützung von Patient\*innen**

Neben der Förderung von Studierenden und der Unterstützung von Ärzt\*innen bietet der Einsatz von Virtual Reality auch großes Potenzial in der direkten Patientenversorgung. Gerade in der Zahnmedizin, wo viele Patient\*innen Behandlungen mit Stress, Unbehagen oder ausgeprägter Angst verbinden, eröffnen immersive VR-Erlebnisse neue Möglichkeiten zur Angstreduktion. Durch die gezielte Lenkung der Aufmerksamkeit auf beruhigende visuelle und auditive Reize kann VR dazu beitragen, die emotionale Belastung während der Behandlung spürbar zu reduzieren. Inzwischen wird VR in zahlreichen medizinischen Fachrichtungen als innovatives Instrument zur Reduktion von Angst und Schmerz eingesetzt.

#### **2.4.4. Angstmanagement mit VR in der Medizin**

Im Kontext medizinischer Eingriffe, die häufig mit Stress oder Furcht verbunden sind, zeigt VR großes Potenzial zur emotionalen Entlastung von Patient\*innen.

Eindrucksvolle Ergebnisse wurden vor allem im Bereich der Pädiatrie erzielt. Kinder, die vor chirurgischen Eingriffen mittels VR-Brille in eine virtuelle Umgebung eintauchen konnten,

wiesen signifikant schwächer ausgeprägte Angstreaktionen auf.<sup>74</sup> Auch bei vergleichsweise kleinen, aber für Kinder oft belastenden Maßnahmen wie Blutabnahmen konnte VR die Angst spürbar reduzieren.<sup>75</sup>

Doch nicht nur Kinder profitieren von der immersiven Ablenkung. Auch an erwachsenen Patient\*innen zeigt sich eine positive Wirkung. Vor elektiven Eingriffen konnte VR helfen, das Angstniveau deutlich zu senken.<sup>76</sup> In der Onkologie wurde VR erfolgreich eingesetzt bei Frauen mit Brustkrebs, um sowohl das Angstepfinden als auch wahrgenommene Schmerzen während der Behandlung zu reduzieren.<sup>77</sup>

Diese vielfältigen Anwendungen zeigen, dass VR als unterstützendes Instrument zur Angstreduktion weit über einzelne Fachdisziplinen hinausgeht. Die Technologie bietet somit eine vielversprechende Möglichkeit, das subjektive Wohlbefinden von Patient\*innen in verschiedensten medizinischen Situationen nachhaltig zu verbessern.

## **2.5. Einsatz von VR zur Therapie von Zahnbehandlungsangst**

Aufbauend auf den positiven Effekten von VR im medizinischen Angstmanagement richtet sich der Blick zunehmend auch auf den Einsatz in der Zahnmedizin. Studien belegen, dass VR das Potenzial hat, Ängste im Zusammenhang mit zahnärztlichen Eingriffen spürbar zu reduzieren. Der Fokus der bisherigen Forschung liegt vor allem auf der Anwendung von VR-Brillen während zahnärztlicher Behandlungen bei Kindern. Mehrere Studien konnten dabei eine deutliche Verringerung der Schmerzerwartung sowie des subjektiv empfundenen Angstzustands nachweisen.<sup>78-83</sup>

Diese positiven Effekte sind vielversprechend, wenngleich die Studiendesigns in Bezug auf die Einschlusskriterien stark variieren. Häufig wurden die Studienteilnehmer\*innen anhand von Alter oder geplanter Eingriffsart ausgewählt, während die tatsächliche Ausprägung der Zahnbehandlungsangst nur selten als zentrales Kriterium herangezogen wurde. Entsprechend wurden in den meisten Untersuchungen auch nicht ausschließlich Patient\*innen mit ausgeprägter Zahnbehandlungsangst eingeschlossen.

Besonders auffällig ist, dass trotz hoher Prävalenzwerte insbesondere bei jungen Erwachsenen zwischen 20 und 30 Jahren in Deutschland bislang nur wenige Studien den Einsatz von VR bei Erwachsenen systematisch untersucht haben.<sup>84</sup> Obwohl gerade diese Bevölkerungsgruppe vergleichsweise häufig von starker dentaler Angst betroffen ist, bleibt die klinische Datenlage bisher unzureichend.<sup>85</sup>

Darüber hinaus konzentrieren sich viele Studien vorrangig auf den Einsatz von VR während der zahnärztlichen Behandlung. Dabei gibt es Hinweise darauf, dass auch andere vorbereitende Maßnahmen, wie etwa Atemübungen oder Musik zur Ablenkung, bereits vor dem eigentlichen Eingriff eine angstreduzierende Wirkung entfalten können.<sup>57</sup> Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob der Einsatz von VR auch präventiv sinnvoll in das Angstmanagement integriert werden kann.<sup>85,86</sup>

## **2.6. Fragestellung und Ziel der Arbeit**

Auf Grundlage des aktuellen Forschungsstandes ergibt sich die Fragestellung, inwiefern virtuelle Realität, wenn sie vor der Behandlung angewendet wird, einen Einfluss auf die Zahnbehandlungsangst von Patient\*innen mit ausgeprägter Angst vor zahnärztlichen Behandlungen hat.

Daraus resultiert das Forschungsziel den Einfluss einer Intervention mittels virtueller Realität auf Patient\*innen zu untersuchen, die unmittelbar vor der Behandlung im Wartezimmer erfolgt. Im Mittelpunkt steht die Frage, ob diese Maßnahme das subjektive Erleben der Patient\*innen positiv beeinflusst und zur Reduktion der empfundenen Angst beitragen kann.

Das primäre Ziel war die Evaluation der Intervention in Bezug auf das subjektive Empfinden von Patient\*innen mit starker Zahnbehandlungsangst vor einer zahnärztlichen Behandlung. Dabei wurden sowohl das allgemeine Befinden als auch die spezifische emotionale Reaktion auf die bevorstehende Behandlung berücksichtigt.

Sekundär wurde untersucht, ob sich durch den Einsatz der virtuellen Realität auch objektive physiologische Parameter wie die Pulsfrequenz, der Blutdruck und die Sauerstoffsättigung messbar verändern. Als tertiäres Ziel wurde untersucht, ob der Einfluss virtueller Realität auf die Zahnbehandlungsangst sich von der Wirkung des gewöhnlichen Wartens im Wartezimmer unterscheidet.

Auf Basis dieser Zielsetzungen ergeben sich die folgenden Hypothesen.

Die primäre Nullhypothese dieser Studie geht davon aus, dass die Intervention mit virtueller Realität keinen positiven Einfluss auf das subjektive Empfinden der Teilnehmer\*innen hat oder dieses sogar negativ beeinflusst. Im Gegensatz dazu besagt die primäre Alternativhypothese, dass die VR-Intervention das subjektive Empfinden der Patient\*innen verbessert. Die sekundäre Nullhypothese nimmt an, dass die Intervention keinen Einfluss auf objektiv gemessene Vitalparameter wie Puls, Blutdruck und Sauerstoffsättigung hat, während die entsprechende Alternativhypothese davon ausgeht, dass durch die VR-Anwendung deutliche Veränderungen dieser Parameter auftreten. Die tertiäre Nullhypothese schließlich geht davon aus, dass der Einsatz von virtueller Realität keinen größeren oder vergleichbaren Effekt auf die untersuchten Zielgrößen hat als das herkömmliche Warten im Wartezimmer. Dem gegenüber steht die tertiäre Alternativhypothese, die einen signifikant stärkeren Einfluss der VR-Intervention im Vergleich zur Kontrollgruppe annimmt.

### 3. Material und Methoden

#### 3.1. Vorbereitungen

##### 3.1.1. Fallzahlschätzung

Die Fallzahlschätzung erfolgte anhand interner Daten aus einer vergleichbaren Versuchsstudie. Unter Verwendung des Statistikprogramms GPower 3.1 (Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf) wurde eine geschätzte Fallzahl von 37 pro Gruppe festgelegt. In Summe wurden somit 74 Patient\*innen benötigt.

##### 3.1.2. Rekrutierung

Die Studienteilnehmer\*innen wurden über die bestehenden Aufnahmestrukturen des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität zu Köln rekrutiert. Zu diesen Strukturen zählen die Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, die Interdisziplinäre Klinik für Orale Chirurgie und Implantologie und die Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie sowie der zahnärztlich-chirurgische Notdienst der Universitätsklinik. Innerhalb dieser Aufnahmeeinrichtungen wurden Patient\*innen, die über eine bestehende Zahnbehandlungsangst berichteten, gezielt auf die Studie aufmerksam gemacht.

Zusätzlich wurden weitere Rekrutierungswege genutzt, um die Zielgruppe zu erreichen. Dazu gehörte ein Aufruf im Intranet der Uniklinik Köln, welches allen Mitarbeitenden zugänglich ist, und Aushänge auf dem Campusgelände der Universität.

1. Wenn Sie MORGEN zu einer ZAHNARZTBEHANDLUNG müssten, wie würden Sie sich fühlen?

nicht	wenig	ziemlich	sehr	extrem
ängstlich <input type="checkbox"/>	ängstlich <input type="checkbox"/>	ängstlich <input type="checkbox"/>	ängstlich <input type="checkbox"/>	ängstlich <input type="checkbox"/>

Abb. 1: Erste Frage und Antwortmöglichkeiten der MDAS

Im nächsten Schritt wurden interessierte Patient\*innen gebeten den Fragebogen 1 auszufüllen (vgl. Abb. 1). Dieser entspricht der deutschsprachigen Version der Modified Dental Anxiety Scale (MDAS). Der Fragebogen umfasst fünf Fragen mit einem fünfstufigen Antwortsystem. Die Studienteilnehmer\*innen wurden aufgefordert sich in fünf verschiedene Situationen zu versetzen, beispielsweise „Wenn sie morgen zum Zahnarzt gehen würden“ und dann beurteilen, wie sie sich fühlen würden (vgl. Abb. 1). Weitere Szenarien beinhalten das Warten im Wartezimmer unmittelbar vor dem Zahnarztbesuch, das Bohren im Rahmen einer Füllung, eine Zahnreinigung oder das Spritzen einer Lokalanästhesie in das Zahnfleisch (vgl. Abb. 2).

## **KÖNNEN SIE UNS SAGEN, WIE ÄNGSTLICH SIE SIND, WENN ÜBERHAUPT, BEI IHREM ZAHNARZTBESUCH?**

1. Wenn Sie MORGEN zu einer ZAHNARZTBEHANDLUNG müssten, wie würden Sie sich fühlen?
2. Wenn Sie im WARTEZIMMER säßen und auf Ihre Behandlung warteten, wie würden Sie sich fühlen?
3. Wenn bei Ihnen GEBOHRT würde, wie würden Sie sich fühlen?
4. Wenn Sie eine ZAHNREINIGUNG mit Zahnsteinentfernung und Politur bekämen, wie würden Sie sich fühlen?
5. Wenn Sie eine BETÄUBUNGSSPRITZE in Ihr Zahnfleisch über einem hinteren oberen Backenzahn bekämen, wie würden Sie sich fühlen?

*Abb. 2: Fragen der MDAS*

Für die Antworten wurde ein aufsteigendes Punktesystem verwendet: „nicht ängstlich“ erhielt 1 Punkt, während „extrem ängstlich“ mit 5 Punkten bewertet wurde. Die Punktwerte aller fünf Fragen wurden summiert, um eine Auswertung vorzunehmen. Bei weniger als 11 Punkten gilt die Person nicht als ängstlich, von 11 bis 14 Punkten moderat ängstlich, von 15 bis 19 hoch ängstlich und ab 19 Punkten gelten Patient\*innen als extrem ängstlich.<sup>20</sup>

Patient\*innen mit einer Gesamtsumme von 15 oder mehr Punkten konnten als Angstpatient\*innen für die Studie eingeschlossen werden.

Der vollständige Fragebogen 1 ist im Anhang 7.4.1 einsehbar.

### **3.1.3. Ein- / Ausschlusskriterien**

Die folgenden Ein- und Ausschlusskriterien wurden festgelegt, um die Sicherheit der Teilnehmer\*innen zu gewährleisten und die Qualität der Studie zu sichern. Durch die Ethikkommission der Uniklinik Köln liegt ein positives Beratungsergebnis vor.

Vor der Studienteilnahme wurde jede\*jeder Patient\*in auf die Ein- und Ausschlusskriterien hin überprüft.

#### *Einschlusskriterien*

An der Studie konnten Patient\*innen aller Geschlechter ab einem Alter von mindestens 18 Jahren teilnehmen. Der Summenwert der Antworten des MDAS-Fragebogens musste mindestens 15 Punkte betragen.

Die Patient\*innen sollten sich in einem klinisch-stabilem medizinischen und physiologischen Zustand befinden. Zudem war es erforderlich, dass die Prüfer\*innen die Patient\*innen als verlässlich und kooperativ einschätzen und eine gute Compliance gegenüber dem Studienablauf erwartet werden konnte.

Personen, die an der Planung oder Durchführung der Studie beteiligt waren, konnten nicht als Versuchsteilnehmer\*innen eingeschlossen werden. Nach umfassender schriftlicher und mündlicher Aufklärung musste die Einwilligung schriftlich erfolgen.

### *Ausschlusskriterien*

Patient\*innen, die das 18. Lebensjahr noch nicht erreicht hatten, konnten nicht an der Studie teilnehmen. Auch Patient\*innen deren MDAS-Score im Fragebogen 1 weniger als 15 Punkte betrug, wurden ausgeschlossen.

Ein weiteres Ausschlusskriterium war eine momentane oder vergangene Alkohol-, Medikamenten- oder Drogenabhängigkeit bzw. -missbrauch. Personen, die an einem klinisch signifikant instabilen medizinischen und/oder physiologischen Zustand litten, konnten ebenfalls nicht teilnehmen. Patient\*innen, die unter Epilepsie leiden, wurden von der Teilnahme ausgeschlossen.

Wenn die Prüfarzt\*innen die Einschätzung traf, dass die Patient\*innen nicht zuverlässig oder kooperativ war und keine ausreichende Compliance gegenüber dem Studienablauf erwarten ließ, wurde diese Person ausgeschlossen.

Zudem durften Patient\*innen, die an einer anderen klinischen Studie teilnahmen, die die vorliegende Studie hätte beeinträchtigen können, nicht teilnehmen.

Eine Beteiligung an der Planung und Durchführung der vorliegenden Studie war ebenfalls ein Ausschlusskriterium. Patient\*innen, die nur ein funktionierendes Auge hatten oder keine Fähigkeit zur dreidimensionalen Wahrnehmung besaßen, konnten nicht als Versuchsteilnehmer\*innen eingeschlossen werden. Ohne eine schriftliche Einwilligung war die Studienteilnahme nicht möglich.

Diese Kriterien dienten dazu, die Auswahl geeigneter Teilnehmer\*innen sicherzustellen und mögliche Verzerrungen oder Gesundheitsrisiken zu minimieren.

#### **3.1.4. Aufklärung & Einwilligung**

Die teilnehmenden Patient\*innen wurden vor Beginn der Studie sowohl schriftlich als auch mündlich über den Ablauf der Untersuchung, die Verwendung ihrer Daten und die Möglichkeit des Rücktritts aufgeklärt. Ihre Zustimmung zur Teilnahme wurde durch die Unterschrift auf der Einwilligungserklärung dokumentiert. Die Patienteninformation sowie die Einwilligungserklärung ist im Anhang unter 7.3 beigefügt.

#### **3.1.5. Einteilung der Gruppen**

Die Versuchsteilnehmer\*innen wurden in zwei Gruppen eingeteilt (vgl. Abb. 3). Die Zuteilung erfolgte randomisiert mithilfe von Excel-Zufallszahlen. Jede Gruppe bestand aus 37 Patient\*innen mit Zahnbehandlungsangst. In Gruppe 1, der Kontrollgruppe, sollten sich die Patient\*innen im Wartezimmer wie gewohnt verhalten und erhielten keine weiteren Anweisungen. In Gruppe 2, der Versuchsgruppe, nahmen die Patient\*innen an einer Intervention mit einer VR-Brille teil, bevor sie zahnärztlich behandelt wurden.

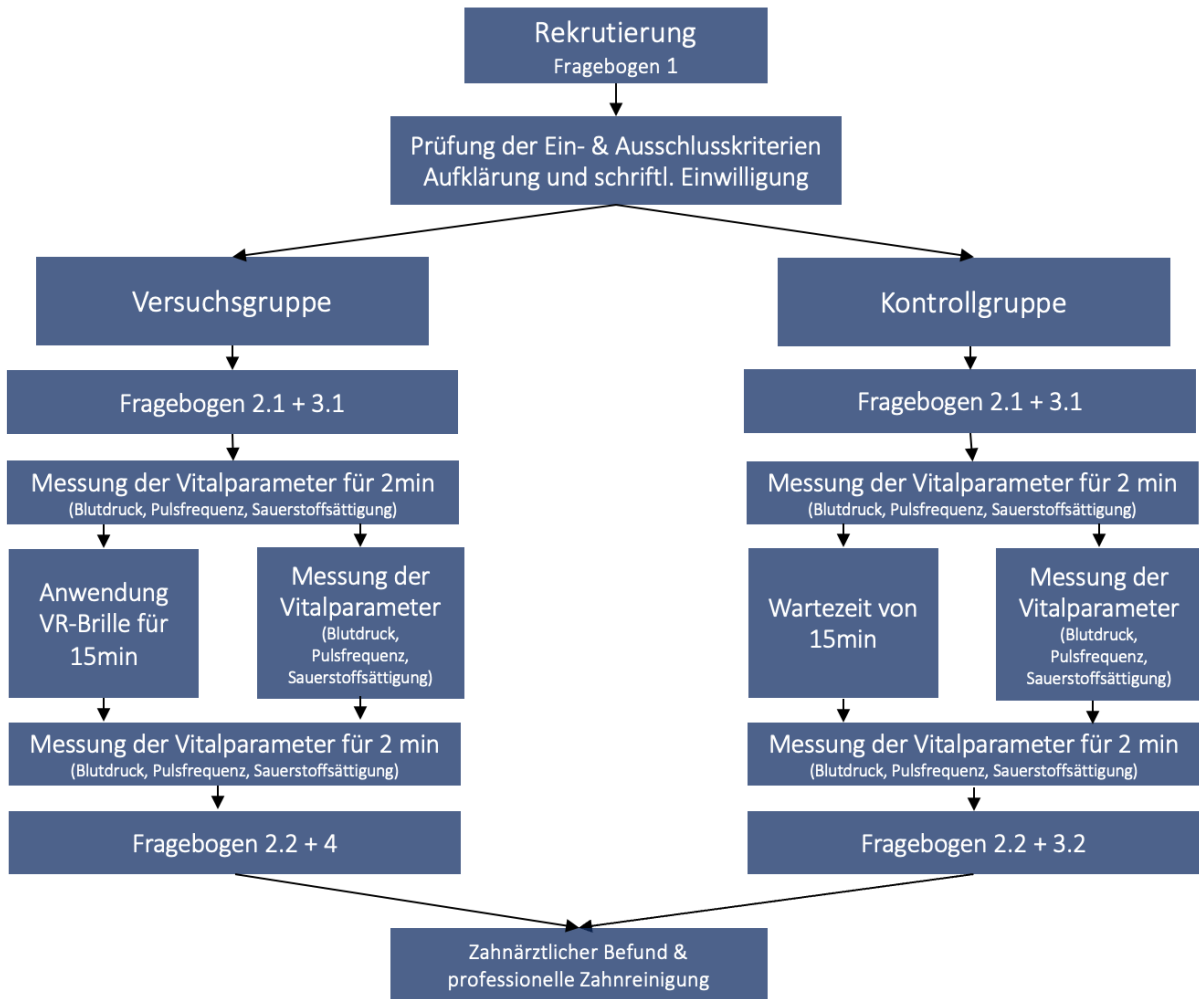


Abb. 3: Organigramm Studienablauf

### 3.2. Durchführung

Für die Durchführung der Studie wurden die Versuchsteilnehmer\*innen zu einem gesonderten Termin einbestellt. Zunächst verbrachten die Studienteilnehmer\*innen die Wartezeit in einem gesonderten Wartebereich. Die Teilnehmer\*innen der Versuchsgruppe trugen die VR-Brille, während die Teilnehmer\*innen der Kontrollgruppe ohne eine Intervention warteten. Vor und nach der Wartezeit wurden sie gebeten Fragebögen auszufüllen und während der Wartezeit wurden die Vitalparameter erhoben.

Anschließend wurden die Patient\*innen ins Behandlungszimmer gebeten. Dort erfolgte eine kurze zahnärztliche Untersuchung und sie erhielten eine professionelle Zahnreinigung (vgl. Abb. 3).

#### 3.2.1. Fragebögen vor der Wartezeit

Vor der Wartezeit wurden die Versuchsteilnehmer\*innen beider Gruppen gebeten, die Fragebögen 2.1 und 3.1 auszufüllen (vgl. Abb. 4). Um Ihnen eine möglichst intuitive und einfache Auswahl der Antwortmöglichkeiten zu ermöglichen, wurde im Design der Fragebögen eine visuelle Analogskala verwendet.

##### 1. Wenn Sie MORGEN zu einer ZAHNARZTBEBANDLUNG müssten, wie würden Sie sich fühlen?

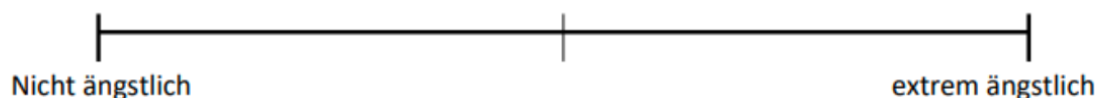


Abb. 4: Erste Frage und Antwortmöglichkeit der MDAS mit visueller Analogskala

Der Fragebogen 2.1 entspricht der MDAS, welcher im Abschnitt 3.2.1 bereits genauer erläutert wurde. Anstelle der Kästchen wurde eine visuelle Analogskala eingesetzt (vgl. Abb. 4).

besorgt		unbeschwert
gestresst		entspannt
nervös		ruhig
unsicher		sicher
bedrückt		unbeschwert

Abb. 5: Fragen des Fragebogen 3.1

Der Fragebogen 3.1 erfasst die allgemeine Befindlichkeit der Studienteilnehmer\*innen. Zu diesem Zweck sollte auf einer visuellen Analogskala an der zutreffenden Stelle zwischen gegensätzlichen Begriffspaaren ein Strich gesetzt werden. Die fünf Begriffspaare sind abgebildet (vgl. Abb. 5).

### 3.2.2. Virtuelle Realität



Abb. 6: VR-Headset Oculus Quest 2

Zur Darstellung der visuellen und akustischen Reize wurde das VR-Headset Oculus Quest 2 der Firma „Meta Quest“ genutzt. Abgebildet sind Außenansicht und die Innenansicht (vgl. Abb. 6) des HMDs. Zur Darstellung der virtuellen Inhalte wurde die Anwendung „VR-Relax“, programmiert an der LMU München, verwendet. Die Studienteilnehmer\*innen nahmen auf einem Drehstuhl Platz, um sich in der 360°-VR-Welt umschauen zu können. Die Brille wurde am Sitzplatz in den stationären Modus eingestellt. Die Studienteilnehmer\*innen trugen das VR-Headset für eine Dauer von 15 Minuten.

Die Navigation innerhalb der Anwendung erfolgte durch Kopfbewegungen, wodurch der Unterarm bzw. die Hand für die Messung der Vitalparameter ruhig auf der Lehne des Stuhls abgelegt werden konnte.

