

Diplomarbeit

Schmerzfreiheit durch Virtual Reality

- Ist eine VR-Brille in der Lage Angst zu beseitigen?

eingereicht von

Lorenz Caspary

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Zahnheilkunde

(Dr. med. dent.)

an der

Medizinischen Universität Graz

Ausgeführt an der

Universitätsklinik für Zahnmedizin und Mundgesundheits

Klinische Abteilung für orale Chirurgie und Kieferorthopädie

Unter der Anleitung von Betreuer/innen

Univ.-Ass.-Prof. Dr. Margit Pichelmayer

Univ.-Prof. Dr.med.dent. Dr.med.univ. Norbert Jakse

Dr. Michaela Janda

Graz, am 08.08.2021

Eidesstaatliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 08.08.2021

Lorenz Caspary eh.

Dankessagung:

Mein erster Dank gilt zunächst meiner Hauptbetreuerin, Fr. Prof. Pichelmayer. Ich möchte mich für Ihre konstante Hilfe bedanken, dass sie sich jederzeit um meine Anliegen gekümmert und die vielen Stunden, welche sie für mich und die Erstellung dieser Arbeit geopfert hat. Dank Ihr war ich nie auf mich alleine gestellt und habe gelernt, wie richtiges wissenschaftliches Arbeiten funktioniert.

Genauso möchte ich mich bei meinen Mitbetreuern dafür bedanken, dass sie mir immer zur Seite standen und mich mit Meinungen, Aufklärungen, Kontakten und Material tatkräftig unterstützt haben.

Des Weiteren bedanke ich mich bei der Oper Graz sowie der Firma „ThreeSixty Media Solutions OG“ in Person von Jakob Kolmanic für die Bereitstellung des Videomaterials für die Studie.

Zuletzt möchte ich mich auch noch bei meiner wunderbaren Freundin Pauline bedanken, für ihre mentale Unterstützung und Geduld, weil sie mir in mancher schwierigen Arbeitsphase viel verzieh und mir immer gut zuredete, sowie mit Rat und Tat zur Seite stand.

Inhaltsverzeichnis

Dankessagung:	ii
Abkürzungen und deren Erklärungen:.....	1
Abbildungsverzeichnis.....	2
Tabellenverzeichnis.....	3
Zusammenfassung.....	4
Abstract.....	5
1. Einleitung.....	6
1.1. Virtual Reality (=VR).....	10
1.1.1. Erklärung und Abgrenzung des Begriffes „Virtual Reality“	10
1.1.2. Abgrenzungen zwischen der Realität und der „virtuellen“ Realität (VR) sowie zwischen „erweiterter“ Realität (Augmented Reality (AR)) und Virtueller Realität (VR)	16
1.2. Historische Entwicklung	18
1.2.1. Ursprung der VR.....	18
1.2.2. VR-Brille (historische Entwicklung)	20
1.3. Angst.....	21
1.3.1. Definition der Angst – Abgrenzung zur Phobie	21
1.3.2. Psychologischer Aspekt der Zahnbehandlungsangst	24
1.3.3. Erwartungsangst.....	27
1.3.4. Frühere Versuche Zahnärzt*innenangst zu bekämpfen.....	29
1.4. Schmerz	33
1.4.1. Zusammenhang Angst-Schmerz	33
1.4.2. Schmerz aus physiologischer und neuraler Sicht	33
1.4.3. Physiologie des Zahnschmerzes	35
2. Material & Methoden.....	38

2.1. Studiendesign	38
2.2. Studienpopulation	38
2.3. Technisches Equipment.....	38
2.4. Ablauf des Versuchs	40
2.5. Subjektive Befragung der Proband*innen mittels Fragebogen.....	44
2.6. Statistische Auswertung.....	44
3. Resultate.....	46
4. Diskussion	56
5. Literaturverzeichnis.....	63
6. Anhang	69
6.1. Fragebogen zur Untersuchung mittels Pulpentestung:.....	69
6.2. Studieneinwilligungserklärung:.....	72
6.3. Individuelle Messergebnisse:	78

Abkürzungen und deren Erklärungen:

μA, Mikroampere
μV, Mikrovolt
Abb., Abbildung
AR, Augmented Reality
EMG, Elektromyogramm
Et al., et aliens
Etc., Et cetera
HMD, Head Mounted Display
Jhdt. v. Chr., Jahrhundert vor Christus
S, Siemens
SCL, Skin Conductance Level
VR, Virtual Reality

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Der „Zahnweh Herrgott“ am Wiener Stephansdom	6
Abbildung 2: Hesses Ansicht der menschlichen Wahrnehmung der Realität	11
Abbildung 3: Beispiele für head-mounted-displays.....	15
Abbildung 4: Schema von Platons Höhlengleichnis	19
Abbildung 5: Teufelskreis der Zahnbehandlungsangst (modifiziert nach Schulte 2013)	26
Abbildung 6: Waage der Erwartungsangst	27
Abbildung 7: Ansatz der Hypnosetherapie	28
Abbildung 8: Anatomie des Zahnes.....	36
Abbildung 9: Biofeedback-Gerät.....	38
Abbildung 10: elektrischer Pulpentester der Marke Parkell	39
Abbildung 11: Positionierung am Untersuchungsstuhl	40
Abbildung 12: Klebung der Elektroden im Nacken	40
Abbildung 13: Liegepositionierung mit Nackenelektroden und Fingerclip	42
Abbildung 14: Messung der objektiven Parameter mit dem Biofeedbackgerät	42
Abbildung 15: Positionierung des Pulpentesters an Zahn 13	43
Abbildung 16: positive Doppelwirkung der Brille.....	59

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ursachen der Angst vor der Zahnärztin*dem Zahnarzt.....	8
Tabelle 2: Möglichkeiten der Bildwahrnehmung des Menschen.....	13
Tabelle 3: Das virtuelle Kontinuum nach Milgram	17
Tabelle 4: Die fünf am häufigsten mit dem Besuch bei Zahnärzt*innen assoziierten Begriffe	33
Tabelle 5: Hautleitwerte aller Proband*innen gesamt.....	47
Tabelle 6: Hautleitwerte der Gruppe „Blau“	48
Tabelle 7: Hautleitwerte der Gruppe „Rot“	49
Tabelle 8: EMG-Werte aller Proband*innen gesamt.....	50
Tabelle 9: EMG-Werte der Gruppe „Blau“	50
Tabelle 10: EMG-Werte der Gruppe „Rot“	51
Tabelle 11: Signifikanztabelle der SCL/EMG Werte mit und ohne VR-Brille	52
Tabelle 12: Signifikanztabelle der EMG-Werte bei Gruppe „Rot“	53
Tabelle 13: therapiebegleitende Ansätze	56
Tabelle 14: Interpretation der Messergebnisse	57

Zusammenfassung

Ziel:

Das Ziel dieser Arbeit war das Erproben einer neuartigen Ablenkungsmethode mittels Zuhilfenahme einer VR-Brille zur Angst- und Schmerzreduktion für Patient*innen während der zahnärztlichen Behandlung. Die Methode könnte Anwendung im Ordinations- und Klinikalltag finden als Unterstützung für die Behandlung von Angstpatient*innen, Phobiker*innen und Kindern.

Material & Methoden:

Für diesen Studienversuch wurden 32 Teilnehmer*innen randomisiert ausgewählt, wobei sich unter ihnen je 16 Frauen und Männer befanden. In zwei Durchgängen wurde je eine elektrische Pulpentestung am oberen, rechten Eckzahn der Teilnehmenden durchgeführt. Dabei wurde mittels eines Biofeedback-Gerätes die Muskelanspannung, sowie der Hautleitwert gemessen, sowie der Stärkewert des Pulpentesters zum Zeitpunkt der Schmerzreaktion. Zusätzlich wurde die persönliche Empfindung mittels eines eigens zusammengestellten Fragebogens erfragt.

Ergebnisse:

Es zeigt sich eine Einflussnahme der VR-Brille bei allen Messungen beider Gruppen. Die Werte bei der Ankündigung der Testung waren im Durchgang bei Brillenanwendung höher als im Durchgang ohne Brille, die Zunahme der Muskelanspannung und des Hautleitwertes nach dem Verspüren des Schmerzreizes allerdings teils deutlich geringer. Es zeigten sich vereinzelte Signifikanzen für den positiven Einfluss der VR-Brille sowie einige Tendenzen. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen Frauen und Männern.

Fazit:

Eine Brille mit eingespieltem VR-Videomaterial kann die Schmerzwahrnehmung beeinflussen. Der Schmerz wird als weniger eindrucksvoll empfunden und die Schmerzschwelle wird gehoben, wobei die Wirkung je besser ist, je tiefer sich Anwender*innen in die virtuelle Welt vertiefen können. Die VR-Brille bietet im klinischen Alltag sowohl für Vorbelastete, als auch für traumafreie Patient*innen ein mögliches Tool und erfreut sich hoher Anwender*innenzustimmung. Erweiternde Studien sind empfohlen.

Abstract

Objective:

The goal of this study was to test a new method of distraction, by using virtual reality (VR) glasses, so as to reduce anxiety and pain level for patients during dental treatment. Treatment supporting distraction by VR could be used on a daily basis both in clinics and in private ordinations, especially for treatments on children and patients subject to dental anxiety or dentophobia.

Material and Methods:

32 participants were chosen randomly for the study, among them 16 women and men. In two different rounds, there was an electrical pulp testing of the upper right canine. While doing that, muscle tension and skin conductance level were measured by a biofeedback device and the emitted electricity of the pulp tester at the moment of pain reaction was being protocolled. Additionally, to these parameters the participant's subjective opinion was being detected by a questionnaire which was compiled for the study.

Results:

There is a clear evidence in the influence of the VR-glasses on the results of both groups. The results of the biofeedback device were higher at the announcement of the pain stimulus while participants were wearing VR-glasses, however their muscle tension and skin conductance level were much lower at the moment of pain reaction. There was some evident statistical significance so as tendencies for the positive influence of VR-distraction. No significant difference was found in the comparison of women and men.

Conclusion:

VR-glasses playing the right video content are able to take impact on nociception. Pain is being felt as less unpleasant and the pain threshold is being raised. At the same time, this method becomes more effective when the user is able to put himself into the virtual world. For routine work at the clinic, the VR-glasses are a supporting tool both for formerly traumatized patients and equally to non-traumatized ones. Acceptancy was high as participants of the study were giving positive feedback and the majority wishes distraction with VR for future treatment. Additional studies are recommended to further confirm the results of this research.

1. Einleitung

Behandlungen bei der Zahnärztin*beim Zahnarzt und die damit verbundene Angst vor dem Eingriff sind ein allgegenwärtiges Thema, welches die meisten Patient*innen auf dem Weg zu ihrer anstehenden zahnärztlichen Sitzung begleiten. Dabei haben manche Menschen weniger Probleme mit diesen Ängsten umzugehen, bei anderen führt dies allerdings so weit, dass sie den Zahnarztbesuch aufschieben, oder sogar gänzlich vermeiden.

Diese Angst vor der Zahnärztin*dem Zahnarzt ist kein neuartiges Phänomen. Menschen haben auch schon vor vielen hundert Jahren stark unter den Schmerzen an den Zähnen gelitten, und sich dabei die verschiedensten Dinge einfallen lassen, um einer Behandlung aus dem Wege zu gehen. Ein theologischer Ansatz der Hilfesuche zahnschmerz-geplagter Menschen zeigt sich bis heute an der Rückseite des Wiener Stephansdomes. Menschen pilgern hier bis heute zu einer Christusstatue, um für das Ende ihrer Schmerzen zu beten oder um Glück für eine bevorstehende Behandlung zu bitten.



Abbildung 1: Der „Zahnweh Herrgott“ am Wiener Stephansdom¹

Durch die Angst vor Schmerzen, und durch das Vermeidungsverhalten, kommt es in der Regel zum Fernbleiben von der notwendigen Zahnbehandlung, wodurch die Patient*innen unwissentlich ihre Mundgesundheit aufs Spiel setzen. Durch die Ablehnung jeglicher zahnärztlicher Intervention werden die Maßnahmen, welche aufgrund der zunehmenden Pathologien indiziert sind, immer gravierender und umfassender, als der Ersteingriff gewesen wäre.

¹Referenz der Website des Wiener Stephansdomes,
http://www.stephansdom.at/data/Symbole_Legenden/zahnweh Herrgott/zahnweh.jpg

Untersuchungen haben ergeben, dass Menschen mit Zahnarztphobie viel gefährdeter sind, kariöse oder fehlende Zähne zu bekommen. Es kommt zu Veränderungen sowohl im Sozial- wie auch im Essverhalten. Heidari hat in einer Fragebogenuntersuchung festgestellt, dass alle Abweichungen von einem gesunden Zahnstatus, bei den Patient*innen subjektiv auch zu einer Einschränkung der Lebensqualität führt (Heidari et al., 2009).

Hakeberg et al. stellten Patient*innen mit ausgeprägter Dentalphobie einer Kontrollgruppe von Patient*innen ohne Ängste gegenüber. Den Phobiker*innen fehlten im Durchschnitt 4,4 Zähne, 19,5 Flächen waren kariös und 13,1 Flächen mit einer Füllung versehen. Dem gegenüber hatte die Kontrollgruppe 2,5 fehlende Zähne, 7,9 kariöse und 8,1 gefüllte Flächen (Hakeberg et al., 1993).

Die Ängste vor der Zahnärztin*dem Zahnarzt beeinflussen aber nicht nur die Zähne und die Mundgesundheit direkt, sondern nehmen einen viel größeren Einfluss auf den Körper als Ganzes. Dies zeigt sich oft an jener Gruppe von Patient*innen, welche aufgrund ihrer Vermeidungsstrategie der Zahnarztpraxis zwar lange Zeit über fernbleiben, sich aufgrund von zunehmender Schmerzsymptomatik schließlich dennoch durchringen müssen, sich zur Zahnärztin*zum Zahnarzt zu begeben. Die Vertreter dieser Gruppe klagen klassischerweise über Herzrasen, Schweißausbrüche und einen trockenen Mund am Tag vor der Behandlung, beziehungsweise am Behandlungstag selbst. Einmal in der Ordination angekommen und im Wartezimmer teils langen Wartezeiten ausgesetzt, können sich diese Symptome noch verstärken. Sobald der/die Angstpatient*in anschließend am Behandlungsstuhl sitzt, kommen nicht angemessene, negative Vorstellungen dazu, die in Erwartung des Schmerzes zusätzlich aus dem Unterbewusstsein hochkommen.

Und auch nach einer Behandlung klagen Patient*innen über Beeinträchtigungen, wie zum Beispiel starke Ermüdung nach der empfundenen „Tortur“ und die immer wiederkehrenden Erinnerungen, die auf eine echt empfundene Traumatisierung hinweisen. Interessant hingegen ist, wie Cohen in seiner Studie beschreibt, dass es bei den Phobiker*innen auch zu einer verbesserten Mundhygiene kommen kann, mit dem Ziel dadurch eine Zahnbehandlung zu vermeiden. Hier allerdings müssen Patient*innen darauf achten, dass Motivation nicht in Übermotivation

umschlägt und sie sich eventuell dadurch erneuten Schaden zufügen. (Cohen et al., 2000).

Es stellt sich nun die Frage - weshalb haben Patient*innen so große Ängste vor Zahnärztinnen und Zahnärzt*innenn sowie deren Behandlungen? Trotz aller Versuche der Modernisierung von Räumlichkeiten und Geräten, ist es nicht gelungen, die einschüchternden Einflüsse zu beseitigen. Janke und von Wietersheim führten eine Befragung durch, mit deren Ergebnissen sie eine Tabelle füllten. Diese listet die Ursachen für die Zahnärzt*innenangst der Befragten auf (*Tabelle 1*). Es zeigt sich, dass fast die Hälfte aller Ängste von Patient*innen auf der Ungewissheit über die bevorstehenden Arbeitsschritte beruht. Die folgenden Parameter sind die traumatischen Erfahrungen im Kindesalter (bei rund einem Viertel der Befragten) und zu wenig Aufklärung seitens der Ärztin/des Arztes - bei etwa jedem*jeder zehnten. Nicht zu unterschätzen ist die Übertragung der Angst zwischen Bezugspersonen. So können etwa Kinder, welche noch nie bei einer Zahnärztin* einem Zahnarzt waren, trotz der fehlenden negativen Erfahrung, dem negativen Einfluss ihrer Eltern erliegen und die Ängste der elterlichen Begleitung widerspiegeln (Janke, von Wietersheim, 2009).

Ungewissheit, was passieren könnte Uncertainty about what might happen	43,6 %
Trauma als Kind beim Zahnarzt Trauma at the dentist as a child	23,9 %
Zu wenig Aufklärung Too little explanation	10,6 %
Trauma als Erwachsener beim Zahnarzt Trauma at the dentist as an adult	6,9 %
Negative Berichte in den Medien Negative reports in the media	6,9 %
Sonstiges Other	5,3 %
Eltern/Freunde haben Angst Parents/friends are afraid	2,7 %

Tabelle 1: Ursachen der Angst vor der Zahnärztin*dem Zahnarzt²

² entnommen aus dem Artikel Janke, F. (2008). *Dentophobie-die Angst vor der zahnärztlichen Behandlung: eine Fragebogenuntersuchung an Patient*innen und deren Zahnärzten* (Doctoral dissertation, Universität Ulm).

Des Weiteren ist Zahngesundheit und die Zahnärzt*innenangst auch eine soziale Angelegenheit. Wie die Studie von Micheelis und Bauch belegt, kommen Menschen mit Zahnbehandlungsängsten öfter aus sozial schwächeren Gesellschaftsschichten, als aus sozial stärkeren. Sozial schwache Patient*innen haben in höherer Anzahl Erfahrungen mit kariösen Zähnen und sehen sich folglich auch öfter mit Behandlungen und Behandlungsängsten konfrontiert (Micheelis & Bauch, 1996).

Durch das breite Spektrum der in *Tabelle 1* aufgeführten Ursachen der Zahnärzt*innenangst, ist die Wissenschaft in den vergangenen Jahrzehnten gefordert gewesen, etwaige Methoden zu entwickeln, die ängstlichen Patient*innen ermöglichen, leichter mit ihrer vermeintlichen Panik umzugehen. Die bisher getesteten Methoden zur Angstbekämpfung reichen von psychologisch-hypnotischen Methoden, über Beschäftigung durch Film und Musik bis hin zu computertechnischen Zugängen. Was letztere betrifft, scheint die Einbeziehung virtueller Realitäten ein vielversprechender Ansatz zu sein.

Um die, in diesem Zusammenhang immer wieder aufgezählten Termini besser verständlich zu machen, soll in der Folge eine kurze Erläuterung derselben erfolgen.

1.1. Virtual Reality (=VR)

1.1.1. Erklärung und Abgrenzung des Begriffes „Virtual Reality“

Virtual Reality (dt. Virtuelle Realität, VR) ist ein Schlagwort, welches die Technik, und gleichzeitig aber auch unser alltägliches Leben, zunehmend prägt. Der Begriff wird dabei allerdings oftmals falsch verwendet, weil darin, vermutlich durch moderne Medien und deren Verkaufsstrategien getriggert, eine Ansammlung an technischen Gerätschaften, wie Computern, Computerbrillen, Displays und Ähnlichem gesehen wird.

Um den Begriff der Virtual Reality zu verstehen, muss man sich erst mit der Definition der Realität beschäftigen. Die Realität ist die physikalische Umgebung, welche ein Individuum umgibt und unabhängig von jeglicher Vorstellung ist (Hesse, 1999). Man kann mit der Realität interagieren (in diesem Fall mit der realen Umgebung), aber man kann sie nicht verändern. Beispielsweise kann man einen Apfel vom Baum pflücken, aber man kann den Baum nicht auflösen oder den Apfel in eine Banane umwandeln (Beispiel der Philosophie-Website www.philmath.org).

Tatsächlich stellt sich die Frage, ob es überhaupt möglich ist, eine Realität objektiv zu betrachten, oder ob es sich bei der Sichtweise des Menschen nur um eine rein subjektive Bewertung der eigentlichen Realität handelt.

Der Marburger Professor Wolfgang Hesse zum Beispiel war der Meinung, dass der Mensch zwangsläufig einen gefilterten Inhalt und damit nur einen limitierten Teil des Ganzen sieht (*Abb.2*).

