

Aus der
Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Poliklinik für Zahnerhaltung

**Nachuntersuchung von tief subgingivalen
Kompositrestaurationen in vivo**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Zamorska, Nadja Nicole

2023

Dekan: Professor Dr. B. Pichler

1. Berichterstatter: Professorin Dr. D. Wolff

2. Berichterstatter: Professor Dr. F. Rupp

Tag der Disputation: 05.12.2023

Meinen lieben Eltern in Dankbarkeit gewidmet

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	4
Abkürzungsverzeichnis	7
Abbildungsverzeichnis	8
Tabellenverzeichnis	12
1 Einleitung.....	14
1.1 Biologische Breite	14
1.2 Studienlage für die Proximal Box Elevation	18
1.2.1 In vitro Studien	18
1.2.2 Klinische Studien.....	19
1.2.3 Übersichtsarbeiten	20
1.3 Klinisches Vorgehen bei der Proximal Box Elevation	21
1.3.1 Direkte und indirekte Restauration des Defektes	22
1.3.2 Voraussetzungen für eine reizfreie Versorgung	23
1.3.3 Neuartige Matrizensysteme für irritationsfreie Restaurationsränder	24
1.4 Exemplarischer Ablauf einer R2-Versorgung.....	28
1.4.1 Darstellung und Trockenlegung der Kavität.....	29
1.4.2 Erster Restaurationsschritt.....	29
1.4.3 Zweiter Restaurationsschritt.....	31
1.4.4 Anpassung von Interdentalbürsten	33
1.5 Ziel der Studie	34
1.5.1 Arbeitshypothese.....	34
1.5.2 Zielkriterien.....	34
2 Material und Methoden	35
2.1 Ethikantrag	35
2.2 Studiendesign	35
2.3 Ein- und Ausschlusskriterien	35
2.4 Teilnehmerrekrutierung.....	36
2.5 Studiendurchführung.....	37

2.5.1	Intraorale Inspektion.....	38
2.5.2	Erhebung der FDI-Kriterien an Zähnen mit einer Kastenbodenelevation.....	38
2.5.3	Erhebung des Gingiva Index nach Silness/Löe	40
2.5.4	Messung der Sulkussondierungstiefen und des klinischen Attachmentverlust ...	40
2.5.5	Erhebung des Bleeding on Probing Score (BOP).....	41
2.5.6	Erhebung des Plaque-Index (Quigley-Hein-Index, modif. nach Turesky 1970) ..	41
2.5.7	Anlegen der Datensätze.....	42
2.6	Statistisches Design und Methodik	43
3	Ergebnisse.....	45
3.1	Deskriptive Statistik.....	45
3.1.1	Kollektiv der Probanden/Probandinnen	45
3.1.2	Tiefsubgingivale Kompositestaurationen	45
3.1.3	Deskriptive Analyse allgemeiner Parameter	45
3.1.4	Deskriptive Analyse gingivaler und parodontaler Zustände	47
3.2	Analyse: Sondierungstiefe (ST_{lokal}), klinischer Attachmentverlust (CAL_{lokal}), Gingivaler Index (Silness/Löe $_{\text{lokal}}$), Plaque Index (modif. Turesky $_{\text{lokal}}$) und Parodontitis-Klassifikation $_{\text{lokal}}$	51
3.3	Lineare Regression.....	56
3.4	FDI-Kriterien	62
4	Diskussion.....	72
4.1	Diskussion des Studiendesigns und der Methodik	72
4.2	Diskussion der Ergebnisse	79
4.2.1	Klinische Beschreibung des Zahnhalteapparates im Bereich der subgingivalen Restauration und am gesunden Kontrollzahn und lineare Regressionen	79
4.2.2	Qualitätsparameter der tief subgingivalen Kompositrestaurationen	95
4.3	Schlussfolgerungen	105
5	Zusammenfassung.....	107
6	Literaturverzeichnis.....	109
7	Anhang.....	124
7.1	Vergleich einzelner Parodontitis-Parameter (restaurierte Zähne versus Referenzzähne).....	124

7.2	Patienteninformation	132
7.3	Einverständniserklärung	136
7.4	Studienbogen	138
7.5	FDI-Kriterien	146
8	Erklärung zum Eigenanteil	149
9	Veröffentlichungen	150
10	Danksagung	151

Abkürzungsverzeichnis

BOP	Bleeding On Probing (dt. Bluten auf Sondieren)
CAL	Clinical Attachment Level (dt. Klinischer Attachmentverlust)
CRF	Case Report Form
FDI	World Dental Federation
GBI	Gingival Bleeding Index
IDB	Interdentalbürsten
max	Maximum
min	Minimum
n	Anzahl
n.a.	nicht auswertbar
p	p-Wert
PA	Parodontitis
PBE	Proximal Box Elevation
PCR	Plaque Control Record
SD	Standardabweichung
ST	Sulkussondierungstiefe
TML	Thermomechanical Loading
USPHS	United States Public Health Service

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: (a) Histologischer Sulkus, (b) Saumepithel, (c) bindegewebige Befestigung, (d) Biologische Breite (b+c) Quelle: Nadja Zamorska	15
Abbildung 2: Darstellung der Kavität und erster Restaurationsschritt Frese C. et al., 2014, „Proximal Box Elevation With Resin Composite and the Dogma of Biological Width: Clinical R2-Technique and Critical Review“, Op Dent, 39-1, S. 25. Mit Genehmigung von © Operative Dentistry, Inc.....	28
Abbildung 3: Darstellung der Snowplough-Technique Quelle: Nadja Zamorska	30
Abbildung 4: Zweiter Restaurationsschritt Frese C. et al., 2014, „Proximal Box Elevation With Resin Composite and the Dogma of Biological Width: Clinical R2-Technique and Critical Review“, Op Dent, 39-1, S. 26-27. Mit Genehmigung von © Operative Dentistry, Inc.	31
Abbildung 5: Röntgenkontrolle mit guter Marginaler Adaptation und homogenem Übergang zwischen beiden Restaurationsphasen Frese C. et al., 2014, „Proximal Box Elevation With Resin Composite and the Dogma of Biological Width: Clinical R2-Technique and Critical Review“, Op Dent, 39-1, S. 27. Mit Genehmigung von © Operative Dentistry, Inc.....	32
Abbildung 6: Anpassung einer Interdentalebürste Frese C. et al., 2014, „Proximal Box Elevation With Resin Composite and the Dogma of Biological Width: Clinical R2-Technique and Critical Review“, Op Dent, 39-1, S. 27. Mit Genehmigung von © Operative Dentistry, Inc.....	33
Abbildung 7: Quigley-Hein-Index, modifiziert nach Turesky (1970) Quelle: Nadja Zamorska	42
Abbildung 8: Vergleich der relativen Häufigkeiten (%) von BOP "Ja" und BOP "Nein" von Test- und Referenzzähnen	47
Abbildung 9: Vergleich der relativen Häufigkeiten (%) des Auftretens einer gingivalen Blutung nach Ausstreichen mit der Sonde.....	49

Abbildung 10: Vergleich der relativen Häufigkeiten (%) bei der lokalen Plaqueakkumulation	50
Abbildung 11: Boxplots der Durchschnittswerte Sondierungstiefe (ST_{lokal}), Klinischer Attachmentverlust (CAL_{lokal}), Gingiva-Index (Silness/Löe $_{\text{lokal}}$), Plaque-Index (modif. Turesky $_{\text{lokal}}$) für die restaurierten Zähne (Restaurationsstelle) und Referenzzähne (Referenzstelle) T=Testzahn, R=Referenzzahn.....	53
Abbildung 12: Bewertung der FDI-Kriterien zur klinischen Qualität der subgingivalen Kompositrestaurationen.....	62
Abbildung 13: Deskriptive Analyse der FDI-Kriterien (Ästhetische Parameter) Bezeichnungen der Bewertungsnummerierungen siehe Material und Methoden	63
Abbildung 14: Deskriptive Analyse der FDI-Kriterien (Funktionelle Parameter) Bezeichnungen der Bewertungsnummerierungen siehe Material und Methoden	65
Abbildung 15: Probanden-Nr. 07, Aufnahme: 01.08.2018 Zahn 16 – okklusal/distal R2, Alter der Restauration am Aufnahmedatum: 6 Monate, Untersuchung am 13.02.2020, Quelle: Universitätsklinikum Tübingen	66
Abbildung 16: Probanden-Nr. 09, Aufnahme: 02.06.2016 Zahn 26 – okklusal/distal R1, Aufnahme direkt postoperativ, Untersuchung am 11.02.2020 Quelle: Universitätsklinikum Tübingen.....	67
Abbildung 17: Probanden-Nr. 15, Aufnahme: 09.12.2019 Zahn 25 – okklusal/distal R2, Alter der Restauration am Aufnahmedatum: 8 Monate, Untersuchung am 19.02.2020 Quelle: Universitätsklinikum Tübingen	67
Abbildung 18: Probanden-Nr. 18, Aufnahme: 09.10.2019 Zahn 47 – mesial/okklusal R2, Aufnahme direkt postoperativ, Untersuchung am 18.02.2020 Quelle: Universitätsklinikum Tübingen	68
Abbildung 19: Probanden-Nr. 20, Aufnahme: 01.07.2019 Zahn 26 – okklusal/distal R2, Aufnahme direkt postoperativ, Untersuchung am 19.02.2020 Quelle: Universitätsklinikum Tübingen.....	68

Abbildung 20: Probanden-Nr. 23, Aufnahme: 23.01.2020 Zahn 36 – okklusal/distal R2, Alter der Restauration am Aufnahmedatum: 2 Monate, Untersuchung am 11.02.2020 Quelle: Universitätsklinikum Tübingen	69
Abbildung 21: Probanden-Nr. 24, Aufnahme: 15.01.2019 Zahn 46 – okklusal/distal R2, Alter der Restauration am Aufnahmedatum: 2 Jahre und 11 Monate, Untersuchung am 11.02.2020 Quelle: Universitätsklinikum Tübingen	69
Abbildung 22: Probanden-Nr. 31, Aufnahme: 19.12.2019 Zahn 26 – mesial/okklusal R2, Alter der Restauration am Aufnahmedatum: 1 Jahr und 5 Monate, Untersuchung am 25.02.2022 Quelle: Universitätsklinikum Tübingen	70
Abbildung 23: Deskriptive Analyse der FDI-Kriterien (Biologische Parameter) Bezeichnungen der Bewertungsnummerierungen siehe Material und Methoden	71
Abbildung 24: Boxplots für ST (in mm) zu allen sechs Messwerten pro Zahn (restaurierte Zähne und Referenzzähne) T=Testzahn, R=Referenzzahn	124
Abbildung 25: Boxplots für CAL in mm zu allen sechs Messwerten pro Zahn (restaurierte Zähne und Referenzzähne) T=Testzahn, R=Referenzzahn	125
Abbildung 26: Boxplots für den Gingiva-Index (Silness/Löe) zu allen sechs Messwerten pro Zahn (restaurierte Zähne versus Referenzzähne) T=Testzahn, R=Referenzzahn	126
Abbildung 27: Boxplots für den Plaque-Index (Quigley-Hein-Index, modifiziert nach Turesky) zu allen sechs Messwerten pro Zahn (restaurierte Zähne versus Referenzzähne) T=Testzahn, R=Referenzzahn.....	127
Abbildung 28: Patienteninformation (Seite 1).....	132
Abbildung 29: Patienteninformation (Seite 2).....	133
Abbildung 30: Patienteninformation (Seite 3).....	134
Abbildung 31: Patienteninformation (Seite 4).....	135
Abbildung 32: Einverständniserklärung (Seite 1)	136

Abbildung 33: Einverständniserklärung (Seite 2)	137
Abbildung 34: CRF (Seite 1)	138
Abbildung 35: CRF (Seite 2)	139
Abbildung 36: CRF (Seite 3)	140
Abbildung 37: CRF (Seite 4)	140
Abbildung 38: CRF (Seite 5)	141
Abbildung 39: CRF (Seite 6)	141
Abbildung 40: CRF (Seite 7)	142
Abbildung 41: CRF (Seite 8)	142
Abbildung 42: CRF (Seite 9)	143
Abbildung 43: CRF (Seite 10)	144
Abbildung 44: Probandenformular	145
Abbildung 45: FDI-Kriterien (Ästhetische Eigenschaften)	146
Abbildung 46: FDI-Kriterien (Funktionelle Eigenschaften)	147
Abbildung 47: FDI-Kriterien (Biologische Eigenschaften)	148

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bewertungskriterien (FDI/USPH-Kriterien).....	39
Tabelle 2: Benotung (FDI-Kriterien).....	39
Tabelle 3: Gingiva Index nach Silness/Löe (1963).....	40
Tabelle 4: Quigley-Hein-Index, modif. nach Turesky (1970).....	41
Tabelle 5: Allgemeine Parameter bezogen auf die gesamte Dentition	46
Tabelle 6: Kreuztabelle für die Variable "BOP" an Test- und Referenzzähnen	48
Tabelle 7: Kreuztabelle für die Variablen "BOP am Testzahn" und „Nutzung von Interdentalbürsten“	48
Tabelle 8: Kreuztabelle für die Variablen "BOP am Testzahn" und „Raucherstatus“	49
Tabelle 9: Kreuztabelle für die Variable "Blutung nach Ausstreichen des Sulkus" an Test- und Referenzzähnen.....	50
Tabelle 10: Kreuztabelle für die Variable "Lokale Plaqueakkumulation" an Test- und Referenzzähnen	51
Tabelle 11: Deskriptive Auflistung der statistischen Kennwerte für die Durchschnittswerte von Sondierungstiefe (ST_{lokal}), Klinischer Attachmentverlust (CAL_{lokal}), Gingival Index (Silness/Löe $_{\text{lokal}}$), Plaque Index (modif. Turesky $_{\text{lokal}}$) .	54
Tabelle 12: Übersicht der Stadien-Aufteilung der Test- und Referenzzähne (PA-Klassifikation) - abhängig von CAL 0: gesund, I: Staging Stadium I (CAL: 1-2mm), II: Staging Stadium II (CAL: 3-4mm), III: Staging Stadium III (CAL: \geq 5mm).....	55
Tabelle 13: Kreuztabelle zur Parodontitis-Klassifikation von Test- und Referenzzähnen	56
Tabelle 14: Kreuztabelle für die Variable „Parodontitis-Klassifikation am Testzahn“ und „Raucherstatus“	56
Tabelle 15: Ergebnisse (lineare Regression "Einschluss") für ST	58

Tabelle 16: Ergebnisse (lineare Regression "Einschluss") für CAL.....	59
Tabelle 17: Ergebnisse (lineare Regression "Einschluss") für den Gingiva-Index (Silness/Löe).....	60
Tabelle 18: Ergebnisse (lineare Regression "Einschluss") für BOP	61
Tabelle 19: Deskriptive Auflistung der statistischen Kennwerte für ST (in mm) zu allen sechs Messwerten pro Zahn	128
Tabelle 20: Deskriptive Auflistung der statistischen Kennwerte für CAL (in mm) zu allen sechs Messwerten pro Zahn	129
Tabelle 21: Deskriptive Auflistung der statistischen Kennwerte für den Gingiva-Index (Silness/Löe) zu allen sechs Messwerten pro Zahn.....	130
Tabelle 22: Deskriptive Auflistung der statistischen Kennwerte für den Plaque-Index (Quigley-Hein-Index, modifiziert nach Turesky) zu allen sechs Messwerten pro Zahn.....	131

1 Einleitung

1.1 Biologische Breite

Die Versorgung von Zähnen mit großen subgingivalen Defekten stellen die Zahnärztin und den Zahnarzt im Regelfall vor große klinische Herausforderungen. Vor einer restaurativen Versorgung müssen derartig stark zerstörte Zähne zunächst aufwändig vorbehandelt werden. Eine Vorbehandlung dieser ausgedehnten Defekte ist beispielsweise mit einer chirurgischen Kronenverlängerung oder einer kieferorthopädischen Extrusion des Zahnes möglich (Dibart et al., 2003; Khuller & Sharma, 2009). Bei einer chirurgischen Kronenverlängerung wird parodontales Gewebe, unter anderem der Alveolarknochen, abgetragen um suprakrestal an Kronenlänge zu gewinnen und die sogenannte biologische Breite mit der restaurativen Versorgung nicht zu verletzen (Lanning et al., 2003). Dieser sehr invasive Eingriff bedingt allerdings einen deutlichen Verlust im Bereich des parodontalen Stützgewebes, ist zeit- und kostenintensiv und kommt insofern, vor allem wenn eine kurzfristige restaurative Versorgung erforderlich ist, häufig nicht in Frage. Als Behandlungsalternative bleibt in einigen Fällen nur die Extraktion des Zahnes (Behring, 2017).

Grund für das beschriebene Vorgehen ist, dass die biologische Breite bei der späteren konservierenden oder prothetischen Versorgung des Zahnes nicht verletzt werden soll. Die biologische Breite wurde im Jahr 1961 erstmals durch Gargiulo et al. definiert und beschreibt die Gesamtheit des epithelialen und bindegewebigen Attachments (Gargiulo et al., 1961). Dieses besteht aus ektodermalem Gewebe, welches den Zahnhals umschließt und den darunter befindlichen Alveolarknochen vor Infektionen und dem Eindringen von Fremdstoffen schützt (Makigusa, 2009). Cohen beschrieb 1962 die biologische Breite als Abstand zwischen koronalem Ende des Saumepithels und alveolärem Knochenkamm (Cohen, 1962). Die Angaben für die Größe der biologische Breite variieren in der Literatur. Im Allgemeinen wird diese mit 2 bis 3 Millimetern angegeben (Gargiulo et al., 1961; Nevins & Skurow, 1984; Vacek et al., 1994).

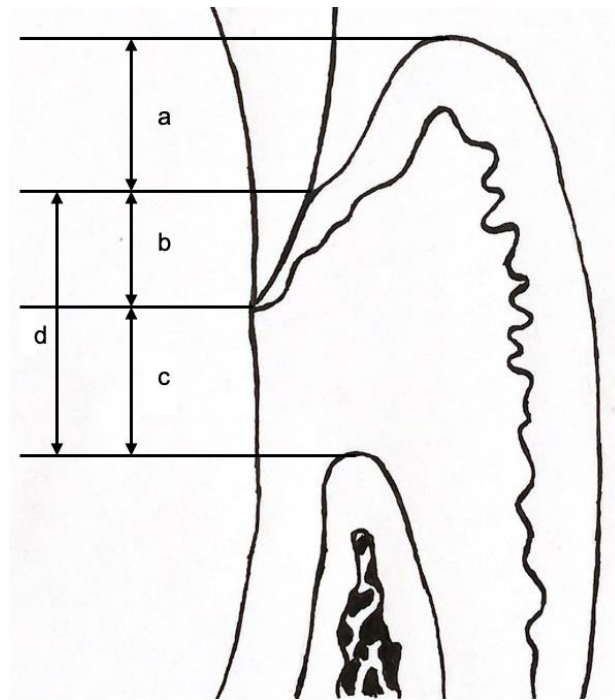


Abbildung 1: (a) Histologischer Sulkus, (b) Saumepithel, (c) bindegewebige Befestigung, (d) Biologische Breite (b+c) | Quelle: Nadja Zamorska

Bei der konservierenden oder prothetischen Versorgung eines Zahnes definiert sich die biologische Breite als Abstand zwischen Restaurationsrand und Alveolarknochen und sollte gemäß Literatur idealerweise 3 mm nicht unterschreiten (Ingber et al., 1977; Schmidt et al., 2013). Diese Aussage beruht auf der Annahme, dass es durch Unterschreiten dieses Mindestabstandes zu schädigenden Irritationen am Parodont, wie chronischer Gingivitis, Attachmentverlust und Knochenresorption kommen kann (Jorgić-Srdjak et al., 2000; Maynard & Wilson, 1979; Nevins & Skurow, 1984; Newcomb, 1974). Klinisch stellt sich dies in Form von vertieften und entzündeten Parodontaltaschen oder Gingivarezessionen dar (Padbury et al., 2003; Paniz et al., 2016). Nevins & Skurow empfahlen 1984 die Ausdehnung subgingivaler Restaurationsränder auf maximal 0,5-1mm zu begrenzen (Nevins & Skurow, 1984). Nugala et al. beschrieben die Beziehung zwischen parodontaler Gesundheit und der Restauration eines Zahnes als untrennbar, da die gingivale Gesundheit die Langlebigkeit der Restauration beeinflusst. Durch Platzierung des Restaurationsrandes weit subgingival, werde eine dauerhafte Entzündung

erzeugt, die durch die Unfähigkeit des Patienten, diesen Bereich zu reinigen, verschlimmert wird (Nugala et al., 2012). Ein Rückgang des Alveolarknochens gehe allerdings nicht in allen Fällen mit der dauerhaften Gingivitis einher (Waerhaug, 1978). An prothetisch versorgten Zähnen mit subgingivalen Restaurationsrändern konnten vermehrt Plaqueanlagerungen, Gingivitis, erhöhte Gingivaindizes und Sulkussondierungstiefen im Vergleich zu Zähnen mit supragingivalen Kronenrändern festgestellt werden. Auch konnten qualitative und quantitative Veränderungen der Mikroflora erkannt werden (Felton et al., 1991; Knoernschild & Campbell, 2000; Müller, 1986; Newman et al., 2006; Schätzle et al., 2001; Valderhaug et al., 1993). Weitere Autoren und Autorinnen beschreiben, dass es bei Überkonturierung und unzureichender Ausarbeitung und Politur einer subgingivalen Versorgung zu einer subgingivalen Plaqueakkumulation kommt, wodurch sich eine Entzündung der parodontalen Gewebe entwickeln kann (Flores-de-Jacoby et al., 1989; Khuller & Sharma, 2009). Orkin et al. untersuchten überkronte Zähne anhand von Plaque-Index und gingivalem Blutungsindex. Zudem wurden die versorgten Zähne auf Rezessionen untersucht. Laut ihrer Publikation aus dem Jahr 1987 kam es an überkronten Zähnen mit subgingivalen Restaurationsrändern häufiger zu Blutungen, die als Indikator für eine Entzündung gelten. Auch Rezessionen konnten häufiger festgestellt werden (Orkin et al., 1987). Wang et al. konnten an überkronten und direkt restaurierten Molaren mit subgingivalen Restaurationsrändern im Approximalbereich vermehrt Furkationsbeteiligungen nachweisen. An unversorgten Zähnen war der horizontale Attachmentverlust geringer (Wang et al., 1993). Kuper et al. stellten fest, dass bei Restaurationen mit Restaurationsrändern unterhalb der Schmelz-Zement-Grenze häufiger ein Versagen auftritt, als bei Restaurationsrändern oberhalb dieser Grenze (Kuper et al., 2012).

Eine supragingivale Platzierung der Restaurationsränder dagegen erleichtere Patienten und Patientinnen die Reinigung und dem/der Zahnarzt/Zahnärztin die Untersuchung, insbesondere die Detektion von Sekundärkaries (Lanning et al., 2003). Arneberg et al. bezeichnen supragingivale Restaurationsränder als Idealfall, um langfristig entzündungsfreie Verhältnisse zu schaffen. In der Studie

aus dem Jahr 1980 wurden Klasse II Amalgam-Restaurationen untersucht, wobei 75 Prozent marginale Überhänge aufwiesen. Vor allem dann, wenn die Restaurationsränder nach subgingival reichten, konnten in Zusammenhang mit den marginalen Überhängen erhöhte Parodontaltaschen und Gingivitis festgestellt werden (Arneberg et al., 1980). Auch Brunsvold und Lane konnten zeigen, dass die Prävalenz von marginalen Überhängen mit 25 bis 76 Prozent hoch ist. Sie begünstigen die Plaqueakkumulation und somit die Entzündungsreaktion der parodontalen Weichgewebe (Brunsvold & Lane, 1990). In der subgingivalen Plaque konnten durch Flores-de-Jacoby et al. parodontalpathogene Spirochäten sowie Stäbchen und fusiforme Bakterien nachgewiesen werden (Flores-de-Jacoby et al., 1989).

Im klinischen Alltag stellt sich jedoch häufig nicht die Option einer supragingivalen und außerhalb der biologischen Breite liegenden Restaurationsgrenze, da der vorliegende Zerstörungsgrad des Zahnes fortgeschritten ist und somit eine Verletzung der biologischen Breite durch kariöse Läsionen, Zahnfrakturen etc. schon stattgefunden hat. Für diese Ausgangssituationen wurden in den vergangenen Jahrzehnten Techniken entwickelt, die es sich zum Ziel gesetzt haben, eine direkte Versorgung tief subgingivaler, die biologische Breite unterschreitender Defekte irritationsfrei möglich zu machen. 1985 beschrieben McLean et al. die Sandwich-Technik, bei der Glasionomerezement als basale Schicht bei subgingivalen Defekten Anwendung fand (McLean, 1996). Heute sind moderne Komposite das Material der Wahl, vor allem im Hinblick auf die Randqualität (Wolff et al., 2015b). Wichtig bei Platzierung von Komposit-Restaurationsrändern im Bereich der biologischen Breite ist die Herstellung einer reizfreien Versorgung, damit die weiter oben beschriebenen unerwünschten Nebenwirkungen wie chronische Entzündung, Attachmentverlust und Knochenverlust nicht auftreten. Es muss ein glatter und stufenloser Übergang zwischen Restauration und Zahn erreicht werden, ohne Überhänge oder Randspalten. Ebenso wichtig wie die Qualität des Restaurationsrandes ist die darauffolgend von Patienten/Patientinnen durchgeführte Interdentalraumhygiene (Frese et al., 2014c). Dieser Theorie entsprechend konnten Lang et al. in einer Studie an 9 Studierenden feststellen, dass bei der Restauration von Zähnen mit

subgingivalen Kavitätenrändern, aber perfekten, nicht überkonturierten Restaurationsrändern, eine gingivale Gesundheit oder nur eine initiale Gingivitis beobachtet werden konnte (Lang et al., 1983).

Im Folgenden wird ein Verfahren beschrieben, welches unter Anwendung von Kompositmaterialien eine Versorgung subgingivaler Defekte ermöglicht. In der Literatur wird es Kastenelevationsverfahren (Zaruba et al., 2013), proximal box elevation (Frankenberger et al., 2013; Frese et al., 2014d; Ilgenstein et al., 2015; Roggendorf et al., 2012) oder R2-Technik (Frese et al., 2014d) bezeichnet und beschreibt die Anhebung des subgingivalen Kavitätenbodens auf ein para- bzw. supragingivales Niveau. Anschließend kann der Restdefekt direkt oder indirekt restauriert werden. Auf eine chirurgische Kronenverlängerung oder kieferorthopädische Extrusion wird hierbei verzichtet. Die biologische Breite wird bei diesem Verfahren, sofern dies nicht anders möglich ist, bewusst unterschritten.

1.2 Studienlage für die Proximal Box Elevation

In den vergangenen Jahren hat die Versorgung subgingivaler Defekte mithilfe einer Kastenbodenelevation zunehmend an Interesse gewonnen, vor allem in Hinblick auf die geringe Invasivität. Seit den 2010er Jahren sind einige Veröffentlichungen publiziert worden.

1.2.1 In vitro Studien

Ilgenstein et al. evaluierten 2015 den marginalen Randschluss und die Frakturresistenz von endodontisch behandelten Zähnen mit und ohne „proximal box elevation“ nach thermomechanischer Belastung (TML). Im Allgemeinen konnte kein negativer Einfluss der „proximal box elevation“ auf die Randschlussqualität oder das Frakturverhalten gezeigt werden (Ilgenstein et al., 2015).

2012 verglichen Roggendorf et al. die marginale Qualität und den Übergang zwischen PBE (3mm unterhalb der Schmelz-Zement-Grenze) und

laborgefertigten Kompositrestaurationen mit subgingival versorgten Zähnen ohne PBE. Die PBE erfolgte in 3 Schichten und wurde jeweils mit unterschiedlichen Adhäsivsystemen durchgeführt. Die Randqualität wurde vor und nach thermomechanischer Belastung untersucht. Die Ergebnisse zeigten sowohl bei vollständig indirekt versorgten Kavitäten, als auch bei Kavitäten, die mittels „proximal box elevation“ versorgt wurden, einen guten Randschluss. (Roggendorf et al., 2012).

Weitere Autoren/Autorinnen konnten zeigen, dass weniger Keramikfrakturen stattfinden, wenn vor der Versorgung bei Defekten unterhalb der Schmelz-Zement-Grenze eine Kastenelevation durchgeführt wird (Vertolli et al., 2020). In einer anderen Studie konnte kein statistisch signifikanter Einfluss einer PBE auf die Bruchfestigkeit von keramischen Restaurationen festgestellt werden (Bresser et al., 2020).

1.2.2 Klinische Studien

In einer Studie von Bresser et al. wurden indirekte Restaurationen im Seitenzahnbereich, bei denen vor der prothetischen Versorgung ein Kastenelevationsverfahren durchgeführt wurde, in Bezug auf die Überlebensdauer untersucht. Es wurden 197 Zähne eingeschlossen, die zwischen 2007 und 2016 im Kastenelevationsverfahren behandelt und im Anschluss indirekt versorgt wurden. Die modifizierten USPHS-Kriterien wurden als Qualitätsparameter herangezogen. Die kumulative Überlebensrate der Restaurationen lag bei 95,9%, wobei die durchschnittliche Restorationsliegedauer 57,7 Monate betrug. Gründe für das vollständige Versagen von n=8 Restaurationen waren Sekundärkaries, Frakturen der indirekten Restauration oder des Zahnes, Wurzelkaries, parodontale Ursachen oder Pulpanekrosen (Bresser et al., 2019).

Ferrari et al. untersuchten in einer Studie aus dem Jahr 2018 mit Kastenbodenelevationen versorgte Zähne in Bezug auf Entzündungsparameter. Die Zähne wurden auf Blutung auf Sondieren (BOP) untersucht und Gingiva- sowie Plaque-Indizes erhoben, wobei die Erhebung 12 Monate nach der

Versorgung erfolgte. Als Vergleichsrestauration wurden Zähne mit einer Schulterpräparation herangezogen. Die mit einer PBE versorgten Zähne zeigten einen höheren BOP im Vergleich zu den Kontrollzähnen. Gingiva- sowie Plaque-Indizes wiesen allerdings keine größeren Abweichungen auf (Ferrari et al., 2018).

In der Studie von Bertoldi et al. wurden Zähne mit tiefsubgingivalen Kompositrestaurationen versorgt. Plaque- und Blutungs-Indizes sowie die Sondierungstiefen wurden vor der Restauration, bei der Baseline-Untersuchung und nach 3 Monaten erhoben. Plaque-, Gingiva-Indizes und Sondierungstiefen wiesen eine signifikante Verringerung bei der Untersuchung nach 3 Monaten auf. Zusammenfassend konnte festgestellt werden, dass gingivale Gesundheit und subgingivale Restaurationen keinen Widerspruch darstellen und ähnliche Werte wie unbehandelte Wurzeloberflächen aufweisen können (Bertoldi et al., 2020).

Frese et al. berichten bereits 2014 über die Möglichkeit mithilfe der PBE stark zerstörte Zähne erfolgreich minimalinvasiv restaurieren zu können. Anhand neuartiger Behandlungsmethoden, unter anderem neuer Matrizensysteme und guter Blutungskontrolle, unter Anwendung der zweiphasigen R2-Technik, wird eine reizfreie Versorgung möglich. Wichtig sei das Erreichen irritationsfreier Restaurationsränder und einer guten approximalen Reinigungsfähigkeit. Die Gründe für die individuellen Unterschiede in der parodontalen Reaktion auf Restaurationsränder unterhalb der Schmelz-Zement-Grenze seien allerdings noch unklar. Ferner gäbe es keine Langzeitstudien zum Verbund der beiden Restaurationsphasen sowie der marginalen Adaptation (Frese et al., 2014d). In ihrem Review aus dem Jahr 2014 präsentieren Frese et al. die Ergebnisse der Nachuntersuchung eines Patientenfalls. Im Fallbericht wurde ein Prämolar mittels R2-Technik restauriert. Bei der Nachbeobachtung konnten keine erhöhten Sondierungstiefen, Blutungen oder Attachmentverlust festgestellt werden – das Parodont war entzündungsfrei (Frese et al., 2014c).

1.2.3 Übersichtsarbeiten

Kielbassa & Philipp recherchierten für ihre Publikation aus dem Jahr 2015 in digitalen Datenbanken nach relevanten Artikeln zum Thema PBE. Die Autoren

schlussfolgerten, dass die PBE ein vielversprechendes zweiphasiges Behandlungsschema darstellt, mit dem Vorteil die Dentinwunde direkt zu verschließen und die Versorgung von Kavitäten mit subgingivalen Restaurationsrändern zu erleichtern. Trotzdem seien weitere klinische Studien erforderlich, um die bisherigen Ergebnisse anzuerkennen (Kielbassa & Philipp, 2015).

Im Jahr 2018 fassten auch Juloski et al. die aktuelle Studienlage zusammen. Hierbei wurden Studien gesichtet, bei denen Zähne nach Anhebung des Kastenbodens mit einer indirekten Restauration versorgt wurden. Inkludiert waren insgesamt 12 Studien, davon 5 klinische und 7 in-vitro Studien (Da Silva Gonçalves et al., 2017; Frankenberger et al., 2013; Ilgenstein et al., 2015; Müller et al., 2017; Roggendorf et al., 2012; Spreafico et al., 2016; Zaruba et al., 2013). Der am häufigsten untersuchte Parameter war die Prüfung des Randschlusses am Übergang zur indirekten Restauration. Ein weiterer evaluierter Parameter war der Verbund zwischen PBE und Restauration. In seiner Publikation aus dem Jahr 2018 beschreibt Juloski, dass keine randomisierten klinischen sowie pro- oder retrospektiven Studien zur Technik der proximal box elevation vorzufinden sind. Somit liegt keine wissenschaftliche Evidenz für oder gegen den Einsatz der PBE vor. Vor allem die klinische Leistung in Bezug auf Langlebigkeit und Einfluss auf das Parodont müsse evaluiert werden (Juloski et al., 2018).

1.3 Klinisches Vorgehen bei der Proximal Box Elevation

Als Proximal Box Elevation (Frankenberger et al., 2013; Roggendorf et al., 2012) bezeichnet man die Idealisierung einer subgingivalen Kavität mit Kompositmaterial. Gleichartige Konzepte zur Verbesserung der Kavitätenmorphologie findet man in der Literatur unter den Bezeichnungen „sandwich technique“ (Dietrich et al., 1999) oder „cervical margin relocation“ (Veneziani, 2010).

Die Anhebung des Kavitätenbodens vor der weiteren Versorgung, auch Kastenbodenelevation genannt, kann dazu dienen, die endgültige Restauration des Zahnes substanzschonend möglich zu machen. Staehle et al. beschrieben

hierzu gemeinsame Ziele aller Idealisierungsverfahren. Zum einen kann im Vergleich zu einer Kronenpräparation mehr gesunde Zahnhartsubstanz geschont werden, da unterminierende Areale erhalten werden können. Durch ein zweizeitiges Vorgehen, wird die Dentinwunde auch in tiefen Bereichen bedeckt. Auch eine gute Adhäsion im Dentin kann sichergestellt werden. Nach Vorbehandlung des subgingivalen Defekts mit dieser Technik, wird eine direkte oder indirekte Restauration unter absoluter Trockenlegung ermöglicht (Staehele et al., 2014)

1.3.1 Direkte und indirekte Restauration des Defektes

Approximal tief subgingivale Defekte können ein- oder zweizeitig versorgt werden. Zudem ist eine direkte und eine indirekte Restauration möglich.

Das einzeitige Verfahren wird in unserer Studiengruppe als R1-Technik bezeichnet und ist dann geeignet, wenn das Anbringen einer Matrize möglich ist. Der subgingival liegende Defekt wird mittels Gingivektomie oder Fadentechnik dargestellt. Anschließend wird eine Teilmatrize mit Separationsring und Keil eingebracht. Die Kavität kann nun in einem Schritt vollständig mit Komposit restauriert werden. Zum Schluss werden Überschüsse entfernt und die Restauration finiert und poliert. So entsteht ein reizloser Übergang zwischen Zahn und Kompositversorgung ohne Irritation des umliegenden Gewebes (Frese et al., 2014a).

Viele subgingivale Defekte ermöglichen es nicht, eine Matrize direkt anzulegen. Die Restauration der Kavität ist dann in zwei Schritten nötig. Dieses Verfahren wird R2-Technik genannt. In einer ersten Phase wird der subgingivale Anteil des Defektes unter relativer Trockenlegung soweit restauriert, dass der proximale Kasten über dem Gingivaniveau liegt. Eine gute Blutungskontrolle ist in diesem Schritt besonders wichtig. Anschließend ist es möglich den Zahn absolut trocken zu legen und den Restdefekt wie bei der R1-Technik beschrieben zu restaurieren. Eine weitere Möglichkeit ist, nach Anhebung des Kastenbodens, den Defekt abzuformen und den Zahn mittels indirekter Restauration zu versorgen (Frese et al., 2014a).

1.3.2 Voraussetzungen für eine reizfreie Versorgung

Um eine Entzündung des Parodonts nach der Versorgung zu verhindern, müssen bei der Restauration einige Punkte beachtet werden.

Die Voraussetzung für eine reizfreie Umgebung ist ein defektfreier, randschlüssiger und porenloser Übergang zwischen Zahnhartsubstanz und Kompositrestauration. Hierfür kann die sogenannte „Schneepflugtechnik“ (Opdam et al., 2003) angewendet werden. Nach der Kariesexkavation, Blutstillung und Trockenlegung des Arbeitsbereiches wird die Zahnhartsubstanz mit einem geeigneten Adhäsivsystem vorbehandelt. Im Anschluss wird in den Kavitätenboden eine dünne Schicht fließfähiges Komposit (Flow-Komposit) eingebracht und mit einer Sonde verteilt. Vor dem Aushärten dieser Schicht, wird eine kleine Menge visköses Komposit in die Kavität eingebracht. Mit einem Plugger wird das visköse Komposit an den Kavitätenboden gedrückt, wodurch sich das noch nicht ausgehärtete Flow-Komposit verteilt. Erst jetzt erfolgt die Lichtpolymerisation. Durch die Anwendung der Snowplough-Technik wird eine sehr gute Adaptation des Komposits an der Zahnhartsubstanz erreicht. Im Anschluss an die Lichtpolymerisation müssen mögliche Überschüsse mit einem Skalpell oder einem Diamant entfernt werden um spätere Irritationen des umliegenden Gewebes zu verhindern. Bei schlechter Einsicht während der Anhebung des Kastenbodens, kann im Anschluss eine Röntgenkontrolle hilfreich sein, um mögliche Überhänge direkt zu diagnostizieren (Frese et al., 2014b). Bei mangelhafter Zugänglichkeit, vor allem während diesem ersten Restaurationsschritt, kann die Anwendung einer Lupenbrille oder eines Operationsmikroskops sehr hilfreich sein. Ratsam ist auch die Nutzung von Präparationsinstrumenten mit verlängertem Schaft (Wolff et al., 2015b).

