

Eignung von Dual-Arch-Abformlöffeln zur Herstellung von Einzelzahnrestorationen

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
des Fachbereiches Humanmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von Thomas Wingendorf
aus Kirchen

Gießen 2002

Eignung von Dual-Arch-Abformlöffeln zur Herstellung von Einzelzahnrestorationen

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
des Fachbereiches Humanmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von Thomas Wingendorf
aus Kirchen

Gießen 2002

Aus dem Medizinischen Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Abteilung Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik

Leiter: Prof. Dr. P. Ferger

des Universitätsklinikums Gießen

Gutachter: Prof. Dr. Wöstmann

Gutachter: Prof. Dr. Oehmke

Tag der Disputation: 18. November 2002

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINFÜHRUNG.....	1
2. ZIEL DER UNTERSUCHUNG.....	4
3. LITERATURÜBERSICHT.....	5
3.1. Abformlöffel	5
3.1.1. Serienlöffel.....	5
3.1.2. Individuelle Löffel.....	6
3.1.3. Dual-Arch-Abformträger.....	7
3.2. Abformmaterialien	9
3.2.1. Allgemeines.....	9
3.2.2. Polyvinylosiloxane.....	10
3.2.3. Polyether.....	10
3.3. Abformtechniken	11
3.3.1. Vorbemerkung.....	11
3.3.2. Doppelmischtechnik.....	11
3.3.3. Einphasenabformung.....	12
3.3.4. Korrekturabformung.....	12
3.4. Modellwerkstoffe	13
3.5. Methoden zur Untersuchung des Dimensionsverhaltens von Abformungen	14
4. MATERIAL UND METHODEN.....	17
4.1. Getestete Abformmaterialien	17
4.2. Das Urmodell	18
4.3. Verwendete Löffel	22
4.3.1. Triple-Tray-Abformträger.....	22
4.3.2. Schreinemakers-Löffel.....	23
4.4. Verwendete Adhäsive	24
4.5. Abformmethoden	24
4.6. Versuchsdurchführung	25
4.6.1. Vorbemerkung.....	25

4.6.2. Durchführung der Abformung mit Hilfe des Triple-Tray-Löffels am Urmodell.....	26
4.7. Modellherstellung.....	27
4.8. Vermessen der Modelle.....	29
4.8.1. Einbringen der Modelle in einen Justiersockel.....	29
4.8.2. Vermessen mit Hilfe des Messmakroskops.....	31
4.9. Darstellung der Ergebnisse.....	35
4.9.1. Die einzelnen Messstrecken.....	35
4.9.2. Die Boxplots.....	37
4.10. Bestimmung der Shore-Härte der verwendeten Abformmaterialien...	38
4.10.1. Herstellen der Prüfkörper.....	38
4.10.2. Messmethodik (Shore A, DIN 53505).....	38
4.11. Überprüfung der okklusalen Relation nach Abformung mit Triple- Tray-Löffeln am Patienten.....	39
4.11.1. Vorbemerkung.....	39
4.11.2. Durchführung der Abformung am Patienten.....	39
4.11.3. Modellherstellung der Patientenabformungen.....	40
4.11.4. Anfertigung der Kunststoffbiss Schlüssel.....	40
4.11.5. Visuelle Überprüfung der okklusalen Relation am Patienten.....	41
4.12. Darstellung der Ergebnisse nach Überprüfung der okklusalen Relation.....	42
4.12.1. Die okklusale Relation.....	42
5. ERGEBNISSE.....	43
5.1. Messstrecken.....	43
5.1.1. Prämolare-Teilkronenpräparation.....	43
5.1.2. 1. Molar-Inlaypräparation.....	45
5.1.3. 2. Molar-Kronenpräparation.....	47
5.2. Shore-Härten der verwendeten Abformmaterialien.....	49
5.3. Okklusale Relation.....	50
6. DISKUSSION.....	51
6.1. Versuchsreihe 1.....	52
6.2. Versuchsreihe 2.....	55
6.3. Schlussfolgerungen.....	56

7. ZUSAMMENFASSUNG.....	57
8. LITERATURVERZEICHNIS.....	59
9. ANHANG.....	68
9.1. Abweichungen ausgewählter Strecken der einzelnen Modelle vom Urmodell in %.....	68
LEBENS LAUF.....	78
DANKSAGUNG.....	79

1. Einführung

Von der Präparation bis zum fertig eingegliederten Zahnersatz haben eine große Anzahl von verschiedenen Faktoren erheblichen Einfluss auf das Endergebnis der Restauration.

Die Auswahl eines geeigneten Abformlöffels ist für die Qualität und Dimensionstreu des resultierenden Modells und damit für die Präzision der Restauration mit ausschlaggebend. Nach heutigen Erkenntnissen müssen eine Reihe von Anforderungen an den Abformlöffel gestellt werden, damit das Abformergebnis verwertbare Resultate liefert. Diese Anforderungen sind:

- **Formstabilität an der Luft und im feuchtem Milieu**
- **Feuchtigkeitsresistenz**
- **Starrheit, d.h. hohes Elastizitätsmodul**
- **intensive und dauerhafte Haftung des Abformmaterials am Löffel**
- **leichte Handhabung während des Abformvorgangs**

Die Wahl des Abformlöffels richtet sich erst einmal nach dem vorhandenen Zahnbestand des jeweiligen Patienten, d.h. ist ein Patient voll bezahnt, teilbezahnt bzw. zahnlos.

Zu den o.g. Situationen bietet die Dentalindustrie unterschiedliche Arten von Löffeln an, die sich in Größe und Abmessungen unterscheiden, um den jeweiligen Anforderungen gerecht zu werden. Dabei sind mehrere Arten von Löffeln zu unterscheiden:

- a) **Serienlöffel**
- b) **Individuelle Löffel**
- c) **Löffel des Dual-Arch-Systems**

Serienlöffel und individuelle Löffel sind in der Zahnmedizin universell einsetzbar. Das soll bedeuten, dass man diese Arten von Löffeln verwenden kann, um beschliffene Zähne für die Kronen- und Brückentechnik abzuformen, aber z.B. auch in der Totalprothetik, um unbezahnte Kiefer abzuformen. Die Löffel des Dual-Arch-Systems hingegen sind partielle Löffel, die ausschließlich

dazu verwendet werden können, um präparierte Stümpfe von Einzelkronen und kleineren Brücken abzuformen.

Die Meinungen über die Verwendung von partiellen Abformlöffeln sind in der Literatur geteilt. Es gibt Autoren, die diese Art der Abformung eines Kiefers zur Modellherstellung von Einzelkronen bzw. kleinen Brücken befürworten, andere sind der Meinung, dass immer eine Abformung des gesamten Kiefers mit vollständigem Zahnbogen nötig sei, egal ob es sich um eine Einzelkrone oder um eine mehrgliedrige Arbeit handelt [1, 21, 51].

Neben der Auswahl eines der Situation angemessenen Löffels, ist das Abformmaterial und die Abformtechnik von großer Bedeutung. Zusätzlich gibt es zahlreiche, klinisch relevante Faktoren, die neben den bereits erwähnten für die Qualität der Abformung und die anschließende Modellherstellung von Wichtigkeit sind. Die Auswahl eines geeigneten Abformlöffels ist also nur einer von vielen Faktoren, die es bei der Abformung mit anschließender Modellherstellung zu beachten gibt. Sorgfältiges Arbeiten ist deshalb bei allen Arbeitsschritten unabdingbar, da kleinste Nachlässigkeiten in dieser Verkettung von Faktoren zu Beeinträchtigungen des Gesamtergebnisses führen [32]. Die Dentalindustrie versuchte durch die Entwicklung von Kunststoff-Einmallöffel, z.B. Hekomed-Löffel, eine kostengünstige Alternative zu den herkömmlichen, wiederverwendbaren Löffeln anzubieten. Diese haben sich allerdings in Bezug auf definitive zahnärztliche Restaurationen in der Praxis nicht bewährt. Die größere Verformbarkeit der Kunststofflöffel führt während der Abformung zu einer Ausweitung, die sich nach Entnahme der Abformung zurückstellt und das Volumen einengt [47].

Eine neuere Entwicklung in diesem Bereich der Abformlöffel wird durch das Dual-Arch-System dargestellt. Diese Abformlöffel ermöglichen die gleichzeitige Abformung von bezahnten Ober- und Unterkiefer zweier gegenüberliegender Quadranten. Um eine solche Abformung erfolgreich durchführen zu können, befindet sich ein feines Netz, welches von Kunststoff bzw. Metall umgeben ist, im Abformlöffel. Bei Abformung am Patienten muss dieser maximal interkuspidieren [17, 50, 54]. Da bei diesem Abformverfahren der Gegenkiefer einzeitig mit abgeformt und auch die Kieferrelation mitbestimmt wird, entfällt

eine separate Gegenkiefenabformung. Eine Kiefenrelationsbestimmung wird ebenfalls überflüssig.

Dieses System gilt es auf seine Praxistauglichkeit und Genauigkeit des Abformergebnisses im Vergleich zu Schreinemakers Abformträgern zu prüfen.

2. Ziel der Untersuchung

Ziel der Untersuchung ist es, die Abformgenauigkeit bei Verwendung von Triple Tray Abformträgern (*Premier Dental Products Co., USA*) messbar wiederzugeben und im Vergleich zum Schreinemakers Abformlöffel zu bewerten.

Es werden zwei Versuchsreihen durchgeführt:

1. Vermessung von Modellen nach Abformung eines Urmodells mit Referenzkerben unter einem Messmakroskop, mit anschließender Untersuchung in wieweit sich mögliche Differenzen in der Härte des Abformmaterials widerspiegeln.
2. Überprüfung der okklusalen Relation am Patienten nach Abformung mit diesem System.

3. Literaturübersicht

3.1. Abformlöffel

3.1.1. Serienlöffel

Das Material des Löffels ist, neben den in der Einleitung erwähnten Faktoren, von herausragender Bedeutung. Die vom Zahnarzt beim Abformen aufgebrauchte Kraft, führt nach *Schwickerath* einerseits zu einer Kompression der Weichgewebe und andererseits zu einer Verformung des verwendeten Löffels. Schließlich kommt es nach Entnahme des Abformlöffels aus dem Mund zu einer durch elastische Rückstellungseffekte bedingten Verzerrung der Abformung [47]. Löffelgröße, -form und -material bedingen die Art und Weise der Verformung des Abformträgers. Das Löffelmaterial wird durch das Elastizitätsmodul als physikalische Größe treffend in seiner Eigenart beschrieben. Die unterschiedlichen Elastizitätsmoduli der Abformlöffel, des Abformmaterials und die unterschiedlichen Schichtdicken des ausgewählten Materials nehmen zweifellos Einfluss auf die absolute Verformung des Löffels. Das Verhältnis Schreinemakers zu Triple-Tray-Abformlöffel, also Stahl zu Kunststoff, bezogen auf die Elastizitätsmoduli beträgt ungefähr 70:1. Dieses Missverhältnis kann auch durch eine dickere Wandstärke des Kunststofflöffels nicht ausgeglichen werden. Die unterschiedliche Steifigkeit der Abformlöffel hat somit großen Einfluss auf die Dimensionstreu der entstehenden Modelle [47]. Eine ungenügende Steifigkeit der Kunststofflöffel während der Abformung, die in einer Ausdehnung der Abformung erkennbar wird, führt nach Entnahme durch elastische Rückstellungseffekte zu deutlicheren Abweichungen des resultierenden Modells, im Vergleich zum abgeformten Modell [47]. Aus diesen Gründen ist eine möglichst große Steifigkeit der Löffel zu fordern [1, 27, 32, 48], wie man sie bei konfektionierten Metalllöffeln und individuellen Löffeln mit Wandstärken von 3-4 mm finden [16, 47, 48]. Da auch die Schichtdicke des Abformmaterials von großer Bedeutung ist, sollte diese mindestens 3 mm zwischen Löffelwand und den abgeformten Partien betragen [1]. Im Bereich von Unterschnitten nicht beschliffener Zähne sollte der Abstand zwischen dem anatomischen Äquator dieser Zähne und der Löffelwand wenigstens doppelt so

groß sein, wie das Maß des Unterschnittes an diesen Zähnen. Beim Entfernen der Abformung wird die Schicht des Abformmaterials dann um 33 % gestaucht. Bei dieser Stauchungsrate kann eine fast vollständige Rückstellung erwartet werden. Man sollte aber auch bei der Auswahl eines geeigneten Löffels darauf achten, nicht stets zu große Abformträger zu verwenden, da die Abformmaterialien Volumenänderungen durchlaufen, die bei zu großer Schichtdicke zunehmen und zu größeren Ungenauigkeiten führen können [30].

3.1.2. Individuelle Löffel

Im Gegensatz zu konventionellen Löffeln werden die individuellen Löffel aus Autopolymerisaten, thermoplastischen bzw. lichthärtenden Löffelwerkstoffen hergestellt. Die Anfertigung erfolgt auf Situationsmodellen, welche durch Abformungen mit konventionellen Löffeln und späteres Ausgießen mit Hartgips hergestellt werden.

a) Autopolymerisate

Diese haben den Vorteil, dass sie sich in ihrer plastischen Phase in einfacher Weise und sehr genau dem Modell anpassen lassen und die Dimensionierung noch vor dem Erhärten leicht vorgenommen werden kann. Die bei diesen Materialien auftretende Polymerisationsschrumpfung bleibt ohne Nachteil, da diese Ungenauigkeiten durch den späteren Abformung ausgeglichen werden [33].

b) Thermoplastische Werkstoffe

Diese Löffelwerkstoffe können aus Polystyrol oder Polycarbonat bestehen. Sie werden in Platten verschiedener Dicke geliefert und nach entsprechender Plastifizierung von Hand oder maschinell (Tiefziehen) adaptiert. Bei der thermoplastischen Verarbeitung entstehen im Löffelmaterial Eigenspannungen. Diese führen beim Ausheilen zu beträchtlichen Dimensionsveränderungen. Es ist daher zu empfehlen zwischen Löffelanfertigung und Abformung mindestens 24 Stunden abzuwarten [33].

c) Lichthärtende Werkstoffe

Diese bestehen aus hochvernetzten Composit Materialien. Neben den Vorteilen in der Verarbeitung werden auch die an Löffelmaterialien gestellten Anforderungen in hohem Maße erfüllt.

Sie sind sofort verarbeitungsfähig, Anmisch- und Anquellzeiten entfallen somit. Des weiteren haben sie eine gleich bleibende, plastisch modellierbare Konsistenz, eine ebene, homogene Schichtdicke und lassen sich in allen UV- und Halogen-Lichtgeräten rasch aushärten.

Sie besitzen eine hervorragende Volumenkonstanz (hohe Dimensionsstabilität) und eine große Starrheit (hohes Elastizitätsmodul), damit bei der Abformung selbst und der Entnahme vom Abformobjekt keine elastische Veränderung mit anschließender Restverformung eintritt.

3.1.3. Dual-Arch-Abformträger

Bei den Dual-Arch Abformträgern handelt es sich um ein Abformsystem, bei welchem die jeweils antagonistischen Ober- und Unterkieferquadranten gleichzeitig abgeformt werden.

Eine gleichzeitige Abformung der Quadranten der linken und rechten Seite ist nicht möglich, sodass man bei diesen Abformlöffeln auch von „partiellen Löffeln“ reden kann. Ungeachtet dessen sind diese Abformträger schon seit einiger Zeit auf dem deutschen Dentalmarkt befinden, hat sich dieses System in Deutschland, im Gegensatz zu den USA, noch nicht durchgesetzt.

Um eine gleichzeitige Abformung der gegenüberliegenden Quadranten durchzuführen, besitzt der Abformträger eine U-Form mit einem dazwischen liegenden feinen Netz, welches bei der Abformung die Zahnreihe des Oberkiefers von denen des Unterkiefers separiert. Die U-förmige Ummantelung des Netzes kann aus Kunststoff oder aus Metall bestehen.

Während der Abformung liegt der Bogen des U's distal der Zähne, sodass der Patient während der Abformung seine Zahnreihen maximal schließen kann.

In der Literatur gehen die Ansichten einiger Autoren hinsichtlich der Frage, ob sich die Zahnreihen während der Abformung in maximaler Interkuspitation befinden sollen, oder ob die durch das Netz verursachte Diskrepanz auf der Gegenseite mit einer dünnen Zinnfolie kompensiert werden soll, auseinander

[17;40;50;54]. Die Kieferrelation wird bei der Abformung mit dem Dual-Arch System gleich mitbestimmt, sodass sowohl eine Abformung des Gegenkiefers als auch die Anfertigung einer Bissnahme entfällt.

Eine Studie von *Parker, M. H.* und *Mitarbeitern* belegte, dass die mit der Dual-Arch-Technik einartikulierten Modelle signifikant genauere okklusale Beziehungen in maximaler Interkuspitation aufweisen, als die nach ursprünglicher Abformung des gesamten Kiefers [39]. Auch soll es möglich sein Zweitabformungen, ohne qualitative Nachteile hinnehmen zu müssen, herzustellen.

Die meisten Autoren sind sich einig hinsichtlich der Vorteile des Dual-Arch-Systems. Faktoren wie Kostenreduktionen, Zeitersparnis und Minimierung der Fehler bei der Kieferrelationsbestimmung sind eindeutig bewiesen. Sollte allerdings ein schlechter Gebisszustand mit starker Zerstörung der Dentition vorliegen, sodass der okklusale Kontakt der Zähne nicht ausreichend ist, handelt es sich um eine Kontraindikation. In solchen Fällen ist die Abformung des gesamten Zahnbogens unabdingbar [54]. Hinsichtlich der Durchführung der eigentlichen Dual-Arch-Abformung sind die Meinungen in der Literatur geteilt. Während Autoren wie *Wilson, E.G.* [54], *Taylor, W.N.* [50] und *Kaplowitz, G. J.* [17] einen vollständigen Kieferschluss mit Antagonistenkontakt propagieren, fordert *Pensler, A.V.* [40] eine dünne Zinnfolie zwischen den Zahnreihen des nicht abzuformenden Quadranten, um durch diese Sperrung einen Raumgewinn für die Abformmasse zu erhalten. Diese Sperrung muss nach dem Einartikulieren unbedingt zurückgeführt werden und beeinflusst somit möglicherweise die Genauigkeit der okklusalen Relation.

Alle Autoren kamen jedoch übereinstimmend zu dem Ergebnis, dass man mit Hilfe des Dual-Arch-Systems kostengünstig und zeitsparend abformen kann und dass die später auf den Meistermodellen angefertigten Restaurationen den klinischen Anforderungen voll entsprechen.