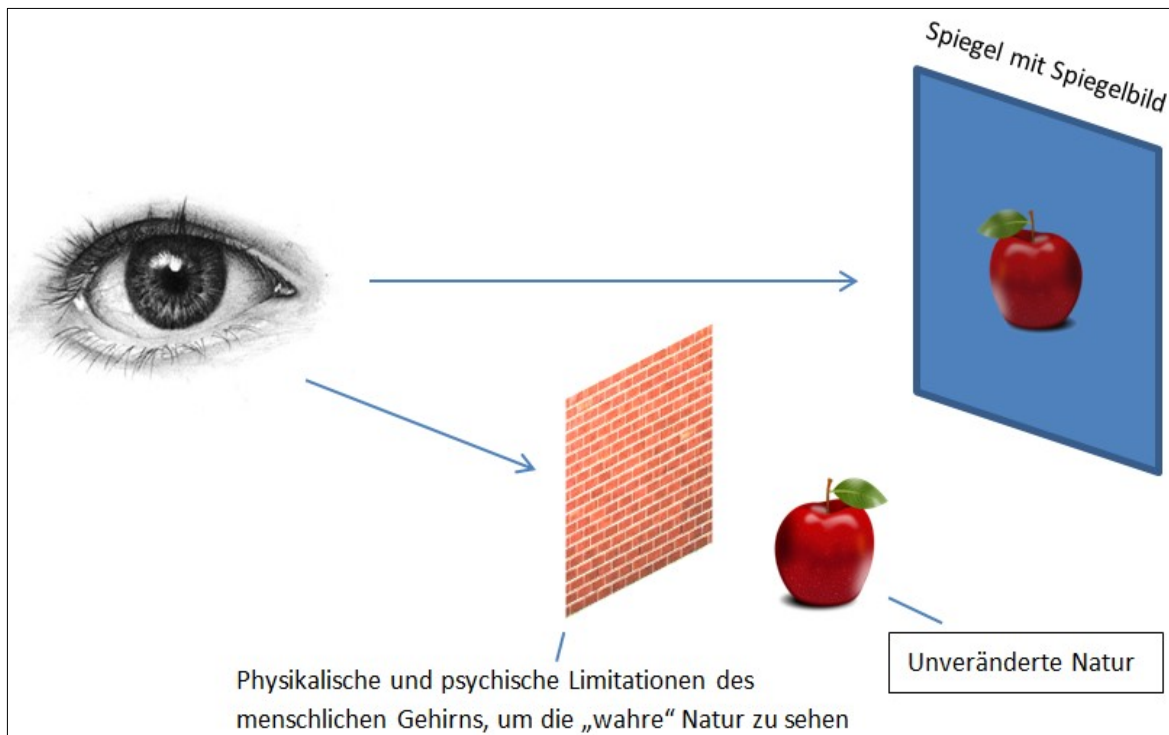


Abbildung 2: Hesses Ansicht der menschlichen Wahrnehmung der Realität³

Jene Sinnesinformationen, welche das menschliche Auge registriert und das Gehirn auf der Sehrinde schlussendlich zu einem Bild verarbeitet, sind also Abbilder eines subjektiven Eindrucks. Somit liegt eine Diskrepanz zwischen Realität und Virtualität in der Bildwahrnehmung des Menschen vor.

Die Bildwahrnehmung selbst ist mit offenen, oder aber auch mit geschlossenen Augen möglich. *Mit offenen Augen* meint man die vermeintliche Realität zu sehen. „Vermeintlich“ in diesem Fall, denn allein durch die Fakten, dass das menschliche Auge nur einen gewissen Spektralbereich wahrnehmen kann (380-780nm), und dass das Bild auf der Netzhaut zunächst „auf dem Kopf steht“ und erst im Anschluss im Gehirn wieder umgedreht wird, ist es nicht mehr möglich für uns, ein reine, objektive Abbildung unserer Umgebung wahrzunehmen.

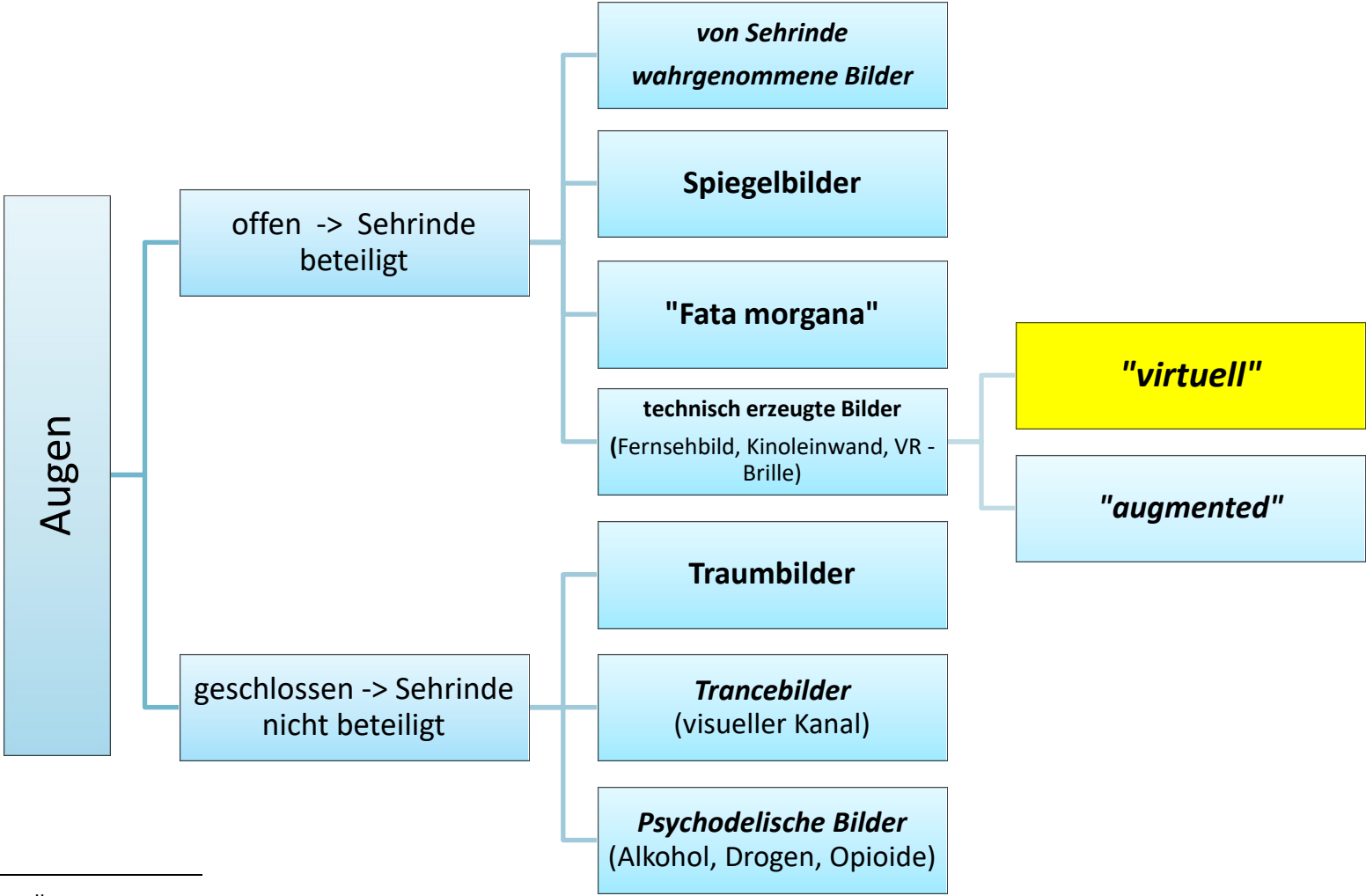
Gleichzeitig ist es dem humanen Gehirn aber auch möglich, Bilder, welche in der Vergangenheit bereits wahrgenommen wurden, *bei geschlossenen Augen* zu

³ Referenz „Virtualität und Realität - Konflikt zweier Welten?“ (Hesse, 1999)

erzeugen. Dies geschieht beispielsweise während des Schlafens beim Träumen, über den visuellen Kanal in der Trance oder nach der Einnahme psychogener Substanzen.

Um eine schnellere Übersicht über die Möglichkeiten der Bildwahrnehmung zu bekommen, wurde folgende Tabelle erarbeitet (*Tabelle 2*). Aus ihr wird ersichtlich, dass der Mensch die Augen offenhalten muss, um die virtuelle Welt wahrnehmen zu können. Außerdem wird klar, dass die Bilder für die VR, die Inhalt der vorliegenden Arbeit ist, über technische Geräte erzeugt werden.

Tabelle 2: Möglichkeiten der Bildwahrnehmung des Menschen⁴



⁴ Vom Autor erstellt

Eine einheitliche Definition der virtuellen Realität gibt es nicht. Vielfach wird, wie bereits erwähnt, lediglich der technische Aspekt in den Vordergrund gerückt. Virtual Reality ist somit, wenn man möchte, eine „technisch geprägte Realität“ oder eine Form der Realität, die durch technische Hilfsmittel erst ermöglicht wird. Virtuell deshalb, weil die Welt, in welche Anwender*innen versetzt werden, physikalisch nicht existiert. Passender wäre es eigentlich, den Begriff „virtual environment“, also „virtuelle Umgebung“ zu verwenden. Dieser letztgenannte Begriff gilt zwar als Synonym für die VR, hat sich aber nicht richtig durchsetzen können.

Die Idee der virtuellen Realität, Nutzer*innen in eine vollkommen neue Umgebung zu versetzen, in welche sie sich auch einleben können, beziehungsweise sie nachvollziehen können, beruht auf zwei Prinzipien – auf jenen der *Immersion* (1) und der *Telepräsenz* (2).

(1) Neben der visuellen Wahrnehmung spielen auch taktile und akustische Reize eine Rolle für den Versetzungseffekt, welcher als *Immersion* bezeichnet wird (Springer, 2009). Immersion wird definiert als die derart fokussierte Aufmerksamkeit auf die Abbildung einer Welt (zum Beispiel auf einem Gemälde oder Foto, durch die Beschreibung eines Buches, durch die VR), dass man seine Umgebung ausblendet und vollkommen in die Imagination eintaucht (Curtis, 2008).

(2) „*Telepräsenz*“ hingegen definiert das Versetzen eines Individuums in eine Umwelt durch ein vermittelndes Medium. Die „virtuelle Realität“ bedient sich dieses Prinzips, bei welchem man ein Individuum, durch technische Hilfsmittel, in eine fiktive Umgebung versetzen kann (Steuer et al., 1995).

Um Immersion und Telepräsenz verwirklichen zu können, bedarf es adäquater technischer Ausrüstungen. Die eben genannten vermittelnden Medien können unter anderem folgende sein:

- head-mounted-displays [dt.: „am Kopf befestigte Anzeige“] (VR-Brille, siehe Abb. 3)
- Großleinwände
- spezielle (adaptierte) Räume („CAVE“; nähere Beschreibung auf Seite 21) (Dörner et al., 2013).



Abbildung 3: Beispiele für head-mounted-displays⁵

Der Grad der erreichbaren Immersion bei der Virtual Reality ist zum einen Teil abhängig von der Technik und zum anderen von der möglichen Interaktivität.

Zu den technischen Anforderungen gehören:

- Das Blickfeld (field of view) – Die Größe des Bildschirms selbst, auf welchem die virtuelle Umgebung abgebildet werden soll
- Das Sichtfeld (field of regard) – Die insgesamt Größe der abgebildeten virtuellen Umgebung (360 Grad, Bildausschnitt)
- Bildschirmauflösung
- Stereoskopie für Tiefenschärfe [*griechisch: stereos =Raum/räumlich, und skopeo = betrachten → Verfahren zur Aufnahme und Wiedergabe eines räumlichen Bildeindrucks, auf binokularem Sehen basierend, den beiden Augen werden getrennte Bilder dargeboten → erzeugt Wahrnehmung von Tiefenschärfe 6]*
- Head tracking für die richtige Ausrichtung des Bildes in der Horizontalen und Vertikalen [*dt.: „Kopfverfolgung“ → durch technische Hilfsmittel werden Position, Bewegung und Blickwinkelausrichtung der Anwender*innen erfasst und simultan das Bild in der Virtuellen Umgebung verändert]*

⁵ Referenz Martín-Gutiérrez, J., Mora, C. E., Añorbe-Díaz, B., & González-Marrero, A. (2017). *Virtual technologies trends in education. EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(2), 469-486.

⁶ <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/stereoskopie/63752>

- Frame Rate [dt.: Bildfrequenz → Bezeichnung für die Anzahl der Bilder, welche innerhalb einer Zeitspanne abgespielt werden; meist beträgt diese Zeitspanne eine Sekunde (frames per second)⁷]
- Belichtung

All diese Punkte bestimmen die Qualität eines virtuellen Realitätsequipments.

Ist die Möglichkeit der Interaktivität der Anwender*innen mit ihrer virtuellen Umgebung gegeben, verstärkt sich der Effekt der Immersion zusätzlich (Bowman & McMahan, 2007).

1.1.2. Abgrenzungen zwischen der Realität und der „virtuellen“ Realität (VR) sowie zwischen „erweiterter“ Realität (Augmented Reality (AR)) und Virtueller Realität (VR)

Das große technische Schlagwort der letzten Jahre ist neben dem Begriff der Virtual Reality jener der „Augmented Reality“. Wenige wissen allerdings diese beiden Ausdrücke korrekt voneinander zu unterscheiden.

Der Begriff „Augmented“ kommt aus dem Lateinischen, abgeleitet vom Wort „augere“ und bedeutet übersetzt so viel wie *vergrößern, erweitern, vermehren, steigern*. „Augmentum“ ist der *Zuwachs*, die *Vermehrung* (übersetzt nach Stowasser, Auflage 1997).

Augmented Reality ist, wie vorhergehend in *Tabelle 2* aufgezeigt, ebenfalls eine Bildwahrnehmung des Menschen. In diesem Fall ist die natürliche Umgebung angereichert durch zusätzliche, computergenerierte Objekte. Es entsteht also eine neue Wahrnehmung, welche auch als „Mixed Reality“ (Synonym für AR, welches sich in der Literatur nicht durchgesetzt hat) bezeichnet wird. AR ergänzt die Realität, anstelle sie zu ersetzen. Im idealsten Fall funktioniert dies technisch so ausgereift, dass virtuelle und reelle Objekte im selben Raum koexistieren können (Azuma, 1997).

Milgram beschreibt ein „Virtuelles Kontinuum“, wie in *Tabelle 3* sichtbar, folgendermaßen: Das virtuelle Kontinuum besitzt eine reelle und eine virtuelle Seite (*Tabelle 3*, links – reell, rechts – virtuell). Die reelle Seite besteht aus einer realen Umgebung, ausschließlich mit realen, existenten Objekten. Dies ist zum

⁷ <https://de.wikipedia.org/wiki/Bildfrequenz>

Beispiel eine Videoaufnahme einer Landschaft, welche man auch in der Natur gleichermaßen betrachten kann. Dem entgegen steht die virtuelle Seite mit virtueller Umgebung und Objekten. Ein Beispiel hierfür ist eine computergenerierte Landschaft, welche in der Natur nicht vorkommt. Wie also der Beschreibung in Tabelle 3 zu entnehmen ist, liegt die Augmented Reality irgendwo zwischen den beiden Endpunkten des Virtuellen Kontinuums und enthält sowohl reelle, als auch virtuelle Einflüsse (Milgram, 1994).

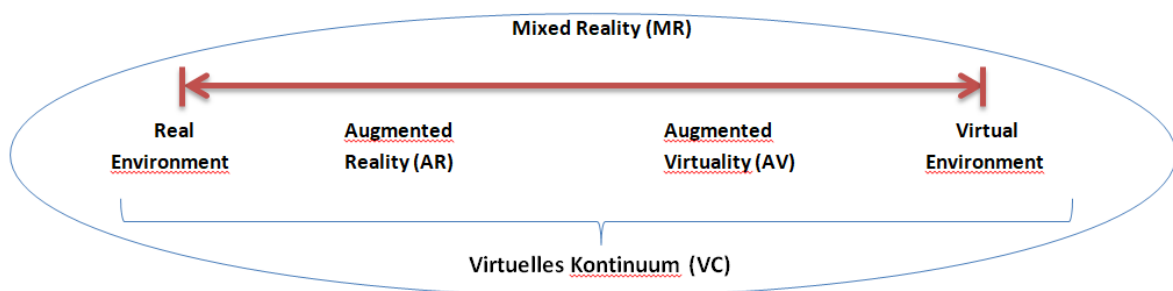


Tabelle 3: Das virtuelle Kontinuum nach Milgram⁸

Man benötigt, wie bei der schon beschriebenen virtuellen Realität, auch bei der Mixed Reality die richtige Technik, um sie abbilden zu können. Zumeist werden sogenannte Head-Mounted-Displays (HMD) verwendet. Das sind Brillen, welche für die Anwender*innen beim Durchblicken die virtuellen Zusatzinformationen einblenden.

Um eine falsche, rein technisch-basierte, Definition zu vermeiden, wird in der Literatur oft die Beschreibung nach Azuma zitiert. Laut Azuma wird jedes System als AR beschrieben, welches die folgenden drei Charakteristika aufweist (Azuma, 1997):

- Eine Kombination der Realität und Virtualität
- Interaktion in Echtzeit
- Anwendung im dreidimensionalen Raum

Es gibt also eine ganz klare Unterscheidung zwischen VR und AR:

⁸ entnommen aus der Referenz "A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays", Milgram and F. Kishino (1994).

Bei der immersiven Virtuellen Realität (siehe Seite 12) ist die anwendende Person in einer computererzeugten, virtuellen Welt und kann die natürliche Umwelt dabei nicht sehen.

Bei der AR hingegen sehen Nutzer*innen die Umgebung entweder direkt durch ein Head-Mounted-Display hindurch, oder indirekt durch ein abgespieltes, naturgetreues Video der gegebenen Umwelt mit zusätzlicher Information.

AR bereichert die natürliche Umwelt durch zusätzliche Information, während VR von der Realität in die Virtualität hinein ablenkt (Billinghurst, 2002).

1.2. Historische Entwicklung

1.2.1. Ursprung der VR

Virtual Reality ist ein medial geprägter und in den letzten Jahren immer häufiger auftretender Begriff. Und auch wenn diese mediale Hervorhebung noch nicht ganz so lange Zeit andauert und viele Menschen noch keinerlei Erfahrung mit VR gemacht haben, so liegen die Anfänge doch schon etliche Jahre zurück.

Für viele ist der, vom griechischen Philosophen Platon verfasste, Text „Das Höhlengleichnis“ der Grundstein für das, was wir heute als Virtuelle Realität bezeichnen. In Platons Gleichnis geht es um gefangene Menschen in einer Höhle. Die Gefangenen stehen für den gemeinen Menschen und sind mit Ketten so gefesselt, dass sie nur die Höhlenwand sehen, sich aber nicht zum Eingang von der Höhle wenden können. Weiter oben, näher dem Höhlenausgang, brennt ein Feuer, welches die Höhle erhellt, den Gefangenen aber gleichzeitig, aufgrund ihrer gefesselten Position, verborgen bleibt. Sichtbar für diese sind nur das Licht an der Höhlenwand, sowie die Schatten. Zuletzt ist in der Höhle zwischen dem Feuer und den Gefangenen eine kleine Wand, hinter welcher Menschen Figuren aus Holz und Stein, geformt wie Menschen und Tiere tragen. Die Gefangenen sehen nur die Schatten der Figuren, denn die Menschen sind durch die kleine Wand verdeckt. Zu den Bewegungen der Schatten hören sie dabei die Stimmen der Menschen, welche untereinander sprechen. Daraus schlussfolgern sie, dass die Schatten der Figuren leben und auch sprechen können (Platon, 4.Jhdt. v.Chr.).