Sofern der Zahn vollständig mit Komposit restauriert wird, sollte auch in der zweiten Restaurationsphase, nach Abstrahlen der ersten Phase mit Aluminiumoxidpulver sowie Bonding, die Schneepflug-Technik angewendet werden. In diesem Fall wird ein glatter Übergang zwischen beiden Kompositphasen erreicht (Frese et al., 2014b).

Unverzichtbar für die Wiederherstellung und/oder den postoperativen Erhalt eines entzündungsfreien Parodonts ist die Auswahl passgenauer Interdentalbürstchen. Die Patienten/Patientinnen müssen eine Unterweisung zur richtigen Reinigung erhalten, um eine Entzündung durch Plaqueakkumulation zu vermeiden (Frese et al., 2014b).

1.3.3 Neuartige Matrizensysteme für irritationsfreie Restaurationsränder

Die Versorgung von Zähnen mit Kompositen erfordert aufgrund der Materialeigenschaften eine besondere Verarbeitung. Neben einer guten Trockenlegung ist die Anwendung von Matrizensystemen unabdingbar. Diese dienen, neben der Rekonstruktion der ursprünglichen Zahnform, dazu, anatomisch korrekte Approximalfächen wiederherzustellen und eine gute Abdichtung zwischen Zahn und Kompositmaterial zu gewährleisten (Ripperger & Wolff, 2020). Die Abdichtung verhindert das Überstopfen von Kompositmaterial nach zervikal und somit eine parodontale Irritation.

Vor allem bei der Restauration von Seitenzähnen ist die Approximalkontaktgestaltung schwierig. Anders als Amalgam, kann Komposit im Kontaktpunktbereich nicht so gut an den Nachbarzahn kondensiert werden. Zudem expandiert Amalgam, wohingegen Komposit eine Polymerisationsschrumpfung aufweist – es resultiert ein zu schwacher oder fehlender Approximalkontakt (Burke & Shortall, 2001). Ein insuffizienter Kontakt zum Nachbarzahn kann jedoch die Ansammlung von Speiseresten bedingen, die interdentale Reinigung erschweren und somit parodontale Erkrankungen begünstigen (Hancock et al., 1980). Neben geeigneten Materialeigenschaften, können diese Probleme mit der Auswahl von passenden Matrizensystemen und Separationstechniken überwunden werden. Bis heute ist die Anwendung geschlossener, gerader Matrizen verbreitet. Die Folge ist eine fehlerhafte Approximalpunktgestaltung mit ungenügender Kontaktpunktstärke (van der Vyver, 2002).

Auch die Indikationsbereiche für die Versorgung mit Kompositrestaurationen haben sich in den letzten Jahren erweitert. Die Anwendung von

Kompositmaterialien beschränkt sich nicht mehr nur auf die bekannten Black Kavitäten. Neben der Restauration von okklusionstragenden Bereichen im Seitenzahnggebiet, auch mit Höckerersatz (Federlin et al., 2017), können tiefe proximale Zahnhartsubstanzdefekte ebenfalls mit Kompositen, im Sinne einer R2-Restauration, versorgt werden (Frese et al., 2014d). Laut einer Umfrage aus dem Jahr 2012 stellt die Kontaktpunktgestaltung, bei der direkten Angrenzung einer Kavität zum Nachbarzahn, den anspruchsvollsten Arbeitsschritt dar ("Restorative Dentistry. Monthly Poll: What is the most challenging part of a Class II Restoration?," 2012). Zum Zweck der Verbesserung eben dieser Kontaktpunkte und -flächen und damit Verhinderung oben genannter Folgen eines mangelhaften Approximalkontaktes, gibt es inzwischen eine Vielzahl neuartiger Matrizensysteme.

Grundsätzlich unterscheidet man geschlossene und offene Matrizen. Geschlossene Matrizen begünstigen eine gute zervikale Abdichtung durch die Möglichkeit das Ringband festzudrehen. Gleichzeitig wird allerdings das Matrizenband im approximalen Bereich vom Nachbarzahn weggezogen – eine suffiziente Approximalpunktgestaltung wird erschwert. Im Hinblick auf die Versorgung tief subgingivaler Defekte können geschlossene Matrizen im ersten Restaurationsschritt allerdings sinnvoll sein. Hierfür gibt es auf dem Markt Matrizen, die am unteren Rand mit Extensionen versehen sind oder spezielle Formen aufweisen, um so eine gute subgingivale Abdichtung zu gewährleisten. Beispiel hierfür sind halterlose geschlossene Matrizen, die speziell für die Versorgung subgingivaler Kavitäten (Margin Elevation Band) konzipiert wurden (Ripperger & Wolff, 2020).

Teilmatrizen, also offene Systeme, sind den geschlossenen Matrizen vor allem in Hinblick auf die Approximalkontaktgestaltung überlegen (Wirsching et al., 2011). Während bei der Anwendung geschlossener Matrizen lediglich ein interdentaler Keil zur Verdrängung der Nachbarzähne dient, wird hier mit einer zusätzlichen mechanischen Separationstechnik gearbeitet. Heute werden hierfür meist Separationsringe verwendet. Die Ringe werden interdental platziert und üben lateralen Druck auf Zähne und Parodont aus – die benachbarten Zähne

werden auseinandergedrängt. Zusätzlich adaptiert der Separationsring die Teilmatrize gut an den Zahn. Nach zervikal wird die Matrize mit einem passenden zum Matrizensystem gehörenden Keil abgedichtet. Nach Restauration des Defektes und Entfernung des Separationsringes resultiert ein starker approximaler Kontaktpunkt (Owens & Phebus, 2016). Keile, Matrizen und Separationsringe sind in unterschiedlichen Größen erhältlich und können individuell auf die jeweiligen Anforderungen angepasst ausgewählt werden. Alle Teilmatrizensysteme sind anatomisch, also bikonkav, vorgeformt. Dies ermöglicht eine anatomisch korrekte Zahnform und somit eine geringere Nischenbildung für Biofilmauflagerungen. Bleitote Matrizen sind bei offenen Systemen den federharten aufgrund der besseren Formadaption überlegen. Subgingivale Defekte lassen sich mithilfe von Teilmatrizen bis auf Knochenniveau restaurieren. Die Anwendung von offenen Matrizensystemen ist bei endständigen oder einzeln stehenden Zähnen allerdings nicht möglich (Ripperger & Wolff, 2020).

Bei der Restauration tief subgingivaler Defekte wird das beste Ergebnis mit einer Kombination aus gegebenenfalls mehreren Matrizensystemen erzielt. Die Behandlung wird allerdings durch die schwierige Trockenlegung, auftretende Blutung sowie schlechte Einsicht und Zugänglichkeit erschwert. Auch die ausreichende Lichthärtung ist im subgingivalen Bereich schwierig. Die Adaptation einer Matrize ist bei Defekten auf Knochenhöhe fast unmöglich, da sich diese nicht verkeilen lässt (Wolff et al., 2015a). Eine suffiziente Abdichtung und anatomische Formgebung ist allerdings auch bei tiefsubgingivalen Kavitäten mit der R2-Technik möglich (Staehele et al., 2014). Wenn der Kavitätenboden soweit subgingival liegt, dass keine Matrize gelegt werden kann, wird der subgingivale Anteil des Defektes zunächst freihändig versorgt. Ist eine Abdichtung mit einer Matrize möglich, so sollte ein Margin Elevation Band oder eine individualisierte Tofflemire-Matrize verwendet werden. Die Tofflemire-Matrize kann individualisiert werden, indem diese so zurechtgeschnitten wird, dass sie auf der einen Seite supragingival liegt, auf der Seite der subgingivalen Kavität allerdings bis an den tief gelegenen approximalen Kavitätenboden reicht. Im folgenden Schritt wird der Zahn relativ trockengelegt, zum Beispiel mit der

Fadentechnik. Dies ermöglicht auch die Blutstillung im Operationsgebiet (Ripperger & Wolff, 2020; Wolff et al., 2015b). Anschließend wird konditioniert und wie bereits oben beschrieben der Kavitätenboden mithilfe der „Schneepflug-Technik“ angehoben (Opdam et al., 2003) und ausgearbeitet. Im zweiten Schritt wird eine Teilmatrize mit Separationsring und Keil, idealerweise unter Kofferdam, befestigt. Weichen Kunststoffkeilen ist hier der Vorzug zu geben, da diese im Vergleich zu klassischen Holzkeilen, im interproximalen Bereich besser abdichten (Ripperger & Wolff, 2020). Da die Teilmatrize konvex ist und dadurch eine kleine Fuge zwischen Zahn und Matrize entsteht, sollte erneut die Schneepflug-Technik angewendet werden. Dies stellt einen spaltlosen und somit reizlosen Übergang der beiden Restaurationsphasen sicher (Frese et al., 2014a).

Eine bildliche Darstellung der oben bereits beschriebenen R2-Versorgung wird im folgenden Kapitel im Detail gezeigt.

1.4 Exemplarischer Ablauf einer R2-Versorgung

Im Folgenden wird ein Fallbericht mit allen Arbeitsschritten dargestellt:

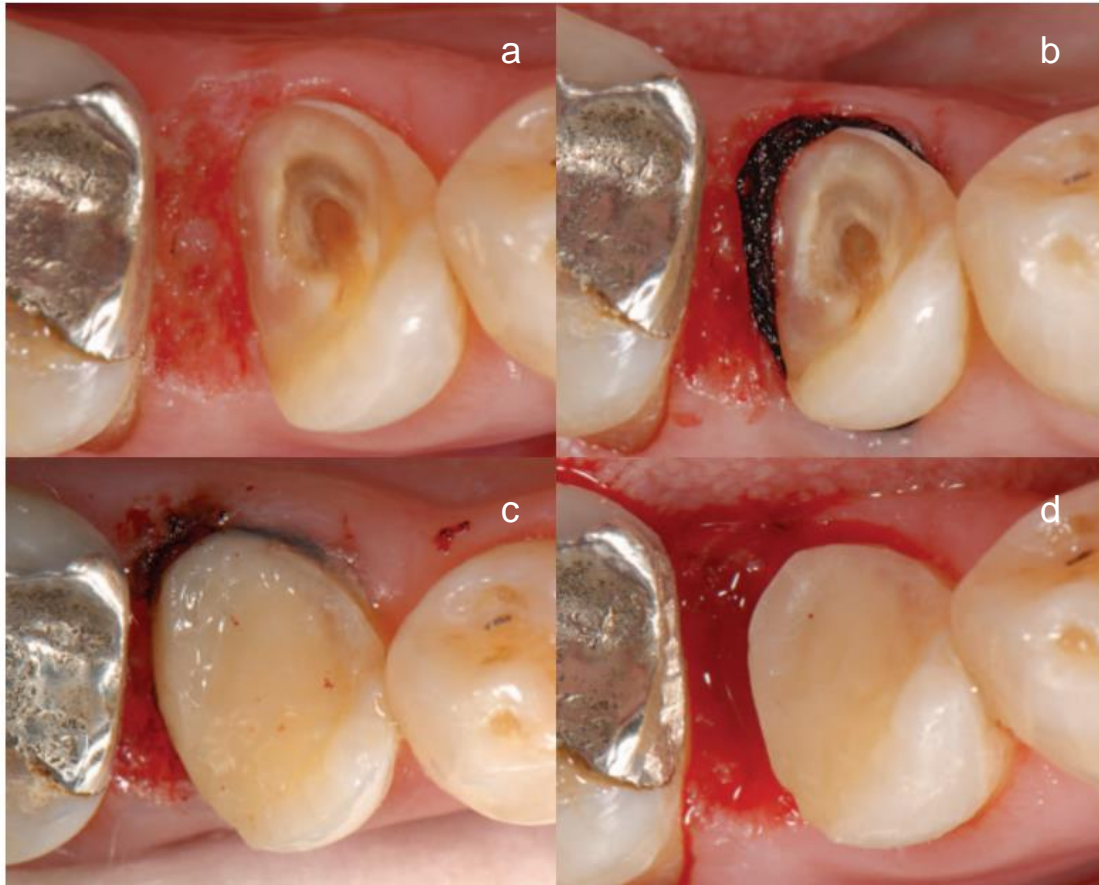


Abbildung 2: Darstellung der Kavität und erster Restaurationsschritt | Frese C. et al., 2014, „Proximal Box Elevation With Resin Composite and the Dogma of Biological Width: Clinical R2-Technique and Critical Review“, Op Dent, 39-1, S. 25. Mit Genehmigung von © Operative Dentistry, Inc.

- (a) Tiefzerstörter Prämolare nach Kariesexkavation und Gingivektomie
- (b) Blutungskontrolle und Defektdarstellung mit der Fadentechnik
- (c) Erste Restaurationsphase
- (d) Erste Restaurationsphase nach Entfernung von Überschüssen

1.4.1 Darstellung und Trockenlegung der Kavität

Zunächst erfolgt die Kariesexkavation unter relativer Trockenlegung. Zur Darstellung des Defektes kann bei Bedarf eine Gingivektomie durchgeführt werden. Eine gute Blutungskontrolle kann mit einem in Aluminiumchlorid getränkten Faden erreicht werden. Hierdurch ist eine gute Einsicht in die Kavität gewährleistet und die Kontamination des Restaurationsmaterials wird verhindert (Frese et al., 2014b). In vielen Fällen ist das Anlegen von Kofferdam in diesem Schritt noch nicht möglich. Falls der Defekt dies allerdings ermöglicht, sollte bereits der erste Restaurationsschritt unter Kofferdam erfolgen. Eine erfolgreiche absolute Trockenlegung kann mit einer Ligatur oder subgingivalen Kofferdamklammern erreicht werden. Frontzahn-Kofferdamklammern, die an ihrem Angriffspunkt enger geformt sind, erleichtern die Befestigung an Zähnen mit wenig Resthartschubstanz (Wolff et al., 2015b).

1.4.2 Erster Restaurationsschritt

Der Kastenboden wird mit 37% Phosphorsäure und Bonding vorbehandelt. Es folgt die Anhebung des Kavitätenbodens auf Gingivaniveau mithilfe der Schneepflug-Technik. Eine kleine Menge fließfähiges Kompositmaterial wird in den Kavitätenboden eingebracht und mit einer Sonde verteilt. Das Flow-Komposit wird noch nicht lichtpolymerisiert. Nun wird eine dünne Schicht visköses Komposit in die Kavität appliziert und mit einem Plugger oder Kugelstopfer am Kavitätenboden verteilt und im Anschluss lichtgehärtet. Hierdurch wird ein Anfließen des fließfähigen Komposites im Restaurationsrandbereich gewährleistet. Es resultiert eine randschlüssige und fugenfreie Adaptation (Frese et al., 2014b).

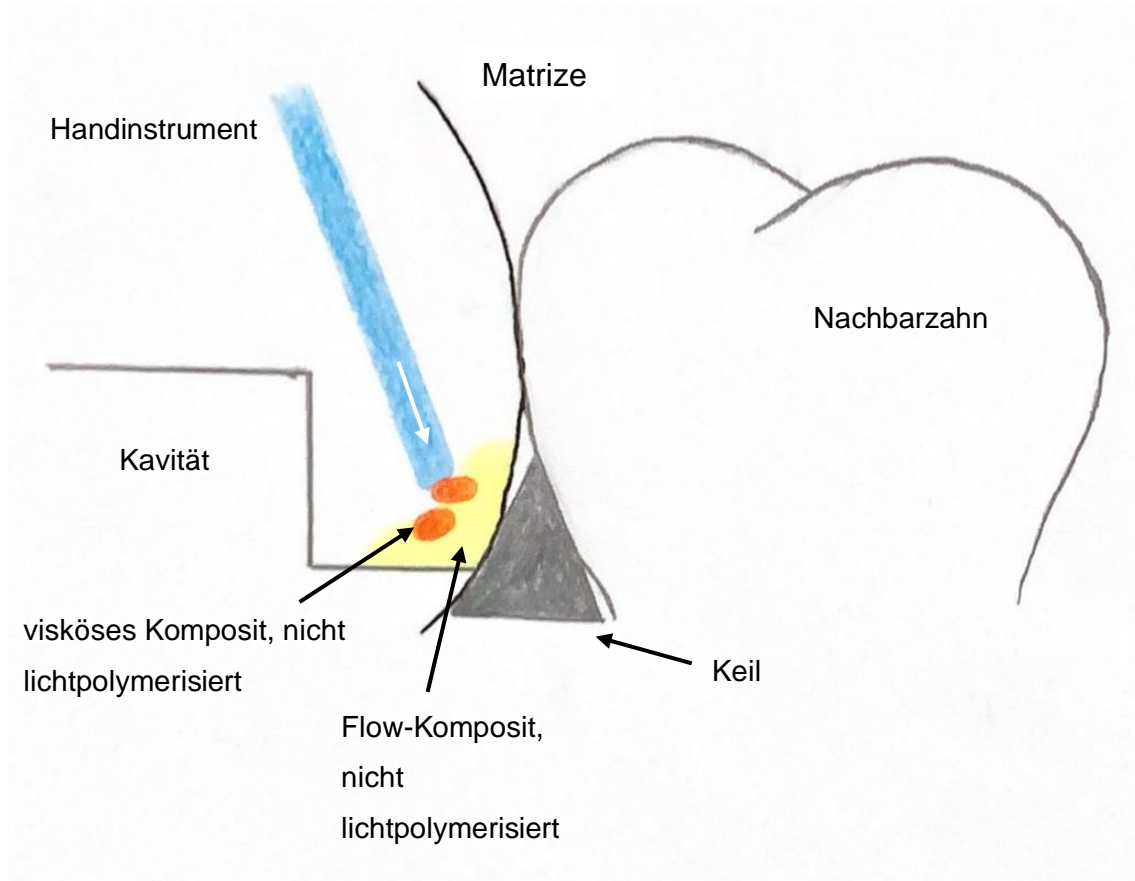


Abbildung 3: Darstellung der Snowplough-Technique | Quelle: Nadja Zamorska

Sollte es während der Adhäsivtechnik zu einer Kontamination der Kavität kommen, muss die Restauration gut abgesprüht und der Adhäsivprozess wiederholt werden, um einen ausreichend guten Verbund zu erreichen (Wolff et al., 2015b). Potentielle marginale Überhänge werden direkt im Anschluss mit einem feinkörnigem Diamanten sowie mit einem sichelförmigem Skalpell (Nr. 12) entfernt und die Ränder geprüft (Frese et al., 2014b). Sofern die Einsicht sich bei der Restauration dieser ersten Kompositphase schwierig gestaltet hat, kann bereits eine Röntgenkontrolle erfolgen.

Da sich der Kavitätenboden nun auf Gingivaniveau befindet, ist im nächsten Schritt eine absolute Trockenlegung möglich.

1.4.3 Zweiter Restaurationsschritt



Abbildung 4: Zweiter Restaurationsschritt | Frese C. et al., 2014, „Proximal Box Elevation With Resin Composite and the Dogma of Biological Width: Clinical R2-Technique and Critical Review“, *Op Dent*, 39-1, S. 26-27. Mit Genehmigung von © Operative Dentistry, Inc.

- (a) Angelegter Kofferdam mit Teilmatrize, Separationsring und Keil
- (b) Modellation des Approximalkontaktes mithilfe eines Kontaktpunktformers
- (c) Zweite Restaurationsphase | Abdruck des Approximalkontaktformers sichtbar
- (d) Fertige Restauration

Die erste Restaurationsphase wird gereinigt und mit Aluminiumoxidpulver (50 μ m) angeraut. Jetzt wird eine Teilmatrize im approximalen Bereich positioniert und mit einem Separationsring fixiert. Die Abdichtung der Matrize nach zervikal wird

durch einen Keil gewährleistet. Es folgt das Anätzen mit 37% Phosphorsäure, das Auftragen von Primer und Adhäsiv. Das Adhäsiv wird für 20 Sekunden lichtpolymerisiert. Um einen fugenfreien Übergang zwischen beiden Restaurationsphasen zu erreichen, wird erneut die Schneepflug-Technik angewandt. Mithilfe eines Approximalkontaktformers wird ein anatomisch korrekter Kontaktpunkt erzielt. Die fertige Restauration wird ausgearbeitet und hochglanzpoliert. Das Resultat ist eine gut zu reinigende, anatomische Zahnform (Frese et al., 2014c).

Die postoperative Röntgenkontrolle zeigt im vorliegenden Fall eine gute subgingivale Adaptation des Komposites ohne Überhänge (Abbildung 5).

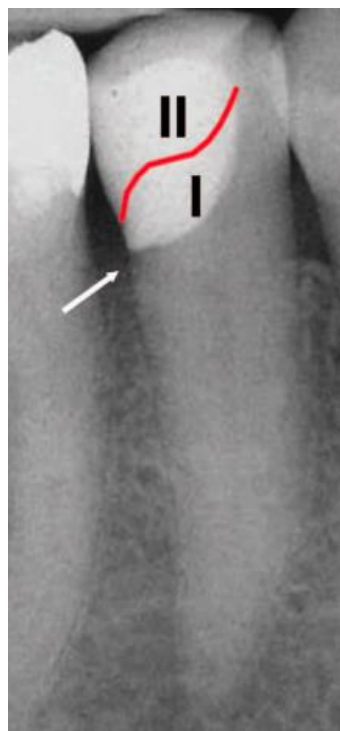


Abbildung 5: Röntgenkontrolle mit guter Marginaler Adaptation und homogenem Übergang zwischen beiden Restaurationsphasen | Frese C. et al., 2014, „Proximal Box Elevation With Resin Composite and the Dogma of Biological Width: Clinical R2-Technique and Critical Review“, Op Dent, 39-1, S. 27. Mit Genehmigung von © Operative Dentistry, Inc.

1.4.4 Anpassung von Interdentalbürsten

Zur Plaquekontrolle muss eine Instruktion des/der Patienten/in mit Auswahl passgenauer Interdentalbürsten erfolgen (Frese et al., 2014b).

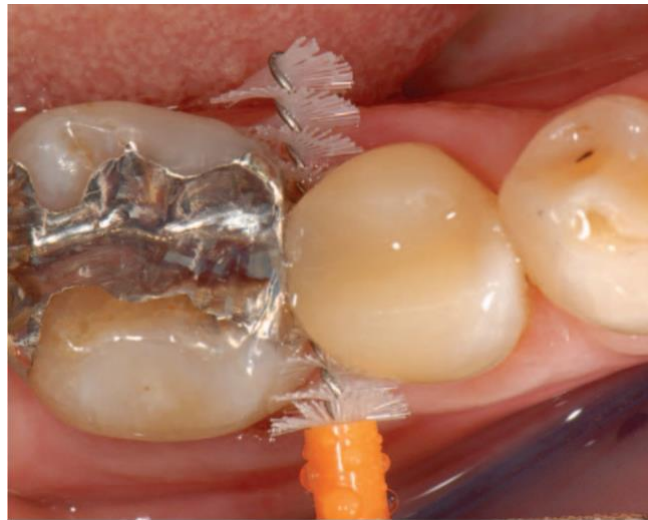


Abbildung 6: Anpassung einer Interdentalbürste | Frese C. et al., 2014, „Proximal Box Elevation With Resin Composite and the Dogma of Biological Width: Clinical R2-Technique and Critical Review“, *Op Dent*, 39-1, S. 27. Mit Genehmigung von © Operative Dentistry, Inc.

1.5 Ziel der Studie

Das Hauptziel der Studie ist die Beschreibung des Effektes tief subgingivaler, die biologische Breite verletzender Kompositrestaurationen auf das parodontale Attachment und auf den Entzündungsstatus der behandelten Zähne.

Dabei wurden die restaurierten Zähne zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung mit gesunden Kontrollzähnen verglichen.

1.5.1 Arbeitshypothese

Die Arbeitshypothese ist, dass an subgingivalen Restaurationen, die mit Hilfe des beschriebenen R1- und R2-Verfahrens angefertigt wurden, trotz Unterschreitung der „biologischen Breite“ gleichartige parodontale Verhältnisse und Entzündungszustände bestehen wie an gesunden Kontrollzähnen.

1.5.2 Zielkriterien

Hauptzielkriterien:

- Klinischer Attachmentlevel (CAL), Sondierungstiefe (ST), Bleeding-on-Probing (BOP): Beschreibung des Zustandes des Zahnhalteapparates im Bereich der subgingivalen Restauration und am gesunden Kontrollzahn

Nebenzielkriterien:

- Qualitätsparameter der Restaurationen mittels modifizierter FDI/USPH Kriterien (ästhetische, funktionelle und biologische Eigenschaften)
- Mundhygienezustand anhand Plaque-Index (Quigley-Hein-Index, modifiziert nach Turesky)

2 Material und Methoden

2.1 Ethikantrag

Der Prüfplan wurde vor Studienbeginn der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Eberhard-Karls-Universität Tübingen vorgelegt und von dieser bewilligt (Projekt-Nr. 522/2019BO2).

2.2 Studiendesign

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine klinische Nachuntersuchung. Es handelt sich um eine bizenrische Studie, die in Zusammenarbeit mit der Poliklinik für Zahnerhaltungskunde des Universitätsklinikums Heidelberg durchgeführt wurde. Beide Standorte verwendeten den gleichen Prüfplan. Es wurden zwei separate Kohorten an beiden Standorten untersucht. Die vorliegende Doktorarbeit inkludiert die Probanden/Probandinnen am Standort Tübingen. Aus der Kohorte am Standort Heidelberg ist ebenfalls eine Doktorarbeit hervorgegangen.

2.3 Ein- und Ausschlusskriterien

Einschlusskriterien:

- Patient/Patientin \geq 18 Jahre alt
- Patient/Patientin ist einwilligungsfähig
- Patient/Patientin hat mindestens eine subgingivale Kompositrestauration gemäß R1- oder R2-Verfahren
- Patient/Patientin hat keine unbehandelten kariösen Läsionen an einem Test- oder Kontrollzahn
- Patient/Patientin hat keine unbehandelte Parodontalerkrankung

- Patient/Patientin ist in der Lage normale häusliche Mundhygiene durchzuführen

Ausschlusskriterien:

- Patient/Patientin hat körperliche Einschränkungen oder Behinderungen, die normale Mundhygiene nicht ermöglichen
- Zeichen von stark vernachlässigter Mundhygiene
- Patientin ist schwanger oder stillt

2.4 Teilnehmerrekrutierung

Zur Rekrutierung der Studienteilnehmer/innen wurden sowohl digitale als auch analoge Patientenakten nach potentiellen Behandlungsfällen gescreent.

Anhand von Dokumentationen aus dem klinischen Studentenkurs (Schein II der Poliklinik für Zahnerhaltungskunde) aus den Jahren 2008 bis 2021 wurden die Akten der Patienten/Patientinnen herausgesucht und Verweise auf eine Kastenbodenelevation vor der Versorgung herausgefiltert.

Weiterhin wurden Behandlungsfälle von Zahnärztinnen und Zahnärzten aus der Poliklinik für Zahnerhaltung nach oben genannten Kriterien gescreent.

Die potentiellen Behandlungsfälle wurden in eine Tabelle überführt. Es wurden insgesamt 50 mögliche Teilnehmer/innen gefunden. Hiervon wurden alle telefonisch kontaktiert. 7 Personen konnten nicht erreicht werden, weil die Kontaktdaten nicht mehr aktuell waren.

13 Personen hatten kein Interesse an der Studie teilzunehmen. Da sich der Untersuchungszeitraum zwischen Februar 2020 und Februar 2022 erstreckte, gab es darunter 5 Absagen aufgrund der Corona-Pandemie. 7 Personen lehnten die Teilnahme aus persönlichen Gründen ab (Parkgebühren im Umkreis der Zahnklinik, weiter Anfahrtsweg, zeitliche Einschränkungen). Eine Person gab an, dass sie nicht an der Studie teilnehmen könne, da der Zahn aufgrund eines Abszesses gezogen werden musste. Keine Person, die nicht an der Studie

teilnehmen wollte gab Unzufriedenheit mit der Behandlung als Grund für die Absage an. Es ist außerdem allgemein festzuhalten, dass bei Problemen mit der Versorgung eher damit zu rechnen gewesen wäre, dass die Patienten vorstellig geworden wären.

Insgesamt wurden 30 Probanden/Probandinnen mit 30 Restaurationen am Standort Tübingen eingeschlossen. Die Restaurationen wurden in 17 Fällen im Rahmen des studentischen Behandlungskurses, in 10 Fällen durch Zahnärztinnen und Zahnärzte der Poliklinik für Zahnerhaltung angefertigt. In 3 Fällen ist unbekannt, durch wen die Versorgung erfolgte. Die Restaurationen wurden zwischen dem 01.03.2016 und dem 28.04.2021 eingegliedert. Alle Studienteilnehmer/innen wurden vor der Teilnahme telefonisch über den Ablauf der Nachuntersuchung aufgeklärt. Ferner wurde ein Termin vereinbart.

2.5 Studiendurchführung

Alle Untersuchungen wurden am Universitätsklinikum Tübingen (Poliklinik für Zahnerhaltung) von cand. med. dent./ Zahnärztin Nadja Zamorska durchgeführt. Zu Beginn der Studie erfolgte eine Einweisung, Kalibrierung und Supervision an 3 Studienteilnehmern/Studienteilnehmerinnen durch die Betreuerin Frau Professorin Wolff.

Der Untersuchungsablauf gestaltete sich wie folgt:

1. Aufklärung mündlich und schriftlich
2. Unterschrift der Einverständniserklärung
3. Anamnese gemäß Studienbogen
4. Intraorale Inspektion (zahnärztlicher Befund)
5. Erhebung der FDI-Kriterien
6. Erhebung des Gingiva Index (Silness/Löe)
7. Messung der Sulkussondierungstiefen und Attachmentlevel an 6 Stellen pro Zahn mit Dokumentation des BOP
8. Erhebung des Plaque-Index (Quigley-Hein-Index, modifiziert nach Turesky)

9. Professionelle Zahnreinigung und Mundhygienetraining als Aufwandsentschädigung

Nach schriftlicher Einwilligung wurde bei jedem Proband und jeder Probandin die Untersuchung standardisiert wie oben beschrieben durchgeführt.

Nach Screening der Ein- und Ausschlusskriterien wurde eine allgemeinmedizinische Anamnese erhoben, wobei Allgemeinerkrankungen und die Einnahme von Medikamenten erfragt wurden.

2.5.1 Intraorale Inspektion

Die intraorale Untersuchung umfasste die Erhebung eines ausführlichen Zahnbefundes sowie die visuelle und palpatorische Beurteilung der Schleimhäute.

Der Zahnstatus wurde in der digitalen Akte dokumentiert, wobei direkte Restaurationen, Zahnersatz sowie fehlende Zähne und kariöse Läsionen in das Befundschema eingetragen wurden.

2.5.2 Erhebung der FDI-Kriterien an Zähnen mit einer Kastenbodenelevation

Zähne, die mit einer Kastenbodenelevation versorgt sind, wurden mittels modifizierter FDI/USPH-Kriterien auf ihre ästhetischen, funktionellen und biologischen Eigenschaften untersucht. Hierbei wurde eine Lupenbrille mit 2,5-facher Vergrößerung (I.C. Lercher TC-View TTL) verwendet. Zur Beleuchtung wurde die Operationsleuchte KaVo Lux 540 LED genutzt.

Alle angewendeten Bewertungskriterien sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Bewertungskriterien (FDI/USPH-Kriterien)

Ästhetische Eigenschaften	Oberflächenglanz Oberflächenverfärbung Farbstabilität und Transluzenz Anatomische Form
Funktionelle Eigenschaften	Fraktur und Retention Marginale Adaption Verschleiß Kontaktpunkt Patienteneindruck (Kaukomfort)
Biologische Eigenschaften	Postoperative Hypersensibilität Karies, Erosion, Abfraktion Parodontale Reaktion

Zu jedem Bewertungskriterium kann eine Schulnote zwischen 1 und 5 vergeben werden. Die Kriterien für die jeweiligen Benotungsmöglichkeiten sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Tabelle 2: Benotung (FDI-Kriterien)

1	Klinisch exzellent / sehr gut
2	Klinisch gut
3	Klinisch suffizient / befriedigend
4	Klinisch nicht akzeptabel (reparierbar)
5	Klinisch schlecht (muss ausgetauscht werden)

2.5.3 Erhebung des Gingiva Index nach Silness/Löe

Nach Ausstreichen des Sulkus aller vorhandenen Zähne mit einer stumpfen Parodontalsonde wurde das Auftreten von Blutungen beurteilt. In die Codierung ferner miteinbezogen wurden Entzündungen, Schwellungen und Farbveränderung der Gingiva im Sinne eines entzündlichen Prozesses. Die Codierung erfolgte in 4 Schweregraden (0-3), wobei jeder Zahn an sechs Stellen beurteilt wurde (mesio-bukkal, bukkal, disto-bukkal, mesio-oral, oral, disto-oral). Eine Darstellung der Bewertungskriterien ist in Tabelle 3 zu finden.

Tabelle 3: Gingiva Index nach Silness/Löe (1963)

Grad	
0	Normal aussehende Gingiva, keine Blutung
1	Leichte Entzündung: leichte Farbveränderung, leichte ödematöse Schwellung, keine Blutung bei Palpation
2	Mäßige Entzündung mit Rötung, ödematöse Schwellung, Blutung bei Ausstreichen mit der Sonde
3	Schwere Entzündung, deutliche Rötung und Schwellung, Tendenz zu spontaner Blutung, Ulzerationen

2.5.4 Messung der Sulkussondierungstiefen und des klinischen Attachmentverlust

An 6 Stellen pro Zahn (mesio-bukkal, bukkal, disto-bukkal, mesio-oral, oral, disto-oral) wurde mithilfe einer millimeterskalierten Parodontalsonde (Hu-Friedy PCPUNC15) die Sondierungstiefe bestimmt, also die Tiefe der Zahnfleischtasche. Eine erhöhte Sulkussondierungstiefe (ab 4 Millimeter) wird mit einer Entzündung des Zahnhalteapparates in Verbindung gebracht (Hahn, 2010). Für jede Stelle wurde auch der Attachmentverlust angegeben, d.h. der Abstand der Schmelz-Zement-Grenze zum Taschenboden (Sivertson & Burgett,

1976). Die Messung erfolgte mit einer Krafteinwirkung von etwa 0,25N an allen vorhandenen Zähnen.

2.5.5 Erhebung des Bleeding on Probing Score (BOP)

Im Rahmen der Erhebung des Parodontalstatus (s. 2.5.4) wurde für jede gemessene Stelle, an der nach Sondierung eine Blutung auftrat, dokumentiert.

2.5.6 Erhebung des Plaque-Index (Quigley-Hein-Index, modif. nach Turesky 1970)

Nach relativer Trockenlegung der Mundhöhle, wurden alle Zahnflächen mit Mira-2-Ton Färbelösung (Hager Werken) angefärbt. Das Vorhandensein von Plaque wurde mittels modifizierter Turesky-Kriterien dokumentiert. Hierbei wird in den Codes 0 bis 5 zwischen keiner Plaque, vereinzelter Plaque-Inseln, einer dünnen Plaquelinie am Gingivarand, Plaque im unteren Zahndrittel, Plaque bis ins mittlere Drittel und einer Plaqueausdehnung bis ins koronale Zahndrittel unterschieden (Tabelle 4). Die Beurteilung erfolgte an 6 Stellen pro Zahn an allen vorhandenen Zähnen.

Tabelle 4: Quigley-Hein-Index, modif. nach Turesky (1970)

Grad	
0	Keine Plaque vorhanden
1	Vereinzelte Plaqueinseln am Gingivarand
2	Dünne, zusammenhängende Plaquelinie (bis 1mm) am Gingivarand
3	Plaquelinie von mehr als 1mm, weniger als ein Drittel der Zahnoberfläche bedeckend
4	Plaqueausdehnung bis ins mittlere Zahndrittel
5	Plaqueausdehnung bis ins koronale Zahndrittel

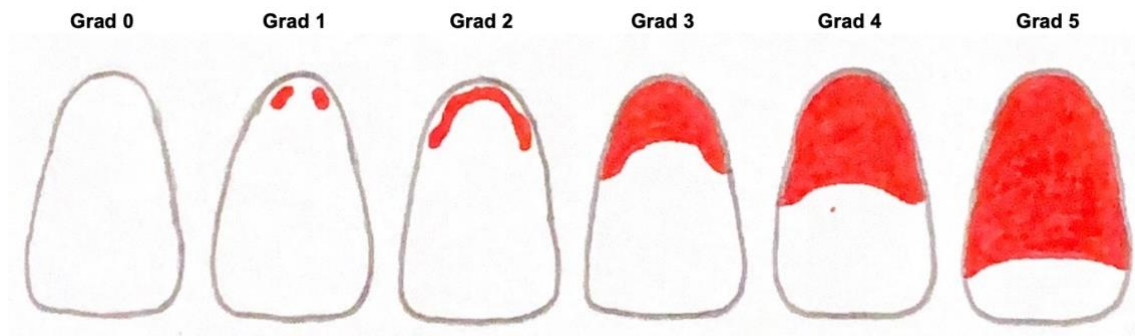


Abbildung 7: Quigley-Hein-Index, modifiziert nach Turesky (1970) | Quelle: Nadja Zamorska

2.5.7 Anlegen der Datensätze

Vor der Untersuchung wurde für jede/n rekrutierte/n Studienteilnehmer/in ein Probandenformular ausgefüllt. Das Formular beinhaltet die dem/der jeweiligen Teilnehmer/in zugeordnete Probandennummer und die Initialen (Nachname/Vorname). Es wurde anhand der vorliegenden Akten vermerkt, welcher Zahn an welcher Zahnfläche mittels R1/R2-Technik versorgt wurde. Neben dem Herstellungsdatum sowie dem/der Behandler/in (Zahnarzt/Zahnärztin oder Student/Studentin) wurde, sofern aus den Akten ersichtlich, das verwendete Kompositmaterial sowie das Adhäsivsystem vermerkt. Außerdem wurden die digitalen Akten nach möglichen Röntgenbildern, die nach der Restauration angefertigt wurden, durchsucht. Das Vorhandensein eines postoperativen Röntgenbildes wurde auf dem Probandenformular vermerkt. Der Befund wurde notiert. Geburtsdatum sowie Geschlecht der Probanden/Probandinnen wurden erfasst. Alle Probanden/Probandinnen wurden nach Rauchgewohnheiten (pack years) und der Nutzung von Interdentälbürsten (ja/nein) befragt.

Die erhobenen Daten wurden nach Untersuchung der Probanden/Probandinnen in der pseudonymisierten Form in die Microsoft Excel Datenbank übertragen. Mithilfe des ausführlichen zahnärztlichen Befundes wurde ein Referenzzahn ermittelt und in der Datenbank vermerkt. Hierbei wurde jeweils die nächste an der R1/R2-Restauration angrenzende unversorgte Zahnfläche ausgewählt. Aus

dem erhobenen dentalen Befund wurde der DMFT-Index ermittelt und in die Datentabellen eingepflegt. Anhand der mit Plaque befallenen Zahnflächen wurde der Plaque Control Record (PCR) berechnet und angegeben. Aus den erhobenen Blutungsflächen nach Ausstreichen des Sulkus wurde der Gingival Bleeding Index in Prozent zusätzlich zum Gingiva Index nach Silness/Löe ermittelt. Die Zähne 18, 28, 38 und 48 wurden – sofern vorhanden – nicht in die Indizes miteinbezogen.