3.2. Abformmaterialien

3.2.1. Allgemeines

Nach dem in den fünfziger Jahren die gummielastischen Abformmaterialien eingeführt wurden, haben die thermoplastischen Abformmassen heute nur noch geringe Bedeutung [33].

Polyethergummi und Vinylpolysiloxane zählen heute nach der Meinung von führenden Materialkundlern zu den präzisesten Abformmaterialien [61]. Kondensationsvernetzende Silikone haben in den freien Dimensionsveränderungen der Abformmassen nach einer, drei und vierundzwanzig Stunden signifikant ungünstigere Werte als Polyvinylsiloxane und Polyether, da sie aufgrund der Abspaltung des Kondensats Ethanol einer relativ hohen Kontraktion unterworfen sind. Polyvinylsiloxane und Polyethergummi können vor dem Ausgießen problemlos über Stunden und Tage aufbewahrt werden, was vor allem unter dem transporttechnischen Gesichtspunkt von großer Bedeutung ist [21, 62]. Neben der Polymerisationsschrumpfung, die durch den Abbindevorgang ausgelöst wird, kommt es noch zu Volumenveränderungen, die zum Einen durch die thermische Kontraktion und zum Anderen durch die elastische Rückstellung bedingt sind. Die thermische Kontraktion wird durch den Temperaturunterschied zwischen Mund und Raumtemperatur ausgelöst. Durch einen festen Verbund des Abformmaterials mit der Löffelwand sollte man das Material zwingen, auf den Löffel aufzuschrumpfen [31], um eine Verkleinerung des Lumens der abgeformten Präparation innerhalb der Abformung zu verhindern. Das Löffelmaterial scheint dabei keinen Einfluss auf die Haftintensität zu haben [59]. Um die Haftung zu optimieren, sollte man Haftlack verwenden. Dieser muß dünn aufgetragen werden und sollte vor der Beschickung mit Abformmaterial nicht mit Speichel in Berührung kommen. Eine Trocknungszeit von fünf Minuten sollte mindestens eingehalten werden. Die Wirkung des Adhäsives ist auch nach mehreren Stunden noch ausreichend [7, 27]. Löffel mit zusätzlichen Retentionen optimieren den Halt der Abformmasse am Löffel [21, 27, 59].

Eine weitere Fehlerquelle ergibt sich daraus, dass die Vernetzungsreaktion der Elastomere bereits mit dem Anmischen der Komponenten beginnt. Schon beim Einführen des beschickten Löffels in den Mund des Patienten sind elastische

Bereiche innerhalb des Abformmaterials vorhanden, die während des eigentlichen Abformvorgangs elastisch deformiert werden. Da die Vernetzung schnell zunimmt, sind die Rückstellungen dieser Spannungen nicht vollständig. Somit kommt es unweigerlich zu endogenen Spannungen, die sich nach dem Entfernen der Abformung von den Zahnreihen lösen und dadurch Verzerrungen der Lumina bewirken [31]. Folglich sollte zu Beginn einer Abformung der Vernetzungsgrad sehr gering sein, um die endogenen Spannungen zu minimieren [32]. Auch frühzeitiges Entfernen der Abformungen aus dem Mund führt zu nicht unerheblichen Ungenauigkeiten der Abformungen.

Man sollte darauf achten, dass wenigstens die vom Hersteller empfohlenen Abbindezeiten eingehalten werden.

3.2.2. Polyvinylsiloxane

Bei den Polyvinylsiloxanen handelt es sich um additionsvernetzende, also kondensatfreie Produkte. Bei der Abbindereaktion der einzelnen Produkte reagieren endständige Vinylgruppen der einen mit seitlichen SiH-Gruppen der anderen Komponente zu Polyvinylsiloxan. Als Katalysator dient eine organische Platinverbindung, die eine Ethylbrückenbildung zwischen den einzelnen Silikonmolekülen ermöglicht [18, 33]. Latexpartikel können diese Reaktion hemmen bzw. verhindern, wodurch die Vernetzungsreaktion gestört werden kann [33, 37, 38, 44]. Die Gesamtkontraktion bei Polyvinylsiloxanen bewegt sich in einer linearen Größenordnung von 0,2 % [59]. Bei der Ermittlung dieses Wertes wurde sowohl die Schrumpfung durch die thermische als auch durch die Abbindekontraktion berücksichtigt. Mit steigendem Füllstoffgehalt nehmen alle Volumeneffekte ab [35].

3.2.3. Polyether

Ausgangsprodukt dieser irreversibel-elastischen Abformmassen auf Polyetherbasis sind, sind Copolymerisate aus Ethylenoxid und Tetrahydrofuran. Die Heterozyklen addieren sich unter Ringöffnung zu linearen Makromolekülen. Anschließend werden die endständigen OH-Gruppen mit einer ungesättigten Säure verestert. Die Doppelbindung dieser Säuren kann mit Ethylenimin

reagieren, sodass die Molekülketten schließlich endständige Aziridin-Gruppen besitzen. Ethylenimin ist als dreigliedriger heterozyklischer Ring sehr reaktionsfähig und lässt sich leicht aufspalten. Durch die katalytische Gegenwart von Säuren wird er zur Polyaddition veranlasst [33]. Polyethergummis zählen neben den Polyvinylsiloxanen zu den genauesten Abformmaterialien [61]. Die physikalischen Eigenschaften der Polyethergummis sind denen der Polyvinylsiloxanen leicht unterlegen, was klinisch aber nicht relevant ist [62].

3.3. Abformtechniken

3.3.1. Vorbemerkung

Bei der zahnärztlichen Abformung wird die Genauigkeit sowohl durch das verwendete Material als auch durch die Abformmethode bestimmt.

Bei der Abformung mit herkömmlichen, konfektionierten und auch individuellen Löffel hat sich folgender Behandlungsablauf bewährt. Zunächst wird der Kiefer mit den präparierten Zähnen vollständig abgeformt. Anschließend erfolgt die Gegenkieferabformung und eine Kieferrelationsbestimmung. Bei Verwendung des Triple-Tray Abformträgers sind die Behandlungsschritte zwei und drei bereits in die Abformung integriert, was nach Meinung vieler Autoren sehr vorteilhaft sein soll [17, 39, 40, 50, 54]. Andererseits handelt es sich bei diesen Abformträgern nicht um verwindungsstabile und starre Löffel, wie sie in der Literatur immer wieder gefordert werden [1, 27, 32, 47, 48].

3.3.2. Doppelmischtechnik

Es handelt sich um ein einzeitiges, aber zweiphasiges Verfahren, bei welchem ein dünnfließendes Material aus der Spritze am Zahn appliziert und ein anderes zähplastisches Material unmittelbar nachgeschoben wird [31]. Zahnarzt und Helferin sollten ein gut eingespieltes Team bilden. Während der Zahnarzt das niedrigvisköse Material aus der Spritze am Zahn appliziert, befüllt die Helferin den Abformlöffel mit dem hochviskösen Material. Um ein gleichzeitiges

Aushärten der Materialien zu gewährleisten, muss der Abformlöffel sofort nach dem Beschicken nachgeschoben werden [31]. Neben einer Zeitersparnis, ist auch die Genauigkeit der Doppelmischtechnik geringfügig besser, als die der Korrekturabformung, da kein Verdrängungseffekt auftreten kann [31]. Der Nachteil dieses Verfahrens liegt darin, dass beim Einbringen des Löffels der Stauchungsdruck fehlt. Im Vergleich zur Korrekturabformung ersetzt die zähplastische Masse bei der Doppelmischtechnik nicht den abgebundenen Erstabdruck, sodass Fließfalten und Blasen die Genauigkeit reduzieren können [31].

3.3.3. Einphasenabformung

Bei der Einphasenabformung verwendet man ein Abformmaterial einzeitig in nur einer Konsistenz. Diese muss so beschaffen sein, dass sich das Material sowohl mit Hilfe der Spritze am Zahn applizieren, als auch der Löffel beschicken lässt. Es handelt sich also um eine eher dünnflüssige Konsistenz, welche in der Regel einen individuellen Löffel zur Abformung erforderlich macht [31]. Aufgrund der geringen Viskosität ist die Verwendung individueller Löffel vertretbar, auch wenn sie den Nachteil der geringen Starrheit haben. Individuelle Löffel können so hergestellt werden, dass bei der Abformung eine gleichmäßige Schichtdicke des Abformmaterials erreicht wird, die sich auf die Abformgenauigkeit positiv auswirkt und daher auch von vielen Autoren empfohlen wird [1, 3, 5, 27, 30, 55, 61]. Bei der eigentlichen Abformung wird zuerst die Abformmasse am präparierten Zahn aus der Spritze appliziert und dann der mit gleicher Abformmasse beschickte Löffel über die Zähne gestülpt. Durch die Einphasenabformung werden in der Regel originalgetreue Modelle erzielt, während die später erklärte Korrekturabformung verkleinerte und deformierte Stümpfe liefert [11].

3.3.4. Korrekturabformung

Das Prinzip des Korrekturabdrucks besteht darin, dass eine noch ungenaue Vor- oder Erstabformung mit knetbarem Abformmaterial in einer zweiten Phase mit Hilfe eines dünnfließenden Materials gleicher chemischer

Zusammensetzung korrigiert bzw. präzisiert wird. Es handelt sich um ein zweizeitiges, zweiphasiges Abformverfahren, welches eines größeren Zeitaufwandes bedarf als die beiden anderen beschriebenen Abformverfahren. Es wird mit einem hochviskösem Abformmaterial eine Vorabformung durchgeführt, bei welcher durch entsprechendes Beschneiden alle unter sich gehenden Bereiche entfernt werden, sodass alle Lumina anschließend Konusform aufweisen [32]. Zusätzlich werden Abflussrillen im bukkalen und oralen Bereich der Abformung angelegt. Dadurch wird eine höhere Abformgenauigkeit erreicht [1, 23, 25, 26]. In der zweiten Phase der Abformung werden dann die präparierten Zähne mit niedrigvisköser Abformmasse umspritzt und die ebenfalls mit niedrigvisköser Abformmasse beschickte Vorabformung wieder in den Mund eingebracht. Es darf nur über einige Sekunden Druck ausgeübt werden, um eine elastische Rückstellung des Erstmaterials zu gewährleisten, bevor das niedrigvisköse Korrekturmaterial auszuhärten beginnt [32]. Es kommt dabei gegenüber der ursprünglichen Form immer zu einem vertikalen Versatz [31, 32]. Zusätzlich werden die Kronenstümpfe stets zu klein wiedergegeben [11, 23]. Vorteilhaft ist der hohe Stempeldruck der Erstabformung, der beim Replazieren der Erstabformung das niedrigvisköse Material in den Sulcus presst. Deshalb findet dieses Abformverfahren häufig bei subgingival liegenden Präparationsgrenzen Verwendung [22].

3.4. Modellwerkstoffe

Der Werkstoff der Wahl für das Meistermodell, bei feststehendem Zahnersatz, ist Gips. Die Gipse mit der geringsten Expansion und der größten Härte nennt man Spezialhartgipse, Superhartgipse oder Stones. Die Gesamtexpansion dieser als Typ IV der DIN-Norm 13911 zusammengefassten Gipse darf maximal bis zu 0,15 % linear betragen. Diese Gipse sind nach der Verarbeitung mehreren Volumenänderungen ausgesetzt, die die Präzision der Meistermodelle beeinflussen. Nach *Franz* gibt es bei den meisten Spezialhartgipsen für die

Expansion ein Maximum, das etwa nach 24 Stunden erreicht ist [31]. Im Anschluss daran beginnt eine Schrumpfungsphase, die ca. 5 Tage andauert, in welcher sich das Modell wieder auf ein Drittel der maximalen Expansion verringert. Es erscheint deshalb ratsam, das Superhartgipsmodell bis zur Weiterverarbeitung 5 bis 6 Tage bei Raumklima aufzubewahren, wenn es sich um Präzisionsarbeiten handelt [13]. Absolut betrachtet verbleibt am Schluss der Dimensionsveränderungen eine Vergrößerung der Gipsmodelle gegenüber dem ursprünglichen Modell [14, 25, 28].

Um die materialbedingten Expansions- und Schrumpfungsvorgänge so gering wie möglich zu halten, ist es zwingend notwendig, bei der Verarbeitung dieser Gipse die Herstellerhinweise zu beachten. Da Spezialhartgipse sehr empfindlich auf Änderungen bei der Verarbeitung reagieren, sollten Abweichungen von den Herstellerangaben vermieden werden [14, 21]. Grundsätzlich sollten zum Anmischen von Stones mechanische Mischgeräte eingesetzt werden. Diese garantieren eine intensive und gleichmäßige Durchmischung und vermindern durch ihre Vakuumpumpe gleichzeitig die Porenzahl und Porengröße [14].

3.5. Methoden zur Untersuchung des Dimensionsverhaltens von Abformungen

Zahlreiche Veröffentlichungen lassen erkennen, dass schon eine große Anzahl von Autoren Untersuchungen zum Thema Dimensionsverhalten von Abformmaterialien durchgeführt haben [11, 23, 24, 35, 61, 62]. Häufig wurden spezielle Prüfkörper oder ein Urmodell mehrmals abgeformt und die erhaltenen Gipsmodelle im Vergleich zum Urmodell vermessen.

Man spricht in diesen Fällen von der indirekten Methode, weil nicht die Abformung selbst, sondern das daraus entstandene Modell vermessen wird. Vorteile liegen auch im Modellwerkstoff Gips, da es sich bei Gipsmodellen um dauerhafte und massive Körper handelt, die eine Vermessung vereinfachen. Des Weiteren werden Gipsmodelle auch labortechnisch zur Herstellung von

feststehendem Zahnersatz verwendet und sind somit eng mit den klinischen Untersuchungen verbunden.

In der Literatur sind mehrere Methoden zur Bestimmung von Dimensionsveränderungen beschrieben worden. Die optische Vermessung der Modelle mit Hilfe eines Messmakroskops wird von einigen Autoren beschrieben [25]. Bei diesem Verfahren wird ein mit beliebig vielen Messpunkten versehenes Modell mit einem im optischen Apparat des Mikroskops integrierten Fadenkreuz angepeilt. Messuhren, welche an dem Kreuzmesstisch angeschlossen sind, ermöglichen die x/y-Koordinaten abzulesen. Die pro Messpunkt bzw. Referenzkerbe erhaltene x/y-Koordinate wird per Mausklick in den Computer zur Weiterverarbeitung transferiert. Somit können die Abstände der einzelnen Messpunkte errechnet und mit denen des Urmodells verglichen werden.

Ein weiteres Verfahren zur Ermittlung von Dimensionsveränderungen wird durch die Vermessung mittels Schieblehre beschrieben. Dieses Verfahren ermöglicht aber nur die transversale Dimension einzelner Stümpfe zu messen; eine Abstandsmessung einzelner Stümpfe zueinander ist bei dieser Methode nicht möglich. Des weiteren ist die Messgenauigkeit schlechter und der Einsatzbereich bei Modellvermessungen verringert.

Auch das in der Kriminalistik verwendete Verfahren der Vergleichsmakroskopie wurde herangezogen, um Dimensionsabweichungen zu beschreiben. Das Vergleichsmakroskop (z.B. der Firma **Leitz**) ist ein Auflichtmikroskop mit zwei Objektischen und Objektiven. Die optischen Bilder der beiden zu vergleichenden Gegenstände werden in einer Vergleichsbrücke des Makroskopes in der Zwischenbildebene überlappt, wodurch es ermöglicht wird, einen direkten Bildvergleich vorzunehmen. Nach Aussagen von *Freesmeyer* und *Mitarbeitern*, sollten noch einige methodische Details verbessert werden, um mit Hilfe der Vergleichsmakroskopie genauere Aussagen zur Dimensionstreuung von Abformmaterialien machen zu können. Bei ihren Untersuchungen war eine hohe Standardabweichung aufgefallen, die ein Herausarbeiten von signifikanten Unterschieden verhinderte. Als Ursache

gaben sie die schwierige räumliche Ausrichtung der Stümpfe zueinander und die Auswertung durch ein fotografisches Positiv an [15].

Wichmann und *Mitarbeiter* benutzten zur Bestimmung der Abformgenauigkeit verschiedener Elastomere eine 3D-Koordinatenmessmaschine [53]. Die Stümpfe des Urmodells werden bei diesem Verfahren mit einem Messkopf abgetastet. Es werden die Okklusalfächen der Stümpfe ertastet, um Höhenprofile zu erstellen. Des weiteren wurde auch zirkulär an den Stümpfen, zur Ermittlung von Stumpfdurchmessern und -abständen, abgetastet. Die Reproduktionsgenauigkeit bei dieser Methode beträgt 3-5 μm .

4. Material und Methoden

4.1. Getestete Abformmaterialien

Zur Untersuchung des Dimensionsverhaltens von Abformmaterialien unter Verwendung von Triple-Tray-Abformträgern **Premier Dental Products Co., USA** und Schreinemakers Löffel wurden die in der Tabelle aufgeführten Abformmaterialien und -verfahren angewendet. Da Vinylpolysiloxane zu den präzisesten Abformmaterialien [61] gehören, wurden im Umfang dieser Studie ausschließlich solche Abformmassen verarbeitet. Pro Versuchsserie wurden jeweils 10 Abformungen durchgeführt. Die insgesamt 50 Modelle wurden mit Spezialhartgips Typ IV hergestellt.

Serie	Löffelart	Stoffklasse	Hersteller	Methode	Produkt
1.	Schreinemakers	Polyvinylsiloxan	ESPE, Seefeld	Doppelmisch	Dimension Penta H Quick/ Dimension Garant L
2.	Triple Tray	Polyvinylsiloxan	ESPE, Seefeld	Doppelmisch	Dimension Penta H Quick/ Dimension Garant L
3.	Triple Tray	Polyvinylsiloxan	Kettenbach Dental, Eschenburg	Doppelmisch	Panasil binetics/ Panasil contact two in one
4.	Triple Tray	Polyvinylsiloxan	3M Dental Products, St. Paul, USA	Doppelmisch	3M Imprint Typ I Heavy bodied/ Imprint II Light bodied Quick Step
5.	Triple Tray	Polyvinylsiloxan	Heraeus Kulzer, Dormagen	Doppelmisch	Flexitime Heavy Tray/ Flexitime Correct Flow

Tab. 1 Verwendete Materialien, Löffel und Techniken

<u>Serie</u>	<u>Produkt</u>	<u>Charge-Nr.- Basismaterial</u>	<u>Charge-Nr.- Katalysator</u>	<u>Charge-Nr.- niedrigvisk. Mat.</u>
1.	Dimension Penta H Quick/Dimension Garant L	Lot 045	Lot 012	B 022/ C 022
2.	Panasil binetics/ Panasil contact two in one	Vorabserie		21671/1300
3.	3M Imprint Typ I Heavy bodied/ Imprint II Light bodied Quick Step	34-7047-6568-3		34-7047-6569-1
4.	Flexitime Heavy Tray/ Flexitime Correct Flow	140180		130385

Tab. 2 Die Produktionsnummern der verwendeten Abformmaterialien

4.2. Das Urmodell

Die Abformungen wurden an einem Urmodell, welches schon für die Untersuchungen von *Deitermann* verwendet wurde, durchgeführt. Bei diesem Modell handelt es sich um eine Abwandlung eines Unterkiefer-Frasako-Modells (Abb.1). Die für die Untersuchung benötigten Zähne des IV. Quadranten wurden in Metall gearbeitet und direkt über Metallblöcke auf eine Metallplatte geschraubt. Durch diese Art der Urmodellherstellung wurden thermische Veränderungen, wie sie bei Kunststoffmodellen auftreten können, minimiert.