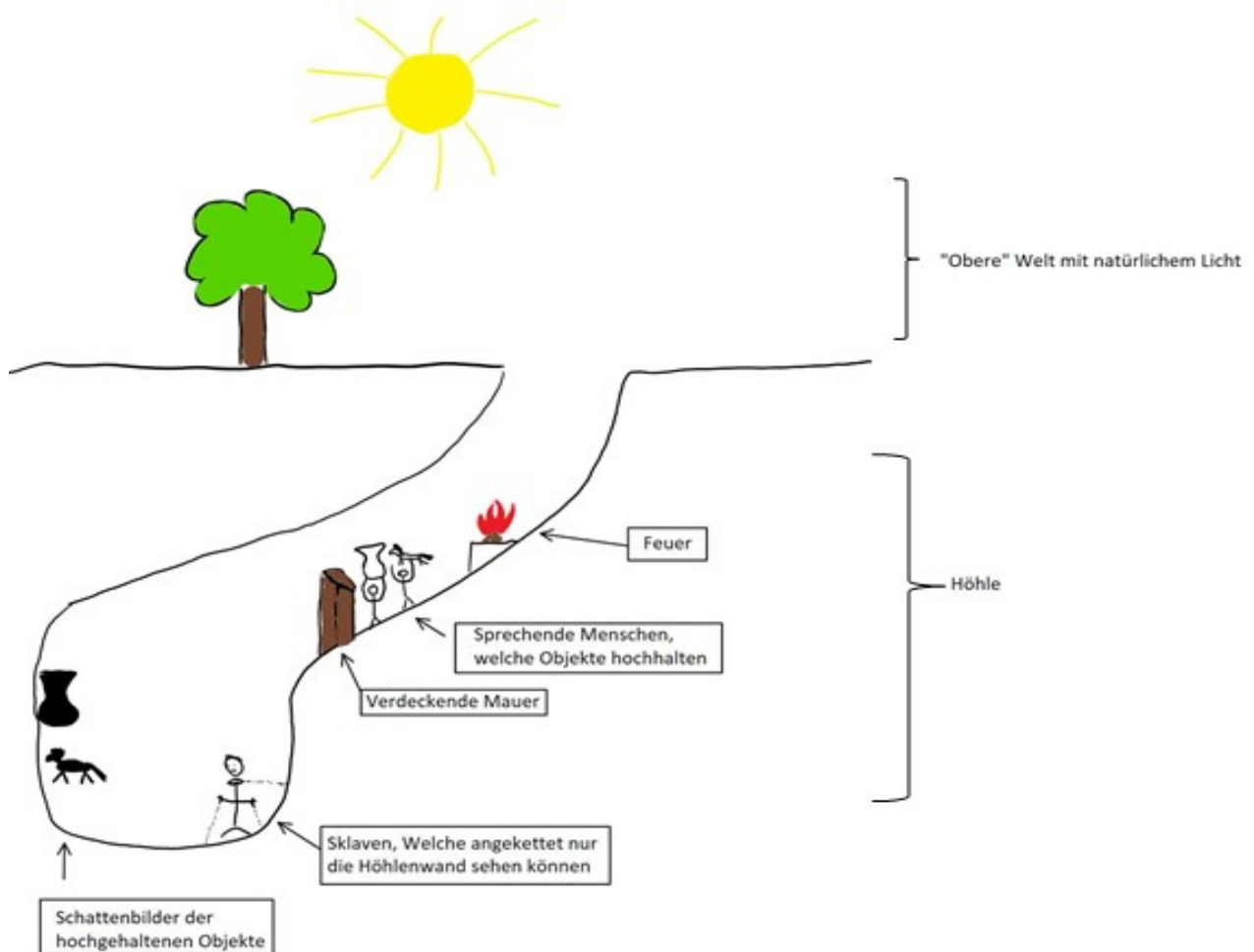


Abbildung 4: Schema von Platons Höhlengleichnis⁹

Platon beschreibt, dass die Schattenwesen die Realität der Gefangenen sind, weil sie sonst nichts anderes kennen. Würden sie sich zum Licht hin umdrehen und das wahre Licht mit den Menschen erblicken, so würden sie die Wahrhaftigkeit dieses nicht glauben und auf der Richtigkeit ihrer Schattenwesen bestehen, weil sie nichts anderes gewohnt sind.

Die Idee der virtuellen Realität bedient sich dieses Konzeptes. Es soll das Gesehene, mit allen Sinnen Erlebte, so wahrheitsgetreu nahe bringen, dass man es sich als die eigene Realität vorstellen kann.

⁹ Referenz Platon, „Das Höhlengleichnis“ (Aus: Politeia, 7. Buch, 514a-519b; übersetzt von Friedrich Schleiermacher)

1.2.2. VR-Brille (historische Entwicklung)

- 1928 entwickelte der amerikanische Student Edwin Land den Polarisationsfilter. Das Prinzip, zwei leicht versetzt aufgenommene und übereinander projizierte Bilder, wird bis heute zur Erzeugung stereoskopischer Effekte mit Polarisationsmonitoren verwendet.
- 1929 entwickelte der amerikanische Mechaniker Link den ersten Flugsimulator, damals noch mit Hilfe eines ganzen Fliegers, Kinoprojektoren und Ventilatoren. Aus diesem Pilotprojekt entwickelten sich später die modernen Flugsimulatoren. Bis heute ist die Flugsimulation für Ausbildung, Militär und Heimanwendung das Hauptaufgabengebiet der VR.
- 1946 Eckert und Mauchly erfinden die erste elektronische Rechenmaschine.
- 1952 Das „Cinerama“ wird von Fred Waller gebaut. Dieses war ein „Panorama-Kino“, welches durch die gewölbte und breite Bildleinwand das periphere Blickfeld besser auskleidete und damit die Immersion der Zuschauer verstärkt hat. Das möglichst große Blickfeld spielt, wie bereits vorhergehend erwähnt, bis heute eine entscheidende Rolle in der Qualität einer VR-Brille.
- 1956 Mit dem „Sensorama“ baute Morton Heilig den ersten passiven VR-Automaten, mit dessen Hilfe man auf einem Motorrad durch die Straßen von New York fahren kann. Möglich wurde dies mit zwei Kinoprojektoren für stereoskopische Bilder, Haptik-Effekten durch das Rütteln des Sitzes und der Lenkstange, sowie mittels Gerüchen und eines Windsystems zur Imitierung eines Fahrgefühls.
- 1968 wurde vom Wissenschaftler Ivan Sutherland das erste Head-Mounted-Display erfunden. Dies gilt für manche als alternative Geburtsstunde der Virtuellen Realität. Einfache, geometrische Drahtgittermodelle konnten dabei im dreidimensionalen Raum perspektivisch betrachtet werden. Das Gerät wurde als „Damoklesschwert“ getauft, weil es aufgrund der Größe und des Gewichtes nicht getragen werden konnte, sondern an der Decke hing.
- 1983 wird das erste Mal der Begriff der „Artificial Reality“ (=Synonym des Begriffes „Virtual Reality“) durch Myron Krueger erwähnt. Seit dem „Damoklesschwert“ stagnieren die Entwicklungen bis dahin aufgrund von

fehlender Rechnerleistung und hohen Kosten (Traub et. Al., 2000; Hertel, 2015).

Ende der 80er wurde der Begriff der „virtuellen Realität“ von Jaron Larnier geprägt, um den technischen Erneuerungen, durch welche es zu einer Schnittstelle zwischen Computer und Mensch kam, einen Namen zu geben. Es kam zur damaligen Zeit erstmals zu einer Bildung von „virtual worlds“, „virtual cockpits“ und „virtual workstations“ (vgl. Larnier und Biocca, 1992).

1992 wurde das « Cave Automatic Virtual Environment » (CAVE) vorgestellt. Cave (engl.: Höhle) ist als Anlehnung an Platons Höhlengleichnis gewählt worden. Die CAVE ist ein VR-System, welches den Anwender*innen in einen Raum mit sechs festen, senkrecht zu einander stehenden Projektionsebenen versetzt. Auf diese Flächen, die sechs Wände und Decken des Raumes wurden dreidimensionale Bilder geworfen, was einen hohen Immersionsgrad hervorgerufen hat (Hertel, 2015). Mit dieser Erfindung waren die heutigen, modernen VR-Brillen geboren.

1.3. Angst

1.3.1. Definition der Angst – Abgrenzung zur Phobie

Angst

Der Begriff der Angst wird laut Brockhaus definiert als „meist quälender, stets beunruhigender und bedrückender Gefühlszustand als Reaktion auf eine vermeintliche oder tatsächliche Bedrohung. Die Angst ist meist verbunden mit bestimmten Vorstellungen, Fantasien oder Erwartungen wie auch Reaktionen des vegetativen Nervensystems (z. B. Unruhe, Erregung, Herzklopfen, Schweißausbrüche, Bewusstseins-, Denk- oder Wahrnehmungsstörungen, Anstieg von Puls- und Atemfrequenz, verstärkte Darm- und Blasentätigkeit, Zittern, Schwächegefühl, Schwindel, Erblassen, Erstickungsgefühl).“ Neben Ärger, Trauer und Ekel bildet die Angst den vierten Bereich der negativen Grundemotionen (Brockhaus, 2020).

Das Erleben von Angst gehört zum menschlichen Dasein, ist genetisch programmiert und kann auch nicht abgelegt werden. Sie ist Teil jener Instinkte, welche dem Phänomen des „Kämpfen und Fliehens“ entstammen. Die Art der Angst und die Zeitpunkte ihres Auftretens gelten als individuell-diffus. Sie sind auf jeden Menschen persönlich zugeschnitten und verändern sich infolge des Lebens und des Erlebten. Somit hat jedes Individuum seine eigene, nicht replizierbare Art der Angst (Riemann, 1977).

Die Funktionalität der Angst besteht in der Warnung und der Steigerung der Aufmerksamkeit, sowie der körperlichen Leistungsfähigkeit, um Gefahren zu vermeiden (Realangst). Die Angstreaktionen des Menschen auf eine drohende Gefahr führen zu reflexartigen Aktionen: Das Ausstrecken der Arme, um Distanz zu einer physikalischen Bedrohung zu gewinnen, das fluchtartige Davonlaufen, oder Ausweichmanöver durch ein Ducken sind Beispiele für solche Abwehr- und Fluchreflexe (Brockhaus, 2020).

George Thomson beschreibt eine Unterscheidung zwischen zweckmäßiger und unzweckmäßiger Angst. Die Zweckmäßigkeit der Angst besteht im Bemerken und der Lösung von Problemen, so zum Beispiel der Vermeidung von Bedrohungen. Zweckmäßige Angst ist also lösungsorientiert und hat zeitliche Qualitäten:

- 1) *Bezüglich der Dauer:* Ist die Bedrohung verschwunden oder vermieden worden, besteht auch kein Bedarf an Realangst mehr (die Angst ist beschränkt auf die Zeitdauer der Bedrohung).
- 2) *Bezüglich der zeitlichen Ausrichtung:* Die Fixierung ist ausgerichtet auf Dinge, welche in der Zukunft passieren könnten mit dem Ziel der Gefahrenvermeidung (und kann nicht auf die Vergangenheit ausgerichtet sein).

Unzweckmäßigkeit ergibt sich, sobald die Angst nicht mehr zu einer zielgerichteten Problemlösung führt, sondern eine hemmende Wirkung entfaltet (Thomson, 1989).

Ergänzend dazu ist die Erklärung von Fanita English: Zweckmäßigkeit von Gefühlen (in diesem Fall der „Angst“) ist nur gegeben, falls diese eindeutig auf einen Zeitpunkt oder eine Zeitspanne ausgerichtet sind. Weichen Gefühle von der

zeitlichen Ausrichtung ab, können sie nicht mehr zweckmäßig sein. Sie verlieren die Grundform werden fortan nur noch als „substitutional“ (=ersetzend) bezeichnet (English, 1971).

Ein Beispiel für zweckmäßige Angst ist eine Person, welche an einem Bahnsteig hinter der Sicherheitsmarkierung steht. Im Wissen eines gleich durchfahrenden Güterzuges, nimmt sie noch einen weiteren Schritt Abstand zu dem Bahngleis, um ja nicht von einem aufgewirbelten Gegenstand getroffen zu werden, oder in den Luftzug des Güterzuges zu geraten.

Unzweckmäßig wäre die Angst, wenn die Person sich nicht in die Nähe des Bahnsteiges trauen würde, unabhängig davon, ob ein Zug durchfährt oder nicht.

Phobie

Die Phobie ist eine Angsterkrankung/-störung. Im Gegensatz zur Angst liegt bei der Phobie das Hauptaugenmerk auf der Unverhältnismäßigkeit. Die Definition ist gemäß Brockhaus „eine Angsterkrankung mit unangemessener Furcht vor bestimmten Situationen oder Gegenständen, die die Lebensqualität der Betroffenen zum Teil erheblich einschränkt“ (Brockhaus, 2020).

Verglichen mit der Angst, fehlt der Phobie der nutzmäßige und protektive Charakter. Sie ist zeitlich unzweckmäßig ausgerichtet, da sie sich viel mehr auf Furchterinnerungen - ausgehend von Ereignissen in der Vergangenheit - konzentriert, als dass sie gegen eine konkrete Bedrohung gerichtet wären. Anstatt nützlich zu sein, wird die Phobie eher als belastend empfunden (Thomson, 1989).

Angsterkrankungen werden von Sartory in folgende Gruppen eingeteilt (Sartory, 1997):

- Spezifische Phobien (hierzu gehört auch die Zahnbehandlungsphobie)
- Sozialphobie
- Agoraphobie
- Panikstörung
- Generalisierte Angststörung
- Posttraumatische Belastungsstörung

Spezifische Phobien (also auch die Zahnbehandlungsphobie) weisen laut der American Psychiatric Association folgende fünf Charakteristika auf (Spitzer et al., 1994):

1. der angstauslösende Stimulus nährt eine andauernde Erwartungsangst
2. die Konfrontation mit dem Stimulus führt zu einer fast unvermeidlichen Angstreaktion
3. der Stimulus wird von betroffenen Phobiker*innen gemieden
4. Verhalten und Gewohnheiten werden von der Angst stark beeinflusst
5. Die phobische Person erkennt die Unverhältnismäßigkeit der Angst an und sieht sich einem Leidensdruck ausgesetzt

Es ist wichtig diese Kriterien zu kennen, um das Verhaltensmuster des phobischen Patient*innen besser zu verstehen und besser auf ihn eingehen zu.

Man muss zwischen Angst und Phobie genau differenzieren, da für ängstliche und phobische Menschen dieselben Objekte (Personen, Tiere, Gegenstände) oder Situationen Auslöser ihrer Reaktion sein können und nur das Ausmaß ihrer Furcht variiert. Die Grenze zwischen Angst und Angststörung (im zahnmedizinischen Kontext: zwischen Zahnbehandlungsangst und Zahnbehandlungsphobie) ist fließend. Das Augenmerk liegt auf der Verhältnismäßigkeit: während „normal ängstliche“ Personen auf die auslösenden Trigger mit normalen Angstreaktionen reagieren, verfallen Phobiker*innen häufig direkt in Panik (Jöhren et al., 2002).

1.3.2. Psychologischer Aspekt der Zahnbehandlungsangst

1993 befragte Malamed Patient*innen über die Gründe ihrer größten Ängste, und beschrieb dabei, dass die Angst vor Zahnbehandlung an zweiter Stelle steht. Für rund 21% war dies die größte Angst. Nur das Reden vor der Öffentlichkeit wurde von insgesamt 27% der Befragten als noch unangenehmer eingestuft. Auf den Plätzen dahinter rangieren die Höhenangst bei 20%, die Angst vor Tieren bei 12% und die Flugangst bei 9% der Befragten (Malamed et al., 1993). Eigentlich müssten Ängste vor Zahnbehandlungen verschwinden, wenn man von folgender Kausalkette ausgeht: Bessere Mundhygiene führt zu weniger Karies;

weniger Karies zu weniger invasiven Behandlungsmethoden; weniger invasive Behandlungsmethoden zu weniger schlechten Erfahrungen.

Obwohl sich nun im Allgemeinen die Mundgesundheit von Patient*innen in den letzten Jahren laufend verbessert hat und somit auch immer weniger restaurative Eingriffe notwendig werden, sind Zahnbehandlungsängste sowie –Phobien trotz alledem auch heute noch allgegenwärtig. (Humphris et al., 2009).

Oft wird in der Literatur die Zahnbehandlungsangst mit der Zahnärzt*innenangst gleichgesetzt. Dies ist jedoch falsch, denn die Ängste der zu behandelnden Patient*innen richten sich in der Regel gegen die Zahnbehandlung per se - mit all ihren Begleiterscheinungen (Wartezeit, Instrumentarium, Behandlungsraum, etc.). Die Zahnärzt*innen sind nur einzelne, mögliche Auslöser für Angstreaktionen. Sie und die anderen Komponenten einer Zahnbehandlung können auf Patient*innen sehr unterschiedlichen Einfluss nehmen. Außenstehende Betrachter*innen, beziehungsweise die Behandler*innen sollten es aufgrund dieser individuellen Diversität vermeiden, die Ängste der Patient*innen zu verallgemeinern.

Die Zahnbehandlungsangst kann sich zu folgenden Zeitpunkten äußern:

- ➔ Die Patient*innen gehen gar nicht erst zum Arzt, weil sie Angst haben.
- ➔ Die Patient*innen sind zwar hingegangen, haben aber vor Ort weiterhin Angst.

Enkling et al. haben das Angstausmaß durch eine Einteilung der Patient*innen in verschiedene Gruppen systematisiert (2010):

Die erste Gruppe enthält die Patient*innen, welche gerne zur Zahnärztin* zum Zahnarzt gehen. Sie werden gefolgt von einer neutralen Gruppe, denen der Behandlungsbesuch nichts ausmacht. Danach folgt die Gruppe derer, welche zwar ein gewisses Maß an Angst in sich tragen, dennoch regelmäßig zu Folgeterminen gehen. Bei der letzten Gruppe handelt es sich um jene, die den Arztbesuch, solange nur irgendwie möglich, hinausschieben. Bei ihnen muss erst der Leidensdruck so groß werden, dass er die Angst überwiegt und sie zum Gang zur Zahntherapie drängt.

Für eine korrekte Angstdiagnostik und die Wahl des richtigen Umgangs mit Angstpatient*innen ist die Einschätzung des psychischen Leidensdruckes

essenziell. In solch einer Diagnostik müssen, nach Enklings Beschreibung, alle drei Ausdrucksebenen der Angst geprüft und beschrieben sein, um sie suffizient zu machen:

- Die Physiologie (dazu zählen Körperreaktionen wie Herzrasen)
- Die Psychologie (die Patient*innen haben Verzweiflungsgedanken in Erwartungshaltung eines unangenehmen Ereignisses)
- Das Verhalten (Abwehr-/Fluchtverhalten)

Trotz einer suffizienten, objektiven Angstdiagnostik ist die beste Einschätzung der Patient*innenangst durch die individuelle Angabe der Patient*innen evaluierbar (Enkling et al., 2010). Bei sehr ausgeprägter Angst empfiehlt sich - laut Richtlinien der ‚deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde‘ (DGZMK) - „ein interdisziplinärer Therapieansatz von Zahnärzt*innen und Psychotherapeut*innen, da die Therapie der ersten Wahl die kognitive Verhaltenstherapie mit Exposition darstellt.“



(S3-Leitlinie „Zahnbehandlungsangst“ der DGZMK, 2019, S. 1).

Abbildung 5: Teufelskreis der Zahnbehandlungsangst (modifiziert nach Schulte 2013)¹⁰

¹⁰ Referenz der Website <http://www.dentophobie.ch/download/dentophobie.pdf> von Dr. med. dent. Schulte, Markus: *Dentophobie: Die Angst vor dem Zahnarzt*, Luzern: 2013

Wird eine Zahnbehandlungsangst nicht erkannt, oder wird den Patient*innen kein adäquater Umgang mit dieser beigebracht, entwickelt sich für diese sehr häufig ein immer tiefergreifenderer Teufelskreis (Abb. 5). Wird dieser Teufelskreis nicht unterbrochen, entwickelt sich die Angst häufig weiter in Richtung psychische oder psychosomatische Erkrankung, oder führt bis hin zu einer Depression (Schneider, 2013). Wichtig für einen Therapieansatz ist, dass die Angst vom Patient*innen selber in Griff bekommen werden muss, als Behandler*in kann man dafür nur eine unterstützende Rolle einnehmen (Höfel, 2018).

1.3.3. Erwartungsangst

Für das Ausmaß der Schmerzempfindung ist mitunter die individuelle Vorstellung des Patient*innen über diese Schmerzen (=Erwartungsangst) entscheidend.

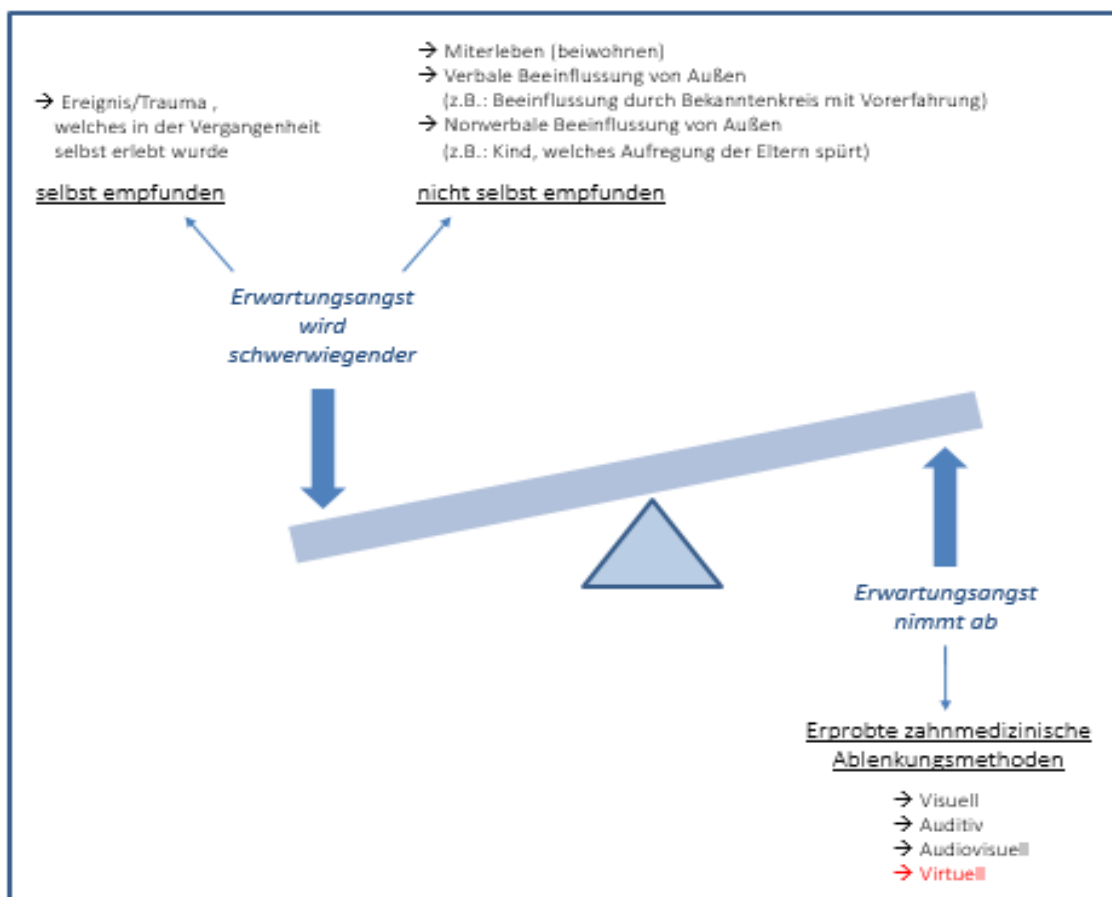


Abbildung 6: Waage der Erwartungsangst¹¹

¹¹ Abbildung erstellt vom Autor

Bei der Erwartungsangst handelt es sich um eine in die Zukunft gerichtete Angst, welche durch die in *Abbildung 6* genannten Trigger hervorgerufen wird. Das Problem der Erwartungsangst ist, dass sie bereits Tage oder sogar Wochen - bevor das eigentlich angstauslösende Ereignis überhaupt eintreten kann - beginnt, die Patient*innen zu beherrschen und nicht mehr los zu lassen. Man spricht deshalb auch von *Phobophobie*. Bei Patient*innen rufen diese Angstgefühle eine Kettenreaktion hervor, welche zu einer Reihe von Körperreaktionen führt (Anspannung, Angstschweiß, etc.). Manche Patient*innen beschreiben diese Gefühle sogar so drastisch, dass sie den Eindruck haben, auf einer Kiste Dynamit zu sitzen, welche jede Sekunde zu explodieren droht. Diese für die anstehende Zahnbehandlung unangemessene Erwartungshaltung hat den Nachteil, dass sie einen entscheidenden Einfluss auf die Schmerzschwelle nimmt. Sie verhalten sich zu einander entgegengesetzt proportional, d.h. je höher die Erwartungshaltung, desto niedriger die Schmerzschwelle. Das bedeutet für die Patient*innen, dass sie den Schmerz bei der Behandlung früher und intensiver wahrnehmen.