2.6 Statistisches Design und Methodik

Nach Anlegen der Datensätze wie oben beschrieben, wurden erhobene Parameter mithilfe des Statistikprogramms SPSS deskriptiv dargestellt. Bei nominalen oder ordinalen Parametern erfolgte eine Darstellung der absoluten und relativen Häufigkeiten. Metrische Zielgrößen wurden anhand Mittelwert, Standardabweichung (SD), Median, Q1, Q3 sowie Minimum und Maximum dargestellt.

Bei der deskriptiven Darstellung der gingivalen und parodontalen Parameter in Balkendiagrammen wurden zusätzlich Vier-Felder-Tafeln erstellt und mit dem McNemar-Test geprüft, ob Test- und Referenzzähne Unterschiede aufweisen.

Bei der Analyse der Parameter ST, CAL, Plaque-Index (Turesky) und Gingiva-Index (Silness/Löe) wurden die Messwerte zwischen Test- und Referenzzähnen mittels Boxplots gegenübergestellt und zusätzlich in Form von Tabellen deskriptiv dargestellt.

Zur Bestimmung der Signifikanz wurden verbundene t-Tests (Normalverteilung) und Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests (nicht-normalverteilte oder ordinalskalierte Variablen) durchgeführt um Unterschiede zwischen Test- und Referenzzähnen festzustellen.

Zur Untersuchung des Einflusses des Restaurationsalters, des DMFT-Wertes, des Gingiva-Index (Silness/Löe), des Plaque-Index (modif. Turesky), des Rauchverhaltens und der Interdentalbürstennutzung sowie des lokalen CAL auf die Mittelwerte der parodontalen Parameter an den Testzähnen wurden

multivariate lineare Regressionen durchgeführt. Als abhängige Variablen wurden Sondierungstiefe (ST), klinischer Attachmentverlust (CAL), Gingiva-Index (Silness/Löe) sowie Bluten auf Sondieren (BOP) gewählt. Die Regressionsanalyse erfolgte im Einschlussmodell, das heißt, dass alle Variablen des Blocks in einem einzigen Schritt aufgenommen wurden.

Kategoriale Variablen (FDI-Kriterien) wurden rein deskriptiv dargestellt.

Es handelt sich hier um eine rein explorative Analyse. Alle p-Werte sind deshalb rein deskriptiv zu interpretieren.

3 Ergebnisse

3.1 Deskriptive Statistik

3.1.1 Kollektiv der Probanden/Probandinnen

Die prozentuale Verteilung der Studienteilnehmer/innen (n=30) betrug 43% (n=13) weibliche und 57% (n=17) männliche Teilnehmer/innen.

Das Durchschnittsalter der Probanden/Probandinnen betrug im Mittel 54,8 Jahre, wobei der/die jüngste Proband/in 29, der/die älteste 83 Jahre alt war.

3.1.2 Tiefsubgingivale Kompositestaurationen

Am Kollektiv der Probanden/Probandinnen von n=30 wurden 35 tiefsubgingivale Restaurationen mittels R1/R2-Verfahren durchgeführt. Bei allen Studienteilnehmern/Studienteilnehmerinnen, die mehr als eine Restauration erhalten haben, wurde jeweils durch Zufall eine Restauration ausgewählt und analysiert. Insgesamt wurden n=30 Restaurationen für die Auswertung eingeschlossen. 67% der Restaurationen waren im Oberkiefer, 33% im Unterkiefer lokalisiert. 7% der Restaurationen befanden sich im Frontzahnbereich (1-3), 93% im Seitenzahnbereich (4-7).

3.1.3 Deskriptive Analyse allgemeiner Parameter

Das durchschnittliche Alter der Restaurationen lag bei $1,4 \pm 1,2$ Jahren. 6 Probanden/Probandinnen (20,0%) gaben an aktive Raucher/innen zu sein, 6 (20,0%) waren ehemals Raucher/innen und 18 Probanden/Probandinnen (60,0%) gaben an Nichtraucher/innen zu sein. Der DMFT-Index unter den Studienteilnehmern und Studienteilnehmerinnen lag im Mittel bei $16,9 \pm 4,67$. Der BOP lag im Durchschnitt bei $19,0\% \pm 4,67$. Der Plaque Control Record (PCR) lag durchschnittlich bei $73,3\% \pm 19,35$, der modifizierte Plaque-Index nach Turesky bei $1,88 \pm 0,74$. Der GBI lag im Mittel bei $8,9\% \pm 8,11$, der Gingiva Index nach

Silness/Löe ergab einen Mittelwert von $0,16 \pm 0,12$. Durchschnittlich lag der Messwert der Sulkussondierung bei $2,2\text{mm} \pm 0,56$, der Mittelwert des klinischen Attachmentverlustes lag bei $2,4\text{mm} \pm 0,67$. 56,7% der Studienteilnehmer/Studienteilnehmerinnen gaben an regelmäßig Interdentalbürsten zu verwenden, 43,3% gaben an keine Interdentalbürsten zu benutzen (Tabelle 5).

Tabelle 5: Allgemeine Parameter bezogen auf die gesamte Dentition

		Mittelwerte \pm Standardabweichung
Alter der Restauration (in Jahren)		1,4 \pm 1,2
Interdentalbürstennutzung	Ja	17 (56,7%)
	Nein	13 (43,3%)
Raucher/in	Ja	6 (20,0%)
	Ehemalig	6 (20,0%)
	Nein	18 (60,0%)
D-Wert (zerstörte Zähne)		1,8 \pm 3,30
M-Wert (fehlende Zähne)		2,0 \pm 2,50
F-Wert (gefüllte Zähne)		13,0 \pm 4,53
DMFT-Index		16,9 \pm 4,67
BOP _{gesamt} (in %)		19,0 \pm 13,52
PCR _{gesamt} (in %)		73,3 \pm 19,35
Plaque-Index (Turesky _{gesamt})		1,88 \pm 0,74
GBI _{gesamt} (in %)		8,9 \pm 8,11
Gingiva-Index (Silness/Löe _{gesamt})		0,16 \pm 0,12
ST _{gesamt} (in mm)		2,2
CAL _{gesamt} (in mm)		2,4

3.1.4 Deskriptive Analyse gingivaler und parodontaler Zustände

BOP_{lokal} (Bluten auf Sondieren)

An den Testzähnen trat mit 76,7% , häufiger als an den Kontrollzähnen mit einer relativen Häufigkeit von 60,0% ein Bluten auf Sondieren auf (Abbildung 8). In 15 Fällen konnte sowohl am Testzahn, als auch am Referenzzahn ein BOP festgestellt werden. „BOP“ wurde als verbundene Stichprobe mit dem McNemar-Test untersucht. Es waren keine signifikanten Unterschiede ($p=0,227$) zwischen Test- und Kontrollzähnen vorhanden (Tabelle 6).

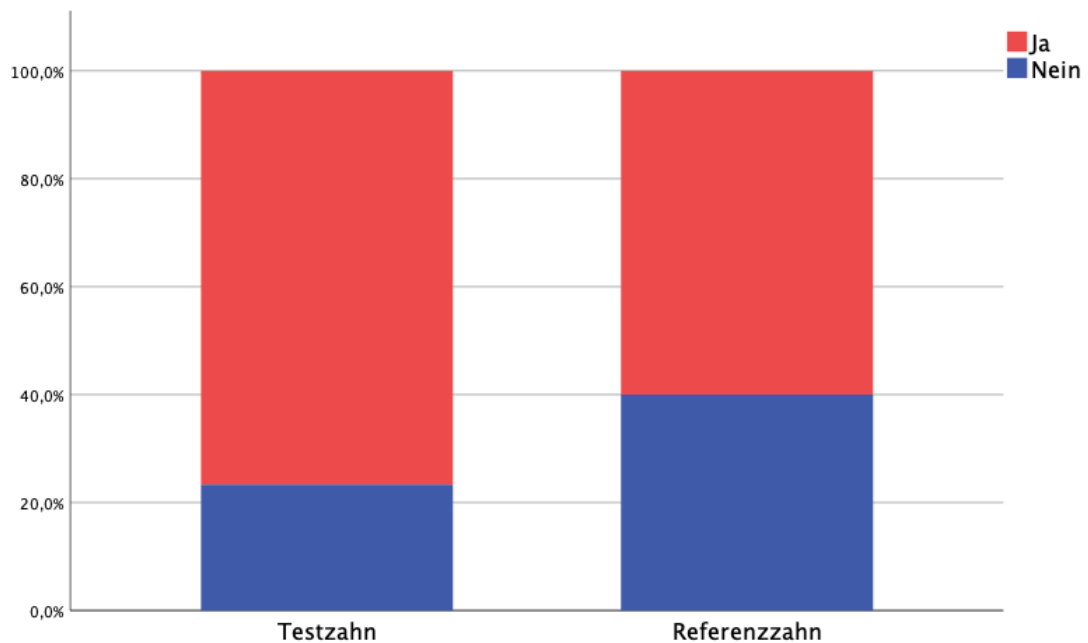


Abbildung 8: Vergleich der relativen Häufigkeiten (%) von BOP "Ja" und BOP "Nein" von Test- und Referenzzähnen

Tabelle 6: Kreuztabelle für die Variable "BOP" an Test- und Referenzzähnen

BOP		Testzahn		Gesamt
		Ja	Nein	
Referenzzahn	Ja	15	3	18
	Nein	8	4	12
Gesamt		23	7	30

Das Auftreten eines BOP wurde in Hinblick auf die Interdentälbürstennutzung untersucht und gegenübergestellt. In 13 Fällen trat trotz der Nutzung von Interdentälbürsten ein BOP am Testzahn auf. Lediglich bei 4 Probanden/Probandinnen zeigten die Testzähne bei Nutzung von Interdentälbürsten keinen BOP. Der McNemar Test ergab einen *p*-Wert von 0,18, somit einen nicht signifikanten Zusammenhang (Tabelle 7).

Rauchverhalten und BOP wurden ebenfalls deskriptiv gegenübergestellt. Alle ehemaligen Raucher/innen (n=6) wiesen einen BOP auf. 13 Nichtraucher/innen wiesen einen BOP auf, während bei 5 Nichtrauchern/Nichtraucherinnen kein BOP feststellbar war. 4 Raucher/innen zeigten einen BOP, bei 2 Rauchern/Raucherinnen lag kein BOP vor (Tabelle 8).

Tabelle 7: Kreuztabelle für die Variablen "BOP am Testzahn" und „Nutzung von Interdentälbürsten“

		BOP am Testzahn		
		Nein	Ja	gesamt
Nutzung von Interdentälbürsten	Ja	4	13	17
	Nein	3	10	13
Gesamt		7	23	30

Tabelle 8: Kreuztabelle für die Variablen "BOP am Testzahn" und „Raucherstatus“

	BOP am Testzahn		
	Nein	Ja	gesamt
Nichtraucher/in	5	13	18
Ehemalige/r Raucher/in	0	6	6
Raucher/in	2	4	6

Blutung nach Ausstreichen des Sulkus

Nach Ausstreichen des Gingivasulkus mit einer stumpfen Sonde trat an den Testzähnen mit einer relativen Häufigkeit von 23,3% häufiger eine Blutung auf. Die Häufigkeit bei den Referenzzähnen lag bei 16,7% (Abbildung 9). Bei 21 Probanden/Probandinnen trat weder am Test-, noch am Referenzzahn eine Blutung auf. Der McNemar-Test ergab einen *p*-Wert von 0,687. Es liegen keine signifikanten Unterschiede zwischen Test- und Referenzzähnen vor (Tabelle 9).

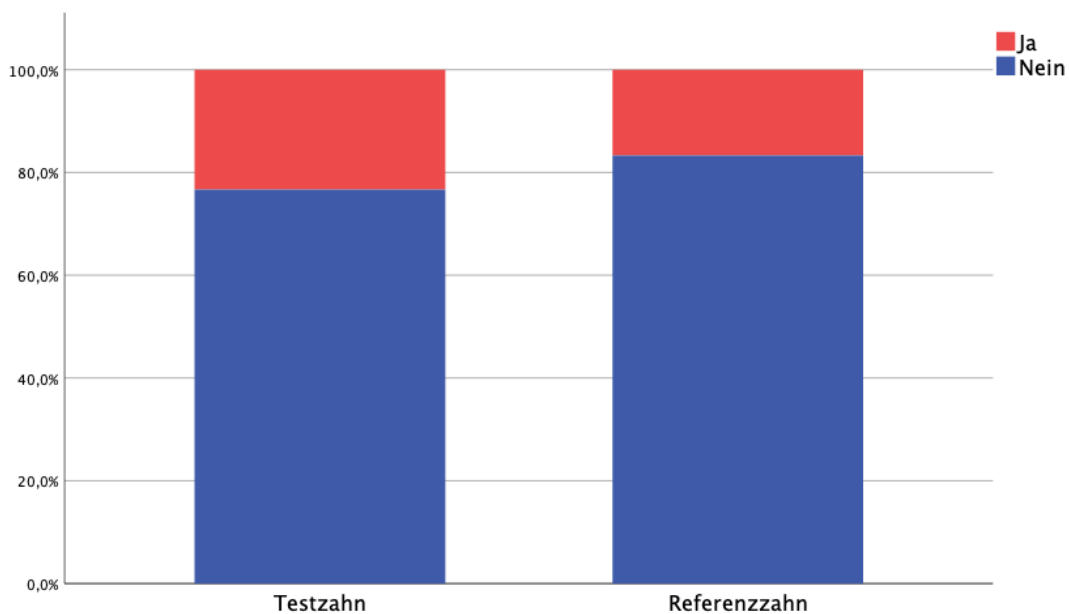


Abbildung 9: Vergleich der relativen Häufigkeiten (%) des Auftretens einer gingivalen Blutung nach Ausstreichen mit der Sonde

Tabelle 9: Kreuztabelle für die Variable "Blutung nach Ausstreichen des Sulkus" an Test- und Referenzzähnen

Blutung nach Ausstreichen des Sulkus		Testzahn		Gesamt
		Ja	Nein	
Referenzzahn	Ja	3	2	5
	Nein	4	21	25
Gesamt		7	23	30

PCR_{lokal} (Lokale Plaqueakkumulation)

Der PCR_{lokal} lag bei den Testzähnen mit einer Häufigkeit von 93,3% geringfügig unter dem Wert der Referenzzähne (96,7%) (Abbildung 10).

In 28 Fällen konnte sowohl am Testzahn, als auch am Referenzzahn Plaque festgestellt werden. Der *p*-Wert nach Durchführung des McNemar-Tests beträgt 1,0, somit liegen keine signifikanten Unterschiede vor (Tabelle 10).

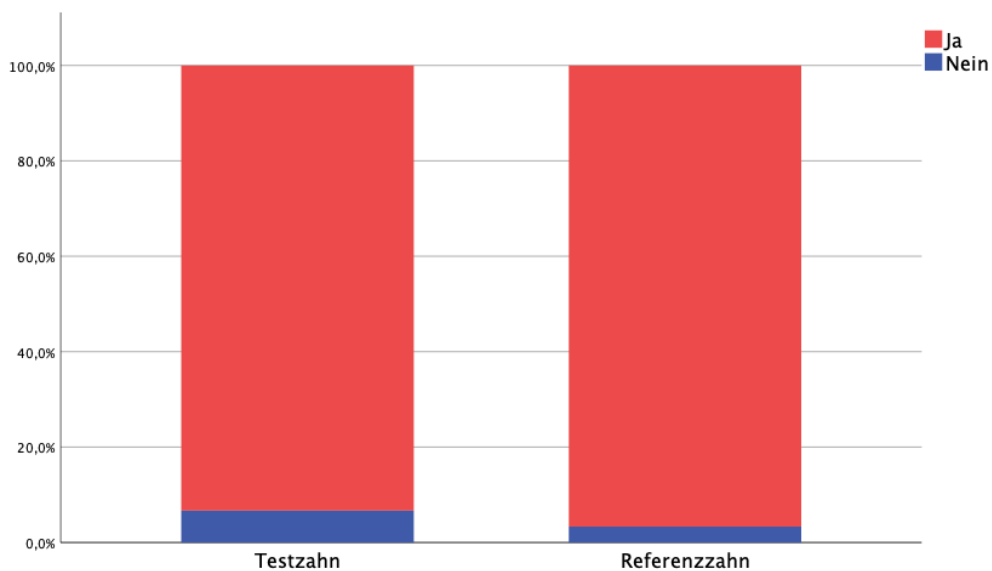


Abbildung 10: Vergleich der relativen Häufigkeiten (%) bei der lokalen Plaqueakkumulation

Tabelle 10: Kreuztabelle für die Variable "Lokale Plaqueakkumulation" an Test- und Referenzzähnen

Lokale Plaqueakkumulation		Testzahn		Gesamt
		Ja	Nein	
Referenzzahn	Ja	28	1	29
	Nein	0	1	1
Gesamt		29	2	30

3.2 Analyse: Sondierungstiefe (ST_{lokal}), klinischer Attachmentverlust (CAL_{lokal}), Gingivaler Index (Silness/Löe $_{\text{lokal}}$), Plaque Index (modif. Turesky $_{\text{lokal}}$) und Parodontitis-Klassifikation $_{\text{lokal}}$

Für die Parameter ST, CAL, Gingiva-Index (Silness/Löe) und Plaque-Index (modif. Turesky) wurden Boxplots erstellt. Hiermit sollen die Unterschiede zwischen restaurierten Zähnen (Testzähnen) und den Referenzzähnen dargestellt werden. In der folgenden Abbildung 11 werden jeweils die Unterschiede speziell zwischen den restaurierten Zahnstellen und den, wie oben beschrieben, ausgewählten Referenzstellen verglichen. Wenn der mit der R1/R2-Technik versorgte Zahn beispielsweise mesial versorgt wurde, dann fließen in die unten abgebildete Auswertung auch nur die Messwerte von mesial (gemittelt) ein. Die Auswertung wurde zudem noch deskriptiv in Tabelle 11 dargestellt.

Der Median von ST liegt bei den Testzähnen bei 3,25mm, bei den Referenzzähnen bei 2,5mm. Der Interquartilsabstand beträgt bei den restaurierten Zähnen (Testzähne) 1,5mm (Q1: 2,5, Q3: 4,0), bei den Kontrollzähnen 1,0mm (Q1: 2,0, Q3: 3,0) (Abbildung 11). Die Streuung ist bei den Testzähnen höher (SD(T): 0,896, SD(R): 0,817). Die Messwerte bei den Testzähnen variieren zwischen 1,5mm und 5,5mm, bei den Referenzzähnen ebenfalls zwischen 1,5mm und 5,5mm. Der Mittelwert ist bei den Testzähnen (3,2mm) im Vergleich zu den Referenzzähnen (2,717mm) erhöht (Tabelle 11).

Für den Parameter ST wurde ein verbundener t-Test durchgeführt, um zu überprüfen, ob die Durchschnittswerte zwischen Test- und Referenzzähnen Unterschiede aufweisen. Es ergab sich ein *p*-Wert von 0,003. Somit sind die Ergebnisse signifikant.

Der Median für CAL beträgt bei den restaurierten Zähnen 3,5mm, bei den Kontrollzähnen 2,5mm (Abbildung 11). Die Interquartilsabstände betragen 1,12 (T) und 0,62 (R). Bei CAL ist die Standardabweichung, anders als bei ST, bei den Kontrollzähnen höher (SD(T): 0,870, SD(R): 0,997), wobei die Messwerte bei den Testzähnen zwischen 2,0mm und 5,5mm liegen, bei den Referenzzähnen zwischen 1,5mm und 6,0mm. Der Mittelwert für CAL beträgt für Testzähne 3,467mm, für Kontrollzähne 2,883mm (Tabelle 11).

Der verbundene t-Test für CAL ergab einen *p*-Wert von 0,001 und somit signifikante Unterschiede zwischen Test- und Referenzzähnen (Tabelle 11).

Der Median sowohl der Test-, als auch der Referenzzähne beim Parameter „Gingiva-Index“ liegt auf der Nulllinie. In den Boxplots sind bei den Testzähnen Extremwerte bis maximal Grad 2 sichtbar, die übrigen Testzähne weisen einen Gingiva-Index nach Silness/Löe gleich Null auf. Bei den Referenzzähnen gibt es einen Ausreißer bei Grad 1, alle übrigen Messwerte werden Grad 0 zugeordnet (Abbildung 11). Der Mittelwert liegt bei den Testzähnen bei 0,32 (SD: 0,650), bei den Referenzzähnen bei 0,17 (SD: 0,379) (Tabelle 11).

Um Unterschiede zwischen Test- und Referenzzahn für den Gingiva-Index nach Silness/Löe festzustellen, wurde ein Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test durchgeführt. Es konnte kein signifikanter Unterschied (*p*-Wert = 0,187) festgestellt werden (Tabelle 11).

Der Median beim Plaque-Index nach Turesky liegt bei den Testzähnen bei 2,25, Q1 liegt bei 1 und Q3 bei 3,5 (Interquartilsabstand: 2,5). Die Referenzzähne weisen einen geringfügig größeren Median von 2,5 auf und einen Interquartilsabstand von 1,37 (Q1: 1,88, Q3: 3,25) auf. Der Mittelwert für die Testzähne liegt bei 2,3, für die Referenzzähne bei 2,583. Die Streuung ist bei den

Testzähnen geringfügig höher (SD: 1,317) als bei den Referenzzähnen (SD: 1,253) (Abbildung 11, Tabelle 11).

Der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test ergab für den Parameter „Plaque-Index“ einen *p*-Wert von 0,225 und somit keine signifikanten Unterschiede zwischen Test- und Referenzzähnen (Tabelle 11).

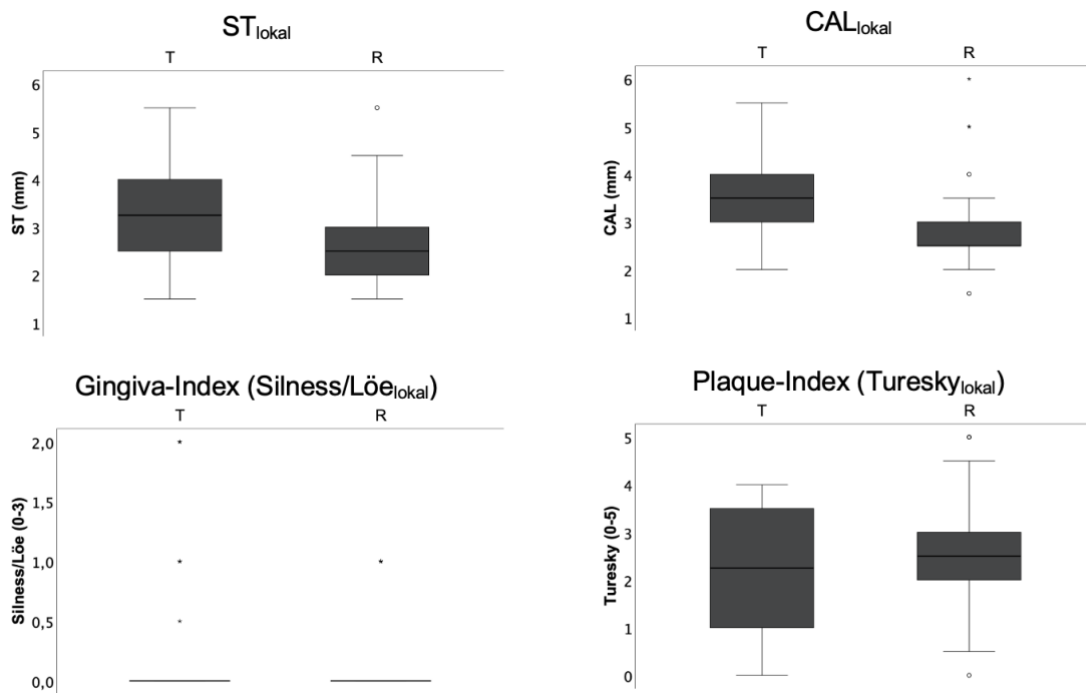


Abbildung 11: Boxplots der Durchschnittswerte Sondierungstiefe (ST_{lokal}), Klinischer Attachmentverlust (CAL_{lokal}), Gingiva-Index (Silness/Löe_{lokal}), Plaque-Index (modif. Turesky_{lokal}) für die restaurierten Zähne (Restaurationsstelle) und Referenzzähne (Referenzstelle) | T=Testzahn, R=Referenzzahn

Tabelle 11: Deskriptive Auflistung der statistischen Kennwerte für die Durchschnittswerte von Sondierungstiefe (ST_{lokal}), Klinischer Attachmentverlust (CAL_{lokal}), Gingival Index (Silness/Löe $_{\text{lokal}}$), Plaque Index (modif. Turesky $_{\text{lokal}}$)

N (%)		Testzahn 30 (100,0%)	Kontrollzahn 30 (100,0%)
ST_{lokal}	n.a. (%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Mittelwert (SD)	3,200 (0,896)	2,717 (0,817)
	Median	3,25	2,50
	Q1, Q3	2,50, 4,00	2,00, 3,00
	Min, max	1,5, 5,5	1,5, 5,5
	<i>p-Wert</i>	0,003	
CAL_{lokal}	n.a. (%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Mittelwert (SD)	3,467 (0,870)	2,883 (0,997)
	Median	3,50	2,50
	Q1, Q3	2,88, 4,00	2,38, 3,00
	Min, max	2,0, 5,5	1,5, 6,0
	<i>p-Wert</i>	0,001	
Silness/Löe $_{\text{lokal}}$	n.a. (%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Mittelwert (SD)	0,32 (0,650)	0,17 (0,379)
	Median	0,00	0,00
	Q1, Q3	0,00, 0,13	0,00, 0,00
	Min, max	0, 2	0, 1
	<i>p-Wert</i>	0,187	
Modif. Turesky $_{\text{lokal}}$	n.a. (%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Mittelwert (SD)	2,300 (1,317)	2,583 (1,253)
	Median	2,250	2,500
	Q1, Q3	1,00, 3,50	1,88, 3,25
	Min, max	0,0, 4,0	0,0, 5,0
	<i>p-Wert</i>	0,225	

Parodontitisklassifikation_{lokal}

Die Messwerte für den lokalen Attachmentverlust (CAL_{lokal}) der Test- und Kontrollzähne wurden herangezogen, um die Verteilung der Parodontitis-Stadien gemäß aktueller Parodontitis-Klassifikation (PA-Klassifikation) darzustellen (Tabelle 12).

Weder an den Testzähnen, noch an den Referenzzähnen konnte ein Parodontitis Grad 0 festgestellt werden. An einem Testzahn konnte Grad I ermittelt werden, während 7 Referenzzähne Grad I zugeordnet wurden. 25 Testzähne und 20 Referenzzähne wurden dem Parodontitis-Grad II zugeordnet. Grad III wurden 3 Testzähne und 4 Kontrollzähne zugeteilt.

Mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test wurde überprüft, ob ein signifikanter Unterschied bei der Parodontitisklassifikations-Zuteilung vorliegt. Es ergab sich ein *p-Wert* von 0,02 und somit eine hohe statistische Signifikanz (Tabelle 13).

Tabelle 12: Übersicht der Stadien-Aufteilung der Test- und Referenzzähne (PA-Klassifikation) - abhängig von CAL | 0: gesund, I: Staging Stadium I (CAL: 1-2mm), II: Staging Stadium II (CAL: 3-4mm), III: Staging Stadium III (CAL: ≥ 5 mm)

Zähne	PA-Klassifikation			
	0	I	II	III
Testzähne (n)	0	1	25	4
Referenzzähne (n)	0	7	20	3

Tabelle 13: Kreuztabelle zur Parodontitis-Klassifikation von Test- und Referenzzähnen

		Testzahn		
		I	II	III
Referenzzahn	I	1	6	0
	II	0	18	2
	III	0	1	2

Da der Raucherstatus gemäß Literatur eine bedeutende Rolle bei der Entstehung einer Parodontitis spielt (Haber, 1994; Haber et al., 1993; Tomar & Asma, 2000), wurden Kreuztabellen erstellt, wobei der Raucherstatus und die Parodontitis-Klassifikation an den Testzähnen gegenübergestellt wurde (Tabelle 14).

Der McNemar-Bowker-Test ergab einen *p*-Wert von <0,001. Es liegen signifikante Unterschiede zwischen der Parodontitis-Klassifikation in Bezug auf den Raucherstatus vor.

Tabelle 14: Kreuztabelle für die Variable „Parodontitis-Klassifikation am Testzahn“ und „Raucherstatus“

	Parodontitis-Klassifikation am Testzahn			
	I	II	III	gesamt
Nichtraucher/in	1	15	2	18
Ehemalige/r Raucher/in	0	6	0	6
Raucher/in	0	4	2	6

3.3 Lineare Regression

Mit Hilfe der linearen Regressionsanalyse soll bestimmt werden, welchen Einfluss verschiedene erklärende Variablen auf bestimmte abhängige Variablen haben. Die abhängigen Variablen, die im Modell getestet wurden, sind die Sondierungstiefen (ST), der klinische Attachmentverlust (CAL), der Gingiva-

Index (Silness/Löe) sowie Blüten auf Sondieren (BOP) jeweils an den Testzähnen. Die Auswahl der erklärenden Variablen enthält das Alter der Restauration, den DMFT-Wert, den Gesamt-Gingiva-Index nach Silness/Löe, und den Plaque-Index (modif. Turesky) für die gesamte Mundhöhle. Zudem wurden in einigen Modellen die Parameter Rauchen („Ja“), Nutzung von Interdentälbürsten („Nein“) und CAL_{lokal} als erklärende Variablen eingeschlossen.

Die Regressionsanalyse im Modell für ST ergibt einen Nulleffekt des DMFT-Werts sowie des modifizierten Turesky-Index auf die Sondierungstiefe. Die Ergebnisse sind allerdings nicht statistisch signifikant ($p(\text{DMFT}) = 0,978$, $p(\text{Turesky}) = 0,785$). Das Alter der Restauration geht mit einem negativen Effekt auf die Sondierungstiefe einher, der allerdings nicht signifikant ist ($p = 0,209$). Der Gingiva-Index (Silness/Löe) hat einen positiven Effekt auf die Sondierungstiefe (Schätzer: 2,460). Aufgrund eines großen Standardfehlers (1,593) ist auch dieser nicht signifikant ($p = 0,136$). Rauchen hat einen leicht positiven (Schätzer: 0,515), insignifikanten ($p = 0,226$) Effekt auf die Sondierungstiefe. Die Nichtnutzung von Interdentälbürsten zeigt ebenfalls keine signifikanten Einflüsse ($p = 0,717$) auf ST. Somit hatte keine der Variablen einen statistisch signifikanten Einfluss auf die Sondierungstiefe am Testzahn (Tabelle 15).

Tabelle 15: Ergebnisse (lineare Regression "Einschluss") für ST

	Schätzer	Standard-Fehler	T	p-Wert	95% Konfidenzintervall
(Konstante)	2,764	0,865	3,194	0,004	0,974 – 4,553
Alter der Restauration	-0,194	0,150	-1,293	0,209	-0,503 – 0,116
DMFT-Wert	0,001	0,037	0,028	0,978	-0,075 – 0,077
Silness/Löe gesamt	2,460	1,593	1,544	0,136	-0,835 – 5,755
Modif. Turesky gesamt	0,064	0,231	0,277	0,785	-0,413 – 0,541
Raucher/in("Ja")	0,515	0,414	1,245	0,226	-0,341 – 1,371
IDB-Nutzung("Nein")	0,138	0,377	0,366	0,717	-0,641 – 0,917

Im Regressionsmodell für CAL hat der DMFT-Wert keinen statistischen Einfluss auf CAL (Schätzer: -0,007). Das Alter der Restauration hat ebenfalls kaum Einfluss auf CAL (Schätzer: -0,075). Beide erklärenden Variablen weisen keine statistische Signifikanz auf ($p(DMFT) = 0,832$, $p(Alter) = 0,602$). Der Plaque-Index (modif. Turesky) sowie die Nichtnutzung von Interdentalbürsten haben einen gering positiven Effekt (Schätzer(Turesky): 0,167, Schätzer(IDB_{nein}): 0,210). Die Ergebnisse sind hier ebenfalls nicht signifikant ($p(Turesky) = 0,451$, $p(IDB_{nein}) = 0,561$). Einen deutlich positiven Effekt auf CAL zeigt der Gingiva-Index nach Silness/Löe (Schätzer: 1,904). Der *p-Wert* liegt hier bei 0,217 und ist somit nicht statistisch signifikant. Rauchen hat auf CAL einen signifikant positiven Effekt (Schätzer: 0,998, $p = 0,018$). Damit konnte nur Rauchen als statistisch signifikanter, positiver Einflussfaktor auf CAL identifiziert werden (Tabelle 16).

Tabelle 16: Ergebnisse (lineare Regression "Einschluss") für CAL

	Schätzer	Standard-Fehler	T	p-Wert	95% Konfidenzintervall
(Konstante)	2,761	0,816	3,386	0,03	1,074 – 4,448
Alter der Restauration	-0,075	0,141	-0,529	0,602	-0,366 – 0,217
DMFT-Wert	-0,007	0,035	-0,215	0,832	-0,79 – 0,064
Silness/Löe gesamt	1,904	1,501	1,268	0,217	-1,202 – 5,010
Modif. Turesky gesamt	0,167	0,217	0,766	0,451	-0,283 – 0,616
Raucher/in("Ja")	0,998	0,390	2,558	0,018	0,191 – 1,804
IDB-Nutzung("Nein")	0,210	0,355	0,590	0,561	-0,525 – 0,944

Bei der Regressionsanalyse des Gingiva-Index nach Silness/Löe wurden keine nennenswerten Schätzer identifiziert (-0,074, 0,014, -0,113, -0,039, -0,223, 0,270). Alle *p*-Werte sind hier insignifikant. Es konnte also kein statistisch signifikanter Einfluss der erklärenden Variablen auf den Gingiva-Index am Testzahn festgestellt werden (Tabelle 17).

Tabelle 17: Ergebnisse (lineare Regression "Einschluss") für den Gingiva-Index (Silness/Löe)

	Schätzer	Standard-Fehler	T	p-Wert	95% Konfidenzintervall
(Konstante)	-0,404	0,745	-0,541	0,593	-1,946 – 1,138
Alter der Restauration	-0,074	0,108	-0,681	0,503	-0,298 – 0,150
DMFT-Wert	0,014	0,027	0,529	0,602	-0,041 – 0,069
Modif. Turesky gesamt	-0,113	0,171	-0,661	0,515	-0,466 – 0,241
Raucher/in("Ja")	-0,039	0,335	-0,117	0,908	-0,733 – 0,654
IDB-Nutzung("Nein")	-0,223	0,241	-0,926	0,364	-0,722 – 0,276
CAL _{lokal}	0,270	0,157	1,717	0,099	-0,055 – 0,595

Die Regressionsanalyse des BOP auf die erklärenden Variablen (Alter der Restauration, DMFT-Wert, Gingiva-Index, Plaque-Index, Raucher/in(„Ja“), IDB-Nutzung(„nein“)) zeigt einen Nulleffekt des DMFT-Wertes (Schätzer: -0,004) sowie des Alters der Restauration (Schätzer: 0,000) auf den BOP. Es liegt ein minimal negativer Effekt des Plaque-Index nach Turesky sowie der Variable „Rauchen“ auf den BOP vor (Schätzer(Turesky): -0,158, Schätzer(Rauchen): -0,295). Die *p*-Werte sind allerdings nicht signifikant. Auch hier zeigt der Gingiva-Index (Silness/Löe) mit 0,721 als einzige erklärende Variable einen Schätzer der nicht nahe Null ist. Es liegt ein positiver Effekt auf den BOP vor, allerdings ist dieser aufgrund des hohen Standardfehlers (0,762) nicht signifikant ($p = 0,355$). Die Nichtnutzung von Interdentalbürsten hat keinen signifikanten Einfluss auf den BOP ($p = 0,632$). CAL_{lokal} zeigt einen signifikant positiven Effekt (Schätzer: 0,225, *p*-Wert: 0,039) auf den BOP. Folglich zeigt von allen eingeschlossenen Variablen nur CAL_{lokal} einen statistisch signifikanten Effekt auf den BOP – je höher CAL, umso eher tritt ein BOP am Testzahn auf (Tabelle 18).

Tabelle 18: Ergebnisse (lineare Regression "Einschluss") für BOP

	Schätzer	Standard-Fehler	T	p-Wert	95% Konfidenzintervall
(Konstante)	0,244	0,490	0,499	0,623	-0,771 – 1,260
Alter der Restauration	0,000	0,070	-0,004	0,997	-0,145 – 0,144
DMFT-Wert	-0,004	0,017	-0,231	0,819	-0,039 – 0,031
Silness/Löe gesamt	0,721	0,762	0,946	0,355	-0,860 – 2,301
Modif. Turesky gesamt	-0,158	0,108	-1,464	0,157	-0,382 – 0,066
Raucher/in("Ja")	-0,295	0,217	-1,362	0,187	-0,745 – 0,154
IDB-Nutzung("Nein")	0,085	0,175	0,486	0,632	-0,279 – 0,449
CAL _{lokal}	0,225	0,102	2,199	0,039	0,013 – 0,437

3.4 FDI-Kriterien

Pro FDI-Kriterium gibt es fünf Bewertungsmöglichkeiten (1-5), die während der klinischen Beurteilung vergeben wurden (siehe Tabelle 2). Bewertet wurden n=30 Restaurationen in den Kategorien „sehr gut“, „gut“, „befriedigend“, „nicht akzeptabel-reparierbar“ und „schlecht“ für jedes FDI-Kriterium. Im Folgenden ist die Häufigkeitsverteilung der unterschiedlichen Bewertungsmöglichkeiten in der Gesamtheit dargestellt.