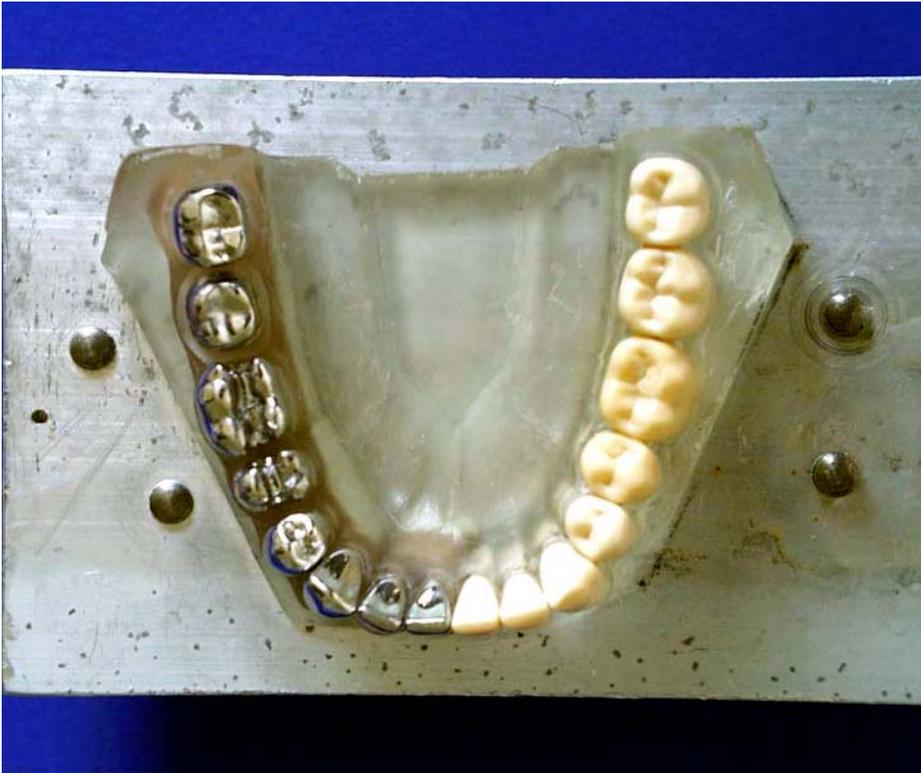


Abb. 1 Urmodell

Das Urmodell wurde mit drei in Stahl gegossenen präparierten Zähnen versehen.

Jeder dieser drei Zähne wurde vor dem Gießen präpariert, wobei Zahn 45 eine Teilkrone, Zahn 46 eine Inlay- und Zahn 47 eine Kronenpräparation erhielt. Des Weiteren wurden an diesen präparierten und gegossenen Zähnen kleine Kerben als Referenzpunkte für spätere Messungen eingefräst. In Vorversuchen hatte sich herausgestellt, dass diese Kerben gut abzuformen und im Gipsmodell später gut erkennbar waren. Anhand dieser Kerben war es möglich, Messpunkte reproduzierbar unter dem Messmakroskop anzusteuern und somit das Modell sehr präzise zu vermessen.



Abb. 2 Urmodell mit Referenzkerben (*nach Deitermann*)

Des Weiteren wurden die Zähne 41, 42, 43, 44 und 48 in Stahl überführt. Die restlichen Zähne, 31-38, sind handelsübliche Frasako-Kunststoffzähne, welche durch Polymerisation fest mit dem Kunststoffsockel verbunden wurden. Die Stahlzähne

41-48 wurden mit einem Gewinde versehen, welches mit Kunststoff fixiert wurde. Die Zähne wurden mittels Verschraubung starr mit dem speziell hergestellten Metallblöcken verbunden. Die Gestaltung der Blöcke erlaubte eine Umfassung der Wurzel eines jeden Zahnes. Somit wurde eine exakte Führung und starre Verbindung von Zahn und Metallblock ermöglicht. Durch eine Öffnung für die Gewinde am Boden des Blockes wurde eine Verschraubung mit dem Metallblock ermöglicht. Die Metallblöcke mit den fixierten, in Stahl überführten Frasako-Zähnen wurden auf einer Metallplatte mit Schrauben fixiert. Die präparierten Stahlzähne 45, 46 und 47 wurden herausnehmbar gestaltet. Die Gingiva wurde aus farblosem Kunststoff (*Palapress, Fa. Heraeus Kulzer, Wehrheim*) hergestellt. Die Frasako-Kunststoffzähne wurden einpolymerisiert.

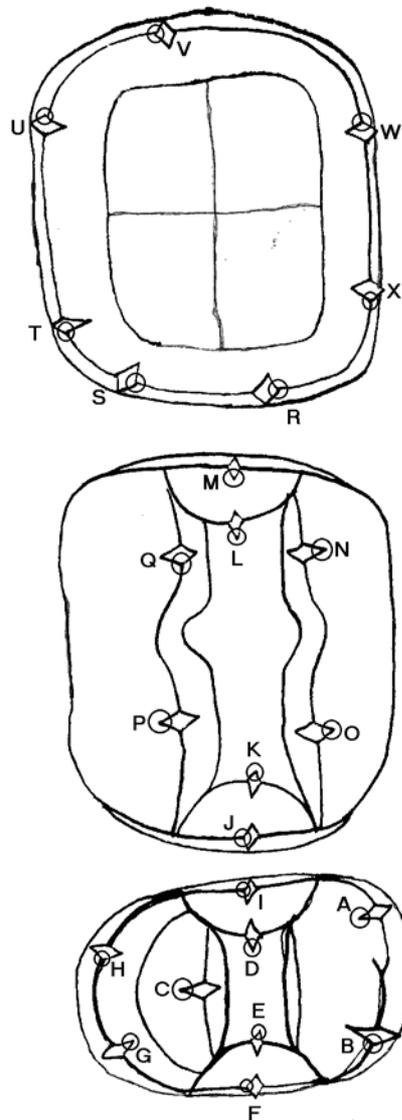


Abb. 3 Schemazeichnung der präparierten Zähne mit Referenzkerben
(nach Deitermann)

Der Oberkiefer bestand aus 16 Frasako-Kunststoffzähnen, welche ebenfalls mit farblosem Palapress fixiert und jeweils mit einer Schraube auf einer Metallplatte befestigt wurden.

Nach Einsetzen der Modelle mit herausnehmbaren Sockeln in einem SAM-Artikulator (*SAM, München*) wurde die Okklusion zum Gegenkiefer mit Vielpunktkontakt eingeschliffen.

4.3. Verwendete Löffel

In der Arbeit wurden zum Einem Triple-Tray-III-Abformträger von der Firma Premier Dental Products. Co. aus Kunststoff und zum Anderen Schreinemakers-Löffel verwendet.

4.3.1. Triple-Tray-Abformträger der Firma Premier Dental Products Co., USA

Der Dual-Arch-Kunststoff oder auch Triple-Tray-Abformträger genannt, ermöglicht es Ober- und Unterkiefer gleichzeitig abzuformen. Der Hersteller bietet unterschiedliche Arten dieser Speziallöffel an: Frontzahn-, Backenzahn-, Quadranten- und Dreiviertelöffel. Lieferbar auf Bestellung sind weiterhin randlose Backenzahn- und verlängerte Quadrantenlöffel. In dieser Arbeit fanden die Backenzahnlöffel ihre Verwendung. Bei diesen aus Kunststoff bestehenden Speziallöffeln handelt es sich um eine U-Form mit kleinem Griff, wobei während der Abformung die Schlaufe des U's distal um den letzten Backenzahn greift. Zwischen den Innenseiten des U's befindet sich ein feines Netz, welches durch eine leichte Spannung des Kunststoffträgers gespannt wird. Die dünne Membran bleibt während des Abformvorgangs zwischen den Zahnreihen der Kiefer. Somit werden neben der Präparation zusätzlich Ober- und Unterkiefer in zentraler Relation durch das Abformmaterial verschlüsselt. Es handelt sich bei diesen Kunststofflöffeln um nicht verwindungssteife Einmallöffel. In der Literatur werden die Begriffe Triple-Tray und Dual-Arch häufig synonym verwandt.

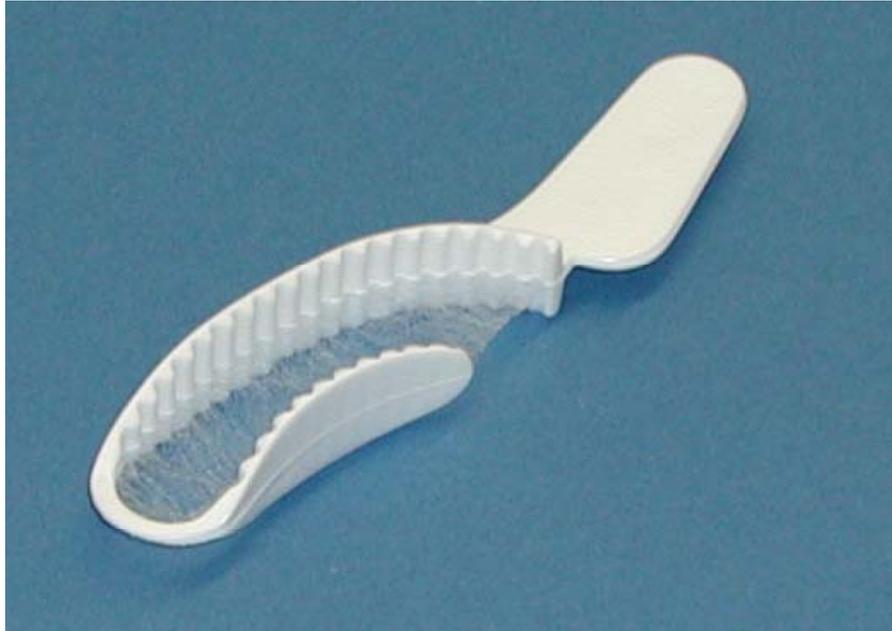


Abb. 4 Dual-Arch-Abformträger in Kunststoff

4.3.2. Schreinemakers-Löffel

Es wurden handelsübliche, verchromte Messinglöffel der Größe 51 verwendet, da bei dieser Größe die Stärke des Abformmaterials im Bereich der Unterschnitte mindestens 3-mal so groß war wie die Tiefe der Unterschnitte. Somit konnte es maximal zu einer 30-prozentigen Stauchung des Abformmaterials kommen.

4.4. Verwendete Adhäsive

Um eine ausreichende Haftung des Abformmaterials am Löffel zu gewährleisten, wurden diese mit den folgenden Adhäsiven eingepinselt.

<u>Adhäsive</u>	<u>Hersteller</u>	<u>Abformmaterial</u>
Panasil Adhäsiv	Fa. Kettenbach Dental	Panasil binetics
Universal Adhäsiv	Fa. Bayer	Imprint Quick Step (3M) Flexitime (Heraeus Kulzer) Dimension (Espe)

Tab. 3 Verwendete Adhäsive

Bei der Auswahl des Haftlacks ist es zu empfehlen, sich immer nach den Angaben des Herstellers der Abformmaterialien zu richten. Der Haftlack wurde auf den Löffelinnenseiten und deren Rändern aufgepinselt und anschließend für 5 Minuten an der Luft getrocknet.

4.5. Abformmethoden

Bei dieser Studie fand die Doppelmischabformung Anwendung. Die unterschiedlichen Abformmaterialien wurden mit der unter 4.6 beschriebenen Technik abgeformt.

4.6. Versuchsdurchführung

4.6.1. Vorbemerkung

Die verwendeten Materialien wurden nach den Angaben der Hersteller verarbeitet.

Sie haben alle in der vom Hersteller angegebenen Zeit bei Raumtemperatur abgebunden und sind auf dem Lumen liegend gelagert worden. Das Ablösen des Abformträgers mit der entsprechenden Masse vom Urmodell erfolgte mit einem kurzen Ruck. Bei den Triple-Tray-Abformträgern wurde der Artikulator vorab geöffnet.

Die Abformungen wurden frühestens nach 60 Minuten und spätestens nach 3 Stunden ausgegossen. Alle Modelle wurden mit Superhartgips Typ IV (Fuji Rock, Fa. GC Corp., Tokio, Japan) hergestellt. Um eine gleich bleibende Gipsqualität zu erzielen, wurden stets 100 g Gips mit 20 ml Aqua dest. 45 Sekunden unter Vakuum angerührt.

Wie bereits angemerkt, wurden die Abformträger 5 Minuten vor der Abformung mit einem entsprechenden Haftlack eingepinselt, um einen optimalen Halt des Abformmaterials an der Löffelwand zu erzielen. Die Materialien **Dimension Penta H Quick**, **Panasil binetics**, **Imprint** und **Flexitime** wurden nach der Doppelmischmethode verarbeitet.

Bei diesen Abformungen wurden jeweils Dual-Arch-Kunststoff bzw. Triple-Tray-Abformlöffel verwendet. **Dimension Penta H Quick** wurde zusätzlich noch mit Schreinemakers-Löffel nach der Doppelmischmethode verarbeitet.

Das Anmischen der Abformmassen **Dimension Penta H Quick** und **Panasil binetics** erfolgte mit Hilfe des Pentamixgerätes (Espe). Als niedrig visköse Masse wurde zum Umspritzen der präparierten Stümpfe **Dimension Garant L** bzw. **Panasil Contact two in one** verwendet, welches ebenfalls noch auf das vorher in dem Dual-Arch-Kunststoff- bzw. Schreinemakers-Löffel eingefüllte, hochvisköse Material appliziert wurde.

Bei diesen niedrigviskösen Massen erfolgte das Anmischen mit Hilfe eines mechanischen Dispensers (Mischpistole). Nach dem Umspritzen der Stümpfe und der Applikation der Materialien auf den jeweiligen Abformträger, wurde der

Löffel auf dem Modell platziert. Bei Verwendung des Triple-Tray-Löffels erfolgte, nach dem Aufsetzen auf die Zahnreihe, das Schließen des Artikulators bis zum Kontakt des Stützstiftes mit der Metallplatte (siehe auch Abb. 4.5.)

Das Anmischen der Abformmassen **Flexitime** und **Imprint** erfolgte sowohl bei der hochviskösen als auch bei der niedrigviskösen Phase mit dem dazugehörigen Dispenser.

4.6.2. Durchführung der Abformung mit Hilfe des Triple-Tray-Löffels am Urmmodell

Um die Abformungen durchführen zu können, wurden Oberkiefer- und Unterkieferurmodell in einem SAM-Artikulator eingesetzt. Die erwünschte Sperrung wurde mit Hilfe einer 0,3 mm starken Metallplatte, die auf dem Stützstiftsteller fixiert wurde, erreicht. Klinisch wird diese Sperrung mit einer dünnen Zinnfolie, die auf dem gegenüberliegenden Quadranten positioniert wird, erzielt, um genügend Platz für die Abformmaterialien zu erhalten. Würde man diese Sperrung nicht durchführen, kommt es unweigerlich zum Durchbeißen der Abformung in den Bereichen von Kontaktpunkten. Bei Zähnen mit Inlay-Präparationen liegen diese Punkte dann eventuell im Bereich von Präparationsgrenzen, welches keines Falls akzeptiert werden kann. Bei der Abformung von Kronen und Teilkronen kann auf die Sperrung verzichtet werden. Man erreicht durch diese geringe Sperrung, dass ein ausreichender Platz für das feine Netz und die Abformmasse besteht, sodass es bei der Modellherstellung nicht zu einem Verbund von Ober- und Unterkiefermodell kommt. Der eigentliche Abformvorgang wurde durchgeführt, indem die präparierten Stümpfe mit Abformmaterial umspritzt und der Triple-Tray-Löffel auf beiden Seiten des Netzes mit Abformmasse beschickt wurde. Der Abformträger wurde anschließend auf die präparierten Stümpfe aufgesetzt und der Artikulator bis zum Kontakt des Stützstiftes auf der Metallplatte geschlossen. Die Sperrung war somit immer die gleiche.