Diese Negativspirale kann mittels hypnotischer Intervention unterbrochen werden. Das heißt, dass die Patient*innen umso weniger Schmerzen verspüren, je tiefer sie in eine Trance versetzt werden. Dieser Sachverhalt wird in der folgenden Abbildung veranschaulicht:

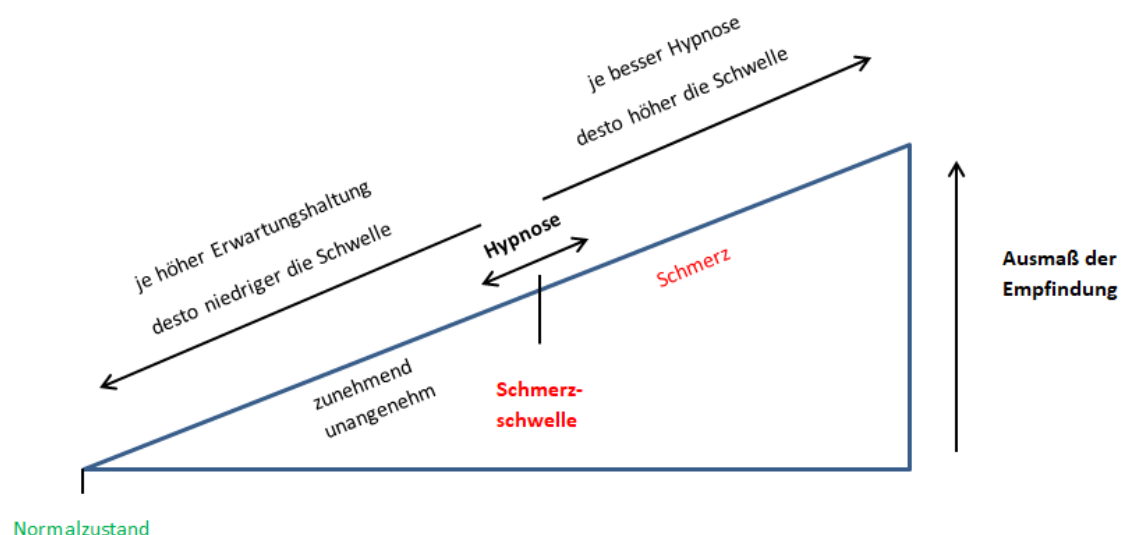


Abbildung 7: Ansatz der Hypnosetherapie¹²

¹² Abbildung erstellt vom Autor

1.3.4. Frühere Versuche Zahnärzt*innenangst zu bekämpfen

Anatomisch gesehen, hat die Angst die Form einer Mandel. Das ist nämlich die Form jenes menschlichen Gehirnareals, welches aus grauer Substanz besteht und verantwortlich für die Verarbeitung von Emotionen, insbesondere der Ängste, ist – die Amygdala (Asan et al., 2013). Trotz der anatomisch geringen Größe des Steuerungszentrums, empfindet der Mensch manche Ängste als unüberwindbar groß. Dieser Umstand hat ihn dazu gezwungen, Hilfsmitteln und Strategien zu entwickeln, um dieser Ängste Herr zu werden.

Geschichtlich sind bereits in der Antike Versuche unternommen worden, die Schmerzen, welche die größten Angstausröser für Patient*innen waren, bei Zahnbehandlungen auszuschalten, oder sie wenigstens zu lindern. Schon lange Zeit vor Hippokrates (4.-5. Jhdt. v. Chr.) probierte man mit „erweichenden Düften“, „abführenden und schweißtreibenden Arzneien“, „reizenden Mundwässern“, „Abkochungen von Feigen mit Essig und Honig“, oder durch das „Berühren der kariösen Stellen mit heißem Öhle“ eine einigermaßen weitreichende Schmerzausschaltung zu erzielen. Auch Arzneimischungen aus pflanzlichen Stoffen und Pulvern wie Opium, Galbanharz, Myrrhen, Bertram, Pfeffer, Senfsamen, Alaun, Schwefel und dergleichen wurden beschrieben (Carabelli, 1844, S. 10).

Bis zur Zeitperiode der Aufklärung und damit dem Anfang der Moderne, sind allerdings keine einheitlichen Leitlinien für die Patient*innenbehandlung zu finden. Jede Ärztin*jeder Arzt, die*der einer zahnmedizinischen Tätigkeit nachging, musste also nach bestem Wissen und Gewissen, allerdings ohne eine klar vorgegebene Marschroute, versuchen, ihren*seinen Patient*innen bestmöglich Angst und Schmerzen zu nehmen. Und erworbenes Wissen wurde damals gut behütet und nur spärlich weitergegeben.

Es dauerte bis ins Jahr 1746, als der französische Arzt Pierre Fauchard in seiner Abhandlung „Le chirurgien dentiste ou traité des dents“, die Zahnheilkunde offiziell etablierte. In dieser Abhandlung fasste er auch die allgemeinen, bis dorthin gewonnenen Erkenntnisse der Zahnheilkunde zusammen. Des Weiteren war Fauchard auch der Erste, der auf die Behandlungen aus Sicht der Patient*innen

einging und die Verhältnisse dieser verbessern wollte, in der Hoffnung, dass sie dann nicht mehr so verängstigt erscheinen müssen. Er veränderte die Sitzposition des Zahnarztes, welche bis heute standardmäßig rechts der Patient*innen ist (davor war sie in der Regel dahinter) und forderte die Einführung eines „komfortablen“ Patient*innenstuhls mit einer bequemen, individuell verstellbaren Kopflehne (Fauchard, 1746).

Es dauerte genau 100 Jahre, nach der Abhandlung von Fauchard, bis das erste schmerzstillende Mittel erfunden und getestet wurde. Der amerikanische Zahnarzt William Thomas Green Morton gilt seit 1846 als der Gründervater der Anästhesie. Morton führte zusammen mit einem Chirurgen in Boston am 16. Oktober 1846 eine Unterkiefer-Tumorresektion, als öffentliche Operation, unter Zuhilfenahme einer Äther-Narkose durch. Dies war der Grundstein für eine neue ärztlich-intervenierende Behandlungsstrategie unter kompletter Schmerzausschaltung. Damit gab es nun die Möglichkeit, Therapien in einem, für Patient*innen akzeptablen, Rahmen durchzuführen. Die Äthernarkose war natürlich nicht befreit von Nebenwirkungen und für kleine Zahnbehandlungen kontraindiziert, weshalb sich die Forschung in Richtung lokaler und regionaler Schmerzausschaltung weiterentwickelte (Röse, 1996). Als Begründer der Lokalanästhesie gilt der Wiener Augenarzt Carl Koller, welcher 1884 mithilfe von Kokain den Kornealreflex des Auges ausschalten konnte (Koller, 1884).

Nahezu zeitgleich zur Äther-Narkose wurde auch das Lachgas erforscht, welches bis heute Verwendung findet. Erneut war es ein Zahnarzt, Horace Wells, welcher das Lachgas 1845 das erste Mal in seiner Ordination zum Einsatz brachte. 1846 misslang allerdings ein öffentlicher Versuch, weshalb das Lachgas vorerst bis zum Ende des Jahrhunderts in Vergessenheit geriet. Elmar McKesson, einer der ersten spezialisierten Anästhesiologen, entwickelte eine Maschine, welche eine prozentual genaue Vermischung von Lachgas und Sauerstoff produzierte und wurde damit zu einem der wichtigsten Begründer dieser Richtung. Als sich diese Maschinerie verbreitete, erlebte die Anwendung von Lachgas große Beliebtheit als einfach zu applizierendes, nicht toxisches Analgetikum, welches zusätzlich auch keinen Einfluss auf den Kreislauf hat – dies besonders im Gegensatz zum Äther

(Schirmer, 1998). Bis heute ist das Lachgas in dieser Form ein anerkanntes und auch angewendetes Mittel zur Analgesierung und als Anxiolytikum.

Abgesehen von der Verwendung von materiellen Substanzen gibt es noch weitere Möglichkeiten zur Angstreduktion:

Die Hypnose zum Beispiel ist ein, in der Literatur vielbeschriebener, ganzheitlicher Ansatz, welcher schon von einer Vielzahl von Behandler*innen angewendet wird. Besonders in der Behandlung von ängstlichen Kindern ist die Hypnose ein etabliertes und probates Mittel. Huet et al. haben einen erfolgreichen Studienversuch aus dem Jahre 2011 beschrieben, bei dem sie mittels hypnotischer Einwirkung sowohl eine deutliche Schmerz- als auch Angstreduktion, beziehungsweise sogar komplette Schmerzfreiheit erreicht haben (Huet et al., 2011).

Ein systematischer Review von Moser über klinische Studien zur Anwendung von Hypnose in Praxen von Zahnärzt*innen, im Zeitraum zwischen 2002 und 2012, belegt ebenfalls, dass hypnotische Suggestionen für die Angst- und Schmerzausschaltung überaus gut geeignet sind (Moser 2013). Darüber hinaus erfreut sich die Behandlung unter Hypnose hoher Patient*innenakzeptanz. Sie hilft dabei, überflüssige Analgetikagaben zu vermeiden und die mit ihr verbundenen Risiken und Nebenwirkungen zu senken. Außerdem ist sie frei von der Anwendung komplizierter technischer Gerätschaften und deshalb räumlich auch gut umsetzbar.

Aber nicht ausschließlich in der Zahnmedizin, sondern im gesamten medizinischen Bereich ist die medizinische Hypnose als Therapieunterstützung geeignet und trägt zur Stressreduktion sowie Angstminderung bei, wie Häuser et al. in einer weiteren Übersicht über Metaanalysen in einem Zeitraum von 10 Jahren beschreiben hat (2016).

Ein weiterer Ansatz für die Therapie von Angstpatient*innen ist die Zuhilfenahme von Musik zur Behandlung. In verschiedenen medizinischen Fachbereichen ist der Effekt der Musik auf die psychologischen, physiologischen und spirituellen Bedürfnisse des Menschen beschrieben. Angewendet werden kann sie also auch in der Zahnmedizin. Dabei sei es laut Moola nicht entscheidend, ob die Musik aktiv, oder passiv gehört wird (Moola, 2011).

Pantas und Jöhren bestätigten diesen positiven Effekt in einer prospektiven Studie im Jahr 2000. Dabei testeten sie bei zwei Vergleichsgruppen die Angst-, sowie Schmerzempfindungen und die Pulsraten - bei der einen Gruppe mit und bei der anderen Gruppe ohne musikalischer Unterstützung. Die Ergebnisse belegten dabei den positiven Einfluss in allen drei gemessenen Parametern (Pantas und Jöhren, 2000).

Selbst wenn die Ergebnisse von klinischen Studien nicht immer einen direkten Effekt der Musikanwendung auf die Angstbeseitigung aufzeigen, so wird die musikunterstützte Therapie von einer Großzahl der Patient*innen dennoch sehr positiv aufgenommen und bei einer Folgebehandlung auch wieder gewünscht (Blickle, 2009).

In einer Studie von Nuwula et al. wurde auch der Nachweis der positiven Ablenkung durch audiovisuelle Hilfsmittel bestätigt (2015).

In einem klinischen Versuch wurden 90 Kinder behandelt und dafür in drei Gruppen eingeteilt. Die erste Gruppe war die Kontrollgruppe. Die zweite Gruppe wurde musikalisch abgelenkt und die dritte Gruppe bekam eine audiovisuelle Ablenkung mittels dreidimensionaler Filmbrille. Bei allen Kindern wurde eine Behandlung unter Lokalanästhesie durchgeführt und dabei wirkte, laut Ergebnissen, die audiovisuelle Ablenkung am stärksten angstlösend und war gleichzeitig die von den Kindern die am meisten bevorzugte. An zweiter Stelle stand die Behandlung mit musikalischer Ablenkung (Nuwula et al., 2015).

Eine weitere alternative, naturgestützte und angstlösende Variante bieten angstreduzierende Heilpflanzen, so wie die von Staudte beschriebenen Melisse, Passionsblume und Lavendel. Sie können als Tinktur, als Tropfen oder in Form eines Kräutertees verabreicht werden, damit sie anschließend ihre Wirkung entfalten können. Lavendel kann zusätzlich in Form von Lavendelöl verdampft werden. Der Duft wirkt entspannend und krampflosend und wirkt sich dadurch anxiolytisch auf die bestehenden Angstempfindungen aus (Staudte, 2017).

1.4.Schmerz

1.4.1. Zusammenhang Angst-Schmerz

Mit dem plakativen Begriff „Angst vor der Zahnärztin*dem Zahnarzt“ verbinden die meisten Menschen direkt die Schmerzen, welche mit einer Zahnbehandlung in Verbindung stehen. Diese Verbindung wird von zahlreichen Autor*innen in der Literatur beschrieben. So befragte beispielsweise Janke 2007 188 Patient*innen nach jenen Schlagwörtern, welche sie zuerst mit einer Zahnbehandlung verbinden würden (Tabelle 4).

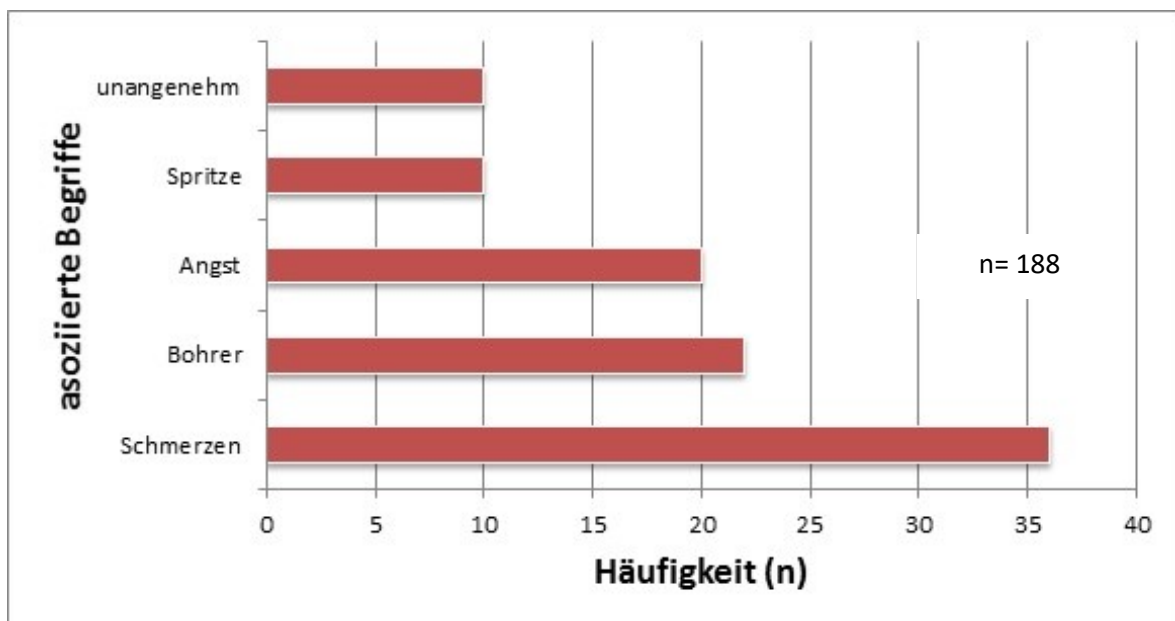


Tabelle 4: Die fünf am häufigsten mit dem Besuch bei Zahnärzt*innen assoziierten Begriffe¹³

Ängste, welche Patient*innen beim nahenden Besuch der Zahnärztin*des Zahnarztes verspüren, sind im Spezifischen oft gegen nichts Zahnmedizinisches gerichtet, sondern einfach gegen die Schmerzen, welche befürchtet werden.

1.4.2. Schmerz aus physiologischer und neuraler Sicht

Schmerz ist ein instinktiver, körpereigener Antwortmechanismus als Reaktion auf eine Gefahr von außen. Er signalisiert, dass ein äußerer physischer Einfluss den

¹³ entnommen aus dem Artikel Janke, F. (2008). *Dentophobie-die Angst vor der zahnärztlichen Behandlung: eine Fragebogenuntersuchung an Patient*innen und deren Zahnärzten* (Doctoral dissertation, Universität Ulm).

Körper schädigt (verletzt), oder gar lebensbedrohlich für ihn sein kann und erzwingt damit eine Antwort des Körpers (meist eine Abwehr- oder Fluchtreaktion). Sobald der Stimulus weg ist, verschwindet auch die Schmerzreaktion des Körpers. Schmerz ist eine individuelle Empfindung, eine komplexe Erfahrung, welche sich in vielerlei Ausprägung zeigen kann. Dabei korreliert er nicht mit der Größe der Verletzung, sondern er ist abhängig vom jeweiligen Schmerzempfinden und der vorangegangenen Schmerzerfahrung (Jöhren & Sartory, 2002).

Um die Vielzahl an Beschreibungen des Schmerzes zusammenzufassen und einen einheitlichen, internationalen Standard herzustellen, hat die „International Association for the study of Pain“ (IASP) 1979 eine allgemein gültige Beschreibung herausgegeben:

Schmerz ist immer an ein bestimmtes Körperareal gebunden und bringt eine starke, subjektive Komponente mit sich. Deshalb ist es nicht eindeutig feststellbar, ob der Schmerz auf eine Gewebszerstörung (nozizeptiver Schmerz) zurückzuführen ist, oder emotional bedingt ist (neuropathischer Schmerz).

Der physiologische Vorgang der Schmerznozizeption (Aktivität in den Nozizeptoren, den Schmerzbahnen des vegetativen Nervensystems und Reizleitung bis in das Zentralnervensystem) ist nicht gleichzusetzen der Schmerzperzeption (subjektiv empfundener Schmerz), welcher das Resultat von Gehirnaktivitäten ist (Treede, 2018).

1.4.3. Physiologie des Zahnschmerzes

Um den Entstehungsmechanismus des Zahnschmerzes zu verstehen, lohnt es sich, zunächst einen Blick auf die Anatomie des Zahnes zu werfen (dargestellt in *Abb. 8*). Der Zahn ist im sichtbaren, oralen Teil bedeckt von einer avaskulären, mineralisierten Schutzschicht, dem Zahnschmelz. Der Zahnschmelz besteht zu 95% aus anorganischen Mineralien (hauptsächlich Hydroxylapatit), 1% organischer Phase und 4% Wasser (Märten, 2010).

Unterhalb der Gingiva bildet die äußerste Schicht des Zahnes der, etwa 150 µm dicke, Wurzelzement. Der Zahnzement ähnelt in seiner histologischen Bauweise dem Geflechtknochen. Im koronalen Abschnitt besteht er aus azellulärem Fremdfaserzement und im apikalen Bereich findet sich zellulärer Eigenfaserzement, mit eingelagerten Zementozyten (Hartmann, 2009). Die Zusammensetzung des Zementes besteht zu jeweils einem Drittel aus anorganischem und organischem Material und zu einem Drittel aus Wasser (Märten, 2010). So wie der Zahnschmelz, ist auch der Wurzelzement avaskulär und nicht sensibel.