In der Anwendung „VR-Relax“ wurden 10 verschiedene Welten animiert.

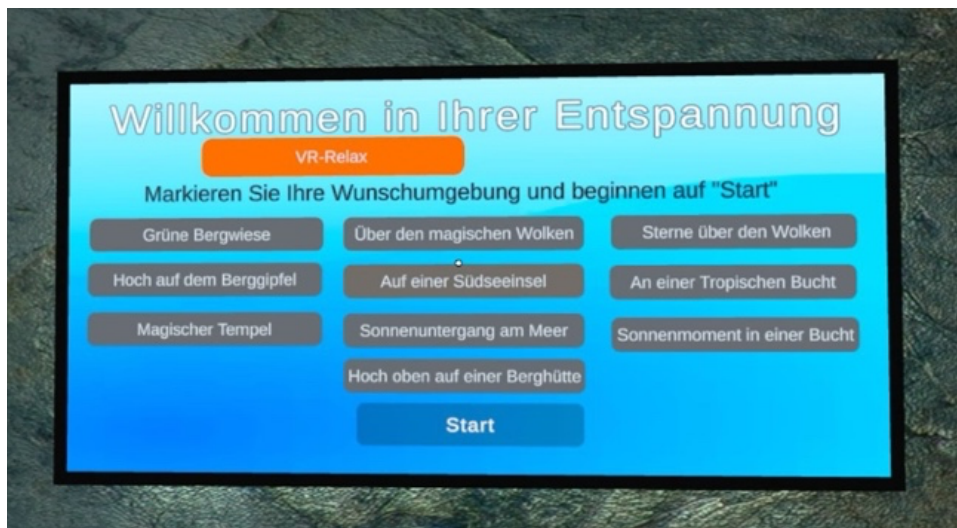


Abb. 7: Virtuelle Tafel mit Beschreibung der Welten

Eine Übersicht über die Welten und gleichzeitig eine Auswahlmöglichkeit wurde den Studienteilnehmer\*innen durch eine Tafel angeboten (vgl. Abb. 7). Auf dieser waren die Welten mittels Kurzbezeichnungen beschrieben.

Den Studienteilnehmer\*innen wurde es ermöglicht sich zwischen den 10 Welten frei zu entscheiden und jederzeit zwischen den Welten zu wechseln.



Abb. 8: Beispiel-Welten "Sonnenuntergang am Meer", „Grüne Bergwiese“ und „Über den Wolken“

In jeder virtuellen Welt wurde jeweils eine Landschaft, beispielsweise auf einem Berggipfel (vgl. Abb. 8) gezeigt während ruhige Musik abgespielt wurde.

Die akustischen Reize waren thematisch auf die visuellen Reize abgestimmt. In der Welt „Grüne Bergwiese“ (vgl. Abb. 8) etwa, wurden ruhige Musik und Vogelgezwitscher kombiniert, während in der Welt „Sonnenuntergang am Meer“ (vgl. Abb. 8) Meeresrauschen und ruhige Musik die Atmosphäre unterstützen.

### 3.2.3. Messung der Vitalparameter

Die Vitalparameter Pulsfrequenz, Blutdruck und Sauerstoffsättigung wurden zu insgesamt 11 Zeitpunkten gemessen. Die Messungen erfolgten zwei Minuten vor dem Aufsetzen der VR-Brille, während der Anwendung der virtuellen Realität alle zwei Minuten, sowie zwei Minuten nach dem Absetzen der Brille. Die Messungen in der Kontrollgruppe wurden entsprechend durchgeführt.



Abb. 9: Pulsoximeter NX-8462-675 und Fitnessarmband FBT-105

Zur Messung der Pulsfrequenz in Schlägen pro Minute und des Blutdrucks in mmHg trugen die Studienteilnehmer\*innen das Fitnessarmband FBT-105 (vgl. Abb. 9) der Marke „newgen medicals“ am Handgelenk. Das Gerät verwendet einen Photoplethysmografie-Sensor (PPG-Sensor) zur Ableitung der Pulswellenlaufzeit und schätzt anhand dieser Daten den Blutdruck.

Zur Messung der Sauerstoffsättigung in Prozent und der Pulsfrequenz in Schlägen pro Minute trugen die Studienteilnehmer\*innen das Pulsoximeter NX-8462-675 (vgl. Abb. 9) der Firma newgen medicals am linken Zeigefinger. Laut Herstellerangaben misst das Gerät die Sauerstoffsättigung im Bereich von 35-100 % mit einer Messgenauigkeit von  $\pm 2$  % und die Pulsfrequenz in einem Bereich von 30 bis 250 Schlägen pro Minute mit einer Messgenauigkeit von  $\pm 2$  Schlägen pro Minute.

Alle Messungen erfolgten automatisch, kontinuierlich und nicht invasiv, sodass die Versuchsteilnehmer\*innen nicht im Erleben der Virtuellen Realität gestört wurden.

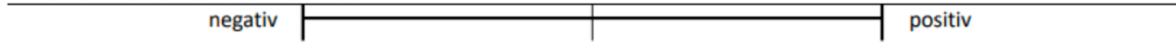
### 3.2.4. Fragebögen nach der Wartezeit

Nach der Zeit im Wartezimmer wurden alle Versuchsteilnehmer\*innen gebeten, den Fragebogen 2 (vgl. Abb. 2) auszufüllen. Die Teilnehmer\*innen der Kontrollgruppe füllten zudem den Fragebogen 3 (vgl. Abb. 5) zur aktuellen Befindlichkeit aus. Für die Versuchsgruppe war dieser Fragebogen Teil des umfangreicheren Fragebogen 4, der aus 28 Fragen bestand. Neben den Fragen des Fragebogen 3 enthielt dieser Fragen zur subjektiven Beurteilung der virtuellen Realität. Auch hier sollten die Versuchsteilnehmer\*innen zwischen zwei Begriffen auf einer visuellen Analogskala eine Markierung an der entsprechenden Stelle setzen (vgl. Abb. 10).

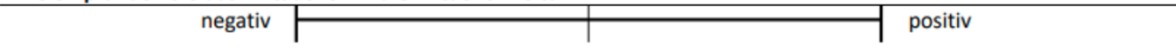
**Wie fühlen Sie sich zum momentanen Zeitpunkt?**



**Wie ist Ihr Gesamteindruck er Welt?**



**Wie empfanden Sie das Eintauchen in die virtuelle Welt?**



**Haben Sie sich auf die Welt einlassen können?**

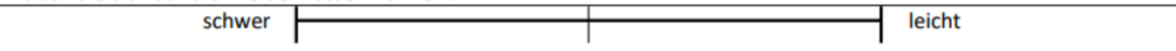


Abb. 10: Fragen 1-4 des Fragebogens 4

Mithilfe der Fragen 1 bis 4 konnten die Patient\*innen ihren Gesamteindruck der Intervention angeben (vgl. Abb. 10).

**Können Sie das Tragen der Brille empfehlen?**



**Hat es Ihnen in der Stresssituation geholfen?**



Abb. 11: Fragen 5-6 des Fragebogens 4

Die Fragen 5 und 6 zielten darauf ab herauszufinden, ob das Tragen der VR-Brille bei den Studienteilnehmer\*innen im Wartezimmer als hilfreiche und empfehlenswerte Erfahrung empfunden wurde (vgl. Abb. 11).

<b>Wie haben Sie, wenn überhaupt, folgende Missempfindungen gespürt?</b>		
kein Schwindel		Schwindel
keine Übelkeit		Übelkeit
keine Gleichgewichtsstörungen		Gleichgewichtsstörungen

Abb. 12: Fragen 7-9 des Fragebogens 4

Das Auftreten von Cybersickness wurde in den Fragen 7 bis 9 thematisiert (vgl. Abb. 12).

<b>Ich hatte das Gefühl, dass die virtuelle Umgebung hinter mir weitergeht.</b>		
trifft gar nicht zu		trifft völlig zu

<b>Wie bewusst war Ihnen die reale Welt, während Sie sich durch die virtuelle Welt bewegten (z.B. Geräusche, Raumtemperatur, andere Personen etc.)?</b>		
extrem bewusst		unbewusst

Abb. 13: Fragen 11 & 16 des Fragebogens 4

Die Fragen 10 bis 23 untersuchten, inwieweit es den Studienteilnehmer\*innen wie gelungen war, sich in die virtuelle Welt hineinzusetzen und die reale Welt auszublenden, wodurch das Phänomen der Immersion erfasst wurde (vgl. Abb. 13). Alle Fragebögen sind im Anhang 7.4 einsehbar.

### 3.2.5. Zahnärztliche Behandlung

Im Anschluss an die Zeit im Wartezimmer wurde bei jedem Teilnehmenden ein zahnärztlicher Befund erhoben, der aus einem Zahnstatus sowie einem Parodontalstatus mit der Messung der Taschentiefe an zwei Stellen je Zahn, bestand. Die Patient\*innen wurden über eventuelle Auffälligkeiten aufgeklärt. Um eine vergleichbare zahnärztliche Behandlung zu gewährleisten, erhielten alle Studienteilnehmer\*innen abschließend eine professionelle Zahnreinigung. Diese bestand aus der Entfernung harter und weicher Beläge mittels eines Airscalers sowie der anschließenden Politur der Zahnoberflächen mit einem Gummikelch und Polierpaste.

### 3.3. Auswertung

Die erhobenen Daten umfassten die Antworten der Fragebögen sowie die Messwerte des Blutdrucks (mmHg), der Pulsfrequenz (Schläge/min) und der Sauerstoffsättigung (%). Zur Auswertung der visuellen Analogskala der Fragebögen wurde die Strecke vom linken Ende der Skala bis zur gesetzten Markierung der Versuchsteilnehmer\*innen mit einem Lineal in mm gemessen. Außerdem wurde die gesamte Skala vom linken bis zum rechten Ende gemessen. Anschließend wurde der Quotient aus diesen beiden Strecken gebildet.

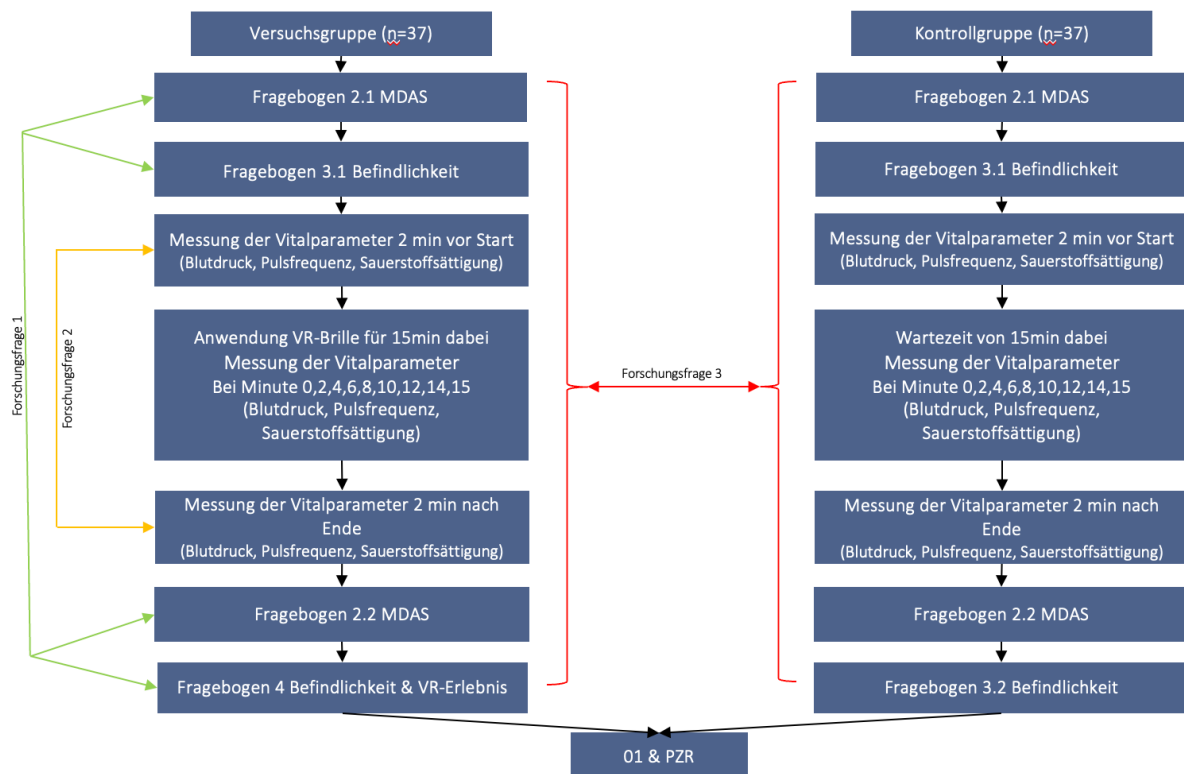


Abb. 14: Organigramm Studienablauf mit Forschungsfragen

Alle Daten wurden in Excel (Version 2019) übertragen, um sie für die statistische Auswertung zu kontrollieren und vorzubereiten. Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe von IBM SPSS Statistics Version 30. Das Signifikanzniveau wurde auf 5 % festgelegt.

Zunächst wurde überprüft, ob die erhobenen Daten normalverteilt sind. Dies erfolgte mittels des Kolmogorov-Smirnov Tests.

Die Auswertung der erhobenen Daten im Hinblick auf die Forschungsfragen wird im Folgendem erläutert und ist in Abbildung 14 visualisiert (vgl. Abb. 14).

#### 3.3.1. Einfluss auf das subjektive Empfinden

Das primäre Ziel der Studie war die Evaluation in Bezug auf das subjektive Empfinden von Patient\*innen mit starker Zahnbehandlungsangst vor einer zahnärztlichen Behandlung. Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage wurde ein Vergleich der Antworten der Fragebögen 2 und 3 innerhalb der Versuchsgruppe vor und nach der Wartezeit durchgeführt (vgl. Abb. 14).

Die Auswertung erfolgte je nach Verteilung der Daten mittels des t-Tests für verbundene Stichproben oder des Wilcoxon-Tests.

### **3.3.2. Einfluss auf die Vitalparameter**

Anhand der zweiten Forschungsfrage wurde untersucht, ob sich durch den Einsatz der virtuellen Realität auch die physiologischen Parameter wie die Pulsfrequenz, der Blutdruck und die Sauerstoffsättigung signifikant verändern.

Um diese Forschungsfrage zu beantworten, wurden die Vitalparameter innerhalb der Versuchsgruppe über die 11 Messzeitpunkte hinweg verglichen (vgl. Abb. 14). Diese Fragestellung wurde je nach Verteilung der Daten mittels des t-Tests für verbundene Stichproben oder des Friedmann-Tests ausgewertet.

### **3.3.3. Vergleich der Studiengruppen**

Mithilfe der dritten Forschungsfrage wurde untersucht, ob der Einfluss virtueller Realität auf die Zahnbehandlungsangst sich von der Wirkung des gewöhnlichen Wartens im Wartezimmer unterscheidet.

Zur Beantwortung dieser Forschungsfrage wurden die Ergebnisse sowohl der Fragebögen als auch der Vitalparameter zwischen der Versuchs- und der Kontrollgruppe verglichen (vgl. Abb. 14). Diese Fragestellung wurde mittels einer Varianzanalyse mit Messwiederholungen ausgewertet.

## 4. Ergebnisse

### 4.1. Beschreibung Patientenkollektiv

In der Studie wurden 74 Personen mit Zahnbehandlungsangst eingeschlossen. Davon waren 59,5 % weiblich und 40,5 % männlich. Das Durchschnittsalter betrug 40 Jahre mit einer Spannweite der Altersverteilung von 20 bis 77 Jahren. Der Mittelwert des Gesamtscore in der MDAS, welcher aus dem Fragebogen 1 resultierte, lag bei Studieneinschluss bei 19 von maximal 25 Punkten (ab 15 Punkten spricht man von hoch ängstlich und ab 19 Punkten von extrem ängstlich). Die Tabelle (vgl. Tab. 1) zeigt soziodemografische Daten, sowie den MDAS-Score. Neben dem gesamten Patientenkollektiv sind auch die Kontroll- und die Versuchsgruppe separat aufgeführt. In den oben genannten Parametern weisen die Studiengruppen keine wesentlichen Unterschiede auf.

Tab. 1: Soziodemografische Daten der Studiengruppen

	<b>Gesamt</b>	<b>Kontrollgruppe (n=37)</b>	<b>Versuchsgruppe (n=37)</b>
Alter (Jahre)	40,14 ±14,64	41,54 ±15,6	38,73 ±13,68
Alter Min. - Max.	21 - 77	21 - 77	23 - 70
pre_MDAS	19,14 ±2,28	19,05 ±2,46	19,22 ±2,11
weiblich (%)	59,5	62,2	56,8
männlich (%)	40,5	37,8	43,2

## 4.2. Einfluss auf das subjektive Empfinden

### 4.2.1. Fragebogen 2

Die Mittelwerte der Ergebnisse des Fragebogens 2, der die Zahnbehandlungsangst erfasst, sind für jede Frage nach der Wartezeit niedriger als vor der Wartezeit. Der Fragebogen 2 kann wie im Abschnitt 3.3 beschrieben anhand des Quotienten aus Strecke auf der VAS bis zur Markierung und Gesamtstrecke der VAS ausgewertet werden und wird dann in die fünfstufige MDAS übersetzt.

Der Summenscore der MDAS beträgt  $19,95 (\pm 2,8)$  vor der Wartezeit und  $17,86 (\pm 2,42)$  nach der Wartezeit. Somit sinkt er nach der Wartezeit um 2 Punkte, was die allgemeine Reduktion der Werte widerspiegelt.

Der verbundene Boxplot (vgl. Abb. 15) zeigt die Werte der Fragen 1 bis 5 des Fragebogens 2 für die Versuchsgruppe jeweils vor und nach der Wartezeit. Hier wurde die Darstellung des Quotienten gewählt, da sie die Veränderungen genauer aufzeigt. Dabei sind die Mediane der Messwerte nach der Wartezeit durchweg niedriger als die entsprechenden Werte vor der Wartezeit.

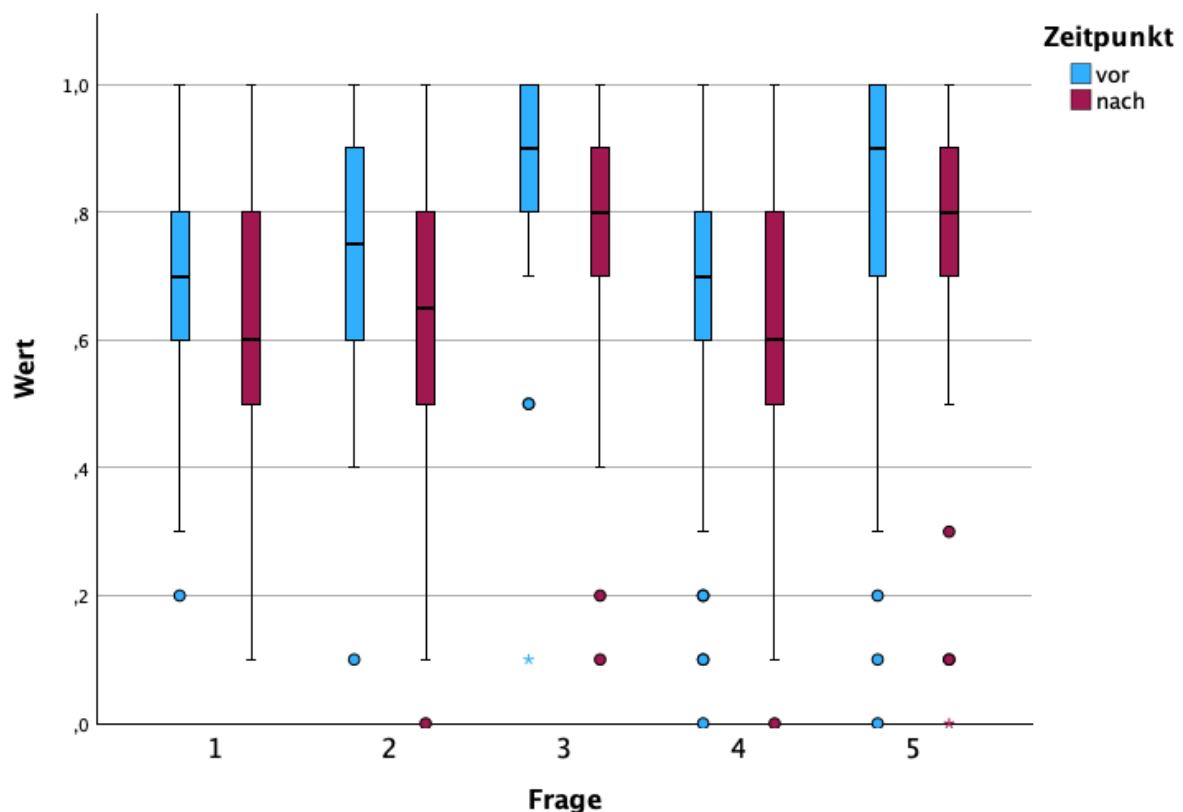


Abb. 15: Darstellung der Ergebnisse der Versuchsgruppe des Fragebogens 2

Aus dem Wilcoxon-Test ergibt sich für die einzelnen Fragen der MDAS und die zugehörigen Scores ein signifikanter Unterschied zwischen den Werten vor und nach der Wartezeit. Die einzelnen Ergebnisse befinden sich in Tab. 4: Ergebnisse des Wilcoxon-Tests des Fragebogens 2 im Anhang.

Auch der Wilcoxon Test für den Summenscore der MDAS bestätigt diesen Unterschied mit einem p-Wert von  $< 0,001$  für die Versuchsgruppe.

#### 4.2.2. Fragebogen 3

Die Mittelwerte der Antworten des Fragebogens 3, der das allgemeine Befinden sowohl vor als auch nach der Intervention abfragte, der Versuchsgruppe sind nach der Wartezeit höher als vorher. Diese Erhöhung entspricht über alle Fragen ungefähr 0,2 Punktwerten.

Anhand des Wilcoxon-Tests ergibt für die Versuchsgruppe anhand der p-Werte für alle Fragen ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Werten vor und nach der Wartezeit. Die Ergebnisse sind im Anhang in Tab. 5: Ergebnisse des Wilcoxon-Tests des Fragebogen 3 einsehbar.