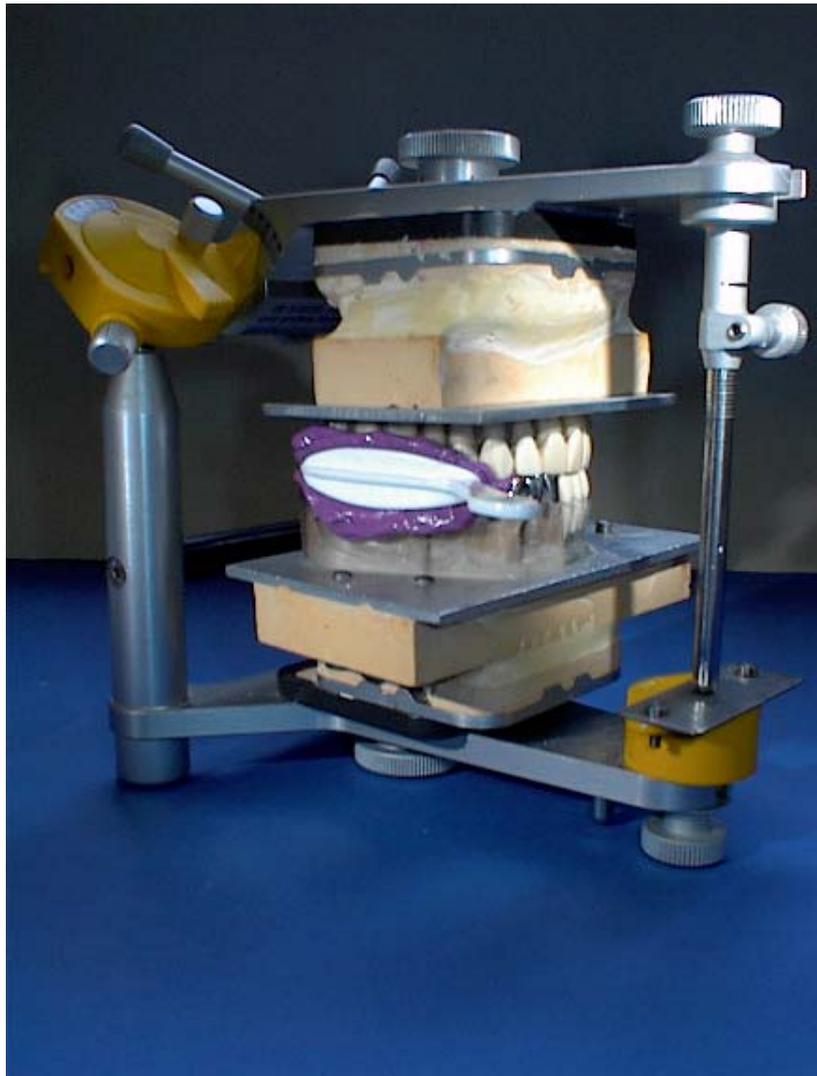


Abb. 5 Artikulator mit Metallplatte zur Bissperrung

Zusätzlich zur eigentlichen Abformung wurde gleichzeitig mit diesem Verfahren der Ober- und Unterkiefer in zentraler Relation durch das Abformmaterial verschlüsselt.

4.7. Modellherstellung

Nach dem Entfernen der Abformungen aus dem Artikulator wurden diese mindestens 1 Stunde gelagert, bevor sie mit Superhartgips Typ IV (Fuji Rock) ausgegossen wurden. Ein genaues Gips-Wasserverhältnis wurde durch die

Benutzung einer Waage zum Abwiegen des Gipses unter Verwendung von Einmalspritzen, zur Abmessung des destillierten Wassers, bei allen 50 Modellen gewährleistet. Der so von Hand kurz durchmischte Gipsbrei wurde anschließend mit einem Vakuum-Anmischgerät unter 80 mbar Unterdruck im Rührbecher auf eine reproduzierbare Gipskonsistenz gebracht. Durch diesen Vorgang wurde eine relativ blasenfreie, breiige Masse zum Ausgießen auf dem Rüttler hergestellt. Die Schreinemakers-Löffel wurden nach dem Ausgießen der Abformung in das Modell-Tray-System eingebracht. Ein Sockeln entfiel somit. Um die Triple-Tray-Modelle herzustellen, wurden zuerst die IV. Quadranten mit den präparierten Stümpfen ausgegossen. Der Superhartgips wurde jeweils nach mesial und distal verlängert, um nach dem Aushärten des Gipses ein Einschleifen von Kerben in die überstehenden Anteile zu ermöglichen. Diese Kerben wurden anschließend mit **Super Sep** (Fa. Kerr GmbH) isoliert. Im Anschluss wurden die Gegenkiefer ausgegossen, wobei die verlängerten und isolierten Anteile ebenfalls in Gips gefasst wurden. Nach einer Aushärtungszeit von mindestens 2 Stunden wurden die Modelle aus den Abformungen entfernt. Durch die eingeschliffenen Kerben in die Verlängerungen nach mesial und distal ist jetzt der Ober- und Unterkiefer eindeutig zueinander fixiert.



Abb. 6 Fertiges Gipsmodell nach Abformung mit Triple-Tray-Löffel



Abb. 7 Fertiges Gipsmodell nach Abformung mit Schreinemakers-Löffel

Die Gipsmodelle wurden nach ihrer Herstellung eine Woche lang gelagert, um Volumenveränderungen während des Messvorgangs zu minimieren.

4.8. Vermessen der Modelle

4.8.1. Einbringen der Modelle in einen Justiersockel

Alle 50 Gipsmodelle und das Urmodell wurden vor der Vermessung in einem Justiersockel eingebracht, um eine Veränderung der Messpunkte durch eine unterschiedliche Aufsicht auf das jeweilige Modell zu umgehen. Dazu wurde eine Kreuzwaage, welche auf eine Glasplatte aufgebracht wurde, verwendet. Um die Modelle immer wieder genau auszujustieren, befanden sich unter der Glasplatte Impressionen aus einem Bissregistriermaterial, in welchem die Modelle exakt fixiert werden konnten. Diese Impressionen wurden durch Auftragen von **Futar D Occlusion (Kettenbach)** auf den IV. Quadranten des Urmodells und anschließendem Aufsetzen der Glasplatte erstellt. Das Bissregistriermaterial mit den vorhandenen Impressionen des IV. Quadranten

des Urmodells wurde mit Sekundenkleber unter der Glasplatte fixiert. Somit wurde es nun ermöglicht, alle 50 Gipsmodelle und die 10 Messungen des Urmodells mit ihrer Kaufläche in der gleichen Bezugsebene zu vermessen.



Abb. 8 Kreuzwaage

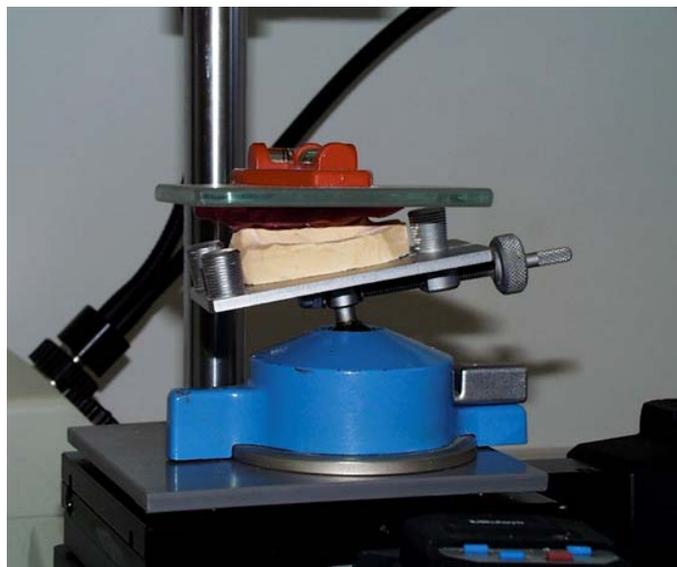


Abb. 9 Kreuzwaage auf Gipsmodell

4.8.2. Vermessen mit Hilfe des Messmakroskops

Die Referenzpunkte wurden mit dem **Messmakroskop M 420** (Fa. *Leica, Wetzlar*) optisch vermessen. Die Messgenauigkeit des Gerätes lag aufgrund der optischen Auflösung bei +/- 10 µm.

Zu Beginn der Vermessung eines Modells wurde der Punkt J mit dem Fadenkreuz ins Visier genommen und die Messuhren auf Null gestellt. Die Koordinaten dieses Punktes waren somit $x=0$ und $y=0$. Daraufhin wurden sämtliche Messpunkte A bis X eines Modells anvisiert und die Daten per Computer protokolliert. Die Messuhren waren mit einer **Interface-Box** (*Mitutoyo, Neuss*) direkt mit einem Computer zur Erfassung der Messdaten verbunden. Am Ende jeder Messung wurde nochmals Punkt J anvisiert, um zu sehen, dass es zu keiner Verschiebung des Modells während der Messung kam. Es musste also wieder $x=\pm 10\mu\text{m}$ und $y=\pm 10\mu\text{m}$ angezeigt werden. Sollten diese Werte nicht angezeigt werden, dann wurde das Modell erneut vermessen. Nach dem gleichen Verfahren wurde auch das Urmodell vermessen. Um auch hier eventuelle Messfehler zu minimieren, wurde dieser Vorgang 10-mal wiederholt und die erhaltenen Werte gemittelt. Die berechneten Strecken wurden dann als Referenzstrecken angesehen und mit den Werten der Gipsmodelle verglichen. Es wurden dann jeweils die Abweichungen zu den einzelnen Strecken des Urmodells berechnet.



Abb. 10 Gipsmodell in Justiersockel auf Messtisch

Es wurden insgesamt 6 Punkte (E, F, I, K, L, O) nicht ausgewertet, da sich diese nicht reproduzierbar im Vergleich zum Urmodell anvisieren ließen. Die Messstrecken wurden immer innerhalb eines Zahnes ausgewertet, sodass zu jedem der drei Zähne eine eigene Auswertung erfolgte.

a) Prämolar-Teilkronenpräparation

Es wurden zur Auswertung 6 Punkte berücksichtigt. Die Punkte E und F konnten aus o.g. Grund nicht zur Auswertung herangezogen werden. Daraus ergaben sich folgende 15 Strecken, die in die Bewertung mit einbezogen wurden:

B	C	D	G	H	
AB	AC	AD	AG	AH	A
	BC	BD	BG	BH	B
		CD	CG	CH	C
			DG	DH	D
				GH	G

Tab. 4 Verwendete Punkte und sich ergebende Messstrecken des Prämolars

b) 1. Molar-Inlaypräparation

Es wurden zur Auswertung 5 Punkte (J, M, N, P, Q) berücksichtigt. Die Punkte K, L, O konnten aus o.g. Grund nicht zur Auswertung herangezogen werden. Daraus ergaben sich folgende 10 Strecken, die in die Bewertung mit einbezogen wurden:

M	N	P	Q	
JM	JN	JP	JQ	J
	MN	MP	MQ	M
		NP	NQ	N
			PQ	P

Tab. 5 Verwendete Punkte und sich ergebende Messstrecken des 1. Molaren.

c) 2. Molar-Kronenpräparation

Es wurden zur Auswertung 7 Punkte (R, S, T, U, V, W, X) berücksichtigt.

Daraus ergaben sich folgende 21 Messstrecken, die in die Bewertung mit einbezogen wurden:

S	T	U	V	W	X	
RS	RT	RU	RV	RW	RX	R
	ST	SU	SV	SW	SX	S
		TU	TV	TW	TX	T
			UV	UW	UX	U
				VW	VX	V
					WX	W

Tab. 6 Verwendete Punkte und sich ergebende Messstrecken des 2. Molaren.

Das Programm Excel für Windows (Microsoft Corp.) ermöglichte eine schnelle Umwandlung der Koordinaten der Punkte in die jeweilige Messstrecke. Zur Berechnung wurde der Satz des Pythagoras umgewandelt:

$$\text{Satz des Pythagoras: } a^2 + b^2 = c^2$$

Die umgewandelte Formel, hier als Beispiel für die Berechnung des Abstandes der Punkte a und b:

$$ab = \sqrt{(ax - bx)^2 + (ay - by)^2}$$

Die Koordinaten des Punktes a (ax/ay).

Die Koordinaten des Punktes b (bx/by)

4.9. Darstellung der Ergebnisse

4.9.1. Die einzelnen Messstrecken

Zuerst wurden die Streckenlängen zwischen den einzelnen Referenzpunkten mit Hilfe der unter 4.8.2 genannten Formeln berechnet und mit den Streckenlängen des Urmodells verglichen. Von den Strecken der einzelnen Gipsmodelle wurde der Betrag der jeweiligen Strecke des Urmodells abgezogen. Im Anschluss wurde dann die prozentuale Abweichung der einzelnen Messstreckenveränderungen berechnet:

$$\frac{(ab - d(ab)) * 100}{d(ab)} = s$$

ab = Abstand der Punkte „a“ und „b“ innerhalb der Modelle.

d (ab) = Abstand der Punkte „a“ und „b“ innerhalb des Urmodells.

s = prozentuale Abweichung der Messstrecke des Modells zum Urmodell.

Am Vorzeichen des Ergebnisses lässt sich dann erkennen, ob es sich um eine Vergrößerung oder eine Verkleinerung der jeweiligen Messstrecke handelt.

Weiterhin wurde die prozentuale Abweichung der aufsummierten Beträge der Einzelstrecken jedes einzelnen Zahnes berechnet. Dazu wurden die jeweiligen Strecken im Urmodell ebenfalls addiert. Verwendung fanden nur die Abweichungen der unter 4.8.2 angegebenen Strecken der einzelnen Zähne. Man kann bei dieser Art der Berechnung nur die Abweichung vom Urmodell darstellen, nicht aber ob es sich um eine Vergrößerung oder eine Verkleinerung der einzelnen Strecken handelt.

Durch die Berechnung der prozentualen Abweichung der aufsummierten Beträge der Einzelstrecken jedes einzelnen Zahnes, ist ein direkter Vergleich mehrer Strecken unterschiedlicher Länge möglich.

Die prozentualen Abweichungen der aufsummierten Beträge der Einzelstrecken zum Urmodell wurden bezogen auf die vier Abformmaterialien untereinander, im Rahmen der Varianzanalyse, mit dem Games-Howell-Test auf Signifikanz geprüft. Zusätzlich wurden mit Hilfe des T-Tests (Zahn 45, 46) die beiden Löffel auf Signifikanz geprüft. Am Zahn 47 wurden, da keine Normalverteilung vorlag, die Abformlöffel mit Hilfe des Mediantests auf Signifikanz geprüft.

Die statistische Auswertung erfolgte computergestützt mit Hilfe des Programms SPSS Win 10.0 (SPSS GmbH Software, München). Diese Software ermöglicht

sowohl die Durchführung statistisch relevanter Signifikanztests als auch die graphische Darstellung von Messwerten in Boxplots.

4.9.2. Die Boxplots

Die Graphiken wurden mit dem PC-Programm **SPSS 9.0 für Windows** erstellt

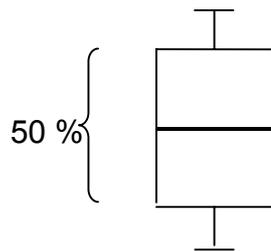


Abb. 11 Beispiel eines Boxplots

Box: Zeigt den Bereich an, der vom ersten und dritten Quartil (25. bzw. 75. Perzentil) begrenzt wird und deren schwarze innere Linie den Median repräsentiert. Es werden außerdem der kleinste und größte Wert markiert, sofern sie keine Ausreißer sind.

Quartile: Das erste Quartil ist derjenige Punkt der Messwerteskala, unterhalb dessen 25 % der Messwerte liegen. Das zweite Quartil ist derjenige Punkt der Messwerteskala, unterhalb dessen 50 % der Messwerte liegen. Das dritte Quartil ist derjenige Punkt der Messwerteskala, unterhalb dessen 75 % der Messwerte liegen.

Werte: Die einzelnen Werte werden nicht angezeigt.

0-Linie: Gibt die Dimension des Urmodells an.

Linie: Durch die schwarze Linie wird der Median angegeben.

- Median: Unterhalb des Median liegen 50 % der Messwerte (= zweites Quartil).
- Stern: Markiert Extremwerte, die um mehr als drei Kastenlängen außerhalb liegen.
- Kreis: Markiert Werte, die um mehr als anderthalb Kastenlängen außerhalb liegen.

4.10. Bestimmung der Shore-Härte der verwendeten Abformmaterialien

4.10.1. Herstellen der Prüfkörper

Es wurde pro Abformmaterial ein Prüfkörper hergestellt. Zum Herstellen wurde jeweils eine Menge von ca. 25 ml des hochviskösen Materials auf eine Glasplatte gegeben. Diese Menge wurde dann mit Hilfe einer zweiten Glasplatte, welche von oben aufgelegt wurde, auf eine Schichtstärke von 0,5 cm ausgedünnt.

Nach dem Verfestigen der Abformmasse ließ sich der entstandene Prüfkörper leicht zwischen den Glasplatten entfernen.

4.10.2. Messmethodik (*Shore A, DIN 53505*)

Der ca. 10 x 10 cm große Prüfkörper wurde auf eine Glasplatte gelegt. Anschließend erfolgte die Messung der Shore-Härte mit Hilfe einer Messuhr (Shore A, DIN 53505, Fa. Schmidt, Waldkraiburg). Um auch hier evtl. Messfehler zu minimieren, wurde dieser Vorgang an 5 unterschiedlichen Stellen der Abformmasse wiederholt und die erhaltenen Werte gemittelt.



Abb. 12 Messuhr mit Prüfkörper

4.11. Überprüfung der okklusalen Relation nach Abformung mit Triple-Tray-Löffeln am Patienten

4.11.1. Vorbemerkung

Es wurden zehn Patienten mit präparierter Einzelkrone im Seitenzahnbereich mittels Triple-Tray-Abformtechnik abgeformt. Die präparierten Zähne waren sowohl distal als auch mesial vom Restgebiss abgestützt. Pro o.g. Material wurde eine Abformung am Patienten durchgeführt, sodass insgesamt 40 Abformungen hergestellt wurden.

4.11.2. Durchführung der Abformung am Patienten

Nach relativem Trockenlegen mit Hilfe von Watterollen, wurde der präparierte Zahn mit der ausgewählten niedrigviskösen Masse umspritzt. Gleichzeitig

wurde der Triple-Tray-Löffel auf beiden Seiten des Netzes mit dem hochviskösen Material beschickt.

Anschließend wurde der Abformträger im Mund entsprechend positioniert, und der Patient hatte die Aufgabe, langsam den Mund bis zum Erreichen der maximalen Interkuspitation zu schließen.

4.11.3. Modellherstellung der Patientenabformungen

Die Modellherstellung erfolgte nach dem gleichen Verfahren wie für Triple-Tray-Abformträger oben beschrieben.

4.11.4. Anfertigung der Kunststoffbissschlüssel

Es wurde auf jedem der 40 Modelle jeweils ein Bissschlüssel aus **Protemp Garant** (Fa. Espe) angefertigt, welcher sich im Bereich des präparierten Stumpfes und seines mesialen und distalen Nachbarzahn befand.



Abb. 13 Bissschlüssel im Patientenmodell

Zunächst wurde kontrolliert, ob durch die eingeschliffenen Kerben in den mesialen und distalen Gipsverlängerungen eine eindeutige Fixierung vorlag. Anschließend wurden Ober- und Unterkiefer im Bereich des herzustellenden Bisschlüssels mit **Separating Fluid** (*Ivoclar*), Gips gegen Kunststoff, isoliert. Nach dem Trocknen des Isoliermittels wurde Protemp Garant zwischen dem präparierten Stumpf, dessen Nachbarzähne und Antagonisten gespritzt. Nach dem Aushärten des Materials wurde der Bisschlüssel entfernt. Dieser wurde anschließend mit Fräsen dahingehend bearbeitet, dass das Material zu den Antagonisten nur im Bereich der Okklusalfäche Kontakt hatte. Am präparierten Zahn wurde der Schlüssel nach zervikal so weit ausgedehnt, dass eine eindeutige Repositionierung problemlos am Patienten möglich war.