Unterhalb von Schmelz und Zement bildet das Dentin den dritten Anteil der Zahnhartsubstanz. Dentin besteht aus circa 50% anorganischem Anteil, 30% organischer Matrix und 20% Wasser (Zielinski, 2010).

Innerhalb dieser Zahnhartsubstanz befindet sich der weichgewebige, gefäßreiche und belebte Teil des Zahnes, die Zahnpulpa. Nerven der Pulpa ziehen, aus dem Alveolarknochen kommend, dicht umschlungen von den Blutgefäßen, durch das Foramen apicale am Ende der Zahnwurzel, in die Wurzelpulpa und von dort weiter in die Kronenpulpa, wo sie sich zum Raschkowschen Nervenplexus verzweigen. In der Pulpa befindliche afferente, sensible Nervenfasern ziehen aus dem Zahn, münden in weiterer Folge in den Nervus trigeminus und bringen über ihn Reize bis in das ZNS (Klimm, 2003).

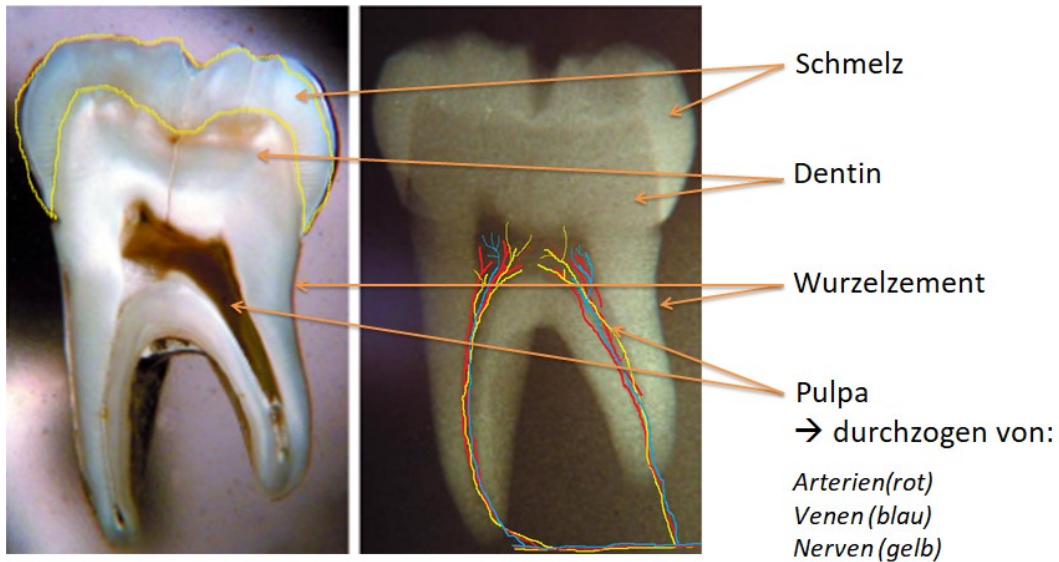


Abbildung 8: Anatomie des Zahnes¹⁴

Anders als die anderen beiden Anteile der Zahnhartsubstanz, ist das Dentin durchzogen von einem feinen Netzwerk aus Kanälchen, den Dentintubuli. Alten Theorien zufolge sollen diese Kanälchen von Nerven innerviert sein und dies soll dazu führen, dass im Dentin auf einen entsprechenden Reiz hin eine Schmerzempfindung entsteht. Diese Theorie ist allerdings widerrufen worden, nachdem man im Elektronenmikroskop gesehen hat, dass die Nervenfasern aus der Pulpa das Dentin nur auf sehr kurze Distanz penetrieren (Wicht, 2014). Tatsächlich ist allerdings eine Teilwahrheit an dieser genannten alten Theorie. Die Dentintubuli sind gefüllt mit Dentinfluid. Diese Flüssigkeit fließt durch die Tubuli unter normalen Umständen mit langsamer Geschwindigkeit aus dem Inneren in Richtung der Außenflächen des Zahnes. Durch äußere Einflüsse, wie Defekte oder Karies, wird die Strömungsrichtung des Dentinfluids umgekehrt. Diese Richtungsänderung wird wiederum von den Nervenfasern an den Enden der Dentintubuli registriert, und löst dort einen sensorischen Reiz aus (Brännström et Aström, 1972). Diese Reizaufnahme löst schließlich eine Schmerzempfindung aus und wurde deshalb von Brännström „hydrodynamische Schmerztheorie“ getauft.

¹⁴ Referenz M. Gente, R. Diek, A. Schaudig. (2004). *Start in die Zahnmedizinische Propädeutik* (ZWR 113. Jahrg., Nr. 1+2)

ZIEL DER ARBEIT:

Die vorliegende Studie wurde in Angriff genommen, um abzuklären, ob eine VR-Brille während einer Behandlung in der Lage ist, genügend audiovisuelle Ablenkung für Patient*innen zu bieten, um dadurch ihre Schmerzwahrnehmung positiv zu beeinflussen bzw. ihre Schmerzschwelle zu heben.

2. Material & Methoden

2.1. Studiendesign

Es handelt sich um eine prospektive Cross-Over Studie. Zur Durchführung des Studienversuchs wurden die Räumlichkeiten der Universitätsklinik für Zahnmedizin und Mundgesundheit Graz genutzt.

2.2. Studienpopulation

Insgesamt nahmen 32 Teilnehmerinnen und Teilnehmer in jeweils zwei Durchgängen teil. Personen aus unterschiedlichem Umfeld und Sozialklasse wurden auf freiwilliger Basis zum Mitwirken motiviert.

Voraussetzung für die Teilnahme war das Vorhandensein eines bleibenden, unbehandelten, sowie nicht traumatisierten Eckzahnes des ersten Quadranten. Die Proband*innen waren, in dem von uns vorgegebenen Rahmen, zwischen 18 und 65 Jahre alt.

2.3. Technisches Equipment

Für den Studienversuch wurde ein Schmerzreiz gesetzt und die Anspannung der Proband*innen gemessen. Die Parameter für die Anspannung waren der Hautleitwert (engl.: Skin Conductance Level (=SCL), die Muskelanspannung (Elektromyogramm (=EMG), gemessen in Mikrovolt (μV)) und die Temperatur der Haut (gemessen in $^{\circ}\text{C}$).

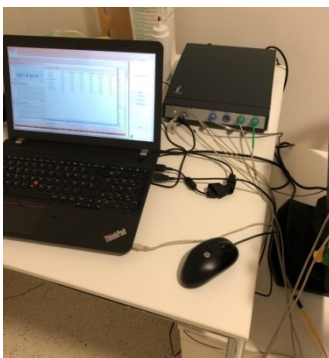


Abbildung 9: Biofeedback-Gerät

Der Schmerzreiz erfolgte durch die Anwendung eines elektrischen Pulpentesters der Marke *Parkell* mit der Modellbezeichnung „*Digitest II*“. Der Pulpentester setzte nach Aktivierung einen stärker werdenden elektrischen Impuls an seiner Ausgangselektrode frei, welcher bis zum Reaktionszeitpunkt durch die Proband*innen gesteigert wurde. Das Ausmaß des Impulsreizes wurde auf einer elektrischen Anzeige des Gerätes mit einer einheitslosen Skala von 1 (Minimum) – 64 (Maximum) angezeigt. Die technisch maximale Spannung, welche bei der Elektrode des Pulpentesters auftreten kann, liegt bei 500V bei einem maximalen Ausgangsstrom von 250 μ A.



Abbildung 10: elektrischer Pulpentester der Marke Parkell

Die Anspannungsparameter der einzelnen Proband*innen wurden durch das Programm „*BioLife*“ des Biofeedbackgerätes der „*Insight Instruments*“ gemessen. Zu diesem Zwecke waren die Proband*innen durch Nackenelektroden und einem Fingerclip mit dem Messgerät verbunden. Die Nackenelektroden dienen der Messung der Muskelanspannung der Nackenmuskulatur (M. trapezius, M. sternocleidomastoideus, M. splenius capitis). Zur Erfassung des Hautleitwertes, gemessen in Mikrosiemens (μ S)) und der Temperatur wurde ein Finger-Clip verwendet. Dieser wurde immer am Ringfinger der Nicht-Arbeitshand befestigt.



Abbildung 12: Klebung der Elektroden im Nacken



Abbildung 11: Positionierung am Untersuchungsstuhl

2.4.Ablauf des Versuchs

Nach der Rekrutierung wurden die Teilnehmer*innen in zwei Gruppen (Gruppe blau & Gruppe rot) zu je 16 Personen (jeweils 8 ♀, 8 ♂) eingeteilt. Die beiden Gruppen unterschieden sich lediglich in einem Punkt:

- Bei Gruppe „blau“ wurde die erste Schmerz- Testung ohne Anwendung der VR-Brille durchgeführt und die zweite mit selbiger.
- Bei Gruppe „rot“ verhielt es sich umgekehrt; die erste Testung erfolgte mithilfe der VR-Brille und die zweite ohne sie.

Für die Testung mit Anwendung der VR-Brille wurde über diese ein Film in VR-Format abgespielt. Dieser wurde vorweg von einem erfahrenen Hypnosearzt supervisioniert und anschließend speziell für diese Studie von einem Grafikdesigner zusammengeschnitten und formatiert. Das zugrundeliegende Filmmaterial beinhaltet ein Lichtschauspiel, bestehend aus wechselnden graphischen Mustern und unterschiedlichen Farbspielen, abgestimmt mit dazugehöriger Musikbegleitung. Im Hinblick auf die Zielsetzung eine Ablenkung zu bewirken, wurde die Abfolge der Bildgeschehnisse sowohl zeitlich als auch inhaltlich genau abgestimmt.

Testablauf für beide Gruppen („blau“ und „rot“) → 1) - 5) :

1) Vor dem Eintreten in den Behandlungsraum

Vor dem Eintreten in den Behandlungsraum wurde den Testpersonen die schriftliche Aufklärung über den Studienversuch (Studien-einwilligungserklärung) ausgehändigt und sie wurden gebeten, den ersten Teil des Fragebogens auszufüllen. Im eigens für diese Studie angefertigten Fragebogen wurden die Vorerfahrungen der Proband*innen mit virtueller Realität bzw. mit Behandlungen an dem zu untersuchenden Oberkiefer-Eckzahn abgefragt. Der Rest des Voruntersuchung-Teils diente dem Erfragen der Zahnbehandlungsängste und der Vorstellung durch eine VR-gestützte Ablenkung, Angstfreiheit für eine Behandlung zu erlangen. Der genaue Aufbau und die Fragestellungen sind im, im Anhang beigefügten, Fragebogen nachlesbar.

2) Nach dem Eintreten in den Behandlungsraum

Nach dem Eintreten nahmen die Proband*innen am Untersuchungsstuhl Platz. Nach einer erneuten mündlichen Aufklärung wurden sie an das Biofeedback-Gerät mittels Nackenelektroden und Fingerclip angeschlossen und die Rückenlehne des Behandlungsstuhls in die äußerste Liegeposition gestellt.



Abbildung 13: Liegepositionierung mit Nackenelektroden und Fingerclip

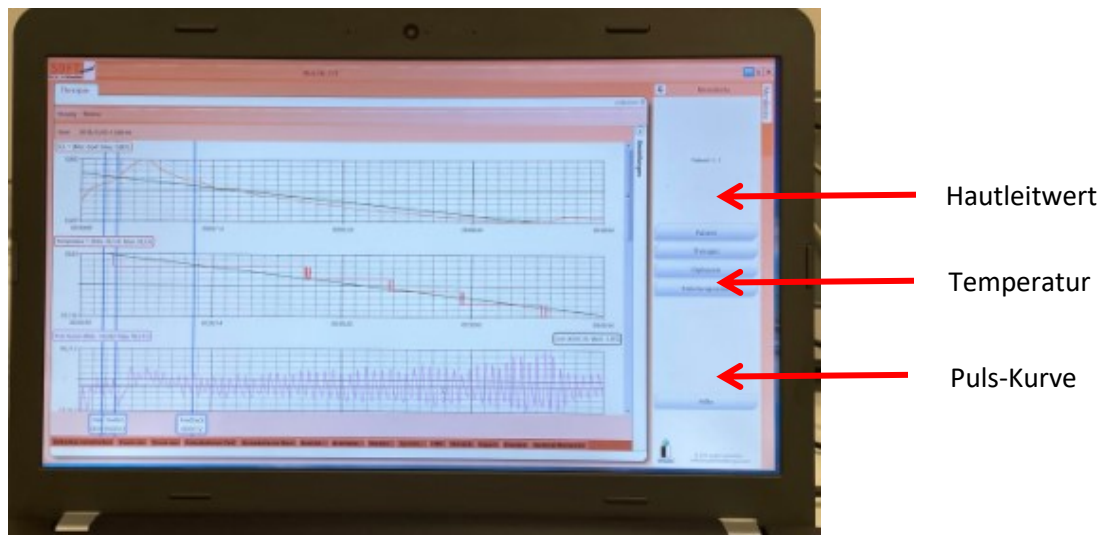


Abbildung 14: Messung der objektiven Parameter mit dem Biofeedbackgerät

3) Baseline-Messung

Nach der Einstellung der Arbeitsposition wurde eine Baseline-Messung mit dem Biofeedback-Gerät zur Ermittlung der individuellen Entspannungswerte als Referenz durchgeführt. Die Teilnehmer*innen mussten dafür eine Minute lang regungslos, mit geöffneten Augen und in entspanntem Zustand verharren.

Im Anschluss an die Baseline-Messung setzten Teilnehmer*innen der Gruppe „rot“ die VR-Brille auf und starteten den vorgefertigten VR-Film. Gruppe „blau“ verharrte ohne Brille in der Liegeposition.

Bei beiden erfolgte die Ankündigung der bevorstehenden Schmerztestung.

4) Testung mittels elektrischem Schmerzreiz

Zu diesem Zweck bediente man sich eines elektrischen Pulpentesters der Firma „Digitest II“. Die stromabgebende Elektrode des Pulpentesters wurde an die Palatinalfläche des Eckzahns im ersten Quadranten angelegt (siehe *Abb. 15*). Die Proband*innen wurden aufgefordert, durch einen akustischen Laut oder durch das Heben ihrer freien Hand, welche nicht mit dem Fingerclip versehen war, beim Verspüren eines Reizes ihre Empfindung kund zu tun und im Anschluss noch eine weitere halbe Minute entspannt und regungslos in der Liegeposition zu verharren, bis die Entspannungskurve am Monitor des Biofeedback-Gerätes wieder abgeflacht war.

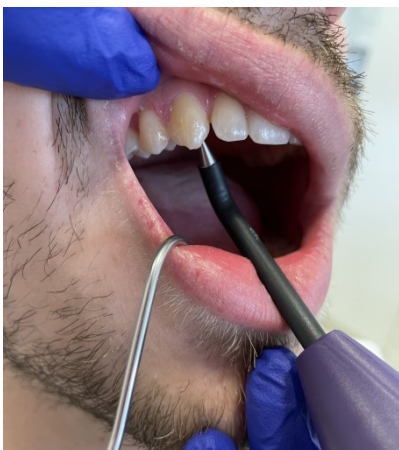


Abbildung 15: Positionierung des Pulpentesters an Zahn 13

Nach der Erklärung und Positionierung wurde im Anschluss die Pulpentestung durchgeführt. Dabei wurde der Stärkewert des Reizstromes, welchen der Pulpentester zum Zeitpunkt der Reizantwort der Patient*innen ausstrahlte, notiert und die Teilnehmer*innen abschließend vor der Verabschiedung gebeten, den restlichen, vorgesehenen Teil des Fragebogens auszufüllen.

5) Zweiter Durchgang

Die zweite Testung wurde am selben Zahn an einem anderen Tag analog zur ersten durchgeführt. Personen der Gruppe „blau“ bekamen diesmal die VR-Brille aufgesetzt und vice versa.

2.5. Subjektive Befragung der Proband*innen mittels Fragebogen

Die subjektiven Daten der Proband*innen wurden mittels eines eigens zusammengestellten Fragebogens erhoben (siehe *Anhang 8.1*). Im initialen, „präoperativen“, Teil wurden die persönlichen Daten, die Vorerfahrungen mit Virtueller Realität sowie zahnärztlicher Behandlungen, die „Ängste vor Zahnärzt*innen“ und die allgemeine Nervosität erfragt.

Im „postoperativen“, zweiten Teil wurde die Schmerzempfindung, der Einfluss der VR-Brille, sowie der Wunsch nach deren Anwendung bei zukünftigen, zahnärztlichen Behandlungen eruiert.

Der Fragebogen wurde aus individuellen Fragen, der Visuellen Analogskala (VAS) und der Numerischen Rating-Skala (NRS) zusammengesetzt.

2.6. Statistische Auswertung

Die bei der Biofeedbacktestung und der mittels Fragebogen erhobenen Daten, wurden auf einem passwortgeschützten Computer gespeichert. Die Anonymität aller Teilnehmer*innen wurde mittels Anwendung eines Buchstabencodes gewahrt, auf dem Fragebogen wurde kein Name vermerkt. Anschließend erfolgte eine statistische Auswertung.

Die Daten wurden deskriptiv und explorativ auf einem Signifikanzniveau von 5% ausgewertet. Es wurden ein t-Test für unabhängige Stichproben und der Pearson Korrelationskoeffizienten durchgeführt.

3. Resultate

Die Grundlage für die Ergebnisse sind 64 Messungen, welche, wie obig bereits erwähnt, an den 32 Proband*innen der beiden Gruppen durchgeführt wurden. Die Gruppeneinteilung erfolgte, um einen Geschlechtervergleich aufstellen zu können. Gleichzeitig war die Abfolge der Nutzung der VR-Brille in den Durchgängen der beiden Gruppen jeweils vertauscht, um vergleichen zu können, ob die Einflussnahme der Brillenanwendung zwischen dem ersten und den zweiten Durchgang variiert.

Als erstes wurden die Ergebnisse aus den Messungen des Biofeedbackgerätes ausgewertet. Gemessen wurde mit diesem der Hautleitwert (=SCL, engl.: skin conductance level; gemessen in Siemens (S)), sowie die Muskelaktivität (= Elektromyogramm (EMG), gemessen in Mikrovolt (μV)). Die Messung der Temperatur wurde aufgrund zu kleiner Veränderungen der Werte im Zeitraum der Untersuchung von der statistischen Auswertung ausgenommen.

Für die Vereinheitlichung der SCL- und der EMG- Werte wurden 5 Untersuchungsmarker gesetzt, welche für jeden Durchgang gleich definiert waren:

1. Marker 1 („*Marker 1*“): Ankündigung der Testung
2. Maximale Anspannung zwischen Marker 1 und 2 („*Max 1*“)
3. Marker 2 („*Marker 2*“): Schmerzreaktion auf Reizempfindung hin
4. Maximale Anspannung nach Reizempfindung („*Max 2*“)
5. Anspannung 5 Sekunden nach der Reizempfindung („*Min*“)

I. Auswertung der Hautleitwert-Messungen

Die durchschnittlichen Gesamt-SCL-Werte bei Brillenanwendung beginnen am ersten Marker bei **0,77 Siemens (S)**. Es folgen der erste Peak beim zweiten Untersuchungsmarker bei **0,80 S**, Untersuchungsmarker 3 bei **0,78 S**, ein erneuter leichter Anstieg zum vierten Untersuchungsmarker auf **0,79 S** und der Minimalwert des letzten Markers bei **0,76 S**.

Dem entgegen aufgelistet sind die durchschnittlichen Gesamtwerte ohne Brillenanwendung beginnend bei **0,76 S**, Untersuchungsmarker 2 bei **0,78 S**, der dritte Untersuchungsmarker bei **0,77 S**, Untersuchungsmarker 4 bei **0,79 S** und das Ende bei **0,76 S**.