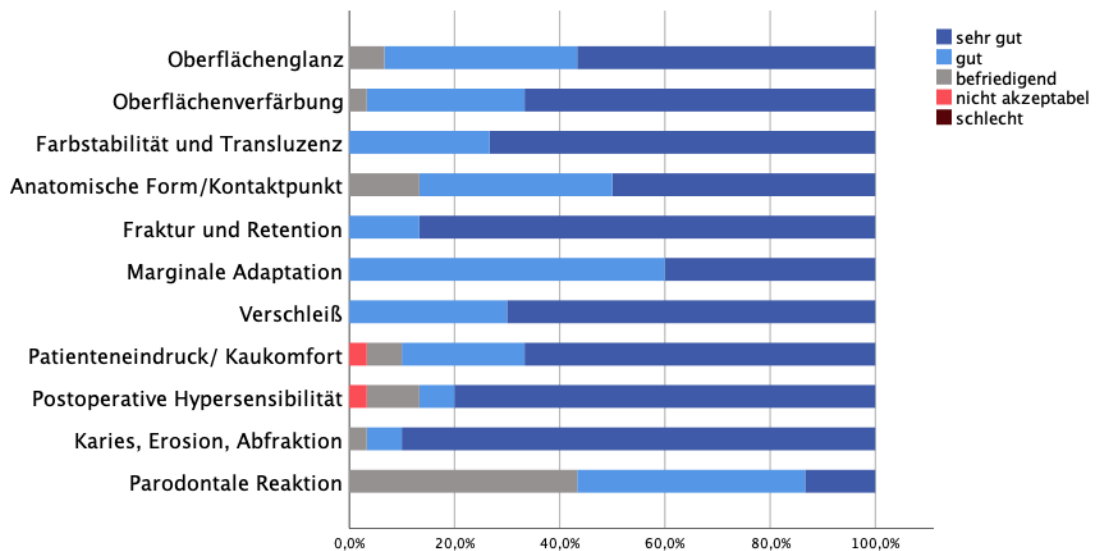


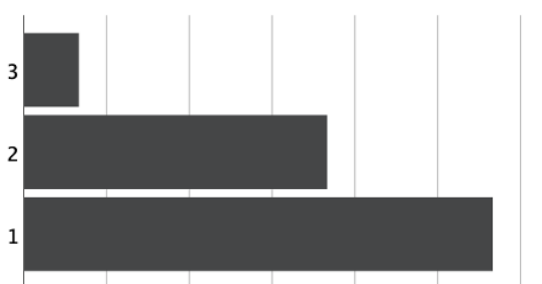
Abbildung 12: Bewertung der FDI-Kriterien zur klinischen Qualität der subgingivalen Kompositrestaurationen

Bei den ästhetischen Parametern wurde die „Farbstabilität und Transluzenz“ mit 73,3% „sehr gut“ am besten bewertet. Auch bei „Oberflächenverfärbung“ mit 66,7% , „Oberflächenglanz“ mit 56,7% und „Anatomische Form/Kontaktpunkt“ mit 50,0% wurden die Restaurationen in der Mehrheit mit „sehr gut“ bewertet. Beim Parameter „Oberflächenverfärbung“ wurde eine Restauration (3,3%) mit „befriedigend“ bewertet. 4 Restaurationen (13,3%) wurden bei „Anatomische

Form/Kontaktpunkt“ mit „befriedigend“ beurteilt. Die Bewertungsmöglichkeiten „nicht akzeptabel“ und „schlecht“ wurden bei den ästhetischen Parametern nicht vergeben (Abbildung 13).

Oberflächenglanz

	N	%
sehr gut	17	56,7%
gut	11	36,7%
befriedigend	2	6,7%



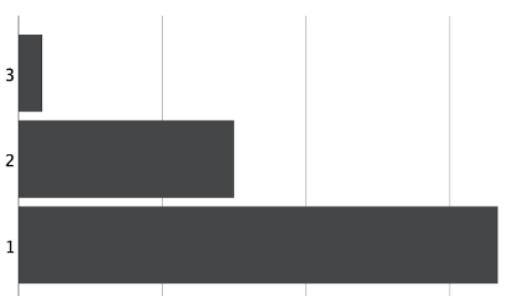
Farbstabilität und Transluzenz

	N	%
sehr gut	22	73,3%
gut	8	26,7%



Oberflächenverfärbung

	N	%
sehr gut	20	66,7%
gut	9	30,0%
befriedigend	1	3,3%



Anatomische Form / Kontaktpunkt

	N	%
sehr gut	15	50,0%
gut	11	36,7%
befriedigend	4	13,3%

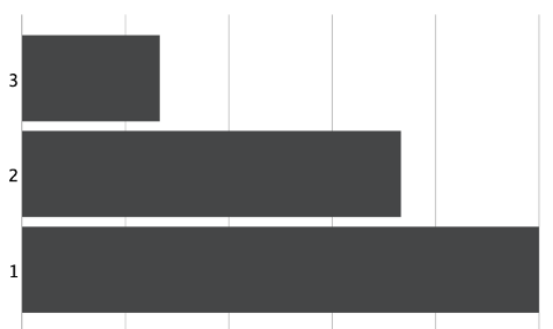


Abbildung 13: Deskriptive Analyse der FDI-Kriterien (Ästhetische Parameter) | Bezeichnungen der Bewertungsnummerierungen siehe Material und Methoden

Die funktionellen Parameter „Fraktur und Retention“, „Verschleiß“ und „Marginale Adaptation“ wurden alle mit „sehr gut“ oder „gut“ bewertet, wobei „Fraktur und Retention“ mit 86,7% „sehr gut“ am besten bewertet wurde. Im Parameter „Patienteneindruck/Kaukomfort“ gaben 66,7% der Probanden/Probandinnen ein „sehr gut“ an. 6,7% bewerteten den Kaukomfort nur als „befriedigend“. Ein/e Proband/in gab den Kaukomfort nach der Restauration als „nicht akzeptabel“ (3,3%) an (Abbildung 14).

Fraktur und Retention

	N	%
sehr gut	26	86,7%
gut	4	13,3%



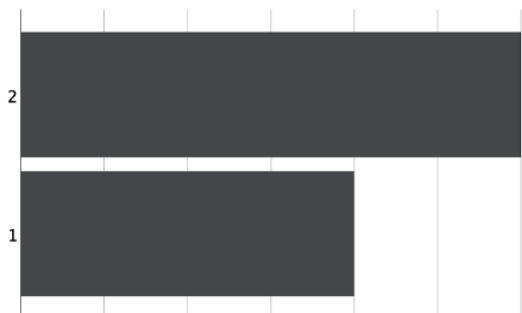
Verschleiß

	N	%
sehr gut	21	70,0%
gut	9	30,0%



Marginale Adaptation

	N	%
sehr gut	12	40,0%
gut	18	60,0%



Patienteneindruck / Kaukomfort

	N	%
sehr gut	20	66,7%
gut	7	23,3%
befriedigend	2	6,7%
nicht akzeptabel	1	3,3%

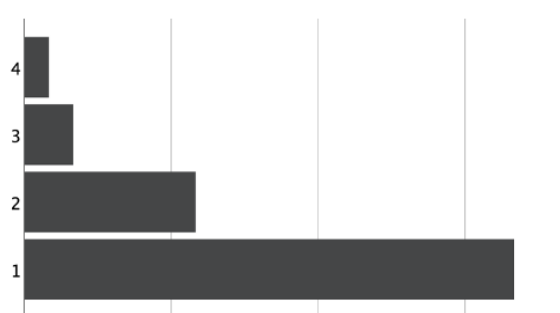


Abbildung 14: Deskriptive Analyse der FDI-Kriterien (Funktionelle Parameter) |
Bezeichnungen der Bewertungsnummerierungen siehe Material und Methoden

Zu den funktionellen Parametern gemäß Hickel et. al wird auch die radiologische Untersuchung der Restaurationen gezählt (Hickel et al., 2010). Im Rahmen der Studienuntersuchung wurden keinerlei Röntgenbilder angefertigt. Im Folgenden

sind einige postoperative Röntgenbilder gezeigt, die nach der Versorgung der subgingivalen Defekte durch den/die behandelnde/n Zahnarzt/Zahnärztin angefertigt wurden (Abbildungen 15-22). Auf eine deskriptive Darstellung der Ergebnisse der radiologischen Untersuchung (Benotung gemäß FDI-Kriterien) wird hier verzichtet, da unter den 30 Studienteilnehmern nur n=8 Röntgenbilder zu finden waren.



Abbildung 15: Probanden-Nr. 07, Aufnahme: 01.08.2018 Zahn 16 – okklusal/distal R2, Alter der Restauration am Aufnahmedatum: 6 Monate, Untersuchung am 13.02.2020, |
Quelle: Universitätsklinikum Tübingen

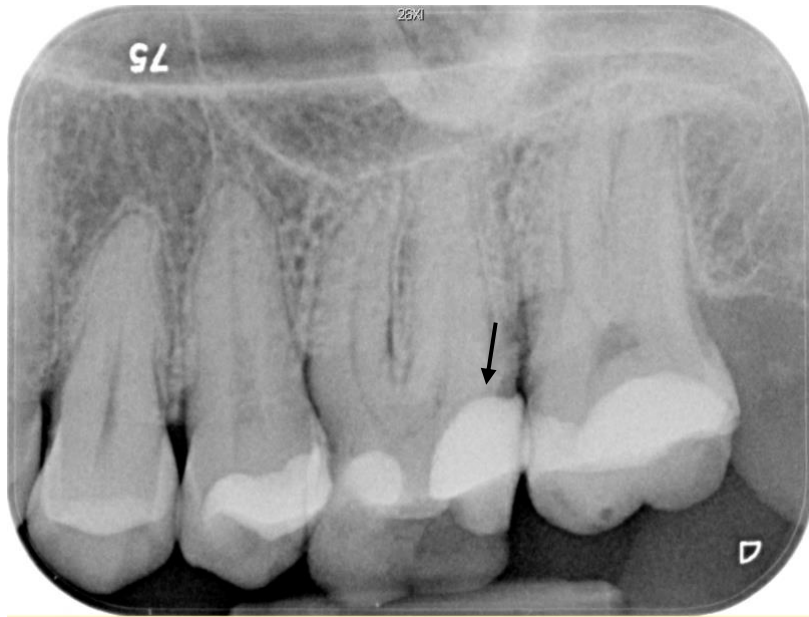


Abbildung 16: Probanden-Nr. 09, Aufnahme: 02.06.2016 Zahn 26 – okklusal/distal R1,
Aufnahme direkt postoperativ, Untersuchung am 11.02.2020 | Quelle:
Universitätsklinikum Tübingen



Abbildung 17: Probanden-Nr. 15, Aufnahme: 09.12.2019 Zahn 25 – okklusal/distal R2,
Alter der Restauration am Aufnahmedatum: 8 Monate, Untersuchung am 19.02.2020 |
Quelle: Universitätsklinikum Tübingen

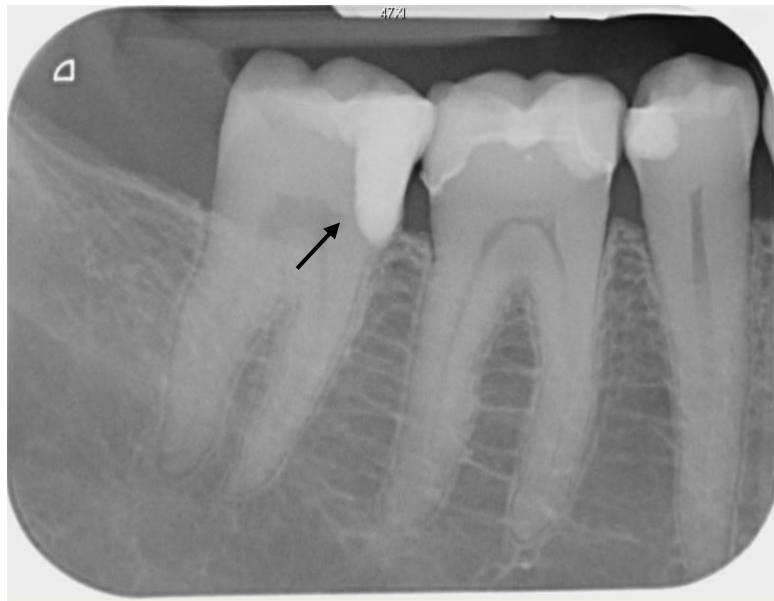


Abbildung 18: Probanden-Nr. 18, Aufnahme: 09.10.2019 Zahn 47 – mesial/okklusal R2, Aufnahme direkt postoperativ, Untersuchung am 18.02.2020 | Quelle: Universitätsklinikum Tübingen



Abbildung 19: Probanden-Nr. 20, Aufnahme: 01.07.2019 Zahn 26 – okklusal/distal R2, Aufnahme direkt postoperativ, Untersuchung am 19.02.2020 | Quelle: Universitätsklinikum Tübingen

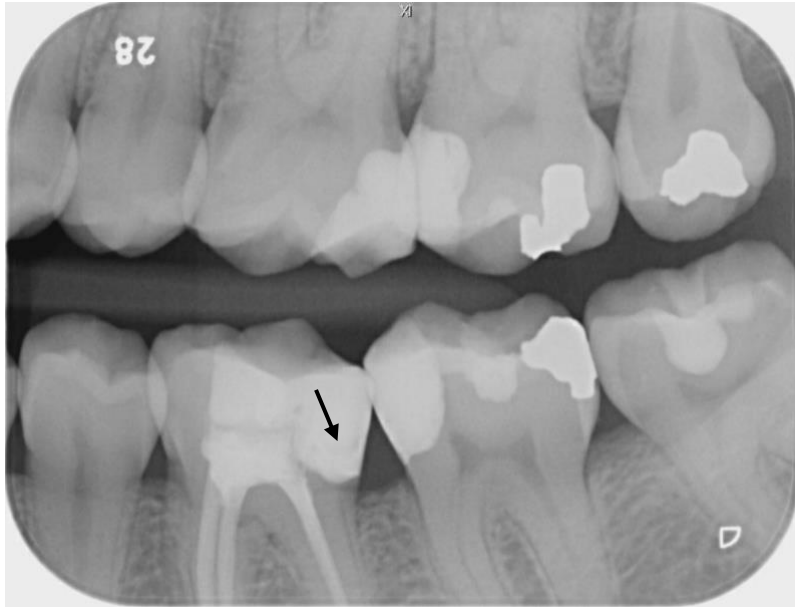


Abbildung 20: Probanden-Nr. 23, Aufnahme: 23.01.2020 Zahn 36 – okklusal/distal R2,
Alter der Restauration am Aufnahmedatum: 2 Monate, Untersuchung am 11.02.2020 |
Quelle: Universitätsklinikum Tübingen

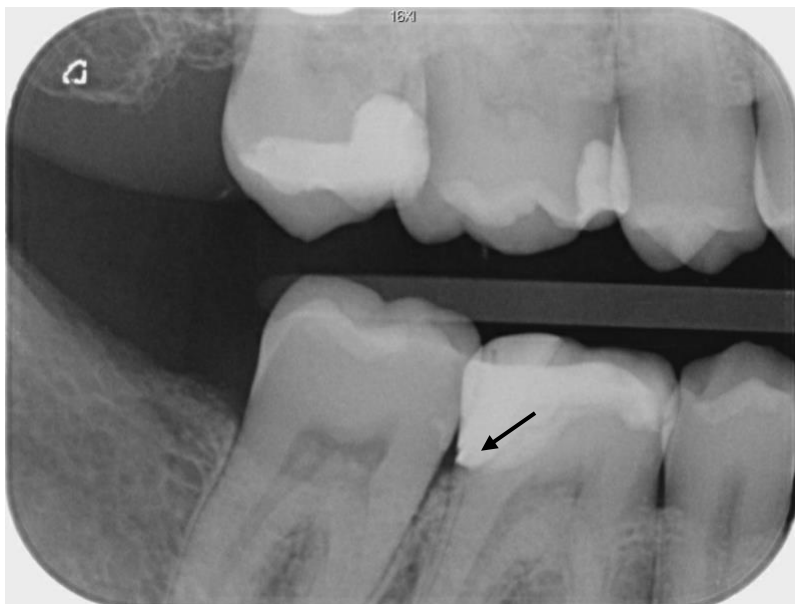


Abbildung 21: Probanden-Nr. 24, Aufnahme: 15.01.2019 Zahn 46 – okklusal/distal R2,
Alter der Restauration am Aufnahmedatum: 2 Jahre und 11 Monate, Untersuchung am
11.02.2020 | Quelle: Universitätsklinikum Tübingen

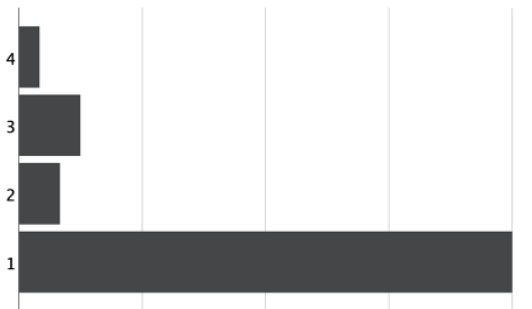


Abbildung 22: Probanden-Nr. 31, Aufnahme: 19.12.2019 Zahn 26 – mesial/okklusal R2, Alter der Restauration am Aufnahmedatum: 1 Jahr und 5 Monate, Untersuchung am 25.02.2022 | Quelle: Universitätsklinikum Tübingen

In der Bewertungskategorie „Biologische Parameter“ wurde der Parameter „Karies, Erosion, Abfraktion“ am besten bewertet. 90,0% der Restaurationen wurden der Kategorie „sehr gut“ zugewiesen, 6,7% der Kategorie „gut“. Eine Restauration (3,3%) wurde in diesem Bewertungskriterium mit „befriedigend“ bewertet. In 80% der Fälle gaben die Probanden/Probandinnen an, dass keinerlei postoperative Hypersensibilitäten aufgetreten seien. In diesen Fällen wurde das Kriterium in dieser Bewertungskategorie als „sehr gut“ eingestuft. 6,7% wurden in die Kategorie „gut“, 10,0% in die Kategorie „befriedigend“ und 3,3% in die Kategorie „nicht akzeptabel“ eingestuft. In der Bewertungskategorie „Parodontale Reaktion“ wurde das Kriterium „gut“ und „befriedigend“ mit jeweils 43,3% am häufigsten vergeben. Als „sehr gut“ wurden 13,3% der restaurierten Zähne eingestuft (Abbildung 23).

Postoperative Hypersensibilität

	N	%
sehr gut	24	80,0%
gut	2	6,7%
befriedigend	3	10,0%
nicht akzeptabel	1	3,3%



Parodontale Reaktion

	N	%
sehr gut	4	13,3%
gut	13	43,3%
befriedigend	13	43,3%



Karies, Erosion, Abfraktion

	N	%
sehr gut	27	90,0%
gut	2	6,7%
befriedigend	1	3,3%



Abbildung 23: Deskriptive Analyse der FDI-Kriterien (Biologische Parameter) |
Bezeichnungen der Bewertungsnummerierungen siehe Material und Methoden

4 Diskussion

4.1 Diskussion des Studiendesigns und der Methodik

Als Studienform wurde eine klinische Nachuntersuchung gewählt. Die Untersuchung der Probanden und Probandinnen wurde durch eine/n unabhängige/n Behandler/in durchgeführt, der/die selbst nicht der/die therapiedurchführende/r Zahnarzt/Zahnärztin war. Dies minimiert die Befangenheit des Untersuchers oder der Untersucherin. Jede/r Proband/in wurde nur ein Mal untersucht (mindestens 3 Monate nach Restauration des Testzahnes). Zum Vergleich der klinischen Situation vor und nach Restauration des Defektes, wäre eine Beobachtungsstudie ebenfalls eine passende Studienform gewesen. Somit hätte man parodontale Zustände vor und nach der Behandlung am Testzahn direkt miteinander vergleichen können, um den Einfluss des Restaurationsverfahrens auf die betroffenen Zähne noch besser evaluieren zu können. Die Auswahl eines Kontrollzahnes, genauer, einer unversorgten benachbarten Zahnfläche, bietet allerdings eine hinreichend präzise Referenzstelle zum Vergleich der Entzündungssituation am Parodont. Zudem war die Intention dieser Studie, aufgrund der geringen Studienlage, möglichst schnell Ergebnisse aufzeigen zu können. Aus diesem Grund wurde diese Studienform gewählt.

Die für die Studie gewählten Ein- und Ausschlusskriterien erwiesen sich grundsätzlich als sinnvoll, da sie sehr allgemein gehalten waren und somit alle potentiellen Probanden/Probandinnen eingeschlossen werden konnten. Die Studienteilnehmer/innen mussten unter anderem die Voraussetzung erfüllen mindestens eine subgingivale Kompositrestauration gemäß R1/R2-Verfahren zu haben. Durch gute Dokumentation an unserem Untersuchungsstandort, konnten diejenigen Personen gut herausgefiltert werden. In der Behandlungsdokumentation wurde meist der Begriff „Kastenelevationsverfahren“ oder „Kastenbodenelevation“ verwendet. Somit konnten die Personen leicht ausfindig gemacht werden. Personen durften außerdem nur an der Studie teilnehmen, wenn sie keine unbehandelte Parodontalerkrankung haben. Viele

Teilnehmer/innen waren zwar parodontal vorbelastet, nahmen aber am regelmäßigen Parodontitis-Recallprogramm teil. So konnten alle Freiwilligen in die Studie aufgenommen werden. Das Kollektiv an Probanden/Probandinnen wurde heterogen gewählt (29 bis 83 Jahre), um die Verhältnisse an die Versorgung in der klinischen Praxis anzugleichen. Die einzige Voraussetzung war, dass der /die Proband/in volljährig ist.

Das Patientenkollektiv betrug 30 Probanden/Probandinnen mit n=30 Restaurationen. Insgesamt konnten im Studienzeitraum 50 potentielle Studienteilnehmer/innen ausfindig gemacht werden. Aufgrund des Untersuchungszeitraumes, der sich von Februar 2020 bis Februar 2022 erstreckte, gab es allerdings viele Absagen aufgrund der im März 2020 begonnenen Corona-Pandemie. Wegen Einschränkungen im Klinikbetrieb musste zum Teil bereits terminierten Personen der Termin abgesagt werden. Wegen der bis heute kritischen Situation, hatten sich einige potentielle Teilnehmer/innen nicht erneut bereit erklärt an der Studie teilzunehmen. Die vorliegende Studie war bizenitrisch zusammen mit dem Universitätsklinikum Heidelberg organisiert. Um die Aussagekraft der Studie zu erhöhen, wurden die Daten für beide Kohorten zusammengelegt und am 01.08.2022 im Journal of Adhesive Dentistry publiziert (Muscholl et al., 2022). Grundsätzlich ist die Zahl der mit tiefsubgingivalen Restaurationen versorgten Personen gering, da es sich um eine noch selten verwendete Versorgungsmethode handelt. Die Anzahl der Studien zum klinischen Erfolg dieser Restauraionsart ist ebenfalls gering. Aus diesem Grund sind allgemein noch keine großen Fallzahlen zu erwarten.

Die Restauration der Testzähne wurde in 33% der Fälle durch eine/n approbierte/n Zahnarzt/Zahnärztin durchgeführt, in 57% der Fälle durch eine/n Studenten/Studentin aus dem Kurs der Zahnerhaltungskunde I oder II. In 3 Fällen (10%) ist der/die Behandler/in unbekannt. Aufgrund der unterschiedlichen Behandler/innen mit variabler Erfahrung sind die Ergebnisse dieser Studie gut auf die klinische Routineversorgung übertragbar. Es ist zu erwähnen, dass die behandelnden Studenten/Studentinnen von einem erfahrenen Zahnarzt oder einer erfahrenen Zahnärztin in der Versorgung angeleitet wurden, da das

Restaurationsverfahren, unter anderem in Bezug auf Trockenlegung des Operationsgebietes, anspruchsvoll ist. Eine fachgemäße Versorgung ist bei diesem aufwendigen Verfahren für gute klinische Ergebnisse notwendig und wurde durch die Betreuung der Studierenden durch eine/n aufsichtführende/n Arzt/Ärztin sichergestellt. Es ist allerdings hervorzuheben, dass der Ablauf der Versorgung aufgrund individueller Parameter oder des Schwierigkeitsgrades wahrscheinlich nicht in jedem Behandlungsfall so abgelaufen ist, wie von uns in Kapitel 1.4 empfohlen. Eine Versorgung dieser Art von Kavitäten mit der von uns entwickelten Behandlungsmethode erfordert neben Erfahrung auch Übung durch den/die Behandler/in und birgt deshalb einige Fehlerquellen, die in dieser Studie nicht vollständig erfasst werden können.

Der Zeitraum der Datenerhebung erstreckte sich über 2 Jahre. Ursprünglich war eine Begrenzung auf ein Jahr angedacht, erwies sich allerdings aufgrund der Corona-Pandemie als schwierig, da nur wenige potentielle Probanden/Probandinnen bereit waren an der Studie teilzunehmen. Als Vorteil der Verlängerung des Untersuchungszeitraums ist zu nennen, dass dadurch im Verlauf mehr neue Probanden/Probandinnen rekrutiert werden konnten. So ist es gelungen Personen mit unterschiedlicher Restorationsliegedauer für die Studie zu gewinnen. Die Nachuntersuchung der Probanden/Probandinnen erfolgte frühestens 3 Monate nach der Restauration des Zahnes. Ein längerer Beobachtungszeitraum sollte für weitere Studien aber auch in Betracht gezogen werden, um die Langlebigkeit dieser Restorationen evaluieren zu können. Auch die Darstellung des Parodonts nach einem längeren Beobachtungszeitraum wäre für zukünftige Studien interessant.

Zur Beurteilung der klinischen Qualität der tiefsubgingivalen Restorationen wurden die FDI-Kriterien herangezogen. Diese wurden im Jahr 2007 erstmals veröffentlicht. Hierbei handelt es sich um ein standardisiertes Verfahren zur Nachuntersuchung von direkten und indirekten Restorationen (Hickel et al., 2007). Zuvor waren die sogenannten Ryge-Kriterien die am meisten akzeptierten Leitlinien zur klinischen Beurteilung restaurativer Materialien (Ryge, 1980). Aufgrund der Weiterentwicklungen, vor allem in Bezug auf dentale

Restaurationsmaterialien und neue Versorgungsmöglichkeiten, veröffentlichten Hickel et al. die FDI-Kriterien, die sich in Grundzügen an die altbewährten Ryge-Kriterien anlehnen (Hickel et al., 2007). Im Jahr 2010 wurde eine Aktualisierung der FDI-Kriterien veröffentlicht (Hickel et al., 2010). Die Anwendung dieser Kriterien in klinischen Studien zum Thema „Direkte Restaurationen“ stieg von 4,6% im Jahr 2010 auf 50% im Jahr 2016 (Marquillier et al., 2018). Auch heute hat sich die Nutzung dieser Beurteilungskriterien etabliert, da eine standardisierte Untersuchung ermöglicht wird. Insgesamt wurden 16 Bewertungskriterien definiert, die in drei Kategorien gegliedert sind: ästhetische, funktionelle und biologische Eigenschaften. Jede Kategorie weist fünf Bewertungsmöglichkeiten (Scores) auf. Score 1 bis 3 bedeuten, dass das Kriterium als klinisch akzeptabel gilt, die Scores 4 und 5 spiegeln klinische Insuffizienz wider. Aus den Einzelkriterien, lässt sich ein Gesamtscore ermitteln, der über den klinischen Erfolg („survive“) oder Misserfolg („failure“) entscheidet. (Hickel et al., 2010). Die Auswahl der genutzten Bewertungskriterien kann individuell angepasst werden, so wurden in unserer Studie nur 12 von 16 Kriterien berücksichtigt. Eine Untersuchung unter Berücksichtigung aller Kriterien war für die vorliegende Studie nicht notwendig, da die Fragestellung sich vor allem auf parodontale Parameter beschränkt. Eine radiologische Untersuchung die als Punkt 9 in den FDI-Kriterien aufgeführt wird, benötigt zwingend eine rechtfertigende Indikation, die bei Beschwerdefreiheit des/der Patienten/Patientin und Komplikationslosigkeit beim Eingriff nicht gegeben ist. Grundsätzlich wäre eine röntgenologische Untersuchung der betroffenen Zähne, unter anderem zur Beurteilung der marginalen Adaptation sowie des potentiellen Knochenabbaus im Bereich der Restauration, allerdings sinnvoll. Im Ergebnisteil sind einige postoperative, durch den/die behandelnde/n Zahnarzt/Zahnärztin angeforderte, studienunabhängige, Röntgenbilder der in dieser Studie untersuchten Personen dargestellt. Hickel et. al empfehlen vor der Untersuchung eine standardisierte Kalibrierung des/der Behandlers/Behandlerin über www.e-calib.info (Hickel et al., 2010). Da die Website nicht erreichbar war, war es nicht möglich diese standardisierte Kalibrierung durchzuführen. Die Bewertungskriterien wurden allerdings vor Beginn der Studie umfassend erarbeitet. Außerdem erfolgte eine

Untersuchung von 3 Probanden/Probandinnen unter Supervision von meiner Betreuerin Frau Professorin Wolff. Da bei allen 30 Studienteilnehmern/Studienteilnehmerinnen eine Untersucherin tätig war, ist der Ablauf als sehr standardisiert einzustufen, da keine weiteren Prüfarzte oder Prüfarztinnen herangezogen wurden. Eine Beeinträchtigung der Ergebnisse durch persönliche Präferenzen wurde dadurch minimiert.

Zur Beurteilung des Entzündungszustandes der Gingiva wurde der Gingiva Index nach Silness/Löe herangezogen. Der Vorteil dieses Index ist es, dass keine reine „Ja/Nein“-Entscheidung gefällt wird, ob eine Blutung beim Ausstreichen des Sulkus auftritt. Es erfolgt eine Abstufung in 4 Grade (0-3), wodurch das Maß der Entzündung detaillierter dargestellt werden kann. Zudem wurde jeder Zahn an 6 Stellen (mesio-bukkal, bukkal, disto-bukkal, disto-oral, oral, mesio-oral) beurteilt. Somit war der Vergleich des Entzündungszustandes zwischen unversorgter und versorgter Zahnregion möglich und die Aussagekraft in Bezug auf den Einfluss einer tiefsubgingivalen Restauration auf das Entstehen einer Gingivitis wurde erhöht.

Die Messung der Sulkussondierungstiefen und des klinischen Attachmentverlustes wurde ebenfalls an 6 Stellen pro Zahn durchgeführt und erlaubt somit eine hohe Aussagekraft. Für jede gemessenen Stelle wurde direkt im Anschluss der BOP erfasst und dokumentiert. Dies erlaubt ebenso einen aussagekräftigen Vergleich zwischen versorgten und unversorgten Zahnregionen.

Zur Ermittlung des Vorhandenseins von Plaque wurden zunächst alle Zähne mit Mira-2-Ton Lösung (Hager Werken) angefärbt. Dies ermöglicht eine exakte Beurteilung, da keine Beläge übersehen werden können. Fehlerquellen liegen hier bei der unzureichenden Trockenlegung der Mundhöhle, welche das Anfärben der Beläge erschwert und somit zu falsch negativen Ergebnissen führen kann. Außerdem ist das Anfärben weit distal liegender Zahnregionen erschwert, vor allem bei Würgereiz des/der Probanden/Probandin. Auch dies führt zu falsch negativen Ergebnissen. Zur Beurteilung der Plaqueakkumulation wurde der Quigley-Hein-Index, modifiziert nach Turesky angewendet. Hierbei

wird keine „Ja/Nein“-Entscheidung getroffen, sondern es erfolgt eine Abstufung in 6 Grade. Die Grade sind im Material und Methoden Teil in Tabelle 4 dargestellt. Durch diese Abstufung gelingt es die Plaquemenge pro untersuchter Stelle zu erfassen und genauere Ergebnisse zu erzielen. Die Erhebung des Plaque-Index ist mit dieser Methode zwar als objektiv einzustufen, allerdings hängt die Plaquemenge natürlich auch von der tagesaktuellen Mundhygiene der untersuchten Person ab. Wichtig ist deshalb auch eine gingivale Untersuchung durchzuführen, da hier keine Verfälschung des Ergebnisses möglich ist. Ein geringer Plaque-Index kombiniert mit einem hohen Gingiva-Index spricht für eine im Alltag mäßige Mundhygiene und eine besonders gute Zahnreinigung vor dem Zahnarzttermin.

Die Ergebnisse des Gingiva Index nach Silness/Löe sowie des modifizierten Turesky Plaque-Index wurden bei der Erstellung der Datenbanken noch zusätzlich in PCR und GBI transformiert. Diese beiden Indizes sind allgemein bekannter, simpler und bei der Analyse der Studienergebnisse für einen weniger erfahrenen Leser besser einzuordnen (Ainamo & Bay, 1975).

Für die Studienergebnisse als anamnestisch relevant erachtet wurde das Rauchverhalten und die regelmäßige Nutzung von Interdentälbürsten. Es ist erwiesen, dass Rauchen einen Risikofaktor für die Entstehung einer Parodontitis darstellt (Haber et al., 1993) und sollte deshalb bei der Datenauswertung berücksichtigt werden. Die Nutzung von angepassten Interdentälbürsten empfehlen wir, wie oben beschrieben, nach der Restauration eines tiefsubgingivalen Defektes, da hier grundsätzlich die Reinigung mit herkömmlichen Reinigungsmethoden erschwert ist. Eine Plaqueakkumulation aufgrund schwieriger Zugänglichkeit erhöht das Entzündungsrisiko und die Entwicklung einer Parodontitis (Listgarten, 1988). Es ist davon auszugehen, dass manche Studienteilnehmer/innen gegebenenfalls nicht ehrlich auf die Frage nach dem Rauchverhalten und der Nutzung von Interdentälbürsten geantwortet haben, da die ehrliche Beantwortung eventuell unangenehm für den/die Probanden/Probandin gewesen sein könnte. Eine gegebenenfalls

unwahrheitsgemäße Beantwortung der Fragen hätte durch einen anonymen Fragebogen, anstatt eines persönlichen Gespräches, verhindert werden können.

Das statistische Design dieser Studie besteht in großen Teilen aus einer rein deskriptiven Darstellung. Um nähere Erkenntnisse darüber zu liefern, wie zwei untersuchte Variablen miteinander in Beziehung stehen, wurden Kreuztabellen erstellt. Diese Form der Darstellung ermöglicht Zusammenhänge zwischen den untersuchten Variablen aufzuzeigen und erweist sich im Rahmen der deskriptiven Analyse als sinnvoll. Darüber hinaus wurden lineare Regressionen für die Parameter ST, CAL, BOP und Gingiva-Index nach Silness/Löe angefertigt. Die Regressionen erfolgten nach dem Einschlussprinzip, wobei alle Variablen gleichzeitig in das Modell eingefügt wurden. Ein anderes Modell war aufgrund der kleinen Studienpopulation und Datenlage nicht sinnvoll. Bei den durchgeführten multivariaten linearen Regressionen sind die Standardfehler bei den meisten Variablen hoch und somit ist die Genauigkeit der Ergebnisse wenig aussagekräftig. Trotzdem sind die Ergebnisse als explorativ und illustrativ interessant zu erachten.

4.2 Diskussion der Ergebnisse

4.2.1 *Klinische Beschreibung des Zahnhalteapparates im Bereich der subgingivalen Restauration und am gesunden Kontrollzahn und lineare Regressionen*

Die Arbeitshypothese dieser Studie war die Annahme, dass an tiefsubgingival versorgten Testzähnen gleichartige parodontale Verhältnisse wie an gesunden Kontrollzähnen bestehen. Um diese Ansicht zu untersuchen, wurden Test- und Referenzzähne in Kapitel 3.1.4 in Bezug auf BOP, Blutung nach Ausstreichen des Sulkus und lokale Plaqueakkumulation (PCR_{lokal}) deskriptiv gegenübergestellt. Neben der graphischen Darstellung, wurden Kreuztabellen erstellt, um eventuelle Zusammenhänge bei Test- und Kontrollzähnen aufzuzeigen. Ferner wurden die Stichproben mittels McNemar-Test auf Unabhängigkeit untersucht.

In der Literatur wird davon ausgegangen, dass die subgingivale Platzierung von Restaurationsrändern negative Einflüsse auf den Zustand des Zahnhalteapparates mit sich zieht. Die Rede ist mitunter von Erhöhung der Sondierungstiefen mit Auftreten von Blutungen (BOP) und lokaler Gingivitis (Ercoli et al., 2021; Ferrari et al., 2018; Padbury et al., 2003). Der Parameter BOP wurde hier an Test- und Referenzzähnen untersucht. Es konnte an Testzähnen mit 76,7% im Vergleich zu den Referenzzähnen (60,0%) häufiger eine Blutung festgestellt werden. Aus der Kreuztabelle (Tabelle 6) ist ersichtlich, dass bei 15 Personen sowohl am Testzahn, als auch am Referenzzahn eine Blutung auf Sondierung aufgetreten ist. Es kann der Rückschluss gezogen werden, dass bei diesen Probanden/Probandinnen generalisiert eine Entzündung des Zahnhalteapparates vorliegt, die nicht ausschließlich auf die restaurierten Zähne zurückzuführen ist. Somit bestehen bei diesen 15 Personen gleichartige Verhältnisse an Test- und Referenzzähnen in Bezug auf den Entzündungsparameter BOP. Nur in 8 Fällen trat am Testzahn eine Blutung auf, während der Referenzzahn keine Blutung zeigte. Der McNemar-Test konnte erwartungsgemäß keine statistisch signifikanten Unterschiede ($p=0,227$)

zwischen Test- und Kontrollzähnen aufzeigen. Die Ergebnisse zeigen also, dass es durch die Versorgung subgingivaler Defekte, anders als in der Literatur beschrieben, nicht zwingend zu einer chronischen Entzündung (Maynard & Wilson, 1979; Newcomb, 1974) kommen muss.

Die vorliegende Studie war bizenitrisch mit der Poliklinik für Zahnerhaltungskunde des Universitätsklinikums Heidelberg organisiert. Aus der hier vorliegenden Studie mit einer Kohorte von $n=30$ wurden $n=24$ Probanden/Probandinnen für eine gemeinsame Publikation mit $n_{\text{gesamt}} = 63$ zusammengelegt und ausgewertet. Für den Parameter BOP konnten auch hier keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen Test- und Kontrollzähnen festgestellt werden ($p = 0,307$). Aus der Publikation geht im Vergleich zur hier vorliegenden Arbeit nicht hervor, bei wie vielen Personen sowohl am Test-, als auch am Kontrollzahn gleichartige Verhältnisse in Bezug auf den BOP vorliegen. Gerade aufgrund der fehlenden statistisch signifikanten Unterschiede ist eine Darstellung der verschiedenen Ausprägungen in einer Kreuztabelle, wie hier in Tabelle 6 sinnvoll (Muscholl et al., 2022).

Ferrari et al. versorgten 35 Zähne mit indirekten Restaurationen, wobei der interproximale Kavitätenrand einseitig im Kastenelevationsverfahren versorgt wurde. Die andere proximale Seite wurde supragingival präpariert und als Kontrollgruppe herangezogen. 12 Monate nach der Restauration lag der BOP-Score im subgingival versorgten Bereich bei 53%, während auf der Kontrollseite nur in 31,5% der Fälle Bluten auf Sondieren festgestellt werden konnte. Die Unterschiede zeigten sich, im Gegensatz zu unseren Ergebnissen, statistisch signifikant (Ferrari et al., 2018). In der hier vorliegenden Studie sind die BOP-Werte höher. Ein Grund hierfür könnte das höhere Durchschnittsalter der Studienpopulation (54,8 Jahre vs. 45,1 Jahre) in dieser Studie sein, da die Prävalenz parodontaler Erkrankungen mit dem Alter steigt (Abdellatif & Burt, 1987). Zudem ist der Vergleich beider Studien nicht direkt möglich, da Ferrari et al. anhand eines Münzwurfs entschieden, in welchem interproximalem Bereich der Kavitätenrand nach subgingival gelegt wird. Die Defektgröße wurde also

künstlich herbeigeführt - es lag vorher keine subgingivale kariöse Läsion vor und somit keine Besiedelung mit gegebenenfalls parodontalpathogenen Keimen.