4.11.5. Visuelle Überprüfung der okklusalen Relation am Patienten

Die angefertigten Bisschlüssel wurden bei dem Patienten an den präparierten Zähnen positioniert, die okklusale Relation nach langsamen Zubeißen visuell überprüft. Sollte ein Erreichen der maximalen Interkuspitation bei eingesetztem Bisschlüssel möglich sein, so wurde der Versuch als „**Erfolg**“ bewertet. Im Falle einer okklusalen Störung, bei welcher eine maximale Interkuspitation nicht möglich war, wurde der Versuch als „**Misserfolg**“ bewertet.

4.12. Darstellung der Ergebnisse nach Überprüfung der okklusalen Relation

4.12.1. Die okklusale Relation

Die okklusale Relation der Patientenabformungen wurde visuell am Patienten mittels Bisschlüssel auf Passgenauigkeit überprüft und mit einer „Erfolg/Misserfolg-Entscheidung“ dokumentiert.

5. Ergebnisse

5.1. Messstrecken

5.1.1. Prämolare – Teilkronenpräparation

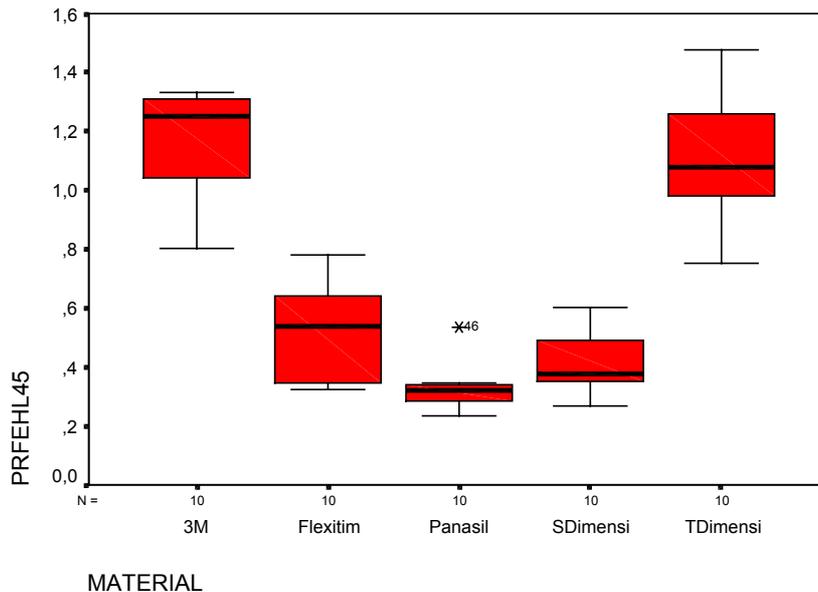


Abb. 14 Prozentuale Abweichung der aufsummierten Beträge der Einzelstrecken der Modelle vom Urmodell in %

(**3M** = Imprint; **S Dimension** = Schreinemakers-Löffel mit Dimension Penta H Quick; **T Dimension** = Triple-Tray-Abformträger mit Dimension Penta H Quick; **Panasil** = Panasil binetics)

Bei der Betrachtung aller verwendeten Abformmaterialien- und Löffel fällt die geringste Abweichung vom Urmodell bei Gebrauch des Triple-Tray-Abformträgers in Verbindung mit Panasil (*Kettenbach*) auf. Bei Verwendung von Flexitime (Heraeus-Kulzer) in Verbindung mit Triple-Tray-Löffeln und Dimension Penta H Quick (ESPE) in Verbindung mit Schreinemakers-Löffeln liegt die Abweichung im Bereich von 0,4 - 0,6 % bzw. 0,4 - 0,5 % . Die größten Abweichungen finden sich in Verbindung Imprint (3M) mit Triple-Tray-Abformträgern und Dimension Penta H Quick mit Triple-Tray-Abformträgern. Die errechneten Werte liegen mit ca. 1,0 – 1,3 % deutlich höher als die der übrigen.

Ergebnisse des Games-Howel Test bezogen auf den Triple-Tray-Abformträger mit den vier verwendeten Abformmaterialien (Zahn 45)

Imprint DAK	Flexitime DAK	Panasil DAK	
n.s.	***	***	Dimension DAK
	***	***	Imprint DAK
		*	Flexitime DAK

Tab. 7

* = $p < 0,05$ ** = $p < 0,01$ *** = $p < 0,001$ n.s. = nicht signifikant

(DAK = Dual-Arch Kunststoff)

In Tabelle 7 ist belegt, dass das Abformmaterial Imprint in Verbindung mit Dual-Arch-Kunststoffabformträgern nicht signifikant bessere Ergebnisse liefert als Dimension Penta H Quick mit dem gleichen Abformträger.

Die Unterschiede von Flexitime zu Dimension Penta H Quick und Imprint sind dagegen höchst signifikant.

Auch die Unterschiede von Panasil zu Dimension Penta H Quick und Imprint sind höchst signifikant.

Die von Panasil zu Flexitime sind signifikant.

Zusätzlich zur Darstellung der prozentualen Abweichung der aufsummierten Beträge der Einzelstrecken der Modelle vom Urmodell wurden einzelne Strecken respektive der prozentualen Abweichung vom Urmodell betrachtet. Somit war es möglich die Richtung der Abweichung, d.h. eine Vergrößerung oder eine Verkleinerung, zu beschreiben.

Für einige ausgewählte Strecken (AB, AG, AH, BG, BH, GH) ist die graphische Darstellung anhand von Boxplots im Anhang beigefügt.

Während sich die Veränderungen der Strecken in mesio-distaler Richtung mit Vergrößerungen bzw. Verkleinerungen relativ uneinheitlich darstellen (AB, GH), kommt es bei den transversalen Strecken (AG, BH) als auch bei den bukkolingual verlaufenden Strecken (AH, BG) mit wenigen ausnahmen zu Verkleinerungen.

5.1.2. 1. Molar- Inlaypräparation

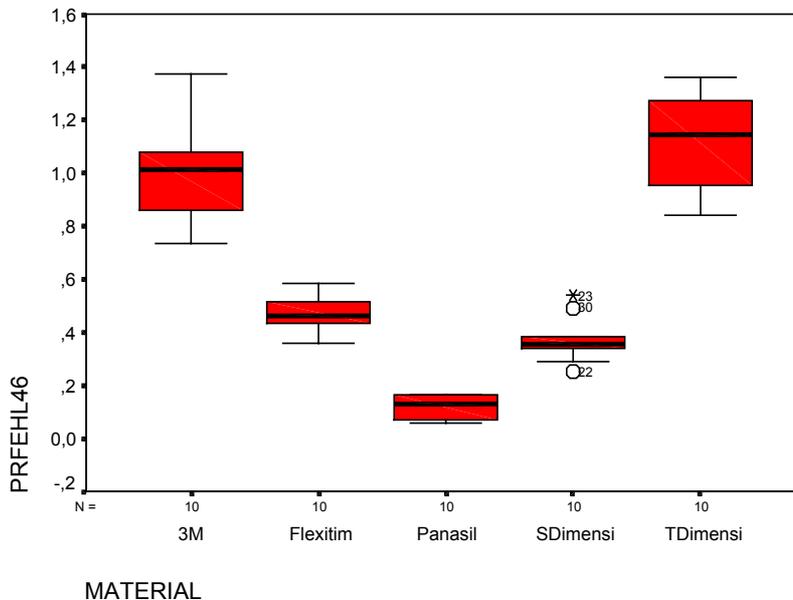


Abb. 15 Prozentuale Abweichung der aufsummierten Beträge der Einzelstrecken der Modelle vom Urmodell in %

(**3M** = Imprint; **S Dimension** = Schreinemakers-Löffel mit Dimension Penta H Quick; **T Dimension** = Triple-Tray-Abformträger mit Dimension Penta H Quick; **Panasil** = Panasil binetics)

Bei der Betrachtung aller verwendeten Abformmaterialien- und Löffel fällt die geringste Abweichung vom Urmodell bei Gebrauch des Triple-Tray-Abformträgers in Verbindung mit Panasil auf. Bei der Verwendung von Flexitime in Verbindung mit Triple-Tray-Löffeln liegt die Abweichung bei 0,4 - 0,5%. Werden Schreinemakers-Löffel in Verbindung mit Dimension Penta H Quick

verwendet liegt die Abweichung bei ca. 0,4%. Die größten Abweichungen finden sich in Verbindung Imprint und Dimension Penta H Quick, beide mit Triple-Tray- Abformträgern.

Die errechneten Abweichungen liegen mit ca. 0,9 - 1,1% bei Imprint und ca. 1,0 - 1,2 % bei Dimension Penta H Quick deutlich höher als die der übrigen.

Ergebnisse des Games-Howel Test bezogen auf den Triple-Tray-Abformträger mit den vier verwendeten Abformmaterialien (Zahn 46)

Imprint DAK	Flexitime DAK	Panasil DAK	
n.s.	***	***	Dimension DAK
	***	***	Imprint DAK
		***	Flexitime DAK

Tab. 8

* = $p < 0,05$ ** = $p < 0,01$ *** = $p < 0,001$ n.s. = nicht signifikant

(DAK = Dual-Arch Kunststoff)

In Tabelle 8 ist belegt, dass das Abformmaterial Imprint in Verbindung mit Dual-Arch-Kunststoffabformträgern nicht signifikant bessere Ergebnisse liefert als Dimension Penta H Quick mit dem gleichen Abformträger.

Die Ergebnisse von Flexitime und Panasil zu Dimension Penta H Quick und Imprint sind höchst signifikant.

Auch zwischen Panasil und Flexitime zeigt sich ein höchst signifikanter Unterschied.

Zusätzlich zur Darstellung der prozentualen Abweichung der aufsummierten Beträge der Einzelstrecken der Modelle vom Urmodell wurden einzelne Strecken respektive der prozentualen Abweichung vom Urmodell betrachtet. Somit war es möglich die Richtung der Abweichung, d.h. eine Vergrößerung oder eine Verkleinerung, zu beschreiben.

Für einige ausgewählte Strecken (JM, NP, NQ, PQ) ist die graphische Darstellung anhand von Boxplots im Anhang beigefügt.

In mesio-distaler Richtung ist es mit wenigen Ausnahmen zu einer Vergrößerung der Strecken gekommen (JM, PQ).

Bei den Strecken NP (transversale Dimension) und NQ (bukko-linguale Dimension) kam es, mit Vergrößerungen bzw. Verkleinerungen, zu uneinheitlichen Ergebnissen. Eine genaue Aussage lässt sich bei diesen Strecken nicht treffen.

5.1.3. 2. Molar- Kronenpräparation

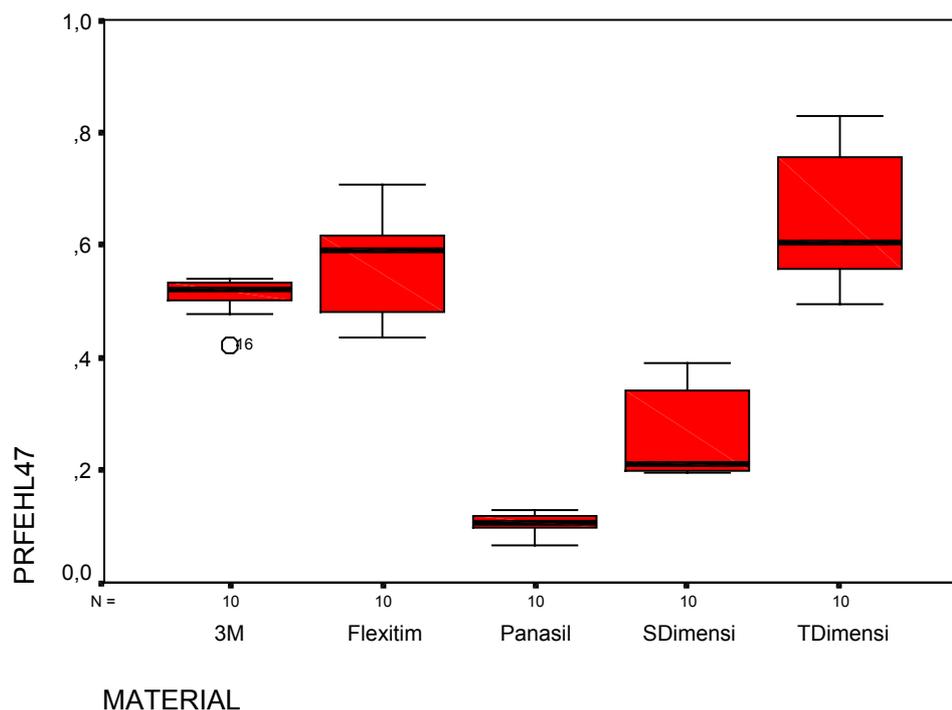


Abb. 16 Prozentuale Abweichung der aufsummierten Beträge der Einzelstrecken der Modelle vom Urmodell in %

(**3M** = Imprint; **S Dimension** = Schreinemakers-Löffel mit Dimension Penta H Quick; **T Dimension** = Triple-Tray-Abformträger mit Dimension Penta H; **Panasil** = Panasil binetics)

Bei der Betrachtung aller verwendeten Abformmaterialien- und Löffel fällt die geringste Abweichung vom Urmodell bei Gebrauch des Triple-Tray-

Abformträgers in Verbindung mit Panasil auf (0,1 %). Bei Verwendung von Imprint und Flexitime, beide in Verbindung mit Triple-Tray-Abformträgern, liegen die Abweichungen bei 0,5 - 0,6 %. Auffallend ist die deutlich größere Streuung der Abweichungen bei Flexitime. Die Abweichungen von Dimension Penta H Quick mit Schreinemakers-Löffeln liegen mit 0,2 - 0,4 % zwischen den Werten von Panasil und Imprint bzw. Flexitime. Die größten Abweichungen finden sich in Verbindung Dimension Penta H Quick mit Triple-Tray-Abformträgern (0,6 - 0,8 %).

Ergebnisse des Games-Howel Test bezogen auf den Triple-Tray-Abformträger mit den vier verwendeten Abformmaterialien (Zahn 47)

Imprint DAK	Flexitime DAK	Panasil DAK	
*	n.s.	***	Dimension DAK
	n.s.	***	Imprint DAK
		***	Flexitime DAK

Tab. 9

* = $p < 0,05$ ** = $p < 0,01$ *** = $p < 0,001$ n.s. = nicht signifikant

(DAK = Dual-Arch Kunststoff)

In Tabelle 9 zeigt sich, dass ausschließlich Panasil höchst signifikant bessere Ergebnisse liefert als die drei anderen Abformmaterialien.

Imprint liefert im direkten Vergleich mit Dimension Penta H Quick nur signifikant bessere Ergebnisse.

Die Unterschiede von Flexitime zu Dimension Penta H Quick und Imprint sind nicht signifikant.

Zusätzlich zur Darstellung der prozentualen Abweichung der aufsummierten Beträge der Einzelstrecken der Modelle vom Urmodell wurden einzelne Strecken respektive der prozentualen Abweichung vom Urmodell betrachtet.

Somit war es möglich die Richtung der Abweichung, d.h. eine Vergrößerung oder eine Verkleinerung, zu beschreiben.

Für einige ausgewählte Strecken (RV, SV, TU, TX, UW, WX) ist die graphische Darstellung anhand von Boxplots im Anhang beigefügt.

In transversaler Richtung ist es mit geringen Ausnahmen zu einer Vergrößerung der Strecken gekommen. In mesio-distaler Richtung sind die Veränderungen relativ uneinheitlich.

5.2. Shore-Härten der verwendeten Abformmaterialien

Messungen	Panasil binetics	Imprint	Dimension	Flexitime
1	79	70	64	69
2	74	71	68	69
3	79	69	65	71
4	72	68	67	71
5	76	69	69	72
Mittelwert	76	69,4	66,6	70,4

Tab. 10 Shore-Härten

Beim Vergleich der Shore-Härten der verwendeten Abformmaterialien zeigte sich, dass das Panasil das härteste der vier Abformmaterialien war, gefolgt von Flexitime und Imprint. Am weichsten war Dimension Penta H Quick.

5.3. Okklusale Relation

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Patienten
Imprint	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Dimension	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Flexitime	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Panasil	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

Tab. 11 Ergebnisse der visuellen Überprüfung der angefertigten
Bisschlüssel am Patienten

(+) = Erfolg

(-) = Misserfolg

Wie Tab. 11 belegt, zeigte die Überprüfung der eingesetzten Bisschlüssel am Patienten keine Misserfolge. Jeder der 4 pro Patient angefertigten Bisschlüssel passte so exakt, dass das Erreichen der maximalen Interkuspitation problemlos möglich war.

6. Diskussion

Ziel dieser Untersuchung war es, die Abformgenauigkeit der Triple-Tray-Löffel, bei Verwendung von Abformmaterialien unterschiedlicher Härte, mit den etablierten Methoden respektive dem konventionellen Schreinemakers-Löffel zu bewerten. Bei den vier verwendeten Abformmaterialien wurde die Shore-Härte ermittelt, um festzustellen inwieweit sich mögliche Dimensionsveränderungen in der Härte des Abformmaterials widerspiegeln.

Nach zehnmaliger Doppelmischabformung mit Schreinemakers-Löffeln, unter Verwendung von Dimension Penta H Quick als Abformmasse, wurden pro untersuchtem Abformmaterial jeweils zehn Abformungen mit Triple-Tray-Löffeln durchgeführt. Bei den vier verwendeten Abformmaterialien unterschiedlicher Hersteller ergaben sich gegenüber dem Urmodell - wie nicht anders zu erwarten- Differenzen in den Messstrecken. Die Ergebnisse sind stellenweise beeindruckend gut. Auch *Davis und Mitarbeiter* [9] kamen schon zu überraschenden Ergebnissen, als sie im Vergleich zu individuellen Löffeln geringere Abweichungen bei der Benutzung von Dual-Arch-Abformträgern erkannten.