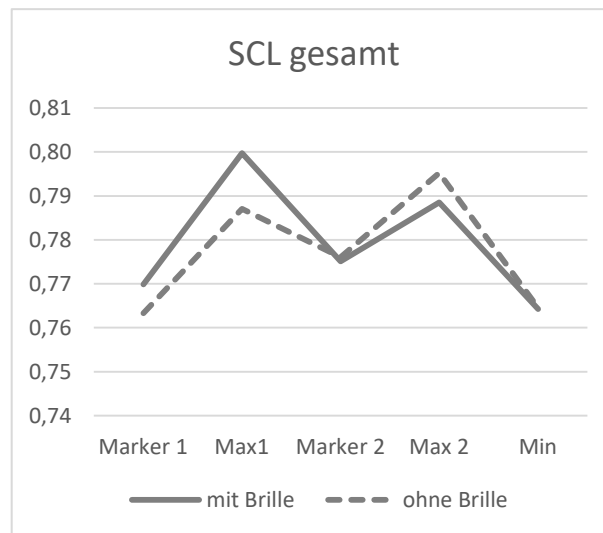


Tabelle 5: Hautleitwerte aller Proband*innen gesamt

Nachfolgend sind die genauen SCL-Werte der Gruppe „**Blau**“ an den 5 Untersuchungsmarkern aufgelistet:

Mit Brille

- 1. Marker 1: **0,753937 S**
- 2. Max 1: **0,786125 S**
- 3. Marker 2: **0,766125 S**
- 4. Max 2: **0,771875 S**
- 5. Min: **0,753062 S**

Ohne Brille

- 1. Marker 1: **0,762764 S**
- 2. Max 1: **0,782823 S**
- 3. Marker 2: **0,772933 S**
- 4. Max 2: **0,787266 S**
- 5. Min: **0,760266 S**

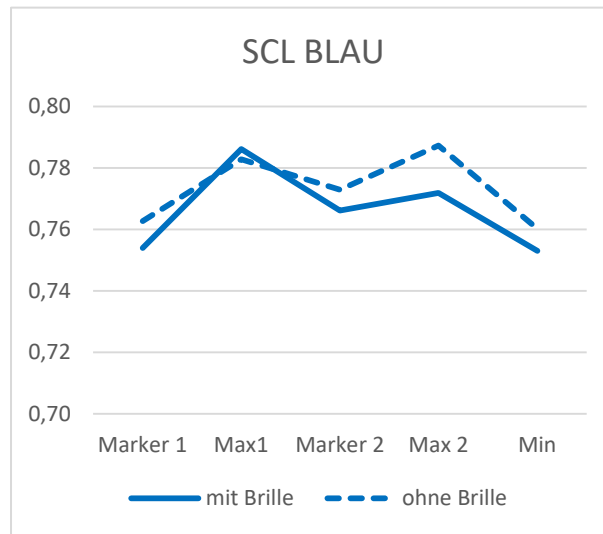


Tabelle 6: Hautleitwerte der Gruppe „Blau“

Bei der Gruppe „**Rot**“ verhalten sich die SCL-Werte wie folgend aufgelistet:

Mit Brille

1. Marker 1: **0,784882 S**
2. Max 1: **0,812588 S**
3. Marker 2: **0,785357 S**
4. Max 2: **0,8075 S**
5. Min: **0,777071 S**

Ohne Brille

1. Marker 1: **0,763933 S**
2. Max 1: **0,791866 S**
3. Marker 2: **0,779615 S**
4. Max 2: **0,804384 S**
5. Min: **0,769461 S**

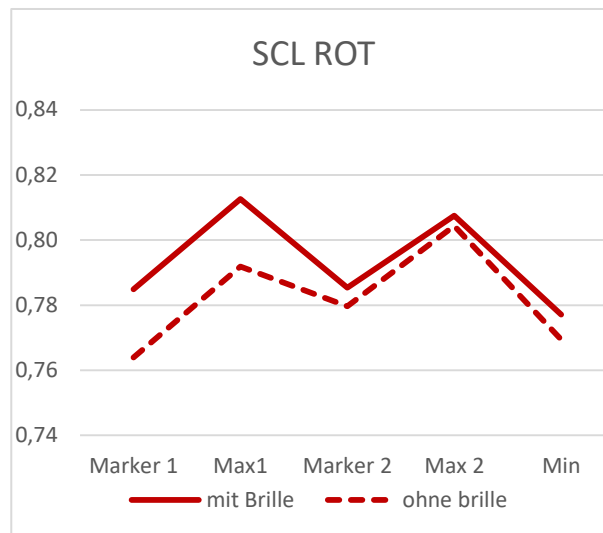


Tabelle 7: Hautleitwerte der Gruppe „Rot“

Die SCL Werte und Tabellen der einzelnen untersuchten Proband*innen sind dem Anhang der Arbeit beigefügt.

II. Auswertung der Elektromyogramm-Messungen

Die durchschnittlichen Gesamtwerte des Elektromyogramms beider Gruppen beginnen mit Brillenanwendung bei **6,20 μV** . Im Anschluss steigen sie zum zweiten Untersuchungsmarker hin auf das Maximum von **10,36 μV** , fallen zum dritten Untersuchungsmarker hin auf **5,65 μV** , gefolgt von einem erneuten leichten Anstieg auf **6,88 μV** und enden schließlich beim letzten Untersuchungsmarker bei einem Wert von **4,78 μV** .

Ohne Brillenanwendung starten die Gesamt-EMG-Werte bei **8,35 μV** (erster Untersuchungsmarker), gefolgt vom zweiten Marker mit **11,86 μV** , dem dritten mit **8,36 μV** , dem vierten mit **12,92 μV** und schließlich dem letzten mit einem Wert von **5,72 μV** .

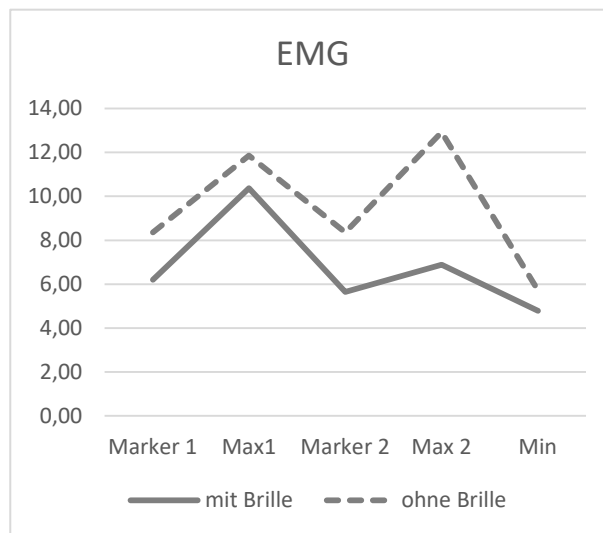


Tabelle 8: EMG-Werte aller Proband*innen gesamt

Bei der Gruppe „**Blau**“ verhalten sich die EMG-Werte wie folgend aufgelistet:

Mit Brille

1. Marker 1: **6,4458125 μV**
2. Max 1: **7,612625 μV**
3. Marker 2: **6,25875 μV**
4. Max 2: **7,6420625 μV**
5. Min: **5,2731875 μV**

Ohne Brille

1. Marker 1: **4,514125 μV**
2. Max 1: **7,9965 μV**
3. Marker 2: **5 μV**
4. Max 2: **6,7374285 μV**
5. Min: **3,9927857 μV**

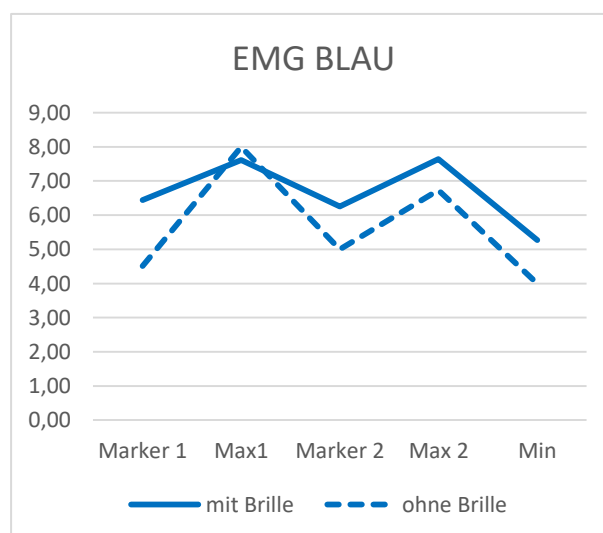


Tabelle 9: EMG-Werte der Gruppe „Blau“

Bei der Gruppe „Rot“ verhalten sich die EMG-Werte wie folgend aufgelistet:

Mit Brille

1. Marker 1: **5,619625 μV**
2. Max 1: **8,137375 μV**
3. Marker 2: **4,30338461 μV**
4. Max 2: **5,405 μV**
5. Min: **3,59092307 μV**

Ohne Brille

1. Marker 1: **5,7662666 μV**
2. Max 1: **8,4193333 μV**
3. Marker 2: **5,559 μV**
4. Max 2: **9,056307 μV**
5. Min: **3,781153 μV**

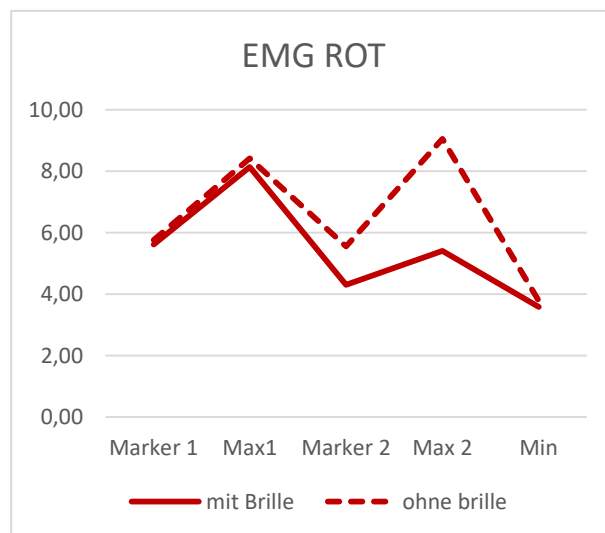


Tabelle 10: EMG-Werte der Gruppe „Rot“

Die EMG Werte und Tabellen der einzelnen untersuchten Proband*innen sind dem Anhang der Arbeit beigelegt.

III. Deskriptive Statistik und statistischer Vergleich der Differenzen

Es wurde für den Vergleich der SCL- und EMG- Messwerte des Biofeedback-Gerätes ein t-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt. Dabei zeigten sich zwar Tendenzen, jedoch keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Anwendung der VR-Brille.

Mit und ohne Brille:

	Brille	Mittelwert	SD	Sign. p
SCL_Mrk1->Max1	mit	0,030	0,039	0,504
	ohne	0,024	0,035	
SCL_Max1->Mrk2	mit	-0,019	0,022	0,149
	ohne	-0,011	0,015	
SCL_Mrk2->Max2	mit	0,013	0,022	0,367
	ohne	0,019	0,027	
SCL_Max2->Min	mit	-0,024	0,018	0,269
	ohne	-0,031	0,026	
SCL_Max1->Max2	mit	-0,005	0,035	0,157
	ohne	0,008	0,034	
EMG_Mrk1->Max1	mit	4,164	13,562	0,799
	ohne	3,508	5,227	
EMG_Max1->Mrk2	mit	-4,520	13,861	0,966
	ohne	-4,393	7,236	
EMG_Mrk2->Max2	mit	1,227	1,654	0,108
	ohne	4,560	11,046	
EMG_Max2->Min	mit	-2,099	1,684	0,119
	ohne	-7,198	17,571	
EMG_Max1->Max2	mit	-3,293	14,124	0,257
	ohne	0,167	7,729	

Tabelle 11: Signifikanztabelle der SCL/EMG Werte mit und ohne VR-Brille

Es wurde auch eine eigene Signifikanztabelle der SCL/EMG Werte für die Gruppen „Blau“ und „Rot“ aufgestellt. In der Gruppe „Rot“ fanden sich bei den EMG-Werten an zwei Punkten signifikante Unterschiede zwischen den Durchgängen mit und ohne VR-Brille. Die Unterschiede befanden sich an den Abschnitten vom dritten zum vierten, sowie vom vierten zum fünften Untersuchungsmarker:

	Brille	Mittelwert	SD	Sign. p
EMG_Mrk2->Max2	mit	1,049	1,126	0,034
	ohne	3,497	3,908	
EMG_Max2->Min	mit	-1,790	1,280	0,012
	ohne	-5,275	4,620	

Tabelle 12: Signifikanztabelle der EMG-Werte bei Gruppe „Rot“

Es wurden schließlich noch Signifikanztabellen zur Abklärung eines eventuellen Geschlechterunterschiedes bei den SCL und EMG Werten aufgestellt. Aufgrund der nicht kategorisierbaren Variabilität der Werte der einzelnen Teilnehmer*innen, wurde kein signifikanter Unterschied ersichtlich.

IV. Auswertung der Reizstromstärke

Es wurde ein Durchschnitt der Reizstromstärke zum Reaktionszeitpunkt aus den individuellen Daten aller Proband*innen errechnet. Der Durchschnitt aller Proband*innen liegt bei 31,4 auf der einheitslosen Stärkeskala (1-64) des verwendeten elektrischen Pulpentesters. Dieser Durchschnitt entspricht einer effektiven Stromstärke von 122,66µA. Der geringste Stärkewert, welcher eine Reaktion ausgelöst hat, lag bei 5 (≈19,53 µA), der höchste bei 63 (≈246,09 µA).

Männliche Teilnehmer reagierten durchschnittlich bei einem Stärkewert von 35,1, weibliche etwas sensibler bei 27,7. Bei den Männern waren der Minimalwert für eine Reaktionsauslösung bei 5 und der Maximalwert bei 63. Bei den Frauen lagen diese Werte bei 6 und 56.

Teilnehmer*innen der Gruppe „Blau“ reagierten mittelwertig bei einem Stärkewert von 31,7, die Teilnehmer*innen der Gruppe „Rot“ bei 31,2. Die Extremwerte waren bei Gruppe „Blau“ bei 5 sowie 60, bei Gruppe „Rot“ bei 10 und 63.

In der abschließenden Gegenüberstellung des Durchgangs *mit* und *ohne* Brillenanwendung ergaben die Ergebnisse einen durchschnittlichen Reaktionszeitpunkt bei Anwendung der VR-Brille bei 31,1. Ohne Anwendung der Brille lag der Wert bei 31,8. Die Minimal- und Maximalwerte lagen im Durchgang mit VR-Brille bei 6 und 63 und im Durchgang ohne Brille bei 5 sowie 60.

Der Zusammenhang zwischen Messwerten und Teststärke wurde mit dem *Pearson Korrelationskoeffizienten* berechnet. Es zeigte sich kein Zusammenhang zwischen den Messwerten des SCL sowie EMG und der Teststärke mit dem elektrischen Pulpentester. Es gab keinerlei Geschlechter- bzw. Gruppenunterschiede in der Teststärke.

V. Auswertung des Fragebogens

Zuletzt wurde der, eigens für den Versuch zusammengestellte, Fragebogen ausgewertet. Der Fragebogen bestand aus insgesamt 27 Fragen, von welchen allerdings nur 13 statistisch erfassbar waren und folglich auch zusammengefasst wurden. Die übrigen Fragen betrafen persönliche Meinungs- und Erfahrungsberichte, auf welche später in der Diskussion eingegangen wird.

Im Voruntersuchungsteil des Fragebogens wurden die Erfahrungen der Proband*innen bezüglich Virtual Reality, bezüglich früherer Zahnbehandlungen an den Frontzähnen und mögliche Zahnbehandlungsängste sowie die Aufregung erfragt.

21,9% der insgesamt 32 Proband*innen hatten vor der Untersuchung bereits Erfahrungen mit virtueller Realität, für den Rest war eine derartige Filmprojektion neu.

12 Proband*innen hatten zuvor schon eine Zahnbehandlung in der Oberkiefer-Front gehabt. Von jenen 12 Vorbelasteten gaben 3 Personen *negative* und 9 Personen *positive* Erfahrungen bei ihren Frontbehandlungen an.

Angst vor der Zahnärztin*dem Zahnarzt gaben nur 9,4% der Teilnehmer*innen an und die Angst vor zahnärztlichen Spritzen 12,5%.

Auf die Frage, ob die Anwendung einer VR-Brille zur Bewältigung einer Spritzenphobie denkbar wäre, antwortete genau die *Hälfte* der Befragten mit „Ja“. 65,6% können sich vorstellen, dass gängige Zahnbehandlungsängste (so wie die Angst vor dem Bohren, vor Wurzelbehandlungen, etc.) mithilfe einer Ablenkung durch virtuelle Realität besser zu bewältigen wären. Ihre Aufregung vor der

Untersuchung gaben die Proband*innen auf einer Skala von 1-10 durchschnittlich mit 2,84 an.

Teil zwei des Fragebogens, welcher nach den Untersuchungsdurchgängen abgefragt wurde, befasste sich mit der Schmerzempfindung auf den Untersuchungsreiz folgend, und der Einschätzung des eingesetzten VR-Filmes.

Die durchschnittliche Schmerzempfindung im Durchgang ohne Brillenanwendung gaben die Untersuchten mit 2,38 auf der visuellen Analogskala (1-10) an. Im Durchgang mit Ablenkung durch den VR-Film wurde der Schmerz mit durchschnittlich 1,50 angegeben.

30 der 32 Teilnehmenden gaben an, dass sie sich in die virtuelle Welt hineinversetzen konnten. Nur 15,6 % bejahten die Frage, ob etwas an der Anwendung der Brille oder an dem Film störend sei (so wie die Größe der Brille, die technische Handhabung, oder der ausgewählte Film selbst).

Schließlich kreuzten 87,5% aller Teilnehmer*innen bei der Frage, ob sie sich bei einer zukünftigen Behandlung wieder eine Ablenkung mit VR wünschten, ein „ja“ als Antwort an.

4. Diskussion

Das Ziel dieser Arbeit bestand darin, eine behandlungsbegleitende Ablenkungsmethode zu testen - in Hinblick auf die Fragestellung, ob diese ausreichend angstlösend oder schmerzlindernd ist.

Da Hypnose das Ablenkungsmedium schlechthin ist, fiel die Wahl auf eine Untersuchungsmethode, die hypnotische Wirkung ausüben kann und es gleichzeitig ermöglicht gängige, medikamentöse Behandlungsunterstützungen (vgl. unten *Tabelle 13*) zu umgehen. Die Wahl des technischen Ausführungsgerätes fiel auf eine Virtuelle Realitätsbrille, mit welcher wir annahmen, einen größeren Immersionseffekt und dadurch eine effektivere Wegleitung des Fokus vom Schmerzreiz erreichen zu können, als die in der Literatur beschriebenen und bereits erprobten Methoden.

<i>Therapiebegleitende Ansätze</i>	
a.	<u>Primär anxiolytische Verfahren:</u>
	<i>medikamentös:</i>
	<ul style="list-style-type: none">▪ Prämedikation▪ Sedierung▪ Analgosedierung
	<i>nicht medikamentös:</i>
	<ul style="list-style-type: none">▪ Psychologische Interventionen▪ Hypnotherapie
a.	<u>Primär schmerzreduzierende Verfahren:</u>
	<i>medikamentös:</i>
	<ul style="list-style-type: none">▪ Lokalanästhesie▪ Allgemeinanästhesie
	<i>nicht medikamentös:</i>
	<ul style="list-style-type: none">▪ Audioanalgesie▪ TENS▪ Akupunktur▪ Hypnose

Tabelle 13: therapiebegleitende Ansätze¹⁵

¹⁵ Grafik entnommen aus der Referenz Enkling, Norbert, and H. P. Jöhren. "Zahnbehandlungsangst und Zahnbehandlungsphobie." *Psychosomatische Medizin und Psychologie für Zahnmediziner*. Stuttgart: Schattauer (2010): 186-197.

Des Weiteren sollte die immersive, hypnotische Wirkung der VR-Brille - neben dem Fokus auf den Schmerzreiz - auch einen positiven Einfluss auf die Erwartungsangst nehmen, welche eine deutliche Auswirkung auf die Schmerzschwelle hat (siehe Kapitel 1.3.3).

Unsere allgemeine Interpretation der Ergebnisse führt uns zu einer „M-response“. „M“ steht in unserem Falle für die Form, welche die Messergebnisse in ihrer graphischen Umsetzung gezeigt haben:

Nach der Ankündigung der Testung stieg die Anspannung durch die Erwartungsangst. Durch die zeitverzögert eintretende Reaktion auf den elektrischen Schmerzreiz entspannten sich die Proband*innen zunächst, was zu einem Sinken der Werte führte. Dann trat die Schmerzreaktion ein und ließ die Anspannung wieder ansteigen, gefolgt von einer erneuten Entspannung ganz am Ende (siehe Tabelle 14).

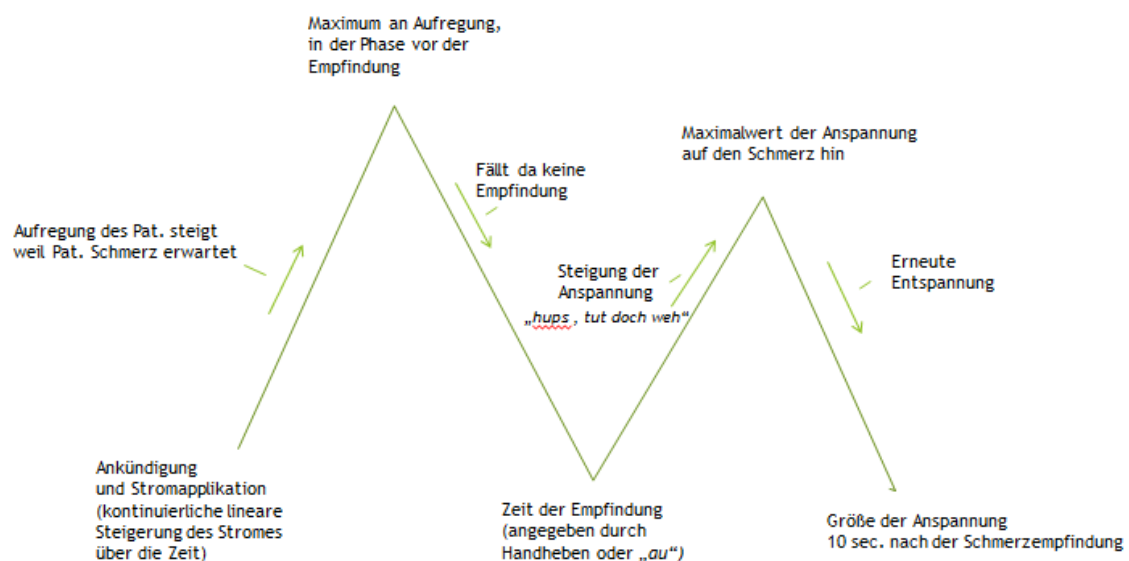


Tabelle 14: Interpretation der Messergebnisse

Die Gesamtergebnisse der Messwerte im Biofeedbackgerät unterstützen diese Theorie, wie in Tabelle 5 und 8 ersichtlich ist. Sowohl beim Hautleitwert, als auch im Elektromyogramm wird die Einflussnahme der VR-Brille ersichtlich.