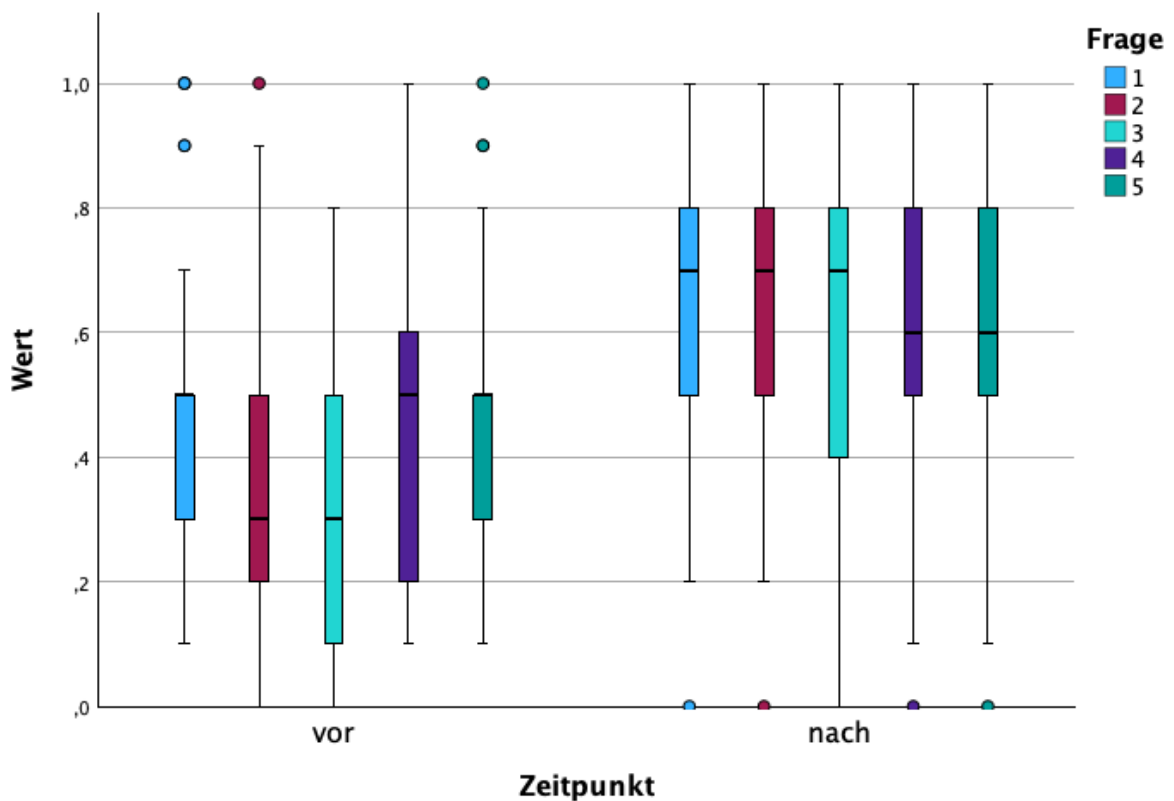


Abb. 16: Darstellung der Ergebnisse des Fragebogens 3

Der gruppierte Boxplot (vgl. Abb. 16) stellt die Werte für die Fragen 1 bis 5 des Fragebogens 3 für die Versuchsgruppe dar. Der zuvor beschriebene Anstieg der Werte nach der Wartezeit ist anhand der Boxplots, insbesondere anhand der Mediane, nachvollziehbar.

### 4.2.3. Fragebogen 4

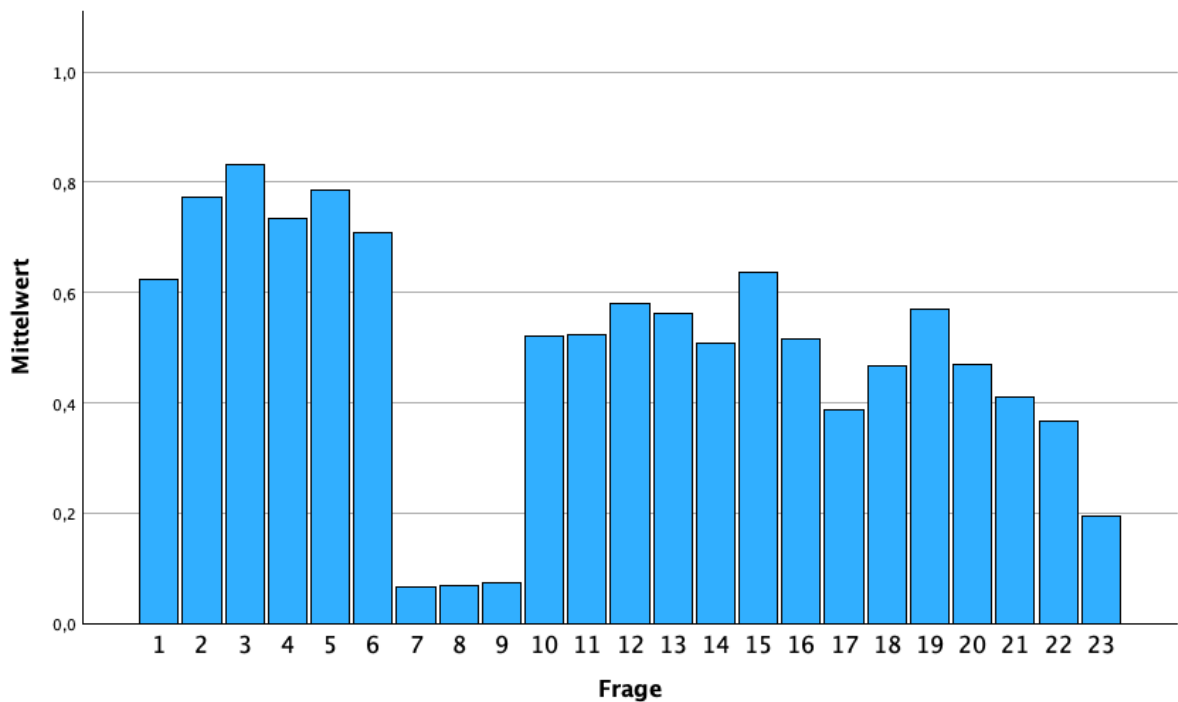


Abb. 17: Darstellung der Mittelwerte des Fragebogens 4

Das Diagramm (vgl. Abb. 17) visualisiert die Mittelwerte der Ergebnisse aus dem Fragebogen 4, der dazu diente, die subjektive Einschätzung der Patient\*innen bezüglich der virtuellen Realität zu erfragen und nach der Anwendung ausgefüllt wurde.

Die Mittelwerte der Fragen 1 bis 4, die den Gesamteindruck der Intervention abfragen und der Fragen 5 und 6, die darauf abzielen, ob das Tragen der VR-Brille im Wartezimmer als hilfreiche und empfehlenswerte Erfahrung empfunden wurde, sind mit ungefähr 0,6 bis 0,8 am höchsten. Die Mittelwerte der Fragen 7 bis 9, die das Auftreten von Nebenwirkungen der Nutzung virtueller Realität abzufragen, weichen dabei deutlich nach unten von den übrigen Mittelwerten ab (0,07). Die Standardabweichungen sind mit 0,14, 0,15 und 0,15 im Vergleich ebenfalls gering.

Die Fragen 10 bis 23, die das Phänomen der Immersion untersuchen, liegen ungefähr im Bereich von 0,4 bis 0,6. Dabei weicht Frage 23, die erörtert, ob die virtuelle Welt wirklicher erschien als die reale Welt, nach unten ab. Der Mittelwert liegt hier bei 0,2.

Eine detaillierte Auflistung der Ergebnisse aller Fragebögen befindet sich im Anhang unter 7.5.1.

### 4.3. Einfluss auf die Vitalparameter

#### 4.3.1. Blutdruck

Die Mittelwerte der systolischen Blutdruckwerte liegen für alle Messzeitpunkte zwischen 124 und 126 mmHg. Eine Ausnahme bildet der Wert „2 min nach“, der unter 124 mmHg liegt ( $123,57 \pm 6,11$ ). Die Mittelwerte der diastolischen Blutdruckwerte reichen von 79 bis 81 mmHg.

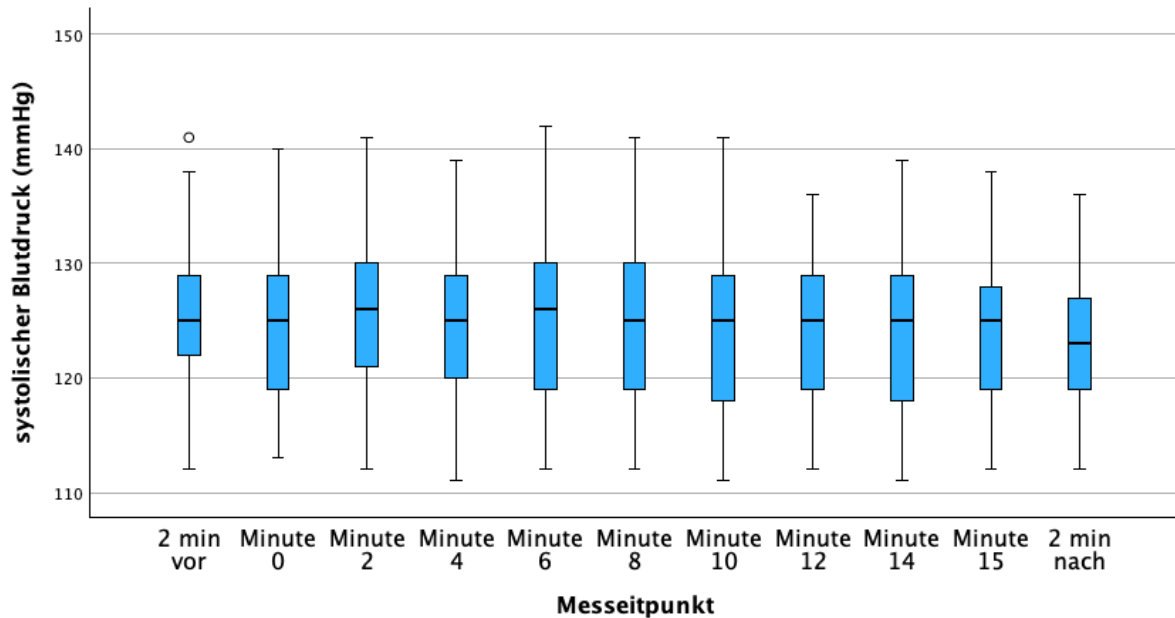


Abb. 18: Darstellung des systolischen Blutdrucks der Versuchsgruppe

Der Friedman-Test für die systolischen Blutdruckmessungen der Versuchsgruppe ergab einen p-Wert von 0,002. Für die diastolischen Werte wurde ein Wert von 0,028 berechnet.

Beide Tests zeigen statistisch signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Messzeitpunkten für den systolischen und den diastolischen Blutdruck.

Die Boxplots veranschaulichen den Blutdruck der Versuchsgruppe über die 11 Messzeitpunkte hinweg. Statistisch signifikante Unterschiede eines Messzeitpunkts im Vergleich zum Wert „zwei Minuten vor“ sind in den Grafiken oberhalb der Boxplots mit einem Sternchen gekennzeichnet. Im oberen Boxplot (vgl. Abb. 18) ist der systolische Blutdruck dargestellt.

Der untere Boxplot visualisiert den diastolischen Blutdruck (vgl. Abb. 19).

Sowohl im systolischen als auch im diastolischen Blutdruck sind Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten erkennbar, allerdings ist im Zeitverlauf keine klare Tendenz zu beobachten. Zum Zeitpunkt „2 min nach“ wurden die niedrigsten Blutdruckwerte, sowohl systolisch als auch diastolisch, festgestellt.

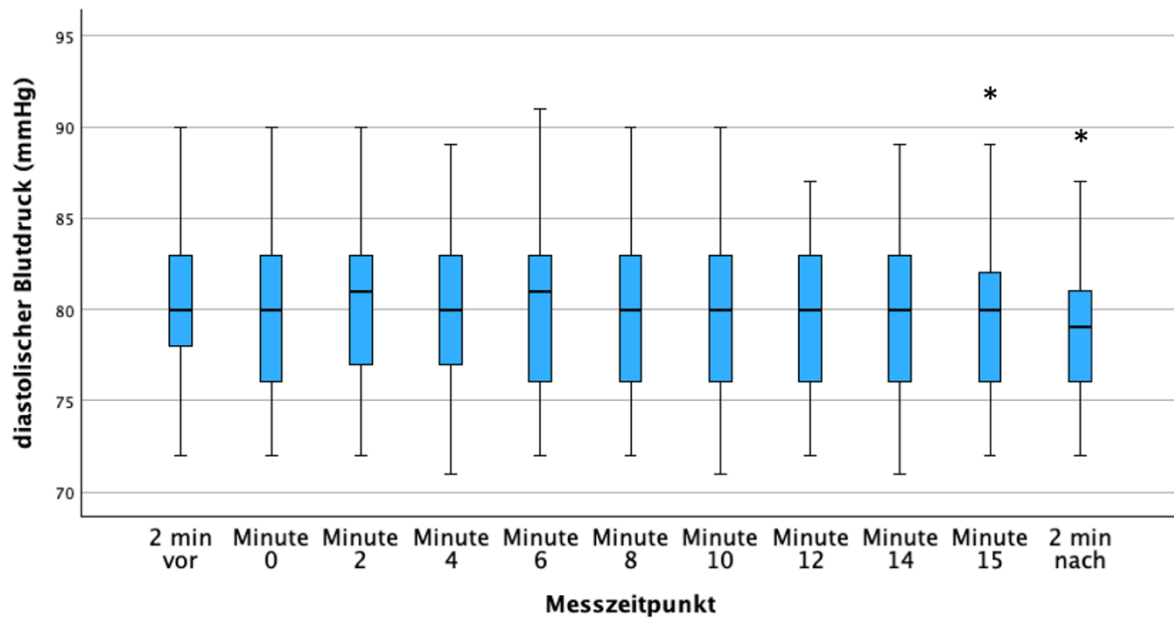


Abb. 19: Darstellung des diastolischen Blutdrucks der Versuchsgruppe

### 4.3.2. Pulsfrequenz

Die mit dem Fitness-Armband gemessenen Werte sind zu jedem Zeitpunkt höher als die des Pulsoximeters. Der Mittelwert „2 min vor“ des Fitness-Arbandes liegt bei 80,41 ( $\pm 13,51$ ) Schlägen pro Minute, während der des Pulsoximeters bei 76,41 ( $\pm 14,1$ ) Schlägen pro Minute liegt. Der letzte Messwert des Fitness-Arbandes liegt im Mittel bei 76,81 ( $\pm 11,37$ ) und der des Pulsoximeters bei 74,46 ( $\pm 12,95$ ).

Der Friedman-Test ergab für die mit dem Fitness-Armband gemessenen Werte einen p-Wert von 0,032, was auf einen signifikanten Unterschied zwischen den Messzeitpunkten hinweist. Für die mit dem Pulsoximeter gemessenen Werte ergab sich ein p-Wert von 0,089, was keinen signifikanten Unterschied anzeigt.

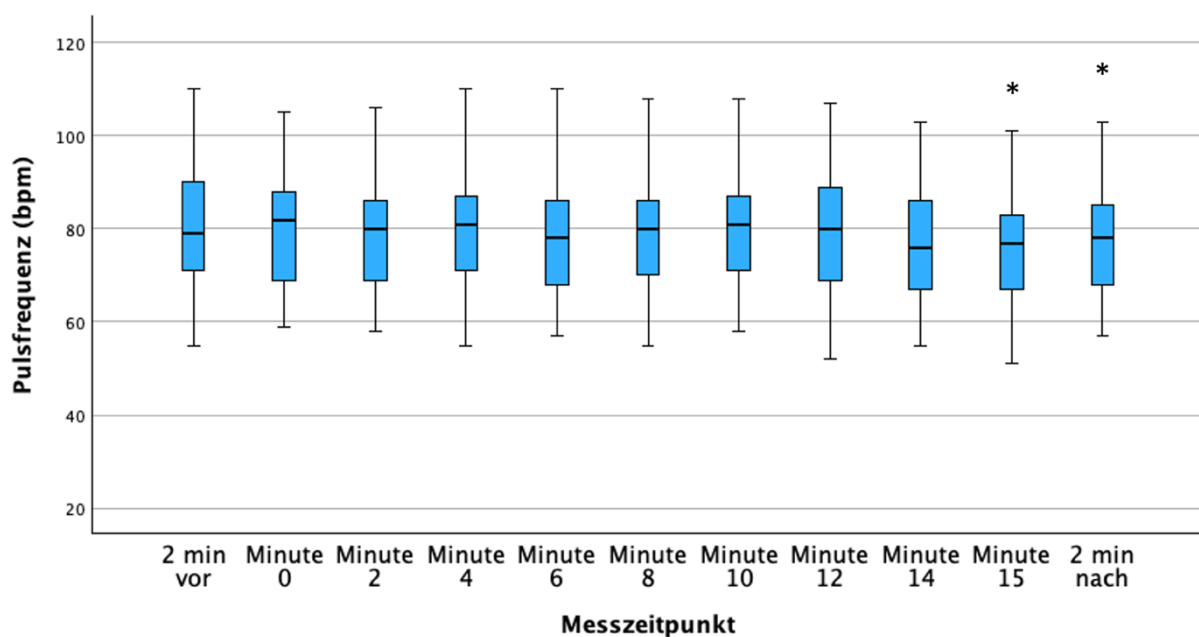


Abb. 20: Darstellung der mit dem Fitness-Armband gemessenen Pulsfrequenz der Versuchsgruppe

Die Boxplots veranschaulichen die Pulsfrequenzen über die 11 Messzeitpunkte hinweg. Statistisch signifikante Unterschiede eines Messzeitpunkts im Vergleich zum Wert „zwei Minuten vor“ sind in den Grafiken oberhalb der Boxplots mit einem Sternchen gekennzeichnet. In dem Diagramm (vgl. Abb. 20) sind die Messwerte für die Pulsfrequenz dargestellt, die mit dem Fitness-Arbandes gemessen wurden. Es sind Unterschiede zwischen den einzelnen Messungen vorhanden, jedoch ist keine Tendenz zu erkennen.

Das Diagramm (vgl. Abb. 21) zeigt die Pulsfrequenzmesswerte, die mit dem Pulsoximeters erfasst wurden. Dabei sind Schwankungen erkennbar, jedoch ohne eine klare Tendenz.

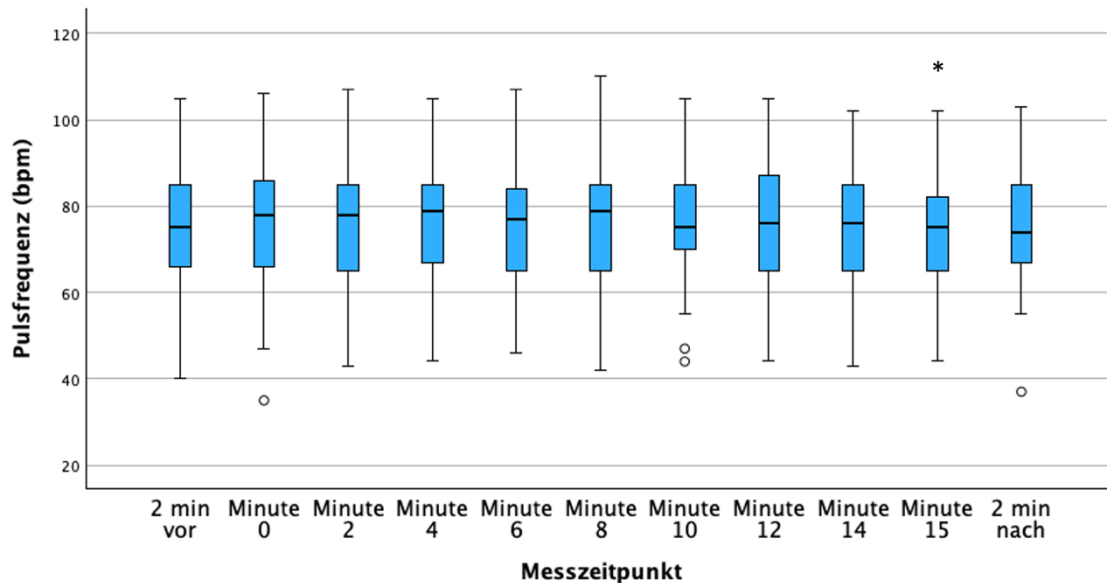


Abb. 21: Darstellung der mit dem Pulsoximeter gemessenen Pulsfrequenz der Versuchsgruppe

### 4.3.3. Sauerstoffsättigung

Die Mittelwerte der Sauerstoffsättigung verändern sich über die 11 Messwerte wenig. Der niedrigste Messwert wurde in Minute 2 gemessen ( $97 \pm 2,37$ ) und der höchste Messwert 2 Minuten nach Absetzen der VR-Brille ( $97,41 \pm 2,28$ ). Die Mittelwerte der einzelnen Messzeitpunkte bewegen sich somit im Bereich von 97 bis 97,5 %.

Der Friedman-Test ergab für die Versuchsgruppe einen p-Wert von 0,160, was keinen signifikanten Unterschied zwischen den einzelnen Messzeitpunkten zeigt.

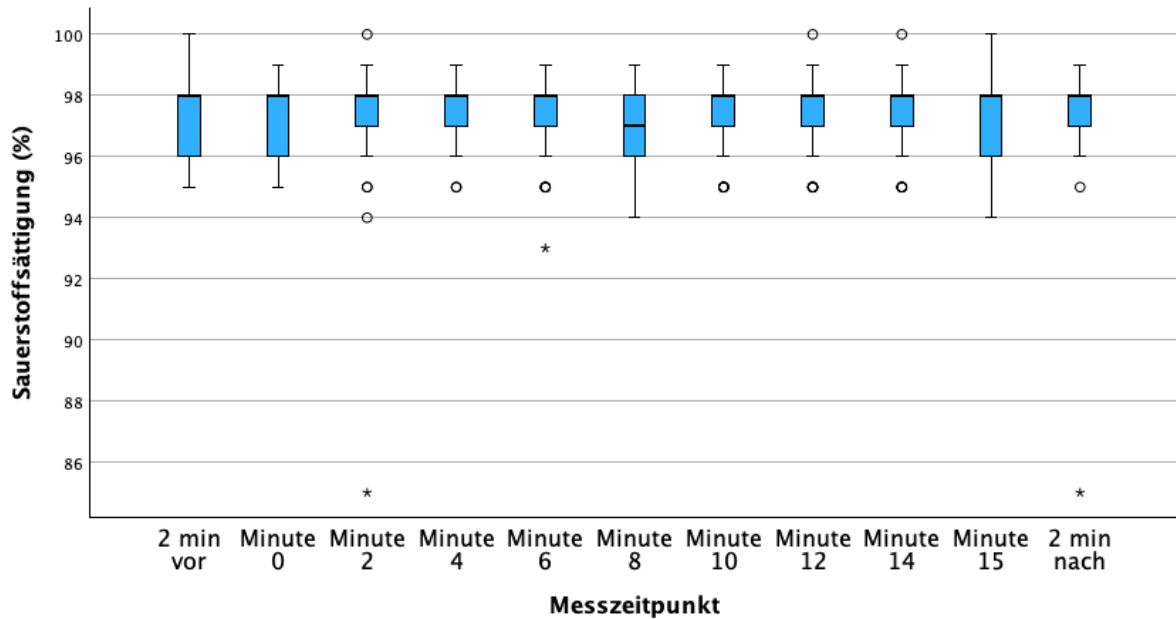


Abb. 22: Darstellung der Sauerstoffsättigung der Versuchsgruppe

In dem Boxplot (vgl. Abb. 22) sind die Messwerte der Sauerstoffsättigung der Versuchsgruppe über die 11 Messzeitpunkte grafisch dargestellt. Statistisch signifikante Unterschiede eines Messzeitpunkts im Vergleich zum Wert „zwei Minuten vor“ sind in den Grafiken oberhalb der Boxplots mit einem Sternchen gekennzeichnet. Es sind leichte Schwankungen, aber kein klarer Trend erkennbar. Es sind drei extreme Ausreißer nach unten zu den Zeitpunkten „Minute 2“, „Minute 6“ und „2 min nach“ zu erkennen.

Eine ausführlichere Auflistung der Ergebnisse der Statistik befindet sich im Anhang unter 7.5.2.