Bei den hier durchgeführten Untersuchungen waren die Ergebnisse der Messstrecken oft uneinheitlich, sodass vergrößerte bzw. verkürzte Streckenlängen resultierten. Eine mögliche Ursache für Dimensionsveränderungen am resultierenden Modell ist die Deformation des Abformlöffels während der Abformung. Diese können sich in Vergrößerungen als auch in Verkleinerungen von Messstrecken am Modell widerspiegeln. Ein weiterer Grund für eine Vergrößerung der Messstrecken innerhalb der Modelle ist die Expansion des Gipses. Diese liegt bei den hier verwendeten Typ IV Superhartgipsen bei 0,15 % linear [14]. Auch kann es durch die Kontraktion der Abformmaterialien beim Abbindevorgang zur Wiedergabe von vergrößerten Modellen bzw. Messstrecken kommen. Durch den innigen Verbund des Abformmaterials am Löffel, unter Verwendung von Haftlacken, kann sich die Schrumpfung nur in Richtung der Löffelwand vollziehen. Daraus wiederum kann nur eine Vergrößerung der Hohlform erfolgen [34]. Bei Polyethergummi liegt diese Polymerisationsschrumpfung im Vergleich zu A-Silikonem etwas höher

[61]. Neben der Polymerisationsschrumpfung kommt es auch durch Lagerung noch zu Dimensionsveränderungen. Bei den hier verwendeten Materialien werden diese vom Hersteller für eine Lagerung von 24 Stunden wie folgt angegeben:

Panasil binetics: - 0,25 % linear

Dimension Penta H Quick: - 0,1 % linear

Imprint: - 0,15 % linear

Flexitime: - 0,18 % linear

Durch den Verlust der Haftung des Abformmaterials an der Löffelwandung kann es zu Verkleinerungen der Messstrecken im Vergleich zum Urmodell kommen.

Da alle oben beschriebenen Faktoren die Modelle bzw. die Messstrecken in gleicher Art und Weise beeinflussen, besteht für den Vergleich einzelner Serien kein Nachteil.

6.1. Versuchsreihe 1

Die vorliegenden Ergebnisse der Messstrecken (s. Boxplots im Anhang) zeigen, dass es beim Vermessen der Teilkronenpräparation sowohl in mesio-distaler, als auch in bucco-lingualer Dimension tendenziell zu Verkürzungen der Messstrecken gekommen ist. Zu anderen Ergebnissen kamen *Davis und Mitarbeiter* [9], deren Messungen tendenziell eine Vergrößerung in mesio-distaler und eine Verkürzung in bucco-lingualer Dimension ergaben.

Wie aus den Boxplots in Abb. 14 hervorgeht, liefert Panasil in Verbindung mit Triple-Tray-Löffeln die besten Ergebnisse bezogen auf die prozentuale Abweichung der aufsummierten Beträge der Einzelstrecken der Modelle vom Urmodell. Am zweitbesten schneidet in dieser Auswertung Dimension Penta H Quick in Verbindung mit dem Schreinemakers-Löffel ab. Interessant werden

diese beiden Aussagen erst mit der Feststellung, dass Dimension Penta H Quick in Verbindung mit den Triple-Tray-Löffeln die größten Abweichungen liefert.

Eine Möglichkeit, diesen Sachverhalt zu erklären, liefert die Härte der verwendeten Abformmaterialien. Dimension Penta H Quick ist mit einer Shore-Härte von 66,6 die weichste der vier getesteten Abformmassen. Als härteste Abformmasse erwies sich Panasil, gefolgt von Flexitime und Imprint. Betrachtet man nun unter Berücksichtigung der Shore-Härten noch einmal Abb. 14, so gelangt man zu der Erkenntnis, dass sich die Abformgenauigkeit der sehr elastischen Triple-Tray-Löffel in der Härte der Abformmaterialien widerspiegelt. Weichere Materialien wie Dimension Penta H Quick und Imprint sind demnach nicht in der Lage, nach Entfernung der Abformung aus dem Mund der elastischen Rückstellung der Kunststofflöffel entgegen zu wirken. Weichere Materialien sollten demnach eher in Verbindung mit verwindungsfreien Metalllöffeln benutzt werden, um Ungenauigkeiten zu vermeiden.

Ursache für die Verkürzung der Messstrecken bei der Inlaypräparation ist somit möglicherweise die geringe Steifigkeit der Triple-Tray-Löffel, sodass diese weder der elastischen Rückstellung nach Entfernung aus dem Mund noch der Kontraktion des Abformmaterials ausreichenden Widerstand gegen Verformung leisten kann. Aufgrund seiner U-Form kann der Triple-Tray-Löffel transversal wirkenden Kräften nur sehr geringen Widerstand entgegenen. Mesial, d.h. an der offenen Seite des U-förmigen Löffels, ist dieser Widerstand noch geringer, da hier die Auslenkung viel größer ist als distal am geschlossenen Teil des Abformträgers. Auch bei den hier durchgeführten Versuchen waren die Streckenveränderungen am Zahn 45 deutlicher als an den Zähnen 46 und 47.

Die Ergebnisse der Messstrecken des Zahnes 46 (s. Boxplots im Anhang) zeigen, dass es bei der Inlay-Kavität sowohl in mesio-distaler als auch in bukkolingualer Dimension tendenziell zu Vergrößerungen gekommen ist. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch schon *Rehberg und Schwickerath* [42]. Sie kamen bei Ihren Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass bei Messstrecken innerhalb von Inlay-Kavitäten alle Strecken ca. 1-2 hundertstel Millimeter größer sind als beim Urmodell. Allerdings wurden bei diesen Versuchen alle Modelle nach Abformung mit einem perforierten Metalllöffel hergestellt.

Bei Betrachtung der prozentualen Abweichung der aufsummierten Beträge zum Urmodell Abb. 15 (Zahn 46), liefert wiederum Panasil die besten Ergebnisse. Die Reihenfolge der getesteten Materialien und Löffel in Bezug auf eine möglichst geringe prozentuale Abweichung aller Messstrecken, bleibt die gleiche wie schon bei der Teilkronenpräparation an Zahn 45. Allerdings sind die Beträge prozentual gesehen bei allen Materialien zurückgegangen. Lag die prozentuale Abweichung von Panasil am Zahn 45 noch bei etwa 0,4 %, so liegt sie beim Zahn 46 bei nur noch 0,15-0,2 %. Ähnliche Verbesserungen lassen sich auch bei den anderen Materialien verzeichnen.

Auch die Ergebnisse der Messstrecken des Zahnes 47, Kronenpräparation, (s. Boxplots im Anhang) zeigen, dass es sowohl in mesio-distaler als auch in bucco-lingualer Dimension mit einigen Ausnahmen zu Vergrößerungen gekommen ist.

Bei Betrachtung der Abweichungen der Beträge zum Urmodell Abb. 16 (Zahn 47), liefert wiederum Panasil in Verbindung mit den Triple-Tray-Löffeln die besten Werte, gefolgt von Dimension Penta H Quick im Schreinemakers-Löffel. Auffällig ist bei der Betrachtung der aufsummierten Beträge an Zahn 47, dass auch die Materialien Flexitime und Imprint mit 0,5 - 0,62 % in Verbindung mit Triple-Tray-Löffeln Werte erreichen, die bei Zahn 45 nur der starre Schreinemakers-Löffel bzw. das sehr harte Abformmaterial Panasil erzielte.

Ob dies eher auf die weniger komplexe Form der Kronenpräparation oder auf die Lage des Stumpfes bei der Abformung zurückzuführen ist, lässt sich nur schwerlich beurteilen. Feststellen lässt sich aber, dass die prozentualen Abweichungen der Beträge zum Urmodell am Zahn 47, Kronenpräparation, bei allen getesteten Abformmaterialien in Verbindung mit Triple-Tray-Löffeln geringer waren als an den Zähnen 45 und 46. Je weiter sich ein Zahn distal bei der Abformung mit Triple-Tray-Löffeln befindet, desto näher liegt dieser am geschlossenen Teil des U-förmigen Löffels. An diesem Bogen bzw. in der Nähe des Bogens ist der Löffel in transversaler Richtung weniger leicht verformbar. Somit ist die Auslenkung bei transversaler Belastung deutlich geringer als am offenen Ende des U's.

Allerdings lässt sich auch feststellen, dass die Härte der verwendeten Abformmaterialien für die Abformgenauigkeit der Triple-Tray-Löffel von großer Bedeutung ist. Panasil, mit einer Shore-Härte von 76, liefert signifikant bessere

Abformergebnisse unter Verwendung des Triple-Tray-Löffels, als die drei anderen getesteten Produkte. Dies bezieht sich sowohl auf den Zahn 45 als auch auf die Zähne 46 und 47.

Welche Abweichungen im Bereich der klinischen Toleranz liegen, lässt sich anhand der einzelnen Messstrecken kaum bewerten. Festhalten lässt sich jedoch, dass Triple-Tray-Löffel, unter Verwendung von harten Abformmaterialien, geringere Abweichungen bezüglich der Beträge aller Streckenabweichungen vom Urmodell liefern als weiche Abformmaterialien.

Bei den hier durchgeführten Untersuchungen erlangte Panasil sogar geringere Abweichungen, bezüglich der Beträge aller Streckenabweichungen vom Urmodell, als die altbewährte Kombination Dimension Penta H Quick in Verbindung mit einem Schreinemakers-Löffel.

Grundsätzlich lässt sich sagen, dass harte Abformmassen eher in der Lage sind, die hohe Elastizität der Triple-Tray-Löffel zu kompensieren.

6.2. Versuchsreihe 2

Ziel dieser Untersuchung war es, das Triple-Tray System auf Genauigkeit der Wiedergabe der okklusalen Relation von Patienten zu bewerten. Beeindruckend war das sehr gute Ergebnis der Triple-Tray-Löffel bei allen vier getesteten Abformmaterialien. Alle 40 hergestellten Bisschlüssel passten so exakt, dass das Erreichen der maximalen Interkuspitation, ohne Korrekturen vornehmen zu müssen, möglich war. Dies beweist, dass es bei stabiler Okklusion möglich ist, die Abformung jeweils nur einer Kieferhälfte in maximaler Interkuspitation durchzuführen und trotzdem nach dem Ausgießen eine exakt reproduzierbare Zuordnung der Modelle zu erreichen.

Parker und Mitarbeiter [39] fanden sogar heraus, dass die okklusalen Beziehungen in maximaler Interkuspitation bei Verwendung von Dual-Arch-Abformträgern exakter waren, als bei verglichenen Abformungen des gesamten Zahnbogens. Zu berücksichtigen gilt es, dass die Zuordnung der Modelle, sowohl bei den hier durchgeführten Versuchen als auch bei denen von *Parker und Mitarbeitern* [39], nicht manuell erfolgte, sondern die Abformungen in

maximaler Interkuspitation durchgeführt wurden. Nach *Wilson und Mitarbeitern* soll sich die Verwendung von Dual-Arch-Abformträgern nur auf Gebissituationen, bei denen ausreichend okklusaler Kontakt der Zähne besteht, beschränken. Bei den hier durchgeführten Untersuchungen waren die präparierten Zähne sowohl mesial als auch distal vom Restgebiss abgestützt. Ob die Triple-Tray-Löffel auch bei endständigen Einzelkronen die okklusale Relation genau reproduzieren können, ist nicht beurteilbar. Im Verlauf dieser Arbeit wurde ersichtlich, dass auf diesem Gebiet bisher noch zu wenig Untersuchungen durchgeführt wurden und hier noch weiterer Handlungsbedarf besteht.

6.3. Schlussfolgerungen

- Sowohl bei der Abformung von Kronen als auch bei der Abformung von Inlays und Teilkronen, werden bei der Verwendung von Triple-Tray-Löffeln, in Verbindung mit harten Abformmassen, keine Nachteile in Bezug auf die Genauigkeit im Vergleich zu Schreinemakers-Löffeln festgestellt.
- Bei stabiler Okklusion ist die Verwendung von Triple-Tray-Löffeln bei Einzelkronen gegenüber herkömmlichen Löffeln nicht von Nachteil.
- Die Verwendung von Panasil binetics in Verbindung mit Triple-Tray-Löffeln und Dimension Penta H Quick in Verbindung mit Schreinemakers-Löffeln ergeben durchweg sehr gute Ergebnisse.
- Die Veränderungen der Messstrecken sind im Allgemeinen bei Abformung von Inlays und Teilkronen größer als bei Abformung von Kronen.
- Abformmassen mit hoher Shore-Härte führen mit Triple-Tray-Löffeln zu genaueren Abformergebnissen.

7. Zusammenfassung

Um die Abformgenauigkeit hinsichtlich der Dimensionstreue und okklusalen Veränderungen von Triple-Tray-Löffeln im Vergleich zum Schreinemakers-Löffel zu bewerten, wurde ein Unterkiefer-Urmodell mit den Zähnen 45 als Teilkronenpräparation, 46 als Inlaypräparation und 47 als Kronenpräparation mehrfach abgeformt. Dabei wurden die Abformungen der Triple-Tray-Löffel in einem Artikulator bei einer Sperrung von 0,3 mm durchgeführt, wobei Ober- und Unterkiefer gleichzeitig abgeformt wurden. Als Abformmaterialien wurden **Panasil binetics**, **Flexitime**, **Dimension Penta H Quick** und **Imprint** verwendet. Pro verwendetem Abformmaterial wurden 10 Abformungen mit Triple-Tray-Löffeln durchgeführt. Zum Vergleich wurden 10 Abformungen mit Dimension Penta H Quick im Schreinemakers-Löffel angefertigt. Mit Hilfe eines Messmakroskops wurden die schon vorab im Urmodell definierten Strecken an allen entstandenen Modellen gemessen, die prozentuale Abweichung zum Urmodell graphisch dargestellt und untereinander statistisch verglichen.

Weiterhin wurde die Shore-Härte der verwendeten Abformmaterialien gemessen.

In Bezug auf die drei unterschiedlichen Präparationsformen war die Abformgenauigkeit der Triple-Tray-Löffel in Verbindung mit Panasil binetics als Abformmasse besser, als die altbewährte Kombination von Schreinemakers-Löffel in Verbindung mit Dimension Penta H Quick als Abformmasse. Allgemein sind die Veränderungen der Messstrecken bei Abformung von Inlays und Teilkronen größer als bei Abformung von Kronen. Das Abformmaterial mit der höchsten Shore-Härte der untersuchten Materialien, Panasil binetics, liefert in Verbindung mit den Triple-Tray-Abformträgern signifikant bessere Ergebnisse als alle anderen untersuchten Kombinationen.

Was die exakte Wiedergabe der okklusalen Relation angeht, lässt sich feststellen, dass Triple-Tray-Löffel eine sehr genaue Zuordnung von Ober- und Unterkiefer ermöglichen, wenn eine stabile Okklusion besteht. Es ist also auch mit partiellen Löffeln möglich, eine exakte Kieferrelationsbestimmung durchzuführen.

Triple-Tray-Abformlöffel scheinen bei richtiger Indikationsstellung eine zeitsparende und kostengünstige Alternative zu den herkömmlichen Löffeln zu sein.

8. Literaturverzeichnis

- 1 Abformung und Abdruck
Zahnärztl Welt 93, 364-368 (1984)
- 2 *Bader, F., Setz, J.*
Benetzbarkeit und Wiedergabegenauigkeit von Abformmassen
Dtsch Zahnärztl Z 46, 346-348 (1991)
- 3 *Biffar, R., Bittner, B.*
Der Einfluß verschiedener Löffelformen auf das Abformergebnis
Dtsch Zahnärztl Z 44, 624-627 (1989)
- 4 *Biffar, R., Pfaller, I.*
Dimensionsgetreue Wiedergabe eines Restzahnbestandes in Abhängigkeit
vom verwendeten Abformmaterial
Quintessenz 40, 1047-1055 (1990)
- 5 *Bomberg, T. J., Hatch, R. A., Hoffmann, W.*
Impression material thickness in stock and custom trays
J Prosth Dent 54, 170-172 (1985)
- 6 *Borchers, L., Filiz, J., Meyer, W.*
Der Einfluß der Stumpfform und einiger Elastizitätskonstanten von
Silikonmassen auf die Abformgenauigkeit
Dtsch Zahnärztl Z 39, 764-769 (1984)
- 7 *Christensen, G. J.*
Obtaining optimum results with 3M impression system. Practical clinical
courses.
Provo Utah (1989)
- 8 *Coca, I.*
Das Festigkeitsverhalten von Löffelmaterialien
Quintessenz 39, 859-867 (1988)

- 9 *Davids, R. D., Schwartz, R. S.*
Dual-arch and custom tray impression accuracy
Am J Dent 4, 89-92 (1991)
- 10 *Diehl, J. M., Staufenbiel, Th.*
Statistik mit SPSS für Windows
Verlag Dietmar Klotz, Eschborn, 1. Aufl. (1997)
- 11 *Dumfahrt, H., Schäffer, H.*
Zum Dimensionsverhalten bei verschiedenen Abformverfahren mit
gummielastischen Massen in der Inlay-, Kronen- und Brückentechnik
Z Stomatol 84, 231-239 (1987)
- 12 *Eichner, K., Kappert, H. F.*
Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung
Hüthig Heidelberg, 6. Aufl. (1996)
- 13 *Franz, G.*
Über den günstigsten Zeitpunkt zur Wiederverarbeitung auf einem
Hartgipsmodell
Dent Labor 28, 217-219 (1980)
- 14 *Franz, G.*
Hartgipsverarbeitung zur Erzielung präziser Modelle
Dent Labor 29, 65-70 (1981)
- 15 *Freesmeyer, W. B., Eisemann, D., Birk, A., Lindemann, W.*
Orientierende Untersuchung über die Brauchbarkeit eines
vergleichsmikroskopischen Verfahrens zur Bestimmung der Formgenauigkeit
von Abformmaterialien
Dtsch Zahnärztl Z 38, 621-625 (1983)

- 16 *Gordon, G. E., Johnson, G. H., Drennon, D. G.*
The effect of tray selection on the accuracy of elastomeric impression materials
J Prosthet Dent 63, 12-15 (1990)
- 17 *Kaplowitz, G. J.*
Troubl-Shooting – Dual arch impressions
J Am Dent Assoc 127, 234-240 (1996)
- 18 *Koerner, G.*
Einführende Bemerkungen über die Besonderheiten der Silicone – Chemie
In: Silicone – Chemie und Technologien
Vulkan Essen (1989)
- 19 *Körber, K.*
Zahnärztliche Prothetik
Thieme, Stuttgart, 4. Auflage (1995)
- 20 *Lehmann, K. M.*
Abformung und Modell für festsitzenden Zahnersatz
In: Voß, R., Meiners, H. (Hrsg.)
Fortschritte der zahnärztlichen Prothetik und Werkstoffkunde, Bd. 4
Hanser München (1989)
- 21 *Lehmann, K. M.*
Abformung und Modell für festsitzenden Zahnersatz
In: Voß, R., Meiners, H. (Hrsg.)
Fortschritte der zahnärztlichen Prothetik und Werkstoffkunde, Bd. 3
Hanser München (1987)
- 22 *Lehmann, K. M.*
Methodik und Systematik der Abformung für festsitzenden Zahnersatz
Zahnärztl Mitt 70, 486-491 (1980)