Um den Einfluss der Interdentälbürstennutzung auf das Vorhandensein eines BOP an den Testzähnen zu beurteilen, wurde eine Kreuztabelle (Tabelle 7) erstellt. Der McNemar-Test ergab einen insignifikanten *p*-Wert von 0,18. In der vorliegenden Studienpopulation konnte der Einfluss der Nutzung von Interdentälbürsten auf das Vorhandensein eines BOP also nicht sicher evaluiert werden. Auch in der gemeinsamen Publikation mit dem Universitätsklinikum Heidelberg wurde der Einfluss der Interdentälbürstennutzung auf den BOP untersucht. Hier wurde ein logistisches Regressionsmodell zur Auswertung gewählt. Es konnte ebenfalls kein statistisch signifikanter Einfluss der IDB-Nutzung auf den BOP ($p=0,24$) festgestellt werden (Muscholl et al., 2022).

Im Vergleich hierzu konnte eine Studie von Bourgeois et al. zeigen, dass die bakterielle Besiedelung mit parodontalpathogenen Keimen, unter anderem des roten Komplexes nach Socransky (Socransky et al., 1998), durch Interdentälbürstennutzung signifikant reduziert werden kann (Bourgeois et al., 2019). Der hohe BOP-Wert in der hier vorliegenden Untersuchung könnte die Ursache einer vernachlässigten Mundhygiene im Restaurationsbereich sein, obwohl $n=17$ Probanden/Probandinnen angaben Interdentälbürsten zu benutzen. Es ist nämlich nicht bekannt wie häufig die IDB tatsächlich angewendet werden. Ferrari et al. beschreiben einen Zusammenhang zwischen proximalen subgingivalen Restaurationen und einem erhöhten BOP (Ferrari et al., 2018). Diese Tatsache, in Verbindung mit den Ergebnissen von Bourgeois et al., zeigt, dass eine adäquate und regelmäßige interdentale Reinigung bei Patienten/Patientinnen, die mit einer PBE versorgt wurden unabdingbar ist und ein subgingivales Geschehen durch Interdentälbürstennutzung kontrolliert werden kann, auch wenn in der vorliegenden Studie aufgrund der geringen Datenlage kein Zusammenhang festgestellt werden konnte. Da die Restaurationen in unserer Studie von vielen unterschiedlichen Behandlern/Behandlerinnen durchgeführt wurden, ist nicht nachvollziehbar, ob

die Personen tatsächlich auf die Wichtigkeit der approximalen Reinigung im Restaurationsbereich hingewiesen wurden.

Die Variablen „BOP am Testzahn“ und „Raucherstatus“ wurden ferner gegenübergestellt (Tabelle 8). Die Kreuztabelle zeigt die Verteilung des Vorhandenseins eines BOP auf die drei Ausprägungen „Nichtraucher/in“, „ehemalige/r Raucher/in“ und „Raucher/in“. Grund für diese Darstellung ist die Annahme, dass Raucher/innen geringere BOP-Werte als Nichtraucher/innen zeigen (Bergström, 1990; Bergström & Boström, 2001; Bergström & Floderus-Myrhed, 1983; Dietrich et al., 2004; Haffajee & Socransky, 2001b; Preber & Bergström, 1985; Shimazaki et al., 2006). Einige Studien haben gezeigt, dass Rauchen das Auftreten von Blüten auf Sondieren sogar unterdrückt (Danielsen et al., 1990; Lie et al., 1998). Grund hierfür ist die schlechtere Durchblutung bei Rauchern/Raucherinnen (Bergström et al., 1988). Gegensätzlich zu den aufgeführten Studien, die von niedrigen BOP-Werten bei Rauchern und Raucherinnen berichten, ist in der Kreuztabelle (Tabelle 8) ersichtlich, dass ehemalige Raucher/innen alle einen BOP (n=6) am Testzahn aufweisen. Von 6 aktiven Rauchern/Raucherinnen zeigen 2 keine Blutung auf Sondieren, 4 allerdings schon. Es ist ersichtlich, dass es in unserer Studienpopulation keinen Zusammenhang zwischen Rauchverhalten und einem BOP gibt.

Diese Auffassung ist auch in einigen Studien zu finden (Kaldahl et al., 1996; Paidi et al., 1999; Van der Weijden et al., 2001). Andererseits lässt das Ergebnis vermuten, dass die Blutung, auch an den Zähnen von Rauchern/Raucherinnen auf eine Entzündung aufgrund des Attachmentverlustes durch den tiefsubgingivalen Defekt zurückzuführen ist. Es wäre möglich, dass die subgingivale Entzündung fortgeschritten ist, sodass das Rauchverhalten hier keine Rolle spielt. Bei der Studienpopulation von n=30 ist es allerdings wahrscheinlich, dass die Menge der Daten, vor allem die geringe Anzahl von Rauchern/Raucherinnen in der Population („ehemalige Raucher/innen“ n=6, „aktive Raucher/innen“ n=6), für ein aussagekräftiges Ergebnis zu gering ist und die beobachteten Effekte zufällig sind.

Jedoch konnte auch bei der größeren Studienpopulation (n=63) der gemeinsamen Publikation mit dem Universitätsklinikum Heidelberg kein statistisch signifikanter Einfluss des Rauchverhaltens auf den BOP an den Testzähnen festgestellt werden ($p=0,112$) (Muscholl et al., 2022).

Das Vorhandensein einer Gingivitis wurde anhand des Gingiva-Index nach Silness & Loe (Loe & Silness, 1963) ermittelt. Das Grading (0-3) ist im Methodenteil dargestellt. Sofern eine Blutung beim Ausstreichen des Sulkus auftritt, liegt mindestens Grad 2 vor. Restaurierte Zähne mit einem Grad 2 (oder größer) nach Silness & Loe wurden deskriptiv dargestellt und die Ergebnisse der Testzähne mit den Referenzzähnen gegenübergestellt (Abbildung 9). Bei Testzähnen trat mit 23,3% geringfügig häufiger eine Blutung beim Ausstreichen des Sulkus auf als bei den Kontrollzähnen (16,7%). Grundsätzlich trat sowohl an Test-, als auch an Referenzzähnen selten eine Blutung auf. Bei 21 Probanden und Probandinnen (70,0%) konnte weder am Test- noch am Referenzzahn eine Blutung festgestellt werden. Der McNemar Test ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen Test- und Referenzzähnen ($p=0,687$). Somit ist ersichtlich, dass in Bezug auf das Vorhandensein einer Gingivitis keine auffälligen Ergebnisse an den restaurierten Zähnen vorliegen und der Entzündungszustand von Test- und Kontrollzähnen, wie in der Arbeitshypothese aufgeführt, vergleichbar ist. Ferrari et al. fanden in ihrer Studie ähnliche Ergebnisse. Der Gingiva-Index 12 Monate nach der Restauration lag an den subgingival restaurierten Zähnen bei 31,5%, in der Kontrollgruppe bei 18,5%. Die Unterschiede waren statistisch ebenfalls nicht signifikant (Ferrari et al., 2018). Aus diesem Ergebnis kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass reizfreie und dichte Restaurationsränder eine gingivale Entzündung, trotz subgingivaler Lage, verhindern können.

Aus der gemeinsamen Publikation mit der Poliklinik für Zahnerhaltungskunde des Universitätsklinikums Heidelberg ist ersichtlich, dass auch bei der größeren Population die Häufigkeit einer Blutung bei den Testzähnen im Vergleich zu den Referenzzähnen erhöht war. Die Unterschiede sind statistisch ebenfalls nicht signifikant ($p=0,228$). Es konnte allerdings ein signifikant negativer Einfluss

($p=0,01$) der Nutzung von IDB auf das Bluten nach Ausstreichen des Sulkus festgestellt werden. Dieser Einfluss wurde in der hier vorliegenden Arbeit nicht untersucht. Ferner zeigt die Publikation, dass bei parodontal vorerkrankten Personen häufiger eine Blutung, sowohl an Test- als auch an Kontrollzähnen auftrat im Vergleich zu parodontal gesunden Zähnen. Diese Differenzierung wurde in der hier vorliegenden Studie nicht unternommen. Eine Trennung der Kohorte bezogen auf diesen Parameter hätte mehr Rückschlüsse auf die Ursache des Auftretens einer Blutung ermöglicht. Als Ursache für einen erhöhten Entzündungszustand kommt nämlich nicht nur das Vorhandensein einer tiefsubgingivalen Restauration infrage, sondern auch eine parodontale Vorgeschichte (Muscholl et al., 2022).

Da eine schlechte oder erschwerte Reinigung mit der Folge einer erhöhten Plaqueakkumulation die Entstehung einer parodontalen Erkrankung begünstigt (Chapple et al., 2015; Hellström et al., 1996; Socransky et al., 1998), wurden Test- und Referenzzähne auf das Vorhandensein von Plaque (PCR_{lokal}) untersucht. An Testzähnen konnte in 93,3% der Fälle eine lokale Plaqueanlagerung festgestellt werden, an den Kontrollzähnen war geringfügig häufiger (96,7%) Plaque sichtbar. Die allgemein hohen Werte sind darauf zurückzuführen, dass beim verwendeten Plaque-Index (modif. Turesky, Grad 0-5) bereits vereinzelte Plaque-Inseln (Grad 1) oder eine dünne Plaquelinie am Gingivarand (Grad 2) als Plaque „Ja“ gewertet wird. Die Ergebnisse der beschriebenen deskriptiven Darstellung zeigen auf, dass keine bedeutenden Unterschiede zwischen Test- und Referenzzähnen vorliegen ($p = 1,0$). Interessant ist hier, dass die Testzähne seltener Plaqueanlagerungen aufweisen, als die Kontrollzähne. Grundsätzlich ist die Schwierigkeit bei einer nach subgingival reichenden Restauration die adäquate Reinigung, weshalb dieses Ergebnis unerwartet ist. Eine mögliche Erklärung wäre, dass die Probanden/Probandinnen an den restaurierten Zähnen eine bessere Reinigung durchführen, nachdem, wie oben empfohlen, passgenaue Interdentälbürsten für die Reinigung des restaurierten Bereiches ausgesucht wurden. Möglich wäre allerdings auch ein zufälliger Effekt aufgrund der geringen Studienpopulation, vor

allem, weil die Ergebnisse an den Test- und Kontrollstellen nur geringfügig voneinander abweichen.

Die gemeinsame Studienpopulation (n=63) aus der Publikation im Journal of Adhesive Dentistry zeigt ebenfalls keine statistisch signifikanten Unterschiede bei der Plaqueakkumulation zwischen Test- und Referenzzähnen ($p=0,773$). Die relativen Häufigkeiten zeigen auch hier geringfügig höhere Plaqueanlagerungen bei den Referenzzähnen, allerdings nur bei den nicht parodontal vorbelasteten Probanden/Probandinnen. Bei den parodontal vorerkrankten Personen sind die relativen Häufigkeiten für die Plaqueakkumulation an Test- und Referenzzähnen gleich. Eine Unterscheidung von parodontal vorerkrankten und parodontal gesunden Probanden/Probandinnen wurde in der hier vorliegenden Arbeit, wie bereits erwähnt, nicht unternommen (Muscholl et al., 2022).

In Kapitel 3.2 wurden die Parameter ST, CAL, Gingiva-Index (Silness/Löe) und Plaque-Index (modif. Turesky) zwischen Test- und Kontrollzähnen verglichen und in Boxplots sowie Tabellen dargestellt. Redundant zur oben aufgeführten Analyse ist die Beschreibung des Plaque- sowie Gingiva-Index. Hier wurde allerdings nicht nur das Vorhandensein von Plaque oder einer Blutung („Ja/Nein“) untersucht, sondern die Ergebnisse gemäß ihrem Grading dargestellt.

In Abbildung 11 und Tabelle 11 sind die Durchschnittswerte der Sondierungstiefen (ST) und des klinischen Attachmentverlustes (CAL) von Test- und Referenzzähnen in Boxplots dargestellt. Sowohl Median, als auch Mittelwerte waren für beide Parameter bei den Testzähnen im Vergleich zu den Referenzzähnen erhöht. Die Unterschiede zeigten sich statistisch signifikant ($p(ST) = 0,003$, $p(CAL) = 0,001$).

Die gemeinsame Publikation mit der Gesamtpopulation von n=63 zeigt ebenfalls signifikant erhöhte Werte für CAL bei den Testzähnen im Vergleich zu den Kontrollzähnen ($p=0,001$). Hier wurde noch der Einfluss einer parodontalen Vorerkrankung auf den CAL untersucht. Probanden mit parodontaler Vorerkrankung zeigten einen signifikant erhöhten CAL an den Testzähnen im Vergleich zu Probanden ohne parodontale Erkrankung ($p=<0,001$). Die

Unterscheidung von Probanden mit und ohne parodontalen Läsionen in ihrer Vorgeschichte wurde in der hier vorliegenden Studie, wie oben erwähnt, nicht berücksichtigt. Eine Differenzierung wäre sinnvoll gewesen, um zwischen erhöhten Attachmentlevelwerten aufgrund einer parodontalen Erkrankung und erhöhtem CAL rein aufgrund der Platzierung einer tiefsubgingivalen Kompositrestauration zu unterscheiden. ST wurde im Rahmen der Publikation nicht beurteilt (Muscholl et al., 2022).

In der Literatur wird ebenfalls beschrieben, dass es einen signifikanten Zusammenhang zwischen Restaurationen und dem Vorhandensein von Gingivitis und Parodontitis gibt, wobei die Art der Restauration, die Lage des Restaurationsrandes, der Approximalkontakt sowie das Restaurationsmaterial die parodontale Reaktion beeinflussen (Albandar et al., 1995; Becker & Kaldahl, 2005; Leon, 1976; Mannerberg, 1971; Matthews & Tabesh, 2004; Schätzle et al., 2003; Silness & Røynstkand, 1984; Willershausen et al., 2001). Die Arbeitshypothese, die besagt, dass gleichartige parodontale Verhältnisse zwischen Test- und Referenzzähnen bestehen, kann hier also in Bezug auf ST und CAL nicht bestätigt werden. Trotzdem liegen die Mittelwerte sowohl für ST, als auch für CAL bei den Testzähnen im physiologischen Bereich, da eine zu behandelnde parodontale Erkrankung erst ab einer Sondierungstiefe ≥ 4 mm vorliegt (Armitage, 1996). Zudem wird in der Fachliteratur beschrieben, dass ST und CAL bei subgingivalen Restaurationen im Vergleich zu supragingivalen Restaurationen immer erhöht sind (Gullo & Powell, 1979; Jansson et al., 1997; Jansson et al., 1994; Newcomb, 1974) - die klinische Signifikanz dieser Feststellung ist allerdings unklar. In einer Längsschnittstudie mit einem Beobachtungszeitraum von 26 Jahren (1969-1995) konnte festgestellt werden, dass während CAL an Zähnen mit subgingivalen Restaurationsrändern zunahm, auch die Kontrollzähne ein ähnliches Muster und eine ähnliche Größenordnung in Bezug auf die Veränderung von CAL aufwiesen. Während die Unterschiede zwischen Test- und Kontrollgruppe bei den Nachbeobachtungen 3-6 (Beobachtungszeitraum 4-19 Jahre) noch signifikant waren, konnte bei der Nachuntersuchung nach 26 Jahren kein signifikanter Unterschied in Bezug auf den Attachmentverlust mehr festgestellt werden (Schätzle et al., 2001). Die hier

vorliegenden Nachuntersuchungen wurden dagegen 0,21 bis 3,95 Jahre nach der Restauration durchgeführt. Die statistisch signifikanten Unterschiede zwischen Testzähnen und den gesunden Kontrollzähnen waren in unserer Studie ohnehin zu erwarten. Die tiefsubgingivale Versorgung der Testzähne erfolgte aufgrund eines vorher bestehenden subgingivalen Zahndefekt – der Attachmentverlust war also bereits vor der Restauration vorhanden.

Beim Parameter Gingiva-Index (Silness/Löe) konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen Test- und Referenzzähnen nachgewiesen werden ($p = 0,187$). Zudem zeigt die Auswertung, dass sowohl bei den Testzähnen, als auch bei den Referenzzähnen weitgehend gesunde gingivale Verhältnisse bestehen. Die Median-Werte liegen sowohl für Test- als auch für die Referenzzähne bei 0,00. Der Gingiva-Index für Testzähne versus Kontrollzähne wurde in der Publikation von Muscholl et al. nicht deskriptiv dargestellt (Muscholl et al., 2022).

Ferrari et al. verwendeten in ihrer bereits oben erwähnten Studie ebenfalls den Gingiva-index nach Silness/Löe. Es wurden $n=35$ Restaurationen untersucht, wobei die Verteilung der Ergebnisse ähnlich wie in der hier vorliegenden Studie ausfiel. Bei der Untersuchung nach 12 Monaten lag in 68,6% der Fälle ($n=24$) ein Gingiva-Index Grad 0 nach Silness/Löe an der Teststelle vor. In der vorliegenden Studie konnte bei der Nachuntersuchung in 76,7% ($n=23$) Grad 0 festgestellt werden. Bei 20% der Teststellen stellten Ferrari et al. einen Grad 1 fest. Bei dieser Studie wiesen 13,3% der Testzähne einen Gingiva-Index Grad 1 auf. Ferrari et al. fanden in 4 Fällen (11,5%) einen Grad 2, während in dieser Studie in 3 Fällen (10,0%) ein Grad 2 festgestellt wurde. Grad 3 nach Silness/Löe wurde in beiden Studien nicht vergeben. Außerdem wurden in der Kontrollgruppe in beiden Studien geringfügig bessere Ergebnisse erzielt. Ferrari et al. stellten in 18,5% der Fälle einen Grad 1 fest, während in unserer Studie in 16,7% Grad 1 festgestellt wurde. Höhere Scores wurden in beiden Studien bei der Kontrollgruppe nicht vergeben. Signifikante Unterschiede zwischen Test- und Kontrollgruppe konnten in beiden Studien nicht gefunden werden (Ferrari et al., 2018). Die Schlussfolgerung aus diesen Ergebnissen ist, dass keine statistisch

signifikante gingivale Entzündung an tiefsubgingival versorgten Zähnen festgestellt werden kann und gleichartige gingivale Verhältnisse zwischen Test- und Referenzzähnen bestehen.

Im Boxplot für den Plaque-Index (modif. Turesky) wird ersichtlich, dass die Streuung der Untersuchungsergebnisse bei den Testzähnen größer ist, als bei den Kontrollzähnen. Die durchschnittlichen Grading-Werte sind für die Testzähne allerdings geringer, obwohl erwartungsgemäß an den Testzähnen aufgrund der erschwerten Reinigung ein schlechteres Ergebnis erwartet worden wäre. Auch hier könnte die Erklärung die Anwendung passgenauer Interdentalbürsten im Restaurationsbereich sein. Aufgrund der kleinen Studienpopulation ($n=30$) ist allerdings auch ein zufälliger Effekt nicht auszuschließen. Der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test ergab für den Plaque-Index nach Turesky einen *p*-Wert von 0,225. Es konnten somit keine statistisch signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Plaqueakkumulation bei Test- und Referenzzähnen festgestellt werden. In der gemeinsamen Studie mit der Poliklinik für Zahnerhaltungskunde des Universitätsklinikums Heidelberg wurde der Plaque-Index nicht, wie hier, deskriptiv dargestellt (Muscholl et al., 2022).

Auch in der Studie von Ferrari et al. konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen Test- und Kontrollgruppe festgestellt werden. Allerdings lag der Plaque-Index in der Kontrollgruppe lediglich bei 20% und in der Referenzgruppe bei 18,5%, während in der vorliegenden Gruppe die Kontrollzähne in 93,3% eine lokale Plaqueakkumulation aufwiesen, die Referenzzähne in 96,7%. Der Unterschied in den relativen Häufigkeiten der beiden Untersuchungen ist darauf zurückzuführen, dass Ferrari et al. einen anderen Plaque-Index (Løe & Silness, 1963) angewandt haben, der die Plaqueakkumulation weniger exakt erfasst als der hier verwendete Plaque-Index nach Turesky (Turesky, 1970). Es ist auch nicht bekannt, ob die Beläge bei Ferrari et al. angefärbt wurden. Eine Anfärbung der Plaque erleichtert das Erkennen von Belägen und führt folglich zu Ergebnissen mit höheren Plaquemengen. Außerdem wurden die Probanden/Probandinnen im Rahmen der Studie von Ferrari et al. zur Mundhygiene instruiert. Ob dies bei den von uns untersuchten Personen

genauso war, kann nicht nachvollzogen werden, da die Restauration der Testzähne von vielen unterschiedlichen Behandlern/Behandlerinnen erfolgte. Zudem wird in der Publikation von Ferrari et al. erwähnt, dass bei den Studienteilnehmern und Studienteilnehmerinnen zusätzliche Prophylaxemaßnahmen durchgeführt wurden (Ferrari et al., 2018).

Anhand des CAL wurde die lokale Parodontitis-Klassifikation an Test- und Referenzzähnen bestimmt (Tabelle 12). Zudem wurde die Verteilung der Stadien in einer Vier-Felder-Tafel (Tabelle 13) dargestellt. An 18 Personen wurde die PA-Klassifikation sowohl am Test-, als auch am Kontrollzahn Stadium II zugeordnet. In 4 Fällen wurde der CAL des Testzahnes Stadium II oder III zugeordnet, während die Referenzzähne Stadium I zugeordnet wurden. Weder bei Test- noch bei Kontrollzähnen wurde das Parodontitis-Stadium 0 diagnostiziert. Anhand des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test konnte hier ein signifikanter Unterschied zwischen Test- und Kontrollzähnen festgestellt werden ($p=0,02$). Auch hier muss wieder auf den relativ kurzen Beobachtungszeitraum hingedeutet und auf die Vergleichsergebnisse von Schätzle et al. nach 26 Jahren verwiesen werden. In der Studie konnten nach längeren Beobachtungszeiträumen reduzierte Messwerte für CAL festgestellt werden (Schätzle et al., 2001). Ferrari et al. konnten bei der Baseline-Untersuchung von subgingival restaurierten Zähnen durchschnittliche Sulkussondierungstiefen von 2,3mm beobachten, während diese nach 12 Monaten signifikant auf durchschnittlich 3,1mm gestiegen waren (Ferrari et al., 2018). In der hier vorliegenden Studie lag die durchschnittliche Sondierungstiefe an der Restaurationsstelle bei 3,2mm bei variabler Restaurationsliegedauer (0,21-3,95 Jahre). Bertoldi et. al untersuchten ebenfalls die parodontale Reaktion auf die subgingivale Platzierung von Komposit-Restaurationen. Bei der Baseline-Untersuchung lagen die Sulkussondierungstiefen am tiefsten Punkt des approximalen Kastens im Mittel bei 2,86 mm. Nach 3 Monaten lagen diese im Durchschnitt bei 2,45 mm (Bertoldi et al., 2020). Diese sehr guten Ergebnisse deuten auf ein Reattachment nach der Restauration hin. Im Vergleich zu den hier vorliegenden Beobachtungen sind diese als besser einzustufen. Gründe hierfür könnten sein, dass die Restaurationen in der Studie von Bertoldi et al. durch eine/n erfahrene/n

Behandler/in durchgeführt wurden, während die in der vorliegenden Studie untersuchten Restaurationen von Behandlern/Behandlerinnen mit variabler Erfahrung gelegt wurden, unter anderem von Studierenden. Des Weiteren wurden alle Probanden und Probandinnen in der Studie von Bertoldi et al. in ein dreimonatiges Recall-Programm aufgenommen, um die Plaqueansammlung nach der Restauration und die damit verbundene Zahnfleischentzündung zu verhindern (Bertoldi et al., 2020). Da wir, aufgrund des retrospektiven Charakters unserer Studie, kein solches Recallprogramm durchgeführt haben, wären schlechtere Werte in Bezug auf eine parodontale Entzündung zu erwarten. Unter diesem Aspekt kann davon ausgegangen werden, dass durch eine suffiziente Versorgung trotzdem weitgehend reizlose Zustände geschaffen werden konnten. In allen genannten Studien ist die Fallzahl allerdings gering (zwischen 29 und 35 Fällen), weshalb die statistische Aussagekraft verringert ist. Grundsätzlich wäre es sinnvoll die Untersuchungen an einer größeren Studienpopulation durchzuführen während alle Restaurationen von einem/einer erfahrenen Behandler/in unter Anwendung eines standardisierten Verfahrens gelegt werden. Zudem wäre die Aufnahme der Studienteilnehmer/innen in ein Recallprogramm zur Plaquekontrolle, wie bei Bertoldi et al., sinnvoll.

Da der Raucherstatus bedeutend für die Entstehung oder das Vorhandensein einer Parodontitis ist (Haber et al., 1993), ist es wichtig, diesen in Bezug auf die Parodontitis-Klassifikation an den Testzähnen miteinzubeziehen und darzustellen. Die oben beschriebenen Ergebnisse zeigen erhöhte Parodontitis-Stadien für die Testzähne auf. Nicht beachtet wurde in dieser Darstellung das Rauchverhalten der Studienteilnehmer/innen. So kann es sein, dass die Testzähne zwar im Parodontitis-Staging hoch eingeordnet werden, die Ursache dafür aber auch das Rauchverhalten sein kann. In Tabelle 14 ist die PA-Klassifikationen und das Rauchverhalten (Nichtraucher/in/ehemalige/r Raucher/in/Raucher/in) gegenübergestellt. Es ist ersichtlich, dass keiner der aktiven Raucher/innen (n=6) oder ehemaligen Raucher/innen (n=6) ein Parodontitis-Stadium 0 oder I aufweist. Unter den aktiven Rauchern und Raucherinnen liegt an zwei Testzähnen ein Stadium III vor, während unter den Nichtrauchern/Nichtraucherinnen (n=18) ebenfalls an zwei Testzähnen ein

Stadium III zu finden ist. Das Stadium III liegt also in einem Verhältnis (Raucher/in : Nichtraucher/in) von 1:1 vor, während das Gesamtverhältnis der Anzahl Raucher/in : Nichtraucher/in bei 6:18 (1:3) liegt. Der McNemar-Bowker-Test zur Prüfung der Unterschiedlichkeit in den Ausprägungen liefert einen *p*-Wert von <0,001. Dieses Ergebnis ist als statistisch signifikant einzustufen und zeigt auf, dass eine hohe Parodontitis-Klassifikation nicht nur auf das Vorhandensein einer tiefsupragingivalen kariösen Läsion oder Restauration, sondern auch auf das Rauchverhalten zurückzuführen ist. Nicht einbezogen in diese Analyse wurde die Rauchdosis. Es ist demnach denkbar, dass die oben beschriebene Signifikanz-Analyse zufällige Ausprägungen aufweist, da es unwahrscheinlicher ist, eine Parodontitis zu entwickeln bei einer beispielsweise sehr geringen Rauchdosis (Moimaz et al., 2009). Zudem ist zu nennen, dass der McNemar-Test für die Parodontitis-Klassifikation zwischen Test- und Referenzzähnen ebenfalls eine hohe Signifikanz ergab (Tabelle 13). Da sowohl Test-, als auch Kontrollzähne aus der gleichen Mundhöhle stammen, ist in diesem Fall der Raucherstatus für Test- und Kontrollzähne immer gleich. Trotzdem liegt ein signifikantes Ergebnis und somit ein Unterschied zwischen Test- und Kontrollzähnen vor, auch ohne Berücksichtigung des Raucherstatus. Die statistische Signifikanz bezogen auf die Parodontitis-Klassifikation der Test- und Referenzzähne in unserer Studie war ohnehin zu erwarten. Die subgingivalen Restaurationen in der Studie waren durch vorher bestehende tiefe kariöse Läsionen bedingt. Wie zuvor erläutert war bereits durch den tiefen Zahndefekt ein Attachmentverlust vorhanden. Grund für die Zuteilung der Testzähne zu, im Vergleich zu den Kontrollzähnen, hohen Parodontitis-Stadien ist also nicht die subgingivale Restauration, sondern die schon vorher bestandene subgingivale kariöse Läsion.

Parodontale Parameter (ST, CAL, BOP, Gingiva-Index nach Silness/Löe) wurden in Kapitel 3.3 als abhängige Variablen herangezogen, um den Einfluss verschiedener erklärender Variablen auf diese festzustellen. Es wurden lineare Regressionen im Einschlussmodell durchgeführt (Tabelle 15-18). Die erklärenden Variablen sind das Alter der Restauration, der DMFT-Wert, der Gesamt-Gingiva-Index (Silness/Löe), der Gesamt-Plaque-Index (modif.

Turesky), der Raucherstatus (Rauchen“Ja“), die Nutzung von Interdentalbürsten (IDB“nein“) und der lokale CAL (CAL_{lokal}).

Nur im Modell „CAL“ und „BOP“ konnten signifikante *p*-Werte ermittelt werden.

Im Modell „CAL“ zeigt Rauchen („Ja“) einen positiven Effekt (Schätzer: 0,998) auf CAL bei einem statistisch signifikanten *p*-Wert von 0,018. Dieses Ergebnis veranschaulicht, dass Rauchen den CAL positiv beeinflusst. Diese Beobachtung deckt sich mit den Erkenntnissen aus der Literatur (Gonzalez et al., 1996; Gunsolley et al., 1998; Haffajee & Socransky, 2001a). In Bezug auf unsere Studienergebnisse ist dieses Ergebnis bezogen auf die Messwerte für CAL von Bedeutung. Die erhöhten CAL-Werte bei Rauchern beeinflussen die Auswertung. Somit sind die Durchschnittswerte für CAL erhöht. Ohne Berücksichtigung des Raucherstatus ließe sich aus den erhöhten Messwerten für CAL schließen, dass diese durch die subgingival platzierte Restauration bedingt sind. Die Ergebnisse der Regressionsanalyse zeigen allerdings den Einfluss von Rauchen auf den CAL und somit schlechtere Ergebnisse für CAL. Eine Vergleichsstudie, die subgingivale Restaurationen evaluiert und den Einfluss des Rauchverhaltens auf den CAL im Bereich der Versorgungen untersucht hat, war zum jetzigen Zeitpunkt nicht zu finden.

Im Regressionsmodell „BOP“ zeigt CAL_{lokal} einen signifikant positiven Effekt (Schätzer: 0,0225) auf den BOP ($p = 0,039$). Auch in der Gesamtkohorte ($n=63$) aus der gemeinsamen Publikation mit der Poliklinik für Zahnerhaltungskunde des Universitätsklinikums Heidelberg zeigt CAL einen signifikant positiven Einfluss auf den BOP ($p < 0,001$) (Muscholl et al., 2022). Es tritt also wahrscheinlicher ein BOP am Testzahn auf, wenn der CAL erhöht ist. Das Resultat ist auch sinnvoll, da bei einem erhöhten Attachmentverlust die Reinigungsfähigkeit erschwert ist. Das Auftreten eines BOP, spricht in diesem Zusammenhang für eine subgingivale Entzündung an den betroffenen Zähnen.

Alle übrigen Modelle und Variablen zeigten keine statistisch signifikanten *p*-Werte. Da es sich in der vorliegenden Studie um eine Nachbeobachtung mit einer geringen Studienpopulation handelt ($n=30$), waren signifikante Ergebnisse nicht

zwingend zu erwarten. Bei Außerachtlassen der p -Werte für die übrigen Variablen sind jedoch einige Auffälligkeiten zu beobachten:

Der DMFT-Wert zeigt in allen Modellen (ST, CAL, Gingiva-Index, BOP) einen Nulleffekt. Die Schätzer variieren jeweils zwischen -0,007 und 0,014. Der DMFT scheint folglich keinerlei Einfluss auf die abhängigen Variablen ST, CAL, BOP und Gingiva-Index zu haben. In der Gesamtpopulation aus der Publikation mit dem Universitätsklinikum Heidelberg stellt sich der Einfluss des DMFT auf die gewählten abhängigen Variablen ähnlich dar. Hier wurden BOP, GBI und PCR als abhängige Variablen herangezogen. Der DMFT zeigt in keinem der Modelle statistisch signifikante p -Werte. Im Modell GBI und PCR zeigt sich ebenfalls ein Nulleffekt (Schätzer(GBI): -0,002), Schätzer(PCR): -0,058). Auf den BOP hat der DMFT einen leicht positiven, insignifikanten Einfluss (Schätzer: 0,361) (Muscholl et al., 2022).

In der vorliegenden Studie hat die erklärende Variable „Alter der Restauration“ in allen Modellen einen tendenziell leicht negativen Effekt auf ST, CAL, Gingiva-Index und BOP (Schätzer: -0,194 – 0,000). Dieses Ergebnis deckt sich mit den Beobachtungen von Bertoldi et al. und Schätzle et al., die in Bezug auf Sondierungstiefen und den klinischen Attachmentverlust nach längeren Beobachtungszeiträumen bessere Werte aufzeigen konnten (Bertoldi et al., 2020; Schätzle et al., 2001). Bei Schätzle et al. war der Gingiva-Index, im Gegensatz zu den hier vorliegenden Ergebnissen, mit dem Restorationsalter leicht erhöht. In der Studie von Muscholl et al. konnte kein nennenswerter Einfluss des Alters der Restauration auf die untersuchten Variablen GBI und BOP festgestellt werden (Muscholl et al., 2022).

Der Gesamt-Gingiva-Index nach Silness/Löe, der nur in den Modellen ST, CAL und BOP aufgenommen wurde, weist in allen Regressionen einen verhältnismäßig großen Schätzer auf (0,721 – 2,460). Je größer der Gingiva-Index für die gesamte Mundhöhle, desto größer stellen sich die Werte an den Testzähnen für ST und CAL dar und desto wahrscheinlicher tritt ein Bluten auf Sondieren (BOP) auf. Dieses Ergebnis ist mit Erkenntnissen aus der Literatur vereinbar, die belegen, dass sich eine Parodontitis mit erhöhten

Sondierungstiefen, Attachmentverlust und Bluten auf Sondieren aus einer vorher bestehenden Gingivitis entwickelt (Pihlstrom et al., 2005). Ein Zusammenhang eines erhöhten Gingiva-Index bei den Probanden und Probandinnen aus dieser Studie mit erhöhten ST, CAL und BOP-Werten am Testzahn ist also wahrscheinlich. Die Standardfehler für den Gingiva-Index sind allerdings groß und ein zufälliges Ereignis ist nicht auszuschließen. Die Vermutung eines Einflusses hätte mit einer größeren Studienpopulation belegt werden können. Im Rahmen der gemeinsamen Publikation mit der Poliklinik für Zahnerhaltungskunde des Universitätsklinikums Heidelberg wurde der Einfluss des Gingiva Index auf andere Parameter nicht untersucht (Muscholl et al., 2022).

Die erklärende Variable Rauchen („Ja“) weist in den Modellen „ST“ und „CAL“ positive Schätzer auf (0,515(ST), 0,998(CAL)). Die Ergebnisse sind allerdings nur im Modell „CAL“ statistisch signifikant. Trotzdem ist der positive Einfluss auf ST und CAL mit Daten aus der Literatur vereinbar (Gunsolley et al., 1998; Haber et al., 1993). In den Modellen „Gingiva-Index“ und „BOP“ finden sich für den Parameter „Rauchen“ leicht negative Schätzer (-0,039(Gingiva-Index), -0,0295(BOP)). Auch diese Ergebnisse sind nicht statistisch signifikant. Ein negativer Einfluss des Rauchens auf das Auftreten von gingivalen Blutungen ist allerdings auch in der Literatur zu finden, wie bereits oben beschrieben (Dietrich et al., 2004).

Die Nichtnutzung von Interdentälbürsten zeigt in den Regressionsmodellen „ST“ und „CAL“ einen leicht positiven, insignifikanten Einfluss (Schätzer(ST): 0,138, Schätzer(CAL): 0,210). Dieses Ergebnis erscheint schlüssig. Die Nutzung von Interdentälbürsten hat den Zweck die Plaquemenge zu reduzieren und somit eine Gingivitis und Parodontitis zu verhindern, die mit erhöhten Sondierungstiefen und Attachmentverlusten einhergeht (Listgarten, 1986). In den genannten Regressionsmodellen zeigt sich ein positiver Einfluss des Verzichts auf die Interdentälbürstennutzung auf ST und CAL. Ein Einfluss der Interdentälbürstennutzung auf ST und CAL wurde in der gemeinsamen Studienpopulation (n=63) im Rahmen der Publikation im Journal of Adhesive Dentistry nicht untersucht. Allerdings konnte, im Gegensatz zu der hier

vorliegenden Studie, bei der Gesamtpopulation aus Personen am Standort Tübingen (n=24) und Heidelberg (n=39) ein signifikant negativer Einfluss der Nutzung von Interdentalbürsten auf den Blutungsindex festgestellt werden ($p=0,01$). In der hier vorliegenden Studie ergab sich im Regressionsmodell für den Gingiva-Index ein statistisch insignifikanter p -Wert von $p=0,364$ (Schätzer: -0,22) für die Nichtnutzung von IDB. Das insignifikante Ergebnis in der hier vorliegenden Studie ist aus der kleineren Studienpopulation herzuleiten (Muscholl et al., 2022).

Trotz der überwiegend fehlenden statistischen Signifikanz in der hier vorliegenden Studie, ist das Ergebnis als Schlussfolgerung interessant. Genauso wie das Rauchverhalten, hat auch die Plaquemenge einen Einfluss auf ST und CAL (Haber et al., 1993; Listgarten, 1988). Die Tatsache muss bei der Interpretation der Studienergebnisse berücksichtigt werden. Erhöhte Messwerte für ST und CAL sind demnach nicht allein auf die tiefsubgingivale Restauration, sondern auch auf das Rauchverhalten und die häusliche Plaquekontrolle zurückzuführen.

4.2.2 Qualitätsparameter der tief subgingivalen Kompositrestaurationen

Ein Ziel der vorliegenden Studie war, die Qualität der Restaurationen an den Testzähnen zu untersuchen. Hierfür wurden die FDI-Kriterien der World Dental Federation (FDI) genutzt. Wie oben beschrieben, wurden diese aus den Ryge-Kriterien von 1971, wiederaufgelegt im Jahr 2005 (Bayne & Schmalz, 2005), weiterentwickelt und auf neue Restaurationsmaterialien und Versorgungsmöglichkeiten angepasst (Hickel et al., 2010; Hickel et al., 2007). Die Einteilung in 3 verschiedene Parameter (ästhetisch, funktionell und biologisch) sowie die unterschiedlichen Bewertungsoptionen sind in Tabelle 1 und 2 dargestellt.