Verglichen mit der Testung ohne Brille, sieht man im Durchgang mit Brillenanwendung sowohl beim EMG als auch beim SCL anfangs einen steileren

Anstieg der Werte von der Ankündigung des Testvorgangs (Marker 1) bis zum Maximum der Anspannung (Max 1). Dies ist damit zu erklären, dass die Proband*innen durch das Vertiefen in die virtuelle Welt in den Zustand der fokussierten Aufmerksamkeit übergehen. Durch die Konzentration auf die neu wahrgenommene, virtuelle Umgebung legt sich der Fokus des Patient*innen auf die Sinnesorgane, welche diese Virtualität registrieren und analysieren. In unserem Fall sind dies die audiovisuellen Sinneskanäle. Die Ankündigung der Testung (Schmerzreizsetzung) nehmen die Proband*innen als ein akustisches Signal wahr, welches aufgrund des fokussierten Aufmerksamkeitszustandes zunächst eine etwas stärkere Körperreaktion hervorruft.

Im Anschluss darauf folgt ein, in beiden Durchgängen vergleichbarer, Abfall der Anspannung, welcher durch das zunächst ausbleibende Schmerzereignis zu erklären ist. Nach dem Eintreten der Schmerzwahrnehmung (Marker 2) ist zu sehen, dass im Durchgang der Brillenanwendung der Wiederanstieg der Anspannung deutlich geringer ist. Dieser Effekt ist sowohl bei den Gesamtergebnissen, als auch bei den einzelnen Gruppen ersichtlich und für den SCL sowie das EMG gültig (siehe *Tabellen 6/7* sowie *9/10*). Schlussfolgernd bedeutet dies, dass die Ablenkung mittels Virtual Reality tatsächlich eine entspannende und angstmildernde Wirkung mit sich bringt.

Um einen Unterschied der elektrischen Pulpentestung in der Reihenfolge der beiden Durchgänge zu evaluieren, wurden, wie berichtet, zwei Gruppen gebildet. Die Abfolge der Brillenanwendung während der Testung war jeweils umgekehrt. Damit konnte sichergestellt werden, dass kein möglicher Erfahrungsunterschied des elektrischen Reizes zwischen dem ersten und dem zweiten Mal die Messergebnisse verfälscht.

Unsere Annahme war, dass der Erfahrungswert bei der zweiten Pulpenreizung ein anderer sein könnte als bei der ersten. Um nicht die veränderten Erfahrungswerte fälschlicherweise der VR-Brille zuzuschreiben, haben wir den zweiten Durchgang mit umgekehrter Reihenfolge durchgeführt. Die VR-Anwendung war laut den Ergebnissen trotzdem in beiden Durchgangsmethoden gleichermaßen effektiv.

Legt man den Untersuchungsmodus auf den Alltag in der Ordination um, findet man zwei Patient*innengruppen:

Die eine ist traumatisiert - von einer schlechten Vorerfahrung - die andere ist frei von vorherigen Negativerlebnissen.

Die Patient*innengruppe (vgl. Proband*innen der Gruppe „*Blau*“), welche mit einem Trauma kommt, wird von ihrer inneren, imaginären, negativen Vorstellung weggeleitet in eine andere, positive, virtuelle Realität, welche ihnen durch die VR-Brille vermittelt wird.

Bei der zweiten Patient*innengruppe (vgl. Proband*innen der Gruppe „*Rot*“) stellt die VR-Brille sicher, dass kein negatives Trauma entsteht und sie nicht in das Schema der ersten Gruppe geraten. Allerdings muss in diesem Fall die Brille so lange getragen werden, bis die Patientin*der Patient so weit ist, dass sie*er sich selbständig auf andere Dinge als auf die Behandlung fokussiert. So gesehen hilft die virtuelle VR-Brille beiden Gruppen.

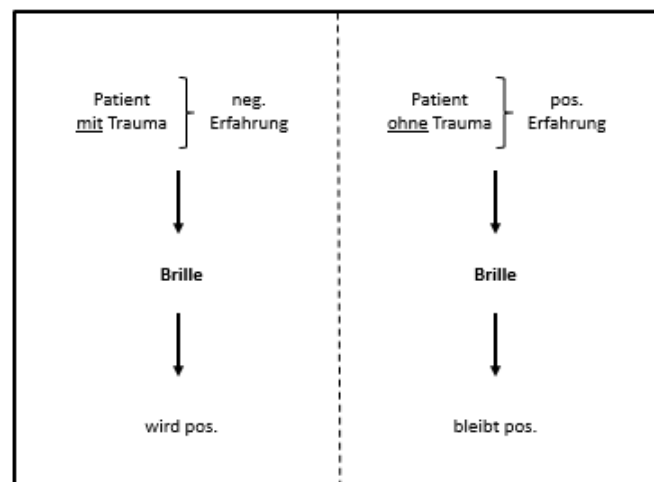


Abbildung 16: positive Doppelwirkung der Brille¹⁶

Durch die vorliegende Studie ist es gelungen, durch die Befragung und Messung sowohl subjektive, als auch objektive Parameter zu erheben und auszuwerten.

Im subjektiven Bereich sind die hohe Akzeptanz und der Wunsch nach einer Wiederverwendung der VR-Brille, ein Indiz dafür, dass eine derartige Ablenkungsmethode durchaus ein probates Mittel für gewisse Patient*innengruppen sein kann. Die objektiven Messparameter weisen zudem auf eine tatsächliche anspannungssenkende und anxiolytische Wirkung hin, was wiederum eine Indikation für eine Anwendung zur Behandlung von Angstpatient*innen darstellt.

¹⁶ Abbildung erstellt vom Autor

Als mögliche Schwäche dieser Studie sei zu erwähnen, dass vor dem Testvorgang kein Probedurchgang durchgeführt wurde, um den Ablauf und die Empfindung des elektrischen Reizes zu demonstrieren. Dieses Vorgehen wurde allerdings bewusst so gewählt, damit den Proband*innen eine weitere Pulpenreizung erspart blieb.

Interessant war die Beobachtung, dass die Ergebnisse, trotz der Anzahl der getesteten Personen und der Auswahl derselben, nicht so deutlich ausgefallen sind, wie erwartet. Durch die randomisierte Wahl der 32 Teilnehmer*innen war die Abdeckung eines repräsentativen Querschnitts zu erwarten. Dadurch war auch verständlich, dass zwei Dentalphobiker*innen in der Kohorte zu finden waren. Obwohl diese ebenfalls eine M-Konstellation zeigten, wurden sie aus der Statistik herausgenommen, weil ihre Körperreaktionen so überschießend waren, dass sie extrem aus dem Mittel der Messergebnisse herausragten. Verwunderlich war, dass die Phobiker*innen überhaupt eine M-response gezeigt haben, was darauf hinweist, dass bei ihnen ein ähnliches Verarbeiten, die Hirnphysiologie betreffend, abläuft. Es wäre durchaus eine Überlegung wert, eine weitere Studie ausschließlich mit Phobiker*innen durchzuführen.

Wenn man aber meint, dass bei Nicht-Phobiker*innen Schmerzwahrnehmungen nicht unterschiedlich sind, wird man durch die Messergebnisse der restlichen Studienkohorte überrascht. Die Variabilität der Messergebnisse war so groß, dass es nicht möglich gewesen war, die einzelnen individuellen Ergebnisse nach genauen, definierten Regeln kategorisieren zu können. Man müsste also vermutlich die Kohortengröße um ein Vielfaches steigern, um besser gewichten zu können.

Was sich in dieser Studie durch Vortestungen ebenfalls gezeigt hat, ist, dass sich die Größe der VR-Brille als Nachteil erweisen könnte. Das Gewicht der Brille führt zu einer Senkung des Kopfes nach vorne, der die Nackenmuskulatur durch Anspannung dagegenhält. Dies wäre kontraproduktiv für die Messung der Nackenanspannung mittels des Elektromyogramms gewesen. Aus diesem Grund wurde im Vorfeld anstatt des angedachten VR-Brillenmodells „Vive“ der Marke *HTC*, das deutlich kleinere und leichtere Modell „Oculus Go“ der Firma *Facebook* verwendet. Des Weiteren haben wir versucht, durch eine rückwertige

Positionslagerung der Proband*innen, den Schwerpunkt des Kopfes nach hinten zu verlagern, was folglich zu einer Entspannung der Nackenmuskeln geführt hat. Da Kopfbewegungen der Patient*innen - bei unserem Versuch, wie auch während Dentalbehandlungen - unerwünscht sind, war auch die Auswahl des richtigen Filmmaterials zu berücksichtigen. In unserem Fall fiel die Wahl auf das Grazer Lichterschauspiel im Rahmen des Klanglicht-Events aus dem Jahr 2019. Am Anfang der Videosequenz konnten wir den Proband*innen die Möglichkeit geben, sich durch ein Umherschauen in die virtuelle Umgebung zu vertiefen und einzuleben. Im Anschluss wurden sie instruiert, den Kopf nicht mehr zu bewegen, was dadurch möglich wurde, dass der Fokus des Schauspiels auf die Mitte des Operngebäudes wanderte, welches bei den Proband*innen genau in der Mitte des Blickfeldes bei entspannter Kopfhaltung lag.

Es ist für eine mögliche, zukünftige Anwendung der VR-Brille bei Zahnbehandlungen zu beachten, dass das eingespielte Videomaterial so gewählt sein muss, dass es den Patient*innen nicht zu einem „Umherschauen“ durch Kopfbewegungen verleitet. Es ist technisch möglich, durch Betätigung des Controllers, das virtuelle Umfeld in der Horizontalen zu drehen. Das heißt, ein „Umdrehen“ ohne Kopfbewegung ist möglich, was den Immersionseffekt noch verbessert. Allerdings gilt es zu beachten, dass die Vertikale nicht beeinflusst werden kann. Eine Verschiebung der vertikalen Raumebene hätte zur Folge, dass das Gehirn nicht mehr zwischen „oben“ und „unten“ unterscheiden kann. Bei Rücklagerung der Patient*innen auf der Behandlungseinheit schauen diese also folglich auch in der virtuellen Umgebung in die Höhe.

Resümee:

- Eine Brille mit eingespieltem VR-Videomaterial kann die Schmerzwahrnehmung beeinflussen. Schmerz wird als weniger eindrucksvoll empfunden und die Schmerzschwelle wird gehoben. Dies passiert nicht durch eine Veränderung der Nozizeption, sondern durch die Auffassung im Gehirn.
- Je besser sich die anwendende Person in die virtuelle Welt vertiefen kann, desto besser ist auch die Wirkung.
- Sowohl für Vorbelastete als auch für traumafreie Patient*innen ist die Anwendung der VR-Brille im Ordinationsalltag ein mögliches Tool, wofür auch die hohe Akzeptanz der Testpersonen spricht (87,5% wünschen erneute Anwendung).
- Erweiternde Studien sind empfohlen.

5. Literaturverzeichnis

- Asan, E. Steinke, M. Lesch, K. 2013. Serotonergic innervation of the amygdala: targets, receptors, and implications for stress and anxiety. *Histochemistry and cell biology* 139.6, 785-813.
- Azuma, R.T. 1997. A Survey of Augmented Reality, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6:4, 355-385
- Billinghurst, M. 2002. Augmented reality in education. *New horizons for learning* 12.5 1-5.
- Blickle, F.S. 2009. Angst-und schmerzreduzierende Verfahren in Zahnarztpraxen unter besonderer Berücksichtigung von Musik. Diss. Universität Ulm.
- Bowman, D.A. McMahan, R.P. 2007. Virtual Reality: How Much Immersion Is Enough?, in *Computer*, vol. 40, no. 7, 36-43.
- Brännström, M., Aström, A. 1972. The hydrodynamics of the dentine; its possible relationship to dentinal pain. *International dental journal*, 22(2), 219-227.
- Brockhaus Enzyklopädie Online, 2020. Title: Angst, Versionsdatum: 2020-03-12
Permalink:
<https://brockhaus.de/ecs/permalink/63A99E53F5F712CA49B9771E44FA3DB>
C.pdf Verlag: NE GmbH | Brockhaus
- Brockhaus Enzyklopädie Online. 2020. Title: Phobie, Versionsdatum: 2020-03-16
Permalink:
<https://brockhaus.de/ecs/permalink/A6251ACE6CA88406F1A7710F4351CF7>
5.pdf Verlag: NE GmbH | Brockhaus
- Carabelli, G. et al. 1844. *Systematisches Handbuch der Zahnheilkunde*. Georg Olms Verlag.
- Cohen, S., Fiske, J. & Newton, J. 2000. The impact of dental anxiety on daily living. *Br Dent J* 189, 385–390.

- Curtis, R. 2008. Immersion und Einfühlung. Zwischen Repräsentationalität und Materialität bewegter Bilder. In: montage AV. Zeitschrift für Theorie und Geschichte audiovisueller Kommunikation, Jg. 17 , Nr. 2, 89–107.
- DGZMK. 2019. Zahnbehandlungsangst beim Erwachsenen. S3-Richtlinie (Langversion). Arbeitskreis Psychologie und Psychosomatik in der DGZMK (AKPP) Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK), 1-134.
- Dörner, R. et al. 2013. Virtual und Augmented Reality. Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität. Berlin und Heidelberg: Springer.
- English, F. 1971. The substitution factor: Rackets and real feelings: Part I. Transactional Analysis Bulletin 1.4, 27-32.
- Enkling, N. Jöhren, H.P. 2010. Zahnbehandlungsangst und Zahnbehandlungsphobie. Psychosomatische Medizin und Psychologie für Zahnmediziner. Stuttgart: Schattauer, 186-197.
- Fauchard, P. 1746. Le chirurgien dentiste ou traité des dents. Vol. 1. chez PJ Mariette.
- Hartmann, M. 2009. Zytologie, Histologie und mikroskopische Anatomie: licht-und elektronenmikroskopischer Bildatlas; facultas. wuv/maudrich.
- Häuser, W. et al. 2016. Wirksamkeit, Sicherheit und Anwendungsmöglichkeiten medizinischer Hypnose. Deutsches Ärzteblatt 113, 289-296.
- Heidari, E., Andiappan, M., Banerjee, A. et al. 2017. The oral health of individuals with dental phobia: a multivariate analysis of the Adult Dental Health Survey, 2009. Br Dent J 222, 595–604.
- Hertel, Y. 2015. Die Geschichte der virtuellen Realität. VR-Nerds, URL: <http://www.vrnerds.de/die-geschichte-der-virtuellen-realitaet>.
- Hesse, W. 1999. Virtualität und Realität - Konflikt zweier Welten? Vortrag Wolfgang Hesse, FB Mathematik und Informatik, Universität Marburg

- Höfel, L. 2018. Zahnärzt*innenangst?: Wege zum entspannten Zahnarztbesuch- Mit einer von Marc A. Pletzer konzipierten und gesprochenen Trance. Klett-Cotta.
- Hörz, M. 2007-2013. Virtualität und Realität, URL: <http://philmath.org/Virtual.pdf>, Website für „Philosophische und Mathematische Probleme“, Manfred Hörz.
- Huet, A. et al. 2011. Hypnosis and dental anesthesia in children: a prospective controlled study. *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis* 59.4, 424-440.
- Humphris, G. M., Dyer, T. A., & Robinson, P. G. 2009. The modified dental anxiety scale: UK general public population norms in 2008 with further psychometrics and effects of age. *BMC oral health* 9.1, 20.
- Janke, F. 2008. Dentophobie-die Angst vor der zahnärztlichen Behandlung: eine Fragebogenuntersuchung an Patient*innen und deren Zahnärzt*innenn. Diss. Universität Ulm.
- Janke, F.B., von Wietersheim, J. 2009. Angst vor der Zahnärztin*dem Zahnarzt – eine Fragebogenuntersuchung an Patient*innen und deren Zahnärzt*innenn/Dental fear – results of a questionnaire study of patients and their dentists, © Deutscher Ärzte-Verlag | DZZ | Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift, 64 (7)
- Jöhren, P. Sartory, G. 2002. Zahnbehandlungsangst-Zahnbehandlungsphobie: Ätiologie, Diagnose, Therapie. Schlütersche.
- Klimm, W. 2003. Endodontologie: Grundlagen und Praxis. Deutscher Ärzteverlag.
- Koller, C. 1884. On the use of cocaine for producing anaesthesia on the eye." *The Lancet* 124.3197, 990-992.
- Larnier, J. & Biocca, F. 1992. An Insider's View of the Future of Virtual Reality, *Journal of Communication*, Volume 42, Issue 4, December 1992, 150–172.
- Magnus Hakeberg, M., Berggren, U., Gröndahl, H.-G. 1993. A radiographic study of dental health in adult patients with dental anxiety, *Volume21, Issue1*, 27-30.

- Malamed, S.F. Robbins, K.S.. 1993. Medical emergencies in the dental office. Mosby-Year Book.
- Märten, A. 2010. Dreidimensionale Charakterisierung der Mikrostruktur des Dentins. Diss. Technische Universität Berlin Berlin.
- Micheelis W, Bauch J. 1996. Oral health of representative samples of Germans examined in 1989 and 1992. Community Dent Oral Epidemiol 1996; 24: 62-7. Munksgaard.
- Milgram, P. Kishino, F. 1994. A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. IEICE Trans. Information Systems, vol.E77-D, no. 12, 1321-1329.
- Moola, S. Pearson, A. Hagger, C. 2011. "Effectiveness of music interventions on dental anxiety in paediatric and adult patients: a systematic review." JBI Database of Systematic Reviews and Implementation Reports 9.18, 588-630.
- Moser, E. 2013. Wertigkeit der Hypnose in der Zahnmedizin unter besonderer Berücksichtigung von Anxiolyse und Analgesie.
- Närhi, M., Yamamoto, H., Ngassapa, D., & Hirvonen, T. 1994. The neurophysiological basis and the role of inflammatory reactions in dentine hypersensitivity. Archives of Oral Biology, 39, 23-30.
- Nuvvula, S., et al. 2015. Effect of audiovisual distraction with 3D video glasses on dental anxiety of children experiencing administration of local analgesia: a randomised clinical trial. European archives of paediatric dentistry 16.1, 43-50.
- Pantas, E. H. P. Jöhren, H.P. 2000. Zahnbehandlungsangst–eine prospektive Studie zur anxiolytischen Wirkung von Musik während der Zahnbehandlung. Dtsch Zahnärztl 2013, 68.
- Platon, 4.Jhdt.v.Chr. Das Höhlengleichnis. Aus: Politeia, 7. Buch, 514a-519b; übersetzt von Friedrich Schleiermacher.
- Riemann, F. 1977. Grundformen der Angst. Eine tiefenpsychologische Studie, Basel, 7 – 20.

- Röse, W. 1996. The 16th October 1846 and its outcome. *Anaesthesiologie und Reanimation* 21.6, 144-148.
- Sartory, G. 1997. *Angststörungen: Theorien, Befunde, Diagnostik und Behandlung*. Wiss. Buchges.
- Schirmer, U. 1998. Lachgas. *Der Anaesthesist Weiterbildung für Anästhesisten* 1998. Springer, Berlin, Heidelberg, 107-117.
- Schneider, R. 2013. *Wege aus der Angst. Psychologische Ursachen und praktische Lösungen*. Epubli.
- Spitzer, R. L., Gibbon, M., Skodol, A. E., Williams, J. B. W., & First, M. B. (Eds.). 1994. *DSM-IV casebook: A learning companion to the diagnostic and statistical manual of mental disorders (4th ed.)*. American Psychiatric Association.
- Springer, Berlin, Heidelberg, 2009. *Virtuelle Realität, Informatik im Fokus*. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-540-85118-9_2, 5-43.
- Staudte, H. 2017. Keine Angst vorm Zahnarzt. *ZWR-Das Deutsche Zahnärzt*innenblatt* 126.01/02, 37-41.
- Steuer, J. Bioca, L. 1993. "Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence" in *Communication in the Age of Virtual Reality*, Hillsdale:Lawrence Erlbaum.
- Stowasser, öbvht Verlagsgesellschaft mbh & Co. KG, Auflage 1997, Nachdruck 2007, 57.
- Thomson, G. 1989. Angst, Zorn und Traurigkeit. *Zeitschrift für Transaktionsanalyse*, 2-3.
- Traub, R. Hirsch, H. 2000. *Virtuelle Realität im Marketing: Einsatzmöglichkeiten und Entwicklungstendenzen*. diplom. de.
- Treede, R. 2018. The International Association for the Study of Pain definition of pain: as valid in 2018 as in 1979, but in need of regularly updated footnotes. *Pain reports* 3.2.