- 23 *Lehmann, K. M., Burgdorf, H. O.*
Untersuchungen zu zweizeitigen Abformverfahren für Kronen- und Brücken
(Korrekturabdruck)
Zahnärztl Welt 87, 430-433 (1978)
- 24 *Lehmann, K. M., Burgdorf, H. O.*
Untersuchungen zu einzeitigen Abformverfahren für Kronen und Brücken
(Doppelmischabdruck)
Zahnärztl Welt 87, 434-435 (1978)
- 25 *Lehmann, K. M., Lindemann, J.*
Die Wiedergabe des Pfeilerabstandes bei einer Abformung für festsitzenden
Zahnersatz
Dtsch Zahnärztl Z 34, 691-693 (1979)
- 26 *Lehmann, K. M., Zacke, W.*
Untersuchungen zur okklusalen Schichtdicke des Korrekturmaterials bei der
Korrekturabformung
Dtsch Zahnärztl Z 38, 220-222 (1983)
- 27 *Lehner, Ch. R., Schärer, P.*
Abformmaterialien in der Kronen-Brücken-Prothetik
Schweiz Monatsschr Zahnmed 101, 629-635 (1991)
- 28 *Linke, B. A., Nicholls, J. I., Faucher, R. R.*
Distortion analysis of stone casts made from impression materials
J Prosthet Dent 54, 794-802 (1985)
- 29 *Marcinak, C. F., Draughn, R. A.*
Linear dimensional changes in addition curing silicone impression materials
J Prosthet Dent 47, 411-413 (1982)
- 30 *Marxkors, R.*
Abformung bezahnter Kiefer mit individuellen Löffeln
Zahnärztl Welt 87, 682-684 (1978)

- 31 *Marxkors, R.*
Lehrbuch der zahnärztlichen Prothetik, 2. Aufl.
Hanser München (1993)
- 32 *Marxkors, R.*
Abformfehler und deren Vermeidung
Zahnärztl Welt 94, 466-473 (1985)
- 33 Marxkors, R., Meiners, H.
Taschenbuch der zahnärztlichen Werkstoffkunde, 3. Aufl.
Hanser München (1988)
- 34 *Meiners, H.*
Eigenschaft und Genauigkeit von elastomeren Abformmaterialien
(Polysulfide, Silikone, Polyäther)
Zahnärztl Welt 87, 426-430 (1978)
- 35 *Meiners, H.*
Vergleich der verschiedenen Elastomertypen – Polyadditionssilikone
Zahnärztl Welt 87, 590-591 (1978)
- 36 *Millstein, P. L., Hsu, C. C.*
Differential accuracy of elastomeric recording materials and associated
weight change
J Prosthet Dent 71, 400-403 (1994)
- 37 *Neissen, L., Strassler, H., Levinson, P. D., Wood, G., Greenbaum, J.*
Effect of latex gloves on setting time of polyvinylsiloxane putty impression
material
J Prosthet Dent 55, 128-129 (1986)
- 38 *Noonan, J. E., Goldfogel, M. H., Lambert, R. L.*
Inhibited set of the surface of addition silicones in contact with rubber dam
Oper Dent 10, 46-48 (1985)

- 39 *Parker, M. H., Cameron, S. M., Hughbanks, J. C., Reid, D. E.*
Comparison of occlusal contacts in maximum intercuspitation for two
impression techniques
J Prosthet Dent 78, 255-259 (1997)
- 40 *Pensler, A. V.*
Combined bite update for good impressions
Dentistry today, impression techniques (1988)
- 41 *Rehberg, H. J.*
Der Abformlöffel – ein wichtiger Faktor für die Abformgenauigkeit
Dent Labor 26, 44-48 (1978)
- 42 *Rehberg, H. J., Schwickerath, H.*
Die Genauigkeit von Abformung und Modell bei der Inlay-Herstellung
Dtsch Zahnärztl Z 36, 333, (1981)
- 43 *Reiber, Th., Trbola, U.*
Vergleich der klinischen Okklusion und der Modellokklusion
Dtsch Zahnärztl Z 48, 170-173 (1993)
- 44 *Rosen, M., Touyz, L. Z. G., Becker, P. J.*
The effect of latex gloves on setting time of vinyl polysiloxane putty
impression material
Br Dent J 166, 374-375 (1989)
- 45 *Schulze, P. M.*
Beschreibende Statistik
Oldenbourg Verlag, 2. Auflage (1994)
- 46 *Schwartz, R. S., Davids, R. D.*
Accuracy of second pour casts using dual-arch impressions
Am J Dent 5, 192-194 (1992)

- 47 *Schwickerath, H.*
Konfektionierte und individuelle Löffel
Zahnärztl Mitt 70, 466-470 (1980)
- 48 *Schwickerath, H.*
Stabilität der Abformlöffel
Zahnärztl Welt 87, 596 - 598 (1978)
- 49 *Strub, J.R., Türp, J.C., Witkowski, S., Hürzeler, M.B., Kern, M.*
Curriculum Prothetik, Band II
Quintessenz Berlin, (1994)
- 50 *Taylor, W. N.*
The triple-tray method for restoring battered teeth
Compendium 14, 1174 -1177 (1993)
- 51 *Voß, R. und Meiners, H.*
Fortschritte der Zahnärztlichen Prothetik und Werkstoffkunde
Hanser München, Band 3, (1987)
- 52 *Wichmann, M., Borchers, L.*
Bestimmung der Abformgenauigkeit verschiedener Elastomere mit Hilfe
einer 3D-Koordinatenmeßmaschine (Teil 2)
Dtsch Zahnärztl Z 47, 88-91 (1992)
- 53 *Wichmann, M., Borchers, L., Limmroth, E.*
Bestimmung der Abformgenauigkeit verschiedener Elastomere mit Hilfe
einer 3D-Koordinatenmeßmaschine (Teil 1)
Dtsch Zahnärztl Z 45, 499-502 (1990)
- 54 *Wilson, E. G. et al.*
Double arch impressions for simplified restorative dentistry
J Prosthet Dent 49, 198-202, (1983)

- 55 *Wirz, J.*
Klinische Material- und Werkstoffkunde
Quintessenz Berlin (1993)
- 56 *Wirz, J., Naef, V., Schmidli, F.*
Moderne Elastomere in neuen Darreichungsformen und
Verarbeitungssystemen – Eine vergleichende Materialprüfung (Teil 1)
Quintessenz 49, 403-409 (1998)
- 57 *Wirz, J., Naef, V., Schmidli, F.*
Moderne Elastomere in neuen Darreichungsformen und
Verarbeitungssystemen – Eine vergleichende Materialprüfung (Teil 2)
Quintessenz 49, 513-520 (1998)
- 58 *Wirz, J., Schmidli, F.*
Elastische Rückstellung bei Abformstoffen
Quintessenz 38, 1383-1390 (1987)
- 59 *Wirz, J., Schmidli, F.*
Haftverbund zwischen elastomeren und Abformlöffeln
Quintessenz 40, 131-138 (1989)
- 60 *Wirz, J., Schmidli, F.*
Individuelle Abformlöffel
Schweiz Monatsschr Zahnmed 97, 1417-1422 (1987)
- 61 *Wirz, J., Schmidli, F.*
Moderne Elastomere – Wichtige physikalische Eigenschaften
Teil I: Material und Methode, Rheogramme
Quintessenz 40, 1151-1156 (1989)
- 62 *Wirz, J., Schmidli, F.*
Moderne Elastomere – Wichtige physikalische Eigenschaften
Teil II: Elastische Rückstellung und Volumenverhalten
Quintessenz 40, 1151-1156 (1989)

- 63 *Wöstmann, B.*
Zum derzeitigen Stand der Abformung in der Zahnheilkunde
Habilitationsschrift, Münster (1992)
- 64 *Wöstmann, B., Vehring, A.*
Zur Genauigkeit der Übertragung der Kieferrelation durch verschiedene
interokklusale Registrate in den Artikulator
Dtsch Zahnärztl Z 49, 554-557 (1994)

9. Anhang

9.1. Abweichungen ausgewählter Strecken der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

(**3m** =Imprint; **S Dimension** = Schreinemakers-Löffel mit Dimension Penta H Quick; **T Dimension** = Triple-Tray-Löffel mit Dimension Penta H Quick)

A: Prämolare

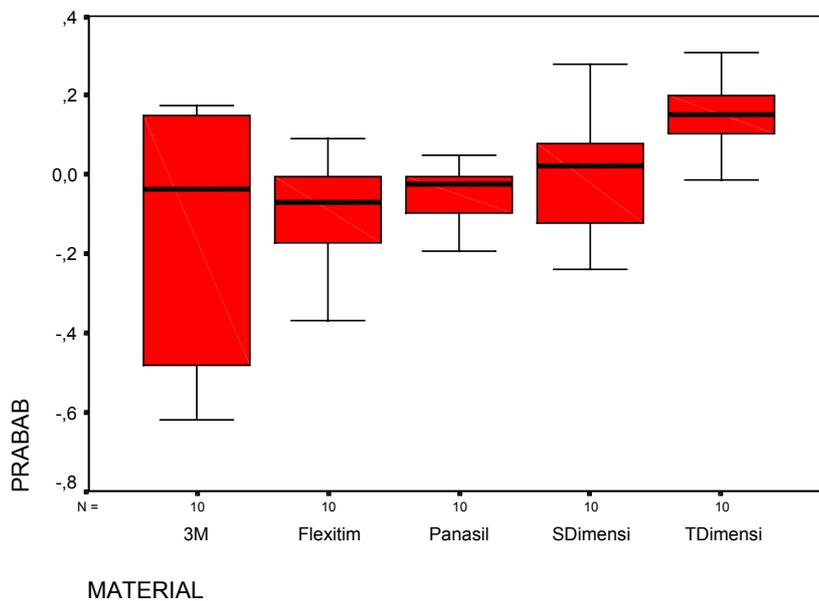


Abb. A 1 Abweichung der Strecke A-B der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

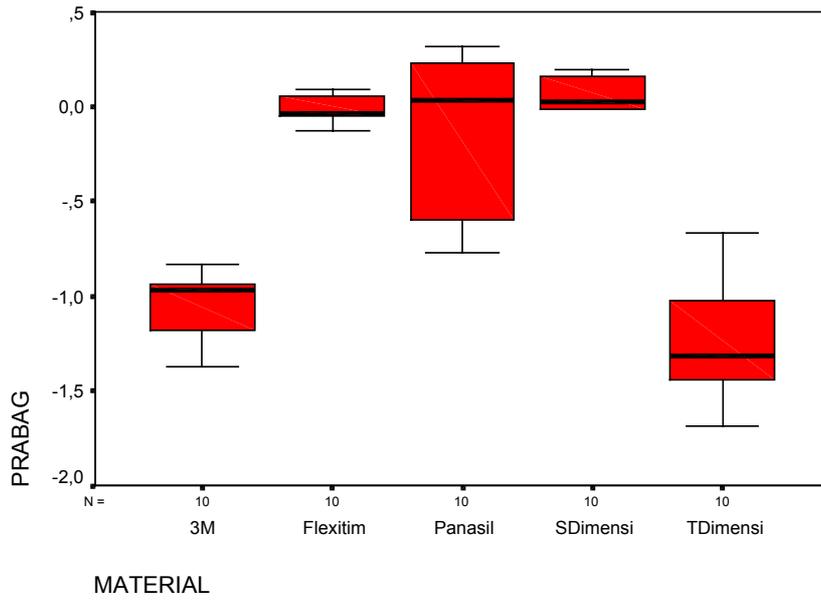


Abb. A 2 Abweichung der Strecke A-G der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

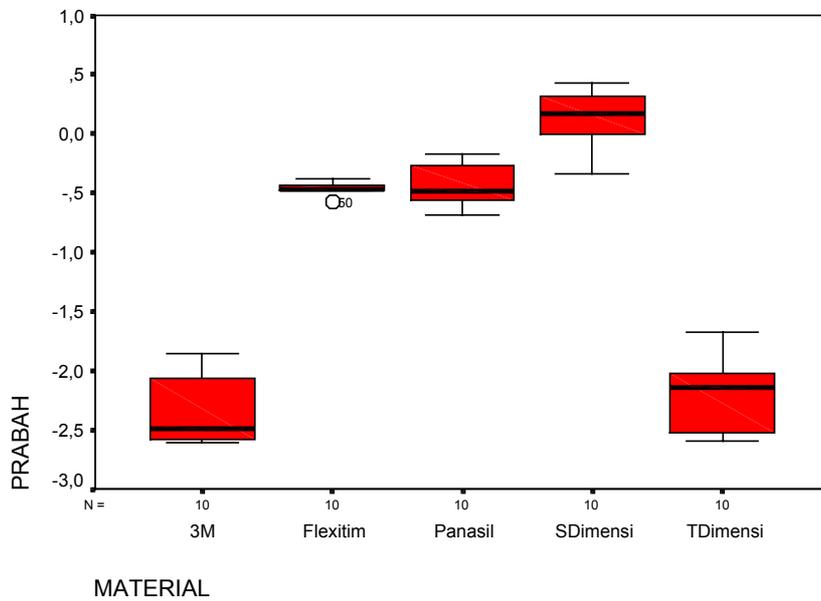


Abb. A 3 Abweichung der Strecke A -H der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

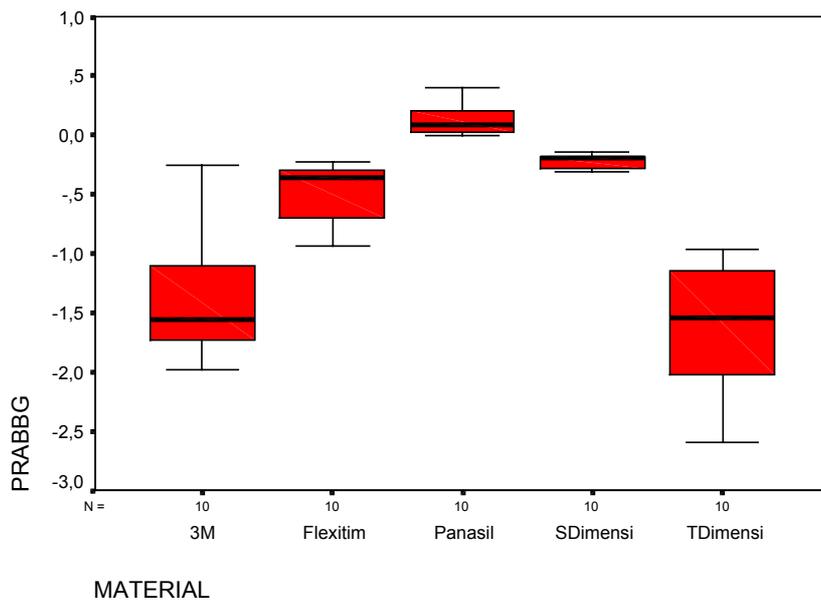


Abb. A 4 Abweichung der Strecke B -G der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

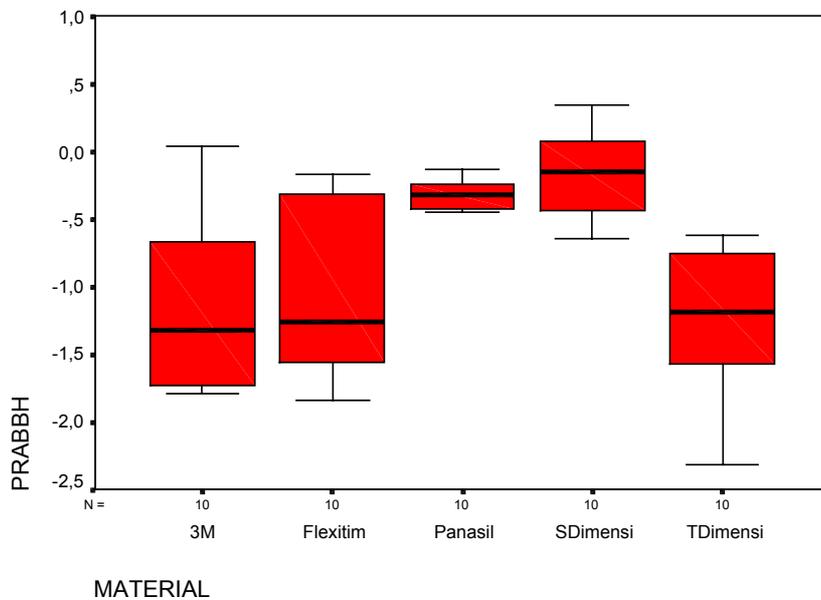


Abb. A 5 Abweichung der Strecke B -H der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

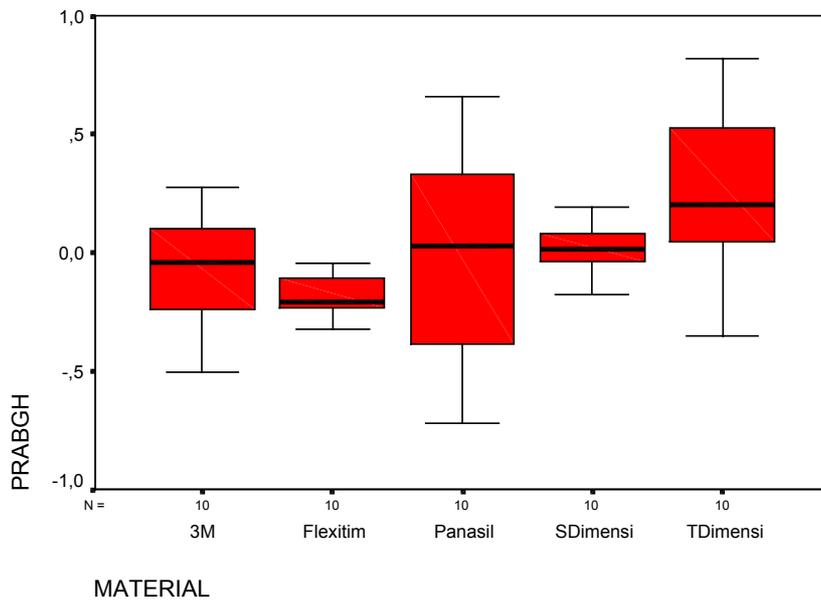


Abb. A 6 Abweichung der Strecke G -H der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