## 4.4. Vergleich der Studiengruppen

### 4.4.1. Einfluss auf das subjektive Empfinden

#### Fragebogen 2

In der Kontroll- und in der Versuchsgruppe sind die Mittelwerte der Ergebnisse des MDAS-Fragebogens nach der Wartezeit niedriger als vorher. Der Mittelwert des MDAS-Summenscore verringert sich in der Versuchsgruppe stärker ( $19,95 \pm 2,9$ ;  $17,86 \pm 2,42$ ) als in der Kontrollgruppe ( $20,35 \pm 2,3$ ;  $19,16 \pm 3,11$ ).

Die Varianzanalyse mit Messwiederholungen für den Summenscore der MDAS ergibt einen statistisch signifikanten Effekt mit einem p-Wert von 0,03. Dies weist darauf hin, dass die Versuchsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe eine signifikant stärkere Reduktion des MDAS-Summenscores aufweist.

Der Boxplot (vgl. Abb. 23) stellt den Rückgang des MDAS-Summenscore nach der Wartezeit dar. Dabei sind die Kontroll- und die Versuchsgruppe gegenübergestellt. Der stärkere Rückgang in der Versuchsgruppe ist sichtbar.

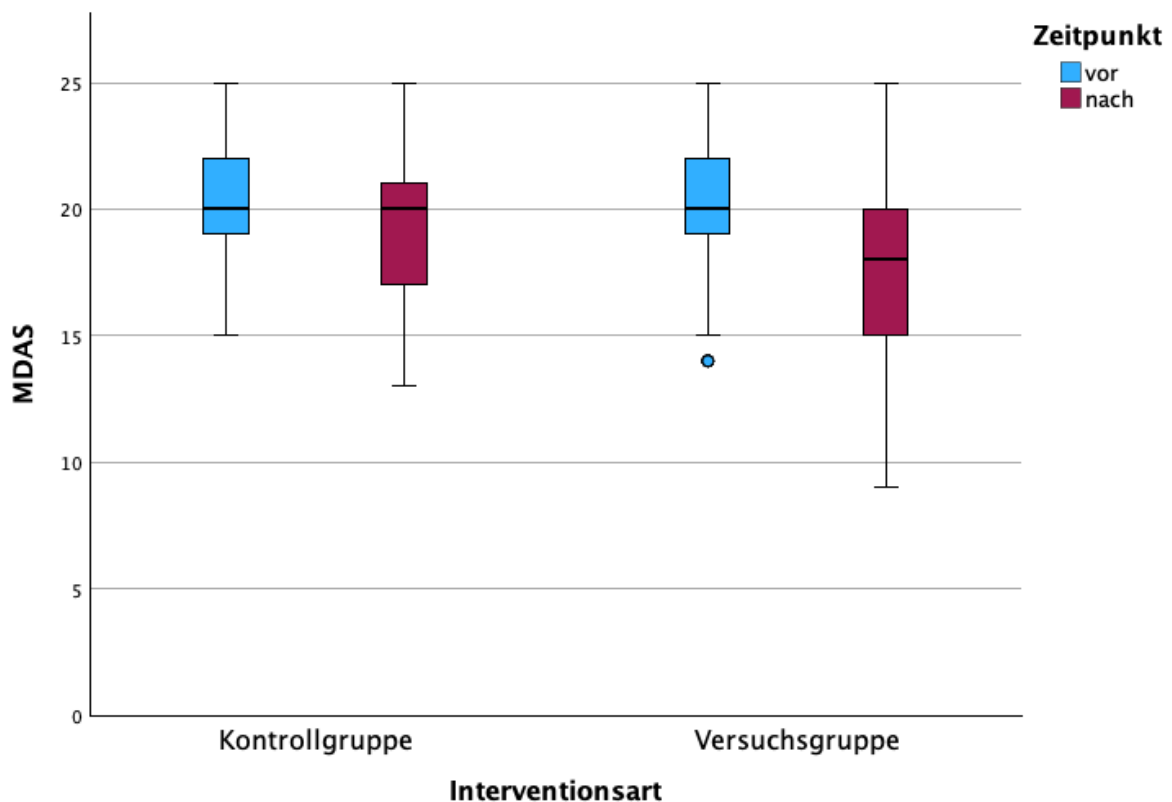


Abb. 23: Darstellung des Summenscore der MDAS

### Fragebogen 3

Die Ergebnisse des Fragebogen 3, der das allgemeine Befinden abfragt, unterscheiden sich bei Gegenüberstellung der Studiengruppen vor der Wartezeit kaum. Nach der Wartezeit sind die Werte beider Gruppen höher als zuvor. Der Anstieg in der Versuchsgruppe ist stärker als die der Kontrollgruppe.

Dies lässt sich exemplarisch anhand von Frage 3, die das Begriffspaar nervös und ruhig umfasst, darstellen. Vor der Wartezeit sind die Werte der Kontrollgruppe ( $0,33 \pm 0,22$ ) und der Versuchsgruppe gleich groß ( $0,33 \pm 0,22$ ). Nach der Wartezeit ist der Wert der Kontrollgruppe gestiegen ( $0,43 \pm 0,28$ ), während der Wert der Versuchsgruppe stärker steigt ( $0,63 \pm 0,26$ ).

Die Varianzanalyse mit Messwiederholungen ergibt für die einzelnen Fragen folgende p-Werte: für Frage 1 einen p-Wert von 0,031, für Frage 2 einen p-Wert von  $< 0,001$ , für Frage 3 einen p-Wert von 0,001, für Frage 4 einen p-Wert von 0,044 und für Frage 5 einen p-Wert von 0,033. Diese Ergebnisse weisen auf eine signifikante Veränderung des allgemeinen Befindens der Patient\*innen in Abhängigkeit von der zugewiesenen Studiengruppe hin. Der signifikante Unterschied deutet darauf hin, dass die Wartezeit das allgemeine Befinden der Patient\*innen beeinflusst, wobei dieser Effekt in der Versuchsgruppe stärker ausgeprägt ist als in der Kontrollgruppe.

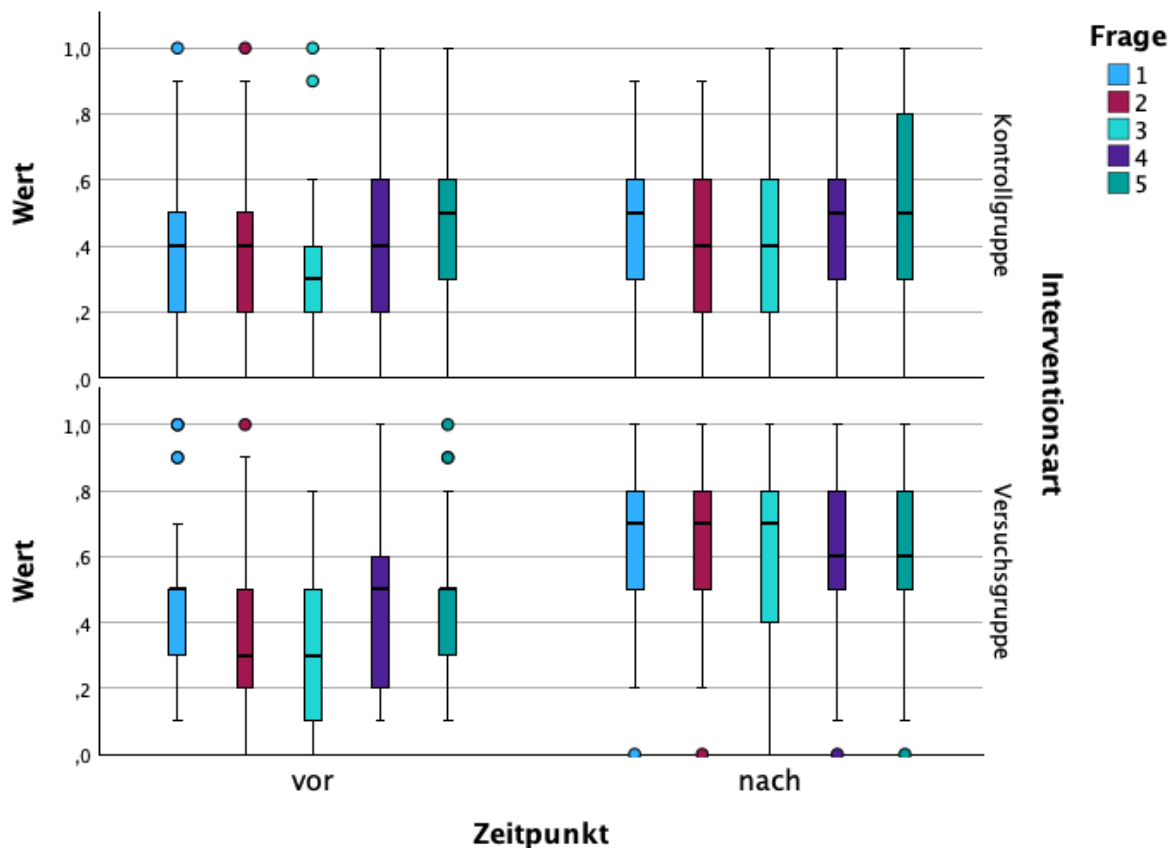


Abb. 24: Darstellung der Ergebnisse des Fragebogens 3

Der gruppierte Boxplot (vgl. Abb. 24) stellt die Werte für die Fragen 1 bis 5 des Fragebogens 3 dar und vergleicht die Versuchs- und Kontrollgruppe. Hier wird der Anstieg der Werte, insbesondere auch der stärkere Anstieg der Versuchsgruppe, nach der Wartezeit sichtbar.

#### 4.4.2. Einfluss auf den Blutdruck

Die Mittelwerte der 11 Messzeitpunkte sind in der Versuchsgruppe zu jedem Zeitpunkt höher als die entsprechenden Werte in der Kontrollgruppe.

Innerhalb beider Gruppen ist keine Zu- oder Abnahme des Blutdrucks über den gesamten Zeitraum beobachtbar.

Die Varianzanalyse mit Messwiederholungen ergibt für den systolischen Blutdruck einen p-Wert von 0,473. Damit besteht über die Messzeitpunkte hinweg kein signifikanter Einfluss der Gruppenzugehörigkeit auf die Veränderung des systolischen Blutdrucks. Für den diastolischen Blutdruck ergibt die Varianzanalyse mit Messwiederholungen einen p-Wert von 0,554, was ebenfalls darauf hinweist, dass keine gruppenspezifische Veränderung vorliegt.

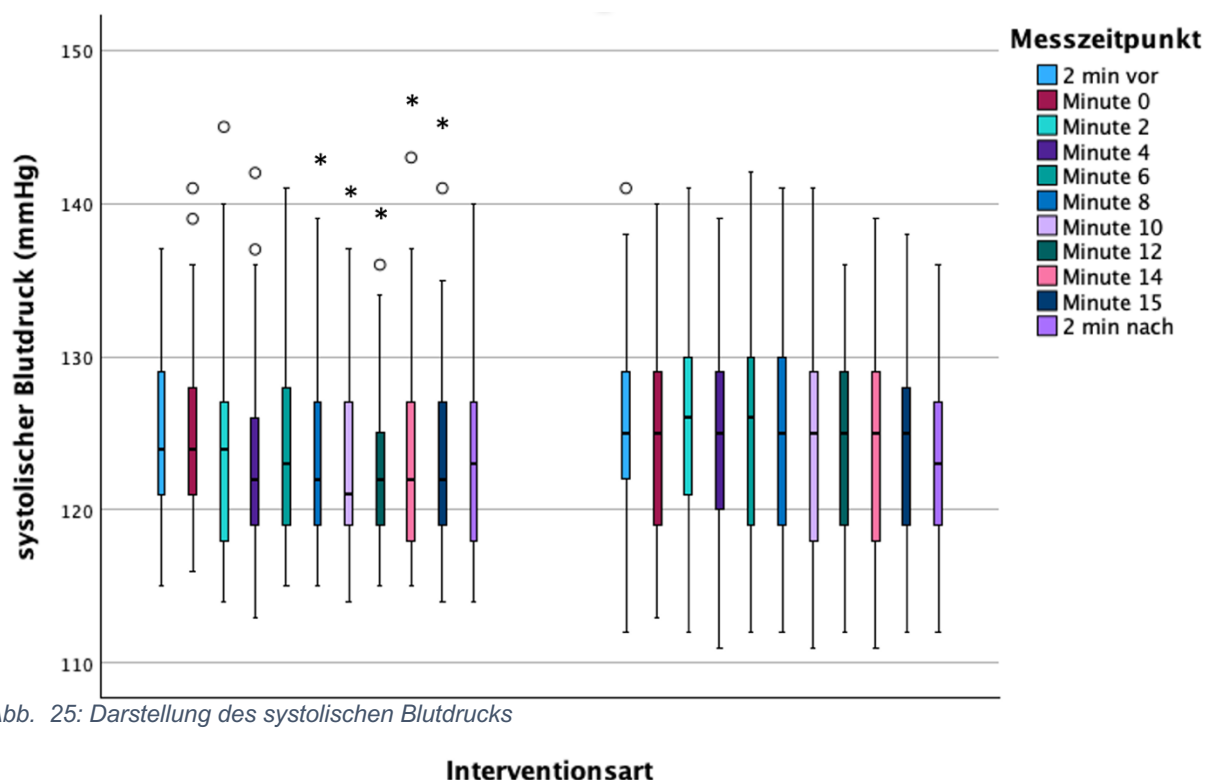


Abb. 25: Darstellung des systolischen Blutdrucks

In den Boxplots sind der systolische und der diastolische Blutdruck zu den 11 Messzeitpunkten dargestellt. Auf der linken Seite sind die Werte der Kontrollgruppe angeordnet, während sich die Werte für die Versuchsgruppe auf der rechten Seite befinden. Statistisch signifikante Unterschiede eines Messzeitpunkts im Vergleich zum Wert „zwei Minuten vor“, welche mithilfe des Wilcoxon-Tests ermittelt wurden, sind in den Grafiken oberhalb der Boxplots mit einem Sternchen gekennzeichnet.

Beim systolischen Blutdruck (vgl. Abb. 25) liegen die Werte des Blutdrucks insgesamt höher als in der Kontrollgruppe, allerdings nicht signifikant. In der Kontrollgruppe ist über die letzten 4 Messzeitpunkte ein Anstieg des systolischen Blutdrucks zu beobachten, während der systolische Blutdruck in der Versuchsgruppe zunächst konstant bleibt und zum Messzeitpunkt „2 min nach“ abfällt.

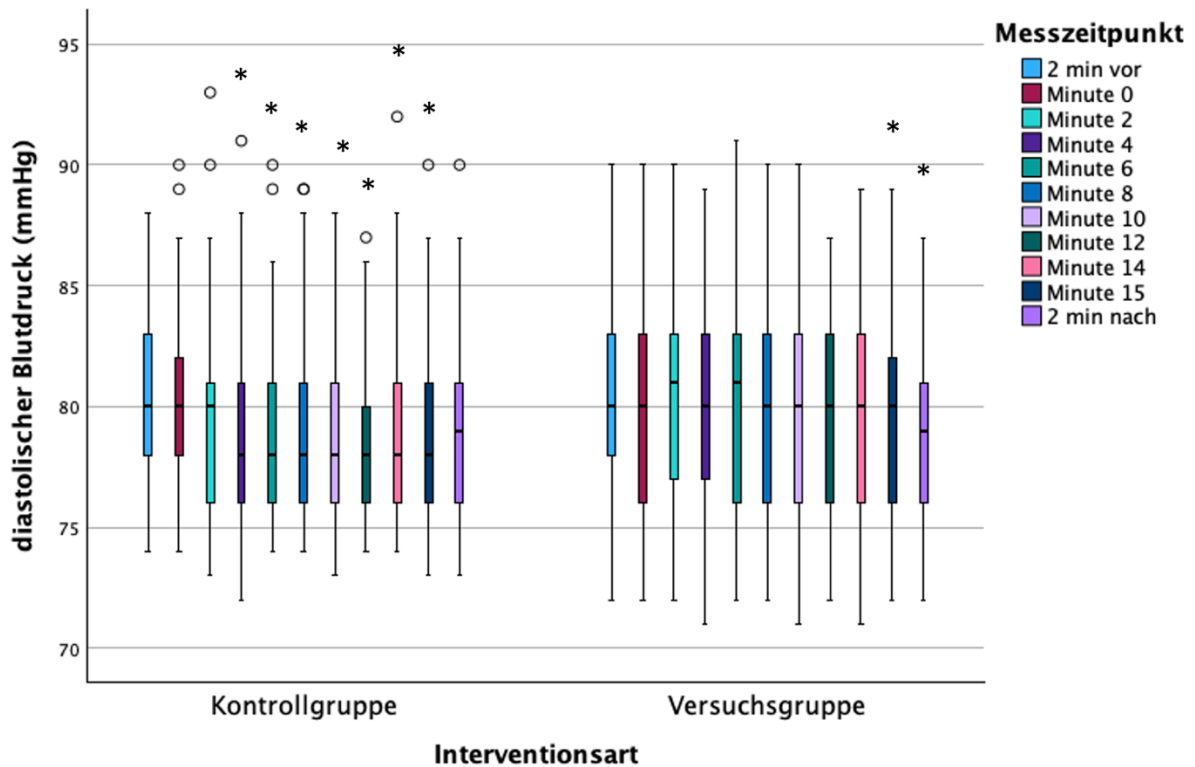


Abb. 26: Darstellung des diastolischen Blutdrucks

Auch beim diastolischen Blutdruck (vgl. Abb. 26) liegen die Messwerte der Versuchsgruppe insgesamt höher als in der Kontrollgruppe, allerdings nicht signifikant. In der Kontrollgruppe fällt der Blutdruck über die ersten 4 Messzeitpunkte, bleibt im Anschluss konstant und weist lediglich der Median zum letzten Messzeitpunkt einen Anstieg auf. In der Versuchsgruppe bleiben die Messwerte über den gesamten Zeitraum nahezu konstant. Der letzte Messwert ist niedriger als die übrigen Werte.

### 4.4.3. Einfluss auf die Pulsfrequenz

Die Mittelwerte der Pulsfrequenzwerte, die mit dem Pulsoximeter gemessen wurden, sind über alle Messzeitpunkte höher als die Pulsfrequenzwerte, die mit dem Fitness-Armband gemessen wurden.

Die Varianzanalyse mit Messwiederholungen ergibt für die Pulsfrequenzwerte, die mit dem Fitness-Armband gemessen wurden, einen p-Wert von 0,473 und für die mit dem Pulsoximeter gemessenen Werte einen p-Wert von 0,210. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass über die Messzeitpunkte hinweg keine statistisch signifikante Veränderung der Pulsfrequenz in Abhängigkeit von der Gruppenzugehörigkeit besteht.

In den Boxplots auf der folgenden Seite sind die Werte der Pulsfrequenzen über die 11 Messzeitpunkte der Kontroll- und Versuchsgruppe gegenübergestellt. Statistisch signifikante Unterschiede eines Messzeitpunkts im Vergleich zum Wert „zwei Minuten vor“, die mithilfe des Wilcoxon-Tests ermittelt wurden, sind in den Grafiken oberhalb der Boxplots mit einem Sternchen gekennzeichnet. Über den gesamten Messzeitraum hinweg zeigen sich tendenziell höhere Werte in der Versuchsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe, jedoch ohne statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen. Dies ist für beide Geräte feststellbar.

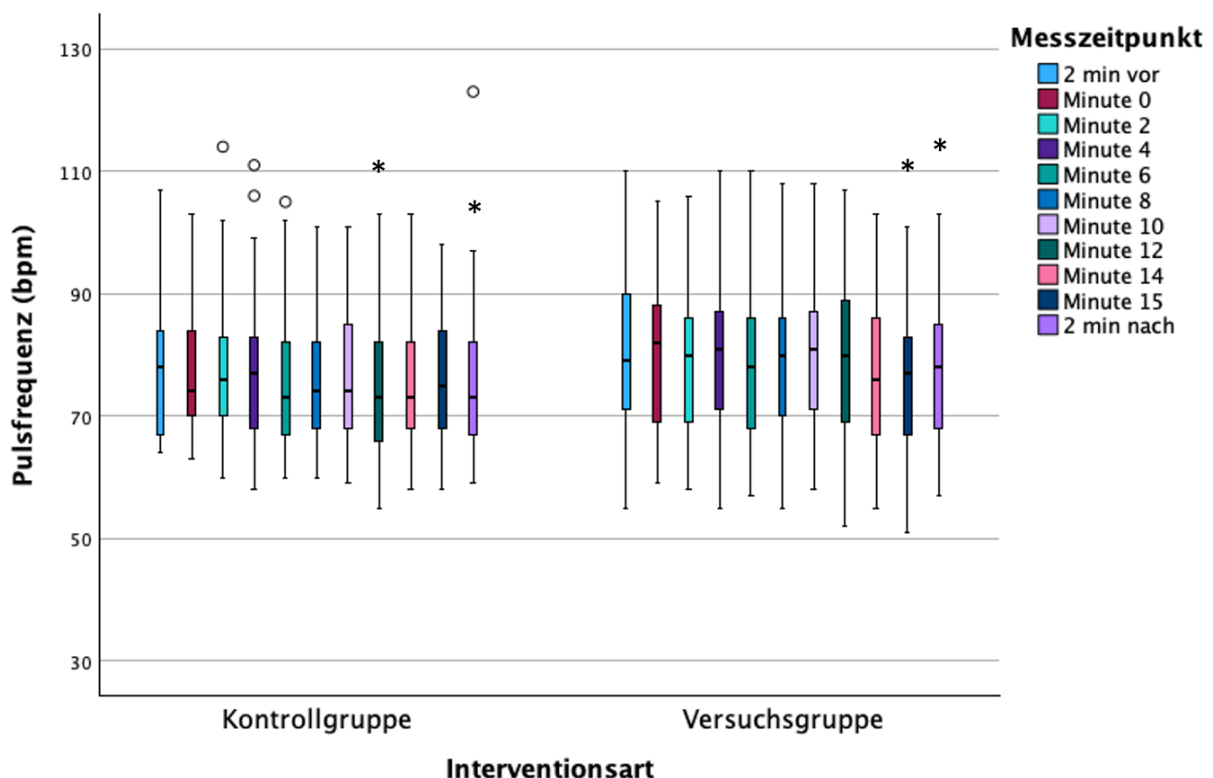


Abb. 27: Darstellung der Pulsfrequenzwerte gemessen mit dem Fitness-Arbands

Im Diagramm oben (vgl. Abb. 27) sind die Pulsfrequenzen dargestellt, die mittels des Fitnessarmbandes gemessen wurden.

Im unteren Diagramm (vgl. Abb. 28) sind die Pulsfrequenzen dargestellt, die mittels des Pulsoximeters am Zeigefinger gemessen wurden. Die Messwerte der Versuchsgruppe weisen eine größere Streuung auf als die der Kontrollgruppe, wobei die Kontrollgruppe vermehrt Ausreiser zeigt.