Wicht, M.J. Noack, M.J. 2014. Dentinhypersensibilität – Ursachen und Therapieoptionen. Der Freie Zahnarzt.

Zielinski, A. 2010. Toxizität von Glutaraldehyd und deren Reduktion durch Quervernetzung mit bovinem Kollagen und Dentin in chemischen und zellbiologischen Verfahren. Diss.

6. Anhang

6.1. Fragebogen zur Untersuchung mittels Pulpentestung:

Fragebogen

Sehr geehrte(r) PatientIn,

Wir würden Sie bitten den folgenden Bogen in Ruhe zu beantworten!

Angaben zur Person:

TeilnehmerIn Nr:

Alter:

Geschlecht: männlich weiblich

1) Haben Sie bereits Vorerfahrungen mit Virtual Reality? ja nein
2) Hatten Sie bereits eine zahnärztliche Behandlung in der Oberkiefer Front? ja nein
Ad 2) Wenn ja - positive negative Erfahrung Ad 2) Wenn negative – welche? (beschreiben Sie es mit wenigen Worten): Ad 2) Wann waren diese negativen Vorerfahrungen?

3) Wie oft gehen Sie zur zahnärztlichen Kontrolle? ½ - jährlich 2-5 Jahre jährlich > 5 Jahre
4) Haben Sie im Allgemeinen Angst vor der Zahnärztin*dem Zahnarzt? Ja Nein Ad 4) Wenn „Ja“, warum? (beschreiben Sie es mit wenigen Worten):

Ad 4) Wenn „Schmerz“ ein Grund ist, warum sind diese spezifischen Schmerzen so schlimm für Sie? (beschreiben Sie es mit wenigen Worten):

5) Haben Sie Angst vor der zahnärztlichen Spritze? Ja Nein

Ad 5) Denken Sie, dass es Ihnen zur Bewältigung dieser Angst helfen könnte, wenn sie die Spritze durch das Anwenden einer VR-Brille, nicht sehen könnten?

Ja Nein

Ad 5) Denken Sie, dass Sie durch das Tragen und Anwenden einer VR-Brille andere Zahnarzt – bezogene Ängste (Bohren, Wurzelbehandlungen, etc.) ausblenden könnten?

Ja Nein

6) Wie ist Ihr Befinden jetzt während der Wartezeit?

Ruhig Gelassen Entspannt
Nervös Ängstlich angespannt

Sonstiges:

7) Auf einer Skala von 1 bis 10 – Wie würden Sie Ihre Aufregung beschreiben?

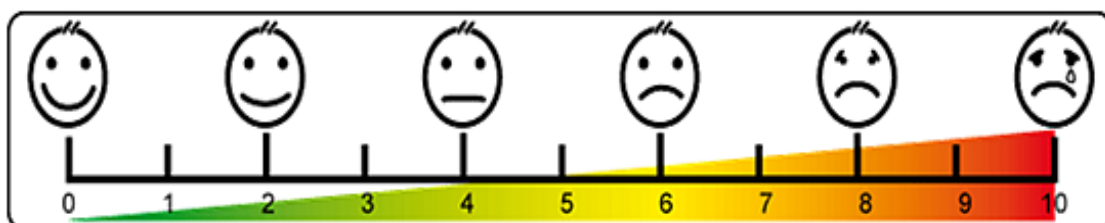
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
entspannt angespannt/aufgeregt

8) Hat Sie das Beantworten der Fragen etwas von der Behandlung abgelenkt?

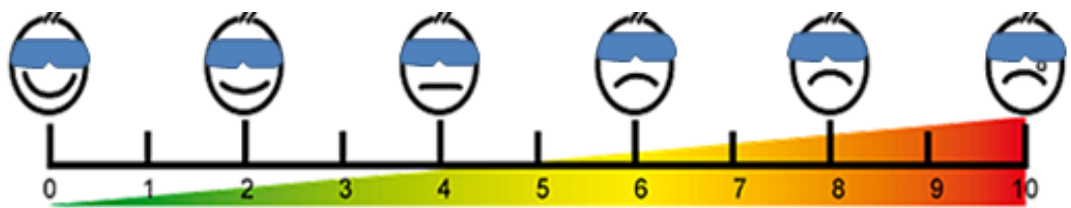
Ja Nein

Untersuchungsteil

1) Wie empfanden Sie die Untersuchung bezogen auf Schmerz? (Ohne Brille)



1B) Wie empfanden Sie die Untersuchung bezogen auf Schmerz? (Mit Brille)



2) Geling es Ihnen, sich in die virtuelle Welt zu versetzen?

Ja Nein

Ad 2) Ab wann haben Sie sich hineinversetzen können?

3) Hat Sie etwas an der Anwendung der VR-Brille oder dem eingespielten Film irritiert?

Ja Nein

Ad 3) Hätten Sie sich einen anderen Film gewünscht? Welchen?

4) Betreffend die Musik – Empfanden Sie sie unangenehm angenehm ?

Ad 4) Hat die Musik zum eingespielten Film gepasst? (Wenn nicht, welche hätten Sie genommen?):

5) Wie war Ihr Gefühl beim Betreten des Raumes?

Ad 5) Beim Betreten des Raumes, was ist Ihnen zuerst aufgefallen?

Ad 5) Wenn etwas störend in dem Raum war – was ist dies gewesen?

6) Würden Sie in weiterer Folge diese Brille zur Behandlung bei sich wünschen?

Ja Nein

Vielen Dank für das Beantworten der Fragen und Ihre Teilnahme!

6.2. Studieneinwilligungserklärung:

PatientInneninformation¹⁷ und Einwilligungserklärung zur Teilnahme an der klinischen Studie

Schmerzfreiheit durch Virtual Reality - Ist eine Brille in der Lage Angst zu beseitigen?

Sehr geehrte Teilnehmer*innenin, sehr geehrter Teilnehmer*innen!

Wir laden Sie ein an der oben genannten klinischen Studie teilzunehmen. Die Aufklärung darüber erfolgt in einem ausführlichen ärztlichen Gespräch.

Ihre Teilnahme an dieser klinischen Studie erfolgt freiwillig. Sie können jederzeit ohne Angabe von Gründen aus der Studie ausscheiden. Die Ablehnung der Teilnahme oder ein vorzeitiges Ausscheiden aus dieser Studie hat keine nachteiligen Folgen für Ihre medizinische Betreuung.

Klinische Studien sind notwendig, um verlässliche neue medizinische Forschungsergebnisse zu gewinnen. Unverzichtbare Voraussetzung für die Durchführung einer klinischen Studie ist jedoch, dass Sie Ihr Einverständnis zur Teilnahme an dieser klinischen Studie schriftlich erklären. Bitte lesen Sie den folgenden Text als Ergänzung zum Informationsgespräch mit Ihrem Arzt sorgfältig durch und zögern Sie nicht Fragen zu stellen.

Bitte unterschreiben Sie die Einwilligungserklärung nur

- wenn Sie Art und Ablauf der klinischen Studie vollständig verstanden haben,
- wenn Sie bereit sind, der Teilnahme zuzustimmen und
- wenn Sie sich über Ihre Rechte als Teilnehmer*innen an dieser klinischen Studie im Klaren sind.

¹⁷ Wegen der besseren Lesbarkeit wird im weiteren Text zum Teil auf die gleichzeitige Verwendung weiblicher und männlicher Personenbegriffe verzichtet. Gemeint und angesprochen sind – sofern zutreffend – immer beide Geschlechter.

Zu dieser klinischen Studie, sowie zur Patient*inneninformation und Einwilligungserklärung wurde von der zuständigen Ethikkommission eine befürwortende Stellungnahme abgegeben.

1. Was ist der Zweck der klinischen Studie?

Der Zweck dieser klinischen Studie ist es, herauszufinden, ob es möglich ist, eine VR-Brille (Virtual Reality Brille) zum Ablenkungszwecke heranzuziehen, sodass sie die Schmerzschwelle des Patient*innen hebt und bei möglichen Behandlungen von Angstpatient*innen helfen kann.

2. Wie läuft die klinische Studie ab?

Diese klinische Studie wird an unserer Klinik durchgeführt, und es werden insgesamt 32 Proband*innen daran teilnehmen. Ihre Teilnahme an dieser klinischen Studie wird voraussichtlich 1 Tag dauern. Für diese Forschungsarbeit wurden die Personen deshalb ausgewählt, weil sie den Teilnahme Kriterien (2 vitale Oberkiefer – Eckzähne, zwischen 18 und 65 Jahre alt) entsprechen.

Folgende Maßnahmen werden ausschließlich aus Studiengründen durchgeführt:

Während dieser klinischen Studie die folgende Untersuchung durchgeführt: Es wird mittels eines elektrischen Pulpentesters die Vitalität der beiden oberen Eckzähne getestet. Die Testung erfolgt jeweils einmal mit und einmal ohne die Hilfe der VR-Brille. Sie werden gebeten, hierzu jeweils in die Zahnklinik Graz zu kommen. Insgesamt ist 1 Besuch notwendig. Die Einhaltung des Besuchstermins, einschließlich der Anweisungen des Studienarztes ist von entscheidender Bedeutung für den Erfolg dieser klinischen Studie.

3. Worin liegt der Nutzen einer Teilnahme an der Klinischen Studie?

Es ist nicht zu erwarten, dass Sie aus Ihrer Teilnahme an dieser klinischen Studie gesundheitlichen Nutzen ziehen werden.

Sie erhalten das Wissen über die Vitalität Ihrer beiden Eckzähne und eine mögliche alternative Behandlungsmethode in Zukunft bei zahnärztlichen Eingriffen.

4. Gibt es Risiken, Beschwerden und Begleiterscheinungen?

Es können die im Rahmen dieser klinischen Studie durchgeführten Maßnahmen zu keinen Beschwerden oder Nachwirkungen führen, da es sich um eine Routinemaßnahme, mit zusätzlicher, experimenteller Anwendung eines technischen Gerätes (VR-Brille), handelt.

Die einzige Beeinträchtigung besteht aus dem durch den Provokationstest ausgelösten Schmerz bzw. der unangenehmen Empfindung.

5. Zusätzliche Einnahme von Arzneimitteln?

Sie müssen keinerlei zusätzliche Medikamente vor, während oder nach dem Versuch einnehmen.

6. Hat die Teilnahme an der klinischen Studie sonstige Auswirkungen auf die Lebensführung und welche Verpflichtungen ergeben sich daraus?

Die Teilnahme an der Studie hat keinerlei Auswirkungen nach Abschluss der Behandlung.

7. Was ist zu tun beim Auftreten von Symptomen, Begleiterscheinungen und/oder Verletzungen?

Sollten im Verlauf der klinischen Studie irgendwelche Symptome, Begleiterscheinungen oder Verletzungen auftreten, müssen Sie diese Ihrem Arzt mitteilen, bei schwerwiegenden Begleiterscheinungen umgehend, ggf. telefonisch (Telefonnummern, etc. siehe unten).

8. Versicherung

Eine Versicherung ist nicht notwendig, da kein versicherungswürdiges Risiko besteht.

9. Wann wird die klinische Studie vorzeitig beendet?

Sie können jederzeit auch ohne Angabe von Gründen, Ihre Teilnahmebereitschaft widerrufen und aus der klinischen Studie ausscheiden ohne dass Ihnen dadurch irgendwelche Nachteile für Ihre weitere medizinische Betreuung entstehen.

Ihr Studienarzt wird Sie über alle neuen Erkenntnisse, die in Bezug auf diese klinische Studie bekannt werden, und für Sie wesentlich werden könnten, umgehend informieren. Auf dieser Basis können Sie dann Ihre Entscheidung zur **weiteren** Teilnahme an dieser klinischen Studie neu überdenken.

Es ist aber auch möglich, dass Ihr Studienarzt entscheidet, Ihre Teilnahme an der klinischen Studie vorzeitig zu beenden, ohne vorher Ihr Einverständnis einzuholen. Die Gründe hierfür können sein:

- a) Sie können den Erfordernissen der Klinischen Studie nicht entsprechen;
- b) Ihr Studienarzt hat den Eindruck, dass eine weitere Teilnahme an der klinischen Studie nicht in Ihrem Interesse ist;

10. In welcher Weise werden die im Rahmen dieser klinischen Studie gesammelten Daten verwendet?

Sofern gesetzlich nicht etwas anderes vorgesehen ist, haben nur die Studienärzte und deren Mitarbeiter Zugang zu den vertraulichen Daten, in denen Sie namentlich genannt werden. Diese Personen unterliegen der Schweigepflicht.

Die Weitergabe der Daten erfolgt ausschließlich zu statistischen Zwecken und Sie werden ausnahmslos nicht namentlich genannt. Auch in etwaigen Veröffentlichungen der Daten dieser klinischen Studie werden Sie nicht namentlich genannt.

11. Entstehen für die Teilnehmer*innen Kosten? Gibt es einen Kostenersatz oder eine Vergütung?

Durch Ihre Teilnahme an dieser klinischen Studie entstehen für Sie keine zusätzlichen Kosten.

Für Ihre Teilnahme an dieser klinischen Studie erhalten Sie eine Vergütung entsprechend der folgenden Bedingungen: auf Wunsch erhalten Sie nach Terminvereinbarung eine professionelle, zahnärztliche Mundhygiene ohne Vergütung Ihrerseits.

12. Möglichkeit zur Diskussion weiterer Fragen

Für weitere Fragen im Zusammenhang mit dieser klinischen Studie stehen Ihnen Ihr Studienarzt und seine Mitarbeiter gern zur Verfügung. Auch Fragen, die Ihre Rechte als Patient und Teilnehmer*innen an dieser klinischen Studie betreffen, werden Ihnen gerne beantwortet.

Name der Kontaktperson: Lorenz Caspary

Ständig erreichbar unter: 0680 2172083

Name der Kontaktperson: Prof. Dr. Margit Pichelmayer

Ständig erreichbar unter: 82171

13. Datenschutz

Bei den Daten, die über Sie im Rahmen dieser klinischen Prüfung erhoben und verarbeitet werden, ist grundsätzlich zu unterscheiden zwischen

- 1) jenen personenbezogenen Daten, anhand derer Sie direkt identifizierbar sind (z.B. Name, Geburtsdatum, Adresse, Bildaufnahmen...),
- 2) pseudonymisierten (verschlüsselten) personenbezogenen Daten, bei denen alle Informationen, die direkte Rückschlüsse auf Ihre Identität zulassen, durch einen Code (z. B. eine Zahl) ersetzt bzw. (z.B. im Fall von Bildaufnahmen) unkenntlich gemacht werden. Dies bewirkt, dass die Daten ohne Hinzuziehung zusätzlicher Informationen und ohne unverhältnismäßig großen Aufwand nicht mehr Ihrer Person zugeordnet werden können und
- 3) anonymisierten Daten, bei denen eine Rückführung auf Ihre Person nicht mehr möglich ist.

Der Code zur Verschlüsselung wird von den verschlüsselten Datensätzen streng getrennt und nur an Ihrem Prüfzentrum aufbewahrt.

Zugang zu Ihren nicht verschlüsselten Daten haben der Prüfarzt und andere Mitarbeiter des Prüfzentrums, die an der klinischen Prüfung oder Ihrer medizinischen Versorgung mitwirken. Die Daten sind gegen unbefugten Zugriff geschützt. Zusätzlich

können autorisierte und zur Verschwiegenheit verpflichtete Beauftragte des Sponsors Herr Univ. Prof. DDr. Norbert Jakse (Klinische Abteilung für orale Chirurgie und Kieferorthopädie der Zahnklinik Graz) sowie Beauftragte von in- und/ oder ausländischen Gesundheitsbehörden und jeweils zuständige Ethikkommissionen in die nicht verschlüsselten Daten Einsicht nehmen, soweit dies für die Überprüfung der ordnungsgemäßen Durchführung der klinischen Prüfung notwendig ist.

Eine Weitergabe der Daten, insbesondere an den Sponsor und seine Vertragspartner, erfolgt nur in verschlüsselter oder anonymisierter Form. Auch für etwaige Publikationen werden nur die verschlüsselten oder anonymisierten Daten verwendet.

Sämtliche Personen, die Zugang zu Ihren verschlüsselten und nicht verschlüsselten Daten erhalten, unterliegen im Umgang mit den Daten der EU-Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) sowie den österreichischen Anpassungsvorschriften in der jeweils gültigen Fassung.

Im Rahmen dieser klinischen Prüfung ist keine Weitergabe von Daten in Länder außerhalb der EU vorgesehen.

Sie können Ihre Einwilligung zur Erhebung und Verarbeitung Ihrer Daten jederzeit widerrufen. Nach Ihrem Widerruf werden keine weiteren Daten mehr über Sie erhoben. Die bis zum Widerruf erhobenen Daten können allerdings weiter im Rahmen dieser klinischen Prüfung verwendet werden.

Aufgrund der gesetzlichen Vorgaben haben Sie außerdem, sofern dies nicht die Durchführung der klinischen Prüfung voraussichtlich unmöglich macht oder ernsthaft beeinträchtigt, das Recht auf Einsicht in die Ihre Person betreffenden Daten und die Möglichkeit der Berichtigung, falls Sie Fehler feststellen.

Sie haben auch das Recht, bei der österreichischen Datenschutzbehörde eine Beschwerde über den Umgang mit Ihren Daten einzubringen (www.dsb.gv.at).

Das gemäß DSGVO vorgesehene Recht auf Löschung Ihrer im Rahmen dieser klinischen Prüfung verarbeiteten Daten steht Ihnen aufgrund von Regelungen des 2. Materien-Datenschutz-Anpassungsgesetzes 2018 nicht zu. Im Falle einer klinischen Prüfung nach dem Arzneimittelgesetz ist auch das gemäß DSGVO vorgesehene Recht auf Datenübertragbarkeit durch vorgehende Regelungen des 2. Materien-Datenschutz-Anpassungsgesetzes 2018 außer Kraft gesetzt.

Die voraussichtliche Dauer der klinischen Prüfung ist 1 Jahr. Die Dauer der Speicherung Ihrer Daten über das Ende der klinischen Prüfung hinaus ist durch Rechtsvorschriften geregelt.

Falls Sie Fragen zum Umgang mit Ihren Daten in dieser klinischen Prüfung haben, wenden Sie sich zunächst an Ihren Prüfarzt. Dieser kann Ihr Anliegen ggf. an die Personen, die beim Sponsor oder am Prüfzentrum für den Datenschutz verantwortlich sind, weiterleiten.

Datenschutzbeauftragte/r: datenschutz@medunigraz.at, KAGes:
datenschutz@kages.at

14. Einwilligungserklärung

Name des Patient*innen in Druckbuchstaben:

Geb.Datum:

Ich erkläre mich bereit, an der klinischen Studie **Schmerzfreiheit durch Virtual Reality** teilzunehmen.

Ich bin von Frau Ass. Prof. Dr. Pichelmayer ausführlich und verständlich über mögliche Belastungen und Risiken, sowie über Wesen, Bedeutung und Tragweite der klinischen Studie, sich für mich daraus ergebenden Anforderungen aufgeklärt worden. Ich habe darüber hinaus den Text dieser Patient*innenaufklärung und Einwilligungserklärung, die insgesamt 5 Seiten umfasst gelesen. Aufgetretene Fragen wurden mir vom Studienarzt verständlich und genügend beantwortet. Ich hatte ausreichend Zeit, mich zu entscheiden. Ich habe zurzeit keine weiteren Fragen mehr.

Ich werde den ärztlichen Anordnungen, die für die Durchführung der klinischen Studie erforderlich sind, Folge leisten, behalte mir jedoch das Recht vor, meine freiwillige Mitwirkung jederzeit zu beenden, ohne dass mir daraus Nachteile für meine weitere medizinische Betreuung entstehen.

Ich bin zugleich damit einverstanden, dass meine im Rahmen dieser klinischen Studie ermittelten Daten aufgezeichnet werden. Um die Richtigkeit der Datenaufzeichnung zu überprüfen, dürfen Beauftragte des Auftraggebers und der zuständigen Behörden beim Studienarzt Einblick in meine personenbezogenen Krankheitsdaten nehmen.

Die Bestimmungen des Datenschutzgesetzes in der geltenden Fassung werden eingehalten.

Eine Kopie dieser Patient*inneninformation und Einwilligungserklärung habe ich erhalten. Das Original verbleibt beim Studienarzt.

.....
(Datum und Unterschrift des Patient*innen)

.....
(Datum, Name und Unterschrift des verantwortlichen Arztes)

*(Der Patient erhält eine unterschriebene Kopie der Patient*inneninformation und Einwilligungserklärung, das Original verbleibt im Studienordner des Studienarztes.)*

6.3. Individuelle Messergebnisse:

