

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und Endodontologie der
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Kommissarische Direktorin: Prof. Dr. med. dent. Michelle Alicia Ommerborn

**Untersuchung zur allgemeinen Schmerzperzeption und
dentalen Pulpasensibilität von
Schlafbruxisten**

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von
Adem Denis Özbek
2023

Als Inauguraldissertation gedruckt mit der Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.:

Dekan: Prof. Dr. med. Nikolaj Klöcker

Erstgutachterin: Prof. Dr. med. dent. Michelle Alicia Ommerborn

Zweitgutachter: Prof. Dr. med. Stephan Urs Sixt

In Liebe und Dankbarkeit widme ich diese Arbeit meiner Mutter († 2012) und
meinem Vater.

Teile dieser Arbeit wurden veröffentlicht:

Ommerborn MA, Özbek A, Grunwald M, Depprich RA, Walentek NP, Franken M, Schäfer R. Effects on general pain perception and dental pulp sensibility in probable sleep bruxism subjects by experimentally induced pain in a pilot study. *Sci Rep* 2023; 13:5836.

Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Studie ist es, die allgemeine Schmerzperzeption und die dentale Pulpasensibilität von Probanden mit Schlafbruxismus (SB) mit derjenigen von *non*-SB-Probanden zu vergleichen. Die Hypothese dieser Untersuchung ist, dass SB-Probanden sowohl hinsichtlich der allgemeinen Schmerzperzeption als auch bei der dentalen Pulpasensibilität empfindlicher reagieren.

Die vorliegende experimentelle Pilotstudie wurde als verblindete, kontrollierte, klinische Studie durchgeführt und inkludierte 105 Teilnehmer. Der experimentelle Ablauf umfasste zwei Messtermine. Beim ersten Termin wurden nach einer gründlichen zahnärztlichen Untersuchung durch eine geschulte Zahnärztin 53 Teilnehmende der SB-Gruppe und 52 der *non*-SB-Gruppe zugewiesen. Die Diagnose SB wurde nach den klinischen Kriterien der *American Academy of Sleep Medicine* verifiziert. Beim zweiten Termin wurde von einem weiteren geschulten Zahnarzt, der hinsichtlich der SB-Diagnose verblindet war, der *Cold Pressor Test* (CPT), ein elektrischer Pulpatest (EPT, Vitality-Scanner™ 2006, Firma SybronEndo) und ein thermischer Pulpatest (CO₂-Applikation) durchgeführt. Während der Messung wurden durch den CPT die allgemeine Schmerzschwelle, die allgemeine Schmerztoleranz sowie die allgemeine subjektive Schmerzintensität der Probanden ermittelt. Für die Bestimmung der dentalen Pulpasensibilität wurden die generelle subjektive Zahnempfindlichkeit (numerische Analogskala), die EPT-Einheiten, dentale Schmerzschwelle (in s), dentale Schmerzdauer (in s) und die dentale Schmerzintensität (visuelle Analogskala) erfasst. Mit der SB-Diagnose als unabhängige Variable ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen den SB- und *non*-SB-Probanden ($p = 0,01$). Die allgemeine Schmerztoleranz ($p = 0,02$), die generelle subjektive Zahnempfindlichkeit ($p < 0,01$) und tendenziell die subjektive dentale Schmerzintensität nach CO₂-Applikation ($p = 0,07$) zeigten anhand der *post-hoc* univariaten ANOVAs einen statistisch signifikanten Unterschied.

Hinsichtlich der meisten Standardvariablen scheinen SB-Probanden und *non*-SB-Probanden vergleichbar zu reagieren und zu empfinden. Die stärkere subjektive Bewertung ihrer generellen Zahnempfindlichkeit sowie ihrer dentalen Schmerzintensität nach CO₂-Applikation deuten auf eine somatosensorische Amplifikation bei SB-Probanden hin.

Summary

The present study aims to evaluate the general pain perception and dental pulp sensibility of individuals with sleep bruxism (SB) in comparison to a non-SB control group. The underlying hypothesis posits that individuals with SB demonstrate increased sensitivity towards both general pain perception and dental pulp sensibility.

This controlled clinical trial was conducted as a blinded pilot study involving 105 participants and comprised two separate measurement appointments. During the first appointment, a thorough dental examination was conducted by a trained dentist. Then, 53 participants were assigned to the SB-group and 52 to the non-SB control group, based on the clinical criteria published by the American Academy of Sleep Medicine. During the second appointment, another trained dentist who was blinded to the SB diagnosis, performed the cold pressor test (CPT), an electrical pulp test (EPT device, Vitality-Scanner™ 2006, SybronEndo Company), and a thermal pulp test (CO₂ application). The CPT measured the general pain threshold, general pain tolerance, and general pain intensity of the subjects. In addition, the subjects rated their general subjective tooth sensitivity on a numeric analogue scale. For the determination of dental pulp sensibility, the EPT units, the dental pain threshold (in sec.), the dental pain duration (in sec.), and the subjective dental pain intensity using visual analogue scale were measured.

When the SB diagnosis was considered an independent variable, a significant disparity was observed between the SB- and non-SB groups ($p = 0.01$). The subsequent post-hoc univariate ANOVA analysis demonstrated a significant difference in general subjective tooth sensitivity ($p < 0.01$) and general pain tolerance ($p = 0.02$) between the two groups. Furthermore, there was a statistical trend towards higher subjective tooth pain intensity in individuals diagnosed with SB ($p = 0.07$). However, no significant group differences were identified in EPT units, dental pain threshold, and dental pain duration.

In conclusion, these findings suggest that individuals with SB experience greater sensitivity to general pain perception and dental pulp sensitivity, which may reflect increased somatosensory amplification.

Abkürzungsverzeichnis

AASM	<i>American Academy of Sleep Medicine</i>
CBT	<i>cognitive behavioral therapy</i>
CMD	kranio-mandibuläre Dysfunktion (im Englischen <i>craniomandibular disorder</i>)
CMS	kranio-mandibuläres System
CPT	<i>Cold Pressor Test</i>
EEG	Elektroenzephalographie
EMG	Elektromyographie
EPT	<i>Electric Pulp Test</i>
Fa.	Firma
GSI	<i>Global Severity Index</i>
MLQ	Mundgesundheitsbezogene Lebensqualität
N	Anzahl
non	nicht
OAT	<i>occlusal appliance therapy</i>
OHIP-G 14	<i>Oral Health Impact Profile-G 14</i>
PSDI	<i>Positive Symptom Distress Index</i>
PSG	Polysomnographie
RDC/TMD	<i>Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders</i>
s	Sekunden
SB	Schlafbruxismus
SD	Standardabweichung
SCL-90-R	Symptom-Checkliste-90-R
SIH	stressinduzierte Hyperalgesie
SSRIs	selektive Serotoninwiederaufnahmehemmer (im Englischen <i>selective serotonin reuptake inhibitors</i>)
VAS	Visuelle Analogskala

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	I
Summary	II
Abkürzungsverzeichnis	III
Inhaltsverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	VII
1 Einleitung	1
1.1 Bruxismus	1
1.1.1 Definition und Klassifikation des Bruxismus	1
1.1.2 Epidemiologie des Bruxismus	3
1.1.3 Ätiologie des Bruxismus	4
1.1.4 Klinik des Bruxismus	5
1.1.5 Diagnostik des Bruxismus	7
1.1.6 Therapie des Bruxismus	8
1.2 Die Schmerzperzeption	10
1.2.1 Schmerzphysiologie und Schmerzperzeption	10
1.2.2 Die dentale Pulpasensorik	15
1.2.3 Aktuelle Studienlage zur allgemeinen Schmerzperzeption und dentalen Pulpasensibilität bei Schlafbruxisten	20
1.3 Problemstellung	21
1.4 Ziele der Arbeit und Forschungsfrage	22
2 Material und Methoden	23
2.1 Studienkollektiv	23
2.1.1 Ein- und Ausschlusskriterien	23
2.1.2 Aufklärung, Einwilligungserklärung und Aufwandsentschädigung.....	24
2.2 Aktenzeichen des Ethikvotums	25
2.3 Versuchsablauf.....	25
2.3.1 Zahnärztliche Befundung und klinische Funktionsdiagnostik (erster Untersuchungstermin)	25
2.3.2 Psychometrie (zweiter Untersuchungstermin).....	26
2.3.3 Bestimmung der allgemeinen Schmerzperzeption und dentalen Pulpasensibilität (zweiter Untersuchungstermin)	27
2.3.4 Nachbehandlung	30
2.4 Datenerfassung und Statistik	30

3	Ergebnisse	33
3.1	Soziodemographische Daten der Stichprobe.....	33
3.2	Statistische Auswertung schmerzbezogener Variablen bei SB.....	33
3.3	Psychometrische Auswertung	35
4	Diskussion	36
4.1	Diskussion der Studienergebnisse.....	37
4.1.1	Diskussion der allgemeinen Schmerzperzeption, dentalen Pulpasensibilität und Psychometrie.....	37
4.2	Diskussion des methodischen Vorgehens	40
4.2.1	Diskussion der Qualität der Stichprobe	40
4.2.2	Diskussion der psychometrischen Messungen	42
4.3	Limitationen.....	42
4.4	Schlussfolgerungen.....	43
5	Literatur- und Quellenverzeichnis	44
6	Anhang.....	57

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Darstellung des ReflexBogen® zur Therapie des SB (Lambers <i>et al.</i> 2016).....	9
Abb. 2: Differenzierung des chronischen Schmerzsyndroms gemäß den unterschiedlichen Pathomechanismen (Egle 2009).....	11
Abb. 3: Ablauf der Nozizeption (Welter 2016)	12
Abb. 4: Zentrale Schmerzverarbeitung (Egle <i>et al.</i> 2016)	14

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Darstellung der soziodemographischen Daten	33
Tabelle 2: Ergebnisse der <i>post-hoc</i> univariaten ANOVAs, die schmerzbezogene Ergebnisse zwischen SB- und <i>non</i> -SB-Probanden vergleichen (n = 100*)	34

1 Einleitung

Patienten mit Bruxismus weisen regelmäßig erhebliche Zahn- und Kieferbelastungen auf, die tagsüber wie auch nachts durch unbewusste Knirsch- und Pressbewegungen entstehen (Calderon Pdos *et al.* 2006; Nishigawa *et al.* 2001; Ommerborn *et al.* 2005; Ommerborn *et al.* 2010). Diese führen zu Zahnabreibungen im Bereich des Zahnschmelzes und haben Veränderungen des Zahnbeins (Dentin) und des Zahngewebes (Pulpa) zur Folge, die auch als Pulpa-Dentin-Komplex bezeichnet werden. Durch diese Art von Reizen bildet die Dentinschicht das sogenannte Reizdentin (Tertiärdentin) und fördert den Schutzmechanismus des Pulpagewebes, aus dem eine reduzierte Zahnsensibilität hervorgeht (Schäfer 2001). Patienten erfahren durch die Dentinüberempfindlichkeit einen kurzen, scharfen Schmerz, wenn das Dentin thermischen, osmotischen, taktilen, chemischen und evaporativen Reizen ausgesetzt wird (Canadian Advisory Board on Dentin Hypersensitivity 2003). In einer eigenen Untersuchung von Probanden mit Schlafbruxismus (SB) mit einer *non*-SB-Kontrollgruppe konnte jedoch gezeigt werden, dass SB-Probanden signifikant häufiger über sensible Zähne berichteten als *non*-SB-Probanden (Ommerborn *et al.* 2007).

1.1 Bruxismus

Beim Bruxismus (von griech. *brygmos*: das Knirschen) handelt es sich um ein weitverbreitetes Phänomen, welches bereits im Altertum bekannt war (Lambers *et al.* 2016).

1.1.1 Definition und Klassifikation des Bruxismus

Als Bruxismus bezeichnet man das unbewusst auftretende Zähneknirschen und/oder Pressen der Zähne aufeinander. Es gibt verschiedene Definitionsansätze. Einem aktuellen internationalen Konsenspapier zufolge wird der Bruxismus definiert als:

„eine wiederholte Kaumuskelaktivität, charakterisiert durch Kieferpressen und Zähneknirschen und/oder Anspannen oder Verschieben des Unterkiefers ohne Zahnkontakt. Bruxismus kommt in zwei zu unterscheidenden zirkadianen

Erscheinungsformen vor: er kann während des Schlafs auftreten (Schlafbruxismus = SB) und während des Wachseins (Wachbruxismus = WB)“ (Lobbezoo et al. 2013).

Diese Definition findet sich auch in der aktuellen deutschen S3-Leitlinie wieder. Im Jahre 2018 erfolgte eine Aktualisierung, um die signifikanten Unterschiede zwischen WB und SB hervorzuheben. Demnach stellt der SB eine Kaumuskelaktivität während des Schlafes und der WB analog eine Aktivität im Wachzustand dar (Lobbezoo et al. 2018). Sowohl der SB als auch der WB und ihre gesundheitlichen Auswirkungen rücken zunehmend in den Fokus der zahnmedizinischen Forschung. Doch auch in der neurologischen Forschung und in der Schlafmedizin ist der Bruxismus bekannt. SB wie auch WB können mit verschiedenen gesundheitlichen Problemen assoziiert sein. So gibt es Berichte über einen Zusammenhang zwischen Bruxismus mit Schmerzen im Mund und im Gesicht, Abnutzungserscheinungen an den Zähnen, empfindlichen Zahnhälsen, kranio-mandibulärer Dysfunktion, Verspannungen in der Kiefer- sowie Nacken-, Hals- und Schultermuskulatur oder Schlafstörungen (Lobbezoo et al. 2013). Bislang gibt es in der medizinischen Forschung keinen Konsens, was die Definition sowie die Klassifizierung des Bruxismus betrifft, um eine evidenzbasierte Behandlung der Patienten zu gewährleisten (Lobbezoo et al. 2013). In jüngeren Klassifikationen des Bruxismus wird zum einen zwischen SB und WB und zum anderen zwischen primärem und sekundärem Bruxismus differenziert (Firmani et al. 2015).

Schlafbruxismus und Wachbruxismus

Entsprechend dem aktuellen Konsens wird der Bruxismus anhand der zirkadianen Ausprägung in einen WB und einen SB differenziert (Lobbezoo et al. 2018). „SB ist eine Aktivität der Kaumuskulatur während des Schlafs. SB wird charakterisiert als rhythmisch (phasisch) oder nicht-rhythmisch (tonisch) und ist keine Bewegungsstörung oder eine Schlafstörung bei ansonsten gesunden Individuen“ (Lobbezoo et al. 2018). WB wird hingegen folgendermaßen definiert: „WB ist eine Aktivität der Kaumuskulatur während des Wachzustands. WB wird charakterisiert als wiederholter oder dauerhafter Zahnkontakt und/oder als Anspannen oder Verschieben des Unterkiefers ohne Zahnkontakt. Bei ansonsten gesunden Individuen handelt es sich dabei nicht um eine Bewegungsstörung“ (Lobbezoo et al. 2018). Gegenüber dem WB zeichnet sich der SB durch nichtrhythmische oder

rhythmische Kaumuskelaktivitäten beim schlafenden Patienten aus (Lobbezoo *et al.* 2018). Sofern der Patient ansonsten gesund ist, wird weder der SB noch der WB den Bewegungsstörungen zugeschrieben. Vielmehr handelt es sich dabei um eine Störung des Verhaltens (Lobbezoo *et al.* 2018). Derzeit gilt die Ätiogenese des primären idiopathischen Bruxismus als noch nicht im Detail erforscht (Klasser *et al.* 2015; Peroz *et al.* 2019).

Primärer (idiopathischer) versus sekundärer Bruxismus

Eine weitere Einteilung gliedert den Bruxismus in einen primären und einen sekundären Bruxismus (Peroz *et al.* 2019). Der primäre Bruxismus hat keine ersichtlichen Ursachen, weshalb er als idiopathisch bezeichnet wird. Der sekundäre Bruxismus tritt vor allem in Kombination mit anderen Erkrankungen (z. B. neurodegenerative Erkrankungen wie Morbus Alzheimer oder Morbus Parkinson), aufgrund einer Medikamenteneinnahme mit selektiven Serotoninwiederaufnahmehemmern (SSRIs) (Gerber et Lynd, 1998) oder bei Einnahme sonstiger Substanzen wie beispielsweise Kokain auf (Winocur *et al.* 2003; Shetty *et al.* 2010; Murali *et al.* 2015).

1.1.2 Epidemiologie des Bruxismus

Die Prävalenz eines vorliegenden Bruxismus variiert in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Erhebungsmethoden. So konnte in einer Studie gezeigt werden, dass die Prävalenz von Bruxismus bei Männern erhöht ist (Manfredini *et al.* 2012). Eine andere Studie belegte hingegen, dass dies bei Frauen der Fall ist (Blanco *et al.* 2014). Die Prävalenz des Bruxismus liegt je nach Studie zwischen 9 % und 15 %, wenn es sich um einen SB handelt und zwischen 22 % und 31 %, wenn ein WB vorliegt (Khoury *et al.* 2016). Eine Geschlechtsabhängigkeit wurde für den SB nicht beschrieben (Khoury *et al.* 2016). Für den WB gibt es Hinweise auf ein gehäuftes Auftreten bei Frauen (Lavigne *et al.* 2008). Des Weiteren besteht eine familiäre Häufung, wobei das Risiko eines Bruxismus um das 2,5-Fache erhöht ist, wenn Angehörige ersten Grades von Bruxismus betroffen sind (Khoury *et al.* 2016). Unter Kindern zwischen dem dritten und zwölften Lebensjahr konnten Clementino *et al.* (2017) eine Prävalenz des SB von 32,4 % nachweisen.

1.1.3 Ätiologie des Bruxismus

Beim Bruxismus handelt es sich um eine multifaktorielle Genese, die genauen Ursachen sind allerdings bis heute nicht bekannt (Adeff *et al.* 2010; Klasser *et al.* 2015; Peroz *et al.* 2019). Aufgrund der unterschiedlichen Ätiologien von SB und WB werden diese im Folgenden separat erläutert (Lavigne *et al.* 2008).

Ätiologie des Wachbruxismus

Der WB scheint mit Stress und psychologischen Faktoren in Assoziation zu stehen (Endo *et al.* 2011). Studien weisen auf einen Zusammenhang zwischen WB und emotionalem Stress sowohl bei Kindern und Jugendlichen als auch Erwachsenen hin (Alfano *et al.* 2018; Emodi *et al.* 2016). So gibt es Hinweise darauf, dass bei Erwachsenen beruflicher Stress (tatsächlicher oder empfundener), sowie ein negativer Umgang mit Stress oder Ängsten zur Entwicklung von WB führen können. Beim WB könnte es sich daher um einen Mechanismus zum Stressabbau handeln (Alfano *et al.* 2018; Emodi *et al.* 2016).

Ätiologie des Schlafbruxismus

Zentralnervöse Störungen im Transmittersystem werden als mögliche Ursachen für SB diskutiert (Dharmadhikari *et al.* 2015). Darüber hinaus kann SB durch verschiedene Medikamente (z. B. Serotoninwiederaufnahmehemmer [SSRIs], Antipsychotika) und Psychostimulanzien (z. B. Amphetamine, Koffein, Drogen [Kokain, Ecstasy], Nikotin, Alkohol) initiiert bzw. verstärkt werden (Uca *et al.* 2015). Damit verbunden ist, dass sowohl serotonerge wie auch adrenerge und dopaminerge Stoffe Bruxismus initiieren können (Winocur *et al.* 2003). Eine Untersuchung an 807 Bruxismuspatienten zeigte, dass die Einnahme von Antidepressiva zu einer signifikant höheren SB-Rate führte. So lag diese bei Patienten unter Antidepressiva bei 24,3 %, während sie bei Probanden ohne antidepressive Medikation bei 15,3 % lag (Uca *et al.* 2015). Ferner sind als Auslöser für SB Schlafstörungen wie Insomnien, Schnarchen, Schlafapnoe und bei Kindern eine adenotonsilläre Hyperplasie beschrieben (Kuhn *et al.* 2018; Castroflorio *et al.* 2017; Eftekharian *et al.* 2008).

1.1.4 Klinik des Bruxismus

Bruxismus ist oft ein unbewusster Prozess. Den Patienten ist häufig nicht bekannt, dass sie nachts mit den Zähnen knirschen. Auch der WB geschieht häufig unbewusst und die Patienten werden vielfach von Dritten darauf hingewiesen, dass sie die Zähne fest zusammenbeißen. Oft zeigen erst die zahnärztlichen Untersuchungen Abnutzungserscheinungen an den Zähnen, die auf Bruxismus hindeuten können. Auch können bereits Teile des Zahnschmelzes herausgebrochen sein. Der Zahnschmelz kann außerdem Risse aufweisen (Peroz *et al.* 2019). Betroffene Patienten können auch unter Spannungen und Schmerzen der Kiefermuskulatur leiden, außerdem können unerklärliche Schmerzen im Gesicht sowie Verspannungen und Schmerzen im Kopf und im Nacken, welche sich vor allem morgens nach dem Aufstehen bemerkbar machen, auftreten (Peroz *et al.* 2019). Der WB macht sich unter Umständen auch im Alltag bemerkbar. So kann es vorkommen, dass Patienten während ihrer Nahrungsaufnahme beim Kauen ein knirschendes und knackendes Geräusch in ihrem Kiefergelenk wahrnehmen oder der Mund sich durch die Verspannungen im Kiefer nur begrenzt öffnen lässt (Peroz *et al.* 2019).

Die Kiefermuskulatur steht in vielfältigen und zahlreichen Wechselbeziehungen mit anderen Bereichen des Körpers. Aus diesem Grund können die Symptome des Bruxismus vielseitig, unterschiedlich und vor allem unspezifisch sein. So zeigt sich Bruxismus nicht nur am Gebiss und an der Kiefer-, Kopf- und Nackenmuskulatur. Vielmehr können Patienten auch unter Tinnitus, Rückenschmerzen, kranio-mandibulärer Dysfunktion (im englischsprachigen Raum *craniomandibular disorder*, CMD) oder Schmerzen im Gesicht leiden. Khoury *et al.* (2016) wiesen eine Schmerzhäufigkeit von rund 33 % bei Bruxismuspatienten nach. Die klinischen Symptome des Bruxismus sind unspezifisch, weswegen eine differentialdiagnostische Abklärung ratsam erscheint. In der klinischen Untersuchung können sich bei Bruxismuspatienten folgende Befunde zeigen (Peroz *et al.* 2019):

- ein abnormer Zahnabrieb (Attritionen)
- Abfraktionen (Abplatzungen von Zahnhartsubstanz im Zahnhalsbereich)
- hypertrophe Kaumuskeln

- ein häufiges technisches Versagen von Rekonstruktionen/ Füllungen
- Zungen-/ Wangenimpressionen
- eine weißliche Verhornungsleiste im Planum buccale
- eine eingeschränkte Kieferöffnung
- Gingivarezessionen

Die Bezeichnung CMD stellt einen Sammelbegriff für mehrere unterschiedliche Symptome dar, welche von den Kaumuskeln, den Kiefergelenken und den damit assoziierten Strukturen ausgehen (de Leeuw 2008). Auch die Ätiopathogenese der CMD ist multifaktoriell und noch nicht im Detail geklärt. Mögliche Ursachen sind emotionaler Stress, Traumata in der Vergangenheit, aber auch Depressionen oder Angsterkrankungen (Peroz *et al.* 2019). Ob Bruxismus ein möglicher Auslöser für CMD ist, gilt als nicht eindeutig geklärt (Peroz *et al.* 2019). Die Studienlage hierzu ist kontrovers und uneinheitlich (Michelotti *et al.* 2010). Das Hauptproblem ist hierbei, dass Studien zum Bruxismus uneinheitliche Diagnostikmethoden anwenden. Auch zeigte sich, dass in den bisherigen Studien, die die Zusammenhänge zwischen Bruxismus und CMD untersuchten, nicht zwischen SB und WB unterschieden wurde. Ferner waren die Diagnostikmethoden für CMD in der Literatur verschieden und uneinheitlich (Jiménez-Silva *et al.* 2016; Manfredini *et al.* 2010). Ein weiterer Faktor ist, dass Bruxismus zeitlich variiert. Somit sind Fall-Kontroll-Studien nicht verlässlich. Ebenso ist noch nicht klar, welche Interaktionen es zwischen Bruxismus und schmerzhafter CMD gibt (Peroz *et al.* 2019). Studien, welche Bruxismus auf der Grundlage der Anamnese oder klinischer Untersuchung diagnostizieren, weisen darauf hin, dass ein Zusammenhang zwischen Bruxismus im Allgemeinen und CMD, verifiziert durch Schmerzen der Kaumuskulatur, besteht (Jiménez-Silva *et al.* 2016; Manfredini *et al.* 2010; Peroz *et al.* 2019).