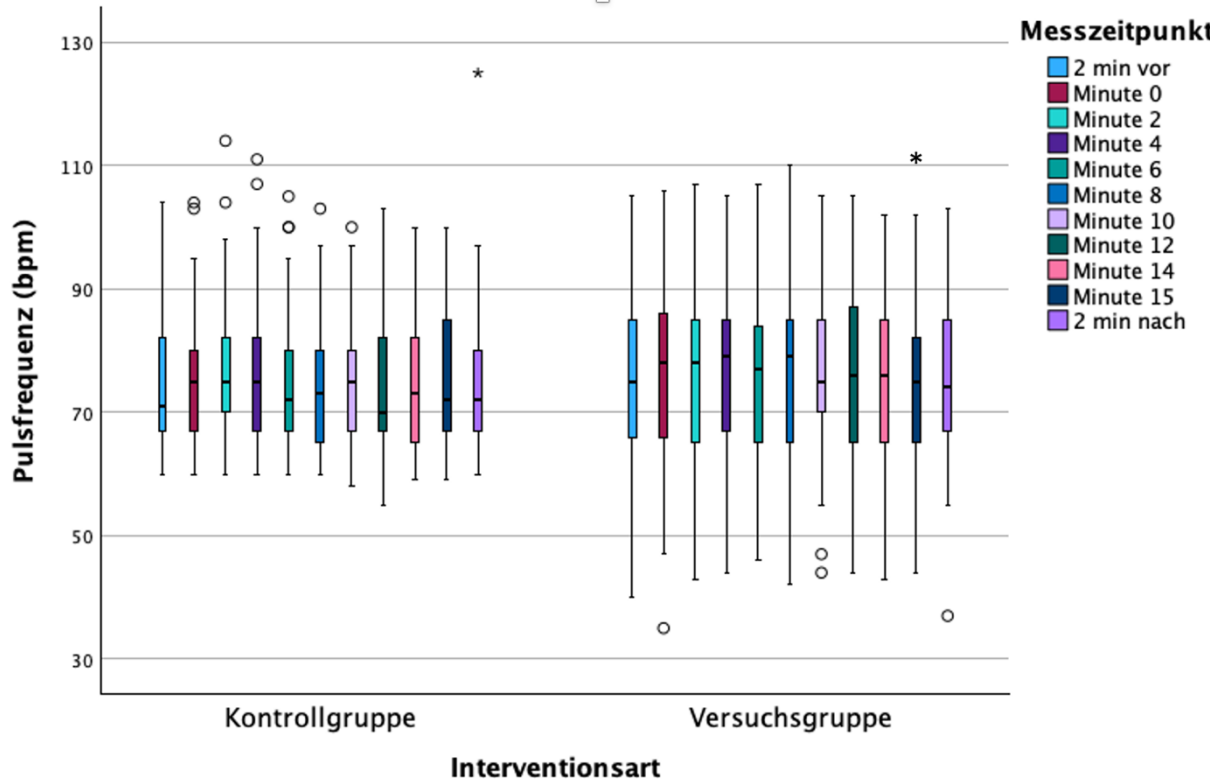


Abb. 28: Darstellung der Pulsfrequenzwerte gemessen mit dem Pulsoximeter

#### 4.4.4. Einfluss auf die Sauerstoffsättigung

In den Mittelwerten der Sauerstoffsättigung sind in beiden Gruppen geringfügige Schwankungen erkennbar. Die Mittelwerte liegen für alle 11 Messzeitpunkte zwischen 97 % und 97,6 %.

Die Varianzanalyse mit Messwiederholungen ergibt einen p-Wert von 0,351. Dieser Wert weist darauf hin, dass über die Messzeitpunkte hinweg keine statistisch signifikante Veränderung der Sauerstoffsättigung in Abhängigkeit von der Gruppenzugehörigkeit besteht.

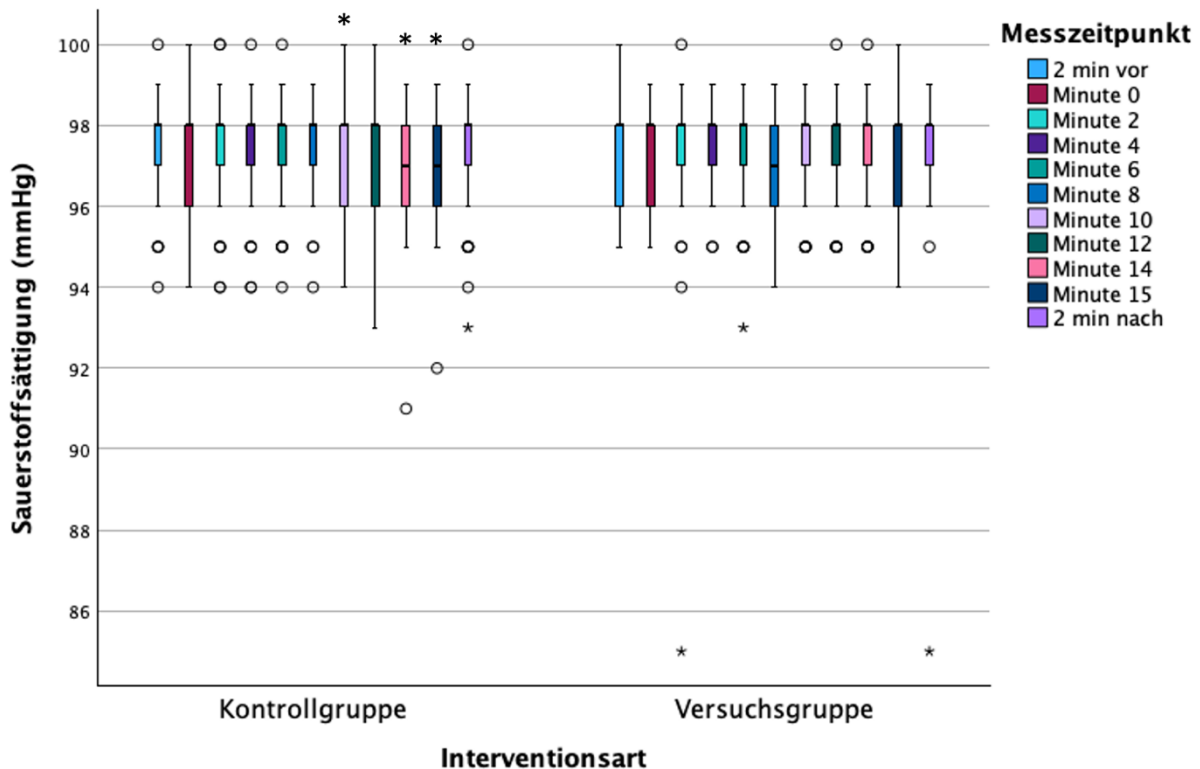


Abb. 29: Darstellung der Sauerstoffsättigung

In dem Boxplot (vgl. Abb. 29) ist die Sauerstoffsättigung über die 11 Messzeitpunkte für die Kontrollgruppe und die Versuchsgruppe gegenübergestellt. Statistisch signifikante Unterschiede eines Messzeitpunkts im Vergleich zum Wert „zwei Minuten vor“, die mithilfe des Wilcoxon-Tests ermittelt wurden, sind in den Grafiken oberhalb der Boxplots mit einem Sternchen gekennzeichnet. In beiden Gruppen sind geringfügige Schwankungen erkennbar, jedoch keine klare Tendenz. Extreme Ausreißer nach unten treten in der Versuchsgruppe zu den Zeitpunkten „Minute 2“, „Minute 6“ und „2 min nach“ auf und in der Kontrollgruppe lediglich zum Zeitpunkt „2 min nach“.

## 5. Diskussion

### 5.1. Methodische Kritik

Ziel der vorliegenden klinischen Studie war es, den Einfluss einer Intervention mit virtueller Realität auf das subjektive Empfinden und die objektiv gemessenen Vitalparameter von Patient\*innen mit starker Zahnbehandlungsangst zu ermitteln. Die Planung der Studie wurde so gestaltet, dass die Belastung der Studienteilnehmer\*innen möglichst gering gehalten werden sollte. Dies wurde durch die Verwendung intuitiver Fragebögen und non-invasiver Messmethoden erreicht.

In der vorliegenden Studie wurde die MDAS verwendet, um die Zahnbehandlungsangst der Studienteilnehmer\*innen zu erfassen. Untersuchungen belegen, dass die deutschsprachige Version der DAS hinsichtlich der Erfassung des Zahnbehandlungsangstniveaus reliabel und valide ist.<sup>39</sup> Für die MDAS ist dies auch anzunehmen, da die DAS hierbei lediglich um die Behandlungssituation der Lokalanästhesie ergänzt ist. Ausländische Untersuchungen haben anderssprachige Versionen der MDAS ebenfalls als reliabel und valide identifizieren können und stützen somit diese Annahme.<sup>87,88</sup>

Es wäre interessant gewesen zu wissen, ob die Patient\*innen unter starker Zahnbehandlungsangst litten, die krankheitswertig ausgeprägt war, oder ob sogar eine Zahnbehandlungsphobie vorlag. Eine Ergänzung des Fragebogens um eine Abfrage des Vermeidungsverhaltens, wie etwa der Zeitraum seit dem letzten Zahnarztbesuch, wäre ein sinnvoller Ansatz, um eine Aussage hinsichtlich des Krankheitswertes der Zahnbehandlungsangst zu treffen. Die klinische Diagnose einer Zahnbehandlungsphobie kann anhand dieser Information jedoch nicht gestellt werden. Hierfür wäre eine umfassende Diagnostik im Sinne der ICD- oder DSM-Kriterien durch entsprechend ausgebildetes Fachpersonal erforderlich.

Für die Messung der Vitalparameter wurden der Blutdruck, die Pulsfrequenz und die Sauerstoffsättigung gewählt. Bei der Auswahl der Messmethoden wurde die Invasivität der Verfahren gegen die Messgenauigkeit abgewogen. Es wurden die Methoden mit der geringsten Invasivität gewählt, um die Versuchsteilnehmer\*innen im Erleben der virtuellen Realität nicht zu stören und keinen zusätzlichen Stress zu verursachen. So wäre eine Blutdruckmessung mit Manschette zwar genauer gewesen, da für die Messung mit einem PPG-Sensor noch keine einheitlichen Validierungsverfahren vorliegen<sup>89</sup>, jedoch hätte die Manschette alle 2 Minuten aufgepumpt werden müssen, was für die Patient\*innen deutlich wahrnehmbar gewesen wäre. Die Messung mittels PPG-Sensors erfolgte hingegen ohne spürbare Störung für die Studienteilnehmer\*innen.

Der Durchführungsort der Wartezeit war kein offizielles Wartezimmer, sondern ein Seminarraum, um die Privatsphäre der Patient\*innen zu wahren. Dadurch war die Situation

möglicherweise etwas anders als in einem regulären Wartezimmer. Außerdem saßen die Prüfärzt\*innen mit den Studienteilnehmer\*innen in einem Raum, um die Messungen zu beaufsichtigen. Ein unterbewusster Einfluss durch Sympathie oder Vertrauen im Rahmen des ersten Eindrucks könnte hier eine Rolle gespielt haben.

Die Termine der verschiedenen Studienteilnehmer\*innen fanden zu unterschiedlichen Tageszeiten statt, abhängig von der individuellen Terminfindung mit den Patient\*innen. Verschiedene Einflussfaktoren könnten das Stresslevel im Laufe des Tages beeinflusst haben, beispielsweise ein stressiger Arbeitstag. Auch die Anreise, beispielsweise durch die angespannte Parkplatzsituation um die Uniklinik, oder das Finden des richtigen Raumes könnte bei den Studienteilnehmer\*innen unterschiedlich großen Stress verursacht haben, was die Ergebnisse der Studie beeinflusst haben könnte.

Die VR-Anwendung wurde mit den 10 verschiedenen Welten offen gestaltet, um eine breite Zielgruppe anzusprechen und eine individualisierte Erfahrung zu ermöglichen. Die Studienteilnehmer\*innen konnten jederzeit zwischen den Welten wechseln. Es ist denkbar, dass der Einfluss auf die Vitalparameter unterschiedlich war, je nachdem, ob die Teilnehmer\*innen häufig zwischen den Welten wechselten oder versuchten, sich in einer Welt zu entspannen.

Da mit der Nutzung neuer Technologien stets eine gewisse Aufregung verbunden ist, die auch positiv etwa in Form von Vorfremde auftreten kann, wäre es sinnvoll künftig die Vorerfahrung der Teilnehmer\*innen hinsichtlich VR zu erfassen.

Ein weiterer methodischer Aspekt ist, dass nur ein Studientermin festgelegt wurde, sodass lediglich die kurzfristigen Effekte der virtuellen Realität untersucht wurden. Langfristige Daten wurden nicht erhoben.

## **5.2. Bewertung der Versuchsergebnisse**

### **5.2.1. Soziodemografische Daten**

In der deutschen Bevölkerung sind 49,26 % Männer und 50,74 % Frauen.<sup>90</sup> An der vorliegenden Studie nahmen mit 59,5 % etwas mehr Frauen teil, als es dem Verhältnis in der Gesamtbevölkerung entspricht. Dies deckt sich mit der vorhandenen Literatur aus der hervorgeht, dass Frauen häufiger unter Zahnbehandlungsangst leiden als Männer.<sup>26,84</sup>

Der Altersdurchschnitt lag in der deutschen Bevölkerung im Jahr 2023 bei 44,6 Jahren, während die Studienpopulation im Durchschnitt 40,1 Jahre alt war.<sup>91</sup> Somit waren die Studienteilnehmer\*innen durchschnittlich jünger als die Gesamtbevölkerung.

Jüngere Patient\*innen sind häufiger als Ältere von Zahnbehandlungsangst betroffen.<sup>84</sup>

Die beiden Studiengruppen weisen ähnliche soziodemografische Daten und fast eine Übereinstimmung hinsichtlich des MDAS-Scores, der sich aus dem ersten Fragebogen zum

Zeitpunkt des Studieneinschlusses ergibt, auf. Somit ist eine Vergleichbarkeit hinsichtlich der Zusammensetzung der Gruppen anzunehmen.

### **5.2.2. Einfluss der VR-Intervention auf subjektives Empfinden**

Das subjektive Empfinden der Patient\*innen verbesserte sich nach der VR-Intervention. Die Versuchsteilnehmer\*innen, die während der Wartezeit für 15 Minuten die VR-Brille trugen, wiesen im Anschluss geringere Werte im MDAS-Score und höhere Werte im Fragebogen 3, der die aktuelle Befindlichkeit abfragt, auf als vor der Wartezeit. Somit wird die Nullhypothese verworfen und die Alternativhypothese entsprechend angenommen.

Die Teilnehmer\*innen der Versuchsgruppe waren also nach dem Tragen der VR-Brille weniger ängstlich im Hinblick auf eine zahnärztliche Behandlung als vorher. Die Angst sank gleichmäßig in Bezug auf alle in der MDAS abgefragten Behandlungssituationen. Dieser Effekt war in der Versuchsgruppe signifikant stärker ausgeprägt als in der Kontrollgruppe.

Ein möglicher Erklärungsansatz hierfür ist die Ablenkung, die bei der Nutzung der VR-Anwendung auftritt.<sup>61</sup> Die Studienteilnehmer\*innen beschäftigten sich mit der virtuellen Welt, wobei sie beruhigende visuelle und auditive Stimuli erhielten. Diese könnten die Aufmerksamkeit der Teilnehmer\*innen von den angstausslösenden Stimuli in der realen Welt abgelenkt haben. Das Phänomen der Immersion, welches im Abschnitt 2.4.1 erläutert ist, tritt bei immersiven VR-Technologien wie HMDs auf und beschreibt genau diese Lenkung der Aufmerksamkeit von der realen in die virtuelle Welt.

Höhere Werte im Fragebogen 3 entsprachen Markierungen, die auf der visuellen Analogskala näher an den Begriffen „unbeschwert“, „ruhig“, „entspannt“ und „sicher“ lagen. Die Studienteilnehmer\*innen gaben damit an sich allgemein besser zu fühlen. Diese Verbesserung des allgemeinen Befindens lässt sich über den in Abschnitt 2.2.6 beschriebenen Zusammenhang zwischen Zahnbehandlungsangst und dem allgemeinen Befinden erklären.

### **5.2.3. Fragebogen 4 zur Beurteilung der VR-Anwendung**

Die Mittelwerte der Fragen 1 bis 4, die den Gesamteindruck der Intervention abfragen, lagen mit ungefähr 0,6 bis 0,8 bei zwei Dritteln der Skala. Nach Aussage der Versuchsteilnehmer\*innen war der Gesamteindruck der virtuellen Welt somit eher positiv. Das Einlassen auf die Welt fiel den Teilnehmer\*innen überwiegend leicht und das Eintauchen in die virtuelle Umgebung wurde positiv erlebt.

Die Mittelwerte der Fragen 5 und 6, die darauf abzielen, ob das Tragen der VR-Brille im Wartezimmer als hilfreich und empfehlenswert wahrgenommen wurde, lagen ebenfalls ungefähr 0,6 bis 0,8 bei zwei Dritteln der Skala. Diese Werte spiegeln die Aussage der Studienteilnehmer\*innen wider, dass ihnen das Tragen des HMDs in der Stresssituation geholfen hat und dass sie diese Erfahrung weiterempfehlen würden.

Die Mittelwerte der Fragen 7 bis 9, die das Auftreten von Cybersickness abfragen, lagen bei etwa 0,1. Da die Standardabweichung gering ist, befinden sich die Messwerte nahe dem Mittelwert. Dies deutet darauf hin, dass Missemphindungen wie Schwindel, Übelkeit oder Gleichgewichtsstörungen selten auftraten oder nicht stark ausgeprägt waren.

Die Mittelwerte der Fragen 10 bis 23, die das Phänomen der Immersion untersuchen, lagen im Bereich von etwa 0,4 bis 0,6, was der Mitte der Skala entspricht. Dies deutet darauf hin, dass das Phänomen der Immersion von den Studienteilnehmer\*innen als mittelmäßig stark empfunden wurde.

Eine mögliche Erklärung für diese Werte könnte sein, dass die 360°-Darstellungen durch das Fehlen kleinerer landschaftlicher Veränderungen, wie das Ziehen von Wolken, Blättern im Wind oder der Brandung, weniger realistisch wirkten. Ein weiterer Erklärungsansatz ist, dass die angstausslösenden Stimuli weiterhin so präsent waren, dass sie die Immersion einschränkten.

Insgesamt nahmen die Studienteilnehmer\*innen das Erlebnis der virtuellen Realität als positiv, hilfreich und empfehlenswert wahr, auch wenn die Immersion nicht vollständig gelungen ist. Dies zeigt das verbleibende Potenzial der Anwendung, das durch zukünftige Anpassungen weiter optimiert werden könnte.

#### **5.2.4. Einfluss der VR-Intervention auf Vitalparameter**

Die Vitalparameter der Versuchsgruppe zeigen über die 11 Messzeitpunkte leichte Unterschiede, von denen einige signifikant waren, andere jedoch nicht.

Eine klare Tendenz über die 11 Messzeitpunkte hinweg war jedoch nicht erkennbar. Daher bleibt die Nullhypothese bestehen.

Das Ausbleiben eines klaren Trends hinsichtlich der Abnahme von Pulsfrequenz und Blutdruck könnte unterschiedliche Ursachen haben.

Eine mögliche Erklärung ist, dass die VR-Anwendung nicht ausreicht, um die Angst der Patient\*innen objektiv messbar zu reduzieren.

Alternativ könnte die Intervention die Angst etwas reduziert, zwar einen gewissen angstreduzierenden Effekt gehabt haben, dieser war jedoch möglicherweise zu gering, um bei der gegebenen Stichprobengröße statistisch signifikant zu werden. Auffällig ist, dass der niedrigste systolische und diastolische Blutdruckwert zwei Minuten nach Beendigung der VR-Anwendung gemessen wurde. Dies könnte darauf hindeuten, dass die Nutzung der VR-Brille zur Entspannung der Teilnehmenden beigetragen hat.

Eine weitere mögliche Erklärung wäre, dass die VR-Anwendung selbst eine emotionale Reaktion hervorgerufen hat. Emotionale Erregung führt, unabhängig von der Art der Emotion, zu einer Zunahme der sympathischen Aktivität.<sup>92</sup> Daher lässt sich nicht abschließend klären, ob das Ausbleiben eines klaren Trends auf eine unzureichende Angstreduktion

zurückzuführen ist oder ob andere Einflussfaktoren, wie etwa die Aufregung durch den Einsatz neuer Technologien, eine Rolle gespielt haben könnte.

Das Fitness-Armband lieferte dauerhaft höhere Messwerte für die Pulsfrequenz als das Pulsoximeter. Es ist wahrscheinlich, dass das Pulsoximeter genauere Messwerte liefert, da diese Technologie bereits umfassend validiert wurde, während der PPG-Sensor des Fitness-Armbands eine neuere Technologie darstellt, für die noch kein einheitlicher Validierungsstandard existiert.<sup>89</sup>

Die vereinzelt Ausreißer, die in den Messwerten der Sauerstoffsättigung erkennbar sind, lassen sich am ehesten als Messfehler interpretieren.

### **5.2.5. Vergleich von Kontroll- und Versuchsgruppe**

Die Untersuchungen zeigen, dass sich das subjektive Empfinden durch die Intervention mit virtueller Realität sowohl in Bezug auf die Zahnbehandlungsangst als auch das allgemeine Wohlbefinden stärker verbessert hat als in der Kontrollgruppe. Daher kann der erste Teil der dritten Nullhypothese verworfen und die Alternativhypothese bestätigt werden.

Für den zweiten Teil der Hypothese gilt dies jedoch nicht. Obwohl innerhalb der Versuchsgruppe einzelne Vitalparameter über die Zeit signifikante Schwankungen zeigten, ergab die Varianzanalyse keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Daher bleibt der zweite Teil der Nullhypothese bestehen.

Der Blutdruck der Versuchsgruppe ist über den gesamten Messzeitraum höher als der der Kontrollgruppe. Dies könnte darauf hindeuten, dass die VR-Brille eine emotionale Reaktion und die damit verbundene vegetative Reaktion ausgelöst hat. Dass sich die Blutdruckwerte der Kontrollgruppe nicht verändert haben, könnte damit erklärt werden, dass die Versuchsteilnehmer\*innen in dieser Gruppe keine Ablenkung von dem anstehenden Zahnarztbesuch erhielten und sich daher kontinuierlich mit der Situation beschäftigten.

Die Pulsfrequenz der Versuchsgruppe ist über den gesamten Messzeitraum hinweg höher als die der Kontrollgruppe. Dieses Ergebnis stützt das Gesamtbild, da ein Anstieg der Pulsfrequenz ebenfalls auf eine emotionale Erregung hinweisen könnte.

Die Messwerte des Fitnessarmbandes sind in beiden Studiengruppen höher als die des Pulsoximeters. Wie bereits im vorherigen Absatz beschrieben ist es wahrscheinlicher, dass das Pulsoximeter genauere Messwerte liefert.

Die vereinzelt Ausreißer, die in beiden Studiengruppen, in den Messwerten der Sauerstoffsättigung vorliegen, lassen sich am ehesten als Messfehler interpretieren.

## **5.3. Literaturvergleich**

In der Literatur liegt bislang nur eine Studie vor, in der VR bei Erwachsenen vor der Behandlung angewendet wurde.<sup>93</sup> Dabei sind Patient\*innen unabhängig ihres Angstlevels eingeschlossen worden und die VR-Intervention konnte vor jeder Art von zahnärztlicher

Behandlung erfolgen. Die VR-Intervention in dieser Studie unterschied sich erheblich von der in der durchgeführten Untersuchung. In der genannten Studie wählten die Studienteilnehmer\*innen ein 1- bis 3,5-minütiges 360°-Video aus, was in Länge und Wahlmöglichkeiten von der durchgeführten Studie abweicht.

Die Angst wurde mithilfe der MDAS direkt vor und nach der VR-Anwendung gemessen. Der Durchschnittswert des MDAS-Scores vor der Anwendung von VR war mit 11 deutlich niedriger als der MDAS-Wert von 19 in der vorliegenden Studie. In der Untersuchung von Lahti et al. konnte eine signifikante Reduktion der Zahnbehandlungsangst durch die kurze VR-Anwendung festgestellt werden.<sup>93</sup> Es ist jedoch anzumerken, dass diese Studie nicht explizit auf Angstpatient\*innen einging und keine einheitlichen zahnärztlichen Behandlungen auf die Wartezeit folgten.

In Lahti et al. sank der MDAS-Score um einen Punkt, während in der durchgeführten Studie eine Reduktion um zwei Punkte festgestellt wurde. Ein möglicher Erklärungsansatz könnte die längere Dauer der VR-Anwendung sein. Eine längere VR-Anwendung bietet den Versuchsteilnehmer\*innen mehr Zeit für eine tiefere Immersion. Zudem wurde den Studienteilnehmer\*innen ermöglicht, zwischen verschiedenen Welten zu wechseln, was die Immersion zusätzlich fördern könnte. Je mehr eine Person von den angstausslösenden Reizen abgelenkt wird, desto weniger Angst wird sie vermutlich empfinden.

In anderen Studien, die VR ebenfalls in Bezug auf ein gewisses Angstlevel anwenden, wurde nicht nach einem Mindest-, sondern nach einem Maximalangstlevel selektiert.<sup>94</sup> Es gibt jedoch keine Studie, die sich explizit mit der Anwendung virtueller Realität bei Patient\*innen mit starker Zahnbehandlungsangst beschäftigt. Die Daten deuten darauf hin, dass VR eine ähnliche Wirkung auf die Zahnbehandlungsangst von Patient\*innen mit moderatem und starkem Angstlevel hat. Eine signifikante Reduktion der subjektiv wahrgenommenen Angst konnte festgestellt werden.

Die vorliegende Studie bestätigt die positiven Ergebnisse früherer Studien, die die Wirkung von VR auf das subjektive Empfinden der Angst untersucht haben.<sup>93-95</sup> Trotz unterschiedlicher Arten der Anwendung zeigte die VR in allen Studien eine Reduktion der Zahnbehandlungsangst, was die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten dieser Technologie unterstreicht.

In einigen Studien wurde der Einfluss von VR auf Vitalparameter vor allem der Pulsfrequenz untersucht, wobei diese in einigen Fällen einen Rückgang zeigten.<sup>78,82,83,94,96</sup> Ein Einfluss auf die Sauerstoffsättigung wurde selten festgestellt<sup>94</sup>, in den meisten Fällen blieb die Sauerstoffsättigung unverändert.<sup>78,83</sup> Diese Ergebnisse der bisherigen Studien legen nahe, dass die VR-Anwendung einen positiven Einfluss auf die objektiv messbaren Parameter einer Angstreduktion haben könnte.

In den meisten Studien wurden jedoch nur die Messwerte vor und nach der VR-Intervention erfasst<sup>78,94</sup>, während in der vorliegenden Studie kontinuierlich während der gesamten Tragedauer der VR-Brille gemessen wurde. Es ist möglich, dass kurzfristige Schwankungen der Vitalparameter während der VR-Anwendung auftreten, die in Studien ohne kontinuierliche Messung unentdeckt bleiben.

Außerdem wurde in allen genannten Studien die virtuelle Realität während der gesamten Behandlung angewendet, was einer längeren Dauer als der in der durchgeführten Studie entspricht.

Ein weiterer möglicher Einflussfaktor ist die unterschiedliche Studienpopulation. Die meisten Studien untersuchten Kinder<sup>78,82,94</sup>, während in der durchgeführten Studie Erwachsene einbezogen wurden.

Die Studien, die sich bisher mit dem Einfluss virtueller Realität auf die Vitalparameter beschäftigen, sind aus den genannten Gründen nicht mit der durchgeführten Studie zu vergleichen.

Die Messung des Kortisolgehalts im Speichel ist eine einfache und nicht-invasive Methode zur Bestimmung der Intensität von Angstreaktionen.<sup>44</sup> Allerdings wurde in der Literatur eine erhebliche Verzögerung von bis zu 30 Minuten zwischen Stressor und Veränderung des Kortisolspiegels festgestellt.<sup>97</sup> Vermutlich wurde sie daher selten in diesem Kontext angewandt.<sup>98</sup> Da in der durchgeführten Studie auf die VR-Intervention eine zahnärztliche Behandlung folgte, hätte die Implementierung dieser Messmethode zu erheblichen Wartezeiten geführt.

#### **5.4. Schlussfolgerungen**

Zielsetzung der vorliegenden klinischen Studie war es, den Einfluss einer Intervention mit VR auf das subjektive Empfinden und die objektiv gemessenen Vitalparameter von Patient\*innen mit starker Zahnbehandlungsangst zu ermitteln. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass virtuelle Realität, wenn sie im Wartezimmer vor einer zahnärztlichen Behandlung angewendet wird, einen positiven Einfluss auf das subjektive Empfinden von Erwachsenen hat. Sowohl die Zahnbehandlungsangst als auch das allgemeine Befinden verbesserten sich mehr als beim gewöhnlichen Warten im Wartezimmer. Ein deutlicher Einfluss auf die Vitalparameter, die durch eine Stressreaktion beeinflusst werden, konnte nicht festgestellt werden.

Daraus lässt sich schließen, dass immersive VR als effektive Ablenkungsstrategie eingesetzt werden kann, um Patient\*innen vor einer zahnärztlichen Behandlung zu beruhigen.

Die vorliegende Studie ergänzt die bestehende Forschung zur Anwendung von VR in der Zahnmedizin, insbesondere im Hinblick auf die Reduktion von Zahnbehandlungsangst. Sie bestätigt die positiven Ergebnisse früherer Untersuchungen, die einen signifikanten Rückgang der Angst bei Patient\*innen mit geringem bis moderatem Angstlevel durch VR belegen.

Gleichzeitig erweitert sie die Forschung durch die kontinuierliche Messung von Vitalparametern während der VR-Intervention und den Fokus auf erwachsene Patient\*innen mit starker Zahnbehandlungsangst, was zu einer differenzierten Betrachtung der Wirksamkeit virtueller Realität beiträgt.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass eine VR-Intervention eine vielversprechende Methode zur Verbesserung der Erfahrung des Zahnarztbesuches darstellen kann. Die Integration der VR-Technologie in zahnärztlichen Praxen bietet erhebliches Potenzial. Da HMDs mittlerweile zu erschwinglichen Preisen erhältlich sind und das Einrichten der Anwendung nur wenig Zeit in Anspruch nimmt, könnte eine VR-Anwendung eine kostengünstige und effiziente Lösung zur Verbesserung des Patientenerlebnisses bieten.

Im klinischen Alltag gibt es Situationen, in denen die Anwendung von VR besonders hilfreich sein könnte, z. B. während der Wartezeit auf dem Zahnarztstuhl. Während dieser Zeit, in der die Patient\*innen möglicherweise durch den Anblick von Instrumenten und das Hören von Behandlungsgeräuschen aus Nebenräumen gestresst werden, könnte eine VR-Anwendung helfen das Angstniveau zu senken und eine entspannende Ablenkung zu bieten.

Die Ergebnisse dieser Studie werfen wichtige Fragen für zukünftige Forschung auf. Eine interessante Fragestellung wäre, ob die positiven Effekte der VR-Intervention langfristig bestehen bleiben. Zukünftige Studien könnten daher ein Follow-up beinhalten, um zu untersuchen, ob die Reduktion der Zahnarztangst und die Verbesserung des allgemeinen Befindens auch nach dem Zahnarztbesuch anhält.

Darüber hinaus wäre es sinnvoll, verschiedene VR-Anwendungen miteinander zu vergleichen, um herauszufinden wie eine bessere Immersion erzielt werden könnte.

Des Weiteren könnten interdisziplinäre Studien mit Psycholog\*innen aufschlussreiche Erkenntnisse liefern, ob der Einsatz einer VR-Intervention auch bei extremen Ausprägungen der Zahnbehandlungsangst, also bei Zahnbehandlungsphobien, eine effektive Intervention darstellt.

Ebenso wäre eine Studie zur praktischen Umsetzung von VR in Zahnarztpraxen wertvoll, um zu untersuchen, wie sich die Technologie in den Praxis-Ablauf integrieren lässt und welche Herausforderungen dabei möglicherweise auftreten.

## 6. Literaturverzeichnis

1. Marks IM. Fears, Phobias and Rituals - Panic, Anxiety and their disorders: Oxford University Press Inc.; 1987. 3-5.
2. Kessler H. Kurzlehrbuch Medizinische Psychologie und Soziologie. 4 ed. Stuttgart, Germany: Georg Thieme Verlag KG; 2021. 133-143.
3. Ekman P, Friesen WV, O'Sullivan M, et al. Universals and cultural differences in the judgments of facial expressions of emotion. *J Pers Soc Psychol* 1987; 53(4): 712-7.
4. Behrends JC. Duale Reihe Physiologie. 1 ed: Thieme; 2010.
5. Faller HL, H. Medizinische Psychologie und Soziologie. 5 ed: Springer-Verlag GmbH Deutschland; 2019. 144-155.
6. Hergovich A. Allgemeine Psychologie: Wahrnehmung und Emotion. 3 ed. Stuttgart, Deutschland: facultas; 2022: 139-82.
7. Pape H-CK, A.; Silbernagl, S. . Physiologie. 10 ed: Georg Thieme Verlag KG; 2023. 188-191, 378-379, 923-942.
8. Kandel ERK, J.D.; Mack, S.H.; Siegelbaum, S.A. . Principals of Neural Science. 6 ed: Mc Graw Hill; 2021. 1045-1063.
9. Bear MFC, B. W.; Paradiso, M. A. . Neurowissenschaften - Ein grundlegendes Lehrbuch für Biologie, Medizin und Psychologie. 4 ed: Springer-Verlag GmbH Deutschland; 2018. 678-683.
10. Speckmann E-JH, J.; Köhling, R. . Physiologie. 6 ed. München, Deutschland: Elsevier GmbH; 2013. 289-296.
11. Möller H-JL, G.; Deister, A. Psychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie. 6 ed: Georg Thieme Verlag KG; 2015. 128-145.
12. Antony MMS, M. B. Oxford Handbook of Anxiety and related disorders. 2 ed: Oxford University Press; 2008. 34-46.
13. Organization WH. International Classification of Diseases for Mortality and Morbidity Statistics. 2022.
14. Jacobi F, Höfler M, Strehle J, et al. Twelve-months prevalence of mental disorders in the German Health Interview and Examination Survey for Adults - Mental Health Module (DEGS1-MH): a methodological addendum and correction. *Int J Methods Psychiatr Res* 2015; 24(4): 305-13.
15. Wittchen HUH, J. Klinische Psychologie & Psychotherapie. 2 ed: Springer-Verlag GmbH; 2011. 972-977.
16. Muris P, Merckelbach H, de Jong P, Ollendick TH. The etiology of specific fears and phobias in children: a critique of the non-associative account. *Behav Res Ther* 2002; 40(2): 185-95.
17. Koskinen MK, Hovatta I. Genetic insights into the neurobiology of anxiety. *Trends Neurosci* 2023; 46(4): 318-31.
18. Rachman S. The conditioning theory of fear-acquisition: a critical examination. *Behav Res Ther* 1977; 15(5): 375-87.
19. Arbeitskreis Psychologie und Psychosomatik in der DGZMK (AKPP) DGfz-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK). Zahnbehandlungsangst beim Erwachsenen. S3-Leitlinie AWMF; 2019.
20. International Classification of Diseases, Eleventh Revision (ICD-11). 11 ed: World Health Organization; 2022.
21. Micheelis W, Bauch J, editors. Mundgesundheitszustand und -verhalten in der Bundesrepublik Deutschland. Ergebnisse des nationalen IDZ-Survey 1989. Deutscher Ärzte-Verlag; 1991.
22. Micheelis W, Süßlin, W. Einstellungen und Bewertungen der Bevölkerung zur zahnärztlichen Versorgung in Deutschland – Ergebnisse einer bundesweiten Umfrage 2011 - IDZ, Institut der Deutschen Zahnärzte 2012.
23. Guentsch A, Stier C, Raschke GF, et al. Oral health and dental anxiety in a German practice-based sample. *Clin Oral Investig* 2017; 21(5): 1675-80.
24. Mehrstedt M, Tönnies S, Eisentraut I. Dental fears, health status, and quality of life. *Anesth Prog* 2004; 51(3): 90-4.

25. Micheelis W, S. W. Einstellungen und Bewertungen der Bevölkerung zur zahnärztlichen Versorgung in Deutschland: Ergebnisse einer bundesweiten Umfrage 2011: IDZ [Institut der Deutschen Zahnärzte], 2012.
26. Kleinknecht RA, Klepac RK, Alexander LD. Origins and characteristics of fear of dentistry. *J Am Dent Assoc* 1973; 86(4): 842-8.
27. Sergl HG. Psychologie und Psychosomatik in der Zahnheilkunde: Urban & Schwarzenberg; 1996.
28. Ingersoll BD. Psychologische Aspekte der Zahnheilkunde: Quintessenz Verlags-GmbH; 1987.
29. Armfield JM. What goes around comes around: revisiting the hypothesized vicious cycle of dental fear and avoidance. *Community Dent Oral Epidemiol* 2013; 41(3): 279-87.
30. Edmunds R, Buchanan H. Cognitive vulnerability and the aetiology and maintenance of dental anxiety. *Community Dent Oral Epidemiol* 2012; 40(1): 17-25.
31. Armfield JM, Slade GD, Spencer AJ. Cognitive vulnerability and dental fear. *BMC Oral Health* 2008; 8: 2.
32. Vloet TD, Romanos M. Angststörungen - von der ICD-10 zur ICD-11: Hogrefe AG; 2021.
33. Kogan CS, Stein DJ, Maj M, First MB, Emmelkamp PM, Reed GM. The Classification of Anxiety and Fear-Related Disorders in the ICD-11. *Depress Anxiety* 2016; 33(12): 1141-54.
34. Association AP. Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5-TR: American Psychiatric Association; 2022.224-229.
35. Falkai PW, H.-U. Diagnostisches und Statistisches Manual Psychischer Störungen DSM-5. 2 ed: Hogrefe Verlag; 2018.267-274.
36. Corah NL. Development of a dental anxiety scale. *J Dent Res* 1969; 48(4): 596.
37. Enkling N, Marwinski G, Jöhren P. Dental anxiety in a representative sample of residents of a large German city. *Clin Oral Investig* 2006; 10(1): 84-91.
38. Tönnies S, Mehrstedt M, Eisentraut I. Die Dental Anxiety Scale (DAS) und das Dental Fear Survey (DFS) - Zwei Messinstrumente zur Erfassung von Zahnbehandlungsängsten. *Z Med Psychol* 2002; 2.
39. Jöhren P. Validierung eines Fragebogens zur Erkennung von Zahnbehandlungsangst. *ZWR - Das Deutsche Zahnärzteblatt* 1999; 108.
40. Elgendi M. On the analysis of fingertip photoplethysmogram signals. *Curr Cardiol Rev* 2012; 8(1): 14-25.
41. Qin C, Wang X, Xu G, Ma X. Advances in Cuffless Continuous Blood Pressure Monitoring Technology Based on PPG Signals. *Biomed Res Int* 2022; 2022: 8094351.
42. McEvoy JW, McCarthy CP, Bruno RM, et al. 2024 ESC Guidelines for the management of elevated blood pressure and hypertension: Developed by the task force on the management of elevated blood pressure and hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and endorsed by the European Society of Endocrinology (ESE) and the European Stroke Organisation (ESO). *European Heart Journal* 2024; 45(38): 3912-4018.
43. Hellhammer DH, Wüst S, Kudielka BM. Salivary cortisol as a biomarker in stress research. *Psychoneuroendocrinology* 2009; 34(2): 163-71.
44. Inder WJ, Dimeski G, Russell A. Measurement of salivary cortisol in 2012 - laboratory techniques and clinical indications. *Clin Endocrinol (Oxf)* 2012; 77(5): 645-51.
45. Cohen SM, Fiske J, Newton JT. The impact of dental anxiety on daily living. *Br Dent J* 2000; 189(7): 385-90.
46. Crego A, Carrillo-Díaz M, Armfield JM, Romero M. From public mental health to community oral health: the impact of dental anxiety and fear on dental status. *Front Public Health* 2014; 2: 16.
47. Armfield JM, Stewart JF, Spencer AJ. The vicious cycle of dental fear: exploring the interplay between oral health, service utilization and dental fear. *BMC Oral Health* 2007; 7: 1.
48. Su N, van Wijk A, Visscher CM. Psychosocial oral health-related quality of life impact: A systematic review. *J Oral Rehabil* 2021; 48(3): 282-92.
49. González-Febles J, Sanz M. Periodontitis and rheumatoid arthritis: What have we learned about their connection and their treatment? *Periodontol 2000* 2021; 87(1): 181-203.
50. Hegde R, Awan KH. Effects of periodontal disease on systemic health. *Dis Mon* 2019; 65(6): 185-92.

51. Kapila YL. Oral health's inextricable connection to systemic health: Special populations bring to bear multimodal relationships and factors connecting periodontal disease to systemic diseases and conditions. *Periodontol 2000* 2021; 87(1): 11-6.
52. Nordt SP, Clark RF. Midazolam: a review of therapeutic uses and toxicity. *J Emerg Med* 1997; 15(3): 357-65.
53. van Amsterdam J, Nabben T, van den Brink W. Recreational nitrous oxide use: Prevalence and risks. *Regul Toxicol Pharmacol* 2015; 73(3): 790-6.
54. Harris M, Chung F. Complications of general anesthesia. *Clin Plast Surg* 2013; 40(4): 503-13.
55. Doering S, Ohlmeier MC, de Jongh A, Hofmann A, Bisping V. Efficacy of a trauma-focused treatment approach for dental phobia: a randomized clinical trial. *Eur J Oral Sci* 2013; 121(6): 584-93.
56. Lahmann C, Schoen R, Henningsen P, et al. Brief relaxation versus music distraction in the treatment of dental anxiety: a randomized controlled clinical trial. *J Am Dent Assoc* 2008; 139(3): 317-24.
57. Aravena PC, Almonacid C, Mancilla MI. Effect of music at 432 Hz and 440 Hz on dental anxiety and salivary cortisol levels in patients undergoing tooth extraction: a randomized clinical trial. *J Appl Oral Sci* 2020; 28: e20190601.
58. Di Nasso L, Nizzardo A, Pace R, Pierleoni F, Pagavino G, Giuliani V. Influences of 432 Hz Music on the Perception of Anxiety during Endodontic Treatment: A Randomized Controlled Clinical Trial. *J Endod* 2016; 42(9): 1338-43.
59. Gupta A, Ahmed B. Experience of listening to music on patient anxiety during minor oral surgery procedures: a pilot study. *Br Dent J* 2020; 228(2): 89-92.
60. Wölfel M. Immersive Virtuelle Realität - Grundlagen, Technologien, Anwendungen: Springer-Verlag GmbH Deutschland; 2023.16-24.
61. Dörner RB, W.; Grimm, R.; Jung, B. Virtual and Augmented Reality (VR/AR) - Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität. 2 ed: Springer-Verlag GmbH Deutschland; 2019.8-15, 44-71.
62. Zwanzger P. Angst: Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft; 2019.119.
63. Simón-Vicente L, Rodríguez-Cano S, Delgado-Benito V, Ausín-Villaverde V, Cubo Delgado E. Cybersickness. A systematic literature review of adverse effects related to virtual reality. *Neurologia (Engl Ed)* 2024; 39(8): 701-9.
64. Gallagher M, Ferrè ER. Cybersickness: a Multisensory Integration Perspective. *Multisens Res* 2018; 31(7): 645-74.
65. Yeung AWK, Tosevska A, Klager E, et al. Virtual and Augmented Reality Applications in Medicine: Analysis of the Scientific Literature. *J Med Internet Res* 2021; 23(2): e25499.
66. Kramme R. Medizintechnik - Verfahren, Systeme, Informationsverarbeitung: Springer; 2016.
67. Gloy K, Weyhe P, Nerenz E, et al. Immersive Anatomy Atlas: Learning Factual Medical Knowledge in a Virtual Reality Environment. *Anat Sci Educ* 2022; 15(2): 360-8.
68. Liebermann A, Seefelder JK, Huth KC, Erdelt K. Mobile virtual tooth morphology teaching environment for preclinical dental students. *J Dent Educ* 2023; 87(1): 130-8.
69. Reymus M, Liebermann A, Diegritz C. Virtual reality: an effective tool for teaching root canal anatomy to undergraduate dental students - a preliminary study. *Int Endod J* 2020; 53(11): 1581-7.
70. Joda T, Gallucci GO, Wismeijer D, Zitzmann NU. Augmented and virtual reality in dental medicine: A systematic review. *Comput Biol Med* 2019; 108: 93-100.
71. Rodrigues P, Nicolau F, Norte M, et al. Preclinical dental students self-assessment of an improved operative dentistry virtual reality simulator with haptic feedback. *Sci Rep* 2023; 13(1): 2823.
72. Ayoub A, Pulijala Y. The application of virtual reality and augmented reality in Oral & Maxillofacial Surgery. *BMC Oral Health* 2019; 19(1): 238.
73. Simonetti V, Tomietto M, Comparcini D, Vankova N, Marcelli S, Cicolini G. Effectiveness of virtual reality in the management of paediatric anxiety during the peri-operative period: A systematic review and meta-analysis. *Int J Nurs Stud* 2022; 125: 104115.