B: 1. Molar

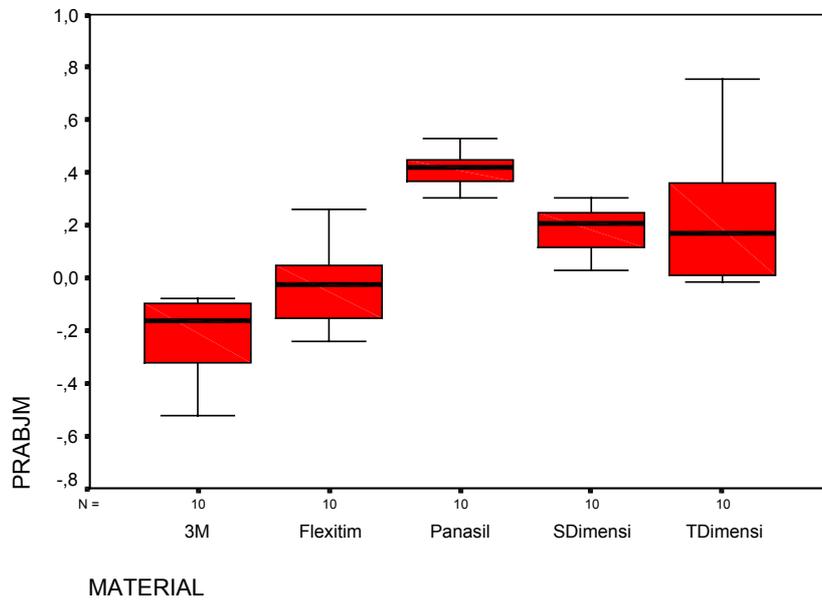


Abb. B 1 Abweichung der Strecke J-M der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

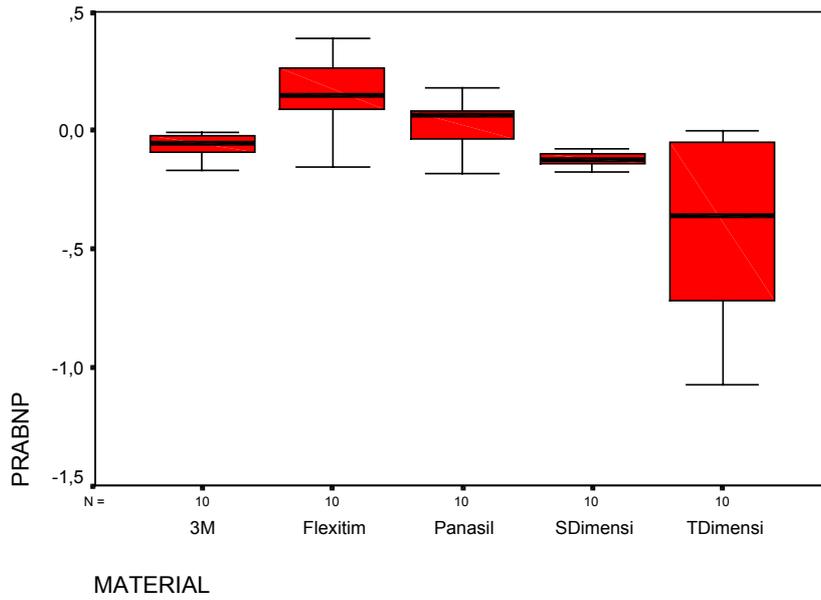


Abb. B 2 Abweichung der Strecke N-P der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

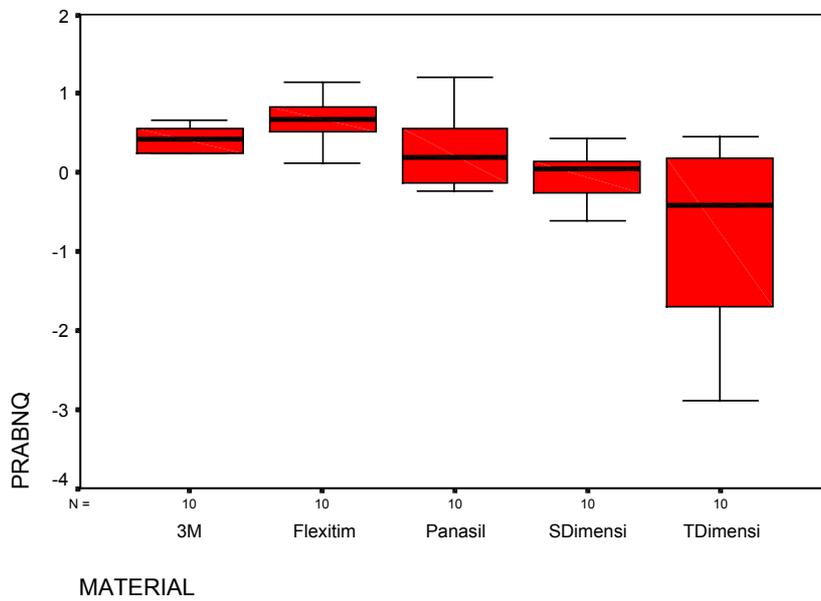


Abb. B 3 Abweichung der Strecke N-Q der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

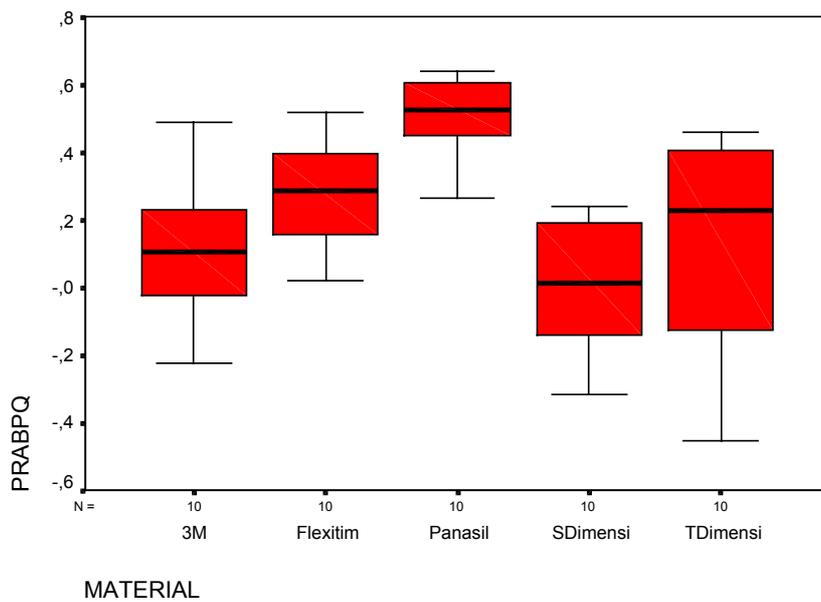


Abb. B 4 Abweichung der Strecke P-Q der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

C: 2. Molar

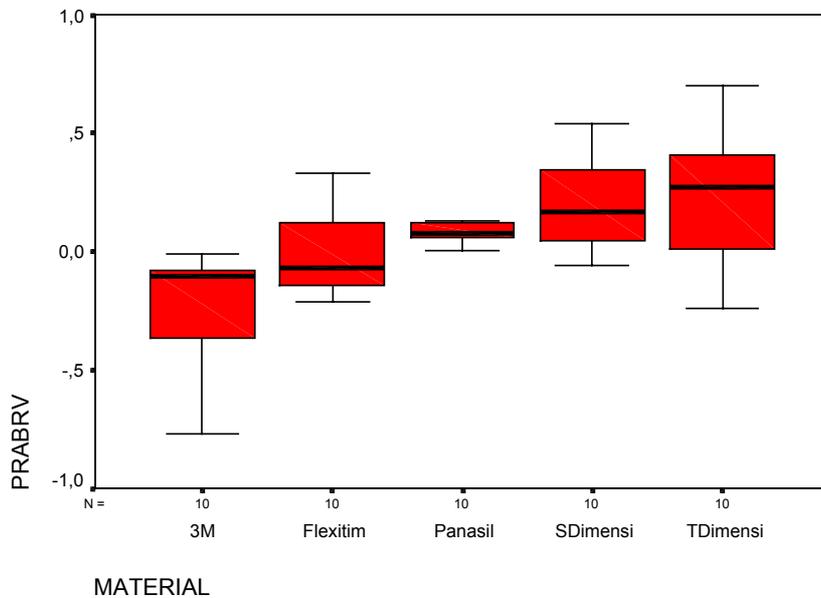


Abb. C 1 Abweichung der Strecke R-V der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

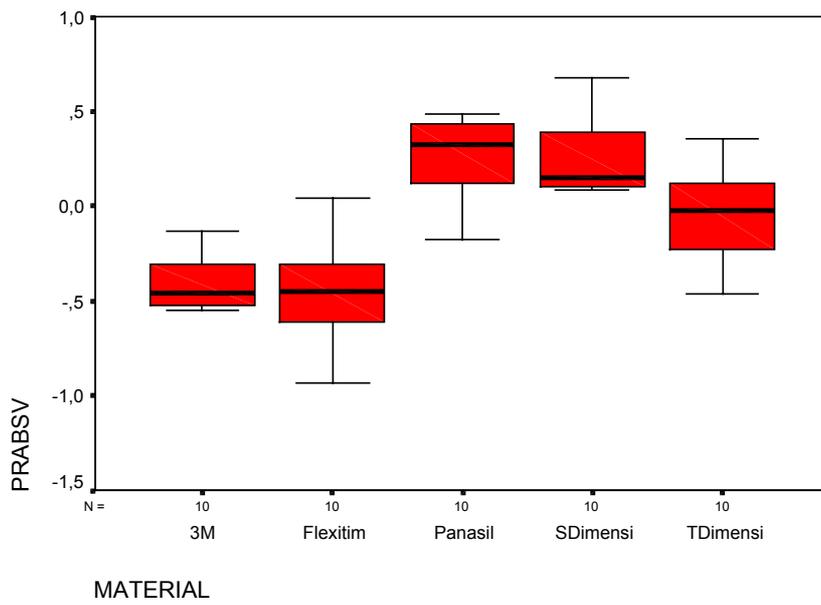


Abb. C 2 Abweichung der Strecke S-V der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

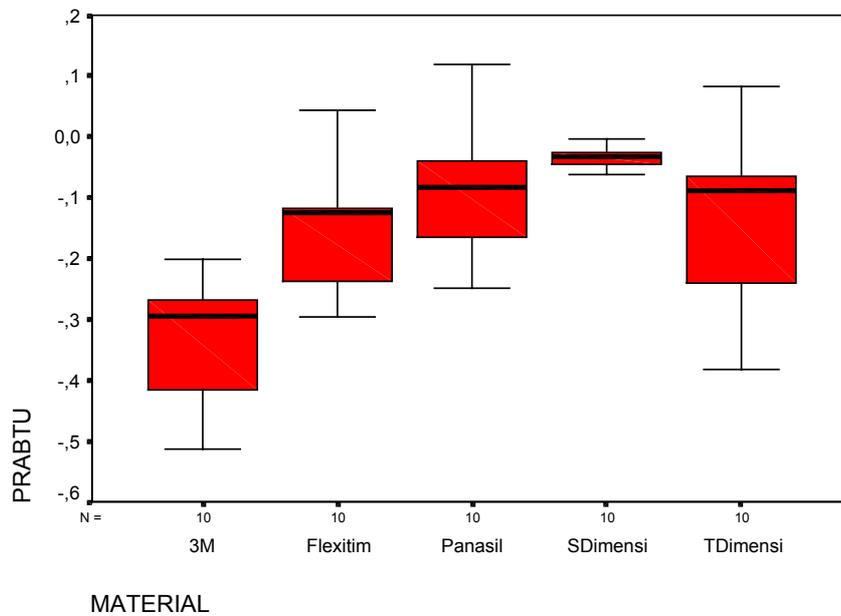


Abb. C 3 Abweichung der Strecke T-U der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

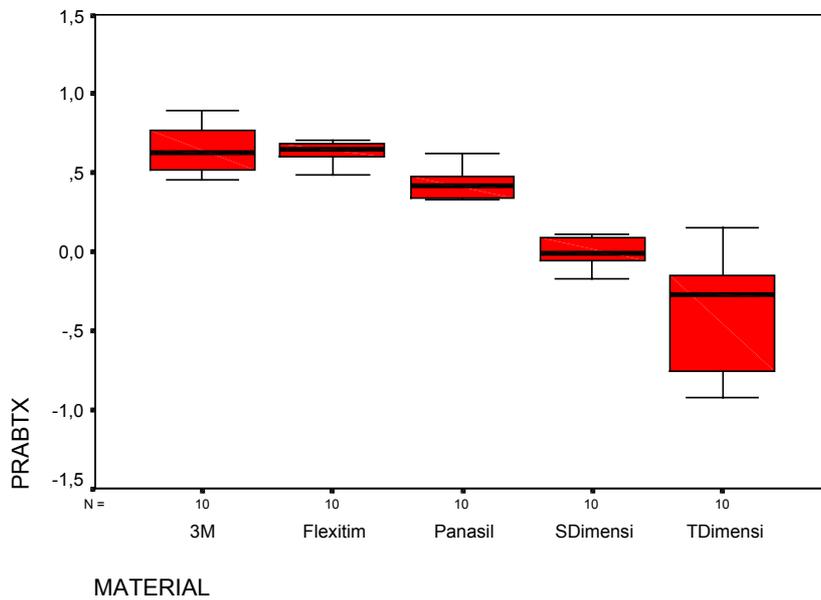


Abb. C 4 Abweichung der Strecke T-X der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

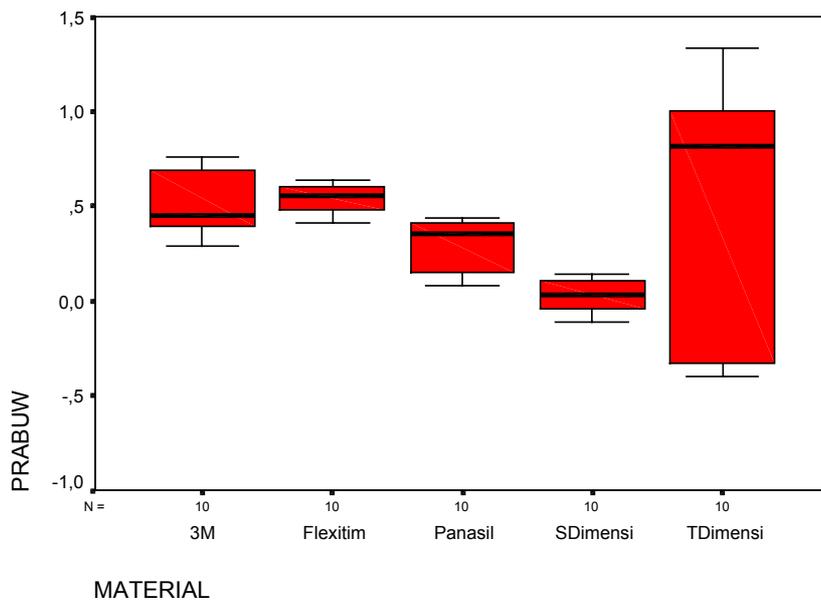


Abb. C 5 Abweichung der Strecke U-W der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

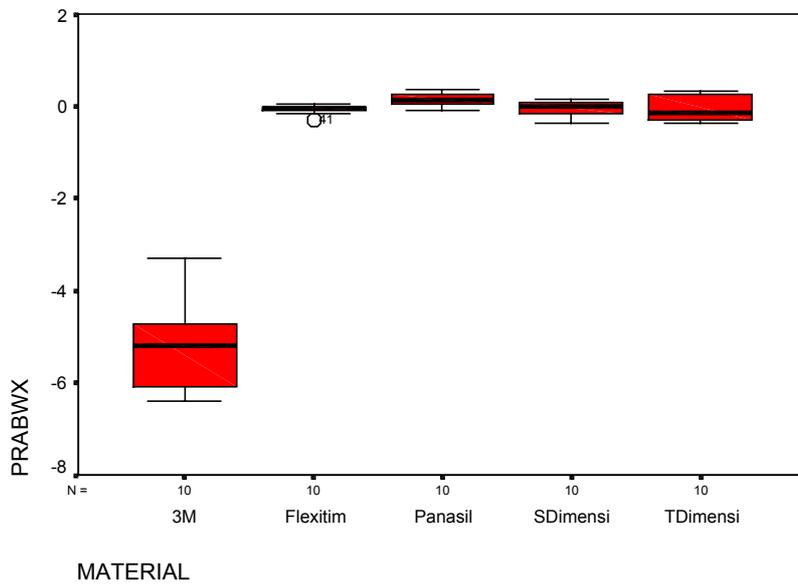


Abb. C 6 Abweichung der Strecke W-X der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

Lebenslauf

Name	Thomas Wingendorf
Geburtsdatum	15.01.1968
Geburtsort	Kirchen-Wehbach
Anschrift	Am Rissfeld 21 57548 Kirchen
Staatsangehörigkeit	deutsch
Familienstand	ledig

Schulbildung

Grundschule Kirchen	1974-1978
Geschwister Scholl Realschule Betzdorf	1978-1980
Freiherr-vom-Stein Gymnasium Betzdorf	1980-1984
Geschwister Scholl Realschule Betzdorf	1984-1985
Gymnasium am Löhrtor Siegen	1985-1986
Ausbildung zum Zahntechniker	1986-1990
Zahntechnikergeselle	1990-1991
Siegerland Kolleg Siegen	1991-1994
Zahntechnikergeselle	1994-1995
Studium der Zahnheilkunde an der Justus-Liebig-Universität Gießen	1995-2000
Zahnärztliche Prüfung und Erlangung der Approbation	2000
Antritt einer Assistentenstelle in einer niedergelassenen Praxis	2001
Promotion	2000-2002

Danksagung

Besonderer Dank geht an Herrn Prof. Dr. Bernd Wöstmann für die Überlassung des Themas sowie für die Bereitstellung des Labors in der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik (Leiter: Prof. Dr. P. Ferger) der Justus-Liebig Universität Gießen.

Ich möchte ganz besonders meinen verstorbenen Eltern danken, meinem Vater, der leider nur noch mein erstes Studiensemester miterleben konnte und meiner Mutter, die mein ganzes Studium mit sehr viel Herzblut mitgetragen hat und mich in jeder Hinsicht unterstützt hat.

Danken möchte ich auch meinen Brüdern und Freunden, die mich während des Studiums mit Rat und Tat begleitet und unterstützt haben.

Nicht zuletzt schulde ich auch einen besonderen Dank meinem Lehrmeister Thomas Kaspar, von dem ich das Handwerkszeug für meine Fertigkeiten in der Zahntechnik erlernt habe.