In Abbildung 13 sind die Ergebnisse der ästhetischen Parameter („Oberflächenglanz“, „Oberflächenverfärbung“, „Farbstabilität und Transluzenz“, „Anatomische Form/Kontaktpunkt“) dargestellt. Bei der Einflussgröße „Farbstabilität und Transluzenz“ wurden ausschließlich die Bewertungsoptionen

„sehr gut“ (73,3%) und „gut“ (26,7%) vergeben. Die Mehrheit der Restaurationen wies bei den übrigen ästhetischen Parametern ebenfalls die Note „sehr gut“ auf. Der Oberflächenglanz wurde in 56,7% der Fälle als „klinisch exzellent“ und in 36,7% als „gut“ bewertet. In zwei Fällen lag die Bewertungsoption „befriedigend“ (6,7%) vor. Die Oberflächenverfärbung wurde bei 66,7% der Restaurationen als „sehr gut“ und bei 30,0% als „gut“ bewertet. Eine Restauration (3,3%) wies eine moderate Verfärbung auf und wurde als „befriedigend“ bewertet. In der vorliegenden Studie wurden die beiden FDI-Kriterien „Anatomische Form“ und „Kontaktpunkt“ zu einem Parameter zusammengefasst. Es wurde also nicht nur die Ästhetik und Funktionalität der Zahnanatomie im Kontaktpunktbereich bewertet, sondern auch die Stärke des Approximalkontaktes. Die gemeinsame Betrachtung beider Qualitätsparameter ist sinnvoll, da die Kontaktpunktstärke mit der anatomischen Form zusammenhängt. Ein idealer Approximalkontakt liegt im koronalen Drittel des Zahnes. Während sich dieser beim Jugendlichen punktförmig darstellt, wird er mit zunehmendem Alter flächiger (Hanscho, 2014). Diese Leitlinien gilt es bei der Beurteilung dieses Parameters zu beachten. In der vorliegenden Studie zeigten 15 Restaurationen (50,0%) eine ideale Form und optimale Kontaktpunktstärke. 36,7% der Restaurationen wiesen eine leichte Abweichung von der idealen anatomischen Form oder einen etwas zu starken Kontaktpunkt auf. 4 Restaurationen (13,3%) konnten in Bezug auf diesen Parameter nur als „befriedigend“ bewertet werden, da der Kontaktpunkt entweder etwas zu schwach oder die anatomische Form eine Abweichung aufwies. Bei keinem der ästhetischen Bewertungskriterien wurde die Benotung „klinisch nicht akzeptabel“ oder schlechter vergeben.

In der größeren Studienpopulation für die gemeinsame Publikation mit der Poliklinik für Zahnerhaltungskunde des Universitätsklinikums Heidelberg zeigen sich ähnliche Ergebnisse für die ästhetischen Parameter. Bei den Parametern „Oberflächenglanz“, „Oberflächenverfärbung“ und „Farbstabilität und Transluzenz“ konnte auch in der Gesamtpopulation die Bewertung „sehr gut“ oder „gut“ in über 80% der Fälle vergeben werden. Beim Parameter „Anatomische Form“ war in der hier vorliegenden Studie „befriedigend“ mit einem Anteil von 13,3% die schlechteste Bewertung. In der gemeinsamen

Studienpopulation mit n=63 wurden 25% der Restaurationen in Bezug auf die anatomische Form als „befriedigend“ oder sogar „klinisch nicht akzeptabel“ bewertet. Ein Grund für die Abweichung in der Gesamtbetrachtung könnte sein, dass die Beurteilung der FDI-Kriterien in der hier vorliegenden Studie nur durch mich durchgeführt wurde, während die Daten in der Publikation von unterschiedlichen Untersuchern mit subjektiv abweichenden Bewertungsmustern stammen (Muscholl et al., 2022).

Die FDI-Kriterien wurden seit der Neuauflage im Jahr 2010 in zahlreichen Studien angewandt (Bresser et al., 2019; Donmez et al., 2016; Farag et al., 2011; Favetti et al., 2021; Hashem et al., 2019; Maillet et al., 2022; Staehle et al., 2015). Es sind allerdings kaum Studien vorhanden, die die FDI-Kriterien an Zähnen, die mit einer PBE versorgt wurden, untersucht haben. Als Vergleichsstudie, war hier, abgesehen von unserer Veröffentlichung in Zusammenarbeit mit dem Universitätsklinikum Heidelberg, nur eine Publikation zu finden.

Bresser et al. evaluierten die Qualität an mit PBE und indirekten Restaurationen versorgten Zähnen mithilfe der FDI-Kriterien. Von 197 Restaurationen, wurde an 8 ein Versagen festgestellt. Die durchschnittliche Nachbeobachtungszeit betrug 57,7 Monate. Bei den ästhetischen Parametern wurden keine Angaben zu „Oberflächenglanz“ gemacht. In 42% der Fälle konnte keine Randverfärbung beobachtet werden, immerhin 28% der Restaurationen wurden hier noch mit „gut“ bewertet und 30% wiesen einen Randspalt auf, sodass diese Restaurationen nur mit „befriedigend“ bewertet werden konnten. Der Parameter „Farbstabilität“ wurde bei 11% der Restaurationen mit „sehr gut“ bewertet und in 36% der Fälle mit „gut“. 48% der Restaurationen wurden in Bezug auf die Farbstabilität mit „befriedigend“ bewertet. In 4% der Fälle wurde nur das Bewertungskriterium „klinisch nicht akzeptabel“ und in 1% der Fälle sogar „klinisch schlecht“ vergeben. Die anatomische Form sowie der proximale Kontaktpunkt wurden nicht bewertet. Die Autoren/Autorinnen gaben aber an, dass in 11% der Fälle (21 Restaurationen) bei der Nachuntersuchung kein Kontaktpunkt festgestellt werden konnte, was als „klinisch schlecht“ zu werten wäre (Bresser et al., 2019).

Die Ergebnisse von Bresser et al. weichen beim Parameter „Verfärbung“ geringfügig von den in dieser Studie vorliegenden Ergebnissen ab. Die Restaurationen in der Vergleichsstudie wurden schlechter bewertet. Dies könnte daran liegen, dass die Nachbeobachtungszeit in der Studie mit im Durchschnitt 4,7 Jahren länger war. Außerdem hängt der Grad der Verfärbung bei Kompositen von der Rauigkeit der Oberfläche ab (Reis et al., 2003; Rzanny et al., 2009). Es wäre also denkbar, dass in unserer Studie bessere Politurmaßnahmen durchgeführt wurden. Die Farbstabilität wurde in der Studie von Bresser et al. deutlich schlechter bewertet. Janda et al. konnten feststellen, dass die Farbstabilität von Kompositrestaurationen von der Art der Lichthärtelampe abhängig ist (Janda et al., 2004; Janda et al., 2005). Ein Zusammenhang dieser Ergebnisse mit der Wahl des Lichthärtegeräts wäre in diesem Fall möglich. Andererseits könnte auch hier der längere Beobachtungszeitraum bei Bresser et al. eine Rolle spielen. Ferner waren in unserer Studie alle Kontaktpunkte noch intakt, während bei Bresser et al. an 11% der Restaurationen kein Kontaktpunkt festgestellt werden konnte.

Bei den funktionellen Parametern (Abbildung 14) wurden in der hier vorliegenden Studie alle Restaurationen in den Punkten „Fraktur und Retention“, „Marginale Adaptation“ und „Verschleiß“ mit „sehr gut“ oder „gut“ bewertet. Beim subjektiven Parameter „Patienteneindruck/Kaukomfort“ gaben zwei Probanden/Probandinnen (6,7%) einen leicht eingeschränkten Kaukomfort nach der Restauration an. Ein/e Studienteilnehmer/in (3,3%) gab einen nicht akzeptablen Kaukomfort (Score 4) an.

Bei der Gesamtpopulation von n=63 der gemeinsamen Publikation sind die Ergebnisse für die funktionellen Parameter vergleichbar, wobei die Ergebnisse für den Parameter „Patienteneindruck“ in der Gesamtkohorte nahezu gleich ausfielen. Bei den übrigen Parametern konnten bei der hier vorliegenden Studie geringfügig bessere Bewertungen mit 100% „sehr gut“ oder „gut“ vergeben werden. In der Gesamtbetrachtung lagen bei den Parametern „Marginale Adaptation“ und „Verschleiß“ die Ergebnisse für die Gesamtpopulation bei über 90% „sehr gut“ oder „gut“. Beim Parameter „Fraktur und Retention“ wurden die

Bewertungsoptionen „sehr gut“ und „gut“ in über 85% der Fälle vergeben (Muscholl et al., 2022).

Bresser et. al vergaben bei den funktionellen Parametern folgende Bewertungen: Das Bewertungskriterium „Fraktur“ wurde in 92% der Fälle mit „sehr gut“ bewertet, in 6% der Fälle als „gut“ und in 2% der Fälle als „befriedigend“. Schlechtere Benotungen wurden hier nicht vergeben. Die marginale Adaptation wurde bei 18% der Restauration als „klinisch exzellent“ eingestuft. 52% der Restaurationen wurden hier als „gut“ bewertet und 30% als befriedigend. Bei 63% der Restaurationen konnte keinerlei Verschleiß festgestellt werden (Score „sehr gut“). Die übrigen Restaurationen wurden in diesem Parameter als „gut“ bewertet. Das Bewertungskriterium „Patienteneindruck“ wurde in dieser Studie nicht untersucht (Bresser et al., 2019).

Die Ergebnisse beim Parameter „Fraktur“ sind vergleichbar mit denen der vorliegenden Studie. Beim Parameter „Marginale Adaptation“ wurde in unserer Studie Score 3-5 gar nicht vergeben. Die besseren Ergebnisse könnten auf die Anwendung der Schneepflug-Technik zurückzuführen sein, die einen optimalen Randschluss zwischen Zahn und Restauration verspricht (Opdam et al., 2003). Bresser et al. beschreiben ein sehr ähnliches Vorgehen bei der Restauration, allerdings ohne Anwendung dieser Technik. Da die Restauration in dieser Studie durch viele unterschiedliche Behandler/innen erfolgte, darunter Studenten/Studentinnen, ist es nicht bekannt, ob die Schneepflug-Technik wirklich in jedem Fall angewendet wurde. Beim Parameter „Verschleiß“ sind die Ergebnisse beider Studien vergleichbar. Im Allgemeinen bestätigen die von uns erhobenen Befunde also die aktuelle Studienlage.

Zu den funktionellen Parametern nach Hickel et al. zählt auch die Beurteilung gegebenenfalls vorhandener Röntgenbilder der restaurierten Zähne. Nach Durchsicht vorhandener Aufnahmen, die nach der Restauration der tiefsubgingivalen Restaurationen angefertigt wurden, konnten 8 postoperative Bilder ausfindig gemacht werden, die in den Abbildungen 15 bis 22 dargestellt sind. Die Mehrheit der Aufnahmen zeigt einen dichten und reizfreien Abschluss des Restaurationsrandes im subgingivalen Bereich. Die Abbildungen 16 und 21

weisen an den restaurierten Zähnen leichte Überhänge auf. Am restaurierten Zahn auf Abbildung 20 ist ein dezenter Spalt zwischen Restauration und Zahnhartsubstanz zu sehen. In der Literatur sind Beobachtungen eines Zusammenhangs zwischen marginalen Überhängen und dem Auftreten einer Gingivitis und Parodontitis zu finden, vor allem bei nach subgingival reichenden Restaurationen (Arneberg et al., 1980; Brunsvold & Lane, 1990). Die hier vorliegenden Ergebnisse im Bezug auf die marginale Adaptation zeigen, dass ein guter zervikaler Randschluss, auch bei subgingival liegenden Restaurationsrändern, möglich ist. Bei Erreichen dieses guten Randschlusses, kann eine Reizung des Parodonts minimiert werden.

Neben der Beurteilung des Randschlusses solcher Restaurationen, ist auch die Bewertung des Knochenniveaus von Bedeutung, da subgingivale Restaurationen mit einem Rückgang des Alveolarknochens in Verbindung gebracht werden (Eid, 1987; Gilmore & Sheiham, 1971; Hakkarainen & Ainamo, 1980; Jeffcoat & Howell, 1980). Auf Abbildung 19 ist ein generalisiert reduziertes Knochenangebot zu erkennen mit einem im Vergleich leichten vertikalen Einbruch im Restaurationsbereich. Auf Abbildung 16 liegt ein generalisierter horizontaler Knochenrückgang vor, ohne Besonderheiten im Bereich der subgingivalen Restauration. Abbildung 17 zeigt einen dezenten vertikalen Knocheneinbruch im Restaurationsbereich. Der/die Proband/in, dessen Röntgenbild Abbildung 18 zugeordnet ist, weist ein generalisiert reduziertes Knochenangebot auf, welches nicht speziell mit der tiefsubgingivalen Restauration in Verbindung gebracht werden kann. Auf Abbildung 19 ist ein allgemein reduziertes Alveolarknochenniveau zu erkennen mit einem vertikalen Einbruch im Restaurationsbereich. Die Röntgenbilder mit den Abbildungsnummern 20 und 22 weisen einen generalisierten horizontalen Knochenrückgang vor ohne vertikale Einbrüche in der Region der R2-Restaurationen. Abbildung 21 zeigt keinen bis kaum Knochenabbau im gesamten abgebildeten Bereich. Aus den vorhandenen Röntgenbildern ist ersichtlich, dass die meisten Probanden/Probandinnen generalisiert einen Knochenrückgang aufweisen. Teilweise konnte ein fortgeschrittener Alveolarknochenverlust im Restaurationsbereich festgestellt werden. Da der marginale Randschluss bei den

meisten der Restaurationen als suffizient einzustufen ist, besteht die Annahme, dass der Rückgang des Alveolarknochens nicht auf die Restauration zurückzuführen ist, sondern bereits auf die subgingivale kariöse Läsion (und die Reaktion des Alveolarknochens auf die Mikroorganismen), die vor der Versorgung bestand. In diesem Zusammenhang muss darauf hingewiesen werden, dass die Aufnahmen der restaurierten Zähne mit den Abbildungsnummern 16, 18 und 19 bereits am Tag der Restauration angefertigt wurden. Abbildung 16 und 18 zeigen wie oben beschrieben einen rein horizontalen Knochenverlust – ein Knochenrückgang im Restaurationsbereich könnte hier gegebenenfalls erst zu einem späteren Zeitpunkt beobachtet werden. Die Restauration der die Abbildungsnummer 19 zugeordnet ist, zeigt bereits auf dem Röntgenbild vom Tag der Restauration einen vertikalen Knochenrückgang im Restaurationsbereich. Dies untermauert die These, dass das reduzierte Knochenangebot bereits auf die subgingivale kariöse Läsion zurückzuführen ist. Um dies zu stützen, wäre eine Untersuchung vor der Versorgung dieser Defekte nützlich gewesen.

Im Abschnitt „Biologische Parameter“ (Abbildung 23) wurden beim Bewertungskriterium „Karies, Erosion, Abfraktion“ die besten Ergebnisse erzielt. Bei 90,0% der Restaurationen konnte keinerlei kariöse Läsionen, Erosionen oder Frakturen festgestellt werden. Eine Restauration (3,3%) wurde mit „befriedigend“ bewertet. Die Bewertungsoptionen „klinisch nicht akzeptabel“ oder „klinisch schlecht“ wurden bei diesem Parameter nicht vergeben. Zwei Probanden/Probandinnen gaben leichte postoperative Hypersensibilitäten an (Score 2), 24 (80,0%) hatten keinerlei Hypersensibilitäten nach der Versorgung (Score 1). 4 Personen hatten stärkere Beschwerden nach der Restauration (10,0% „befriedigend“, 3,3% „klinisch nicht akzeptabel“). Der am schlechtesten bewertete biologische Parameter war „Parodontale Reaktion“. Nur vier Personen (13,3%) zeigten im Restaurationsbereich keinerlei Entzündungszeichen. 13 Restaurationen (43,3%) wurden in diesem Parameter mit „gut“ bewertet. Ebenfalls 13 (43,3%) der Restaurationen wiesen eine Gingivitis und moderat erhöhte parodontale Taschentiefen auf und wurden deshalb nur als „klinisch akzeptabel“ gewertet.

Die Auswertung der Gesamtkohorte in der gemeinsamen Publikation im Rahmen unserer bizentrischen Studie ergab vergleichbare Ergebnisse für die Parameter „Postoperative Hypersensibilität“ und „Karies, Erosion, Abfraktion“. Beim Parameter „parodontale Reaktion“ fiel das Gesamtergebnis für die Studienpopulation von n=63 mit der Bewertung „befriedigend“ oder schlechter in unter 30% der Fälle besser aus. Grund für die Abweichung könnte eine strengere Beurteilung durch den Untersucher sein. Zudem ist die Beurteilung dieses Parameters anspruchsvoll, da sowohl die lokale Plaqueakkumulation, der Blutungsindex, als auch die Sondierungstiefe mitberücksichtigt werden müssen, was potentiell Unterschiede in der subjektiven Bewertung bei unterschiedlichen Untersuchern hervorbringen kann (Muscholl et al., 2022).

In der Nachuntersuchung von Bresser et al. trat in 99% der Fälle keinerlei postoperative Hypersensibilität auf. Lediglich 0,5% der Probanden/Probandinnen gaben eine leichte Hypersensibilität an, ebenfalls 0,5% gaben eine moderate Empfindlichkeit an. In 95% der Fälle gab es keinen Anhalt auf Sekundärkaries am Restaurationsrand. In 5% der Fälle konnte Sekundärkaries festgestellt werden. Die parodontale Reaktion wurde in 39% der Fälle als „sehr gut“ bewertet, in 50% der Fälle konnte ein Bluten auf Sondieren festgestellt werden (Score „gut“). Bei 11% der untersuchten Restaurationen konnten parodontale Probleme mit Attachmentverlust festgestellt werden (Bresser et al., 2019).

Die bessere Beurteilung des Parameters „Postoperative Hypersensibilität“ bei Bresser et al. könnte die Ursache haben, dass bei unserer Studie viele Zähne durch Studierende versorgt wurden. Aufgrund mangelnder Erfahrung könnte es hier beispielsweise zu fehlerhafter Verarbeitung des Bondingsystems oder falscher Inkrementtechnik gekommen sein. Eine andere Ursache könnte die Verwendung von Kompositen mit relativ hoher Polymerisationsschrumpfung sein, da der „Schrumpfstress“ zu postoperativen Sensibilitäten führen kann (Opdam et al., 1998). Grundsätzlich ist die Bewertung dieses Parameters allerdings patientenabhängig und die Aussagekraft der Ergebnisse vorsichtig zu betrachten. Im Bewertungskriterium „Karies“ sind die Ergebnisse der Studien vergleichbar. Der Parameter „parodontale Reaktion“ wurde bei Bresser et al.

besser bewertet. Grund hierfür könnte die Untersuchung durch 3 unterschiedliche Behandler/innen sein, die die Restaurationen unterschiedlich beurteilt haben, während in der vorliegenden Studie alle Untersuchungen durch eine/n Behandler/in durchgeführt wurden. Bei Bresser et al. wurden 8 Restaurationen als „Failure“ eingestuft, während in der vorliegenden Studie kein Versagen aufgetreten ist. Grund für diese Abweichung könnte eine höhere Fallzahl bei Bresser et al. sein, sowie ein längerer Beobachtungszeitraum.

Bei der aufgeführten Vergleichsstudie können einige Punkte beobachtet werden, die sich von unserer Vorgehensweise in dieser Studie unterscheiden. Bei Bresser et al. wurden, im Gegensatz zur hier vorliegenden Studie, alle Restaurationen durch eine/n Behandler/in durchgeführt. Diese Vorgehensweise ermöglicht, dass eine Beeinträchtigung der Studienergebnisse durch persönliche Präferenzen verschiedener Behandler/innen minimiert wird. Der Nachteil dieser Herangehensweise ist allerdings, dass offen bleibt, ob die gewonnenen Ergebnisse in einem anderen Kontext gültig sind, beispielsweise in der klinischen Routineversorgung. Bei einer Beteiligung vieler Behandler/innen, wie es in dieser Studie der Fall ist, besteht die Gefahr, dass die Verwendung der Daten durch eine mangelnde Standardisierung erschwert wird. Andererseits ermöglicht die Versorgung durch mehrere Behandler/innen mit variabler Erfahrung eine Übertragung der Ergebnisse auf die alltägliche Versorgung. Genauso können diese Erkenntnisse auf die Anzahl der Behandler/innen bei der Nachuntersuchung übertragen werden. Bei Bresser et al. fungierten hier 3 Untersucher/innen, während in der vorliegenden Studie alle Untersuchungen durch einen Behandler durchgeführt wurden. Bresser et al. versuchten bei den Nachuntersuchungen allerdings persönliche Präferenzen zu minimieren, indem eine Kalibrierung aller Untersucher an 10 Personen durchgeführt wurde – solange, bis alle Behandler/innen sich in Bezug auf die Bewertung der klinischen Qualitätsparameter einig waren.

Die Anzahl an Studien, die mit PBE versorgte Restaurationen mittels FDI-Kriterien bewerten, ist äußerst gering. Um Studienergebnisse besser in die

aktuelle Forschung einordnen zu können, sollten mehr Untersuchungen dieser Art erfolgen.

4.3 Schlussfolgerungen

Die Arbeitshypothese dieser Studie geht von gleichartigen parodontalen Verhältnissen zwischen tiefsubgingival restaurierten Zähnen und gesunden Kontrollzähnen aus. Diese Hypothese kann in Bezug auf gingivale Parameter (Gingiva-Index nach Silness/Löe) und den BOP bestätigt werden. Im Hinblick auf ST und CAL erweist sich die Arbeitshypothese nur teilweise als bestätigt. In Bezug auf diese Parameter zeigt die Unterschreitung der biologischen Breite sowohl in der vorliegenden Arbeit mit n=30 Personen, als auch in der gemeinsamen Studie mit dem Universitätsklinikum Heidelberg (n=63), bei manchen Probanden/Probandinnen eine chronische Entzündung, während sie bei anderen, zumindest bei Einordnung in die Gesamtheit des parodontalen Zustandes, folgenlos bleibt. Während bei einigen Probanden/Probandinnen erhöhte Attachmentverluste zu beobachten sind, sind auch Personen zu finden, bei denen entzündungsfreie Zustände, trotz Verletzung der biologischen Breite, vorliegen. Eine Voraussetzung hierfür sind dichte und irritationsfreie Restaurationsränder. Aufgrund der Schwierigkeit diese tiefsubgingivalen Defekte zu versorgen, ist zahnärztliche Erfahrung und ein standardisiertes Verfahren durch den Behandler oder die Behandlerin von Vorteil, um langfristige Erfolge zu erzielen. Es gilt, erschwerende Zustände wie Blutungsmanagement und Einsicht in die Kavität zu überwinden, um suffizient restaurieren zu können und reizlose Zustände zu schaffen. Es sind bereits Studien vorhanden, die zeigen, dass parodontale Gesundheit im Bereich subgingivaler Restaurationen möglich ist. Sowohl die vorliegende Studie, als auch die gemeinsame Publikation mit der Poliklinik für Zahnerhaltungskunde des Universitätsklinikums Heidelberg zeigen ebenfalls Ergebnisse mit weitgehender gingivaler und parodontaler Gesundheit der restaurierten Zähne auf. Trotz erhöhter Attachmentlevel, im Vergleich zu den Referenzzähnen, liegt die durchschnittliche Sondierungstiefe an den Testzähnen in der hier vorliegenden Studie bei 3,2mm. Dieser Wert ist noch als physiologisch einzustufen und das verwendete Restaurationsverfahren somit als erfolgsversprechend. Die statistisch signifikanten Unterschiede bezogen auf ST und CAL widerlegen unsere Arbeitshypothese dennoch nicht vollständig. Vielmehr ist festzuhalten, dass ein Vergleich von Zähnen mit subgingivalen

kariösen Läsionen mit gesunden Kontrollzähnen nicht sinnvoll ist. Grund hierfür sind die durch die tiefen Defekte bereits vor der Restauration bestehenden Attachmentverluste. Ein Vergleich eines restaurierten, parodontal vorbelasteten Zahnes mit einem gesunden Zahn lässt Ergebnisse wie unsere schon im Voraus erwarten.

Es ist ferner nicht außer Acht zu lassen, dass es keine vergleichbaren oder zufriedenstellenden Alternativen zu dem in dieser Studie beschriebenen Restaurationsverfahren gibt. Neben aufwändigen Eingriffen wie chirurgischen Kronenverlängerungen oder kieferorthopädischen Extrusionen, die viel Zeit und hohe Kosten für den/die Patienten/Patientin bedeuten, bleibt als schnelle und günstige Option häufig nur die Extraktion. Es ist medizinisch und ethisch vertretbar einen bis in den subgingivalen Bereich zerstörten Zahn konservierend zu restaurieren und so den Zahnerhalt zu gewährleisten und den Kompromiss gegebenenfalls erhöhter Attachmentverluste einzugehen. Wichtig ist die adäquate Reinigung im Restaurationsbereich damit Gingivitiden verhindert werden. Zur Langlebigkeit dieser Restaurationen sowie zur Entwicklung der parodontalen Zustände über Jahre sind allerdings noch zu wenige Langzeitstudien vorhanden.

5 Zusammenfassung

In der vorliegenden retrospektiven Studie wurde die klinische Qualität von subgingival platzierten Kompositrestaurationen bewertet und der Entzündungsstatus des umliegenden parodontalen Gewebes beurteilt.

Es handelt sich um eine bizenrische Studie, die in Zusammenarbeit mit der Poliklinik für Zahnerhaltungskunde des Universitätsklinikums Heidelberg durchgeführt wurde. Aus den Studienergebnissen beider Standorte ist eine gemeinsame Publikation hervorgegangen, wobei 24 Probanden/Probandinnen vom Standort Tübingen und 39 Personen vom Standort Heidelberg in die Publikation eingeschlossen wurden.

Ein Ziel dieser Studie war es zu untersuchen, ob sich die Hypothese, dass an tiefsubgingival mit der R1- oder R2-Technik restaurierten Zähnen, gleichartige parodontale Verhältnisse im Vergleich zu gesunden Kontrollzähnen bestehen, bestätigt.

Für die hier vorliegende Studie wurden 30 Probanden/Probandinnen mit n=30 subgingivalen, im Kastenelevationsverfahren angefertigten Restaurationen eingeschlossen. Als Referenz wurden Kontrollzähne bestimmt. Eine intraorale Untersuchung mit Erhebung der Sulkussondierungstiefen (ST), des klinischen Attachmentverlustes (CAL) und Erfassung von Blüten auf Sondieren (BOP) wurde durchgeführt. Es wurden Gingiva-Index (Silness/Löe) und Plaque-Index (Quigley-Hein, modifiziert nach Turesky) erhoben. Die Ergebnisse der parodontalen Parameter von Test- und Referenzzähnen wurden deskriptiv gegenübergestellt. Zur Bestimmung der Signifikanz in Bezug auf Unterschiede zwischen Test- und Kontrollzähnen wurden McNemar-Tests, verbundene t-Tests und Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests durchgeführt. Lineare Regressionen wurden durchgeführt, um mögliche Einflüsse auf parodontale Parameter zu evaluieren. Die Qualität der Restaurationen wurde mittels modifizierter FDI-Kriterien bewertet. Qualitätsparameter für die zu untersuchenden Restaurationen wurden deskriptiv dargestellt.

Unter den Studienteilnehmern und Studienteilnehmerinnen lag das mittlere Alter der Restaurationen bei $1,4 \pm 1,2$ Jahren. In Bezug auf Gingivitis, Bluten auf Sondieren oder die lokale Plaqueakkumulation konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen Test- und Referenzzähnen festgestellt werden. Sondierungstiefe sowie der klinische Attachmentverlust waren bei den Testzähnen signifikant erhöht ($p(\text{ST})= 0,003$, $p(\text{CAL})= 0,001$). Es konnte ein signifikanter Einfluss des Raucherstatus auf ST und CAL festgestellt werden.

Die linearen Regressionen ergaben einen signifikant positiven Effekt von Rauchen auf CAL ($p = 0,018$). $\text{CAL}_{\text{lokal}}$ hat einen statistisch signifikant positiven Einfluss auf BOP ($p = 0,039$). Es konnten keine weiteren signifikanten Einflüsse ermittelt werden. Trotzdem konnte ein Nulleffekt des DMFT auf ST, CAL, Plaque-Index und BOP festgestellt werden. Das Alter der Restauration beeinflusst ST und CAL negativ. Je größer der Gingiva-Index für die gesamte Mundhöhle, desto größer die Werte für CAL, ST und BOP. Die Bewertung der Qualitätsparameter zeigte für die restaurierten Zähne gute Ergebnisse.

In der gemeinsamen Publikation mit dem Universitätsklinikum Heidelberg mit einer größeren Studienpopulation von $n=63$ konnten in Bezug auf gingivale, parodontale und Qualitätsparameter ähnliche Ergebnisse erzielt werden.

Durch die weitgehend guten Ergebnisse in Bezug auf klinische Qualität und Entzündungsstatus stellen subgingival platzierte Kompositrestaurationen eine gute Alternative zu aufwändigen chirurgischen oder kieferorthopädischen Eingriffen oder gar Extraktionen dar. Es ist allerdings mit einem erhöhten Attachmentverlust im Restaurationsbereich zu rechnen. Die Arbeitshypothese kann somit nur teilweise bestätigt werden. Während Test- und Kontrollzähne gleichartige Verhältnisse in Bezug auf Gingivitis und das Auftreten eines BOP aufweisen, konnten im Allgemeinen signifikante Unterschiede zwischen Test- und Kontrollzähnen bei ST und CAL festgestellt werden. Zu beachten gilt es jedoch, dass Attachmentverluste an den Testzähnen bereits durch die subgingivale kariöse Läsion – also schon vor der Restauration - bestehen.

6 Literaturverzeichnis

Abdellatif, H., & Burt, B. A. (1987). An epidemiological investigation into the relative importance of age and oral hygiene status as determinants of periodontitis. *Journal of dental research*, 66(1), 13-18.

Ainamo, J., & Bay, I. (1975). Problems and proposals for recording gingivitis and plaque. *Int Dent J*, 25(4), 229-235.

Albandar, J. M., Buischi, Y. A., & Axelsson, P. (1995). Caries lesions and dental restorations as predisposing factors in the progression of periodontal diseases in adolescents. A 3-year longitudinal study. *Journal of periodontology*, 66(4), 249-254.

Armitage, G. C. (1996). Periodontal diseases: diagnosis. *Annals of Periodontology*, 1(1), 37-215.

Arneberg, P., Silness, J., & Nordbø, H. (1980). Marginal fit and cervical extent of class II amalgam restorations related to periodontal condition: a clinical and roentgenological study of overhang elimination. *Journal of periodontal Research*, 15(6), 669-677.

Bayne, S. C., & Schmalz, G. (2005). Reprinting the classic article on USPHS evaluation methods for measuring the clinical research performance of restorative materials. *Clinical oral investigations*, 9(4), 209-214.

Becker, C. M., & Kaldahl, W. B. (2005). Current theories of crown contour, margin placement, and pontic design. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 93(2), 107-115.

Behring, J. (2017). Die chirurgische Kronenverlängerung. *Endodontie*, 26, 399_408.

Bergström, J. (1990). Oral hygiene compliance and gingivitis expression in cigarette smokers. *European Journal of Oral Sciences*, 98(6), 497-503.

Bergström, J., & Boström, L. (2001). Tobacco smoking and periodontal hemorrhagic responsiveness. *Journal of clinical periodontology*, 28(7), 680-685.

- Bergström, J., & Floderus-Myrhed, B. (1983). Co-twin control study of the relationship between smoking and some periodontal disease factors. *Community dentistry and oral epidemiology*, 11(2), 113-116.
- Bergström, J., Persson, L., & Preber, H. (1988). Influence of cigarette smoking on vascular reaction during experimental gingivitis. *European Journal of Oral Sciences*, 96(1), 34-39.
- Bertoldi, C., Monari, E., Cortellini, P., Generali, L., Lucchi, A., Spinato, S., & Zaffe, D. (2020). Clinical and histological reaction of periodontal tissues to subgingival resin composite restorations. *Clinical oral investigations*, 24(2), 1001-1011.
- Bourgeois, D., Bravo, M., Llodra, J.-C., Inquimbert, C., Viennot, S., Dussart, C., & Carrouel, F. (2019). Calibrated interdental brushing for the prevention of periodontal pathogens infection in young adults-a randomized controlled clinical trial. *Scientific reports*, 9(1), 1-13.
- Bresser, R., van de Geer, L., Gerdolle, D., Schepke, U., Cune, M., & Gresnigt, M. (2020). Influence of Deep Margin Elevation and preparation design on the fracture strength of indirectly restored molars. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 110, 103950.
- Bresser, R. A., Gerdolle, D., van den Heijkant, I. A., Sluiter-Pouwels, L. M. A., Cune, M. S., & Gresnigt, M. M. M. (2019). Up to 12 years clinical evaluation of 197 partial indirect restorations with deep margin elevation in the posterior region. *J Dent*, 91, 103227. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2019.103227>
- Brunsvold, M. A., & Lane, J. J. (1990). The prevalence of overhanging dental restorations and their relationship to periodontal disease. *J Clin Periodontol*, 17(2), 67-72. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051x.1990.tb01064.x>
- Burke, F., & Shortall, A. (2001). Successful restoration of load-bearing cavities in posterior teeth with direct-replacement resin-based composite. *Dental update*, 28(8), 388-398.

Chapple, I. L., Van der Weijden, F., Doerfer, C., Herrera, D., Shapira, L., Polak, D., Madianos, P., Louropoulou, A., Machtei, E., & Donos, N. (2015). Primary prevention of periodontitis: managing gingivitis. *Journal of clinical periodontology*, 42, S71-S76.

Cohen, D. (1962). Biologic Width. Lecture. *Reed Army Medical Center, Washington DC*.

Da Silva Gonçalves, D., Cura, M., Ceballos, L., & Fuentes, M. V. (2017). Influence of proximal box elevation on bond strength of composite inlays. *Clin Oral Investig*, 21(1), 247-254. <https://doi.org/10.1007/s00784-016-1782-7>

Danielsen, B., Manji, F., Nagelkerke, N., Fejerskov, O., & Baelum, V. (1990). Effect of cigarette smoking on the transition dynamics in experimental gingivitis. *Journal of clinical periodontology*, 17(3), 159-164.

Dibart, S., Capri, D., Kachouh, I., Van Dyke, T., & Nunn, M. E. (2003). Crown lengthening in mandibular molars: a 5-year retrospective radiographic analysis. *J Periodontol*, 74(6), 815-821. <https://doi.org/10.1902/jop.2003.74.6.815>

Dietrich, T., Bernimoulin, J. P., & Glynn, R. J. (2004). The effect of cigarette smoking on gingival bleeding. *Journal of periodontology*, 75(1), 16-22.

Dietrich, T., Lösche, A. C., Lösche, G. M., & Roulet, J. F. (1999). Marginal adaptation of direct composite and sandwich restorations in Class II cavities with cervical margins in dentine. *J Dent*, 27(2), 119-128. [https://doi.org/10.1016/s0300-5712\(98\)00035-9](https://doi.org/10.1016/s0300-5712(98)00035-9)

Donmez, S. B., Uysal, S., Dolgun, A., & Turgut, M. (2016). Clinical performance of aesthetic restorative materials in primary teeth according to the FDI criteria. *Eur J Paediatr Dent*, 17(3), 202-212.

Eid, M. (1987). Relationship between overhanging amalgam restorations and periodontal disease. *Quintessence international (Berlin, Germany: 1985)*, 18(11), 775-781.

Ercoli, C., Tarnow, D., Poggio, C. E., Tsigarida, A., Ferrari, M., Caton, J. G., & Chochlidakis, K. (2021). The Relationships Between Tooth-Supported Fixed Dental Prostheses and Restorations and the Periodontium. *Journal of Prosthodontics*, 30(4), 305-317.

Farag, A., van der Sanden, W. J., Abdelwahab, H., & Frencken, J. E. (2011). Survival of ART restorations assessed using selected FDI and modified ART restoration criteria. *Clinical oral investigations*, 15(3), 409-415.

Favetti, M., Montagner, A. F., Fontes, S. T., Martins, T. M., Masotti, A. S., dos Santos Jardim, P., Corrêa, F. O. B., Cenci, M. S., & Muniz, F. W. M. G. (2021). Effects of cervical restorations on the periodontal tissues: 5-year follow-up results of a randomized clinical trial. *Journal of dentistry*, 106, 103571.

Federlin, M., Blunck, U., Frankenberger, R., Knüttel, H., Reichl, F., Schweikl, H., Staehle, H.-J., & Hickel, R. (2017). Kompositrestaurationen im Seitenzahnbereich. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift*, 72(1), 75-82.

Felton, D., Kanoy, B., Bayne, S. a., & Wirthman, G. (1991). Effect of in vivo crown margin discrepancies on periodontal health. *The Journal of prosthetic dentistry*, 65(3), 357-364.

Ferrari, M., Koken, S., Grandini, S., Ferrari Cagidiaco, E., Joda, T., & Discepoli, N. (2018). Influence of cervical margin relocation (CMR) on periodontal health: 12-month results of a controlled trial. *J Dent*, 69, 70-76. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2017.10.008>

Flores-de-Jacoby, L., Zafiroopoulos, G. G., & Ciancio, S. (1989). Effect of crown margin location on plaque and periodontal health. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 9(3), 197-205.

Frankenberger, R., Hehn, J., Hajtó, J., Krämer, N., Naumann, M., Koch, A., & Roggendorf, M. J. (2013). Effect of proximal box elevation with resin composite on marginal quality of ceramic inlays in vitro. *Clin Oral Investig*, 17(1), 177-183. <https://doi.org/10.1007/s00784-012-0677-5>

- Frese, C., Wolff, D., & Staehle, H. (2014a). Komplexe Seitenzahnrestaurationen in R1-und R2-Technik. *Der Freie Zahnarzt*, 58(12), 72-80.
- Frese, C., Wolff, D., & Staehle, H.-J. (2014b). Problemlösungen in der restaurativen Zahnheilkunde. *Zahnmedizin up2date*, 8(05), 467-482.
- Frese, C., Wolff, D., & Staehle, H. J. (2014c). Die R2-Technik: zweiphasige direkte Kompositrestauration. *zm-online*, 50-59. (Proximal Box Elevation and the Dogma of Biological Width: Clinical R2-Technique and Critical Review)
- Frese, C., Wolff, D., & Staehle, H. J. (2014d). Proximal box elevation with resin composite and the dogma of biological width: clinical R2-technique and critical review. *Oper Dent*, 39(1), 22-31. <https://doi.org/10.2341/13-052-t>
- Gargiulo, A., Wentz, F., & Orban, B. (1961). Dimensions and relations of the dentogingival junction in humans. *J. Periodontol*, 261-267.
- Gilmore, N., & Sheiham, A. (1971). Overhanging dental restorations and periodontal disease.
- Gonzalez, Y., De Nardin, A., Grossi, S., Machtei, E., Genco, R., & De Nardin, E. (1996). Serum cotinine levels, smoking, and periodontal attachment loss. *Journal of dental research*, 75(2), 796-802.
- Gullo, C., & Powell, R. (1979). The effect of placement of cervical margins of class II amalgam restorations on plaque accumulation and gingival health. *Journal of Oral Rehabilitation*, 6(4), 317-322.
- Gunsolley, J., Quinn, S., Tew, J., Gooss, C., Brooks, C., & Schenkein, H. (1998). The effect of smoking on individuals with minimal periodontal destruction. *Journal of periodontology*, 69(2), 165-170.
- Haber, J. (1994). Smoking is a major risk factor for periodontitis. *Current opinion in periodontology*, 12-18.