74. Tas FQ, van Eijk CAM, Staals LM, Legerstee JS, Dierckx B. Virtual reality in pediatrics, effects on pain and anxiety: A systematic review and meta-analysis update. *Paediatr Anaesth* 2022; 32(12): 1292-304.
75. Chiu PL, Li H, Yap KY, Lam KC, Yip PR, Wong CL. Virtual Reality-Based Intervention to Reduce Preoperative Anxiety in Adults Undergoing Elective Surgery: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Netw Open* 2023; 6(10): e2340588.
76. Bani Mohammad E, Ahmad M. Virtual reality as a distraction technique for pain and anxiety among patients with breast cancer: A randomized control trial. *Palliat Support Care* 2019; 17(1): 29-34.
77. Koticha P, Katge F, Shetty S, Patil DP. Effectiveness of Virtual Reality Eyeglasses as a Distraction Aid to Reduce Anxiety among 6-10-year-old Children Undergoing Dental Extraction Procedure. *Int J Clin Pediatr Dent* 2019; 12(4): 297-302.
78. Du Q, Ma X, Wang S, et al. A digital intervention using virtual reality helmets to reduce dental anxiety of children under local anesthesia and primary teeth extraction: A randomized clinical trial. *Brain Behav* 2022; 12(6): e2600.
79. Asl Aminabadi N, Erfanparast L, Sohrabi A, Ghertasi Oskouei S, Naghili A. The Impact of Virtual Reality Distraction on Pain and Anxiety during Dental Treatment in 4-6 Year-Old Children: a Randomized Controlled Clinical Trial. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2012; 6(4): 117-24.
80. Gomez-Polo C, Vilches AA, Ribas D, Castano-Seiquer A, Montero J. Behaviour and Anxiety Management of Paediatric Dental Patients through Virtual Reality: A Randomised Clinical Trial. *J Clin Med* 2021; 10(14).
81. Nunna M, Dasaraju RK, Kamatham R, Mallineni SK, Nuvvula S. Comparative evaluation of virtual reality distraction and counter-stimulation on dental anxiety and pain perception in children. *J Dent Anesth Pain Med* 2019; 19(5): 277-88.
82. Niharika P, Reddy NV, Srujana P, Srikanth K, Daneswari V, Geetha KS. Effects of distraction using virtual reality technology on pain perception and anxiety levels in children during pulp therapy of primary molars. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2018; 36(4): 364-9.
83. Eitner S, Wichmann M, Paulsen A, Holst S. Dental anxiety--an epidemiological study on its clinical correlation and effects on oral health. *J Oral Rehabil* 2006; 33(8): 588-93.
84. López-Valverde N, Muriel-Fernández J, López-Valverde A, et al. Use of Virtual Reality for the Management of Anxiety and Pain in Dental Treatments: Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med* 2020; 9(10).
85. Cunningham A, McPolin O, Fallis R, Coyle C, Best P, McKenna G. A systematic review of the use of virtual reality or dental smartphone applications as interventions for management of paediatric dental anxiety. *BMC Oral Health* 2021; 21(1): 244.
86. Tunc EP, Firat D, Onur OD, Sar V. Reliability and validity of the Modified Dental Anxiety Scale (MDAS) in a Turkish population. *Community Dent Oral Epidemiol* 2005; 33(5): 357-62.
87. Giri J, Pokharel PR, Gyawali R, Bhattarai B. Translation and Validation of Modified Dental Anxiety Scale: The Nepali Version. *Int Sch Res Notices* 2017; 2017: 5495643.
88. Stergiou GS, Mukkamala R, Avolio A, et al. Cuffless blood pressure measuring devices: review and statement by the European Society of Hypertension Working Group on Blood Pressure Monitoring and Cardiovascular Variability. *J Hypertens* 2022; 40(8): 1449-60.
89. Destatis SB. Bevölkerung nach Nationalität und Geschlecht 2023. 2024. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/Tabellen/liste-zensus-geschlecht-staatsangehoerigkeit-basis-2022.html#1343598> (Zuletzt abgerufen am 03.06.2025)
90. (Destatis) SB. Bevölkerung nach dem Gebietsstand und Durchschnitts-alter 1990 bis 2023.2024. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/Tabellen/bevoelkerungsstand-gebietsstand-werte.html> (Zuletzt abgerufen am 03.06.2025)
91. Hoehn-Saric R, McLeod DR. The peripheral sympathetic nervous system. Its role in normal and pathologic anxiety. *Psychiatr Clin North Am* 1988; 11(2): 375-86.
92. Lahti S, Suominen A, Freeman R, Lahteenoja T, Humphris G. Virtual Reality Relaxation to Decrease Dental Anxiety: Immediate Effect Randomized Clinical Trial. *JDR Clin Trans Res* 2020; 5(4): 312-8.

93. Greeshma G, George S, Anandaraj S, et al. Comparative Evaluation of the Efficacy of Virtual Reality Distraction, Audio Distraction and Tell-show-do Techniques in Reducing the Anxiety Level of Pediatric Dental Patients: An In Vivo Study. *Int J Clin Pediatr Dent* 2021; 14(Suppl 2): S173-S8.
94. Ledwoń A, Dębski P, Jędrusik P, et al. An Attempt to Use Virtual Reality as a Tool to Reduce Patient Anxiety During Dental Treatment. *J Clin Med* 2024; 13(22).
95. Sullivan C, Schneider PE, Musselman RJ, Dummett CO, Jr., Gardiner D. The effect of virtual reality during dental treatment on child anxiety and behavior. *ASDC J Dent Child* 2000; 67(3): 193-6, 60-1.
96. Miller R, Wojtyniak JG, Weckesser LJ, Alexander NC, Engert V, Lehr T. How to disentangle psychobiological stress reactivity and recovery: A comparison of model-based and non-compartmental analyses of cortisol concentrations. *Psychoneuroendocrinology* 2018; 90: 194-210.
97. Shetty V, Suresh LR, Hegde AM. Effect of Virtual Reality Distraction on Pain and Anxiety During Dental Treatment in 5 to 8 Year Old Children. *J Clin Pediatr Dent* 2019; 43(2): 97-102.

## 7. Anhang

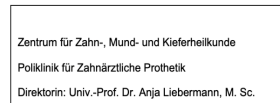
### 7.1. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Erste Frage und Antwortmöglichkeiten der MDAS.....	27
Abb. 2: Fragen der MDAS.....	28
Abb. 3: Organigramm Studienablauf.....	30
Abb. 4: Erste Frage und Antwortmöglichkeit der MDAS mit visueller Analogskala .....	31
Abb. 5: Fragen des Fragebogens 3.1 .....	31
Abb. 6: VR-Headset Oculus Quest 2 .....	32
Abb. 7: Virtuelle Tafel mit Beschreibung der Welten .....	32
Abb. 8: Beispiel-Welten "Sonnenuntergang am Meer", „Grüne Bergwiese“ und „Über den Wolken“ .....	33
Abb. 9: Pulsoximeter NX-8462-675 und Fitnessarmband FBT-105 .....	33
Abb. 10: Fragen 1-4 des Fragebogens 4.....	34
Abb. 11: Fragen 5-6 des Fragebogens 4.....	34
Abb. 12: Fragen 7-9 des Fragebogens 4.....	35
Abb. 13: Fragen 11 & 16 des Fragebogens 4.....	35
Abb. 14: Organigramm Studienablauf mit Forschungsfragen.....	36
Abb. 15: Darstellung der Ergebnisse der Versuchsgruppe des Fragebogens 2.....	39
Abb. 16: Darstellung der Ergebnisse des Fragebogens 3 .....	40
Abb. 17: Darstellung der Mittelwerte des Fragebogens 4.....	41
Abb. 18: Darstellung des systolischen Blutdrucks der Versuchsgruppe.....	42
Abb. 19: Darstellung des diastolischen Blutdrucks der Versuchsgruppe .....	43
Abb. 20: Darstellung der mit dem Fitness-Armband gemessenen Pulsfrequenz der Versuchsgruppe.....	44
Abb. 21: Darstellung der mit dem Pulsoximeter gemessenen Pulsfrequenz der Versuchsgruppe.....	45
Abb. 22: Darstellung der Sauerstoffsättigung der Versuchsgruppe.....	46
Abb. 23: Darstellung des Summenscore der MDAS.....	47
Abb. 24: Darstellung der Ergebnisse des Fragebogens 3 .....	48
Abb. 25: Darstellung des systolischen Blutdrucks .....	49
Abb. 26: Darstellung des diastolischen Blutdrucks.....	50
Abb. 27: Darstellung der Pulsfrequenzwerte gemessen mit dem Fitness-Arbands.....	51
Abb. 28: Darstellung der Pulsfrequenzwerte gemessen mit dem Pulsoximeter .....	52
Abb. 29: Darstellung der Sauerstoffsättigung .....	53

## 7.2. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Soziodemografische Daten der Studiengruppen .....	38
Tab. 2: Mittelwerte der Ergebnisse des Fragebogens 2 .....	80
Tab. 3: Ergebnisse des Wilcoxon-Tests des Fragebogens 2 .....	80
Tab. 4: Mittelwerte der Ergebnisse des Fragebogens 3 .....	80
Tab. 5: Ergebnisse des Wilcoxon-Tests des Fragebogens 3 .....	80
Tab. 6: Fragestellung und Ergebnisse des Fragebogens 4 .....	81
Tab. 7: Mittelwerte des systolischen und diastolischen Blutdrucks .....	82
Tab. 8: Ergebnisse des Wilcoxon Test Zeitpunkt x - 2 min vor für den systolischen Blutdruck .....	82
Tab. 9: Ergebnisse des Wilcoxon Test Zeitpunkt x - 2 min vor für den diastolischen Blutdruck .....	82
Tab. 10: Mittelwerte der Pulsfrequenz (bpm).....	83
Tab. 11: Ergebnisse des Wilcoxon Test Zeitpunkt x - 2 min vor für die Pulsfrequenz (Fitnessarmband).....	83
Tab. 12: Ergebnisse des Wilcoxon Test Zeitpunkt x - 2 min vor für die Pulsfrequenz (Pulsoximeter).....	83
Tab. 13: Mittelwerte der Sauerstoffsättigung (%).....	84
Tab. 14: Ergebnisse des Wilcoxon Test Zeitpunkt x - 2 min vor für die Sauerstoffsättigung.	84

## 7.3. Patienteninformation & Einwilligungserklärung



Version 1.0

Versionsdatum: 17.03.2023

### Patienteninformation

#### Klinisch prospektive Studie zum Einfluss virtueller Realität auf das subjektive Empfinden von Patienten unmittelbar vor einer zahnärztlichen Behandlung

##### Ansprechpartner

Univ.-Prof. Dr. Anja Liebermann, M.Sc.

Kerpener Str. 32, 50931 Köln

Tel.: +49 221 478-96746

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

vielen Dank für Ihr Interesse an dieser Studie. Das Ziel der geplanten Studie ist es, zu untersuchen, ob der Einsatz von virtueller Realität einen Einfluss auf das Angstverhalten von Patientinnen und Patienten vor einer zahnärztlichen Behandlung hat.

##### Wie läuft die Studie ab?

Um dieses Ziel zu erreichen, benötigen wir Ihre Mithilfe. Sie werden zufällig in die Versuchs- oder die Kontrollgruppe eingeteilt. Die Wahrscheinlichkeit, dass Sie zur Versuchsgruppe gehören, beträgt 50%. Wenn Sie zur Versuchsgruppe gehören, bitten wir Sie, während Sie auf ihren Behandlungstermin warten, für 15 Minuten eine VR-Brille zu tragen. Wenn Sie zur Kontrollgruppe gehören, bitten wir Sie sich wie gewohnt im Wartezimmer zu verhalten. Insgesamt werden für die Studie 74 Probanden benötigt. Teilnehmen an der Studie können Patienten aller Geschlechter ab 18 Jahren, die unter einer Zahnarztphobie leiden und einen Zahnärztlichen Behandlungsbedarf haben. Nicht teilnehmen an der Studie dürfen Sie, wenn Sie nur ein Auge besitzen, nicht in der Lage sind dreidimensional zu sehen oder an Epilepsie erkrankt sind. Als Entschädigung für Ihre Teilnahme können wir Ihnen eine kostenfreie Zahnreinigung anbieten. Die Finanzierung dieser Studie läuft über klinikinterne Mittel. Durch die Ethikkommission der Uniklinik Köln und der Uniklinik München liegt ein positives Beratungsergebnis der geplanten Studie vor.

Die Zahnarztangst kann durch einen speziellen, deutschsprachigen Fragebogen mit 5 Fragen (MDAS= Modified dental anxiety score in deutscher Version) erfasst werden. Um eine Veränderung der Zahnarztphobie überprüfen zu können bitten wir Sie, diesen Fragebogen vor und nach dem Tragen der VR-Brille, bzw. dem Warten auszufüllen.

Ihr Eindruck der virtuellen Welt wird in einem gesonderten Fragebogen erfasst. Um herauszufinden, wie Sie die virtuelle Welt erlebt haben, bitten wir Sie diesen Fragebogen nach dem Tragen der VR-Brille auszufüllen.

Das Vervollständigen der Fragbögen nimmt ca. 10 Minuten Zeit in Anspruch.

Stress kann über den Puls und die Sauerstoffsättigung im Blut gemessen werden. Um Veränderungen des Stresslevels überprüfen zu können, werden wir diese Parameter mittels einer Smartwatch und eines Finger-Pulsoximeters (ein Gerät, was man schmerzlos an ihren Zeigefinger steckt, welches die

Version 1.0

1

Versionsdatum: 17.03.2023

Version 1.0

Versionsdatum: 17.03.2023

Sauerstoffsättigung im Blut misst) messen und aufzeichnen, während Sie die VR-Brille tragen, bzw. im Wartezimmer sitzen.

### **Studienleitung**

Die Studie wird an der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Uniklinik Köln, sowie an der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik des LMU Klinikums München durchgeführt.

In Köln sind Frau Univ.-Prof. Dr. med. dent. Anja Liebermann M.Sc. (Klinikdirektorin) und Frau Priv.-Doz. Dr. Dr. Svenja Rink-Notzon (wissenschaftliche Mitarbeiterin) verantwortlich für die Studienleitung und -durchführung. Verantwortlich für die Studienleitung und -durchführung in München sind Frau Dr. med. dent. Isabel Lente M.Sc. (wissenschaftliche Mitarbeiterin) und Herr Dr. Kurt Erdelt (wissenschaftlicher Mitarbeiter).

Kontaktdaten der Studienleiterin Köln:

Univ.-Prof. Dr. Anja Liebermann, M.Sc.

Klinikdirektorin der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik

Kerpener Str. 32, 50931 Köln

Tel.: +49 221 478-96746

E-Mail: Anja.Liebermann@uk.koeln.de

### **Risiko-Nutzen-Abwägung**

Sie werden gebeten mehrmals Fragebögen zu beantworten. Dabei sind unerwünschte Ereignisse sind nicht zu erwarten.

Die Messung der Vitalparameter erfolgt gänzlich non-invasiv. Dabei sind keinerlei Nebenwirkungen oder Risiken zu erwarten.

Bei Verwendung der VR-Brille können in Einzelfällen Schwindel und Übelkeit auftreten. Diese Symptomatik wird als „Cyber Sickness“ bezeichnet und gleicht im klinischen Bild der sogenannten Reisekrankheit. Sie haben zu jedem Zeitpunkt die Möglichkeit die Brille eigenständig abzulegen.

Die anschließende zahnärztliche Behandlung steht nicht im Zusammenhang mit der Teilnahme an der Studie.

### **Datenschutzpassus**

„Rechtsgrundlage für die Datenverarbeitung ist Ihre freiwillige Einwilligung (Art. 6 Abs. 1 Buchst. a, Art. 9 Abs. 2 Buchst. a) DSGVO). Die Daten werden also nur dann erhoben, gespeichert, ausgewertet und weitergegeben, wenn Sie dazu schriftlich Ihre Einwilligung erklären. Auch wenn Sie Ihre Einwilligung zunächst erteilen, können Sie sie ohne Angabe von Gründen widerrufen.

Sie können jederzeit ohne Angaben von Gründen Ihre Einwilligung zur Studienteilnahme widerrufen. Im Falle des Widerrufs Ihrer Einwilligung werden die pseudonymisiert\* gespeicherten Daten anonymisiert\*\* und weiter für die Auswertung verwendet oder vernichtet. Sie können sich beim Ausscheiden aus der Studie entscheiden, ob Sie in die Auswertung Ihrer anonymisierten Studiendaten einwilligen oder nicht.

Version 1.0

Versionsdatum: 17.03.2023

2

Version 1.0

Versionsdatum: 17.03.2023

Ihre Untersuchungsdaten werden in jedem Fall unter Beachtung des Datenschutzgesetzes streng vertraulich behandelt. Die ärztliche Schweigepflicht und die geltenden Datenschutzbestimmungen werden eingehalten. Der Zugang zu den Originaldaten und zum Verschlüsselungscode ist auf folgende Personen beschränkt: Frau Univ.-Prof. Dr. Anja Liebermann, Frau Priv.-Doz. Dr. Dr. Svenja Rink-Notzon, Frau Dr. Isabel Lente, Herr Dr. Kurt Erdelt. Die Unterlagen werden an der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Uniklinik Köln für einen Zeitraum von zehn Jahren nach Studienende aufbewahrt. Die Projektleiterin (Prof. Dr. Anja Liebermann) ist zusätzlich für die Datensicherung verantwortlich. Studiendaten werden nur in anonymisierter Form und nur an die an der Studie beteiligten Ärzte weitergegeben. Dritte erhalten keinen Einblick in Unterlagen. Eine Entschlüsselung erfolgt lediglich in Fällen, in denen es Ihre eigene Sicherheit erfordert („medizinische Gründe“) oder falls es zu Änderungen in der wissenschaftlichen Fragestellung kommt („wissenschaftliche Gründe“).

Die Ergebnisse der Studie werden in wissenschaftlichen Zeitschriften ohne Angabe von personenidentifizierenden Daten veröffentlicht. In jedem Fall bleibt die Vertraulichkeit der persönlichen Daten gewährleistet.

Nach Ablauf eines Zeitraums von zehn Jahren nach Ende der Studie werden alle Fragebögen anonymisiert und die Einwilligungserklärungen mit den darin enthaltenen personenidentifizierenden Daten datenschutzgerecht entsorgt.

\*Pseudonymisierung bedeutet Kodierung unter Verwendung von Nummern ohne Bezug zum Namen oder Geburtsdatum. Die Zuordnung der Daten zu einer Person ist nur möglich, wenn hierfür der Schlüssel eingesetzt wird, mit dem die Daten pseudonymisiert wurden.

\*\*Anonymisierung bedeutet das Verändern personenbezogener Daten derart, dass die Einzelangaben über persönliche oder sachliche Verhältnisse nicht mehr einer bestimmten Person zugeordnet werden können.

### **Sind mit der Datenverarbeitung Risiken verbunden?**

Bei jeder Erhebung, Speicherung, Nutzung und Übermittlung von Daten bestehen Vertraulichkeitsrisiken (z.B. die Möglichkeit, die betreffende Person zu identifizieren). Diese Risiken lassen sich nicht völlig ausschließen und steigen, je mehr Daten miteinander verknüpft werden können. Der Initiator der Studie versichert Ihnen, alles nach dem Stand der Technik Mögliche zum Schutz Ihrer Privatsphäre zu tun und Daten nur an Stellen weiterzugeben, die ein geeignetes Datenschutzkonzept vorweisen können. Medizinische Risiken sind mit der Datenverarbeitung nicht verbunden.

Die Daten werden nicht in Länder außerhalb des EU-Binnenraumes weitergegeben werden.

### **Kann ich meine Einwilligung widerrufen?**

Sie können Ihre jeweilige Einwilligung jederzeit ohne Angabe von Gründen schriftlich oder mündlich widerrufen, ohne dass Ihnen daraus ein Nachteil entsteht. Wenn Sie Ihre Einwilligung widerrufen, werden keine weiteren Daten mehr erhoben. Die bis zum Widerruf erfolgte Datenverarbeitung bleibt jedoch rechtmäßig.

Sie können im Fall des Widerrufs auch die Löschung Ihrer Daten verlangen.

### **Welche weiteren Rechte habe ich bezogen auf den Datenschutz?**

Version 1.0

Versionsdatum: 17.03.2023

3

Version 1.0

Versionsdatum: 17.03.2023

Sie haben das Recht, vom Verantwortlichen Auskunft über die von Ihnen gespeicherten personenbezogenen Daten (einschließlich der kostenlosen Überlassung einer Kopie der Daten) zu verlangen. Ebenfalls können Sie die Berichtigung unzutreffender Daten sowie gegebenenfalls eine Übertragung der von Ihnen zur Verfügung gestellten Daten und die Einschränkung ihrer Verarbeitung verlangen.

#### **Kontaktdaten der Datenschutzbeauftragten der Studienleitung**

Datenschutzbeauftragte der Abteilung für Zahnärztliche Prothetik

Name: Dr. Malin Janson

Adresse: Kerpener Straße 32, 50931 Köln

Telefon: +49 221 478-96731

E-Mail: [prothetik@uk-koeln.de](mailto:prothetik@uk-koeln.de)

#### **Kontaktdaten des zuständigen behördlichen Datenschutzbeauftragten**

Datenschutzbeauftragter Uniklinik Köln

Name: Dominik Zier

Adresse: Kerpener Straße 62, 50937 Köln

Telefon: +49 221 478-88008

E-Mail: [datenschutz@uk-koeln.de](mailto:datenschutz@uk-koeln.de)

Version 1.0

Versionsdatum: 17.03.2023

Version 1.0

Versionsdatum: 17.03.2023

Es besteht ein Beschwerderecht bei der Datenschutz-Aufsichtsbehörde.

Landesbeauftragte für Datenschutz und Informationsfreiheit Nordrhein-Westfalen (LDI)

Adresse: Kavalleriestraße 2 – 4, 40213 Düsseldorf

E-Mail: poststelle@ldi.nrw.de

### **Freiwilligkeit der Teilnahme**

Ihre Teilnahme an der Studie hat keinen Einfluss auf Ihre medizinische Behandlung.

Die Teilnahme an dieser Studie ist freiwillig. Sie werden nur dann einbezogen, wenn Sie dazu schriftlich Ihre Einwilligung erklären. Sofern Sie nicht an der Studie teilnehmen oder später aus ihr ausscheiden möchten, entstehen Ihnen dadurch keine Nachteile. Sie können jederzeit, auch ohne Angabe von Gründen, Ihre Einwilligung mündlich oder schriftlich widerrufen.

Die bis zum Widerruf erfolgte Datenverarbeitung bleibt jedoch rechtmäßig. Sie können im Fall des Widerrufs natürlich auch die Löschung Ihrer Daten verlangen.

Ihre Teilnahme setzt die unterschriebene Einwilligungserklärung voraus.

### **Rücktrittsklausel**

Sie können jederzeit und ohne Angabe von Gründen Ihr Einverständnis zur Teilnahme an der Studie zurücknehmen ohne dass hieraus Nachteile entstehen. Im Falle eines Widerrufs der Einwilligung können die pseudonymisiert gespeicherten Daten in irreversibel anonymisierter Form weiterverwendet werden, sofern Sie Ihr Einverständnis dafür geben. Selbstverständlich können Sie auch die Löschung der Daten verlangen.

### **Ansprechpartnerin für Beschwerden**

**Sekretariat Prof. Dr. Anja Liebermann**

Kerpener Straße 32, 50931 Köln

Tel.: 0221-478-96746

Version 1.0

Versionsdatum: 17.03.2023

Version 1.0

Versionsdatum: 17.03.2023

## Einwilligungserklärung

### Klinisch prospektive Studie zum Einfluss virtueller Realität auf das subjektive Empfinden von Patienten unmittelbar vor einer zahnärztlichen Behandlung

Name des Patienten in Druckbuchstaben: \_\_\_\_\_

- Ich bin von Herrn / Frau \_\_\_\_\_ über Wesen, Bedeutung und Tragweite der Studie sowie die sich für mich daraus ergebenden Anforderungen aufgeklärt worden. Ich habe darüber hinaus den Text der Patientenaufklärung und dieser Einwilligungserklärung gelesen.
- Ich hatte ausreichend Zeit, Fragen zu stellen und mich zu entscheiden. Aufgetretene Fragen wurden mir vom Studienarzt beantwortet.
- Ich weiß, dass ich meine freiwillige Mitwirkung jederzeit beenden kann, ohne dass mir daraus Nachteile entstehen.

Ich erkläre mich bereit, an der Studie teilzunehmen.

- Ich willige ein, dass personenbezogene Daten über mich, insbesondere Ergebnisse klinischer Untersuchungen oder von mir ausgefüllte Fragebögen, wie in der Informationsschrift beschrieben erhoben und in Papierform sowie auf elektronischen Datenträgern in der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Uniklinik Köln aufgezeichnet werden. Zu diesem Zweck entbinde ich die mich behandelnden Ärzte von der ärztlichen Schweigepflicht.
- Soweit erforderlich, dürfen die erhobenen Daten pseudonymisiert (verschlüsselt) weitergegeben werden:
- an Prof. Dr. Anja Liebermann, mit der Studie befasste Mitarbeiter ihrer Poliklinik oder von dieser beauftragten Stellen zum Zweck der wissenschaftlichen Auswertung,

Version 1.0

Versionsdatum: 17.03.2023

6

Version 1.0

Versionsdatum: 17.03.2023

- im Falle unerwünschter Ereignisse: an die jeweils zuständige Ethik-Kommission und zuständige Behörden sowie von dieser an die Europäische Datenbank.
- Ich bin darüber aufgeklärt worden, dass ich meine Einwilligung jederzeit widerrufen kann. Im Falle des Widerrufs werden keine weiteren Daten mehr erhoben. Ich kann in diesem Fall die Löschung der Daten verlangen.
- Ich willige ein, dass die Daten nach Beendigung oder Abbruch der klinischen Prüfung mindestens 10 Jahre aufbewahrt werden.

Ich willige in die Verarbeitung der genannten Daten ein.

Ein Exemplar der Informationsschrift und der Einwilligungserklärung habe ich erhalten. Ein Exemplar verbleibt im Prüfzentrum.

#### Unterschrift des Teilnehmers/der Teilnehmerin

\_\_\_\_\_  
(Name und Vorname in Druckschrift)

\_\_\_\_\_  
(Ort, Datum)

\_\_\_\_\_  
(Unterschrift)

#### Erklärung und Unterschrift des aufklärenden Arztes/der aufklärenden Ärztin

Ich habe das Aufklärungsgespräch geführt und die Einwilligung eingeholt.

\_\_\_\_\_  
(Name und Vorname in Druckschrift)

\_\_\_\_\_  
(Ort, Datum)

\_\_\_\_\_  
(Unterschrift)

Version 1.0

Versionsdatum: 17.03.2023

## 7.4. Fragebögen

### 7.4.1. Fragebogen 1

Bitte kreuzen Sie eine Antwortmöglichkeit an.

**KÖNNEN SIE UNS SAGEN, WIE ÄNGSTLICH SIE SIND, WENN ÜBERHAUPT, BEI IHREM ZAHNARZTBESUCH?**

1. Wenn Sie MORGEN zu einer ZAHNARZTBEHANDLUNG müssten, wie würden Sie sich fühlen?

nicht                      wenig                      ziemlich                      sehr                      extrem  
ängstlich       ängstlich       ängstlich       ängstlich       ängstlich

2. Wenn Sie im WARTEZIMMER säßen und auf Ihre Behandlung warteten, wie würden Sie sich fühlen?

nicht                      wenig                      ziemlich                      sehr                      extrem  
ängstlich       ängstlich       ängstlich       ängstlich       ängstlich

3. Wenn bei Ihnen GEBOHRT würde, wie würden Sie sich fühlen?

nicht                      wenig                      ziemlich                      sehr                      extrem  
ängstlich       ängstlich       ängstlich       ängstlich       ängstlich

4. Wenn Sie eine ZAHNREINIGUNG mit Zahnsteinentfernung und Politur bekämen, wie würden Sie sich fühlen?

nicht                      wenig                      ziemlich                      sehr                      extrem  
ängstlich       ängstlich       ängstlich       ängstlich       ängstlich

5. Wenn Sie eine BETÄUBUNGSSPRITZE in Ihr Zahnfleisch über einem hinteren oberen Backenzahn bekämen, wie würden Sie sich fühlen?

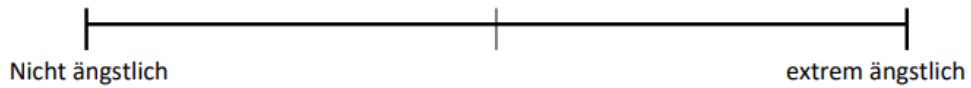
nicht                      wenig                      ziemlich                      sehr                      extrem  
ängstlich       ängstlich       ängstlich       ängstlich       ängstlich

## 7.4.2. Fragebogen 2.1 / 2.2

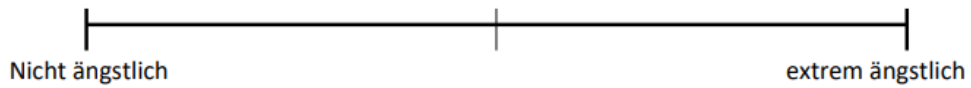
Bitte zeichnen Sie einen vertikalen Strich an der passenden Stelle auf der Geraden.

**KÖNNEN SIE UNS SAGEN, WIE ÄNGSTLICH SIE SIND, WENN ÜBERHAUPT, BEI IHREM ZAHNARZTBESUCH?**

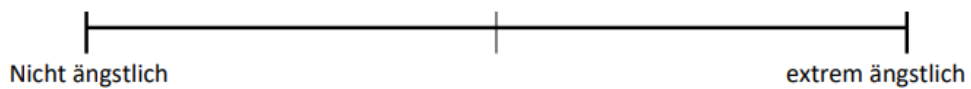
1. Wenn Sie MORGEN zu einer ZAHNARZTBEHANDLUNG müssten, wie würden Sie sich fühlen?



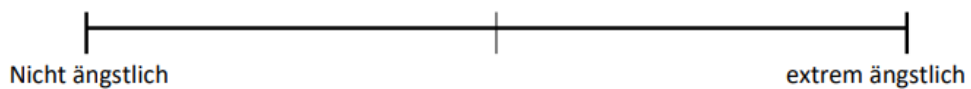
2. Wenn Sie im WARTEZIMMER säßen und auf Ihre Behandlung warteten, wie würden Sie sich fühlen?



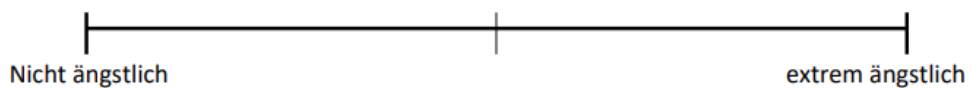
3. Wenn bei Ihnen GEBOHRT würde, wie würden Sie sich fühlen?



4. Wenn Sie eine ZAHNREINIGUNG mit Zahnsteinentfernung und Politur bekämen, wie würden Sie sich fühlen?



5. Wenn Sie eine BETÄUBUNGSSPRITZE in Ihr Zahnfleisch über einem hinteren oberen Backenzahn bekämen, wie würden Sie sich fühlen?



### 7.4.3. Fragebogen 3.1 / 3.2

Wie fühlen Sie sich zum aktuellen Zeitpunkt?

besorgt	<input type="text"/>	<input type="text"/>	unbeschwert
gestresst	<input type="text"/>	<input type="text"/>	entspannt
nervös	<input type="text"/>	<input type="text"/>	ruhig
unsicher	<input type="text"/>	<input type="text"/>	sicher
bedrückt	<input type="text"/>	<input type="text"/>	unbeschwert

### 7.4.4. Fragebogen 4

Wie fühlen Sie sich zum momentanen Zeitpunkt?

besorgt	<input type="text"/>	<input type="text"/>	unbeschwert
gestresst	<input type="text"/>	<input type="text"/>	entspannt
nervös	<input type="text"/>	<input type="text"/>	ruhig
unsicher	<input type="text"/>	<input type="text"/>	sicher
bedrückt	<input type="text"/>	<input type="text"/>	unbeschwert
ängstlich	<input type="text"/>	<input type="text"/>	weniger ängstlich

Wie ist Ihr Gesamteindruck der Welt?

negativ	<input type="text"/>	<input type="text"/>	positiv
---------	----------------------	----------------------	---------

Wie empfinden Sie das Eintauchen in die virtuelle Welt?

negativ	<input type="text"/>	<input type="text"/>	positiv
---------	----------------------	----------------------	---------

Haben Sie sich auf die Welt einlassen können?

schwer	<input type="text"/>	<input type="text"/>	leicht
--------	----------------------	----------------------	--------

Können Sie das Tragen der Brille empfehlen?

wenig	<input type="text"/>	<input type="text"/>	stark
-------	----------------------	----------------------	-------

Hat es Ihnen in der Stresssituation geholfen?

wenig	<input type="text"/>	<input type="text"/>	stark
-------	----------------------	----------------------	-------

Wie haben Sie, wenn überhaupt, folgende Missempfindungen gespürt?

kein Schwindel	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Schwindel
keine Übelkeit	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Übelkeit
keine Gleichgewichtsstörungen	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Gleichgewichtsstörungen

In der computererzeugten Welt hatte ich den Eindruck, dort gewesen zu sein.

überhaupt nicht	<input type="text"/>	<input type="text"/>	sehr stark
-----------------	----------------------	----------------------	------------

Ich hatte das Gefühl, dass die virtuelle Umgebung hinter mir weitergeht.

trifft gar nicht zu	<input type="text"/>	<input type="text"/>	trifft völlig zu
---------------------	----------------------	----------------------	------------------

**Ich hatte das Gefühl, nur Bilder zu sehen.**

trifft gar nicht zu

trifft völlig zu

**Ich hatte nicht das Gefühl, in dem virtuellen Raum zu sein.**

hatte nicht das Gefühl

hatte das Gefühl

**Ich hatte das Gefühl, in dem virtuellen Raum zu handeln, statt etwas von außen zu bedienen.**

trifft gar nicht zu

trifft völlig zu

**Ich fühlte mich im virtuellen Raum anwesend.**

trifft gar nicht zu

trifft völlig zu

**Wie bewusst war Ihnen die reale Welt, während Sie sich durch die virtuelle Welt bewegten (z.B. Geräusche, Raumtemperatur, andere Personen etc.)?**

extrem bewusst

unbewusst

**Meine reale Umgebung war mir nicht mehr bewusst.**

trifft gar nicht zu

trifft völlig zu

**Ich achtete noch auf die reale Umgebung.**

trifft gar nicht zu

trifft völlig zu

**Meine Aufmerksamkeit war von der virtuellen Welt völlig in Bann gezogen.**

trifft gar nicht zu

trifft völlig zu

**Wie real erschien Ihnen die virtuelle Umgebung?**

nicht real

vollkommen real

**Wie sehr glich Ihr Erleben der virtuellen Umgebung dem Erleben einer realen Umgebung?**

überhaupt nicht

vollständig

**Wie real erschien Ihnen die virtuelle Welt?**

wie eine vorgestellte Welt

nicht zu unterscheiden von der realen Welt

**Die virtuelle Welt erschien mir wirklicher als die reale Welt.**

trifft gar nicht zu

trifft völlig zu

## 7.5. Statistik

### 7.5.1. Einfluss auf das subjektive Empfinden

Tab. 2: Mittelwerte der Ergebnisse des Fragebogens 2

	Kontrollgruppe (n=37)		Versuchsgruppe (n=37)	
	vorher	nachher	vorher	nachher
Frage 1	0,73 ±0,15	0,68 ±0,18	0,65 ±0,17	0,59 ±0,19
Score 1	3,86 ±0,75	3,57 ±0,96	3,54 ±0,87	3,24 ±0,93
Frage 2	0,75 ±0,19	0,68 ±0,18	0,72 ±0,15	0,62 ±0,2
Score 2	4,08 ±0,95	3,65 ±1,03	3,86 ±0,79	3,38 ±0,92
Frage 3	0,91 ±0,11	0,85 ±0,13	0,86 ±0,19	0,75 ±0,21
Score 3	4,78 ±0,42	4,46 ±0,73	4,54 ±0,84	4 ±0,94
Frage 4	0,64 ±0,22	0,62 ±0,21	0,68 ±0,22	0,58 ±0,23
Score 4	3,46 ±1,12	3,27 ±1,1	3,62 ±1,06	3,22 ±1,11
Frage 5	0,83 ±1,18	0,83 ±0,15	0,85 ±0,19	0,77 ±0,21
Score 5	4,16 ±1,19	4,22 ±1,08	4,43 ±0,67	4,03 ±0,99
Summen	20,35 ±2,3	19,16 ±3,11	19,95 ±2,8	17,86 ±2,42

Tab. 3: Ergebnisse des Wilcoxon-Tests des Fragebogens 2

	Kontrollgruppe (n=37)	Versuchsgruppe (n=37)
Frage 1	0,026	0,019
Score 1	0,022	0,028
Frage 2	0,002	<0,001
Score 2	0,002	0,002
Frage 3	<0,001	<0,001
Score 3	0,005	<0,001
Frage 4	0,354	0,003
Score 4	0,09	0,005
Frage 5	0,724	0,002
Score 5	0,564	0,006

Tab. 4: Mittelwerte der Ergebnisse des Fragebogens 3

	Kontrollgruppe (n=37)		Versuchsgruppe (n=37)	
	vorher	nachher	vorher	nachher
Frage 1	0,41 ±0,25	0,47 ±0,25	0,47 ±0,24	0,64 ±0,25
Frage 2	0,37 ±0,25	0,44 ±0,26	0,36 ±0,23	0,67 ±0,24
Frage 3	0,33 ±0,22	0,43 ±0,28	0,33 ±0,22	0,63 ±0,26
Frage 4	0,42 ±0,29	0,48 ±0,28	0,45 ±0,25	0,64 ±0,26
Frage 5	0,49 ±0,27	0,51 ±0,28	0,48 ±0,21	0,62 ±0,24

Tab. 5: Ergebnisse des Wilcoxon-Tests des Fragebogens 3

	Kontrollgruppe (n=37)	Versuchsgruppe (n=37)
Frage 1	0,017	<0,001
Frage 2	0,002	<0,001
Frage 3	0,007	<0,001
Frage 4	0,136	0,001
Frage 5	0,432	0,006

Tab. 6: Fragestellung und Ergebnisse des Fragebogens 4

Frage Nr	Fragestellung	Aussage links	Aussage rechts	Mittelwert
1	Wie fühlen Sie sich zum momentanen Zeitpunkt?	ängstlich	weniger ängstlich	0,62 ±0,28
2	Wie ist ihr Gesamteindruck der Welt?	negativ	positiv	0,77 ±0,2
3	Wie empfanden Sie das Eintauchen in die virtuelle Welt?	negativ	positiv	0,83 ±0,2
4	Haben Sie sich auf die Welt einlassen können?	schwer	leicht	0,74 ±0,27
5	Können Sie das Tragen der Brille empfehlen?	wenig	stark	0,79 ±0,21
6	Hat es Ihnen in der Stresssituation geholfen?	wenig	stark	0,71 ±0,27
7	Wie haben Sie, wenn überhaupt, folgende Missempfindungen gespürt?	kein Schwindel	Schwindel	0,07 ±0,14
8	Wie haben Sie, wenn überhaupt, folgende Missempfindungen gespürt?	keine Übelkeit	Übelkeit	0,07 ±0,15
9	Wie haben Sie, wenn überhaupt, folgende Missempfindungen gespürt?	keine Gleichgewichtsstörungen	Gleichgewichtsstörungen	0,07 ±0,15
10	In der computererzeugten Welt hatte ich den Eindruck, dort gewesen zu sein.	überhaupt nicht	sehr stark	0,52 ±0,28
11	Ich hatte das Gefühl, dass die virtuelle Umgebung hinter mir weitergeht.	trifft gar nicht zu	trifft völlig zu	0,52 ±0,29
12	Ich hatte das Gefühl, nur Bilder zu sehen.	trifft gar nicht zu	trifft völlig zu	0,58 ±0,27
13	Ich hatte nicht das Gefühl, in dem virtuellem Raum zu sein.	hatte nicht das Gefühl	hatte das Gefühl	0,56 ±0,3
14	Ich hatte das Gefühl, in dem virtuellen Raum zu handeln, statt etwas von außen zu bedienen.	trifft gar nicht zu	trifft völlig zu	0,51 ±0,25
15	Ich fühlte mich im virtuellen Raum anwesend.	trifft gar nicht zu	trifft völlig zu	0,64 ±0,24
16	Wie bewusst war Ihnen die reale Welt, während Sie sich durch die virtuelle Welt bewegten?	extrem bewusst	unbewusst	0,52 ±0,25
17	Meine reale Umgebung war mir nicht mehr bewusst.	trifft gar nicht zu	trifft völlig zu	0,39 ±0,28
18	Ich achtete noch auf die reale Umgebung.	trifft gar nicht zu	trifft völlig zu	0,47 ±0,27
19	Meine Aufmerksamkeit war von der virtuellen Welt völlig in den Bann gezogen.	trifft gar nicht zu	trifft völlig zu	0,57 ±0,23
20	Wie real erschien Ihnen die virtuelle Umgebung?	nicht real	vollkommen real	0,47 ±0,21
21	Wie sehr glich Ihr Erleben der virtuellen Umgebung dem Erleben einer realen Umgebung?	überhaupt nicht	vollständig	0,41 ±0,23
22	Wie real erschien Ihnen die virtuelle Welt?	wie eine vorgestellte Welt	nicht zu unterscheiden von der realen Welt	0,37 ±0,23
23	Die virtuelle Welt erschien mir wirklicher als die reale Welt?	trifft gar nicht zu	trifft völlig zu	0,20 ±0,21

## 7.5.2. Einfluss auf die Vitalparameter

Tab. 7: Mittelwerte des systolischen und diastolischen Blutdrucks

	Kontrollgruppe (n=37)		Versuchsgruppe (n=37)	
	sys. Blutdruck (mmHg)	dias. Blutdruck (mmHg)	sys. Blutdruck (mmHg)	dias. Blutdruck (mmHg)
2 min vor	124,97 ±5,9	80,22 ±3,84	125,51 ±6,74	80,59 ±4,46
Minute 0	124,7 ±6,1	79,84 ±3,84	124,86 ±6,66	79,86 ±4,25
Minute 2	123,76 ±6,93	79,43 ±4,54	125,76 ±7,16	80,49 ±4,76
Minute 4	123,57 ±6,59	78,27 ±6,59	124,43 ±6,59	79,76 ±4,21
Minute 6	123,78 ±6,4	79,32 ±4,06	125,22 ±7,09	80,27 ±4,48
Minute 8	123,49 ±6,12	79,27 ±3,97	125,05 ±6,83	80,16 ±4,3
Minute 10	123,11 ±5,8	78,97 ±3,72	124,76 ±7,09	79,97 ±4,48
Minute 12	123,03 ±5,5	78,92 ±3,52	124,27 ±6,07	79,7 ±3,85
Minute 14	123,32 ±6,77	79,11 ±4,32	124,16 ±7,1	79,54 ±4,56
Minute 15	123,51 ±6,15	79,16 ±3,97	124,16 ±6,19	79,65 ±4,01
2 min nach	123,38 ±6,62	79,16 ±4,3	123,57 ±6,11	79,27 ±3,91

Tab. 8: Ergebnisse des Wilcoxon Test Zeitpunkt x - 2 min vor für den systolischen Blutdruck

	Kontrollgruppe	Versuchsgruppe
Minute 0	0,53	0,262
Minute 2	0,108	0,809
Minute 4	0,078	0,55
Minute 6	0,073	0,622
Minute 8	0,018*	0,451
Minute 10	0,005*	0,277
Minute 12	0,001*	0,08
Minute 14	0,049*	0,103
Minute 15	0,049*	0,47
2 min nach	0,074	0,27

Tab. 9: Ergebnisse des Wilcoxon Test Zeitpunkt x - 2 min vor für den diastolischen Blutdruck

	Kontrollgruppe	Versuchsgruppe
Minute 0	0,295	0,116
Minute 2	0,162	0,785
Minute 4	0,03*	0,051
Minute 6	0,018*	0,465
Minute 8	0,021*	0,402
Minute 10	0,003*	0,124
Minute 12	0,001*	0,09
Minute 14	0,026*	0,084
Minute 15	0,029*	0,04*
2 min nach	0,075	0,038*

Tab. 10: Mittelwerte der Pulsfrequenz (bpm)

	Kontrollgruppe (n=37)		Versuchsgruppe (n=37)		
	Pulsoximeter	Armband	Pulsoximeter	Armband	
2 min vor		77,95 ±11,32	75,46 ±11,43	80,41 ±13,51	76,41 ±14,1
Minute 0		77,22 ±10,89	75,43 ±11,04	78,46 ±11,92	75,65 ±14,44
Minute 2		77,05 ±12,04	76,59 ±12,34	78,97 ±12,79	75,81 ±13,89
Minute 4		77,76 ±11,91	76,78 ±12,27	79,32 ±12,41	75,81 ±13,5
Minute 6		75,97 ±11,35	75,62 ±11,93	78,86 ±12,79	75,46 ±13,0
Minute 8		76 ±10,88	75,43 ±11,26	78,97 ±12,55	76,03 ±13,74
Minute 10		76,22 ±10,99	74,95 ±10,8	79,49 ±12,28	75,95 ±13,53
Minute 12		74,78 ±11,17	74,24 ±11,19	79,05 ±12,96	75,51 ±13,66
Minute 14		75,51 ±10,93	74,81 ±11,41	76,81 ±11,14	74,68 ±13,19
Minute 15		75,76 ±10,58	75,43 ±10,65	75,3 ±11,67	73,76 ±12,84
2 min nach		75,57 ±12,56	75,51 ±13,08	76,81 ±11,37	74,46 ±12,95

Tab. 11: Ergebnisse des Wilcoxon Test Zeitpunkt x - 2 min vor für die Pulsfrequenz (Fitnessarmband)

	Kontrollgruppe	Versuchsgruppe
Minute 0	0,931	0,073
Minute 2	0,858	0,373
Minute 4	0,758	0,377
Minute 6	0,165	0,524
Minute 8	0,091	0,265
Minute 10	0,304	0,754
Minute 12	0,04*	0,41
Minute 14	0,125	0,058
Minute 15	0,068	0,009*
2 min nach	0,034*	0,024*

Tab. 12: Ergebnisse des Wilcoxon Test Zeitpunkt x - 2 min vor für die Pulsfrequenz (Pulsoximeter)

	Kontrollgruppe	Versuchsgruppe
Minute 0	0,647	0,181
Minute 2	0,259	0,493
Minute 4	0,205	0,506
Minute 6	0,665	0,41
Minute 8	0,898	0,589
Minute 10	0,465	0,63
Minute 12	0,144	0,367
Minute 14	0,227	0,075
Minute 15	0,945	0,036*
2 min nach	0,703	0,097

Tab. 13: Mittelwerte der Sauerstoffsättigung (%)

	<b>Kontrollgruppe (n=37)</b>	<b>Versuchsgruppe (n=37)</b>
2 min vor	97,57 ±1,28	97,38 ±1,21
Minute 0	97,46 ±1,43	97,22 ±1,16
Minute 2	97,24 ±1,42	97 ±2,37
Minute 4	97,41 ±1,4	97,38 ±1,09
Minute 6	97,41 ±1,3	97,11 ±1,27
Minute 8	97,22 ±1,13	97,08 ±1,3
Minute 10	97,14 ±1,31	97,27 ±1,17
Minute 12	97,22 ±1,36	97,24 ±1,23
Minute 14	97,05 ±1,39	97,24 ±1,16
Minute 15	97,03 ±1,42	97,32 ±1,31
2 min nach	97,22 ±1,49	97,41 ±2,28

Tab. 14: Ergebnisse des Wilcoxon Test Zeitpunkt x - 2 min vor für die Sauerstoffsättigung

	<b>Kontrollgruppe</b>	<b>Versuchsgruppe</b>
Minute 0	0,576	0,512
Minute 2	0,104	0,582
Minute 4	0,503	0,891
Minute 6	0,459	0,35
Minute 8	0,041	0,192
Minute 10	0,011*	0,562
Minute 12	0,084	0,449
Minute 14	0,011*	0,435
Minute 15	0,011*	0,767
2 min nach	0,061	0,235

## **8. Vorabveröffentlichungen von Ergebnissen**

keine