Bedingt durch die Kräfte, welche beim Bruxismus auftreten, kann es sowohl zu lokalen Schäden (z. B. Zahnattrition) wie auch zu Störungen des kranio-mandibulären Systems kommen (Michelotti *et al.* 2010). Hier besteht eine enge Verbindung zwischen Kau-, Nacken- und Rückenmuskulatur, weswegen Bruxismus auch von Nacken- und Rückenschmerzen begleitet sein kann (Hellmann *et al.* 2018). Der Bruxismus wird als potentieller Risikofaktor für die Entwicklung einer Dysfunktion der Halswirbelsäule und der CMD angesehen (Hellmann *et al.*

2018). Pathogenetisch liegen dem „Störungen innerhalb des kranio-mandibulären Systems durch neuromuskuläre Kompensationsmechanismen entlang von kinetischen Ketten“ (Hellmann *et al.* 2018) zugrunde, welche sich negativ auf die Körperhaltung und -statik auswirken. Daneben ist der Bruxismus mit Schlafstörungen assoziiert. In einer Studie an 6357 Probanden wiesen Khoury *et al.* (2016) bei 47,6 % der Betroffenen eine Schlafstörung nach.

1.1.5 Diagnostik des Bruxismus

Um Folgeschäden zu vermeiden, ist eine frühzeitige Diagnostik anzustreben (Grobet *et al.* 2017; Peroz *et al.* 2019). Es gibt eine Vielzahl von diagnostischen Verfahren und Vorgehensweisen, um Bruxismus zu erfassen. Diese wurden hinsichtlich ihrer diagnostischen Güte zusammengefasst. So wird auf möglichen SB oder WB aufgrund der Selbsteinschätzung eines Menschen geschlossen. Der Rückschluss auf wahrscheinlichen SB oder WB basiert auf dem Selbstbericht und zusätzlich der Überprüfung im Rahmen der klinischen Untersuchung. Auf definitiven SB wird anhand eines Selbstberichts, einer klinischen Untersuchung und einer polysomnographischen Messung, vorzugsweise inklusive Audio-Video-Aufzeichnung, geschlossen (Lobbezoo *et al.* 2013). Für den WB gibt es bis heute keine klaren und eindeutigen Diagnostikkriterien (Peroz *et al.* 2019). Das Konsensuspapier versucht entsprechend der diagnostischen Qualität, folgende Einteilung vorzunehmen:

- Möglicher SB/möglicher WB
- Wahrscheinlicher SB oder WB
- Definitiver SB oder WB (Lobbezoo *et al.* 2013; Lobbezoo *et al.* 2018).

Die Polysomnographie (PSG) gilt derzeit als Goldstandard zur Diagnostik des SB. Hierbei werden unterschiedliche physiologische Parameter wie Elektroenzephalographie (EEG), Elektrokardiogramm (EKG) und Elektromyographie (EMG) im Schlaflabor erfasst. Darüber hinaus werden die Bewegungen des Unterkiefers sowie mögliche Knirschgeräusche untersucht, während der Proband schläft (Lobbezoo *et al.* 2013). Der Hauptnachteil der PSG ist, dass sie einen erhöhten zeitlichen wie auch finanziellen Aufwand erfordert (John *et al.* 2002; Seraidarian *et al.* 2009; Winocur *et al.* 2011). Daher kann

dieses Verfahren in der Regel nur bei kleinen Probandenanzahlen durchgeführt werden.

Es gilt zu bestimmen, ab welchem Punkt der Bruxismus (Schlaf- und Wachbruxismus) zu einem Risikofaktor für die Gesundheit werden kann und wie dies untersucht werden soll (Lobbezoo *et al.* 2018). Lobbezoo *et al.* (2018) unterteilen die Untersuchungs- und Diagnostikmethoden in instrumentelle und nicht instrumentelle. Die nicht instrumentellen Methoden umfassen eigene subjektive Berichte aus Probandenfragebögen und Probandenanamnese sowie klinische Indizien. Unter die instrumentellen Methoden fallen beispielsweise EMG und PSG (Lobbezoo *et al.* 2013; Lobbezoo *et al.* 2018).

1.1.6 Therapie des Bruxismus

In der Therapie des Bruxismus kann zwischen reversiblen und irreversiblen Vorgehen unterschieden werden, wobei eine Vielzahl von Behandlungsansätzen beschrieben wird.

Konventionelle (reversible) Behandlungsmaßnahmen

Die Mehrzahl der Patienten mit Bruxismus erhält eine konservative Behandlung (Castrillon *et al.* 2016). Hierzu zählen neben der Patienteninformation und -aufklärung die Anfertigung einer Okklusionsschiene, die Durchführung eines Biofeedbacks, physiotherapeutische sowie psychotherapeutische und/oder medikamentöse Behandlungen (z. B. Clonazepam, Botulinumtoxin) (Adleff *et al.* 2010). Bisher kann mit den genannten konventionellen Maßnahmen jedoch kein vollständiges Abklingen des SB erzielt werden (Lambers *et al.* 2016; Lobbezoo *et al.* 2008). Wie die Übersichtsarbeit von Lobbezoo *et al.* (2008) zeigt, sind zahlreiche Studien zur Behandlung und zum Umgang mit Bruxismus publiziert worden. Es gibt eine Vielzahl unterschiedlicher Methoden, allerdings ist keine Intervention in der Lage, die SB-Aktivität dauerhaft auf das Niveau eines *non*-SB-Probanden zu senken. Zudem konnten Lobbezoo *et al.* (2008) zeigen, dass das Forschungsinteresse auf diesem Gebiet während der vergangenen Jahrzehnte stark abgenommen hat. Hier sei exemplarisch eine jüngere Studie von Lambers *et al.* (2016) erwähnt. Der sogenannte ReflexBogen® wurde von Patienten (n = 10) an durchschnittlich 4,5 Wochentagen für jeweils 5 Stunden (entweder nur tagsüber, nur

nachts oder Tag und Nacht) getragen. Unter der Behandlung mit dem ReflexBogen® kam es zu einer Reduktion der Schmerzempfindung im Kiefer- und Kopfbereich sowie zu einer Abnahme der schmerzhaften Triggerpunkte. Allerdings bedarf es weiterer Untersuchungen hierzu, da die Stichprobe in der Studie sehr klein war (Lambers *et al.* 2016). Es existieren zahlreiche pharmakologische- und konservative Ansätze zur Behandlung des Bruxismus, allerdings sind die Ursachen und Risikofaktoren der Erkrankung immer noch nicht bekannt und individuell verschieden, so dass sich eine gezielte Therapie schwierig gestaltet (Lobbezoo *et al.* 2008). Abbildung 1 veranschaulicht exemplarisch den ReflexBogen® und seine Ansatzpunkte an der Kiefermuskulatur.



Abb. 1: Darstellung des ReflexBogen® zur Therapie des SB (Lambers *et al.* 2016)

Irreversible Behandlungsmaßnahmen

Etwa 10 Prozent der Bruxismuspatienten in Deutschland werden irreversiblen Behandlungsverfahren unterzogen. Diese beinhalten beispielsweise die kieferorthopädische Behandlung, die prothetische Versorgung oder das okklusale Einschleifen (Ommerborn *et al.* 2011). Aufgrund des fehlenden Nachweises, dass es sich beim Bruxismus vor allem um eine Okklusionsstörung handelt, werden für die Therapie des Bruxismus das okklusale Einschleifen sowie okklusale Rekonstruktionsbehandlungen derzeit nicht empfohlen (Lobbezoo *et Naeije* 2001).

Die Anwendung irreversibler Maßnahmen sollte sich auf die Behandlung der Schäden, die gegebenenfalls durch langjährigen SB entstanden sind, beschränken.

1.2 Die Schmerzperzeption

Zum besseren Verständnis der Schmerzperzeption bei SB soll in diesem Kapitel neben der Schmerzphysiologie auch die dentale Schmerzperzeption dargelegt werden.

1.2.1 Schmerzphysiologie und Schmerzperzeption

Schmerz beschreibt gemäß der Definition der Internationalen Gesellschaft zum Studium des Schmerzes (ISAP) „ein unangenehmes Sinnes- und Gefühlserlebnis, das mit tatsächlicher oder potenzieller Gewebeschädigung verknüpft ist oder mit Begriffen einer solchen Schädigung beschrieben wird“ (Philipsenburg *et al.* 2017).

Klassifikation des Schmerzes

Der Schmerz wird in akuten und chronischen Schmerz differenziert. Ein akuter Schmerz ist auf eine Gewebeschädigung zurückzuführen, wobei neben der kausalen auch eine zeitliche Verbindung zwischen dem Schmerz und der Gewebeschädigung besteht (Philipsenburg *et al.* 2017). Besteht ein Schmerz länger als 3 bis 6 Monate, geht der akute in einen chronischen Schmerz über (Philipsenburg *et al.* 2017). Gegenüber dem akuten Schmerz fehlt beim chronischen Schmerz die kausale und zeitliche Verbindung zur schmerzauslösenden Ursache (Philipsenburg *et al.* 2017). Dabei liegen dem chronischen Schmerz unterschiedliche Pathomechanismen zugrunde. Zu diesen gehören Nerven- und Gewebeschädigung, das funktionelle Schmerzsyndrom (z. B. muskuläre Verspannung, kranio-mandibuläre Dysfunktion) und Schmerzen bei bestehenden psychischen Störungen (Egle 2009). Die sich daraus ergebende Differenzierung des chronischen Schmerzsymptoms zeigt die folgende Grafik.

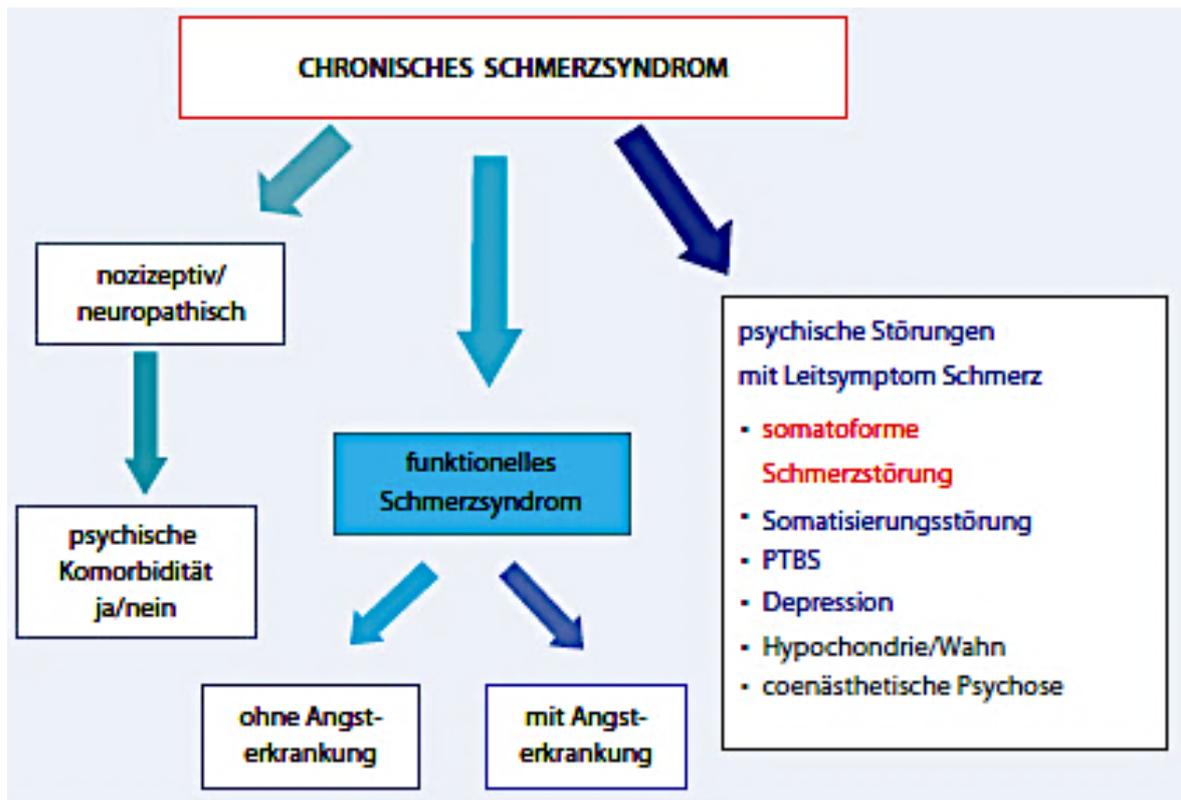


Abb. 2: Differenzierung des chronischen Schmerzsyndroms gemäß den unterschiedlichen Pathomechanismen (Egle 2009)

Eine weitere Klassifikation fügt dem nozizeptiven und neuropathischen chronischen Schmerz sowie dem funktionellen Schmerzsyndrom die stressinduzierte Hyperalgesie (SIH) hinzu (Egle *et al.* 2016). Allen gemeinsam ist eine periphere Sensibilisierung durch eine Ausbildung unreifer Neurone, die zu einer Erhöhung der Aktivität der Nozizeptoren führt (Philipsenburg *et al.* 2017). Durch die erhöhte Aktivität und unter Einwirkung der Neurotransmitter Glutamat und der Substanz P kommt es vor allem im sensomotorischen Kortex und im Hinterhorn des Rückenmarks zu Strukturänderungen an den Neuronen, welche als zentrale Sensibilisierung bezeichnet werden (Philipsenburg *et al.* 2017). Insgesamt sind die genauen Pathomechanismen jedoch noch nicht vollständig geklärt (Siebner *et al.* 2007). Die Prävalenz chronischer Schmerzen variiert je nach Studie. Europaweit liegt sie bei rund 20 % (Philipsenburg *et al.* 2017).

Schmerzweiterleitung und -verarbeitung

Innerhalb der Schmerzweiterleitung und -verarbeitung wird zwischen der Reizkodierung, der Reizweiterleitung und der Reizreaktion differenziert, wie die

folgende Abbildung zeigt. Dabei kommt es durch unterschiedliche Reize (z. B. thermische, mechanische, chemische, sensorische Reize) zu einer peripheren Gewebeschädigung. Diese Reize führen zu einer Aktivierung von Schmerzrezeptoren (Nozizeptoren), indem in Abhängigkeit vom einwirkenden Reiz ein spezifischer Ionenkanal aktiviert wird (Kurth 2011). Mit der Aktivierung der Ionenkanäle geht die Umwandlung (Kodierung) des Schmerzreizes in ein elektrisches Signal einher. Anschließend wird das elektrische Signal über entsprechende Nervenfasern zum Rückenmark (dorsales Hinterhirn) und von dort zum Thalamus und zum somatosensorischen Kortex weitergeleitet (Kurth 2011). Hier findet die eigentliche Schmerzverarbeitung statt.

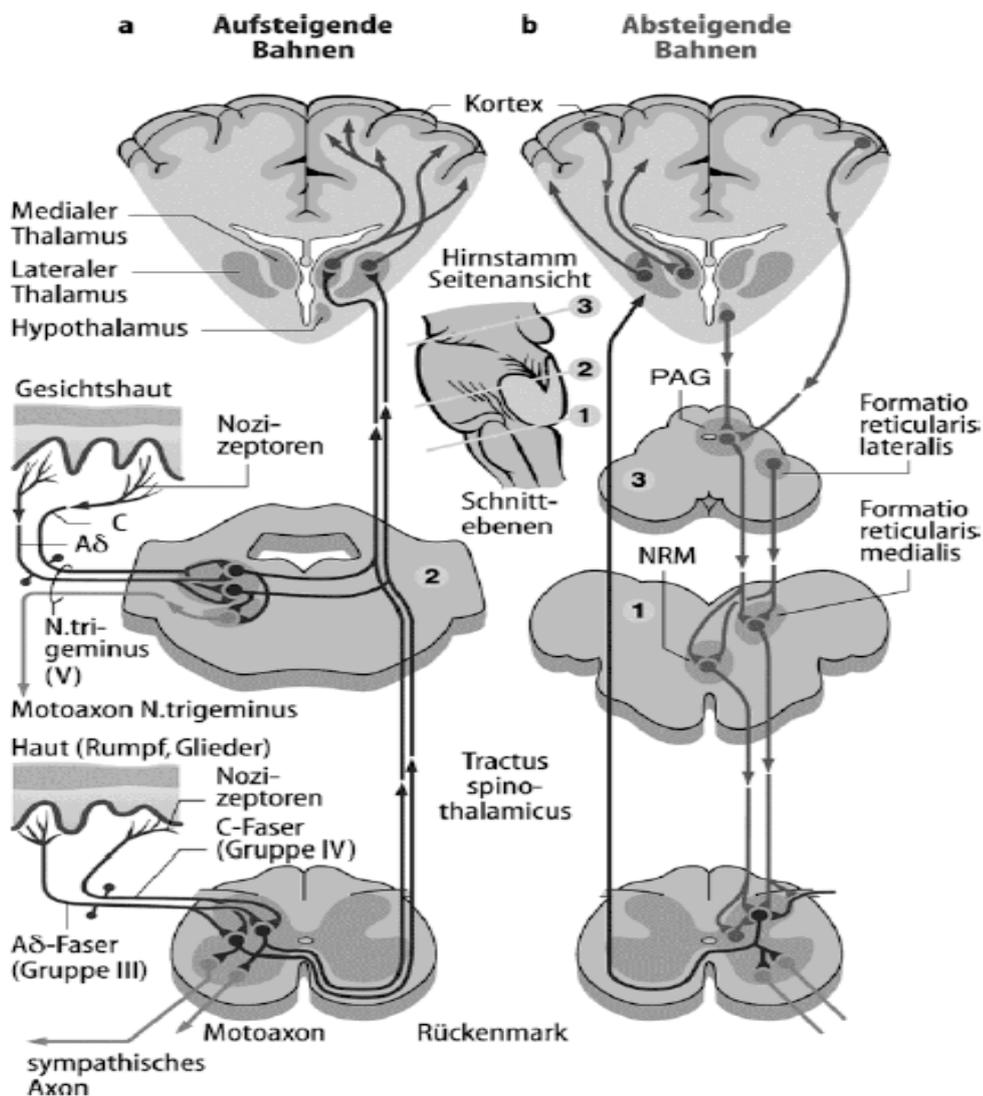


Abb. 3: Ablauf der Nozizeption (Welter 2016)

Legende: PAG = periaquäduktales Grau

Die für die Schmerzweiterleitung verantwortlichen Nervenfasern lassen sich in A δ -Fasern, A β -Fasern und C-Fasern untergliedern, welche sich in ihrer Myelinisierung unterscheiden. Bei den A δ -Fasern handelt es sich um schnell leitende und schwach bis mittelgradig myelinisierte Schmerzfasern. Ihre Leitungsgeschwindigkeit liegt bei 5-30 m/s (Welter 2016). Sie dienen der Weiterleitung eines gut lokalisierten, akut einsetzenden Schmerzes. Im Gegensatz dazu leiten die C-Fasern einen dumpfen, erst verzögert einsetzenden Schmerz weiter. Die C-Fasern weisen keine Myelinisierung auf und sind durch eine langsame Weiterleitungsgeschwindigkeit von 0,5-2 m/s charakterisiert (Welter 2016). Aufgabe der A β -Fasern ist die Weiterleitung eines mechanischen Schmerzreizes (Kurth 2011).

Schmerzwahrnehmung

Während der Begriff der Schmerzverarbeitung sich auf die neuronale Weiterleitung eines schmerzauslösenden Reizes beschränkt, beschreibt die Schmerzwahrnehmung die Bewertung des Schmerzreizes. Sie wird durch zahlreiche Faktoren beeinflusst (Egle *et al.* 2016; Jochims *et al.* 2006). Insbesondere negative Umweltbedingungen (z. B. Vernachlässigung, Deprivation, Überfürsorge, Bindungsstörungen) und Traumata in der frühen Entwicklung des Menschen bedingen eine Erhöhung der Schmerzwahrnehmung (Egle 2009; Tesarz *et al.* 2018). Damit verbunden ist

- ein häufiger emotionsgeleitetes Copingverhalten,
- eine höhere Prävalenz von Angststörungen und Depressionen sowie die Tendenz zum Katastrophisieren,
- eine schnellere Überforderung durch eine starke bedrohliche Komponente in der Schmerzwahrnehmung,
- eine stärkere schmerzbedingte Beeinträchtigung,
- eine höhere Schmerzintensität und
- eine höhere Prävalenz von Komorbiditäten (Egle 2009).

Durch die oben genannten Faktoren entsteht eine Modulation der Schmerzwahrnehmung, so dass diese individuell unterschiedlich ist (Egle 2009). Die Modulation erfolgt hierbei im Hirnstamm, im Mittelhirn (periaquäduktales Grau) und im Kortex (somatosensorischer Kortex, anteriorer cingulärer Kortex,

dorsolateraler präfrontaler Kortex, posteriorer parietaler Kortex) (Jochims *et al.* 2006). Das periaquäduktale Grau erhält seine Sonderstellung in der Schmerzwahrnehmung dadurch, dass dort die afferenten Fasern der Amygdala, der Insula, des Gyrus cinguli und des Hippocampus zusammenlaufen, wobei diese Zentren als limbisches System vor allem für die Bewertung einer Bedrohung verantwortlich sind (Egle 2009; Jochims *et al.* 2006). Aus diesem Grund wirken sich Depressionen oder Ängste auch verstärkend auf die Schmerzwahrnehmung aus (Egle 2009). Basierend auf diesen Strukturen wird zwischen einem medialen Schmerzsystem und einem lateralen Schmerzsystem differenziert, wie die untenstehende Grafik veranschaulicht. Hierbei obliegt dem lateralen Schmerzsystem die sogenannte sensorisch-diskriminative Schmerzwahrnehmung, während das mediale Schmerzsystem der kognitiv-evaluativen, der affektiven und der biografischen Bewertung des Schmerzes im Sinne eines affektiv-motivationalen Schmerzsystems dient (Egle 2009; Jochims *et al.* 2006). Die biografische Bewertung führt dazu, dass aktuelle Schmerzreize alte Schmerzerfahrungen und die dabei erlebten Reaktionen (z. B. Ohnmacht, Hilflosigkeit) reaktivieren können.

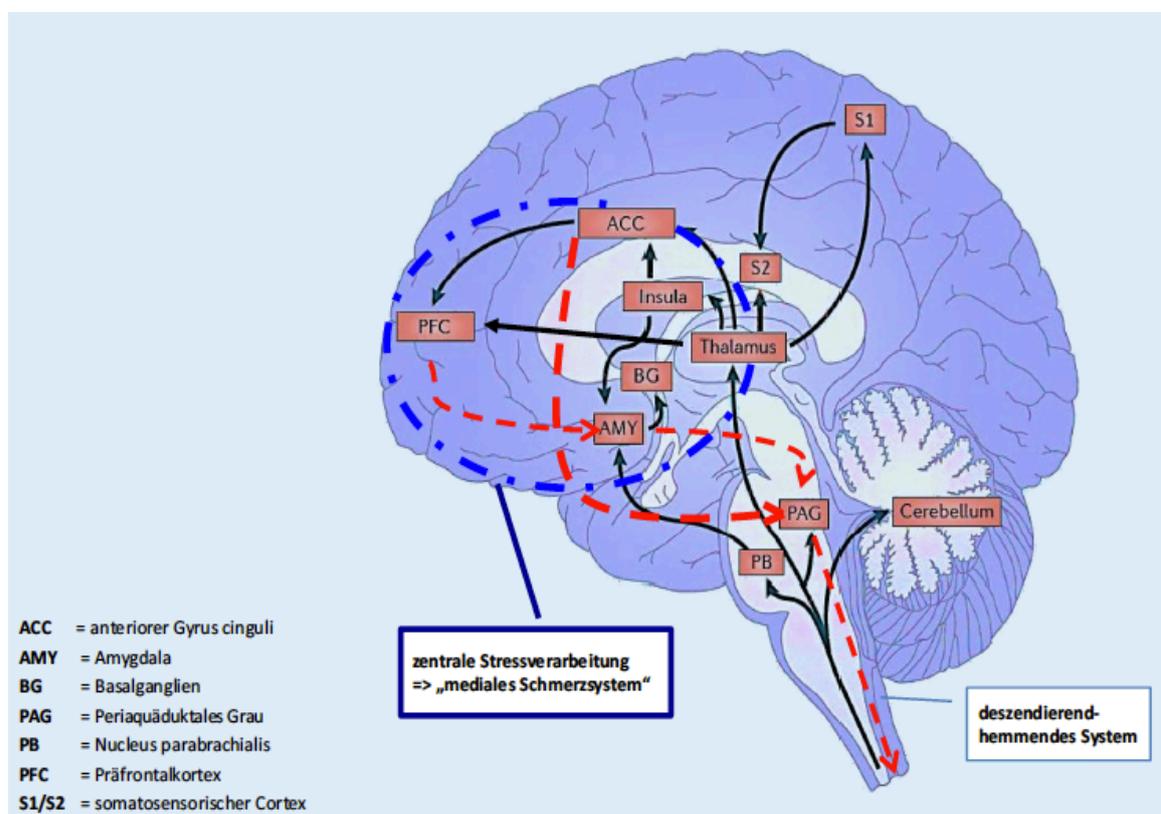


Abb. 4: Zentrale Schmerzverarbeitung (Egle *et al.* 2016)

Folglich wird die „von der Nozizeption abzugrenzende subjektive Schmerzempfindung [...] durch dynamische, plastische subkortikale und kortikale Prozesse determiniert, die sensorisch-diskriminative, emotionale und kognitive Dimensionen wie Aufmerksamkeit und Ablenkung umfassen und durch das Schmerzgedächtnis und neuronale Plastizität beeinflusst werden“ (Larbig 2003). Darüber hinaus bestimmt ein hemmendes, deszendierendes Schmerzsystem, lokalisiert in den Raphekernen, die Schmerzwahrnehmung. Dies bedingt, dass es bei einem chronischen Schmerz zu einer Verstärkung und bei einem akuten Schmerz zu einer Unterdrückung des Schmerzempfindens kommt (Egle 2009). Die damit verbundene Veränderung der Schmerzschwelle bewirkt, dass nozizeptive Reize unterschiedlich wahrgenommen werden. Gleichzeitig kann anhaltender Stress, beispielsweise aufgrund psychosozialer Belastungen und negativer Emotionen, über die Schmerzverarbeitungszentren zu einer Senkung der Schmerzschwelle führen (Egle *et al.* 2016). Des Weiteren kommt es bei Patienten zu einem chronischen Schmerzzustand, der sich nicht auf eine nozizeptive, periphere Gewebeschädigung zurückführen lässt (Egle *et al.* 2016; Kivimäki *et al.* 2004). Für die Untersuchung der Schmerzperzeption bei Bruxismuspatienten wird dieser Zusammenhang relevant, da orofaziale Schmerzen, welche auch bei Bruxismuspatienten auftreten können, häufig mit einer erhöhten Schmerzsensibilisierung assoziiert sind (Egle *et al.* 2016). Zumindest deuten verschiedene Studien darauf hin, dass WB wie auch SB durch Stress und psychosoziale Belastungen ausgelöst werden, so dass anzunehmen ist, dass sich bei den betroffenen Patienten neben dem Bruxismus auch eine reduzierte Schmerzschwelle zeigt (Egle *et al.* 2016).

1.2.2 Die dentale Pulpasensorik

Die Zahnpulpa wird von sogenannten wenig myelinisierten A δ -Fasern und nicht myelinisierten C-Fasern nozizeptiv versorgt (Byers *et al.* 2003). Diese Nervenfasern bilden am äußeren Rand der Zahnpulpa den sogenannten *Raschkow-Plexus*. Von hier aus reichen Axone bis zu den Odontoblasten, die vor dem Prädentin und den Dentinkanälchen (auch Dentintubuli genannt) angeordnet sind. Die Dentintubuli durchziehen das gesamte Dentin in den Bereichen der Pulpa-Dentin-Grenze bis hin zur Schmelz-Dentin-Grenze. Sie sind mit der Dentinflüssigkeit, dem Dentinliquor,

einer extrazellulären Flüssigkeit, gefüllt. In den Dentintubuli sind sowohl Odontoblastenfortsätze als auch ein bis sieben A δ -Fasern nachweisbar (Tsukada 1987, Ommerborn *et Raab* 2006). Diese Fasern sind in Verbindung mit der Dentinflüssigkeit für die Schmerzperzeption und dessen Weiterleitung verantwortlich (Byers *et al.* 2003). A δ -Fasern sind für einen gut lokalisierbaren hellen Schmerz, C-Fasern für einen dumpfen, schlecht lokalisierbaren Schmerz zuständig (Dong *et al.* 1985). Die A δ -Fasern reagieren mutmaßlich auf mechanische und osmotische Reize, so dass man hier von einem Reizschmerz ausgehen kann, während C-Fasern auf Temperaturen oberhalb 43 °C ansprechen und in Verbindung mit Entzündungsschmerzen stehen (Närhi 1978; Närhi *et al.* 1982).

Die Dentinsensitivität lässt sich durch die sogenannte hydrodynamische Theorie (Brännström *et al.* 1967) erklären. Ihr liegt die Hypothese zugrunde, dass die oben genannten Stimuli einen Flüssigkeitstransfer innerhalb der Dentinkanälchen induzieren, die zu Odontoblastenfortsätzen und/oder Nervenenden (Mechanorezeptoren) übertragen werden, welche sich in den Tubuli befinden und ein Schmerzgefühl auslösen. Mit zunehmendem Alter nimmt dieses Symptombild tendenziell wieder ab, was durch physiologische Veränderungen des Pulpa-Dentin-Komplexes erklärt werden kann. Die Dentinpermeabilität nimmt aufgrund degenerativer Veränderungen wie Dentinsklerosierung oder tertiärer Dentinbildung ab. Diese können altersbedingt, traumatisch, im Rahmen eines Heilungsprozesses oder einer iatrogenen Therapie ausgelöst sein (Schroeder 1996). Diese Reize und die damit verbundene Tertiärdentinbildung fördern die Schutzmechanismen des Pulpagewebes und reduzieren dadurch die Zahnempfindlichkeit (Schäfer 2001).

Die Dentinüberempfindlichkeit steht primär mit A δ - Fasern in Relation. Es handelt sich hierbei um einen scharfen Dentinschmerz der durch einen reizinduzierten Auswärtsfluss von Dentinflüssigkeit in Richtung der Dentinoberfläche ausgelöst wird (Ommerborn *et Raab* 2006). In Assoziation mit ausgeprägten Öffnungen der Dentintubuli an der Schmelz-Dentin-Grenze kommt es schließlich zum Effekt des überempfindlichen Dentins. Zu differenzieren ist die Dentinüberempfindlichkeit von den chronischen Zahnschmerzen, dem Entzündungsschmerz. Der chronische Zahnschmerz geht einher mit Entzündungsprozessen innerhalb der Zahnpulpa.

Durch pathologische Reize wie Bakterientoxine, die bei einer typischen Karies auftreten, werden freie Nervenendigungen, insbesondere C-Fasern, zum einen direkt erregt, zum anderen kommt es zu Vasodilatationen und Ödembildungen, die wiederum zu einer Veränderung der Mikrozirkulation innerhalb der Pulpa führen (Raab 1991; Ommerborn *et al.* 2006, Curro 1978; Schrör *et al.* 1987). Der Entzündungsschmerz ist differentialdiagnostisch durch Spontanschmerzen charakterisiert.

Vor allem chronische dentale Schmerzen machen hier eine differenzierte Diagnostik notwendig und sind mitunter jedoch nur schwer zu diagnostizieren (Okeson *et al.* 1997, Yatani *et al.* 2014, Okeson 2000, Linn *et al.* 2007, Schames *et al.* 2016). Auf der Basis eines Reviews teilten Yatani *et al.* (2014) nichtodontogene dentale Schmerzen in acht Gruppen ein. Diese umfassten myofasziale Schmerzen mit dentaler Ausstrahlung, neuropathische Schmerzen mit dentaler Ausstrahlung, idiopathische Schmerzen, neurovaskuläre Schmerzen mit dentaler Ausstrahlung, Nasennebenhöhlenschmerzen mit dentaler Ausstrahlung, kardiale Schmerzen mit dentaler Ausstrahlung, psychogene Schmerzen und dentale Schmerzen anderer Genese. Dentale Schmerzen variieren in Abhängigkeit von der Genese und der Chronizität in ihrer Prävalenz. Constante *et al.* (2012) beschrieben eine Prävalenz dentaler Schmerzen unter 1720 Erwachsenen (20-59 Jahre) von 14,8 %, wohingegen sie bei Alexandre *et al.* (2006) unter 4030 Erwachsenen bei 2,9 % und bei Bastos *et al.* (2005) unter 414 18-Jährigen bei 21,2 % lag. Unter den 12- bis 13-Jährigen wiesen Nomura *et al.* (2004) eine Prävalenz dentaler Schmerzen von 33,7 % nach. In einer Studie an acht- bis neunjährigen Kindern lag sie bei 45,9 % (Barrêto *et al.* 2009).

Parallel zu Schmerzen anderer Lokalisation haben dentale Schmerzen Auswirkungen auf Aktivitäten im täglichen Leben. Es wurde nachgewiesen, dass in bis zu 21 % der Schlaf, in bis zu 38 % die Kaufähigkeit, in bis zu 21 % die Arbeit und in bis zu 8 % die Hausarbeit beeinflusst werden (Constante *et al.* 2012). Hierbei konnten Constante *et al.* (2012) zeigen, dass die Auswirkungen dentaler Schmerzen stärker sind, wenn es sich bei den Betroffenen um Frauen, Personen mit afrikanischer Abstammung, Personen mit geringem Bildungsstand, Personen mit geringem Haushaltseinkommen bzw. Raucher oder Personen mit psychiatrischen

Erkrankungen handelte. Auch andere Studien wiesen diese Parameter als Einflussfaktoren dentaler Schmerzen nach (Bastos *et al.* 2005, Bastos *et al.* 2008).

Weitere Risikofaktoren für das Auftreten dentaler Schmerzen waren bestehender Alkoholabusus oder eine unzureichende Mundhygiene (Bastos *et al.* 2008, Clementino *et al.* 2015). Ein geringes Haushaltseinkommen und eine geringere Schulbildung der Mutter führte darüber hinaus zu einer erhöhten Prävalenz dentaler Schmerzen bei Kindern und Jugendlichen (Nomura *et al.* 2004, Barrêto *et al.* 2009, Bastos *et al.* 2005). Damit verbunden führten dentale Schmerzen auch unter Kindern und Jugendlichen zu Schlafstörungen und einer Beeinträchtigung von Alltagsaktivitäten (Barrêto *et al.* 2009). Daneben analysierten verschiedene Studien die dentale Schmerzperzeption in Abhängigkeit von unterschiedlichen Faktoren. Dabei konnten Almeida *et al.* (2016) nachweisen, dass die dentale Schmerzperzeption bei Kindern keiner Geschlechtsdifferenz unterliegt. Untersucht wurde dieser Zusammenhang unter Zuhilfenahme einer *Wong-Baker FACES Pain Rating Scale*, welche 24 Stunden und 48 Stunden nach einer Zahnbehandlung eingesetzt wurde. Es konnte zwar kein signifikanter Unterschied in der Schmerzwahrnehmung zwischen Mädchen und Jungen festgestellt werden, allerdings gab es quantitative Unterschiede, wonach Mädchen mehr Schmerzen empfanden als Jungen (Almeida *et al.* 2016). Während Almeida *et al.* (2016) sich auf die Schmerzwahrnehmung beschränkten, bezogen Lamarca *et al.* (2018) auch die Schmerzerwartung in die Betrachtung ein. Hier zeigte sich, dass sich die Schmerzerwartung und die Schmerzwahrnehmung bei Kindern deutlich unterscheiden. Dabei wiesen Kinder mit einem hohen Stressniveau, einem hohen Angstniveau bzw. einer Angststörung eine höhere Schmerzerwartung auf als Kinder mit geringerem Angst- und Schmerzniveau. Gleiches galt für die Schmerzwahrnehmung nach der Zahnbehandlung. Obwohl bei allen Kindern eine höhere Schmerzwahrnehmung nach der Behandlung nachweisbar war, war diese bei Kindern mit hohem Stress- und Angstlevel zusätzlich erhöht (Lamarca *et al.* 2018).

Wie sich die dentale Schmerzperzeption im Gehirn darstellt, wurde bisher nur in wenigen Studien untersucht. In einer tierexperimentellen Studie zeigte sich, dass die dentale Schmerzperzeption eng mit der Aktivität im linken posterioren insulären

Kortex assoziiert war (Meier *et al.* 2015). Mit einer Abnahme der neuronalen Aktivität in diesem Hirnareal sanken auch die dentalen Schmerzen. Im menschlichen Gehirn war die dentale Schmerzperzeption vor allem mit der Aktivität in der anterioren Insula (beidseits), im kontralateralen prägenualen cingulären Kortex und im kontralateralen anterioren mittleren cingulären Kortex korreliert (Brügger *et al.* 2012). Hierbei bezog sich die kontralaterale Angabe auf die gegenüberliegende Seite der applizierten elektrischen Stimulation. Ähnliche Bereiche sind auch aktiv, wenn bei den Probanden eine Dentinhypersensitivität besteht (Meier *et al.* 2012). Liegt bei den Probanden hingegen eine dentoalveoläre Schmerzstörung vor, finden sich signifikant höhere Aktivitäten in anderen Hirnarealen (Moana-Filho *et al.* 2015). Davon betroffen sind der prämotorische Kortex, der inferiore Parietallappen, der primäre und sekundäre somatosensorische Kortex, die Insula, der präfrontale Kortex und der Thalamus (Moana-Filho *et al.* 2015). Wie in Kapitel 1.2.1 beschrieben, handelt es sich hierbei um Hirnareale, welche für die sensorisch-diskriminative und die kognitive Schmerzwahrnehmung verantwortlich sind (Moana-Filho *et al.* 2015).

Zur dentalen Pulpasensibilitätsprüfung stehen elektrische und thermische Verfahren zur Verfügung (Raab 1991; Ommerborn *et Raab* 2006). Für die elektrische Testung werden monopolare und bipolare Reizgeräte verwendet. Wichtig ist dabei, dass die Zahnoberfläche vollständig trocken und ein geschlossener elektrischer Stromkreis sichergestellt ist. Der elektrische Kontakt zum zu untersuchenden Zahn sollte durch das Benetzen mit Polier- oder Zahncreme erfolgen (Raab 1991; Ommerborn *et Raab* 2006). Bei der thermischen Methode hat sich der Gebrauch von CO₂-Schnee mit einer Temperatur von -78,5 °C bewährt. Hierbei erfolgt die Pulpasensibilitätsprüfung mittels Schmerzprovokation (Raab 1991; Ommerborn *et Raab* 2006). Darüber hinaus kommen aufgrund ihrer leichten Verfügbarkeit und Handhabung häufig so genannte Kältesprays (Ethylchlorid, ca. -41 °C, oder Butan-Propan-Gemische, ca. -25 °C) zum Einsatz. Aufgrund des höheren thermischen Gradienten und des Umstandes, dass CO₂-Schnee im festen Zustand eine relativ konstante Temperatur aufweist, verfügt dieser über eine bessere Kontrollierbarkeit. Das thermische Testverfahren ist im Vergleich zur elektrischen Sensibilitätsprüfung mit weniger Fehlerquellen assoziiert (Raab 1991, Ommerborn *et Raab* 2006). Die Kombination von elektrischer und thermischer Pulpasensibilitätstestung mittels

CO₂-Schnee wird empfohlen, da sie die Genauigkeit der Beurteilung der dentalen Pulpasensibilität erhöht (Weisleder *et al.* 2009).

1.2.3 Aktuelle Studienlage zur allgemeinen Schmerzperzeption und dentalen Pulpasensibilität bei Schlafbruxisten

In der Literatur finden sich nur wenige Studien, die sich mit der Schmerzperzeption bei SB befassen (Ommerborn *et al.* 2019; Raigrodski *et al.* 2001; Conti *et al.* 2014), zumal viele Studien zwar das Auftreten von orofazialen Schmerzen bei diesen Studienteilnehmern, nicht jedoch die damit verbundene Schmerzwahrnehmung beschreiben. Darüber hinaus besteht kein Konsens, inwieweit der Bruxismus selbst zu Schmerzen führt. Diese werden von vielen Autoren eher als indirekte Folge des SB bewertet, da möglicherweise erst die Begleiterscheinungen des SB, beispielsweise eine gesteigerte Empfindlichkeit der Kaumuskulatur, die Abnutzung der Zähne und temporomandibuläre Störungen die Schmerzen hervorrufen (Castrillon *et Exposto*, 2018). Ommerborn *et al.* (2019) untersuchten die Schmerzperzeption an 57 SB-Probanden in einer randomisierten, kontrollierten *Follow-up*-Studie (*Follow-up*: 6 Monate) unter Durchführung einer kognitiv-behavioralen Therapie, (im Englischen *cognitive behavioral therapy*, CBT). Während den Probanden der Interventionsgruppe eine CBT im gruppentherapeutischen Setting (1x wöchentlich 1,5 h) über einen Zeitraum von 12 Wochen zuteilwurde, erhielten die Probanden der Referenzgruppe eine zahnärztliche Standardtherapie im Sinne einer okklusalen Stabilisierungsschiene, (im Englischen *occlusal appliance therapy*, OAT). Das Durchschnittsalter lag in der CBT-Gruppe bei 28,5 Jahren und in der OAT-Gruppe bei 29,4 Jahren. In beiden Gruppen überwog der Anteil weiblicher Probanden. Zur Erfassung der Schmerzwahrnehmung wurde die Schmerzempfindungsskala (SES) verwendet. Vor dem Hintergrund der Ergebnisse kamen Ommerborn *et al.* (2019) mit dieser Interventionsstudie zu dem Schluss, dass SB-Probanden eine unterdurchschnittliche affektive Schmerzperzeption verglichen mit einer Referenzgruppe aufwiesen. Basierend auf der Perzentilenberechnung zeigten 80 % der Referenzgruppe (n = 1048) stärkere affektive Schmerzen als die SB-Probanden. Demgegenüber war die sensorische Schmerzwahrnehmung der SB-Probanden mit

der durchschnittlichen sensorischen Schmerzwahrnehmung der Referenzgruppe vergleichbar (Ommerborn *et al.* 2019).

Raigrodski *et al.* (2001) evaluierten die Schmerzperzeption bei SB unter Einsatz einer Amitriptylin-Behandlung (4 Wochen, 25 mg, 1x täglich). Mit zehn Probanden wies die randomisierte, doppelverblindete Studie jedoch eine geringe Studiengröße mit einer hohen Verzerrung auf. Die Schmerzperzeption wurde mit Hilfe einer visuellen Analogskala (VAS) und unter Erfassung der Schmerzintensität bewertet. Unter der Amitriptylin-Behandlung konnte keine signifikante Verbesserung der Schmerzperzeption bei SB nachgewiesen werden. Quantitativ lag die Schmerzintensität unter der Medikation bei 1,48 Punkten und unter dem Placebo bei 2,85 Punkten auf der VAS (Raigrodski *et al.* 2001).

Eine frühere Studie von Ommerborn *et al.* (2007) hat gezeigt, dass SB-Probanden häufiger über eine erhöhte generelle subjektive Zahneempfindlichkeit berichteten. Dieser Befund ist jedoch mit den in 1.2.2 beschriebenen Reaktionsmechanismen des Pulpa-Dentin-Komplexes schwerlich zu erklären. Hieraus ist abzuleiten, dass aufgrund wiederholter externer Stimuli eine reduzierte Dentinpermeabilität resultieren müsste, als Folge von tubulärer Dentinsklerose und Reizdentinbildung (Schroeder 1996). Insofern müssten die Zähne eine geringere physiologische Sensibilität aufweisen. Anhand der aktuellen Studienlage kann dieser Zusammenhang jedoch nicht eindeutig erklärt werden.

1.3 Problemstellung

Wie bereits erläutert, führen periphere Reizeinwirkungen, beispielsweise Kälte, kieferorthopädische Krafteinwirkungen, Karies und freiliegendes Dentin zu einer Abwehrreaktion des Pulpa-Dentin-Komplexes mit Bildung von sklerotischem Dentin und Reizdentin. Als Folge dieser Schutzmechanismen kommt es zu einer Reduktion der Dentinpermeabilität und damit zu einer Reduktion der Sensibilität. In einer vorhergehenden Studie mit SB- und *non*-SB-Kontrollprobanden wurde jedoch gezeigt, dass SB-Probanden signifikant häufiger über empfindliche Zähne berichteten als *non*-SB-Probanden (Ommerborn *et al.* 2007). Diese Studienergebnisse stehen im Widerspruch zu den eigentlichen Abwehrmechanismen des Pulpa-Dentin-Komplexes. Der genaue Mechanismus der

Schmerzentstehung ist allerdings bis heute nicht abschließend geklärt (Brodowski *et al.* 2003; Ommerborn *et al.* Raab, 2006). Eine mögliche Erklärung für diese unterschiedlichen Befunde hinsichtlich der dentalen Sensibilität bei SB-Probanden könnte darin bestehen, dass Menschen mit SB per se eine veränderte allgemeine Schmerzperzeption aufweisen. Denkbar wäre, dass dies auf erhöhte Maße an Angst, Depressionen und Stress bei SB zurückzuführen ist (Manfredini *et al.* 2004; Giraki *et al.* 2010). Derzeit ungeklärt ist auch, ob sich die dentale Pulpasensibilität von SB- und *non*-SB-Probanden bei Einsatz von Standardverfahren wie der elektrischen oder thermischen Sensibilitätsprüfung unterscheiden. Die hohe Prävalenz des SB unterstreicht die klinische Relevanz dieser Problematik, die auch für die zahnmedizinische Therapie von Bedeutung sein könnte.

1.4 Ziele der Arbeit und Forschungsfrage

Aus den vorherigen Ausführungen wird deutlich, dass die bisherigen Studienergebnisse Unklarheiten in Bezug auf den Zusammenhang zwischen der Physiologie des Pulpa-Dentin-Komplexes und der dentalen Pulpasensibilität bei Personen mit SB aufweisen. Aufgrund der spärlichen Informationen über die allgemeine Schmerzperzeption und der scheinbar widersprüchlichen Befunde zur dentalen Pulpasensibilität bei Personen mit SB ist es das Ziel der vorliegenden Studie, die allgemeine Schmerzperzeption und die dentale Pulpasensibilität von SB- und *non*-SB-Probanden mittels standardisierter Verfahren zu untersuchen.

2 Material und Methoden

Die vorliegende experimentelle Arbeit ist eine kontrollierte, verblindete, klinische Pilotstudie.

2.1 Studienkollektiv

Das Studienkollektiv besteht aus 53 SB-Probanden und 52 *non*-SB-Probanden, so dass ein Gesamtkollektiv von 105 Probanden untersucht wurde. Bei den beiden Studiengruppen handelt es sich um parallelisierte Gruppen, wobei die Parallelisierung hinsichtlich der Merkmale Geschlecht, Alter und Schulabschluss vorgenommen wurde.

Die Akquise der Probanden erfolgte anhand von Aushängen auf dem Universitäts- und Klinikcampus der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf sowie aus dem laufenden Patientenpool der Westdeutschen Kieferklinik Düsseldorf.

2.1.1 Ein- und Ausschlusskriterien

In die Untersuchung eingeschlossen wurden gesunde Erwachsene zwischen dem 20. und 50. Lebensjahr. Alle Probanden gaben außerdem ihre schriftliche Einwilligung zur Studienteilnahme. Ausgeschlossen wurden Probanden bei Alkohol-, Drogen- und Medikamenten-missbrauch, wenn sie einen Herzschrittmacher trugen, bei Krankheiten des Zentralnervensystems oder wenn das periphere Nervensystem erkrankt war. Darüber hinaus zählten zu den Ausschlusskriterien die Einnahme zentral wirksamer Medikamente, schwere psychische Erkrankungen, unzureichende Deutschkenntnisse sowie eine bestehende Schwangerschaft und/oder Stillzeit. Zu den dentalen Ausschlusskriterien gehörten mehr als zwei fehlende Molaren (mit Ausnahme der dritten Molaren), ein herausnehmbarer Zahnersatz, das Vorliegen einer starken dentogenen Dysgnathie (z. B. offener Biss), das Vorhandensein von Multibandapparaturen, eine laufende aktuelle Dentindesensibilisierungstherapie sowie an dem zu prüfenden Zahn eine negative Sensibilität, kariöse Läsionen, zervikale Füllungen, Kronen, der Verdacht auf eine Pulpitis des zu prüfenden Zahns ebenso wie der Nachbarzähne sowie das Vorliegen defekter oder großer okklusaler Restaurationen. Für die Diagnostik des SB

(wahrscheinlicher SB) kamen die klinischen Kriterien der *American Academy of Sleep Medicine* (AASM) zur Anwendung (American Academy of Sleep Medicine 2005). Demnach liegt SB vor, wenn folgende Kriterien erfüllt sind:

- Wenn der Schlafpartner in den letzten 6 Monaten über nächtliche Knirsch- und Reibegeräusche berichtete und zusätzlich mindestens eines der nachfolgenden Symptome vorhanden war:
 - ⇒ Das Vorhandensein von Zahnattrition mindestens in der Größenordnung von freiliegendem Dentin (Johansson *et al.* 1993).
 - ⇒ Selbstbericht über Muskelermüdung oder Empfindlichkeit im Bereich der Kaumuskulatur beim Aufwachen
 - ⇒ Masseterhypertrophie bei willentlichem, kräftigem Zusammenpressen (AASM 2005; Lavigne *et al.* 2005).

Gesunde Erwachsene, bei denen eine SB ausgeschlossen werden konnte, bildeten die *non*-SB-Gruppe. Die Ausschlusskriterien waren die gleichen wie für die SB-Probanden sowie jegliche Anzeichen und Symptome von SB. Die Probanden hatten jederzeit die Möglichkeit, ihre Einwilligung zur Studienteilnahme ohne Begründung zurückzuziehen. Mit dem Widerruf der Einwilligung zur Studienteilnahme schied der Proband sofort aus der Untersuchung aus.

2.1.2 Aufklärung, Einwilligungserklärung und Aufwandsentschädigung

Alle Versuchsteilnehmer wurden über das Ziel und die Methoden der Untersuchung gründlich aufgeklärt und erteilten ihre schriftliche Einwilligung zur Versuchsteilnahme. Ein Exemplar der Einwilligungserklärung bzw. des Aufklärungsbogens ist im Anhang einsehbar. Sie erhielten zudem bei Interesse eine Rückmeldung ihrer Versuchsergebnisse. Zusätzlich zu den Ergebnissen der fundierten Funktionsdiagnostik erhielten die Probanden als Aufwandsentschädigung je nach Wunsch eine professionelle Zahnreinigung oder zwei im Hauslabor individuell hergestellte Fluoridierungs- oder Bleichschielen.

2.2 Aktenzeichen des Ethikvotums

Der Ethikantrag mit der Studiennummer 3832 wurde vor Studienbeginn der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf zur Prüfung vorgelegt. Die Ethikkommission sah keinerlei ethische oder rechtliche Bedenken gegen die Ausführung dieser Studie und votierte für das Studienvorhaben.

2.3 Versuchsablauf

Der Versuchsablauf umfasste zwei Messzeitpunkte. Der erste Termin fand in den Behandlungsräumen der Westdeutschen Kieferklinik der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf (Eingangsuntersuchung, Diagnostik SB, Abformung) sowie im zahntechnischen Labor (Herstellung der Situationsmodelle) statt. Die Messungen am zweiten Untersuchungstermin wurden im Messraum der Kieferklinik durchgeführt (*Cold Pressor Test*, Psychometrie).

2.3.1 Zahnärztliche Befundung und klinische Funktionsdiagnostik (erster Untersuchungstermin)

Am ersten Untersuchungstag wurden die Studienteilnehmer anhand einer zahnärztlichen klinischen Funktionsuntersuchung unter Anwendung der *Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders* (RDC/TMD) (Dworkin *et al.* 1992; John *et al.* 2006) hinsichtlich des Funktionszustandes des Kausystems befundet. Diese wurde von einer trainierten Untersucherin, die zuvor ein spezielles Programm zur Applikation standardisierter Palpationsdrucke nach einer Übungsphase absolviert hatte, durchgeführt (Goulet *et al.* 1993; Goulet *et al.* 1998). Des Weiteren erfolgte bei diesem Termin die Diagnostik des SB (wahrscheinlicher SB) unter Einsatz der klinischen Kriterien der AASM, wie bereits unter Kapitel 2.1.1 beschrieben. Während des ersten Termins wurde ferner das Ausmaß der generellen subjektiven Zahnempfindlichkeit erfasst. Zu diesem Zweck wurden die Probanden gebeten, das Ausmaß ihrer generellen subjektiven Zahnempfindlichkeit anhand einer numerischen Analogskala (*numeric rating scale*, NRS) zu quantifizieren, die von 0 (überhaupt nicht) bis 10 (sehr stark) reichte. Im Anschluss an die Eingangsuntersuchung wurden von den Probanden Ober- und Unterkieferabformungen genommen. Aus diesen wurden anschließend im

zahntechnischen Labor Gipsmodelle erstellt. Die Modelle dienten sowohl zur Dokumentation der dentalen Bedingungen als auch zur individuellen Anfertigung von Fluoridierungs- oder Bleichfolien, die den Studienteilnehmern als Aufwandsentschädigung angeboten wurden.

2.3.2 Psychometrie (zweiter Untersuchungstermin)

Am zweiten Untersuchungstermin erfolgte die psychometrische Messung. Hierfür erhielten die Probanden jeweils zwei Fragebögen. Diese dienten zur Erfassung körperlicher und psychischer Beschwerden (Symptom-Checkliste, SCL-90-R, deutsche Version) (Franke *et al.* 1995; Derogatis *et al.* 1973) und zur Untersuchung der mundgesundheitsbezogenen Lebensqualität (*Oral Health Impact Profile*, OHIP-G 14) (John *et al.* 2006).

Symptom-Checkliste (SCL-90-R, deutsche Version)

Mit Hilfe der Symptom-Checkliste (SCL-90-R) kann die von Erwachsenen und Jugendlichen erlebte Beeinträchtigung durch körperliche sowie psychische Symptome erfasst werden (Franke *et al.* 1995; Derogatis *et al.* 1973). Die Bewertung bezieht sich auf die zurückliegenden 7 Tage. Insgesamt umfasst die SCL-90-R 90 Items, die anhand einer 5-Punkte-Likert-Skala (0 = „überhaupt nicht“ bis 4 = „extrem“) bewertet werden (Schmitz *et al.* 1999). Zudem werden die 90 Items neun Symptomen zugeordnet, zu denen Somatisierung, Zwanghaftigkeit, Unsicherheit im Sozialkontakt, Depressivität, Aggressivität/Feindseligkeit, phobische Angst, paranoides Denken und Psychotizismus gehören (Schmitz *et al.* 1999). Aus den erfassten Items lassen sich daneben drei Kennwerte (GSI, PST, PSDI) berechnen (Schmitz *et al.* 1999). Der *Global Severity Index* (GSI) gibt Auskunft über die psychische Belastung des Individuums. So stehen hohe Punktzahlen im GSI für eine hohe psychische Belastung. Der Kennwert *Positive Symptom Total* (PST) definiert die Anzahl der belastenden Symptome. Durch den *Positive Symptom Distress Index* (PSDI) wird die Intensität der Antworten bestimmt (Franke *et al.* 1995; Derogatis *et al.* 1973). Die Reliabilität des SCL-90-R variiert je nach Kennwert und Symptom, wobei der GSI eine Reliabilität von 0,98 erreicht. Die niedrigste Reliabilität findet sich mit 0,76 für die Symptome paranoides

Denken, phobische Angst, Somatisierung und interpersonelle Unsicherheit (Franke *et al.* 1995; Derogatis *et al.* 1973).

Oral Health Impact Profile (OHIP-G 14)

Das *Oral Health Impact Profile* (OHIP-G 14) ist ein Fragebogen zur mundgesundheitsbezogenen Lebensqualität (MLQ). Diese beschreibt „die Empfindung der Mundgesundheit durch den Patienten“ (John *et al.* 2004). Es setzt sich aus 14 Items zusammen, deren Aussagen von den Probanden anhand einer 4-Item-Likert-Skala beantwortet werden. Die Items beziehen sich auf den Zeitraum des letzten Monats und analysieren die Schwierigkeiten und Probleme z. B. bei der Sprachproduktion und der Nahrungsaufnahme. Erfasst werden dabei funktionelle Einschränkungen (2 Items), Schmerzen (2 Items), das psychische Unwohlsein (2 Items), physische Beeinträchtigungen (2 Items), psychische Beeinträchtigungen (2 Items), soziale Beeinträchtigungen (2 Items) und Benachteiligungen/Behinderungen (2 Items) (John *et al.* 2004). Angaben zur Häufigkeit ihres Auftretens werden auf einer fünfstufigen Likert-Skala von 0 = „nie“ bis 4 = „sehr oft“ gemacht. Die Daten wurden zu einer Gesamtsumme zusammengefasst, die von 0 bis 56 reicht. Hohe Werte weisen auf eine schlechte MLQ hin. Für die Interpretation der Daten stehen Referenzwerte verschiedener Probandengruppen ohne Behandlungsbedarf zur Verfügung: Die Daten von 50 % der Teilnehmer mit natürlichen Zähnen ohne herausnehmbare Teilprothesen ergaben einen Summenscore von 0 (95 %-Konfidenzintervall: 0-0), von 50 % der Teilnehmer mit herausnehmbaren Teilprothesen einen Summenscore von ≤ 4 (95 %-Konfidenzintervall: 2-5) und von 50 % der Teilnehmer mit Totalprothesen einen Summenscore von ≤ 6 (95 %-Konfidenzintervall: 4-11) (John *et al.* 2004).

2.3.3 Bestimmung der allgemeinen Schmerzperzeption und dentalen Pulpasensibilität (zweiter Untersuchungstermin)

Allgemeine Schmerzperzeption

Um einen Hinweis auf die allgemeine individuelle Schmerzperzeption jedes Probanden zu erhalten, wurde nach dem Ausfüllen der Psychometrie der *Cold Pressor Test* (CPT) nach Hines und Brown (1933) durchgeführt. Dieser ist bereits seit Jahrzehnten in der medizinischen Forschung etabliert und dient dazu, die

individuelle Schmerzperzeption zu ermitteln. Zu beachten ist dabei, dass die Ergebnisse von verschiedenen Faktoren (z. B. individuelle Schmerzangst, katastrophisieren, psychologischer Stress) abhängig ist (Clark *et al.* 2017; Dodo *et al.* Hashimoto 2017). Während des CPT wurden die Studienteilnehmer gebeten, ihre rechte Hand bis zum Handgelenk in ein Becken mit 5 °C kaltem, zirkulierendem Wasser zu halten. Der Proband wurde im Vorfeld angewiesen, mit der linken Hand ein Signal bei der ersten Schmerzempfindung zu geben und anschließend die rechte Hand weiterhin so lange unter Wasser zu halten, bis der Schmerz unerträglich wurde. Der untersuchende Zahnarzt erfasste diese beiden Zeitpunkte mittels einer elektronischen Zeituhr (JS-9004, Fa. Conrad, Deutschland). Der Versuch wurde automatisch beendet, wenn die Schmerztoleranz bei einem Probanden nicht innerhalb von 5 Minuten erreicht wurde. Die folgenden Parameter wurden mittels CPT erfasst (Blacker *et al.* 2011; Lowery *et al.* 2003; Mitchell *et al.* 2004):

- CPT-Schmerzschwelle (Zeit bis zur ersten Schmerzwahrnehmung der rechten Hand in s)
- CPT-Schmerztoleranz (Gesamtzeit der Hand unter Wasser in s)
- Allgemeine subjektive Schmerzintensität (VAS in mm)

Dentale Pulpasensibilität

Nach einer Karenzzeit von mindestens 10 Minuten nach Durchführung des CPT fand die zahnmedizinische Sensibilitätsmessung statt. Die Auswahl des zu untersuchenden Zahnes unterlag folgender Priorisierung: 1. Prämolaren, 2. Prämolaren, 1. Molaren, vorzugsweise im Oberkiefer. In der zahnärztlichen Praxis wird die Sensibilitätsprüfung routinemäßig entweder thermisch mittels CO₂-Schnee (-78,5 °C), wie er auch im Rahmen der vorliegenden Studie zur Anwendung kam, mittels Kältespray (-45 °C) oder elektrisch (mittels Vitality Scanner™ 2006, Fa. SybronEndo, Glendora, USA) durchgeführt. Wie frühere Studien zeigen, wird die diagnostische Genauigkeit durch Kombination zweier diagnostischer Verfahren erhöht (Fuss *et al.* 1986; Weisleder *et al.* 2009). Aus diesem Grunde kamen sowohl die elektrische Prüfung mittels Vitality Scanner™ 2006 als auch die thermische Prüfung mittels CO₂-Schnees zur Anwendung. Für beide Prüfungen erfolgte zunächst die Trocknung des Zahnes mittels Luftpuster und durch Einlegen einer

Watterolle in die Umschlagfalte. Für die elektrische Sensibilitätsprüfung wurde die Elektrode (Kathode) bukkal auf dem mittleren Drittel des zu testenden Zahnes unter Verwendung eines Tropfens Elektrodengels platziert. Dieses diente der Senkung des elektrischen Widerstandes an der Grenzfläche zwischen Zahn und Elektrode. Der Stromkreis wurde geschlossen, indem gegenüber der jeweils zu untersuchenden Seite eine Lippenklemme angebracht wurde. Die Messung startete automatisch mit Aufsetzen der Elektrode an der Zahnoberfläche. Die Probanden wurden angewiesen, ein Handsignal zu geben, sobald sie ein kribbelndes Gefühl verspürten. Nach diesem Signal wurde die Elektrode vom Zahn abgesetzt und die Messung hierdurch beendet. Der im Display des Vitality Scanners™ stehende Wert für die Sensibilitätsschwelle wurde notiert und repräsentierte den Hauptzielparameter der elektrischen Prüfung, der vom Gerät in elektrischen Pulpatest-Einheiten, (im Englischen *Electric Pulp Test*, EPT) angegeben wird. Aus früheren Studien ist bekannt, dass der EPT abhängig vom zu testenden Zahn variieren kann. So liegt die Schwelle für mittlere Unterkieferinzisiven beispielsweise zwischen 20 und 30 EPT-Einheiten und bei Oberkieferfrontzähnen oder Prämolaren zwischen 30 und 40 EPT-Einheiten (Dummer *et al.* 1986; Dummer *et al.* 1986). Da die elektrische Sensibilitätsprüfung eine nahezu schmerzfreie Prüfung ermöglicht, entfiel hierbei die Ermittlung der individuellen dentalen Schmerztoleranz sowie der individuellen Schmerzintensität (Dummer *et al.* 1986; Dummer *et al.* 1986). Im Rahmen der thermischen Prüfung wurde ein CO₂-Stück bukkal auf dem mittleren Drittel des zu prüfenden Zahnes appliziert. Zuvor wurden die Probanden angewiesen, im Moment der ersten moderaten Schmerzwahrnehmung ein Handsignal zu geben.

Der Untersucher betätigte im Zeitpunkt der ersten Applikation eine elektronische Stoppuhr und erneut bei der ersten moderaten Schmerzwahrnehmung des Probanden. Dies führte zur sofortigen Entfernung des CO₂-Stücks und zur Erfassung der Applikationszeit in Sekunden (CO₂-Schmerzschwelle in s). Die Probanden gaben letztmalig ein Handsignal, wenn die Schmerzsensation vollständig abgeklungen war (CO₂-Schmerzdauer in s), womit gleichzeitig letztmalig die Stoppuhr bedient wurde. Danach wurden die Probanden gebeten, die Schmerzintensität mittels VAS zu quantifizieren. Die Applikationszeit war auf maximal 15 Sekunden begrenzt, da es wenig wahrscheinlich war, dass bei

Probanden mit einer entsprechend hohen Schmerzschwelle eine längere Applikationsdauer noch zu einer Schmerzwahrnehmung geführt hätte. Die Karenzzeit zwischen den zwei Sensibilitätsprüfungen betrug mindestens 2 Minuten, da sich die pulpare Temperatur innerhalb dieses Intervalls wieder normalisieren musste (Fuss *et al.* 1986). Im Rahmen der dentalen Sensibilitätsprüfung wurden zusammenfassend folgende Parameter ermittelt (Özbek *et al.* 2021; Ommerborn *et al.* 2021; Ommerborn *et al.* 2023; Franken *et al.* 2021):

- EPT-Einheiten (Schmerzschwelle)
- CO₂-Schmerzschwelle (Zeit bis zur ersten Schmerzwahrnehmung des Zahnes in s)
- CO₂-Schmerzdauer (Zeit bis zum vollständigen Abklingen des Schmerzes am Zahn in s)
- Dentale subjektive Schmerzintensität nach CO₂-Applikation (VAS in mm)

2.3.4 Nachbehandlung

Die Nachbetreuung der Probanden erfolgte über einen Zeitraum von 2 Wochen. Darüber hinaus wurde allen Probanden, bei denen ein SB diagnostiziert wurde, eine kostenlose Behandlung mittels Stabilisierungsschiene angeboten.

2.4 Datenerfassung und Statistik

Die gesammelten Daten wurden pseudonymisiert und elektronisch ausgewertet. Es galten die ärztliche Schweigepflicht und das Datenschutzgesetz.

Untersuchte Variablen

Es wurden zwei Arten von Ergebnisvariablen erfasst. Hierbei handelte es sich um die schmerzbezogenen und psychometrischen Variablen, die entweder objektiv oder subjektiv (Selbsteinschätzungsskalen) gemessen wurden. Objektive schmerzbezogene Ergebnisvariablen waren die CPT-Schmerzschwelle (in s), die CPT-Schmerztoleranz (in s), die Anzahl der EPT-Einheiten, die CO₂-Zahnschmerzschwelle (in s) und die CO₂-Zahnschmerzdauer (in s). Subjektive schmerzbezogene Ergebnisvariablen waren die subjektive CPT-Schmerzintensität, gemessen mittels VAS in mm und die subjektive Zahnschmerzintensität (mittels

VAS in mm). Die beim ersten Untersuchungstermin erfasste generelle subjektive Zahnempfindlichkeit (NRS; intervallskalierter Wert von 0 bis 10) gehörte ebenfalls zu den subjektiven schmerzbezogenen Ergebnisvariablen. Zu den psychometrischen Variablen zählte die Messung der psychischen Belastung. Diese wurde mit dem SCL-90-R gemessen. Die Schwere der psychischen Belastung wird mit dem *Global Severity Index* (GSI; intervallskalierter Wert von 0 bis 4) angegeben. Hohe Punktzahlen stehen für eine höhere psychische Belastung. Für die neun Skalen der SCL-90-R wurden die Rohdaten der Skalen für jede Skala summiert und durch die Anzahl der Items pro Skala geteilt. Zum Vergleich der MLQ wurde die individuelle Summe der Items des OHIP-G 14 (Intervallskala von 0 bis 56) herangezogen.

Die statistische Auswertung erfolgte unter Verwendung des Programms SPSS, Version 24.0 (IBM, Armonk, USA). Im ersten Teil wurden die erhobenen Daten deskriptiv unter Berechnung der Lageparameter (z.B. Mittelwert, Median, Minimum, Maximum) und Verteilungsparameter (z.B. Variationsbreite, Standardabweichung) ausgewertet. Die Daten wurden visuell mittels QQ-Plots und Shapiro-Wilk-Test im Hinblick auf Normalverteilung geprüft. Um das Vorhandensein systematischer Gruppenunterschiede auszuschließen, wurden die soziodemographischen Daten zuvor statistisch untersucht. Intervallskalierte Variablen wurden mit t-Tests (oder nichtparametrischen Alternativen wie dem *Mann-Whitney-U-Test*) auf Gruppenunterschiede und nominalskalierte Variablen mittels *Chi-Quadrat-Tests* untersucht.

Die Analyse der Zielvariablen wurde mit einer einfaktoriellen multivariaten Varianzanalyse (MANOVA) berechnet. Die Diagnose von SB (SB *versus non*-SB) diente als unabhängige Gruppenvariable und acht schmerzbezogene Maße als abhängige Variablen. Bei Vorliegen eines signifikanten Omnibus-Tests wurden *post-hoc* univariate Varianzanalysen (ANOVAs) durchgeführt, um signifikante Unterschiede zwischen SB- und *non*-SB-Probanden für jede einzelne abhängige Variable zu berechnen. Für die psychometrischen Daten wurden die Gesamtwerte entweder mit parametrischen t-Tests oder mit nicht-parametrischen Alternativen (z. B. *Mann-Whitney-U-Test*) analysiert. Für die Inter- und Intragruppenvergleiche

wurden 53 SB und 52 *non*-SB-Probanden einbezogen. Bei allen Tests wurde ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ festgelegt.

3 Ergebnisse

3.1 Soziodemographische Daten der Stichprobe

Tabelle 1 zeigt die soziodemographische Verteilung. Die statistische Analyse erfolgte auf Grundlage von 105 Probanden (63 Frauen und 42 Männer, Durchschnittsalter \pm SD: 29,90 \pm 7,22 Jahre). Sie ist untergliedert in SB- versus *non*-SB-Probanden. Beschrieben sind das mittlere Alter, das Geschlechterverhältnis sowie der absolvierte Schulabschluss.

Tabelle 1: Darstellung der soziodemographischen Daten (n = 105)

Parameter	SB-Probanden	<i>non</i> -SB-Probanden	<i>p</i>
Mittleres Alter (SD)	29,6 (7,5)	30,3 (7,0)	n. s.
Geschlecht (absolute und relative Häufigkeit in %)	37 (69,8) weiblich 16 (30,2) männlich	26 (50,0) weiblich 26 (50,0) männlich	n. s.
Schulabschluss (absolute und relative Häufigkeit in %) *			
• Kein Abschluss	0 (0)	1 (1,9)	
• Abschluss nach der 10. Klasse	19 (35,9)	14 (27,5)	n. s.
• Abschluss nach der 13. Klasse (Abitur)	22 (41,5)	19 (37,3)	
• Hochschulabschluss	12 (22,6)	17 (33,3)	

Anmerkungen: SD = Standardabweichung; n. s. = nicht signifikant

*Fehlende Daten n = 1

3.2 Statistische Auswertung schmerzbezogener Variablen bei SB

Die einfaktorielle MANOVA mit der SB-Diagnose als unabhängige Variable und den schmerzbezogenen Variablen als abhängige Variablen ergab einen signifikanten Unterschied zwischen SB und *non*-SB mit $F(1,98) = 2,61$, $p = 0,01$, partiellem $\eta^2_p = 0,18$ und Wilk's $\Lambda = 0,81$. In der vorliegenden Stichprobe fehlen Daten von n = 5 Teilnehmenden bei den Parametern CPT-Schwelle und CPT-Toleranz (n = 2) sowie bei der allgemeinen subjektiven Empfindlichkeit der Zähne (n = 3). Die Analyse zeigt, dass die allgemeine Schmerztoleranz (CPT) bei SB-Probanden signifikant geringer ist als bei *non*-SB-Probanden ($p = 0,02$). Weiterhin ist die generelle subjektive Zahnempfindlichkeit bei SB-Probanden signifikant höher als

bei *non*-SB-Probanden ($p < 0,01$). Die subjektive dentale Schmerzintensität ist bei SB-Probanden deskriptiv höher als bei *non*-SB-Probanden, wobei dieser Unterschied nur tendenziell signifikant ist ($p = 0,07$). Auf Basis der erhaltenen Messergebnisse fällt rein deskriptiv auf, dass die SB-Probanden sowohl in den Variablen zur allgemeinen Schmerzperzeption als auch in den Variablen zur dentalen Pulpasensibilität sensibler bzw. intensiver reagierten. Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse der *post-hoc* univariaten ANOVAs.

Tabelle 2: Ergebnisse der *post-hoc* univariaten ANOVAs, die schmerzbezogene Ergebnisse zwischen SB- und *non*-SB-Probanden vergleichen (n = 100*)

Variable	SB-Probanden n = 52		<i>non</i> -SB-Probanden n = 48		Statistik		
	M	SD	M	SD	$F_{(1,98)}$	p	η^2_p
CPT Allgemeine Schmerzschwelle (s)	13,85	8,44	16,56	11,22	2,20	0,14	0,02
CPT Allgemeine Schmerztoleranz (s)	21,46	12,22	28,59	19,44	5,78	0,02	0,06
CPT Allgemeine subjektive Schmerzintensität (mm)	41,68	19,58	37,15	20,19	0,39	0,53	<0,01
Generelle subjektive Zahnempfindlichkeit (NRS)	4,19	3,10	2,44	2,64	8,48	<0,01	0,08
EPT Einheiten	29,92	13,17	31,35	9,33	0,37	0,54	<0,01
Dentale Schmerzschwelle (s)	1,45	0,85	1,78	1,89	0,18	0,68	<0,01
Dentale Schmerzdauer (s)	4,87	2,32	4,30	2,55	2,40	0,12	0,02

Dentale subjektive								
Schmerzintensität (mm)	55,87	24,94	45,68	24,87	3,27	0,07	0,03	

Anmerkungen: fett gedruckt = statistisch signifikante Vergleiche, CPT = Cold Pressor Test; EPT = Elektrischer Pulptest; mm = Millimeter; NRS = Numerische Analogskala; SB = Schlafbruxismus; s = Sekunden.

*Fehlende Daten n = 5

3.3 Psychometrische Auswertung

Da der GSI der SCL-90-R nicht normalverteilt war ($W = 0,79$, $p < 0,001$), wurde ein *Mann-Whitney-U-Test* berechnet. Dieser ergab keinen signifikanten Unterschied im GSI zwischen der SB- (Median = 0,34) und der *non*-SB-Gruppe (Median = 0,23) mit $W = 1.108,50$, $p = 0,08$. Da die Analyse der allgemeinen Schmerzperzeption und der dentalen Pulpasensibilität Hinweise auf Unterschiede in der subjektiven Schmerzeinschätzung liefert, untersuchten wir die Skala „Somatisierung“ der SCL-90-R auf statistische Unterschiede zwischen SB-Probanden und *non*-SB-Probanden. Hierbei zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen der SB- (Median = 0,50) und der *non*-SB-Gruppe (Median = 0,33) mit $W = 1.029,5$, $p = 0,03$.

Auch bei der Auswertung der OHIP-Summenwerte als Maß für die MLQ ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen SB-Probanden (Median = 6) und *non*-SB-Probanden (Median = 3) mit $W = 1.060,50$, $p = 0,04$. Unter Berücksichtigung der zuvor unter Punkt 2.3.2 beschriebenen Referenzwerte lag der Median der SB-Probanden im Bereich der Werte, die für Patienten mit Totalprothesen ermittelt wurden.

4 Diskussion

Da bisher nur wenig über die Schmerzwahrnehmung von SB-Probanden bekannt ist, liefert die vorliegende Studie neue Erkenntnisse sowohl über die allgemeine Schmerzperzeption als auch über die dentale Pulpasensibilität bei den untersuchten Probanden. Die Ergebnisse beziehen sich auf Erhebungen an zwei Untersuchungsterminen, bei denen zahnärztliche Befunde genauso erhoben wurden wie psychometrische Messungen, die auf zwei Fragebögen basierten und sich auf Angaben der Probanden stützten. Einen besonderen Stellenwert für die Aussagekraft der vorliegenden Arbeit haben die Ergebnisse des zweiten Termins. Hierbei wurden die allgemeine Schmerzperzeption sowie die dentale Pulpasensibilität der Probanden erhoben.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass Probanden mit SB eine insgesamt geringere allgemeine Schmerztoleranz aufwiesen. In Bezug auf die Sensibilität der dentalen Pulpa zeigten die Teilnehmenden keine signifikanten Unterschiede bei den meisten objektiven Parametern, aber SB-Probanden empfanden ihre Zähne generell subjektiv als empfindlicher und schätzten ihre subjektive Schmerzintensität nach CO₂-Testung tendenziell stärker ein. Die mit dem SCL-90-R (Franke *et* Stäcker 1995; Derogatis *et al.* 1973) ermittelte, selbst eingeschätzte psychische Belastung während der letzten 7 Tage unterschied sich nicht signifikant zwischen SB- und *non*-SB-Probanden. Aufgrund der ermittelten Befunde bezüglich der subjektiven Schmerzempfindung wurde explorativ die Skala „Somatisierung“ des SCL-90-R überprüft. Hierbei zeigte sich tatsächlich ein statistisch signifikant höherer Wert bei den SB-Probanden im Vergleich zu den *non*-SB-Probanden. Darüber hinaus berichteten SB-Probanden eine signifikant geringere MLQ als *non*-SB-Probanden. Auffällig waren hierbei die vergleichsweise hohen Werte bei den SB-Probanden mit einem Median von 6 für den OHIP-Gesamtwert. Dies entspricht einer subjektiv reduzierten MLQ, im Bereich von Patienten mit Vollprothesen. Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse diskutiert, um im Anschluss das methodische Vorgehen kritisch zu reflektieren.

4.1 Diskussion der Studienergebnisse

4.1.1 Diskussion der allgemeinen Schmerzperzeption, dentalen Pulpasensibilität und Psychometrie

Allgemeine Schmerzperzeption

Der CPT wird verwendet, um die allgemeine Schmerzperzeption zu beurteilen. Der Test erfasst dazu drei Variablen, nämlich die allgemeine Schmerzschwelle, die allgemeine Schmerztoleranz und die allgemeine subjektive Schmerzintensität. Obwohl sich die allgemeine Schmerzschwelle und die allgemeine subjektive Schmerzintensität zwischen SB- und *non*-SB-Probanden nicht unterschieden, war die allgemeine Schmerztoleranz bei ersteren signifikant reduziert. Als mögliche Ursachen können physiologische und psychologische Faktoren in Betracht gezogen werden. Da es sich bei der Gesamtstichprobe der Studie um gesunde Erwachsene im Alter von 20 bis 50 Jahren handelte, können physiologische Mechanismen die reduzierte Schmerztoleranz nicht ohne Weiteres erklären. Psychologische Aspekte, z. B. psychische Belastung, sind weitere Faktoren, die die Schmerztoleranz verändern können. Bei den standardisierten Messungen des CPT ist ferner zu beachten, dass der CPT einer individuellen Variabilität ausgesetzt ist. Die standardisierten Variablen des CPT können unter anderem in Abhängigkeit von der Leitfähigkeit der Haut und ihrer Temperatur vor Beginn des Tests stehen. Objektivität ist gerade bei der Schmerzmessung ein zentrales Problem (Gallacchi *et* Pilger 2005). Der CPT gehört zu den ältesten Testverfahren seiner Art und hat sich auch in der Forschung bewährt.

Es existieren jedoch auch alternative Methoden wie der *Cold Pressor Arm Wrap*. Bei diesem Verfahren wird nicht Wasser, sondern ein Gel verwendet, das auf dieselbe Temperatur wie beim CPT heruntergekühlt wird. Diese Methode kann auch in Kombination mit anderen Verfahren angewendet werden (Porcelli 2014). Silverthorn und Michael (2013) empfehlen zur Sicherung der Gütekriterien, dass die Probanden sich vor Beginn des Versuchs etwa durch Hinlegen beruhigen sollten, damit der Stressfaktor keinen wesentlichen Einfluss auf die Ergebnisse hat. Auch sollte ihr Blutdruck gemessen werden, um einerseits Vergleichswerte zu erhalten und andererseits sicherzustellen, dass der Blutdruck nicht situationsbedingt erhöht

ist (Silverthorn *et Michael* 2013). Zudem wurde in dieser Arbeit darauf hingewiesen, dass die Ergebnisse von verschiedenen Faktoren, wie einer individuellen Schmerzangst, beeinflusst werden können (Clark *et al.* 2017; Dodo *et Hashimoto* 2017). Rein deskriptiv wurde in der vorliegenden Studie festgestellt, dass die allgemeine Schmerzperzeption von SB-Probanden immer intensiver beschrieben wurde als von *non*-SB-Probanden.

Dentale Pulpasensibilität

Die Untersuchung der dentalen Pulpasensibilität umfasste sowohl die Bewertung der generellen subjektiven Zahnempfindlichkeit als auch die standardisierte Messung der dentalen Pulpasensibilität durch etablierte Verfahren wie den EPT und die thermische Sensibilitätsmessung mittels CO₂-Schnee. Bezüglich der subjektiven Bewertungen der Probanden zur generellen subjektiven Zahnempfindlichkeit sowie zur subjektiven dentalen Schmerzintensität nach CO₂-Schnee-Applikation konnte in der vorliegenden Arbeit ein signifikanter bzw. ein tendenziell signifikanter Unterschied festgestellt werden. Das Ergebnis der vorliegenden Studie zeigt, dass die SB-Probanden ihre generelle subjektive Zahnempfindlichkeit signifikant intensiver einschätzten und dazu neigten, die subjektive dentale Schmerzintensität tendenziell stärker wahrzunehmen als die *non*-SB-Probanden.

Bei der Interpretation dieser Ergebnisse muss das derzeitige Verständnis des Pulpa-Dentin-Komplexes berücksichtigt werden. Klassischerweise wird sekundäres Dentin lebenslang gebildet. Darüber hinaus reagiert der Pulpa-Dentin-Komplex auf von außen einwirkende Reize im Sinne einer Abwehrreaktion mit einer Sklerose der Dentintubuli sowie der Sekretion von tertiärem Dentin in Richtung des angelegten Reizes (Pashley 1996; Schroeder 1996). Beide Mechanismen bewirken eine Reduktion der Dentinpermeabilität und sollen so das Pulpagewebe vor potenziellen Noxen schützen. Als Folge wäre eine Verringerung der Zahnempfindlichkeit zu beobachten. Wenn diese Mechanismen auf ein Kausystem mit allgemeinen dentalen Attritionsspuren übertragen werden, erscheint es aus physiologischer Sicht wahrscheinlich, dass solche Probanden eine herabgesetzte Zahnempfindlichkeit aufweisen.

Die Ergebnisse dieser Doppelblindstudie zeigen jedoch konträre Befunde in Bezug auf die dentale Pulpasensibilität. Die SB-Probanden reagierten in jedem der fünf Tests zur dentalen Pulpasensibilität intensiver als die *non*-SB-Probanden, von denen einer statistisch signifikant war und der andere eine tendenzielle Signifikanz darlegte. Dieser Unterschied kann nicht einfach durch die physiologische Reaktion des Pulpa-Dentin-Komplexes erklärt werden. Aus methodenkritischer Sicht könnte angenommen werden, dass es sich hierbei um einen Untersucherbias handelt. Dies kann jedoch aufgrund der doppelten Verblindung ausgeschlossen werden. Der Zahnarzt, der beim zweiten Termin die Schmerzmessung durchführte, war unwissend bezüglich der SB-Diagnose und die zu messenden Probanden waren es auch. Dies erhöht die Belastbarkeit der erhobenen Daten. Als weitere mögliche Mechanismen, die die Empfindsamkeit der Pulpa beeinflussen oder verändern können, scheinen psychosomatische Faktoren in Frage zu kommen. Dieser Erklärungsansatz soll bei der Diskussion der Ergebnisse in der Psychometrie noch detailliert aufgegriffen werden.

Ferner ist zu erwähnen, dass die in dieser Studie verwendeten Testparameter diversen Einflussfaktoren und individuellen Variationen ausgesetzt sind. Schmerzerleben kann in Abhängigkeit von kulturellen Mustern erfolgen und dementsprechend unterschiedlich beurteilt werden (Schmiedebach *et al.* 2002). Die Einflussfaktoren bei den standardisierten Messungen und den Variablen zu subjektiven Bewertungen gelten allerdings für Probanden mit und ohne SB. Dies bedeutet, dass beide Gruppen denselben Bedingungen unterliegen. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass auch wenn die Messungen individuellen Variationen und Definitionsmustern ausgesetzt sind, davon auszugehen ist, dass dies auf beide Gruppen zutrifft und eine eventuelle Verzerrung die zentralen Ergebnisse nicht beeinträchtigt.

Psychometrie (Somatisierung und MLQ)

Wenngleich die Ergebnisse keinen signifikanten Unterschied im GSI als Gesamtkennwert zur Erfassung psychischer Belastung zeigen, ergab die explorative Untersuchung des SCL-90-R, dass die SB-Probanden signifikant höhere Werte in der Somatisierungs-Skala aufwiesen als die *non*-SB-Probanden. Vor diesem Hintergrund können die deutlich höhere generelle subjektive

Empfindlichkeit der Zähne, die geringere allgemeine Schmerztoleranz und die tendenziell stärkere subjektive Schmerzintensität nach CO₂-Testung der SB-Probanden womöglich als Ausdruck von Somatisierungstendenzen verstanden werden. Wie aus der Literatur hervorgeht, handelt es sich hierbei um ein außerordentlich häufiges Phänomen (Hiller *et al.* 2006). Dabei könnte eine erhöhte und übermäßig fokussierte Beachtung innerer somatischer Reize, besonders in Bezug auf das vermeintlich verletzbare Effektorgan, zu einer kognitiven Fehlinterpretation führen, die über den Vorgang der somatosensorischen Verstärkung zu einer chronisch hypervigilen Schmerzwahrnehmung führt (Barsky 1992). In diesem konkreten Fall würden die Zähne das Effektorgan repräsentieren.

Ebenfalls auffällig waren die erhöhten Werte der SB-Probanden bei der MLQ, wie die Auswertung des OHIP-G 14 zeigte. Die ermittelten Werte der SB-Gruppe waren vergleichbar mit denen von Patienten mit Totalprothesen ohne Behandlungsbedarf (John *et al.* 2004). Es ist anzunehmen, dass Menschen mit SB ein gewisses Bewusstsein über SB und seine Auswirkungen auf reaktionsfähige Organe wie beispielsweise Zähne haben, was zu einer Konzentration auf das Kauorgan führen kann. Dieses gesteigerte Interesse am Kauorgan, möglicherweise kombiniert mit Bedenken hinsichtlich der Entwicklung von Zahnschäden, kann zu einer signifikanten Zunahme der generellen subjektiven Gesamtempfindlichkeit der Zähne und einer Tendenz zur Zunahme der subjektiven Schwere der Zahnschmerzen nach dem CO₂-Test führen. Dieses Phänomen lässt sich durch das Prinzip der somatosensorischen Amplifikation erklären (Barsky 1992; Ommerborn *et al.* 2023).

4.2 Diskussion des methodischen Vorgehens

4.2.1 Diskussion der Qualität der Stichprobe

In die vorliegende Studie wurden unter Verwendung der klinischen AASM-Kriterien 105 Probanden eingeschlossen, von denen 53 SB- und 52 *non*-SB-Probanden waren. Tabelle 1 veranschaulicht, dass es weder hinsichtlich des Geschlechtes noch hinsichtlich der Schulabschlüsse relevante Unterschiede gab. Auch im durchschnittlichen Alter unterschieden sich die SB- nicht wesentlich von den *non*-SB-Probanden. In diesem Sinne handelt es sich bei den Teilnehmern dieser Studie

um eine relativ homogene Zusammensetzung der Probandenkohorte. Daraus resultiert eine gute Vergleichbarkeit der beiden Probandengruppen bezüglich der entsprechenden Zielvariablen im Sinne einer hohen internen Validität. Die Validität wird aufgrund der Verblindung der Untersucher und der Probanden bezüglich der SB-Diagnose sowie durch das standardisierte Prozedere noch verstärkt. Da jedoch aufgrund zahnmedizinischer Kriterien knapp 20 % der Studieninteressenten von einer Teilnahme an der Studie exkludiert werden mussten, kann ein Selektionsbias nicht vollständig ausgeschlossen werden. Allerdings war dieser Prozentsatz ausgeschlossener Studieninteressenten infolge der dentalen Ausschlusskriterien nicht überraschend. Viele potenzielle Probanden waren sich des Vorhandenseins von Kronen, endodontisch behandelten Zähnen und sonstigen Kriterien, die letztendlich zum Ausschluss führten, nicht bewusst. Was die Diagnostik des SB angeht, so kamen, wie beschrieben, die klinischen Kriterien der AASM zur Anwendung, welche die Erfassung von wahrscheinlichem SB ermöglichen (Lobbezoo *et al.* 2013; Lobbezoo *et al.* 2018). Eine weitere Verbesserung der Datenqualität hätte durch den Einsatz der derzeitigen Referenzmethode der Polysomnographie erreicht werden können. Aufgrund des hohen finanziellen und zeitlichen Aufwandes wurde die Polysomnographie, für die Diagnostik einer derart großen Stichprobe jedoch nicht in Erwägung gezogen.

Für die Messung der allgemeinen Schmerzschwelle und allgemeinen Schmerztoleranz beim CPT wurde ein limitierender Zeitfaktor von 5 Minuten festgelegt. Werte über 5 Minuten sind nicht erfasst worden und der Test ist als ungültig gewertet worden. In der vorliegenden Arbeit trifft dies jedoch nur auf 2 Teilnehmer zu. Die angegebene Höchstdauer war jedoch sinnvoll und sollte gesundheitlichen Risiken (schwere Unterkühlung) entgegenwirken. Angesichts der geringen Anzahl fehlender Werte ($n = 2$) ist dies in Anbetracht des großen Stichprobenumfangs zu vernachlässigen. Dasselbe gilt für die fehlenden Angaben ($n = 3$) zur allgemeinen Empfindlichkeit der Zähne. Die Auslassung konnte als Flüchtigkeitsfehler interpretiert werden. Insgesamt erweist sich das Versuchsverfahren mit nur $n = 5$ fehlenden Werten als praktikabel. Dies trifft analog zu der fehlenden Angabe ($n = 1$) in der soziodemographischen Analyse zu.

4.2.2 Diskussion der psychometrischen Messungen

Die psychometrischen Messungen erfolgten mit Hilfe von zwei standardisierten Fragebögen. Es handelte sich hierbei um den OHIP-G 14 und den SCL-90-R. Der OHIP-G 14 ist ein Fragebogen zur MLQ (John *et al.* 2004), der SCL-90-R erfasst die Beeinträchtigung durch körperliche sowie psychische Symptome (Franke *et al.* 1995; Derogatis *et al.* 1973). Bei beiden Bögen handelt es sich um etablierte Fragebögen, die einfach anzuwenden waren. Der OHIP-G 14 umfasst 14, der SCL-90-R 90 validierte Items. Um Risiken bezüglich Testverfälschungen vorzubeugen, wurden die Tests kurz erläutert und vorgestellt. Die Teilnehmer hatten auch die Möglichkeit, Fragen zu stellen, bevor sie mit der Bearbeitung begannen. Den Probanden wurde nach dem Ausfüllen der Fragebögen und auch zwischen den einzelnen Tests und Fragebögen stets ausreichend Zeit zur Verfügung gestellt, sich auf die weiteren Versuche mental vorzubereiten, so dass auf eine Reduzierung des Stressfaktors während der Versuchsreihe Wert gelegt wurde.

4.3 Limitationen

Die Studie weist verschiedene methodische Einschränkungen auf, die im Folgenden diskutiert werden. Zu beachten ist, dass die Varianz der Daten zur psychischen Belastung durch die vorgegebenen Ausschlusskriterien in der vorliegenden Untersuchung begrenzt war. So war eine Grundvoraussetzung für die Teilnahme an dieser Studie das Fehlen psychiatrischer Erkrankungen. Künftige Studien könnten wiederum ausführlich den Zusammenhang zwischen dem Vorliegen psychischer oder psychosomatischer Erkrankungen, wie Somatisierungsstörungen oder häufig damit einhergehenden affektiven Störungen und einer erhöhten Schmerzwahrnehmung untersuchen. Hierfür sollten Klassifikationssysteme wie die Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme in ihrer 10. Revision (im Englischen *International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems, 10th edition [ICD10]*) aus dem Jahr 2016 der *World Health Organization* oder das Diagnostische und Statistische Manual Psychischer Störungen in seiner 5. Ausgabe (DSM-5) von Falkai aus dem Jahr 2018 angewendet werden.

4.4 Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass sich SB-Probanden und *non*-SB-Probanden bei den meisten der standardisiert erhobenen Parameter in Bezug auf die allgemeine Schmerzperzeption und die dentale Pulpasensibilität ähnlich verhielten. Allerdings beurteilten SB-Probanden ihre generelle subjektive Zahnempfindlichkeit als deutlich stärker, wohingegen die allgemeine Schmerztoleranz im Vergleich zu *non*-SB-Probanden signifikant geringer war. Gleichzeitig bewerteten die SB-Probanden die subjektive Schmerzintensität nach CO₂-Testung tendenziell stärker als die *non*-SB-Probanden. Aus den Befunden des SCL-90-R sowie des OHIP-G 14 gehen eine erhöhte Somatisierung sowie eine verringerte MLQ bei Probanden mit SB hervor, vergleichbar mit derjenigen von Patienten mit Vollprothesen ohne Behandlungsbedarf. Folglich lässt sich aus diesen Daten ableiten, dass es einen möglichen Zusammenhang mit einer somatosensorischen Amplifikation gibt. Diese Erkenntnisse eröffnen gegenüber der klassischen symptomatischen Behandlung mit Okklusionsschienen eine neue Perspektive für alternative Behandlungsmethoden von SB. Hier könnten achtsamkeitsbasierte Stressreduktionstrainings oder auch kognitive Verhaltenstherapien ergänzt werden (Ommerborn *et al.* 2007).

Diese Studie stellt einen explorativen Ansatz dar, mit dem Erkenntnisse zur allgemeinen Schmerzperzeption und dentalen Pulpasensibilität gewonnen werden sollten. Zur Verifizierung und Konkretisierung der Ergebnisse sind weitere Studien unter Einsatz des derzeitigen Goldstandards für die Diagnostik des SB sowie mit präzisierten Fragestellungen – unter anderem einer expliziteren Differenzierung vorbestehender psychischer Belastungen der Probanden – wünschenswert.

5 Literatur- und Quellenverzeichnis

- AASM. The international classification of sleep disorders. Revised: Diagnostic and coding manual. Rochester, MN: American Academy of Sleep Medicine, 2005.
- Adleff E, Ruzicka B, Bijak M, Schindler T. Interdisziplinärer Therapieansatz bei diurnalem und/oder nocturalem Bruxismus: eine Pilotstudie. *Stomatologie* 2010; 107:17-24.
- Alexandre GC, Nadanovsky P, Lopes CS, Faerstein E. Prevalence and factors associated with dental pain that prevents the performance of routine tasks by civil servants in Rio de Janeiro, Brazil. *Cad Saude Publica* 2006; 22:1073-1078.
- Alfano CA, Bower JL, Meers JM. Polysomnography-detected bruxism in children is associated with somatic complaints but not anxiety. *J Clin Sleep Med* 2018; 14:23-29.
- Almeida GF, Longo DL, Trevizan M, de Carvalho FK, Nelson-Filho P, Kuchler EC, Queiroz AM. Sex differences in pediatric dental pain perception. *J Dent Child* 2016; 83:120-124.
- Barrêto EP, Ferreira EF, Pordeus IA. Determinant factors of toothache in 8- and 9-year-old schoolchildren, Belo Horizonte, MG, Brazil. *Braz Oral Res* 2009; 23:124-130.
- Barsky AJ. Amplification, somatization, and the somatoform disorders. *Psychosomatics* 1992; 33:28-34.
- Bastos JL, Gigante DP, Peres KG. Toothache prevalence and associated factors: a population based study in southern Brazil. *Oral Dis* 2008; 14:320-326.
- Bastos JL, Nomura LH, Peres MA. Dental pain, socioeconomic status, and dental caries in young male adults from southern Brazil. *Cad Saude Publica* 2005; 21:1416-1423.

- Blacker KJ, Herbert JD, Forman EM, Kounios J. Acceptance- versus change-based pain management: The role of psychological acceptance. *Behav Modif* 2011; 36:37-48.
- Blanco Aguilera A, Gonzalez LL, Blanco Aguilera E, De la Hoz Aizpurua JL, Rodriguez Torronteras A, Segura Saint-Gerons R, Blanco Hungria A. Relationship between self-reported sleep bruxism and pain in patients with temporomandibular disorders. *J Oral Rehabil* 2014; 41:564-572.
- Brännström M, Linden LA, Astrom A. The hydrodynamics of the dental tubule and of pulp fluid. A discussion of its significance in relation to dentinal sensitivity. *Caries Res* 1967; 1:310-317.
- Brodowski D, Imfeld T. Dentin hypersensitivity-a review. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2003; 113:49-58.
- Brügger M, Lutz K, Brönnimann B, Meier ML, Luechinger R, Barlow A, Jäncke L, Ettlin DA. Tracing toothache intensity in the brain. *J Dent Res* 2012; 91:156-160.
- Byers MR, Suzuki H, Maeda T. Dental neuroplasticity, neuropulpal interactions, and nerve regenerations. *Microsc Res Tech* 2003; 60:503–515.
- Calderon Pdos S, Kogawa EM, Lauris JR, Conti PC. The influence of gender and bruxism on the human maximum bite force. *J Appl Oral Sci* 2006; 14:448-453.
- Canadian advisory board on dentin hypersensitivity. Consensus-based recommendations for the diagnosis and management of dentin hypersensitivity. *J Can Dent Assoc* 2003; 69:221-226.
- Castrillon EE, Exposto FG. Sleep bruxism and pain. *Dent Clin North Am* 2018; 62:657-663.
- Castrillon EE, Ou KL, Wang K, Zhang J, Zhou X, Svensson P. Sleep bruxism: an updated review of an old problem. *Acta Odontol Scand* 2016; 74:328-334.

- Castroflorio T, Bargellini A, Rossini G, Cugliari G, Deregibus A. Sleep bruxism in adolescents: a systematic literature review of related risk factors. *Eur J Orthod* 2017; 39:61–68.
- Clark SM, Cano A, Goubert L, Vlaeyen JW, Wurm LH, Corley AM. Pain anxiety and its association with pain congruence trajectories during the cold pressor task. *J Pain* 2017; 18:396-404.
- Clementino MA, Gomes MC, Pinto-Sarmento TC, Martins CC, Granville-Garcia AF, Paiva SM. Perceived impact of dental pain on the quality of life of preschool children and their families. *PLoS One*. 2015; 10:e0130602.
- Clementino MA, Siqueira MB, Serra-Negra JM, Paiva SM, Granville-Garcia AF. The prevalence of sleep bruxism and associated factors in children: a report by parents. *Eur Arch Paediatr Dent* 2017; 18:399-404.
- Constante HM, Bastos JL, Peres KG, Peres MA. Socio-demographic and behavioural inequalities in the impact of dental pain among adults: a population-based study. *Community Dent Oral Epidemiol* 2012; 40:498-506.
- Conti PC, Stuginski-Barbosa J, Bonjardim LR, Soares S, Svensson P. Contingent electrical stimulation inhibits jaw muscle activity during sleep but not pain intensity or masticatory muscle pressure pain threshold in self-reported bruxers: a pilot study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2014; 117:45-52.
- Curro FA. The peripheral nervous system and its role in mediating pain. *Dent Clin North Am* 1978; 22:51-61.
- De Leeuw R. Orofacial pain: Guidelines for assessment, diagnosis, and management. Chicago: AAOP 2008:1–24.
- Derogatis LR, Lipman RS, Covi L. SCL-90: an outpatient psychiatric rating scale--preliminary report. *Psychopharmacol Bull* 1973; 9:13-28.

- Dharmadhikari S, Romito LM, Dzemic M, Dydak U, Xu J, Bodkin CL, Manchanda S, Byrd KE. GABA and glutamate levels in occlusal splint-wearing males with possible bruxism. *Arch Oral Biol* 2015; 60:1021–29.
- Dodo N, Hashimoto R. The effect of anxiety sensitivity on psychological and biological variables during the cold pressor test. *Auton Neurosci* 2017; 205:72-76.
- Dong WK, Chudler E, Martin RF. Physiological properties of intradental mechanoreceptors. *Brain Research* 1985; 334: 389–395.
- Dummer PM, Tanner M, McCarthy JP. A laboratory study of four electric pulp testers. *Int Endod J* 1986; 19:161-171.
- Dummer PM, Tanner M. The response of caries-free, unfilled teeth to electrical excitation: a comparison of two new pulp testers. *Int Endod J* 1986; 19:172-177.
- Dworkin SF, LeResche L. Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders: review, criteria, examinations and specifications, critique. *J Craniomandib Disord* 1992; 6:301-355.
- Eftekharian A, Raad N, Gholami-Ghasri N. Bruxism and adenotonsillectomy. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2008; 72:509–511.
- Egle UT, Egloff N, Känel von R. Stressinduzierte Hyperalgesie (SIH) als Folge von emotionaler Deprivation und psychischer Traumatisierung in der Kindheit. *Schmerz* 2016; 30:526-536.
- Egle UT. Neurobiologie von Schmerz und Stress. *MKG-Chirurg* 2009; 2:247-255.
- Emodi Perlman A, Lobbezoo F, Zar A, Friedman Rubin P, van Selms MKA, Winocur E. Self-reported bruxism and associated factors in Israeli adolescents. *J Oral Rehabil* 2016; 43:443-450.
- Endo H, Kanemura K, Tanabe N, Takebe J. Clenching occurring during the day is influenced by psychological factors. *J Prosthodont Res* 2011; 55:159–164.

- Falkai P, Wittchen HU, Döpfner M, Gaebel W, Maier W, Rief W, Saß H, Zaudig M. Diagnostisches und statistisches Manual psychischer Störungen DSM-5. 2. korrigierte Auflage. Hogrefe 2018.
- Firmani M, Reyes M, Becerra N, Flores G, Weitzman M, Espinosa P. Sleep bruxism in children and adolescents. *Rev Chil Pediatr* 2015; 86:373-379.
- Franke GH, Stäcker KH. Reliabilität und Validität der Symptom-Check-Liste (SCL-90-R; Derogatis, 1986) bei Standardreihenfolge versus inhaltshomogener Itemblockbildung. *Diagnostica* 1995; 41:349-373.
- Franken M, Özbek AD, Grunwald M, Walentek N. P., Schäfer R, Ommerborn MA. Allgemeine Schmerz Wahrnehmung und dentale Schmerzperzeption von Personen mit Schlafbruxismus. 6. DGZ-Tag der Wissenschaft 35. DGZ-Jahrestagung gemeinsam mit der AG ZMB und der DGDH, 18.–20. November 2021, Göttingen.
- Fuss Z, Trowbridge H, Bender IB, Rickoff B, Sorin S. Assessment of reliability of electrical and thermal pulp testing agents. *J Endod* 1986; 12:301-305.
- Gallacchi G, Pilger B. Schmerzkompendium: Schmerzen verstehen und behandeln. Stuttgart: Thieme 2005; 2. neubearb. und aktualisierte Aufl.
- Gerber PE, Lynd LD. Selective serotonin-reuptake inhibitor-induced movement disorders. *Ann Pharmacother* 1998; 32:692-698.
- Giraki M, Schneider C, Schäfer R, Singh P, Franz M, Raab WHM, Ommerborn MA. Correlation between stress, stress-coping and current sleep bruxism. *Head & Face Medicine* 2010; 6:2.
- Goulet JP, Clark GT, Flack VF, Liu C. The reproducibility of muscle and joint tenderness detection methods and maximum mandibular movement measurement for the temporomandibular system. *J Orofac Pain* 1998; 12:17-26.

- Goulet JP, Clark GT, Flack VF. Reproducibility of examiner performance for muscle and joint palpation in the temporomandibular system following training and calibration. *Community Dent Oral Epidemiol* 1993; 21:72-77.
- Grobet P, Gilon Y, Bruwier A, Nizet JL. Sleep bruxism: state of the art and management. *Rev Med Liege* 2017; 72:410-415.
- Hellmann D, Schindler HJ, Schmitter M, Giannakopoulos NN. Segmentübergreifende Auswirkungen von Bruxismus? *Wissen Kompakt* 2018; 12:29-38.
- Hiller W, Rief W, Brahler E. Somatization in the population: from mild bodily misperceptions to disabling symptoms. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol* 2006; 41:704-12.
- Hines EA, Brown GE. Standard test for measuring variability of blood pressure: Its significance as index of prehypertensive state. *Ann Intern Med* 1933; 7:209-217.
- Jiménez-Silva A, Peña-Durán C, Tobar-Reyes J, Frugone-Zambra R. Sleep and awake bruxism in adults and its relationship with temporomandibular disorders: A systematic review from 2003 to 2014. *Acta Odontol Scand* 2016; 875:36-58.
- Jochims A, Ludäscher P, Bohus M, Treede RD, Schmahl C. Schmerzverarbeitung bei Borderline-Persönlichkeitsstörung, Fibromyalgie und Posttraumatischer Belastungsstörung. *Schmerz* 2006; 20:140-150.
- Johansson A, Haraldson T, Omar R, Kiliaridis S, Carlsson GE. A system for assessing the severity and progression of occlusal tooth wear. *J Oral Rehabil* 1993; 20:125-131.
- John MT, Frank H, Lobbezoo F, Drangsholt M, Dette KE. No association between incisal tooth wear and temporomandibular disorders. *J Prosthet Dent* 2002; 87:197-203.

- John MT, Hirsch C, Reiber T, Dworkin S. Translating the research diagnostic criteria for temporomandibular disorders into German: evaluation of content and process. *J Orofac Pain* 2006; 20:43-52.
- John MT, Micheelis W, Biffar R. Originalarbeiten-Einflussfaktoren mundgesundheitsbezogener Lebensqualität-Validierung einer deutschen Kurzversion des Oral Health Impact Profile (OHIP-G14). *Dtsch Zahnärztl Z* 2004; 59:328-333.
- John MT, Micheelis W, Biffar R. Reference values in oral health-related quality of life for the abbreviated version of the Oral Health Impact Profile. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2004; 114:784-791.
- John MT, Miglioretti DL, LeResche L, Koepsell TD, Hujoel P, Micheelis W. German short forms of the oral health impact profile. *Community Dent Oral Epidemiol* 2006; 34:277-288.
- Khoury S, Carra MC, Huynh N, Montplaisir J, Lavigne GJ. Sleep bruxism-tooth grinding prevalence, characteristics and familial aggregation: A large cross-sectional survey and polysomnographic validation. *Sleep* 2016; 39:2049-2056.
- Kivimäki M, Leino-Arias P, Virtanen M, Elovainio M, Keltikangas-Järvinen L, Puttonen S, Vartia M, Brunner E, Vahtera J. Work stress and incidence of newly diagnosed fibromyalgia: prospective cohort study. *J Psychosom Res* 2004; 57:417-422.
- Klasser GD, Rei N, Lavigne GJ. Sleep bruxism etiology: the evolution of a changing paradigm. *J Can Dent Assoc* 2015; 81:f2.
- Kuhn M, Türp JC. Risikofaktoren für Bruxismus – Eine Literaturübersicht von 2007 bis 2016. *Swiss Dent J*. 2018; 128:125–129.
- Kurth I. Verlust des Sensibilitäts- und Schmerzempfindens: Hereditäre sensorische und autonome Neuropathien (HSAN). *Medizinische Genetik* 2011; 23:15-20.

- Lamarca GA, Vettore MV, Monteiro da Silva AM. The influence of stress and anxiety on the expectation, perception and memory of dental pain in schoolchildren. *Dent J (Basel)* 2018; 6:60.
- Lambers J, Heise C, Kopp S. Der RelaxBogen® als neues Therapiemittel bei Bruxismus und CMD. *Manuelle Medizin* 2016; 54:245-250.
- Larbig W. Zentrale Schmerzverarbeitung. In: Egle UT, Hoffmann SO, Nix W (Hrsg.) *Handbuch chronischer Schmerzen*. Stuttgart: Schattauer 2003; 45-54.
- Lavigne G, Khoury S, Abe S, Yamaguchi T, Raphael K. Bruxism physiology and pathology: An overview for clinicians. *J Oral Rehabil* 2008; 35:476–494.
- Lavigne GJ, Manzini C, Kato T. Sleep bruxism. In: MH Kryger, T Roth, WC Dement, editors. *Principles and practice of sleep medicine*. Philadelphia: Elsevier Saunders, 2005: 946-959.
- Linn J, Trantor I, Teo N, Thanigaivel R, Goss AN. The differential diagnosis of toothache from other orofacial pains in clinical practice. *Aust Dent J* 2007; 52:100-104.
- Lobbezoo F, Ahlberg A, Glaros AG, Kato T, Koyano K, Lavigne GJ, De Leeuw R, Manfredini D, Svensson P, Wincour E. Bruxism defined and graded: an international consensus. *J Oral Rehabil* 2013; 40:2-4.
- Lobbezoo F, Ahlberg, A, Raphael KG, Wetselaar P, Glaros AG, Kato T, Santiago V, Winocur E, De Laat A, De Leeuw R, Koyano K, Lavigne GJ, Svensson P, Manfredini D. International consensus on the assessment of bruxism: Report of a work in progress. *J Oral Rehabil* 2018; 45:837-844.
- Lobbezoo F, Naeije, M. Bruxism is mainly regulated centrally, not peripherally. *J Oral Rehabil* 2001; 28:1085–91.
- Lobbezoo F, van der Zaag J, van Selms MK, Hamburger HL, Naeije M. Principles for the management of bruxism. *J Oral Rehabil* 2008; 35:509-523.

- Lowery D, Fillingim RB, Wright RA. Sex differences and incentive effects on perceptual and cardiovascular responses to cold pressor pain. *Psychosom Med* 2003; 65:284-291.
- Manfredini D, Landi N, Romagnoli M, Bosco M. Psychic and occlusal factors in bruxers. *Aust Dent J* 2004; 49:84-89.
- Manfredini D, Lobbezoo F. Relationship between bruxism and temporomandibular disorders: a systematic review of literature from 1998 to 2008. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010; 109:e26-50.
- Manfredini D, Visscher CM, Guarda-Nardini L, Lobbezoo F. Occlusal factors are not related to self-reported bruxism. *J Orofac Pain* 2012; 26:163-167.
- Meier ML, Brügger M, Ettlin DA, Luechinger R, Barlow A, Jäncke L, Lutz K. Brain activation induced by dentine hypersensitivity pain-an fMRI study. *J Clin Periodontol* 2012; 39:441-447.
- Meier ML, Widmayer S, Abazi J, Brügger M, Lukic N, Luechinger R, Ettlin DA. The human brain response to dental pain relief. *J Dent Res* 2015; 94:690-696.
- Michelotti, A, Cioffi I, Festa P, Scala G, Farella M. Oral parafunctions as risk factors for diagnostic TMD subgroups. *J Oral Rehabil* 2010; 37:157-62.
- Mitchell LA, MacDonald RA, Brodie EE. Temperature and the cold pressor test. *J Pain* 2004; 5:233-237.
- Moana-Filho EJ, Bereiter DA, Nixdorf DR. Amplified brain processing of dentoalveolar pressure stimulus in persistent dentoalveolar pain disorder patients. *J Oral Facial Pain Headache* 2015; 29:349-362.
- Murali RV, Rangarajan P, Mounissamy A. Bruxism: Conceptual discussion and review. *J Pharm Bioallied Sci* 2015; 7:265-270.
- Närhi M. Activation of dental pulp nerves of the cat and the dog with hydrostatic pressure. *Proc Finn Dent Soc.* 1978; 74:1-63.

- Närhi MVO, Hirvonen TJ, Hakumäki MOK. Activation of intradental nerves in the dog to some stimuli applied to the dentine. *Arch Oral Biol* 1982; 27:1053-1058.
- Nishigawa K, Bando E, Nakano M. Quantitative study of bite force during sleep associated bruxism. *J Oral Rehabil* 2001; 28:485-491.
- Nomura LH, Bastos JL, Peres MA. Dental pain prevalence and association with dental caries and socioeconomic status in schoolchildren, Southern Brazil, 2002. *Braz Oral Res* 2004; 18:134-140.
- Okeson JP, Falace DA. Nonodontogenic toothache. *Dent Clin North Am* 1997; 41:367-383.
- Okeson JP. Nonodontogenic toothache. *Te Dent J* 2000; 117:64-74.
- Ommerborn MA, Depprich RA, Schneider C, Giraki M, Franz M, Raab WH, Schäfer R. Pain perception and functional/occlusal parameters in sleep bruxism subjects following a therapeutic intervention. *Head Face Med* 2019; 15:4.
- Ommerborn MA, Giraki M, Schneider C, Fuck LM, Zimmer S, Franz M, Raab WH, Schaefer R. Clinical significance of sleep bruxism on several occlusal and functional parameters. *Cranio* 2010; 28:238-248.
- Ommerborn MA, Giraki M, Schneider C, Schäfer R, Gotter A, Franz M, Raab WH. A new analyzing method for quantification of abrasion on the Bruxcore device for sleep bruxism diagnosis. *J Orofac Pain* 2005; 19:232-238.
- Ommerborn MA, Özbek AD, Grunwald M, Depprich RA, Walentek NP, Franken M, Schäfer R. General pain sensitivity and dental pain perception in sleep bruxers. Continental european division and scandinavian divisions of the IADR of the IADR, 16.-18. September 2021, Brussels, Belgium.
- Ommerborn MA, Raab WH. Odontalgie. In: *Gesichts- und Kopfschmerzen aus interdisziplinärer Sicht. Evidenz zur Pathophysiologie, Diagnostik und Therapie*. In: Hugger A, Göbel H, Schilgen M (Hrsg.). Heidelberg: Springer 2006:51-63.

- Ommerborn MA, Schneider C, Giraki M, Schafer R, Handschel J, Franz M, Raab WH. Effects of an occlusal splint compared with cognitive-behavioral treatment on sleep bruxism activity. *Eur J Oral Sci* 2007; 115:7-14.
- Ommerborn MA, Schneider C, Giraki M, Schafer R, Singh P, Franz M, Raab WH. In vivo evaluation of noncarious cervical lesions in sleep bruxism subjects. *J Prosthet Dent* 2007; 98:150-158.
- Ommerborn MA, Taghavi J, Singh P, Handschel J, Depprich RA, Raab WHM. Therapies most frequently used for the management of bruxism by a sample of german dentists. *J Prosthet Dent* 2011; 105:194–202.
- Ommerborn MA, Özbek A, Grunwald M, Depprich RA, Walentek NP, Franken M, Schäfer R. Effects on general pain perception and dental pulp sensibility in probable sleep bruxism subjects by experimentally induced pain in a pilot study. *Sci Rep* 2023; 13:5836.
- Özbek AD, Schäfer R, Grunwald M, Gabris S, Walentek N, Franken M, Ommerborn MA, 2021. Abstracts of the 10th virtual Conseuro 2021 congress. *Clin Oral Investig.* 2021; 25:4185–4238.
- Pashley DH. Dynamics of the pulpo-dentin complex. *Crit Rev Oral Biol Med* 1996; 7:104-133.
- Peroz I, Bernhardt O, Kares H, Korn HJ, Kropp P, Lange M, Müller A, Nilges P, Ommerborn MA, Steffen A, Tholen R, Türp JC, Wolowski A. S3-Leitlinie Diagnostik und Behandlung von Bruxismus. Deutsche Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGFD), Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) 2019. AWMF-Registernummer: 083-027.
- Philipsenburg C, Gutzeit O, Keßler J, Trierweiler-Hauke B, Hofer S. Chronische Schmerzen. *Gefäßchirurgie* 2017; 22:205-217.
- Porcelli AJ. An alternative to the traditional cold pressor test: The cold pressor arm wrap. *J Vis Exp* 2014; 83:50849.

- Raab WHM. Akuter und chronischer Zahnschmerz. Dtsch Zahnärztl Z 1991; 46:101-108.
- Raigrodski AJ, Mohamed SE, Gardiner DM. The effect of amitriptyline on pain intensity and perception of stress in bruxers. J Prosthodont 2001; 10:73-77.
- Schäfer E. Struktur der Pulpa und ihre Erkrankungsformen. In: Endodontie – Praxis der Zahnheilkunde 3 D Heidemann (Hrsg.). München: Urban & Fischer, 2001:1-24.
- Schames SE, Jordan M, Robbins H, Katz L, Tarbert K. Nonodontogenic sources of dental pain. J Calif Dent Assoc 2016; 44:507-513.
- Schmiedebach HP. Der Schmerz Kulturphänomen und Krankheit: Kulturphänomen und Krankheit. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 2002; 45:419–424.
- Schmitz N, Kruse J, Heckrat C, Alberti L, Tress W. Diagnosing mental disorders in primary care: The General Health Questionnaire (GHQ) and the Symptom Check List (SCL-90-R) as screening instruments. Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol 1999; 34:360-366.
- Schroeder HE. Pathobiologie oraler Strukturen: Zähne, Pulpa, Parodont. S. Karger AG 1996.
- Schrör K, Sinzinger H, Weidner G, Bräuker H. Prostaglandine und Leukotriene bei Entzündung und Schmerz. Wiesbaden: Albert-Roussel 1987.
- Seraidarian P, Seraidarian PI, das Neves Cavalcanti B, Marchini L, Claro Neves AC. Urinary levels of catecholamines among individuals with and without sleep bruxism. Sleep Breath 2009; 13:85-88.
- Shetty S, Pitti V, Satish Babu CL, Surendra Kumar GP, Deepthi BC. Bruxism: A literature review. J Indian Prosthodont Soc 2010; 10:141-148.
- Siebner HR, Ziemann U. Das TMS-Buch: Handbuch der transkraniellen Magnetstimulation. Springer Medizin 2007.

- Silverthorn DU, Michael J. Cold stress and the cold pressor test. In: *Advances in physiology education* 2013; 37:93-96.
- Tesarz J, Gerhardt A, Eich W. Einfluss frühkindlicher Stresserfahrungen und traumatisierender Lebensereignisse auf das Schmerzempfinden. *Schmerz* 2018; 32:243-249.
- Tsukada K. Ultrastructure of the relationship between odontoblast processes and nerve fibres in dentinal tubules of rat molar teeth. *Arch Oral Biol* 1987; 32:87-92.
- Uca AU, Uğuz F, Kozak HH, Gümüş H, Aksoy F, Seyithanoğlu A, Kurt HG. Antidepressant-induced sleep bruxism: Prevalence, incidence and related factors. *Clin Neuropharmacol* 2015; 38:227-230.
- Weisleder R, Yamauchi S, Caplan DJ, Trope M, Teixeira FB. The validity of pulp testing: a clinical study. *J Am Dent Assoc* 2009; 140:1013-1017.
- Welter VDE. Neuroplastizität und Schmerz. Multisensorische Stimulation Als Therapieverfahren Bei (Sub-)Akutem Schmerz. Springer 2016.
- Winocur E, Gavish A, Voikovitch M, Emodi-Perlman A, Eli I. Drugs and bruxism: a critical review. *J Orofac Pain* 2003; 17:99-111.
- Winocur E, Uziel N, Lisha T, Goldsmith C, Eli I. Self-reported bruxism - associations with perceived stress, motivation for control, dental anxiety and gagging. *J Oral Rehabil* 2011; 38:3-11.
- World Health Organization. International statistical classification of diseases and related health problems. 10th revision, Fifth edition. World Health Organization 2016.
- Yatani H, Kmiyama O, Matsuka Y, Wajima K, Muraoka W, Ikawa M, Sakamoto E, De Laat A, Heir GM. Systematic review and recommendations for nonodontogenic toothache. *J Oral Rehabil* 2014; 41:843-852.

6 Anhang

Anhang 1: Probandeninformation

B. Probandeninformation und Einverständniserklärung

Patientenaufklärungsbogen und Einverständniserklärung

zur Teilnahme an einer Untersuchung mit dem Titel

Untersuchung zur dentalen Schmerzperzeption von Schlaf-Bruxisten

**Poliklinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und Endodontologie
(Komm. Direktor: Prof. Dr. Dr. T. Beikler)**

**Universitätsklinikum Düsseldorf
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf**

Universitätsklinikum Düsseldorf Postfach 101007 D-40001 Düsseldorf

Direktor (komm.)

Prof. Dr. Dr. T. Beikler
e-mail: beikler@med.uni-duesseldorf.de

Sekretariat

Sonja Theisen
Tel.: 0211-81-18144
Fax: 0211-81-19244
e-mail: Sonja.Theisen@med.uni-duesseldorf.de

Oberärztin

Priv.-Doz. Dr. Michelle A. Ommerborn
Tel.: 0211-81-18263
Fax: 0211-81-04021
E-mail: Ommerborn@med.uni-duesseldorf.de

Webseiten der Klinik

[www.uniklinik-duesseldorf.de/
zahnerhaltung](http://www.uniklinik-duesseldorf.de/zahnerhaltung)

Ansprechpartner: Durchwahl: E-Mail: Datum:
Priv.-Doz. Dr. M. A. Ommerborn 18263 Ommerborn@med.uni-duesseldorf.de

Sehr geehrte Studentenehmerin, sehr geehrter Studentenehmer,
nach dem vorhergehenden Gespräch möchten wir uns auch noch einmal auf diesem
Wege für Ihr Interesse bedanken und Sie hiermit ganz herzlich zur Teilnahme an
der Studie mit dem Titel **Untersuchungen zur dentalen Schmerzperzeption von
Schlaf-Bruxisten** einladen.

Auf den nachfolgenden Seiten finden Sie in der Probandeninformation Erläuterungen
zum Studienablauf sowie die Einwilligungserklärung zur Teilnahme.

Sollten Sie Rückfragen haben, stehen wir Ihnen selbstverständlich gerne unter
folgender Rufnummer zur Verfügung: 0211/81-18263.

Über Ihre Teilnahme an der Studie würden wir uns sehr freuen und verbleiben schon
jetzt mit freundlichen Grüßen

Priv.-Doz. Dr. M. A. Ommerborn

Patienteninformation

Hintergrund und Ziel der Studie

Das klinische Bild des überempfindlichen Zahnhalses beschreibt einen kurzen, scharfen Schmerz, der ausgelöst wird, wenn der äußere Zahnschmelz fehlt und die tiefere Zahnschmelzsubstanz durch Kaltes, Süßes oder durch festes Zähnebürsten gereizt wird. Mögliche Ursachen für den Verlust des Zahnschmelzes können eine falsche Zahnpflege, die häufige Einwirkung von Säuren aus der Nahrung oder aber das Abplatzen von Zahnschmelz infolge starken Zähneknirschens (Fachausdruck hierfür ist „Bruxismus“) sein.

Bei Patienten, die stark mit den Zähnen knirschen, kommt es zu erheblichen Kräfteinwirkungen auf den Kauflächen infolge der Knirsch- und Pressbewegungen, sowohl am Tage als auch während des Schlafs. Diese einwirkenden Kräfte können neben deutlichen Abnutzungserscheinungen auf den Kauflächen und Schneidekanten der Zähne im Sinne eines Schutzmechanismus zu Veränderungen des Zahnmarks führen. Obwohl bekannt ist, dass auch Patienten mit Bruxismus über überempfindliche Zahnhälse berichten, ist zum Zusammenhang von Bruxismus und überempfindlichen Zahnhälse bisher nur wenig bekannt.

Es soll überprüft werden, ob sich die allgemeine Schmerzempfindung sowie die Schmerzempfindung an den Zähnen von Patienten mit nächtlichem Bruxismus (also Menschen, die nachts mit den Zähnen knirschen) von der einer Gruppe ohne nächtlichen Bruxismus unterscheidet. Weiterhin soll in diesem Zusammenhang untersucht werden, ob ein vorhandener überempfindlicher Zahnhals diese Wahrnehmung beeinflusst.

Teilnahmebedingungen

Beim ersten Termin wird durch eine zahnärztliche Untersuchung geklärt, ob die Probanden zur Gruppe der nächtlichen Zähneknirscher oder zur Gruppe der nicht-Zähneknirscher gehören. Dazu werden die Zähne und Kaumuskel untersucht und Abdrücke von den Zähnen genommen, um Gipsmodelle herstellen zu können. Dies dient sowohl zur Dokumentation der dentalen Bedingungen als auch für die individuelle Anfertigung von Fluoridierungs- oder Bleichfolien, die den Studienteilnehmern als Aufwandsentschädigung angeboten werden. Diese Untersuchung wird in der Westdeutschen Kieferklinik (Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf) durchgeführt. Weiterhin wird in einem Gespräch abgeklärt, ob der Proband im Alltag unter überempfindlichen Zahnhälse leidet, z. B. wenn etwas Süßes oder Kaltes an die Zähne gelangt, oder ob diese Zahnempfindlichkeiten bisher nicht vorlagen.

Zeigen sich im Rahmen der zahnärztlichen Untersuchung behandlungsbedürftige Befunde im Kausystem, wird dem Probanden selbstverständlich eine entsprechende zahnmedizinische Behandlung angeboten.

Ausschlusskriterien

Folgende Gründe **schließen** von der Teilnahme an der Studie **aus**:

- ❖ Patienten unter dem 20. und über dem 60. Lebensjahr
- ❖ Erkrankungen mit Beteiligung des peripheren oder zentralen Nervensystems
- ❖ Einnahme sedierender Medikamente

- ❖ Schwere psychische Erkrankungen (z. B. Schizophrenie, schwere Depressionen)
- ❖ Herzschrittmacher
- ❖ Drogen-, Medikamenten- und/oder Alkoholmissbrauch
- ❖ Mangelnde Deutschkenntnisse
- ❖ Schwangerschaft

Zudem gelten folgende zahnärztliche Ausschlusskriterien für beide Studienteile:

- ❖ Herausnehmbarer Zahnersatz (Zahnprothesen)
- ❖ Fehlen der oberen vorderen Backenzähne
- ❖ Starke Zahnfehlstellungen (z. B. offener Biss)
- ❖ Festsitzende Zahnspangen
- ❖ Aktuelle Behandlung beim Zahnarzt gegen empfindliche Zahnhäse

Das Fehlen dieser Ausschlusskriterien wird anhand eines Fragebogens zur Krankengeschichte im Rahmen eines Untersuchungsgesprächs überprüft.

Ablauf der Untersuchung

Im Rahmen des zweiten Termins sollen mittels des Cold Pressor Tests Informationen zur allgemeinen individuellen Schmerzempfindlichkeit des Probanden gesammelt werden. Die Patienten werden hierzu gebeten, ihre rechte Hand bis zum Handgelenk so lange sie können in ein Becken mit 5°C kaltem, zirkulierendem Wasser zu halten. Der Versuch wird automatisch beendet, wenn die Schmerztoleranz bei einem Probanden nicht innerhalb von 5 Minuten erreicht wird. Hierbei handelt es sich um ein seit Jahrzehnten in der medizinischen Forschung etabliertes Verfahren.

Als nächstes werden die Probanden gebeten, insgesamt fünf Fragebögen, z. B. zur mundbezogenen Lebensqualität und zur eigenen Stressverarbeitung, auszufüllen. Danach findet die zahnmedizinische Sensibilitätsmessung an einem Zahn statt, wie sie von zahnärztlichen Kontrolluntersuchungen beim Hauszahnarzt bekannt ist. Überprüft wird in dieser Studie ein oberer vorderer Backenzahn anhand elektrischen und thermischen Sensibilitätstests. Zwischen den beiden Sensibilitätsprüfungen findet eine Pause von etwa zwei Minuten statt.

Bei den Probanden, die im Rahmen des 1. Termins über überempfindliche Zahnhäse berichtet haben, erfolgt eine klinische Überprüfung bezüglich ihrer Ausprägung. Diese wird mittels Taktilitäts-, Luftblase- und Kaltwassertest vorgenommen. Zwischen den 3 Testungen liegt jeweils eine Pause von etwa 5 Minuten.

Risiken und Vorsichtsmaßnahmen

Die an den Probanden durchgeführte zahnmedizinische Diagnostik sind auf körperlicher Ebene in keiner Weise invasiv oder stellen eine potentielle Gefährdung dar. Die einzige körperliche Belastung besteht in der Anfertigung eines digitalen Röntgenbildes, welches zur Abklärung eines möglichen, bis dahin unerkannten Entzündungsprozesses an den Zahnwurzeln dient, wenn ein Zahn nicht auf die Sensibilitätsprobe reagiert. Sollte der betreffende Zahn nicht wurzelgefüllt sein und eine chronische Entzündung an der Zahnwurzel vorliegen, wird dem Probanden selbstverständlich eine zahnmedizinische

Wurzelkanalbehandlung in unserer Klinik angeboten. Die eingesetzte digitale Röntgentechnik verursacht eine minimale Strahlenbelastung, die unterhalb eines Transatlantik-Fluges liegt. Der Nutzen dieser detaillierten zahnmedizinischen Diagnostik überwiegt also deutlich.

Den Probanden, bei denen nächtlicher Bruxismus diagnostiziert wurde, wird eine kostenlose Behandlung mittels zahnärztlicher Aufbisschiene angeboten. Zusätzlich wird allen Patienten mit überempfindlichen Zahnhälsen eine Desensibilisierungstherapie mit einem handelsüblichen zahnmedizinischen Präparat angeboten.

Über die geschilderten Ausschlusskriterien wird darüber hinaus sichergestellt, dass Personen mit akuten körperlichen Erkrankungszuständen von der Untersuchung generell ausgeschlossen werden.

Alle Versuchsteilnehmer werden über Sinn, Ziel und Methoden der Untersuchung gründlich aufgeklärt und erteilen gegebenenfalls ihr schriftliches Einverständnis zur Versuchsteilnahme. Sie erhalten darüber hinaus bei Interesse eine Rückmeldung ihrer Untersuchungsergebnisse.

Die erhobenen Daten werden streng nach datenschutzrechtlichen Bestimmungen behandelt.

Versicherungsschutz

Für verschuldete Vorkommnisse haftet die Haftpflichtversicherung des Universitätsklinikums. Sie sind über eine für diese Studie abgeschlossene Wege-Unfallversicherung bei nachfolgend aufgeführter Gesellschaft hinsichtlich Ihrer Anreise zur Westdeutschen Kieferklinik unfallversichert. Auf Wunsch erhalten Sie ein Exemplar der Versicherungsbedingungen.

HDI-Gerling Industrie Versicherung AG
Riethorst 2
30659 Hannover
Versicherungsnummer: 65958420 03028

Honorierung

Als Entschädigung für den Zeitaufwand und die anfallenden Fahrtkosten erhält jeder Versuchsteilnehmer je nach Wunsch entweder eine professionelle Zahnreinigung im Wert von ca. 70-140€ oder zwei im Hauslabor individuell hergestellte Fluoridierungs- oder Bleichschiene im Wert von ca. 200€. Die Terminabstimmung für die Realisierung der Aufwandsentschädigung wird mit den Probanden etwa 4-6 Wochen nach Durchführung der Sensibilitätsmessung vorgenommen. Eine Barauszahlung eines vergleichbaren Betrages ist nicht möglich.

Universitätsklinikum Düsseldorf Postfach 101007 D-40001 Düsseldorf

Direktor (komm.)

Prof. Dr. Dr. T. Beikler
e-mail: beikler@med.uni-duesseldorf.de

Sekretariat

Sonja Theisen
Tel.: 0211-81-18144
Fax: 0211-81-19244
e-mail: Sonja.Theisen@med.uni-duesseldorf.de

Oberärztin

Priv.-Doz. Dr. Michelle A. Ommerborn
Tel.: 0211-81-18263
Fax: 0211-81-04021
E-mail: Ommerborn@med.uni-duesseldorf.de

Webseiten der Klinik

www.uniklinik-duesseldorf.de/zahnerhaltung

Ansprechpartner: Priv.-Doz. Dr. M. A. Ommerborn
Durchwahl: 18263
E-Mail: Ommerborn@med.uni-duesseldorf.de
Datum:

Sehr geehrte Studienteilnehmerin, sehr geehrter Studienteilnehmer,
im Anschluss an die Probandeninformation möchten wir Sie bitten, die nachfolgende
Einwilligungserklärung zur Teilnahme an der Studie **Untersuchungen zur dentalen
Schmerzperzeption von Schlaf-Bruxisten** sowie die Einwilligungserklärung zum
Datenschutz zu unterzeichnen.

Einverständniserklärung

Nach ausführlicher schriftlicher und mündlicher Aufklärung über das Ziel der
Untersuchung und die Art der hierfür eingesetzten Untersuchungsmittel
erkläre ich mich freiwillig zur Teilnahme bereit.

**In anonymisierter Form und unter strenger Beachtung datenschutzrechtlicher
Vorschriften und der ärztlichen Schweigepflicht werden alle bei mir erhobenen
Daten EDV-gestützt statistisch ausgewertet.**

Ich kann die Teilnahme an dieser Untersuchung zu jedem Zeitpunkt ohne Angabe
von Gründen abbrechen und die getroffenen Zusagen wieder rückgängig machen.

Ich bin mit allen Untersuchungsschritten einverstanden.

Wenn Sie keine Fragen mehr haben und mit der Teilnahme einverstanden sind,
unterschreiben Sie bitte dieses Formblatt.

Ich,, erkläre mich bereit, an dieser Studie
als

Proband teilzunehmen, nachdem ich von Dr.
umfassend darüber informiert worden bin.

.....
(Datum, Unterschrift Patient)

.....
(Unterschrift Arzt)

„Untersuchung zur dentalen Schmerzperzeption von Schlaf-Bruxisten“

Mir ist bekannt, dass bei dieser Studie personenbezogene Daten, insbesondere medizinische Befunde, über mich erhoben, gespeichert und ausgewertet werden sollen. Die Verwendung der Angaben über meine Gesundheit erfolgt nach gesetzlichen Bestimmungen und setzt vor der Teilnahme an der Studie folgende freiwillig abgegebene Einwilligungserklärung voraus, d.h. ohne die nachfolgende Einwilligung kann ich nicht an der Studie teilnehmen.

Einwilligungserklärung zum Datenschutz

1) Ich erkläre mich damit einverstanden, dass im Rahmen dieser Studie erhobene Daten, insbesondere Angaben über meine Gesundheit, erhoben, in Papierform oder auf elektronischen Datenträgern in der **Poliklinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und Endodontologie** aufgezeichnet und gespeichert werden. Soweit erforderlich, dürfen die erhobenen Daten anonymisiert an das **Klinische Institut für Psychosomatische Medizin und Psychotherapie** weitergegeben und für die statistische Auswertung verwendet werden.

2) Ich bin darüber aufgeklärt worden, dass ich meine Einwilligung in die Aufzeichnung, Speicherung und Verwendung meiner Daten **jederzeit widerrufen** kann. **Bei einem Widerruf werden meine Daten unverzüglich gelöscht.**

3) Ich erkläre mich damit einverstanden, dass meine Daten nach Beendigung oder Abbruch der Studie **10 Jahre** aufbewahrt werden. Danach werden meine personenbezogenen Daten gelöscht, soweit dem nicht gesetzliche, satzungsgemäße oder vertragliche Aufbewahrungsfristen entgegenstehen.

.....
(Datum, Unterschrift Studienteilnehmer)

Anhang 2: Protokoll erster Untersuchungstermin-Klinischer Funktionsstatus

Stand 16.01.2013

Protokoll zum 1. Messtermin (klinischer Funktionsstatus)

VP-Nr.:	Untersuchungsdatum:
---------	---------------------

ANAMNESE

- Liegt eine Allgemeinerkrankung vor? ja nein
Wenn ja, welche? _____
- Nehmen Sie regelmäßig Medikamente ein? ja nein
Wenn ja, welche? _____

ANAMNESE BRUXISMUS

- Hat Ihr Schlafpartner Sie in den letzten 6 Monaten auf Knirschgeräusche während des Schlafs hingewiesen? ja nein
3.a Wenn nicht der Partner, wer hat Sie ansonsten darauf aufmerksam gemacht?

Hauszahnarzt	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>
Familie	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>
Sie haben es selbst bemerkt	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>
Sonstige Personen:	_____	

4. Seit wann ist Ihnen bekannt, dass Sie mit den Zähnen knirschen?Jahre

5. Pressen Sie tagsüber mit den Zähnen? ja nein

6. Haben Sie manchmal ein Müdigkeits- oder Steifigkeitsgefühl in der Kaumuskulatur beim Bewegen des Unterkiefers beim morgendlichen Erwachen? ja nein

7. Wurden Sie diesbezüglich in den letzten 12 Monaten behandelt? (z. B. mittels AS, Einschleifmaßnahmen am natürlichen Gebiss, umfangreicher Überkronung) ja nein

8. Wie stark schätzen Sie Ihre Knirschaktivität ein?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
überhaupt keine Knirschaktivität						maximal vorstellbare Knirschaktivität				

9. Wie stark schätzen Sie die damit vergesellschafteten Beschwerden ein?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
überhaupt keine Beschwerden						maximal vorstellbare Beschwerden				

10. Wie stark beeinträchtigt das Knirschen Ihr alltägliches Wohlbefinden?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
überhaupt nicht						sehr stark				

11. Ist Ihre momentane Lebenssituation durch Stress belastet?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
überhaupt nicht						sehr stark				

12. Reagieren Ihre Zähne besonders sensibel?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
überhaupt nicht						sehr stark				

Anhang 3: Fragebogen-Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders

Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders – German Version (RDC/TMD-G)

Edited by:

Mike T. John, University of Leipzig, Germany
Christian Hirsch, Martin Luther University Halle-Wittenberg, Germany

Collaborators:

Thomas Reiber, University of Leipzig, Germany
Samuel F. Dworkin, University of Washington, U.S.A.

Version accepted:

(see Language Translation at website: RDC-TMDinternational.org)

Untersuchungsblatt (Achse I Befunde)

Alter:
 Geschlecht: männlich 0
 weiblich 1

1. Haben Sie Schmerzen in der rechten Gesichtshälfte, in der linken oder in beiden?
- | | | | |
|--|--------|---|--------------------------|
| | keine | 0 | <input type="checkbox"/> |
| | rechts | 1 | <input type="checkbox"/> |
| | links | 2 | <input type="checkbox"/> |
| | beide | 3 | <input type="checkbox"/> |

2. Können Sie auf die schmerzende Stelle zeigen?
 (Der Untersucher tastet die gezeigte Stelle ab, wenn unklar ist, ob es Muskel- oder Gelenkschmerzen sind)
- | | | | |
|--|--------------|----------------------|--------------------------|
| | | <u>rechts</u> | |
| | keine | 0 | <input type="checkbox"/> |
| | Kiefergelenk | 1 | <input type="checkbox"/> |
| | Muskel | 2 | <input type="checkbox"/> |
| | beides | 3 | <input type="checkbox"/> |
| | | <u>links</u> | |
| | keine | 0 | <input type="checkbox"/> |
| | Kiefergelenk | 1 | <input type="checkbox"/> |
| | Muskel | 2 | <input type="checkbox"/> |
| | beides | 3 | <input type="checkbox"/> |

3. Mundöffnungsbewegung
- | | | | |
|--|--|---|--------------------------|
| | gerade | 0 | <input type="checkbox"/> |
| | seitliche Abweichung (Deflexion) nach rechts | 1 | <input type="checkbox"/> |
| | „s“-förmige Abweichung (Deviation) nach rechts | 2 | <input type="checkbox"/> |
| | seitliche Abweichung (Deflexion) nach links | 3 | <input type="checkbox"/> |
| | „s“-förmige Abweichung (Deviation) nach links | 4 | <input type="checkbox"/> |
| | anderes Muster | 5 | <input type="checkbox"/> |

Typ _____

4. Vertikaler Bewegungsumfang
- | | | | |
|--|-------------------------------------|-------|----|
| | a) akt. max. Öffnung ohne Schmerzen | ..... | mm |
| | b) akt. max. Öffnung | ..... | mm |
| | c) passive max. Öffnung | ..... | mm |
| | d) Overbite | ..... | mm |
| | e) Overjet | ..... | mm |

Muskelschmerzen

	b)	c)
keine	0 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
rechts	1 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>
links	2 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
beide	3 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>

Gelenkschmerzen

	b)	c)
keine	0 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
rechts	1 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>
links	2 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
beide	3 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>

5. Gelenkgeräusche (Palpation)

<u>a) Öffnung</u>		<u>rechts</u>	<u>links</u>
keine		0 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
Knacken		1 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>
starkes Reiben		2 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
feines Reiben		3 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
Öffnungsknacken bei	.....mm	.....mm	.....mm
<u>b) Schließen</u>			
keine		0 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
Knacken		1 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>
starkes Reiben		2 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
feines Reiben		3 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
Schließungsknacken bei	.....mm	.....mm	.....mm
<u>c) reziprokes Knacken</u>		<u>rechts</u>	<u>links</u>
verhindert bei	nein	0 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
protrusiver Öffnung	ja	1 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>
	NZ	9 <input type="checkbox"/>	9 <input type="checkbox"/>

6. Bewegungen

Bewegung	Bewegung in mm	Muskelschmerzen				Gelenkschmerzen			
		keine 0	rechts 1	links 2	beide 3	keine 0	rechts 1	links 2	beide 3
Laterotr.rechts									
Laterotr.links									
Protrusion									

Mittellinienabweichungmm rechts
links

7. Gelenkgeräusche bei Bewegung Geräusche rechts Geräusche links

Bewegung nach rechts	keine	0 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
	Knacken	1 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>
	starkes Reiben	2 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
	feines Reiben	3 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
Bewegung nach links	keine	0 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
	Knacken	1 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>
	starkes Reiben	2 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
	feines Reiben	3 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
Protrusion	keine	0 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
	Knacken	1 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>
	starkes Reiben	2 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
	feines Reiben	3 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>

8. Extraorale Muskelpalpation		rechts	links	
kein Schmerz/nur Druck	=0	a) Temporalis posteriorer Teil	0 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
leichter Schmerz	=1		1 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>
mäßiger Schmerz	=2		2 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
heftiger Schmerz	=3		3 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
		b) Temporalis medialer Teil	0 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
			1 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>
			2 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
			3 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
		c) Temporalis anteriorer Teil	0 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
			1 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>
			2 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
			3 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
		d) Masseterursprung	0 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
			1 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>
			2 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
			3 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
		e) Masseterkörper	0 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
			1 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>
			2 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
			3 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
		f) Masseteransatz	0 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
			1 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>
			2 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
			3 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
		g) Regio retromandibularis	0 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
			1 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>
			2 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
			3 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
		h) Regio submandibularis	0 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
			1 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>
			2 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
			3 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
9. Palpation des Gelenkes		a) lateraler Kondylenpol	0 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
			1 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>
			2 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
			3 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
		b) posteriorer Kondylenpol	0 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
			1 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>
			2 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
			3 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
10. intraorale Palpation		a) Pterygoideus lateralis	0 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
			1 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>
			2 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
			3 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
		b) Temporalissehne	0 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
			1 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>
			2 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
			3 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>

Datum:

Untersucher:

Zusammenfassung der Patientenbefunde
(Subject patient summary of findings)

ID-Nummer (Name)

DEMOGRAFIE

Alter
Geschlecht
Bildungsgrad
Monatliches Haushaltseinkommen

PATIENTENCHARAKTERISTIK (ANAMNESTISCH)

Kiefergelenkknacken	(ja/nein)
Knirschen	(ja/nein)
Nächtliches Knirschen/Pressen	(ja/nein)
Knirschen/Pressen am Tage	(ja/nein)
Unbequemer/ungewöhnlicher Zusammenbiss	(ja/nein)
Morgendliche Steifheit	(ja/nein)
Ohrgeräusche	(ja/nein)

ACHSE I DIAGNOSEN

Gruppe I. Myogene Dysfunktionen (nur eine Diagnose in Gruppe I möglich)

- A) myofaszialer Schmerz (I.a)
- B) myofaszialer Schmerz mit begrenzter Mundöffnung (I.b)
- C) keine Gruppe I Diagnose

Gruppe II. Diskusverlagerungen (nur eine Diagnose für jedes Gelenk möglich)

Rechtes Kiefergelenk	Linkes Kiefergelenk
A) Diskusverlagerung mit Reposition	A) Diskusverlagerung mit Reposition
B) Diskusverlagerung ohne Reposition mit begrenzter Mundöffnung	B) Diskusverlagerung ohne Reposition mit begrenzter Mundöffnung
C) Diskusverlagerung ohne Reposition ohne begrenzte Mundöffnung	C) Diskusverlagerung ohne Reposition ohne begrenzte Mundöffnung
D) Keine Gruppe II Diagnose	D) Keine Gruppe II Diagnose

Gruppe III. Andere Gelenkerkrankungen

Rechtes Kiefergelenk	Linkes Kiefergelenk
A) Athralgie (III.a)	A) Athralgie (III.a)
B) Osteoarthritis des Kiefergelenks (III.b)	B) Osteoarthritis des Kiefergelenks (III.b)
C) Osteoarthrose des Kiefergelenks (III.c)	C) Osteoarthrose des Kiefergelenks (III.c)
D) Keine Gruppe III Diagnose	D) Keine Gruppe III Diagnose

Anhang 4: Protokoll zweiter Untersuchungstermin-Cold Pressor-Test und zahnmedizinischer Sensibilitätsmessung

Protokoll zum 2. Messtermin

Datum _____ VP-Nr. _____

Permutationsreihenfolge:

Cold Pressor Test (A)

Individuelle Schmerzschwelle (Zeit bis erste Schmerzwahrnehmung)	Schmerztoleranz (Gesamtzeit Hand unter Wasser)
<input type="checkbox"/> Min.	<input type="checkbox"/> Min.

Versuchende nach max. 5 Minuten

Schmerzintensität beim Cold Pressor Test (subjektiv empfundene Schmerzintensität)

Bitte markieren Sie auf der nachfolgenden Skala ein Kreuz an derjenigen Stelle, die der Stärke Ihres Schmerzes während des Cold Pressor Tests entspricht. Der linke Endpol der Skala bedeutet „keine Schmerzen“, der rechte Pol „die stärksten Schmerzen, die sie sich vorstellen können“.

keine Schmerzen  stärkste vorstellbare Schmerzen

Wert:

Testzahn:

Zahnmedizinische Sensibilitätsmessung (B)

(elektrisch und thermisch (CO₂-Schnee = -78,5 °C))

Karenzzeit zwischen Cold Pressor Test und zahnmedizinischer Sensibilitätsmessung 10 Minuten

	Kribbelndes Gefühl
Elektr. Sensibilitätsmessung	<input type="checkbox"/> EPT-Units

Karenzzeit 2 Minuten

	Applikationszeit (erste moderate Schmerzwahrnehmung)	Schmerzdauer (Schmerzsensation abgeklungen)
Thermische Sensibilitätsmessung	<input type="checkbox"/> Sek.	<input type="checkbox"/> Sek.

Schmerzintensität bei thermischer Sensibilitätsprüfung (subjektiv empfundene Schmerzintensität)

Bitte markieren Sie auf der nachfolgenden Skala ein Kreuz an derjenigen Stelle, die der Stärke Ihres Schmerzes während der thermischen Sensibilitätsprüfung entspricht. Der linke Endpol der Skala bedeutet „keine Schmerzen“, der rechte Pol „die stärksten Schmerzen, die sie sich vorstellen können“.

keine Schmerzen  stärkste vorstellbare Schmerzen

Wert:

Anhang 5: Fragebogen-OHIP-G 14 zur mundgesundheitsbezogenen Lebensqualität

Datum: _____

VP-Nr. _____

OHIP-G 14

-Fragebogen zur mundgesundheitsbezogenen Lebensqualität-

Bitte prüfen Sie für jede der folgenden Aussagen, wie sehr die beschriebene Situation für Sie persönlich zutrifft. Kreuzen Sie bitte für jede Aussage eine Zahl an.

Hatten Sie im vergangenen Monat aufgrund von Problemen mit Ihren Zähnen, im Mundbereich oder mit Ihrem Zahnersatz ...	sehr oft	oft	ab und zu	kaum	nie
... Schwierigkeiten bestimmte Worte auszusprechen?	4	3	2	1	0
... das Gefühl, Ihr Geschmackssinn war beeinträchtigt?	4	3	2	1	0
... den Eindruck, dass Ihr Leben ganz allgemein weniger zufriedenstellend war?	4	3	2	1	0
... Schwierigkeiten zu entspannen?	4	3	2	1	0

Ist es im vergangenen Monat aufgrund von Problemen mit Ihren Zähnen, im Mundbereich oder mit Ihrem Zahnersatz vorgekommen, ...	sehr oft	oft	ab und zu	kaum	nie
... dass Sie sich angespannt gefühlt haben?	4	3	2	1	0
... dass Sie Ihre Mahlzeiten unterbrechen mussten?	4	3	2	1	0
... dass es Ihnen unangenehm war, bestimmte Nahrungsmittel zu essen?	4	3	2	1	0
... dass Sie anderen Menschen gegenüber eher reizbar gewesen sind?	4	3	2	1	0
... dass es Ihnen schwergefallen ist, Ihren alltäglichen Beschäftigungen nachzugehen?	4	3	2	1	0
... dass Sie vollkommen unfähig waren, etwas zu tun?	4	3	2	1	0
... dass Sie ein wenig verlegen gefühlt haben?	4	3	2	1	0
... dass Ihre Ernährung unbefriedigend gewesen ist?	4	3	2	1	0

Hatten Sie im vergangenen Monat ...	sehr oft	oft	ab und zu	kaum	nie
... Schmerzen im Mundbereich?	4	3	2	1	0
... Ein Gefühl der Unsicherheit in Zusammenhang mit Ihren Zähnen, Ihrem Mund oder Ihrem Zahnersatz?	4	3	2	1	0

OHIP-G 14 nach

John MT, Micheelis W, Biffar R. Originalarbeiten-Einflussfaktoren mundgesundheitsbezogener Lebensqualität-Validierung einer deutschen Kurzversion des Oral Health Impact Profile (OHIP-G14). Dtsch Zahnärztl Z 2004; 59:328-333.

Anhang 6: Fragebogen-SCL-90-R

Datum _____ Name _____ Vorname _____

SCL-90-R

ANLEITUNG:

Sie finden nachstehend eine Liste von Problemen und Beschwerden, die man manchmal hat. Bitte lesen Sie jede Frage einzeln sorgfältig durch und entscheiden Sie, wie stark Sie durch diese Beschwerden gestört oder bedrängt worden sind, und zwar **während der vergangenen 7 Tage bis heute**. Überlegen Sie bitte nicht erst, welche Antwort den besten Eindruck machen könnte, sondern antworten Sie so, wie es für Sie persönlich zutrifft. Machen Sie bitte hinter jeder Frage ein Kreuz: in das Kästchen unter der für Sie am besten zutreffenden Antwort. Streichen Sie versehentliche Antworten bitte dick durch, und kreuzen Sie danach das richtige Kästchen an. **Bitte beantworten Sie jede Frage!**

Hier ein Beispiel:

	überhaupt nicht	ein wenig	ziemlich	stark	sehr stark
Wie sehr litten Sie unter Rückenschmerzen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Wenn bei Ihnen als Antwort auf diese Frage am besten *sehr stark* zutrifft, so kreuzen Sie das Kästchen *sehr stark* an (wie hier in diesem Beispiel).

Alle ihre Antworten werden vertraulich behandelt.

Wie sehr litten Sie unter...?	überhaupt nicht	ein wenig	ziemlich	stark	sehr stark
1. Kopfschmerzen	<input type="checkbox"/>				
2. Nervosität oder innerem Zittern	<input type="checkbox"/>				
3. immer wieder auftauchenden unangenehmen Gedanken, Worten oder Ideen, die Ihnen nicht aus dem Kopf gehen	<input type="checkbox"/>				

Wie sehr litten Sie unter...?	über- haupt nicht	ein wenig	ziem- lich	stark	sehr stark
4. Ohnmachts- oder Schwindelgefühlen	<input type="checkbox"/>				
5. Verminderung Ihres Interesses oder Ihrer Freude an Sexualität	<input type="checkbox"/>				
6. allzu kritischer Einstellung gegenüber anderen	<input type="checkbox"/>				
7. der Idee, daß irgend jemand Macht über Ihre Gedanken hat	<input type="checkbox"/>				
8. dem Gefühl, daß andere an den meisten Ihrer Schwierigkeiten schuld sind	<input type="checkbox"/>				
9. Gedächtnisschwierigkeiten	<input type="checkbox"/>				
10. Beunruhigung wegen Achtlosigkeit und Nachlässigkeit	<input type="checkbox"/>				
11. dem Gefühl, leicht reizbar oder verärgert zu sein	<input type="checkbox"/>				
12. Herz- und Brustschmerzen	<input type="checkbox"/>				
13. Furcht auf offenen Plätzen oder auf der Straße	<input type="checkbox"/>				
14. Energielosigkeit oder Verlangsamung in den Bewegungen oder im Denken	<input type="checkbox"/>				
15. Gedanken, sich das Leben zu nehmen	<input type="checkbox"/>				
16. Hören von Stimmen, die sonst keiner hört	<input type="checkbox"/>				
17. Zittern	<input type="checkbox"/>				
18. dem Gefühl, daß man den meisten Leuten nicht trauen kann	<input type="checkbox"/>				
19. schlechtem Appetit	<input type="checkbox"/>				
20. Neigung zum Weinen	<input type="checkbox"/>				
21. Schüchternheit oder Unbeholfenheit im Umgang mit dem anderen Geschlecht	<input type="checkbox"/>				
22. der Befürchtung, ertappt oder erwischt zu werden	<input type="checkbox"/>				
23. plötzlichem Erschrecken ohne Grund	<input type="checkbox"/>				
24. Gefühlsausbrüchen, denen gegenüber Sie machtlos waren	<input type="checkbox"/>				
25. Befürchtungen, wenn Sie allein aus dem Haus gehen	<input type="checkbox"/>				
26. Selbstvorwürfen über bestimmte Dinge	<input type="checkbox"/>				

Wie sehr litten Sie unter...?	überhaupt nicht	ein wenig	ziemlich	stark	sehr stark
27. Kreuzschmerzen	<input type="checkbox"/>				
28. dem Gefühl, daß es Ihnen schwerfällt, etwas anzufangen	<input type="checkbox"/>				
29. Einsamkeitsgefühlen	<input type="checkbox"/>				
30. Schwermut	<input type="checkbox"/>				
31. dem Gefühl, sich zu viele Sorgen machen zu müssen	<input type="checkbox"/>				
32. dem Gefühl, sich für nichts zu interessieren	<input type="checkbox"/>				
33. Furchtsamkeit	<input type="checkbox"/>				
34. Verletzlichkeit in Gefühlsdingen	<input type="checkbox"/>				
35. der Idee, daß andere Leute von Ihren geheimsten Gedanken wissen	<input type="checkbox"/>				
36. dem Gefühl, daß andere Sie nicht verstehen oder teilnahmslos sind	<input type="checkbox"/>				
37. dem Gefühl, daß die Leute unfreundlich sind oder Sie nicht leiden können	<input type="checkbox"/>				
38. der Notwendigkeit, alles sehr langsam zu tun, um sicher zu sein, daß alles richtig wird	<input type="checkbox"/>				
39. Herzklopfen oder Herzjagen	<input type="checkbox"/>				
40. Übelkeit oder Magenverstimmung	<input type="checkbox"/>				
41. Minderwertigkeitsgefühlen gegenüber anderen	<input type="checkbox"/>				
42. Muskelschmerzen (Muskelkater, Gliederreißen)	<input type="checkbox"/>				
43. dem Gefühl, daß andere Sie beobachten oder über Sie reden	<input type="checkbox"/>				
44. Einschlafschwierigkeiten	<input type="checkbox"/>				
45. dem Zwang, wieder und wieder nachzukontrollieren, was Sie tun	<input type="checkbox"/>				
46. Schwierigkeiten, sich zu entscheiden	<input type="checkbox"/>				
47. Furcht vor Fahrten in Bus, Straßenbahn, U-Bahn oder Zug	<input type="checkbox"/>				
48. Schwierigkeiten beim Atmen	<input type="checkbox"/>				

Wie sehr litten Sie unter...?	überhaupt nicht	ein wenig	ziemlich	stark	sehr stark
49. Hitzewallungen oder Kälteschauern	<input type="checkbox"/>				
50. der Notwendigkeit, bestimmte Dinge, Orte oder Tätigkeiten zu meiden, weil Sie durch diese erschreckt werden	<input type="checkbox"/>				
51. Leere im Kopf	<input type="checkbox"/>				
52. Taubheit oder Kribbeln in einzelnen Körperteilen	<input type="checkbox"/>				
53. dem Gefühl, einen Klumpen (Kloß) im Hals zu haben	<input type="checkbox"/>				
54. einem Gefühl der Hoffnungslosigkeit angesichts der Zukunft	<input type="checkbox"/>				
55. Konzentrationsschwierigkeiten	<input type="checkbox"/>				
56. Schwächegefühl in einzelnen Körperteilen	<input type="checkbox"/>				
57. dem Gefühl, gespannt oder aufgeregt zu sein	<input type="checkbox"/>				
58. Schweregefühl in Armen oder Beinen	<input type="checkbox"/>				
59. Gedanken an den Tod und ans Sterben	<input type="checkbox"/>				
60. dem Drang, sich zu überessen	<input type="checkbox"/>				
61. einem unbehaglichen Gefühl, wenn Leute Sie beobachten oder über Sie reden	<input type="checkbox"/>				
62. dem Auftauchen von Gedanken, die nicht Ihre eigenen sind	<input type="checkbox"/>				
63. dem Drang, jemanden zu schlagen, zu verletzen oder ihm Schmerz zuzufügen	<input type="checkbox"/>				
64. frühem Erwachen am Morgen	<input type="checkbox"/>				
65. zwanghafter Wiederholung derselben Tätigkeiten wie Berühren, Zählen, Waschen	<input type="checkbox"/>				
66. unruhigem oder gestörtem Schlaf	<input type="checkbox"/>				
67. dem Drang, Dinge zu zerbrechen oder zu zerschmettern	<input type="checkbox"/>				
68. Ideen oder Anschauungen, die andere nicht mit Ihnen teilen	<input type="checkbox"/>				
69. starker Befangenheit im Umgang mit anderen	<input type="checkbox"/>				
70. Abneigung gegen Menschenmengen, z.B. beim Einkaufen oder im Kino	<input type="checkbox"/>				

Wie sehr litten Sie unter...?	über- haupt nicht	ein wenig	ziem- lich	stark	sehr stark
71. einem Gefühl, daß alles sehr anstrengend ist	<input type="checkbox"/>				
72. Schreck- oder Panikanfällen	<input type="checkbox"/>				
73. Unbehagen beim Essen oder Trinken in der Öffentlichkeit	<input type="checkbox"/>				
74. der Neigung, immer wieder in Erörterungen und Auseinandersetzungen zu geraten	<input type="checkbox"/>				
75. Nervosität, wenn Sie allein gelassen werden	<input type="checkbox"/>				
76. mangelnder Anerkennung Ihrer Leistungen durch andere	<input type="checkbox"/>				
77. Einsamkeitsgefühlen, selbst wenn Sie in Gesellschaft sind	<input type="checkbox"/>				
78. so starker Ruhelosigkeit, daß Sie nicht stillsitzen können	<input type="checkbox"/>				
79. dem Gefühl, wertlos zu sein	<input type="checkbox"/>				
80. dem Gefühl, daß Ihnen etwas Schlimmes passieren wird	<input type="checkbox"/>				
81. dem Bedürfnis, laut zu schreien oder mit Gegenständen zu werfen	<input type="checkbox"/>				
82. der Furcht, in der Öffentlichkeit in Ohnmacht zu fallen	<input type="checkbox"/>				
83. dem Gefühl, daß die Leute Sie ausnutzen, wenn Sie es zulassen würden	<input type="checkbox"/>				
84. sexuellen Vorstellungen, die ziemlich unangenehm für Sie sind	<input type="checkbox"/>				
85. dem Gedanken, daß Sie für Ihre Sünden bestraft werden sollten	<input type="checkbox"/>				
86. schreckerregenden Gedanken und Vorstellungen	<input type="checkbox"/>				
87. dem Gedanken, daß etwas ernstlich mit Ihrem Körper nicht in Ordnung ist	<input type="checkbox"/>				
88. dem Eindruck, sich einer anderen Person nie so richtig nahe fühlen zu können	<input type="checkbox"/>				
89. Schuldgefühlen	<input type="checkbox"/>				
90. dem Gedanken, daß irgend etwas mit Ihrem Verstand nicht in Ordnung ist	<input type="checkbox"/>				

Überprüfen Sie bitte, ob Sie alle Fragen zutreffend beantwortet haben.

Danksagung

Mein größter Dank gilt meiner Doktormutter Prof. Dr. med. Michelle Ommerborn. Sie hat es mir ermöglicht, diese Promotionsarbeit durchzuführen. Durch ihre jahrelange hervorragende und unermüdliche Betreuung, sowohl auf fachlicher als auch menschlicher Ebene konnte diese Forschung vollendet werden. Sie war zu jeder Zeit erreichbar, hatte immer ein offenes Ohr und half wo immer sie konnte, trotz ihrer vielen Verpflichtungen. Sie war nie müde von all den Fragen und Hürden, die sich im Laufe der Jahre aufkamen. Frau Prof. Dr. med. Ommerborn stellte ihre Geduld im Rahmen dieser Promotionsarbeit unter Beweis, deren Betreuung sie mit Bravour gemeistert hat.

Zudem möchte ich mich bei meiner Familie bedanken. Meinem Vater Hasan Özbek und meiner verstorbenen Mutter Gabriele Özbek danke ich von ganzem Herzen, da sie mir diesen Werdegang erst ermöglicht haben. Meine Eltern und meine Schwester Cigdem Akdemir, haben mich während meines Studiums weitestgehend unterstützt und ihr möglichst Bestes für diesen Werdegang getan. Ohne die Unterstützung meiner Familie hätte ich diese Arbeit nicht geschafft. Danke, dass ihr zu jeder Zeit an meiner Seite wart, immer an mich geglaubt habt und mir die nötige Kraft gegeben habt.

Auch bedanke ich mich bei meiner Kollegin Maike Grunwald. Wir haben diese Forschungsarbeit gemeinsam begonnen und viele Bereiche gemeinsam erarbeitet und ausgewertet. Trotz ihrer vielen alltäglichen Verpflichtungen waren wir immer im engen Austausch und haben uns gegenseitig weitestgehend unterstützt.

Mein weiterer Dank gilt an allen Bekannten und Freunden, die mir bei offenen Fragen zur Seite standen und geholfen haben. Auch ihr habt einen Beitrag zu dieser Arbeit geleistet.

Zu guter Letzt möchte ich meine Frau Melis Özbek hier nennen, die ich während meiner Forschungsarbeit kennengelernt habe. Sie sprach mir während der Erarbeitung meiner Dissertation mit lieben Worten zu und hat mir häufig die kleinen wesentlichen Dinge des Alltags abgenommen. Sie stärkte mich mental und emotional wann immer ich es benötigte. Ihr gilt mein besonderer Dank für diese Zeit.