Haber, J., Wattles, J., Crowley, M., Mandell, R., Joshipura, K., & Kent, R. L. (1993). Evidence for cigarette smoking as a major risk factor for periodontitis. *Journal of periodontology*, 64(1), 16-23.

Haffajee, A., & Socransky, S. (2001a). Relationship of cigarette smoking to attachment level profiles. *Journal of clinical periodontology*, 28(4), 283-295.

Haffajee, A., & Socransky, S. (2001b). Relationship of cigarette smoking to the subgingival microbiota. *Journal of clinical periodontology*, 28(5), 377-388.

Hahn, S. (2010). *Untersuchung von Parodontitispatienten mit Full-mouth-Scaling und mikrobiologisch orientierter systemischer Antibiotikagabe: Auswirkungen einer Lebenspartnertherapie* Marburg, Univ., Diss., 2010].

Hakkarainen, K., & Ainamo, J. (1980). Influence of overhanging posterior tooth restorations on alveolar bone height in adults. *Journal of clinical periodontology*, 7(2), 114-120.

Hancock, E. B., Mayo, C. V., Schwab, R. R., & Wirthlin, M. R. (1980). Influence of interdental contacts on periodontal status. *J Periodontol*, 51(8), 445-449. <https://doi.org/10.1902/jop.1980.51.8.445>

Hanscho, K. (2014). Kompositrestaurationen im Seitenzahnbereich. *Stomatologie*, 111(7), 303-308.

Hashem, D., Mannocci, F., Patel, S., Manoharan, A., Watson, T. F., & Banerjee, A. (2019). Evaluation of the efficacy of calcium silicate vs. glass ionomer cement indirect pulp capping and restoration assessment criteria: A randomised controlled clinical trial—2-year results. *Clinical oral investigations*, 23(4), 1931-1939.

Hellström, M. K., Ramberg, P., Krok, L., & Lindhe, J. (1996). The effect of supragingival plaque control on the subgingival microflora in human periodontitis. *Journal of clinical periodontology*, 23(10), 934-940.

Hickel, R., Peschke, A., Tyas, M., Mjör, I., Bayne, S., Peters, M., Hiller, K. A., Randall, R., Vanherle, G., & Heintze, S. D. (2010). FDI World Dental Federation:

clinical criteria for the evaluation of direct and indirect restorations-update and clinical examples. *Clin Oral Investig*, 14(4), 349-366.
<https://doi.org/10.1007/s00784-010-0432-8>

Hickel, R., Roulet, J.-F., Bayne, S., Heintze, S. D., Mjör, I. A., Peters, M., Rousson, V., Randall, R., Schmalz, G., & Tyas, M. (2007). Recommendations for conducting controlled clinical studies of dental restorative materials. *Clinical oral investigations*, 11(1), 5-33.

Ilgenstein, I., Zitzmann, N. U., Bühler, J., Wegehaupt, F. J., Attin, T., Weiger, R., & Krastl, G. (2015). Influence of proximal box elevation on the marginal quality and fracture behavior of root-filled molars restored with CAD/CAM ceramic or composite onlays. *Clin Oral Investig*, 19(5), 1021-1028.
<https://doi.org/10.1007/s00784-014-1325-z>

Ingber, J. S., Rose, L. F., & Coslet, J. G. (1977). The "biologic width"--a concept in periodontics and restorative dentistry. *Alpha Omegan*, 70(3), 62-65.

Janda, R., Roulet, J. F., Kaminsky, M., Steffin, G., & Latta, M. (2004). Color stability of resin matrix restorative materials as a function of the method of light activation. *European Journal of Oral Sciences*, 112(3), 280-285.

Janda, R., Roulet, J. F., Latta, M., Steffin, G., & Rüttermann, S. (2005). Color stability of resin-based filling materials after aging when cured with plasma or halogen light. *European Journal of Oral Sciences*, 113(3), 251-257.

Jansson, L., Blomster, S., Forsgårdh, A., Bergman, E., Berglund, E., Foss, L., Reinhardt, E., & Sjöberg, B. (1997). Interactory effect between marginal plaque and subgingival proximal restorations on periodontal pocket depth. *Swedish Dental Journal*, 21(3), 77-83.

Jansson, L., Ehnevid, H., Lindskog, S., & Blomlöf, L. (1994). Proximal restorations and periodontal status. *Journal of clinical periodontology*, 21(9), 577-582.

Jeffcoat, M., & Howell, T. (1980). Alveolar bone destruction due to overhanging amalgam in periodontal disease. *Journal of periodontology*, 51(10), 599-602.

Jorgić-Srdjak, K., Plančak, D., Maričević, T., Dragoo, M. R., & Bošnjak, A. (2000). Periodontal and prosthetic aspect of biological width part I: Violation of biologic width. *Acta stomatologica Croatica: International journal of oral sciences and dental medicine*, 34(2), 189-193.

Juloski, J., Köken, S., & Ferrari, M. (2018). Cervical margin relocation in indirect adhesive restorations: A literature review. *J Prosthodont Res*, 62(3), 273-280. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2017.09.005>

Kaldahl, W. B., Johnson, G. K., Patil, K. D., & Kalkwarf, K. L. (1996). Levels of cigarette consumption and response to periodontal therapy. *Journal of periodontology*, 67(7), 675-681.

Khuller, N., & Sharma, N. (2009). Biologic width: Evaluation and correction of its violation. *J Oral Health Comm Dent*, 3(1), 20-25.

Kielbassa, A. M., & Philipp, F. (2015). Restoring proximal cavities of molars using the proximal box elevation technique: Systematic review and report of a case. *Quintessence Int*, 46(9), 751-764. <https://doi.org/10.3290/j.qi.a34459>

Knoernschild, K. L., & Campbell, S. D. (2000). Periodontal tissue responses after insertion of artificial crowns and fixed partial dentures. *The Journal of prosthetic dentistry*, 84(5), 492-498.

Kuper, N. K., Opdam, N. J., Bronkhorst, E. M., & Huysmans, M. C. (2012). The influence of approximal restoration extension on the development of secondary caries. *J Dent*, 40(3), 241-247. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2011.12.014>

Lang, N. P., Kiel, R. A., & Anderhalden, K. (1983). Clinical and microbiological effects of subgingival restorations with overhanging or clinically perfect margins. *J Clin Periodontol*, 10(6), 563-578. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051x.1983.tb01295.x>

Lanning, S. K., Waldrop, T. C., Gunsolley, J. C., & Maynard, J. G. (2003). Surgical crown lengthening: evaluation of the biological width. *J Periodontol*, *74*(4), 468-474. <https://doi.org/10.1902/jop.2003.74.4.468>

Leon, A. R. (1976). Amalgam restorations and periodontal disease.

Lie, M., Timmerman, M., Van der Velden, U., & Van der Weijden, G. (1998). Evaluation of 2 methods to assess gingival bleeding in smokers and non-smokers in natural and experimental gingivitis. *Journal of clinical periodontology*, *25*(9), 695-700.

Listgarten, M. (1988). The role of dental plaque in gingivitis and periodontitis. *Journal of clinical periodontology*, *15*(8), 485-487.

Listgarten, M. A. (1986). Pathogenesis of periodontitis. *Journal of clinical periodontology*, *13*(5), 418-425.

Löe, H., & Silness, J. (1963). Periodontal disease in pregnancy I. Prevalence and severity. *Acta Odontologica Scandinavica*, *21*(6), 533-551.

Maillet, C., Decup, F., Dantony, E., Iwaz, J., Chevalier, C., Gueyffier, F., Maucort-Boulch, D., Grosogeat, B., & Le Clerc, J. (2022). Selected and simplified FDI criteria for assessment of restorations. *Journal of dentistry*, *122*, 104109.

Makigusa, K. (2009). Histologic comparison of biologic width around teeth versus implant: The effect on bone preservation. *J Implant Reconstr Dent*, *1*(1), 20-24.

Mannerberg, F. (1971). Gingival changes following porcelain crown therapy. *Odontologisk revy*, *22*(2), 156-162.

Marquillier, T., Doméjean, S., Le Clerc, J., Chemla, F., Gritsch, K., Maurin, J. C., Millet, P., Pérard, M., Grosogeat, B., & Dursun, E. (2018). The use of FDI criteria in clinical trials on direct dental restorations: A scoping review. *J Dent*, *68*, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2017.10.007>

Matthews, D. C., & Tabesh, M. (2004). Detection of localized tooth-related factors that predispose to periodontal infections. *Periodontology 2000*, *34*(1), 136-150.

Maynard, J. G., Jr., & Wilson, R. D. (1979). Physiologic dimensions of the periodontium significant to the restorative dentist. *J Periodontol*, 50(4), 170-174. <https://doi.org/10.1902/jop.1979.50.4.170>

McLean, J. W. (1996). Dentinal bonding agents versus glass-ionomer cements. *Quintessence International*, 27(10).

Moimaz, S. A. S., Zina, L. G., Saliba, O., & Garbin, C. A. S. (2009). Smoking and periodontal disease: clinical evidence for an association. *Oral health & preventive dentistry*, 7(4).

Müller, H. P. (1986). The effect of artificial crown margins at the gingival margin on the periodontal conditions in a group of periodontally supervised patients treated with fixed bridges. *J Clin Periodontol*, 13(2), 97-102. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051x.1986.tb01440.x>

Müller, V., Friedl, K. H., Friedl, K., Hahnel, S., Handel, G., & Lang, R. (2017). Influence of proximal box elevation technique on marginal integrity of adhesively luted Cerec inlays. *Clin Oral Investig*, 21(2), 607-612. <https://doi.org/10.1007/s00784-016-1927-8>

Muscholl, C., Zamorska, N., Schoilew, K., Sekundo, C., Meller, C., Büsch, C., Wolff, D., & Frese, C. (2022). Retrospective Clinical Evaluation of Subgingival Composite Resin Restorations with Deep-Margin Elevation. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 24(1), 335-344.

Nevins, M., & Skurow, H. M. (1984). The intracrevicular restorative margin, the biologic width, and the maintenance of the gingival margin. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 4(3), 30-49.

Newcomb, G. M. (1974). The relationship between the location of subgingival crown margins and gingival inflammation. *J Periodontol*, 45(3), 151-154. <https://doi.org/10.1902/jop.1974.45.3.151>

Newman, M. G., Carranza, F. A., Takei, H. H., & Klokkevold, P. R. (2006). *Carranza's clinical periodontology*. Elsevier Brasil.

Nugala, B., Kumar, B. S., Sahitya, S., & Krishna, P. M. (2012). Biologic width and its importance in periodontal and restorative dentistry. *Journal of conservative dentistry: JCD*, 15(1), 12.

Opdam, N., Roeters, F., Feilzer, A., & Verdonschot, E. (1998). Marginal integrity and postoperative sensitivity in Class 2 resin composite restorations in vivo. *Journal of dentistry*, 26(7), 555-562.

Opdam, N. J., Roeters, J. J., de Boer, T., Pesschier, D., & Bronkhorst, E. (2003). Voids and porosities in class I micropreparations filled with various resin composites. *Oper Dent*, 28(1), 9-14.

Orkin, D. A., Reddy, J., & Bradshaw, D. (1987). The relationship of the position of crown margins to gingival health. *J Prosthet Dent*, 57(4), 421-424. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(87\)90006-0](https://doi.org/10.1016/0022-3913(87)90006-0)

Owens, B. M., & Phebus, J. G. (2016). An evidence-based review of dental matrix systems. *Gen Dent*, 64(5), 64-70.

Padbury, A., Jr., Eber, R., & Wang, H. L. (2003). Interactions between the gingiva and the margin of restorations. *J Clin Periodontol*, 30(5), 379-385. <https://doi.org/10.1034/j.1600-051x.2003.01277.x>

Paidi, S., Pack, A., & Thomson, W. (1999). An example of measurement and reporting of periodontal loss of attachment (LOA) in epidemiological studies: smoking and periodontal tissue destruction. *The New Zealand Dental Journal*, 95(422), 118-123.

Paniz, G., Nart, J., Gobbato, L., Chierico, A., Lops, D., & Michalakis, K. (2016). Periodontal response to two different subgingival restorative margin designs: a 12-month randomized clinical trial. *Clin Oral Investig*, 20(6), 1243-1252. <https://doi.org/10.1007/s00784-015-1616-z>

Pihlstrom, B. L., Michalowicz, B. S., & Johnson, N. W. (2005). Periodontal diseases. *The lancet*, 366(9499), 1809-1820.

Preber, H., & Bergström, J. (1985). Occurrence of gingival bleeding in smoker and non-smoker patients. *Acta Odontologica Scandinavica*, 43(5), 315-320.

Reis, A. F., Giannini, M., Lovadino, J. R., & Ambrosano, G. M. (2003). Effects of various finishing systems on the surface roughness and staining susceptibility of packable composite resins. *Dental Materials*, 19(1), 12-18.

Restorative Dentistry. Monthly Poll: What is the most challenging part of a Class II Restoration? (2012). *DentalTown*.

Ripperger, J., & Wolff, D. (2020). Matrizensysteme heute—aktueller Stand zur Herstellung physiologischer Approximalflächen. *ZWR-Das Deutsche Zahnärzteblatt*, 129(12), 592-612.

Roggendorf, M. J., Krämer, N., Dippold, C., Vosen, V. E., Naumann, M., Jablonski-Momeni, A., & Frankenberger, R. (2012). Effect of proximal box elevation with resin composite on marginal quality of resin composite inlays in vitro. *J Dent*, 40(12), 1068-1073. <https://doi.org/10.1016/j.ident.2012.08.019>

Ryge, G. (1980). Clinical criteria. *International dental journal*, 30(4), 347-358.

Rzanny, A., Göbel, R., & Küpper, H. (2009). Verblendkunststoffe—ästhetische und zahntechnische Herausforderung. *Quintessenz Zahntech*, 35(12), 1598-1615.

Schätzle, M., Land, N. P., Anerud, A., Boysen, H., Bürgin, W., & Loe, H. (2001). The influence of margins of restorations on the periodontal tissues over 26 years. *J Clin Periodontol*, 28(1), 57-64. <https://doi.org/10.1034/j.1600-051x.2001.280109.x>

Schätzle, M., Loe, H., Bürgin, W., Ånerud, Å., Boysen, H., & Lang, N. P. (2003). Clinical course of chronic periodontitis: I. Role of gingivitis. *Journal of clinical periodontology*, 30(10), 887-901.

Schmidt, J. C., Sahrman, P., Weiger, R., Schmidlin, P. R., & Walter, C. (2013). Biologic width dimensions--a systematic review. *J Clin Periodontol*, 40(5), 493-504. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12078>

Shimazaki, Y., Saito, T., Kiyohara, Y., Kato, I., Kubo, M., Iida, M., & Yamashita, Y. (2006). The influence of current and former smoking on gingival bleeding: the Hisayama study. *Journal of periodontology*, 77(8), 1430-1435.

Silness, J., & Røynstokand, T. (1984). Effects on dental health of spacing of teeth in anterior segments. *Journal of clinical periodontology*, 11(6), 387-398.

Sivertson, J. F., & Burgett, F. G. (1976). Probing of pockets related to the attachment level. *J Periodontol*, 47(5), 281-286.
<https://doi.org/10.1902/jop.1976.47.5.281>

Socransky, S., Haffajee, A., Cugini, M., Smith, C., & Kent Jr, R. (1998). Microbial complexes in subgingival plaque. *Journal of clinical periodontology*, 25(2), 134-144.

Spreafico, R., Marchesi, G., Turco, G., Frassetto, A., Di Lenarda, R., Mazzoni, A., Cadenaro, M., & Breschi, L. (2016). Evaluation of the In Vitro Effects of Cervical Marginal Relocation Using Composite Resins on the Marginal Quality of CAD/CAM Crowns. *J Adhes Dent*, 18(4), 355-362.
<https://doi.org/10.3290/j.jad.a36514>

Staehle, H. J., Frese, C., & Wolff, D. (2014). Die zweiphasige direkte Kompositrestauration (R2-Technik). *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift*, 182-191.
<https://doi.org/10.3238/dzz.2014.0182-0191>

Staehle, H. J., Wohlrab, T., Saure, D., Wolff, D., & Frese, C. (2015). A 6.5-year clinical follow-up of direct resin composite buildups in the posterior dentition: Introduction of a new minimally invasive restorative method. *J Dent*, 43(10), 1211-1217. <https://doi.org/10.1016/j.ident.2015.07.007>

Tomar, S. L., & Asma, S. (2000). Smoking-attributable periodontitis in the United States: findings from NHANES III. *Journal of periodontology*, 71(5), 743-751.

Turesky, S. (1970). Reduced plaque formation by the chloromethyl analogue of vitamin C. *J Periodontol*, 41, 41-43.

Vacek, J. S., Gher, M. E., Assad, D. A., Richardson, A. C., & Giambarresi, L. I. (1994). The dimensions of the human dentogingival junction. *Int J Periodontics Restorative Dent*, *14*(2), 154-165.

Valderhaug, J., Ellingsen, J., & Jokstad, A. (1993). Oral hygiene, periodontal conditions and carious lesions in patients treated with dental bridges: a 15-year clinical and radiographic follow-up study. *Journal of clinical periodontology*, *20*(7), 482-489.

van der Vyver, P. J. (2002). Posterior composite resin restorations. Part 3. Matrix systems. *Sadj*, *57*(6), 221-226.

Van der Weijden, G., De Slegte, C., Timmerman, M., & Van der Velden, U. (2001). Periodontitis in smokers and non-smokers: intra-oral distribution of pockets: A retrospective study. *Journal of clinical periodontology*, *28*(10), 955-960.

Veneziani, M. (2010). Adhesive restorations in the posterior area with subgingival cervical margins: new classification and differentiated treatment approach. *Eur J Esthet Dent*, *5*(1), 50-76.

Vertolli, T. J., Martinsen, B., Hanson, C., Howard, R., Kooistra, S., & Ye, L. (2020). Effect of deep margin elevation on CAD/CAM-fabricated ceramic inlays. *Operative dentistry*, *45*(6), 608-617.

Waerhaug, J. (1978). Healing of the Dento-Epithelial Junction Following Subgingival Plaque Control: II: As Observed on Extracted Teeth. *Journal of periodontology*, *49*(3), 119-134.

Wang, H. L., Burgett, F. G., & Shyr, Y. (1993). The relationship between restoration and furcation involvement on molar teeth. *Journal of periodontology*, *64*(4), 302-305.

Willershausen, B., Köttgen, C., & Ernst, C. (2001). The influence of restorative materials on marginal gingiva. *European Journal of Medical Research*, *6*(10), 433-439.

Wirsching, E., Loomans, B. A., Klaiber, B., & Dörfer, C. E. (2011). Influence of matrix systems on proximal contact tightness of 2- and 3-surface posterior composite restorations in vivo. *J Dent*, 39(5), 386-390. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2011.03.001>

Wolff, D., Staehle, H.-J., & Frese, C. (2015a). Management schwieriger Behandlungssituationen in der Restaurativen Zahnheilkunde. *Deutscher Zahnärzte Kalender*, 17-33.

Wolff, D., Staehle, H.-J., & Frese, C. (2015b). Zahnerhalt bei fundamentalen Defekten.

Zaruba, M., Göhring, T. N., Wegehaupt, F. J., & Attin, T. (2013). Influence of a proximal margin elevation technique on marginal adaptation of ceramic inlays. *Acta Odontol Scand*, 71(2), 317-324. <https://doi.org/10.3109/00016357.2012.680905>

7 Anhang

7.1 Vergleich einzelner Parodontitis-Parameter (restaurierte Zähne versus Referenzzähne)

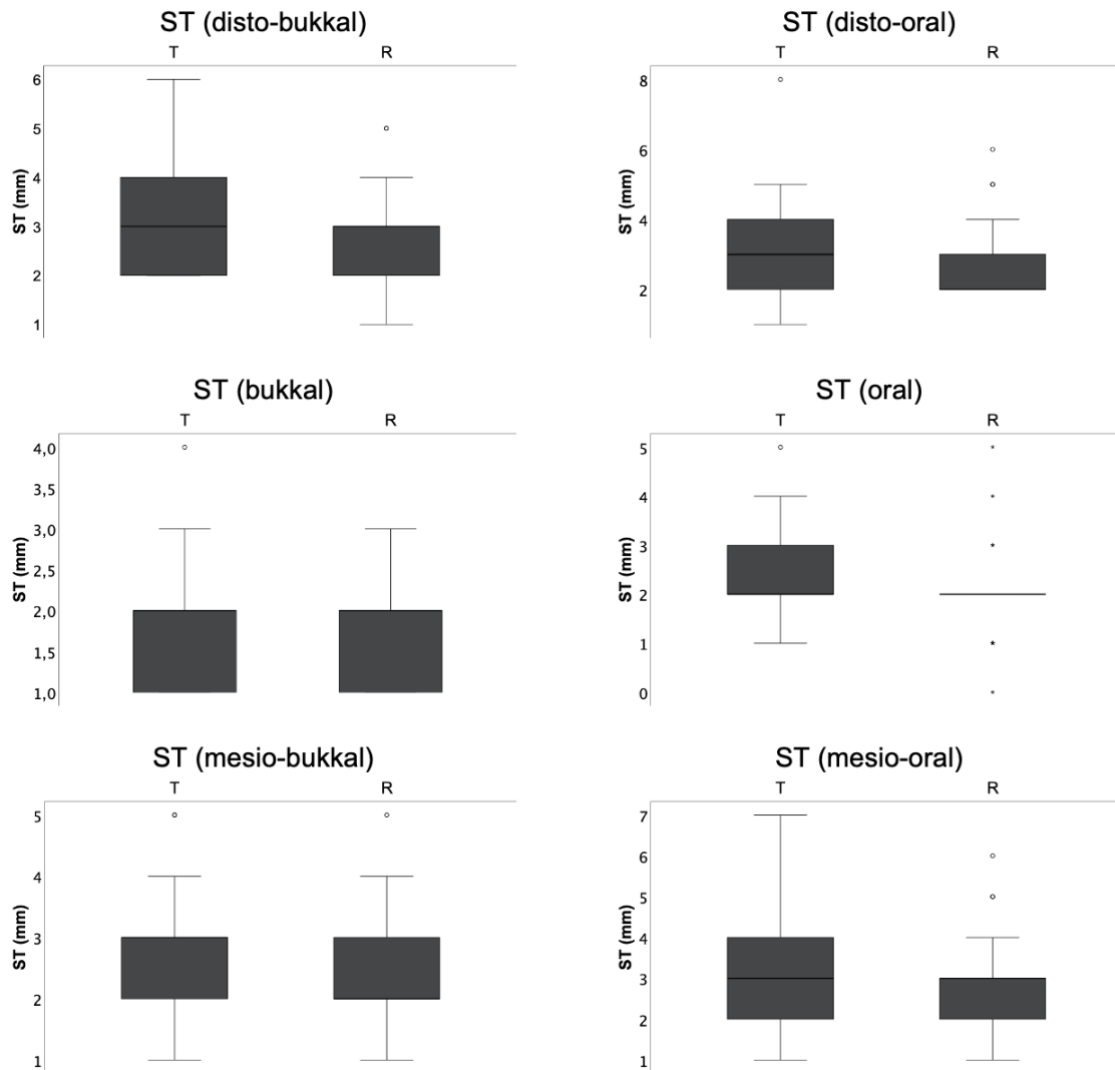


Abbildung 24: Boxplots für ST (in mm) zu allen sechs Messwerten pro Zahn (restaurierte Zähne und Referenzzähne) | T=Testzahn, R=Referenzzahn

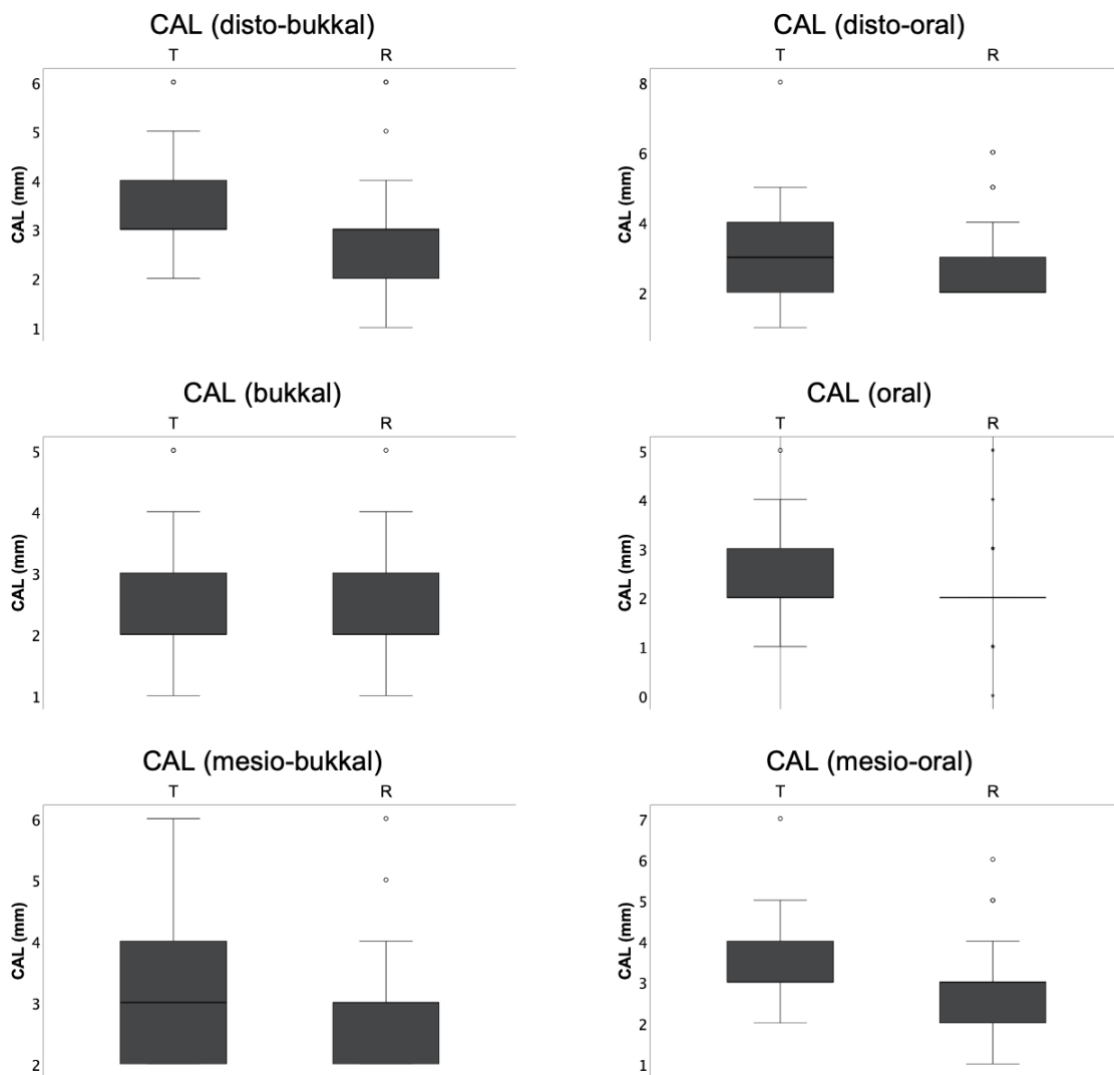


Abbildung 25: Boxplots für CAL in mm zu allen sechs Messwerten pro Zahn (restaurierte Zähne und Referenzzähne) | T=Testzahn, R=Referenzzahn

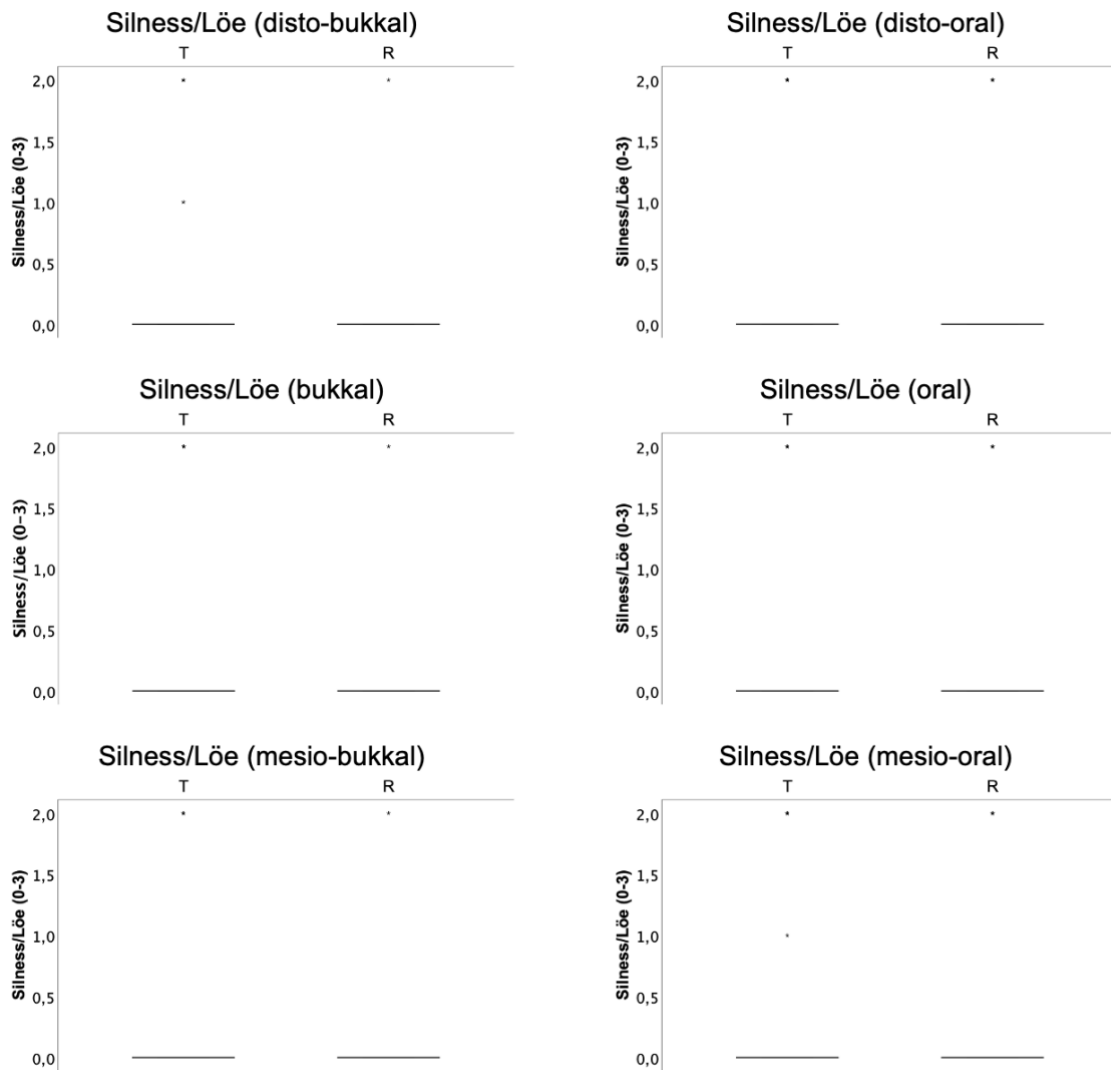


Abbildung 26: Boxplots für den Gingiva-Index (Silness/Löe) zu allen sechs Messwerten pro Zahn (restaurierte Zähne versus Referenzzähne) | T=Testzahn, R=Referenzzahn

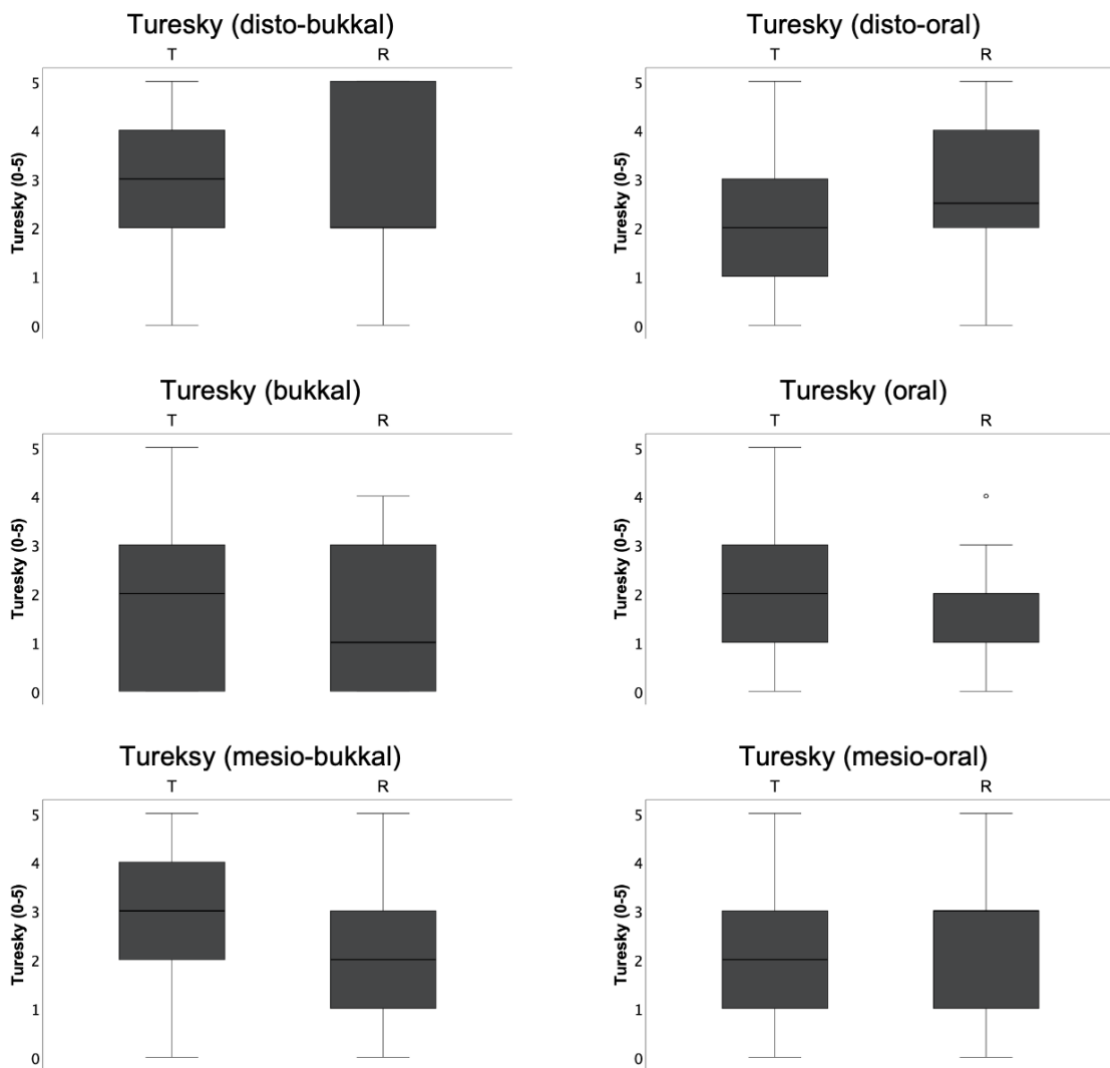


Abbildung 27: Boxplots für den Plaque-Index (Quigley-Hein-Index, modifiziert nach Turesky) zu allen sechs Messwerten pro Zahn (restaurierte Zähne versus Referenzzähne) | T=Testzahn, R=Referenzzahn

Tabelle 19: Deskriptive Auflistung der statistischen Kennwerte für ST (in mm) zu allen sechs Messwerten pro Zahn

		Testzahn	Kontrollzahn
	N (%)	30 (100,0%)	30 (100,0%)
disto-bukkal	n.a. (%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Mittelwert (SD)	3,1 (1,09)	2,73 (1,08)
	Median	3,00	3,00
	Q1, Q3	2,00, 4,00	2,00, 3,00
	Min, max	2, 6	1, 5
bukkal	n.a. (%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Mittelwert (SD)	1,70 (0,702)	1,63 (0,615)
	Median	2,00	2,00
	Q1, Q3	1,00, 2,00	1,00, 2,00
	Min, max	1, 4	1, 3
Mesio-bukkal	n.a. (%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Mittelwert (SD)	2,90 (0,960)	2,57 (0,858)
	Median	3,00	2,00
	Q1, Q3	2,00, 3,25	2,00, 3,00
	Min, max	2, 6	2, 6
Mesio-oral	n.a. (%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Mittelwert (SD)	3,20 (1,157)	2,87 (1,106)
	Median	3,00	3,00
	Q1, Q3	2,00, 4,00	2,00, 3,00
	Min, max	1, 7	1, 6
oral	n.a. (%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Mittelwert (SD)	2,23 (0,858)	2,00 (0,910)
	Median	2,00	2,00
	Q1, Q3	2,00, 3,00	2,00, 2,00
	Min, max	1, 5	0, 5
Disto-oral	n.a. (%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Mittelwert (SD)	3,00 (1,365)	2,77 (1,104)
	Median	3,00	2,00
	Q1, Q3	2,00, 4,00	2,00, 3,00
	Min, max	1, 8	2, 6

Tabelle 20: Deskriptive Auflistung der statistischen Kennwerte für CAL (in mm) zu allen sechs Messwerten pro Zahn

		Testzahn	Kontrollzahn
	N (%)	30 (100,0%)	30 (100,0%)
disto-bukkal	n.a. (%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Mittelwert (SD)	3,37 (1,129)	2,93 (1,230)
	Median	3,00	3,00
	Q1, Q3	2,75, 4,00	2,00, 3,00
	Min, max	2, 6	1, 6
bukkal	n.a. (%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Mittelwert (SD)	2,60 (1,102)	2,33 (1,093)
	Median	2,00	2,00
	Q1, Q3	2,00, 3,00	1,75, 3,00
	Min, max	1, 5	1, 5
Mesio-bukkal	n.a. (%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Mittelwert (SD)	3,23 (1,040)	2,80 (0,961)
	Median	3,00	3,00
	Q1, Q3	2,00, 4,00	2,00, 3,00
	Min, max	2, 6	2, 6
Mesio-oral	n.a. (%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Mittelwert (SD)	3,27 (1,081)	2,93 (1,081)
	Median	3,00	3,00
	Q1, Q3	2,75, 4,00	2,00, 3,00
	Min, max	2, 7	1, 6
oral	n.a. (%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Mittelwert (SD)	2,43 (0,898)	2,23 (1,040)
	Median	2,00	2,00
	Q1, Q3	2,00, 3,00	2,00, 2,25
	Min, max	1, 5	0, 5
Disto-oral	n.a. (%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Mittelwert (SD)	3,17 (1,315)	2,90 (1,242)
	Median	3,00	2,00
	Q1, Q3	2,00, 4,00	2,00, 3,25
	Min, max	1, 8	2, 6


Tabelle 21: Deskriptive Auflistung der statistischen Kennwerte für den Gingiva-Index (Silness/Löe) zu allen sechs Messwerten pro Zahn

		Testzahn	Kontrollzahn
	N (%)	30 (100,0%)	30 (100,0%)
disto-bukkal	n.a. (%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Mittelwert (SD)	0,37 (0,765)	0,07 (0,365)
	Median	0,00	0,00
	Q1, Q3	0,00, 0,00	0,00, 0,00
	Min, max	0, 2	0, 2
bukkal	n.a. (%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Mittelwert (SD)	0,27 (0,691)	0,07 (0,365)
	Median	0,00	0,00
	Q1, Q3	0,00, 0,00	0,00, 0,00
	Min, max	0, 2	0, 2
Mesio-bukkal	n.a. (%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Mittelwert (SD)	0,20 (0,610)	0,07 (0,365)
	Median	0,00	0,00
	Q1, Q3	0,00, 0,00	0,00, 0,00
	Min, max	0, 2	0, 2
Mesio-oral	n.a. (%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Mittelwert (SD)	0,37 (0,765)	0,40 (0,814)
	Median	0,00	0,00
	Q1, Q3	0,00, 0,00	0,00, 0,00
	Min, max	0, 2	0, 2
oral	n.a. (%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Mittelwert (SD)	0,27 (0,691)	0,47 (0,860)
	Median	0,00	0,00
	Q1, Q3	0,00, 0,00	0,00, 0,00
	Min, max	0, 2	0, 2
Disto-oral	n.a. (%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Mittelwert (SD)	0,40 (0,814)	0,47 (0,860)
	Median	0,00	0,00
	Q1, Q3	0,00, 0,00	0,00, 0,50
	Min, max	0, 2	0, 2

Tabelle 22: Deskriptive Auflistung der statistischen Kennwerte für den Plaque-Index (Quigley-Hein-Index, modifiziert nach Turesky) zu allen sechs Messwerten pro Zahn

		Testzahn	Kontrollzahn
	N (%)	30 (100,0%)	30 (100,0%)
disto-bukkal	n.a. (%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Mittelwert (SD)	2,90 (1,539)	2,67 (1,709)
	Median	3,00	2,00
	Q1, Q3	2,00, 4,00	2,00, 5,00
	Min, max	0, 5	0, 5
bukkal	n.a. (%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Mittelwert (SD)	1,63 (1,497)	1,30 (1,418)
	Median	2,00	1,00
	Q1, Q3	0,00, 3,00	0,00, 3,00
	Min, max	0, 5	0, 4
Mesio-bukkal	n.a. (%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Mittelwert (SD)	2,90 (1,561)	2,27 (1,760)
	Median	3,00	2,00
	Q1, Q3	2,00, 4,00	1,00, 3,25
	Min, max	0, 5	0, 5
Mesio-oral	n.a. (%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Mittelwert (SD)	2,20 (1,669)	2,47 (1,358)
	Median	2,00	3,00
	Q1, Q3	1,00, 3,25	1,00, 3,00
	Min, max	0, 5	0, 5
oral	n.a. (%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Mittelwert (SD)	1,77 (1,357)	1,77 (1,165)
	Median	2,00	2,00
	Q1, Q3	0,75, 3,00	1,00, 2,25
	Min, max	0, 5	0, 4
Disto-oral	n.a. (%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Mittelwert (SD)	2,20 (1,424)	2,70 (1,418)
	Median	2,00	2,50
	Q1, Q3	1,00, 3,00	2,00, 4,00
	Min, max	0, 5	0, 5

7.2 Patienteninformation



**Universitätsklinikum
Tübingen**

**Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und
Kieferheilkunde**

Poliklinik für Zahnerhaltung
Ärztliche Direktorin: Prof. Dr. D. Wolff
Osianderstr. 2-8
72076 Tübingen
Sekretariat
Tel. 07071 29-8 21 57
Fax 07071 29-56 56

Patienteninformation

**Nachuntersuchung zur klinischen Qualität von tief subgingi-
valen Restaurationen in vivo**

Sehr geehrte Patientin/Dame, sehr geehrter Patient/Herr,
mit diesem Schreiben laden wir Sie ein, an der oben genannten Studie teil-
zunehmen. Bitte lesen Sie sich die folgenden Informationen sorgfältig
durch. Sie können dann entscheiden, ob Sie teilnehmen möchten oder nicht.
Lassen Sie sich ausreichend Zeit und stellen Sie den Studienmitarbeitern
alle Fragen, die für Sie wichtig sind. Die Studie wird finanziert durch die
Poliklinik für Zahnerhaltungskunde.

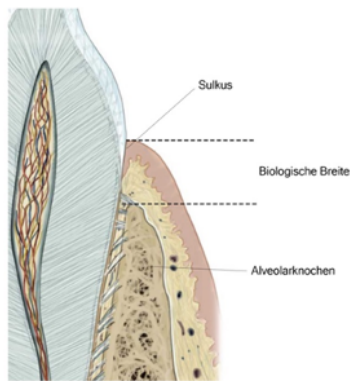
Bei Fragen können Sie sich an die Studienleiterin Frau Prof. Dr. med. dent.
D. Wolff unter der Telefonnummer 07071 29-821 57 wenden.

Welches Ziel verfolgt die Studie?

Sie haben im Rahmen Ihrer zahnärztlichen Behandlung in der Poliklinik für
Zahnerhaltungskunde eine tief unter dem Zahnfleisch liegende Versorgung
(Restauration) erhalten, eine sogenannte tief subgingivale Kompositrestauration.
In solchen Fällen liegen die Ränder der Kompositrestauration in unmittelbarer
Nachbarschaft zum Kieferknochen. Um chronische Entzündungen zu vermeiden,
sollen die Ränder von zahnärztlichen Restaurationen idealerweise einen
beschriebenen Mindestabstand von ca. 3 mm zum Knochen haben (sog. „Biologische
Breite“ dargestellt in Abb.1). Ist dies nicht der Fall, müssen oft umfangreiche
Vorbehandlungen, wie z.B. kleinere chirurgische Eingriffe, vorgenommen werden.
Um dies zu vermeiden, wurde bei Ihrer Behandlung eine neuartige Behandlungstechnik
angewendet, mit deren Hilfe es möglich ist, tief subgingivale Defekte
minimalinvasiv zu restaurieren und trotz Unterschreitung der Biologischen
Breite entzündungsfreie Verhältnisse herzustellen. Im Rahmen dieser Studie
möchten wir die klinische Qualität der Kompositrestaurationen sowie deren
Einfluss auf den Zahnhalteapparat nachuntersuchen.

Seite 1 von 4

Abbildung 28: Patienteninformation (Seite 1)



Gilroy, Atlas of Anatomy, 1st ed., Abb. 36.13 B, Illustrator: Karl Wesker, ©2017 Thieme Medical Publishers, Inc. All Rights Reserved.

Abbildung 1: Darstellung der Biologischen Breite an einem Zahn. Restaurationsränder sollten idealerweise den hier dargestellten Bereich der Biologischen Breite nicht tangieren.

Wie ist der Ablauf der Studie?

Die zahnärztliche Untersuchung und Erhebung der Daten wird im Rahmen der jährlichen Kontrolluntersuchung (Bei Kassenpatienten mit Eintragung ins Bonusheft) durchgeführt. Hierbei werden Ihre Zähne und Ihr Zahnfleisch gründlich untersucht. Im Rahmen einer routinemäßigen Kontrolle wird der Zahnstatus erhoben. Darüber hinaus wird das Zahnfleisch untersucht, um Entzündungszustände feststellen zu können. Hierbei werden die Tiefen der Zahnfleischtaschen gemessen und es werden eventuell auftretende Blutungen dokumentiert.

Wie ist der zeitliche Aufwand?

Der Zeitaufwand beträgt für die Untersuchung ca. 60 Minuten.

Habe ich einen persönlichen Nutzen?

Die Teilnahme an der Studie hat für Sie, außer einer zahnärztlichen Routinekontrolle (mit Stempel im Bonusheft), keinen zusätzlichen persönlichen Nutzen oder therapeutische Wirkung. Sollten wir jedoch bei Ihrer Untersuchung eine Erkrankung in der Mundhöhle feststellen, so werden wir Sie darüber aufklären und entsprechende Therapiemöglichkeiten anbieten.

Welche Risiken sind mit der Teilnahme verbunden?

Durch die Untersuchung entstehen keine Schäden oder Verletzungen an Zähnen und Zahnfleisch.

Informationen zum Datenschutz

Allgemein:

Die ärztliche Schweigepflicht und datenschutzrechtliche Bestimmungen werden eingehalten. Während der Studie werden medizinische Befunde und persönliche Informationen von Ihnen erhoben und in der Prüfstelle in Ihrer persönlichen Akte niedergeschrieben oder elektronisch gespeichert. Die für die Studie wichtigen Daten werden zusätzlich in pseudonymisierter¹ Form gespeichert, ausgewertet und gegebenenfalls an andere Universitäten/Kliniken etc. zu Forschungszwecken weitergegeben. Die Daten sind gegen unbefugten Zugriff gesichert. Zutritt haben nur befugte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, sowie auf das Berufs- und Datengeheimnis verpflichtete Doktorandinnen und Doktoranden. Zur Überprüfung der korrekten Übertragung der Behandlungsdaten aus Ihrer Krankenakte in die verschlüsselte Studiendatenbank dürfen bevollmächtigte Personen Einblick in die persönlichen Krankheitsdaten nehmen, die mit der Studie im Zusammenhang stehen.

Der Verantwortliche für die studienbedingte Erhebung personenbezogener Daten ist:

Prof. Dr. med. dent. Diana Wolff

Poliklinik für Zahnerhaltungskunde, Universitätsklinikum Tübingen

Osianderstraße 2-8, 72076 Tübingen

Tel.: 07071 / 29-82157 oder E-mail: diana.wolff@med.uni-tuebingen.de

Bei Anliegen zur Datenverarbeitung und zur Einhaltung der datenschutzrechtlichen Anforderungen können Sie sich an folgenden Datenschutzbeauftragten der Einrichtung wenden:

Datenschutzbeauftragter Universitätsklinikum Tübingen

Martin Schurer

Geissweg 3

72076 Tübingen

Tel.: 07071 29-87667

E-Mail: dsb@med.uni-tuebingen.de

Im Falle einer rechtswidrigen Datenverarbeitung haben Sie das Recht, sich bei folgender Aufsichtsbehörde zu beschweren:

Der Landesbeauftragte für den Datenschutz und die Informationsfreiheit Baden- Württemberg

Postfach 10 29 32, 70025 Stuttgart

Königstraße 10a, 70173 Stuttgart

Tel.: 0711/61 55 41 – 0

Fax: 0711/61 55 41 – 15

E-Mail: poststelle@lfdi.bwl.de

Internet: <http://www.baden-wuerttemberg.datenschutz.de>

Sie haben das Recht eine kostenlose Kopie der vorliegenden Unterlagen zu erhalten.

Freiwilligkeit / Rücktritt

Die Teilnahme an der Studie erfolgt freiwillig. Falls Sie teilnehmen möchten, bitten wir Sie, die beiliegende Einwilligungserklärung zu unterschreiben. Sie können diese Einwilligung jederzeit schriftlich oder mündlich ohne Angabe von Gründen widerrufen, ohne dass Ihnen dadurch Nachteile entstehen. Wenn Sie Ihre Einwilligung widerrufen möchten, wenden Sie sich bitte an die Studienleitung oder das Sie behandelnde Personal. Bei einem Widerruf können Sie entscheiden, ob die von Ihnen studienbedingt erhobenen Daten gelöscht werden sollen oder weiterhin für die Zwecke der Studie verwendet werden dürfen. Auch wenn Sie einer weiteren Verwendung zunächst zustimmen, können Sie nachträglich Ihre Meinung noch ändern und die Löschung der Daten / Vernichtung der Proben verlangen; wenden Sie sich dafür bitte ebenfalls an die Studienleitung oder das Sie behandelnde Personal. Beachten Sie, dass Daten, die bereits in wissenschaftliche Auswertungen eingeflossen sind oder Daten / Proben / Aufnahmen, die bereits anonymisiert wurden, nicht mehr auf Ihren Wunsch gelöscht / vernichtet werden können.

Entstehen mir durch die Teilnahme Kosten? / Erhalte ich eine Aufwandsentschädigung?

Die Studienteilnahme ist für Sie kostenlos. Als kleine Entschädigung für Ihren Aufwand erhalten Sie eine kostenfreie Prophylaxemaßnahme (Reinigung der Zähne).

Weitere Informationen

Für weitere Informationen sowie für Auskünfte über allgemeine Ergebnisse und den Ausgang der Studie steht Ihnen als Leiterin der Studie Frau Prof. Dr. med. dent. D. Wolff (Telefon: 07071 29-82157, Email: diana.wolff@med.uni-tuebingen.de) zur Verfügung.

Ethische und gesetzliche Grundlagen

Der Prüfplan und die Einverständniserklärung wurden vor Studienbeginn einer unabhängigen Ethikkommission zur Begutachtung vorgelegt.

WIR DANKEN IHNEN HERZLICH FÜR IHRE MITARBEIT!

Seite 3 von 4

Abbildung 30: Patienteninformation (Seite 3)


¹Pseudonymisiert bedeutet, dass ein Nummern- und/oder Buchstabencode verwendet wird, ggf. in Kombination mit dem Geburtsjahr (nicht jedoch mit dem vollständigen Geburtsdatum!). Eine nachträgliche Zuordnung der Daten zu einer bestimmten Person ist mit Hilfe einer Art "Schlüssel", der in der Regel in der Studienzentrale verwaltet wird, möglich.

Die Forschungsergebnisse aus der Studie werden in anonymisierter Form in Fachzeitschriften oder in wissenschaftlichen Datenbanken veröffentlicht. Bei der Veröffentlichung der Forschungsergebnisse wird Ihre Identität nicht bekannt. Eine Entschlüsselung erfolgt nur bei Rücktritt von der Studie zum Zweck der Datenvernichtung. Sobald es nach dem Forschungszweck möglich ist, werden die personenbezogenen Daten anonymisiert². Die während der Studie erhobenen Daten werden nach Studienabschluss 10 Jahre aufbewahrt. Die von Ihnen erhobenen Daten werden ausschließlich für Studienzwecke verwendet. Alle Daten werden vom Studienteam in einem abgeschlossenen Bereich gemäß den „Vorschlägen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“, Empfehlung 7 der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für zehn Jahre aufbewahrt. Sie haben das Recht, die Datenverwendung bezüglich künftiger Forschungszwecke in der Einwilligungserklärung einzuschränken (siehe Einwilligungserklärung) sowie vom Verantwortlichen (s.u.) Auskunft über die von Ihnen gespeicherten personenbezogenen Daten zu verlangen. Ebenfalls können Sie die Berichtigung unzutreffender Daten sowie die Löschung der Daten oder Einschränkung deren Verarbeitung verlangen.

²Anonymisieren ist das Verändern personenbezogener Daten in der Weise, dass daraus sich ergebende Informationen über persönliche und sachliche Verhältnisse nicht mehr oder nur mit einem unverhältnismäßig großen Aufwand an Zeit, Kosten und Arbeitskraft einer bestimmten oder bestimmbaren natürlichen Person zugeordnet werden können.

Abbildung 31: Patienteninformation (Seite 4)

7.3 Einverständniserklärung



Universitätsklinikum
Tübingen

Einverständniserklärung

**Nachuntersuchung zur klinischen Qualität von tief subgingivalen
Restorationen in vivo**

Einwilligung

(Name, Vorname)

zur Teilnahme an der klinischen Untersuchung.

Ich habe die Informationsschrift gelesen und wurde zudem mündlich durch Herrn/Frau _____ über das Ziel und den Ablauf der Studie sowie über die Risiken ausführlich und verständlich aufgeklärt. Im Rahmen des Aufklärungsgesprächs hatte ich die Gelegenheit, Fragen zu stellen. Alle meine Fragen wurden zu meiner Zufriedenheit beantwortet. Ich stimme der Teilnahme an der Studie freiwillig zu. Für meine Entscheidung hatte ich ausreichend Zeit. Bei Fragen oder Problemen kann ich mich jederzeit an die Studienverantwortliche unter den oben genannten Kontaktdaten wenden. Ein Exemplar der Informationsschrift und der Einwilligungserklärung habe ich erhalten.

Datenschutz

Mir ist bekannt, dass bei dieser Studie personenbezogene Daten verarbeitet werden sollen. Die Verarbeitung der Daten erfolgt nach gesetzlichen Bestimmungen und setzt gemäß Art. 6 Abs. 1 lit. a der Datenschutz-Grundverordnung folgende Einwilligungserklärung voraus: Ich wurde darüber aufgeklärt und stimme freiwillig zu, dass meine in der Studie erhobenen Daten, insbesondere Angaben über meine Gesundheit¹, zu den in der Informationsschrift beschriebenen Zwecken in pseudonymisierter Form aufgezeichnet, ausgewertet und ggf. auch in pseudonymisierter Form² an Universitäten/Kliniken etc. weitergegeben werden können. Dritte erhalten keinen Einblick in personenbezogene Unterlagen. Bei der Veröffentlichung von Ergebnissen der Studie wird mein Name ebenfalls nicht genannt. Die personenbezogenen Daten werden anonymisiert, sobald dies nach dem Forschungszweck möglich ist. Die Daten werden nach Studienabschluss 10 Jahre aufbewahrt. Mir ist bekannt, dass diese Einwilligung jederzeit schriftlich oder mündlich ohne Angabe von Gründen widerrufen werden kann, ohne dass mir dadurch Nachteile entstehen. Die Rechtmäßigkeit, der bis zum Widerruf erfolgten Datenverarbeitung wird davon nicht berührt. In diesem Fall kann ich entscheiden, ob die von mir erhobenen Daten gelöscht werden sollen oder weiterhin für die Zwecke der Studie verwendet werden dürfen.

1

Abbildung 32: Einverständniserklärung (Seite 1)



Ich möchte die Verwendung meiner Daten für andere/künftige Forschungszwecke wie folgt eingrenzen:

.....

Aufklärende Person

Der Patient/Proband wurde von mir im Rahmen eines Gesprächs über das Ziel und den Ablauf der Studie sowie über die Risiken aufgeklärt. Ein Exemplar der Informationsschrift und der Einwilligungserklärung habe ich dem Patienten/Probanden ausgehändigt.

Ort, Datum

Name, Vorname der aufklärenden
Person (in Druckbuchstaben)

Unterschrift der aufklärenden Person

Name, Vorname / Unterschrift des Studienteilnehmers

¹Gemäß Art. 9 Abs. 1 DSGVO handelt es sich bei Gesundheitsdaten um personenbezogene Daten besonderer Kategorie in deren Verarbeitung der Studienteilnehmer ausdrücklich einwilligen muss. Gleiches gilt für Daten, aus denen die rassische und ethnische Herkunft, politische Meinungen, religiöse oder weltanschauliche Überzeugungen oder die Gewerkschaftszugehörigkeit hervorgehen, sowie für die Verarbeitung von genetischen Daten, biometrischen Daten zur eindeutigen Identifizierung

² ***Pseudonymisierung** bedeutet, dass ein Nummern- und/oder Buchstabencode verwendet wird, ggf. in Kombination mit dem Geburtsjahr (nicht jedoch mit dem vollständigen Geburtsdatum). Eine nachträgliche Zuordnung der Daten zu einer bestimmten Person ist mit Hilfe einer Art „Schlüssel“, der in der Regel in der Studienzentrale verwaltet wird, möglich.

Abbildung 33: Einverständniserklärung (Seite 2)

7.4 Studienbogen

Probanden-Nr.:	Datum der Untersuchung:
Initialen:	
ALLGEMEINMEDIZINISCHE ANAMNESE	
Daten zur Person	
Geburtsdatum: _____ M <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/>	
Erkrankungen:	
	JA NEIN
Herzerkrankung, Herzklappenerkrankung	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Blutdruckerkrankung	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Blutgerinnungsstörung	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Infektionserkrankung (HIV, Hepatitis, Tuberkulose)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Asthma	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Rheuma	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Epilepsie	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Diabetes mellitus	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Nierenerkrankung	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Osteoporose	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Medikamente:	
Allergien:	
_____	_____
Unterschrift	Datum

Abbildung 34: CRF (Seite 1)

Probanden-Nr.:	Datum der Untersuchung:
Initialen:	

EINGANGSFORMULAR

	JA	NEIN
Einverständniserklärung unterzeichnet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
≥ 18 Jahre alt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
einwilligungsfähig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mindestens eine subgingivale Kompositrestauration gemäß R1- oder R2-Verfahren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In der Lage eine normale häusliche Mundhygiene durchzuführen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Keine stark vernachlässigte Mundhygiene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Keine Schwangerschaft oder Stillzeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Keine bekannten Allergien gegen Testprodukte (z.B. Färbelösung für Plaque)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Keine gesundheitliche Einschränkung, die eine antibiotische Abschirmung vor Zahnarztbehandlungen notwendig macht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Proband eignet sich für die Teilnahme an der Studie (Alle Aussagen müssen mit "Ja" beantwortet sein)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

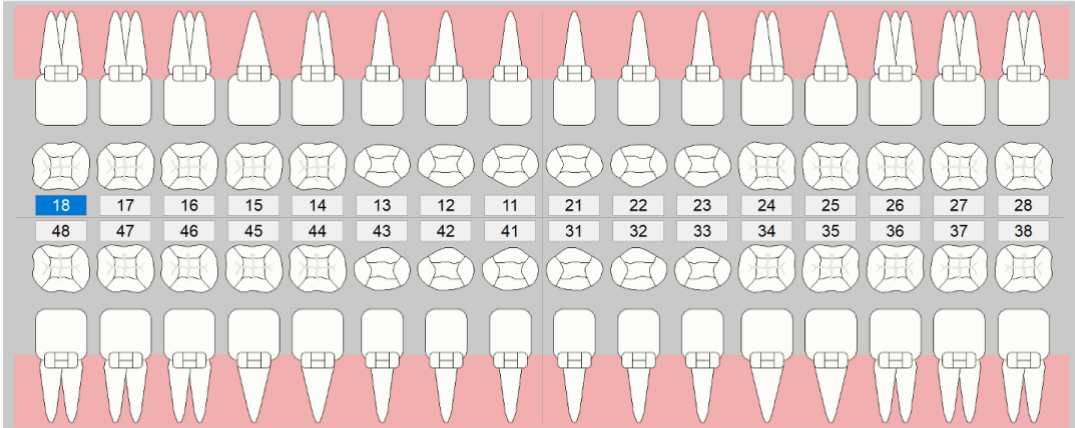
Unterschrift Untersucher

Datum

Abbildung 35: CRF (Seite 2)

Probanden-Nr.:	Initialen:	Datum:
-----------------------	-------------------	---------------

INTRAORALE INSPEKTION															
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



The dental chart displays 16 teeth in each quadrant. The top row shows lingual views, the middle row shows occlusal views, and the bottom row shows buccal views. The teeth are numbered 18-28 in the upper right quadrant and 48-38 in the lower right quadrant. The number 18 is highlighted in blue.

Unterschrift Untersucher	Datum
--------------------------	-------

Abbildung 36: CRF (Seite 3)

Probanden-Nr.:	Initialen:	Datum:
-----------------------	-------------------	---------------

USPHS-KRITERIEN R1/R2 RESTAURATION			
---	--	--	--

Zahnangabe : _____

Nr.	Kriterium	Beschreibung	Bewertung
1	Oberflächenglanz		
2	Oberflächenverfärbung		
3	Farbstabilität und Transluzenz		
4	Anatomische Form/Kontaktpunkt		
5	Fraktur und Retention		
6	Marginale Adaptation		
7	Verschleiß		

Abbildung 37: CRF (Seite 4)

Probanden-Nr.:	Initialen:	Datum:
-----------------------	-------------------	---------------

Nr.	Kriterium	Beschreibung	Bewertung
8	Patienteneindruck : Kaukomfort		
9	Postoperative Hypersensibilität		
10	Karies, Erosion, Abfraktion		
11	Parodontale Reaktion		

Failure

Failure

Datum Failure : _____ Art : _____

Reparatur

Unterschrift Untersucher
Datum

Abbildung 38: CRF (Seite 5)

Probanden-Nr.:	Initialen:	Datum:
-----------------------	-------------------	---------------

GINGIVA INDEX (LÖE & SILNESS)

OBERKIEFER

BUKKAL													
17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27
D_B_M	D_B_M	D_B_M	D_B_M	D_B_M	D_B_M	D_B_M	M_B_D	M_B_D	M_B_D	M_B_D	M_B_D	M_B_D	M_B_D

PALATINAL													
17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27
D_P_M	D_P_M	D_P_M	D_P_M	D_P_M	D_P_M	D_P_M	M_P_D	M_P_D	M_P_D	M_P_D	M_P_D	M_P_D	M_P_D

UNTERKIEFER

BUKKAL													
47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37
D_B_M	D_B_M	D_B_M	D_B_M	D_B_M	D_B_M	D_B_M	M_B_D	M_B_D	M_B_D	M_B_D	M_B_D	M_B_D	M_B_D

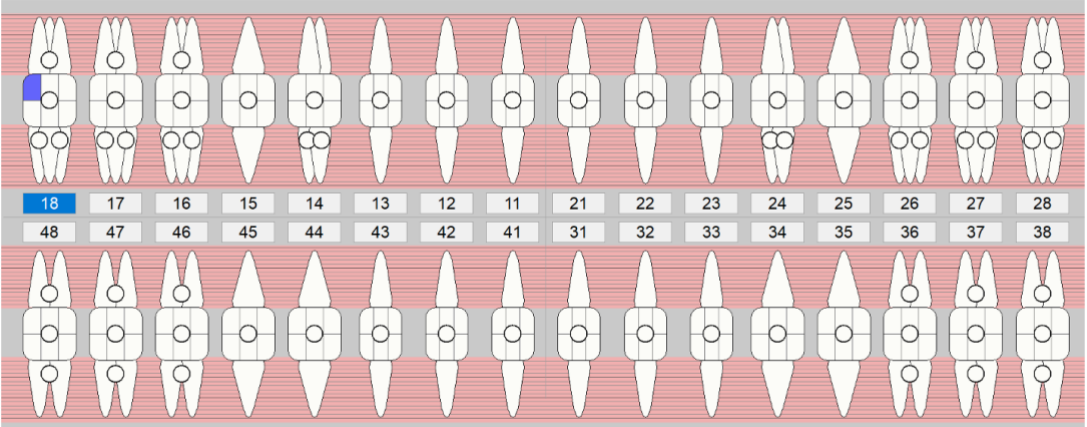
LINGUAL													
47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37
D_L_M	D_L_M	D_L_M	D_L_M	D_L_M	D_L_M	D_L_M	M_L_D	M_L_D	M_L_D	M_L_D	M_L_D	M_L_D	M_L_D

Unterschrift Untersucher
Datum

Abbildung 39: CRF (Seite 6)

Probanden-Nr.:	Initialen:	Datum:
----------------	------------	--------

SONDIERUNGSTIEFEN, ATTACHMENTLEVEL, BOP



_____ Datum _____
 Unterschrift Untersucher

Abbildung 40: CRF (Seite 7)

Probanden-Nr.:	Initialen:	Datum:
----------------	------------	--------

PLAQUE INDEX (TURESKY)

OBERKIEFER													
BUKKAL													
17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27
D_B_M	D_B_M	D_B_M	D_B_M	D_B_M	D_B_M	D_B_M	M_B_D	M_B_D	M_B_D	M_B_D	M_B_D	M_B_D	M_B_D
PALATINAL													
17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27
D_P_M	D_P_M	D_P_M	D_P_M	D_P_M	D_P_M	D_P_M	M_P_D	M_P_D	M_P_D	M_P_D	M_P_D	M_P_D	M_P_D

UNTERKIEFER													
BUKKAL													
47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37
D_B_M	D_B_M	D_B_M	D_B_M	D_B_M	D_B_M	D_B_M	M_B_D	M_B_D	M_B_D	M_B_D	M_B_D	M_B_D	M_B_D
LINGUAL													
47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37
D_L_M	D_L_M	D_L_M	D_L_M	D_L_M	D_L_M	D_L_M	M_L_D	M_L_D	M_L_D	M_L_D	M_L_D	M_L_D	M_L_D

_____ Datum _____
 Unterschrift Untersucher

Abbildung 41: CRF (Seite 8)

Probanden-Nr.: Initialen:	Datum der Untersuchung:
--	--------------------------------

RÖNTGEN

Röntgenbild vorhanden : Ja Nein

Datum Anfertigung :

Befund :

_____ Unterschrift Untersucher	_____ Datum
-----------------------------------	----------------

Abbildung 42: CRF (Seite 9)

Probanden-Nr.:	Datum der Untersuchung:
Initialen:	
ABSCHLUSSFORMULAR	
Kommentar zur Untersuchung :	
Zähne poliert : Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Sonstiges : _____	
Der Proband hat eine Kopie der Patienteninformation und der Einverständniserklärung erhalten.	
Ja <input type="checkbox"/> Keine Kopie gewünscht <input type="checkbox"/>	
_____ Unterschrift Untersucher	_____ Datum

Abbildung 43: CRF (Seite 10)

Probandenformular

Nachuntersuchung von tief subgingivalen Kompositrestaurationen *in vivo*

Probanden-Nr.: Initialen:	Datum der Untersuchung:
--	--------------------------------

Zahn mit R1/R2 Restauration:

Herstellungsdatum:
Herstellungsort (Stud-Kurs/Assi):

Kompositmaterial:
Adhäsivsystem:
R1/R2:

Versagen: Ja Nein Datum: Art:
Reparatur:

Röntgenbild vorhanden: Ja Nein Art:
Datum Anfertigung:
Befund:

Abbildung 44: Probandenformular

7.5 FDI-Kriterien

Ästhetische Eigenschaften

KATEGORIE KLINISCHER SCORE	Oberflächenglanz	Oberflächen- verfärbung	Farbstabilität und Transluzenz	Anatomische Form/ Kontaktpunkt
1 Klinisch exzellent/ Sehr gut	Vergleichbar mit Schmelz	Weder Restaurationsrand, noch Oberfläche verfärbt	Gute passende Farbe, keine Abweichung in der Transluzenz	Ideale Form
2 Klinisch gut	(1) Leicht matt, unauffällig bei Sprechabstand (2) isolierte Poren	Leichte Oberflächen-/oder Randverfärbung, leicht entfernbar durch Politur	Geringe Abweichung	(1) Form weicht leicht ab (2) Kontakt etwas zu stark
3 Klinisch suffizient/ befriedigend	(1) Matte Oberfläche, aber akzeptabel, wenn mit Speichel bedeckt (2) Poren auf mehr als 1/3 der Oberfläche	Moderate Oberflächen-/oder Randverfärbung, ästhetisch noch akzeptabel	Deutliche Abweichung, aber akzeptabel; beeinflusst nicht die Ästhetik (1) Opaquer (2) Transluzenter (3) Dunkler (4) Heller	(1) Formabweichung von der Norm, aber ästhetisch akzeptabel (2) Zu schwacher Kontakt
4 Klinisch nicht akzeptabel/reparierbar	(1) Raue Oberfläche, Politur allein nicht ausreichend, Intervention notwendig (2) Lufteinschlüsse	Inakzeptable Verfärbungen, umfangreiche Intervention zur Korrektur notwendig	Lokalisierte klinische Abweichung, korrigierbar (zu opak, zu transluzent, zu dunkel, zu hell)	(1) Beeinträchtigte Form, inakzeptable Ästhetik, Korrektur notwendig (2) Deutlich zu schwacher Kontaktpunkt (foodimpacts)
5 Klinisch schlecht/ Muss ersetzt werden	Sehr rau, inakzeptable plaqueretentive Oberfläche	Starke Oberflächenverfärbung und/oder tiefe Verfärbung (generalisiert oder lokalisiert, nicht durch Intervention zugänglich)	Inakzeptabel, Austausch notwendig	(1) Form ist unbefriedigend und/oder verloren, Reparatur nicht möglich (2) Kontakt viel zu schwach/ nicht vorhanden

Abbildung 45: FDI-Kriterien (Ästhetische Eigenschaften)

Funktionelle Eigenschaften

KATEGORIE KLINISCHER SCORE	Fraktur/Retention	Marginale Adaptation	Verschleiß	Patienteneindruck: Kaukomfort
1 Klinisch exzellent/ Sehr gut	Keine Frakturen/Risse	Harmonisches Aussehen, kein Spalt, keine Verfärbung	Physiologischer Verschleiß, vergleichbar mit Schmelz	Vollständig zufrieden mit Ästhetik und Funktion
2 Klinisch gut	Kleine Haarrisse	(1) Minimaler Spalt ($< 150 \mu\text{m}$) tastbar, Randverfärbung (2) Kleine marginale Fraktur, durch Politur zu beseitigen (3) Geringe Furchen, minimale Unregelmäßigkeiten	Normal, etwas mehr als im Schmelz	Zufrieden, evtl. leichte Rauigkeit
3 Klinisch suffizient/ befriedigend	Mehrere größere Haarrisse und/oder Materialfraktur, den Kontaktpunkt oder Restaurationsrand nicht beeinflussend	(1) Randspalt $< 250\mu\text{m}$ sondierbar, nicht entfernbar (2) Mehrere kleine marginale Frakturen; (3) Größere Unregelmäßigkeiten, Stufen	Wesentlich mehr Verschleiß als im Schmelz, klinisch noch befriedigend	Moderate Kritikpunkte, ästhetische Probleme, moderater Verlust des Kaukomforts
4 Klinisch nicht akzeptabel/reparier bar	(1) Fraktur/Chipping, die den Kontaktpunkt oder Restaurationsrand betrifft (1) Massive Frakturen mit Verlust von weniger als der halben Restauration	(1) Randspalt ($> 250 \mu\text{m}$) sondierbar oder Dentin liegt frei (2) Starke marginale Frakturen (3) Größere Unregelmäßigkeiten oder Stufen (Reparatur erforderlich)	Überschreitet wesentlich den Verschleiß von Schmelz oder okklusale Kontaktpunkte sind nicht mehr vorhanden	Wunsch nach Verbesserung, Ästhetik/Funktion
5 Klinisch schlecht/ Muss ersetzt werden	Füllungsverlust (partiell oder vollständig) oder multiple Frakturen	(1) Restauration ist locker, aber in situ (2) Generalisierte große Spalten oder generalisierte Unregelmäßigkeiten	Klinisch inakzeptabler Verschleiß	Sehr unzufrieden; ggf. Schmerzen

Abbildung 46: FDI-Kriterien (Funktionelle Eigenschaften)

Biologische Eigenschaften

KATEGORIE KLINISCHER SCORE	Postoperative Hypersensibilitäten	Karies/Erosion/Abfraktion	Parodontale Reaktion
1 Klinisch exzellent/ Sehr gut	Keine	Keine Primär-/ oder Sekundärkaries	Keine Plaque, keine Entzündung, keine erhöhten Taschentiefen
2 Klinisch gut	Leichte Hypersensibilität für einen begrenzten Zeitraum	Kleine lokalisierte (1) Demineralisation (2) Erosion (3) Abfraktion	Wenig Plaque, keine Gingivitis, keine erhöhten Taschentiefen
3 Klinisch suffizient/ befriedigend	Mäßige Hypersensibilität	Größere Areale von (1) Demineralisation (2) Erosion (3) Abfraktion Dentin nicht exponiert, nur präventive Maßnahmen notwendig	Akzeptable Plaqueakkumulation, akzeptabler GBI, vertretbar erhöhte parodontale Taschentiefe
4 Klinisch nicht akzeptabel/reparierbar	Starke Hypersensibilität; Intervention, aber kein Austausch notwendig	(1) Kavitierte Karies (2) Erosion im Dentin (3) Abrasion/Abfraktion im Dentin, reparierbar	Nicht akzeptable Plaqueakkumulation, nicht akzeptabler GBI, erhöhte parodontale Taschentiefe
5 Klinisch schlecht/ Muss ersetzt werden	Akute Pulpitis oder devitaler Zahn; endodontische Behandlung und Austausch notwendig	Tiefe Karies oder exponiertes Dentin; keine Reparatur möglich	Schwere akute Gingivitis oder Parodontitis

Abbildung 47: FDI-Kriterien (Biologische Eigenschaften)

8 Erklärung zum Eigenanteil

Die vorliegende Arbeit wurde in der Abteilung Poliklinik für Zahnerhaltung des Universitätsklinikums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Tübingen in Betreuung von Prof. Dr. Diana Wolff durchgeführt.

Die Fragestellung sowie das Studiendesign erfolgte durch Prof. Dr. Diana Wolff in Zusammenarbeit mit der Poliklinik für Zahnerhaltung am Universitätsklinikum Heidelberg.

Der Ethikantrag (Ethik-Kommission der Medizinischen Fakultät der Eberhard-Karls-Universität Tübingen) wurde durch Prof. Dr. Diana Wolff und mich, unter Berücksichtigung des Ethikantrages für eine ähnliche Studie am Universitätsklinikum Heidelberg, erstellt.

Die Rekrutierung der Studienteilnehmer/innen (Aktendurchsicht) wurde eigenständig durch mich durchgeführt.

Die standardisierte klinische Untersuchung aller Probanden und Probandinnen erfolgte eigenständig durch mich.

Die Datensatzübertragung in Microsoft Excel wurde eigenständig durch mich durchgeführt.

Die statistische Auswertung erfolgte nach einmaliger statistischer Beratung durch Dr. Gunnar Blumenstock und meinen Bruder, Pascal Zamorski, selbstständig durch mich.

Ich versichere, das vorliegende Manuskript selbstständig verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Tübingen, den 01.11.22

Nadja Zamorska

9 Veröffentlichungen

Muscholl, Clara; Zamorska, Nadja; Schoilew, Kyrill; Sekundo, Caroline; Meller, Christian; Büsch, Christopher; Wolff, Diana; Frese, Cornelia: „Retrospective Clinical Evaluation of Subgingival Composite Resin Restorations with Deep-Margin Elevation”, The Journal of Adhesive Dentistry 24 (1), 335-344, 2022

10 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt meiner Doktormutter Prof. Dr. Diana Wolff, die für mich, trotz Standortwechsel, stets erreichbar war und mich auf dem gesamten Weg vom Ethikantrag bis zur fertigen Disseration begleitet und unterstützt hat.

Meinem Betreuer Herrn Prof. Dr. Christian Meller möchte ich danken für seine guten Ratschläge und die Unterstützung, vor allem im Bereich Probandenrekrutierung.

Ich danke allen Beteiligten aus der Abteilung Poliklinik für Zahnerhaltung für Ihren Einsatz im organisatorischen Bereich, der die Probandenuntersuchung, trotz schwieriger Umstände aufgrund der Corona-Pandemie, ermöglicht hat.

Herrn Dr. Gunnar Blumenstock aus dem Institut für Biometrie möchte ich für seine gute Beratung danken.

Ich danke meinen Freunden für alle Zusprüche und Ermutigungen.

Meinem Freund Wenny danke ich von Herzen für die mentale und fachliche Unterstützung vom ersten Studiensemester bis heute.

Mein großer Dank gilt meinen Eltern, die mir das Studium ermöglicht und mich auf diesem Weg begleitet haben.

Vor allem danke ich meinem Bruder, Pascal. Danke für die Motivation, zahlreiche wertvolle Tipps und die statistische Expertise.