



NICHTS ALS DIE REINE  
**WAHRHEIT**

**Studienergebnisse der unabhängigen Studie  
zur Passgenauigkeit und Farbgebung**

Justus-Liebig-Universität Gießen  
Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik  
Leiter: Prof. Dr. B. Wöstmann

# Vorwort

Emmerich, im Juli 2010

Sehr geehrte Damen und Herren,

schön, dass Sie sich für unsere neueste Studie interessieren. Als Dental-Unternehmen mit über 20-jähriger Firmengeschichte, liegt unser Interesse an glaubwürdigen und vertrauensvollen Geschäftsbeziehungen. Wir scheuen uns deswegen nicht, unsere Qualität von einem unabhängigen Gutachter zum zweiten Mal prüfen und testieren zu lassen.

Mit dieser Studie dokumentieren wir, dass wir unserem Anspruch, der Herstellung von präzisen und hochwertigem Zahnersatz, in jeder Beziehung gerecht werden.

Wir haben die wichtigen Fertigungspunkte wie Randschluss, Okklusion, Approximalkontakte und die Farbgebung der Kronen prüfen lassen. Unser Ergebnis präsentieren wir Ihnen voller Stolz mit dieser gebundenen Ausgabe.

Laut einer Studie des Instituts der Deutschen Zahnärzte (IDZ) in Kooperation mit dem Institut für empirische Gesundheitsökonomie (IfEG), wächst der Trend zum Auslandszahnersatz. Jeder siebte Befragte zwischen 30 und 75 Jahren (14 Prozent) gab an, grundsätzlich schon einmal erwogen zu haben, sich ausländischen Zahnersatz eingliedern zu lassen. Darüber hinaus nannten 92,4 Prozent der Befragten Qualitätsaspekte als Grund für ihre Entscheidung.

Eine gute Basis, um mit hochwertigem Zahnersatz von Permamental zu arbeiten und Auslandszahnersatz seinen Patienten als Alternative empfehlen zu können.

Wir würden uns freuen, auch für Sie tätig zu werden oder Sie, als unseren treuen Kunden, mit den Studienergebnissen in Ihrer Argumentation zu unterstützen.



Otto Wijn  
Geschäftsführer



Sigrid Spitznagel  
Geschäftsführerin



Klaus Spitznagel  
Geschäftsführer

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik

Leiter: Prof. Dr. B. Wöstmann

In-vitro Untersuchung der Passgenauigkeit von Einzelzahnkronen  
im Seitenzahnbereich sowie der Übereinstimmung zwischen ge-  
wünschter und erreichter Farbgebung von Verblendungen

*02.06.2010*

# Synopsis

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| Auftraggeber                | PERMADENTAL Zahnersatz BV (Emmerich am Rhein)  |
| Titel                       | In-vitro Untersuchung der Passgenauigkeit von Einzelzahnkronen im Seitenzahnbereich sowie der Übereinstimmung zwischen gewünschter und erreichter Farbgebung von Verblendungen   |
| Gegenstand der Begutachtung | Passgenauigkeit: Keramisch vollverblendete hochgoldhaltige Einzelkronen (n=10), keramisch vollverblendete Nichtedelmetall-Einzelzahnkronen (n=10) und Zirkonoxidkronen (n=10)<br>Farbgebung: Je 1 zufällig ausgewählte Verblendung an 121 routinemäßig hergestellten Arbeiten  |
| Gutachter                   | Prof. Dr. B. Wöstmann  |
| Untersucher                 | ZÄ C. Brückel,<br>ZÄ Dr. K. Wegner,<br>MTA U. Heun   |
| Untersuchungszeitraum       | 03/2010 – 06/2010  |
| Untersuchungsziel           | 1. Bewertung von Einzelzahnkronen im Hinblick auf wichtige klinisch relevante Eigenschaften (Randschlussgenauigkeit, interne Passgenauigkeit, Okklusion, Approximalkontakte).<br>2. Bewertung der Zahnfarbe festsitzender Restaurationen   |
| Referenzmodelle / Fallzahl  | 1 Oberkiefer-Referenzmodell (Zahnkranz 18-28 aus Edelstahl mit Gipssockel, 16 herausnehmbarer Urstumpf)<br>1 Unterkiefer-Referenzmodell (Zahnkranz 38-48 aus Edelstahl mit Gipssockel)<br>30 Abformungen<br>10 keramisch vollverblendete hochgoldhaltige Einzelzahnkronen<br>10 keramisch vollverblendete Nichtedelmetall-Einzelzahnkronen<br>10 Zirkonoxidkronen<br><br>Bestimmung der Übereinstimmung zwischen gewünschter und erreichter Zahnfarbe an 121 Einheiten |
| Untersuchungsgrößen         | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Prüfung der Genauigkeit des Randschlusses mit einem Messmakroskop (Leitz)</li> <li>▪ Prüfung der internen Passgenauigkeit mit Hilfe einer 3D Koordinatenmessmaschine (Thome).</li> <li>▪ Prüfung der Okklusion der angefertigten Einzelzahnkronen mittels Shimstockfolie im Artikulator sowie einem modifizie-</li> </ul>   |

ren Mandibularpositionsindikator (SAM München)

- Prüfung der Approximalkontakte visuell bzw. mit Shimstock folie.
- Bestimmung der Zahnfarbe mittels (Spectro Shade, MHT Optic Research AG, Niederhasli, Schweiz).

---

Statistische Methoden

Statistische Auswertung und graphische Darstellung in Box-Whisker Diagrammen; Analytische Auswertung mittels parametrischer bzw. nicht-parametrischer Tests. Alle Auswertungen erfolgten mit Hilfe des Programms SPSS (*Fa. SPSS Inc., Columbus, USA*).

---

Zusammenfassung der Ergebnisse

Die vom Auftraggeber in Anwesenheit des Gutachters in seinem Labor in Shenzhen/HongKong gefertigten Einzelkronen (je 10 hochgoldhaltig, Nichtedelmetall, Zirkonoxid, alle vollverblendet) für den Zahn 16 weisen hinsichtlich ihrer marginalen Passgenauigkeit auf dem Arbeitsmodell eine marginale Genauigkeit von 37 +/- 13 µm und auf dem Originalstumpf eine marginale Adaptation von 46 +/- 17 µm auf. Diese Werte sind mit den aus anderen Studien bekannten Resultaten vergleichbar und orientieren sich in diesem Kontext an den Studien mit den günstigeren Resultaten.

Bei der inneren Rundheit lieferten hochgoldhaltige und Nichtedelmetall-Einzelkronen eine genauere Reproduktion der beiden Durchmesser der inneren Ellipse der Kronen als Zirkonoxidkronen. Der Formfehler war bei Kronen aus hochgoldhaltiger Legierung am geringsten. Hinsichtlich ihrer Okklusionsverhältnisse war an allen Kronen eine geringfügige Supraokklusion gegeben, die sich aber durch Einschleifen schnell und unproblematisch beseitigen lassen sollte. Die Differenzen befanden sich in dem Bereich einer Ungenauigkeit, wie er bei der Verschlüsselung des Oberkiefers mit dem Unterkiefer durch moderne Bissregistrierungsmaterialien ohnehin zu erwarten ist.

Die Gestaltung der Approximalkontakte war durchweg gelungen; bei keiner Restauration fehlte der Approximalkontakt; lediglich bei einer Nichtedelmetallrestauration war ein Einschleifen erforderlich.

Bei der Analyse der Farbgebung vor Ort in Shenzhen an 121 Restaurationen zeigte sich, dass keine Restauration eine größere Farbabweichung als  $\Delta E = 2$  aufwies. Im nur begrenzt einsehbaren Seitenzahnbereich dürften damit keinerlei Probleme zu erwarten sein. Aufgrund statistischer Erwägungen (Reproduzierbarkeit des

---

Messsystems in Verbindung mit einer ohnehin schon bestehenden Abweichung der Farbe in der Mundhöhle vom Farbring („Farbring passt nicht“) ist es denkbar, dass – wenn es sich um Frontzahnrestaurationen handelt – in Einzelfällen Abweichungen von der Zahnfarbe bemerkt werden könnten. Für Frontzahnrestaurationen wird daher dem Auftraggeber empfohlen, statt einer Kontrollmessung mindestens 3 Messungen vorzunehmen beziehungsweise bei nur einer Messung einen Wert von  $\Delta E < 1,7$  anzustreben.

---

# Inhaltsverzeichnis

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 EINFÜHRUNG.....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>2 ZIEL DES GUTACHTENS .....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>3 DURCHFÜHRUNG.....</b>  | <b>8</b>  |
| 3.1 Rahmenbedingungen.....  | 8         |
| 3.2 Vorgehen.....   | 9         |
| 3.3 Urmodell .....  | 9         |
| 3.4 Materialien & Techniken .....   | 10        |
| 3.4.1 Abformtechnik.....  | 10        |
| 3.4.2 Abformmaterial.....   | 11        |
| 3.4.3 Abformlöffel .....  | 11        |
| 3.4.4 Durchführung der Abformung.....   | 11        |
| 3.4.5 Zur Herstellung der Kronen verwendete Materialien.....                  | 12        |
| 3.5 Prüfverfahren.....  | 13        |
| 3.5.1 Absolute marginale Diskrepanz („Randschluss“ ).....                     | 13        |
| 3.5.2 Prüfung der internen Paßgenauigkeit (innere Rundheit) .....             | 13        |
| 3.5.3 Prüfung der Okklusion.....  | 14        |
| 3.5.4 Prüfung der Approximalkontakte.....                                     | 15        |
| 3.5.5 Prüfung der Zahnfarbe.....  | 15        |
| 3.6 Statistische Analyse und Auswertung.....                                  | 16        |
| <b>4 ERGEBNISSE .....</b>   | <b>17</b> |
| 4.1 Marginale Diskrepanz („Randschlussgenauigkeit“ ).....                     | 17        |
| 4.1.1 Messungen der marginalen Diskrepanz am Meistermodell (Gipsmodell) ..... | 17        |
| 4.1.2 Messungen der marginalen Diskrepanz am Urmodell.....                    | 18        |

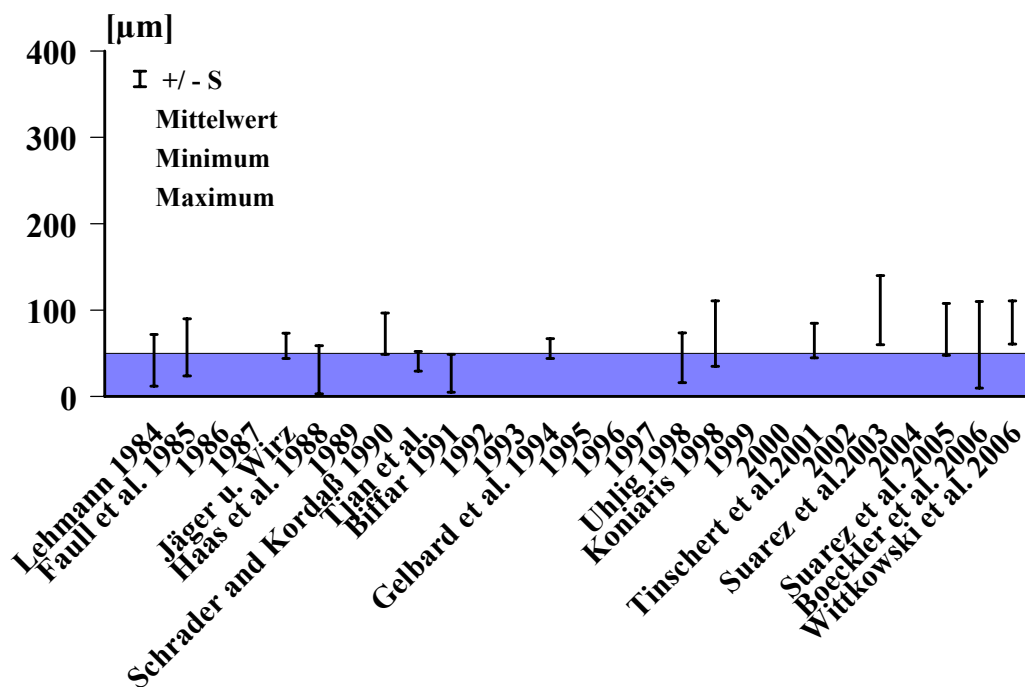
|   |           |
|---|-----------|
| 4.1.3 Vergleich der absoluten marginalen Diskrepanz zwischen Meistermodell und Urmodell .....   | 19        |
| 4.2 Übereinstimmung des Innenlumens (innere Rundheit).....  | 20        |
| 4.2.1 Messung des Urmodellstumpfs.....  | 20        |
| 4.2.2 Vergleich der gemessenen inneren Rundheit zwischen den 3 Einzelkronenarten und dem Urmodellstumpf bezüglich der Hauptscheitelachse (ADrm) ..... | 21        |
| 4.2.3 Vergleich der gemessenen inneren Rundheit zwischen den 3 Einzelkronenarten und dem Urmodellstumpf bezüglich der Achsen (BDrm) .....             | 22        |
| 4.2.4 Vergleich der gemessenen inneren Rundheit zwischen den 3 Einzelkronenarten und dem Urmodellstumpf bezüglich des Formfehlers (F.F.) .....        | 24        |
| 4.3 Okklusion .....   | 25        |
| 4.4 Approximalkontakt .....   | 25        |
| 4.5 Farbübereinstimmung .....   | 27        |
| <b>5 BEWERTUNG .....</b>  | <b>27</b> |
| 5.1 Marginale Diskrepanz .....  | 27        |
| 5.2 Innere Passgenauigkeit (innere Rundheit) .....  | 28        |
| 5.3 Okklusion .....   | 28        |
| 5.4 Approximalkontakt .....   | 29        |
| 5.5 Farbübereinstimmung .....   | 29        |
| 5.6 Zusammenfassung.....  | 29        |



# 1 Einführung

Zahlreiche Untersuchungen weisen nachdrücklich auf den hohen Stellenwert der Passgenauigkeit von feststehenden prothetischen Restaurationen hin. Neben den Arbeitsschritten in der zahnärztlichen Praxis sind die exakt durchgeführten Arbeitsschritte im zahntechnischen Labor bedeutsam für die Passgenauigkeit von feststehendem Zahnersatz.

Wichtige, klinisch relevante Kriterien bei der Bewertung von Einzelzahnkronen stellen u.a. Randschlussgenauigkeit, Okklusion, Approximalkontakte und die Zahnfarbe dar. Diese Eigenschaften sind somit wichtige Qualitätskriterien für feststehenden Zahnersatz und geben gleichzeitig Aufschlüsse über den Qualitätsanspruch eines zahntechnischen Labors. So wird in der Literatur eine marginale Adaptation von Restaurationen (Randschlussgenauigkeit) von unter 100 µm für erstrebenswert gehalten. Fehlpassungen am Kronenrand können negative Auswirkungen für den Zahn haben. Die Folgen können Gewebetraumen, Sekundärkaries, parodontale Läsionen, herabgesetzte Materialbeständigkeit und Hypersensibilität sein. Aufgrund von Diskrepanzen der Abformung zum Originalstumpf liegen die definitiven Randschlussfehler am Patienten zwar eher in einer Größenordnung zwischen 300 und 500 µm; allerdings ist es zur Minimierung dieser Ungenauigkeiten wünschenswert, dass im zahntechnischen Labor nicht unnötig große Ungenauigkeiten entstehen. Bei einer Sichtung der Literatur ist erkennbar, dass im zahntechnischen Labor Passgenauigkeiten von im Mittel unter 100 µm realisierbar sind (Abb. 1.1).



**Abb. 1.1:** In Laborversuchen erreichte Passgenauigkeiten (Randschluss) von Kronen<sup>1, 2, 5-7, 9, 12, 13, 16, 19-24</sup>

Störungen in der Okklusion - Suprakontakte oder Infrakontakte – können u.a. zu Bruxismus, zur Veränderung der Kaumuskulatur und zur Myoarthropathie führen. Passungenauigkeiten hinsichtlich der inneren Rundheit (= interne Passgenauigkeit) der Krone und der Approximalkontakte können ebenfalls begrenzend für den klinischen Langzeiterfolg einer Restauration angesehen werden.

Für die Passgenauigkeit laborgefertigten Zahnersatzes sind aus zahnärztlicher und zahntechnischer Sicht unter anderem diese genannten Kriterien (Randschluss, innere Passgenauigkeit (Rundheit), Okklusion, Approximalkontakt, Zahnfarbe) von entscheidender Bedeutung.

## 2 Ziel des Gutachtens

Das Ziel dieses Gutachtens war es, 30 Einzelkronen anhand dieser Qualitätskriterien zu untersuchen. Dazu wurden Kronen aus 3 unterschiedlichen Materialien angefertigt

- keramisch vollverblendete hochgoldhaltig, n=10
- keramisch vollverblendete Nichtedelmetall-Kronen, n=10
- Zirkonoxid, n=10

an denen folgende klinisch relevante Eigenschaften geprüft wurden:

1. maximale marginale Diskrepanz (Holmes et al., 1989<sup>8</sup>; „Randschlussgenauigkeit“)
2. Innere Passgenauigkeit (Rundheit)
3. Okklusion
4. Approximalkontakt

In einem weiteren Schritt sollte die Übereinstimmung der Zahnfarbe der Verblendung mit der von der Praxis bestellten Zahnfarbe an im Routinebetrieb hergestellten und verblendeten Restaurationen (n = 121) geprüft werden.

## 3 Durchführung

### 3.1 Rahmenbedingungen

Die Abformung des zur Anfertigung der Prüfkronen verwendeten Urmodells sowie alle Messungen (zu 2.1 – 2.4) wurden in Laborräumen bei konstanter Luftfeuchtigkeit und einer Raumtemperatur von  $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  durchgeführt. Alle Abformmaterialien wurden nach Herstellerangaben verarbeitet. Die Abformung und die Aushärtung des Abformmaterials erfolgte bei Raumtemperatur, um thermische Effekte auszuschalten.<sup>14</sup>

## 3.2 Vorgehen

Mit Hilfe eines Stumpf-Urmodells sollte geprüft werden, wie präzise laborgefertigte Einzelzahnkronen auf einen ideal präparierten Stumpf passen. Dazu wurden von einem Stumpf-Urmodell 30 Abformungen genommen und diese zur weiteren Verarbeitung an den Auftraggeber übersandt. Dieser stellte auf konventionellem Wege zunächst Gipsmodelle her und fertigte darauf die untersuchten Restaurationen. Die Anfertigung der Restaurationen erfolgte im Labor des Auftraggebers in Shenzhen/HKG in Anwesenheit des Gutachters. Anschließend wurden die Restaurationen von dort zurückgeliefert und die unter 2 genannten Parameter an den angefertigten Kronen (NEM- und hochgoldhaltig keramisch vollverblendet, Zirkonoxid) bestimmt und mit denen des Urmodells verglichen.

## 3.3 Urmodell

Zur Prüfung der Passgenauigkeit der Einzelzahnkrone hat sich das im Folgenden beschriebene Stumpf-Urmodell bewährt (s. Abb. 3.1). Bei dem Urmodell handelt es sich um ein Oberkiefer-Modell, bei dem die Zähne von 18-28 aus Edelstahl angefertigt sind. Der Zahnkranz ist auf einer Stahlplatte fixiert. Gefasst wurde das Oberkiefer-Modell mit Gips. Hierbei stellt der Zahn 16 den Urstumpf dar, der in einer Präzisionswerkstatt gefräst worden war. Er besteht aus einem Metallpfeiler, der zirkulär 2 mm planparallele<sup>1</sup> Flächen aufweist und 2,5 mm nach oben hin konisch zusammenläuft. Genauere Konstruktionsdaten sind der Abb. 3.2 zu entnehmen. Die planparallelen Flächen dienen zur Ermittlung der Genauigkeit, mit der ein einzelner Stumpf reproduziert wurde. Der Pfeiler ist okklusal mit einer zentrischen Rille versehen, die zur Rotationssicherung der Kronen auf dem Pfeiler dient. Der Urstumpf 16 ist ebenso wie die Nachbarzähne 15 und 17 in einen rechteckigen Kasten gefasst, der für jeden Zahn ein separates Fach aufweist. Der Urstumpf 16 ist mit einer Schraube auf der Stahlplatte verschraubt und lässt sich aus dem „Zahnfach“ entnehmen. Der Prüfkörper ist der klinischen Situation soweit angenähert, indem er durch einen metallischen Zahnkranz in Gips zum Modell eines vollständigen Kiefers ergänzt ist (s. Abb. 3.1).

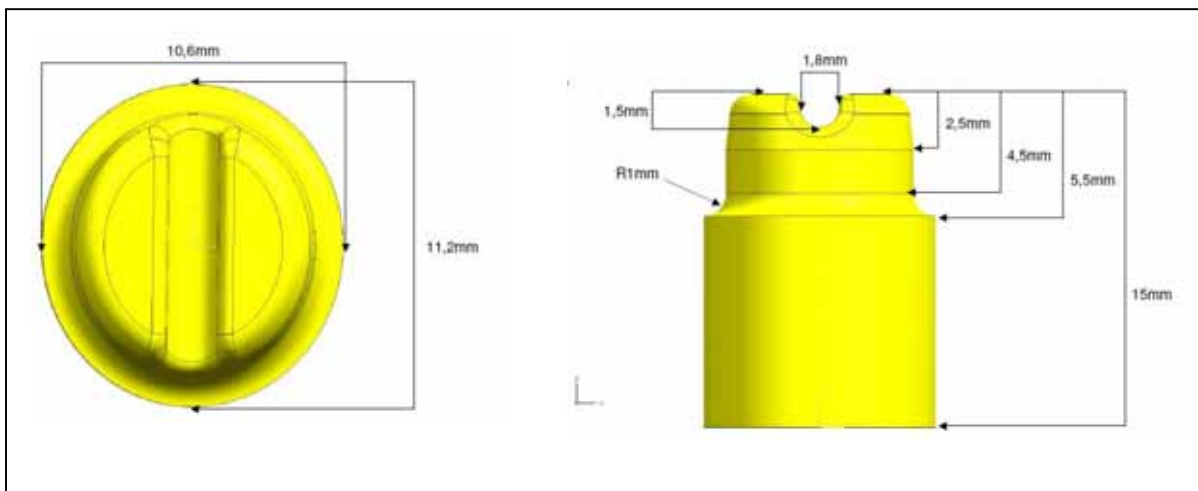
Für den Gegenkiefer wurden ebenfalls Zähne aus Edelstahl in Gips gefasst. Das Oberkiefer-Urmodell und das Unterkiefer-Urmodell wurden in zentraler Okklusion einartikuliert.

---

<sup>1</sup> Aus meßtechnischen Gründen erforderlich



**Abb. 3.1:** Stumpf- Urmodell des Ober- und Unterkiefers



**Abb. 3.2:** Schematische Darstellung des Urstumpfs

## 3.4 Materialien & Techniken

### 3.4.1 Abformtechnik

Die Abformungen wurden als Korrekturabformungen unter standardisierten Bedingungen genommen. Alle Abformungen wurden bei  $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  durchgeführt. Alle Materialien wurden nach Herstellerangaben verarbeitet.

### 3.4.2 Abformmaterial

In Tabelle 3.1 sind die Materialien aufgeführt, die zur Abformung des Urmodells verwendet wurden. Tabelle 3.2 zeigt die technischen Daten der Materialien gemäß Herstellerangaben.

| <b>Material</b>                               | <b>Charge</b> | <b>Haltbarkeitsdatum</b> |
|---|---------------|--------------------------|
| <i>Express2 Penta Putty (3M-Espe)</i>         | 384177        | 12/2011                  |
| <i>Express2 Light Body Standard (3M-Espe)</i> | 384971        | 12/2011                  |

**Tabelle 3.1:** Verwendete Materialien mit Haltbarkeitsdatum und Chargen-Nummer

| <b>Material</b>                               | <b>Shore-A Härte</b> | <b>AZ<sup>1.)</sup></b> |
|---|----------------------|-------------------------|
| <i>Express2 Penta Putty (3M-Espe)</i>         | 77                   | 10:00 min               |
| <i>Express2 Light Body Standard (3M-Espe)</i> | 53                   | 10:00 min               |

**Tabelle 3.2:** Technische Daten der verwendeten Materialien gemäß Herstellerangaben

<sup>1.)</sup> AZ: Abbindezeit (ab Mischbeginn)

### 3.4.3 Abformlöffel

Es wurden Serienlöffel aus Metall verwendet.

### 3.4.4 Durchführung der Abformung

Das Anmischen der ersten Phase erfolgte maschinell mit einem Pentamix-II-Anmischgerät.

Die Positionierung des Abformlöffels mit der Abformmasse erfolgt manuell auf dem Urmodell. Die Vorabformung wurde nach der Löffelentnahme ausgeschnitten.

Bei Durchführung der Korrekturphase, wurde der Löffel unmittelbar nach Aufbringen des Korrekturmateri als in Sollposition gebracht (Tabelle 3.3).

*(Tabelle ist auf der folgenden Seite fortgesetzt)*

| <b>Schritt</b> | <b>Maßnahme</b>   | <b>Anmerkung</b>                          |
|----------------|---|---|
| 1              | Bestreichen des Abformlöffels mit Löffeladhäsiv                                     | Löffeladhäsiv des Herstellers verwenden   |
| 2              | Anmischen des Vorabformmaterials mit der Anmischmaschine, Aufbringen auf den Löffel | VAZ beachten                              |
| 3              | Aufsetzen des Löffels, per Hand, auf das Modell                                     |   |
| 4              | Aushärten lassen (10 min ab Mischbeginn)  | Startzeitpunkt = Mischbeginn              |
| 5              | Vorabformung ausschneiden (per Hand mit Skalpell)                                   |   |
| 6              | Aufbringen des zugehörigen Korrekturmateri als aus dem Statikmischer                | - Umspritzen des stilisierten Pfeilerzahn |

|   |  |  |
|---|--|--|
|   |  | - Einbringen in die Vorabformung:  |
| 7 | Löffel in Sollposition, 5 Sek. senkrechten Druck ausüben, dann Material aushärten lassen (10 min ab Mischbeginn) | Startzeitpunkt = Austritt des ersten Abformmaterials aus dem Statikmischer |
| 8 | Löffel entnehmen   |  |

**Tabelle 3.3:** Ablauf der Abformung

### 3.4.5 Zur Herstellung der Kronen verwendete Materialien

Laut Angabe des Auftraggebers wurden zur Herstellung der Restaurationen folgende Materialien und Verfahren verwendet (Tab. 3.4):

| Schritt                               | Material        | Name/ Typ                  | Chargen-Nr. | Hersteller  |
|---------------------------------------|-----------------|----------------------------|-------------|---|
| <b>Arbeitsmodelle</b>                 | Modellgips      | DK Die Stone Ivory Type IV | Nil         | DK MUNGYO Corporation                                 |
| <b>Hochgoldhaltige Kronen</b>         | Einbettmasse    | Bellavest/Begosol HE       | Nil         | Bego  |
|                                       | Legierung       | D.Sign 98                  | \$M72991IJ  | Williams  |
|                                       | Verblendkeramik | GC Initial MC DA2          | 09081913    | Klema   |
|                                       |                 | GC Initial MC S58          | 0907031A    | Klema   |
|                                       |                 | GC Initial MC DA3          | 09090314    | Klema   |
| GC Initail MC S59                     |                 | 0910091B                   | Klema       |   |
| <b>Nichtedelmetall-restaurationen</b> | Einbettmasse    | Bellavest/Begosol HE       | Nil         | Bego  |
|                                       | Legierung       | Wirobond 280               | 12678       | Bego  |
|                                       | Verblendkeramik | GC Initial MC DA2          | 09081913    | Klema   |
|                                       |                 | GC Initial MC S58          | 0907031A    | Klema   |
|                                       |                 | GC Initial MC DA3          | 09090314    | Klema   |
| GC Initail MC S59                     |                 | 0910091B                   | Klema       |   |
| <b>Zirkonoxid-restaurationen</b>      | Zirkonoxid      | Nacera                     | 30/8        | Doceram   |
|                                       | Frässystem      | Calypso System             |             | Modern Dental Laboratory (individuell offenes System) |
|                                       | Verblendkeramik | Vintage DA2                | 100922      | Shofu   |
|                                       |                 | Vintage S58                | 110921      | Shofu   |
|                                       |                 | Vintage DA3                | 100925      | Shofu   |
| Vintage S59                           |                 | 120922                     | Shofu       |   |

**Tabelle 3.4:** Zur Herstellung der Restaurationen verwendete Materialien (Angabe des Auftraggebers)

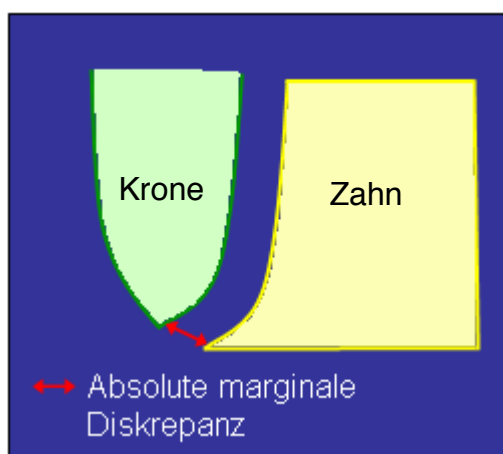
## 3.5 Prüfverfahren

### 3.5.1 Absolute marginale Diskrepanz („Randschluss“)

Mit einem Messmakroskop M420 (Leica, Bensheim, 20 bis 80-fache Vergrößerung) (Reproduzierbarkeit der Einzelmessung  $\pm 10 \mu\text{m}$ ) wurden die absolute marginale Diskrepanz aller 30 Kronen zunächst auf den Gipsstümpfen der jeweiligen Meistermodelle überprüft.<sup>8</sup>

Es wurde pro Krone jeweils an vier markierten Stellen gemessen: mesial, bukkal, distal und palatinal.

Im Anschluss wurde die marginale Diskrepanz auf dem Urstumpf bestimmt.



**Abb. 3.3:** Schematische Darstellung der absoluten marginalen Diskrepanz<sup>8</sup>

### 3.5.2 Prüfung der internen Paßgenauigkeit (innere Rundheit)

Die Kronen wurden zur Messung mit dem Lumen nach oben in Knetmasse auf dem Messtisch der Messmaschine fixiert. Mit Hilfe einer Wasserwaage wurden die Kronen parallel zum Messtisch ausgerichtet, um Messungenauigkeiten auszuschalten.

Mit einer 3D- Koordinaten- Messmaschine (CNC Rapid, THOME GmbH, Messel, Germany) wurden nun die Lumen der Kronen vermessen. Zuerst wurden die Kronen an fünf manuellen und danach automatisch an je 50 Stellen durch die Maschine angetastet. Der Messvorgang wurde pro Einzelzahnkrone zehnmal wiederholt.

Im Anschluss wurde der Stumpf 16 des Urmodells in gleicher Verfahrenstechnik zirkulär angetastet und vermessen.

Die Durchmesser (ADrm = Hauptachse, BDrM = Nebenachse) und die jeweiligen Formfehler (F.F.) der Kronen wurden mit denen des Stumpf-Urmodells verglichen.

Prüfgruppen und Anzahl der Kronen, Messpunkte und Messungen pro Krone sind in Tabelle 3.4 aufgeführt.

| <b>Kronen / Prüfgruppen</b>             | <b>Kronenanzahl pro Gruppe</b> | <b>Messpunkte pro Krone</b> | <b>Messungen pro Krone</b> |
|---|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Hochgoldhaltig-keramisch vollverblendet | 10                             | 50                          | 10                         |
| NEM- keramisch vollverblendet           | 10                             | 50                          | 10                         |
| Zirkonoxid-keramisch vollverblendet     | 10                             | 50                          | 10                         |

**Tabelle 3.4:** Prüfserien bezüglich der inneren Rundheit

### 3.5.3 Prüfung der Okklusion

Die Messvorrichtung zur Prüfung der Okklusion beruht auf einer Modifikation des Mandibular Positionsindicators (MPI) des Schul- Artikulator- München (SAM) – Systems (Firma SAM Präzisionstechnik, Gauting bei München), bei dem die mechanischen Messuhren durch sechs elektronische Uhren ausgetauscht und über die Interface-Box DMX-8 (Firma Mitutoyo Messgeräte Deutschland, Neuss) direkt mit einem Computer über eine serielle Schnittstelle zur Messdatenerfassung gekoppelt wurden (Abb. 3.4).

Die Vorrichtung entspricht einem „Non-Arcon“- Artikulator, wobei das Oberkiefermodell mit den im Labor hergestellten Einzelzahnkronen im Seitenzahnbereich auf dem Unterkiefermodell ruht und die Messuhren die Lageveränderungen an den Kondylarkugeln des Artikulatoroberteils abgreifen.



**Abb. 3.4:** Umgebauter Mandibularpositionsindikator

Die Elektronik ruft hierbei beidseits und gleichzeitig einen dreidimensionalen Messwert (x- sagittal, y- transversal, z- vertikal) von den sechs Messuhren ab.

Aus diesen Messwerten wird mit Hilfe des Messprogramms „Elektronische Einzelzahnkronenprüfung“ (EEP), eine Entwicklung der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Justus-Liebig Universität Gießen, der Gesamtübertragungsfehler berechnet, ausgedrückt als mittlere Verlagerung des



rechten und linken Kondylus gegenüber der Ausgangsposition. Mit diesem Meßsystem und dem dazugehörigen Programmteil ist es möglich, die verschiedenen Positionen des Unterkiefers räumlich einzulesen und die Abweichungen zur Ausgangssituation ohne Einzelzahnkrone zu berechnen.

Jede Einzelzahnkrone passierte dazu eine Messreihe von zehn aufeinanderfolgenden Messungen. Vor und nach jeder Messreihe wurde jeweils fünfmal eine Messung ohne Einzelzahnkrone vorgenommen.

Im Hinblick auf eine Kondylenverlagerung betrug die Reproduzierbarkeit der Messwerte  $\pm 25 \mu\text{m}$ . Der erhaltene Messwert beschreibt die Kondylenverschiebung gegenüber der Ausgangsposition ohne Krone, die sich ergeben würde, wenn die zu prüfende Restauration in die Mundhöhle eingesetzt würde.

Da mit diesem Verfahren naturgemäß nur das Ausmaß eines Suprakontaktes aber nicht einer Infraokklusion bei einer Einzelkrone prüfen kann, wurden die Restaurationen zusätzlich zunächst mit Shimstockfolie auf Infraokklusion geprüft. Dazu wird zunächst in einer Ja/ Nein Entscheidung beurteilt, ob ein Okklusionskontakt zum Antagonisten besteht. Bei nicht vorhandenem Kontakt wird solange die Shimstockfolie Lage um Lage ergänzt, bis ein spürbarer Widerstand beim Herausziehen der Folie feststellbar ist.

### ***3.5.4 Prüfung der Approximalkontakte***

Zur Überprüfung des Approximalkontaktes wird die Krone auf den präparierten Stumpf im OK-Urmodell gesetzt. Nun wird visuell beurteilt in einer Ja/ Nein Entscheidung, ob ein Kontakt zwischen den Nachbarzähnen nach mesial und distal vorhanden ist. Bei Vorhandensein eines Approximalkontaktes wird wiederum mittels Shimstockfolie bewertet, ob ein schwacher (Shimstockfolie lässt sich leicht ohne spürbaren Widerstand herausziehen), fester (Shimstockfolie lässt sich mit spürbarem Widerstand herausziehen) oder zu strammer Kontaktpunkt (Shimstockfolie zerreißt beim Herausziehen) vorhanden ist. Hierfür wird Shimstockfolie (8  $\mu\text{m}$ ) zwischen Krone und Nachbarzahn eingebracht. Anschließend wird versucht, die Shimstockfolie langsam aus dem Zahnzwischenraum herauszuziehen.

### ***3.5.5 Prüfung der Zahnfarbe***

Die Prüfung der Zahnfarbe erfolgte unabhängig von den auf dem Urmodell angefertigten Einzelzahnkronen. Hierfür wurden 121 im Routinebetrieb aus Patientenarbeiten des zahntechnischen Labors Modern Dental Lab in Hong Kong/Shenzhen randomisiert ausgewählt und untersucht. Es handelte sich um Restaurationen auf unterschiedlichen Zähnen (17-26; 37-33,44-47). Die Angabe der Zahnfarbe war anhand des Vita Classical (A1-D4; Bad Säckingen, Germany) Farbsystems erfolgt. Die Bestimmung der im Labor erreichten Zahnfarbe erfolgte vor Ort in Shenzhen in Anwesenheit des Gutachters mit Hilfe des Farbmesssystems (Spectro Shade, MHT Optic Research AG, Nie-

derhasli, Schweiz). Dabei bestimmte das digitale Farbmessgerät für jede einzelne Restauration die erreichte Zahnfarbe und errechnete die Abweichung von der Farbvorgabe ( $\Delta E$ ).

Im Anschluss wurden 10 Kronen aus den Patientenarbeiten zufällig herausgesucht und zur Ermittlung der Messgenauigkeit des Zahnfarbbestimmungsgeräts zehnmal hintereinander die jeweilige Zahnfarbe bestimmt.

### **Wahrnehmungsgrenzen von $\Delta E$ -Werten**

Für das menschliche Auge wahrnehmbare  $\Delta E$ -Werte wurden von verschiedenen Autoren differenziert beschrieben. Seghi et al. beschreibt  $\Delta E$ -Werte von 1 bis 2 als „visuell wahrnehmbar“. Cross et al. fanden, dass  $\Delta E$ -Werte von 0 bis 2 als „nicht oder nur gering wahrnehmbar“ und  $\Delta E$ -Werte von 2 bis 3 als „gerade wahrnehmbar“ sind.<sup>3</sup> Ebenso auch Cross et al., Seher et al. und Eldiwany et al. beschreiben  $\Delta E$ -Werte von 2 bis 3 als „gerade wahrnehmbar“.<sup>3, 4, 18</sup> Ruyter et al. und Schulze et al. beschreiben  $\Delta E \geq 3,3$  als deutlich wahrnehmbar.<sup>15, 17</sup> Dementsprechend werden die  $\Delta E$  Werte wie folgt eingeteilt:

- Hervorragend  $\Delta E < 0,5$
- Nicht wahrnehmbar  $> 0,5 \leq 1$
- Vielleicht gering wahrnehmbar  $> 1 \leq 2$
- Wahrnehmbar  $> 2$

## **3.6 Statistische Analyse und Auswertung**

Die erhobenen Messwerte wurden zunächst auf Normalverteilung geprüft (Kolmogorov-Smirnov Test). Die Auswertung aller erhobenen Daten erfolgte durch den Gutachter in Zusammenarbeit mit den Untersuchern.

Die Überprüfung der Messwerte auf Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov Test) ergab nicht bei allen Stichproben eine Normalverteilung ( $p \leq 0,05$ ). Allerdings lag ein balanciertes Studiendesign vor mit gleichen Gruppengrößen bezüglich des Randschlusses, der inneren Rundheit und der Okklusion, sodass hier von den Ergebnissen der Normalverteilung abgesehen werden kann. Zur Evaluierung statistisch signifikanter Differenzen wurden daher vorzugsweise parametrische und nicht-parametrische Testverfahren herangezogen mit Hilfe des Programms SPSS (*Fa. SPSS Inc., Columbus, USA*).

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Marginale Diskrepanz („Randschlussgenauigkeit“)

#### 4.1.1 Messungen der marginalen Diskrepanz am Meistermodell (Gipsmodell)

Die Mittelwerte der gemessenen marginalen Diskrepanz sind in der folgenden Tabelle 4.1 zur Übersicht zusammengefasst:

| Messstelle | Material       | Mittelwert<br>± Standardabweichung<br>[mm] |
|------------|----------------|--|
| Mesial     | Hochgoldhaltig | 0,045 ± 0,030                              |
|            | NEM            | 0,042 ± 0,027                              |
|            | Zirkonoxid     | 0,023 ± 0,012                              |
| Bukkal     | Hochgoldhaltig | 0,034 ± 0,030                              |
|            | NEM            | 0,030 ± 0,027                              |
|            | Zirkonoxid     | 0,020 ± 0,009                              |
| Distal     | Hochgoldhaltig | 0,047 ± 0,012                              |
|            | NEM            | 0,059 ± 0,035                              |
|            | Zirkonoxid     | 0,040 ± 0,020                              |
| Palatinal  | Hochgoldhaltig | 0,032 ± 0,018                              |
|            | NEM            | 0,042 ± 0,029                              |
|            | Zirkonoxid     | 0,029 ± 0,008                              |

**Tab. 4.1:** Gemessene Randspalten am Meistermodell

Für die mesialen Messpunkte ergibt sich daraus ein gesamter Mittelwert von 0,037 mm, bukkal von 0,028 mm, distal von 0,049 mm und palatinal von 0,034 mm.

| Material       | Mittelwert<br>± Standardabweichung<br>[mm] |
|----------------|--|
| Hochgoldhaltig | 0,040 ± 0,010                              |
| NEM            | 0,043 ± 0,016                              |
| Zirkonoxid     | 0,029 ± 0,008                              |

**Tab. 4.2:** Mittelwerte der 3 Materialien unabhängig von der Messentnahmestelle am Meistermodell

Aus der Berechnung aller Messwerte ergibt sich für die Randspalten an den Gipsstümpfen ein Mittelwert von 0,037 mm.

#### 4.1.2 Messungen der marginalen Diskrepanz am Urmodell

Aufgrund des Rundheitsfehlers an allen Kronen im parallelen Innenbereich (s. u.) war es zunächst nicht möglich, die Kronen auf dem Urmodell zu platzieren. Allerdings war es durch eine Aufweitung der parallelen Innenzone der Kronen schnell möglich, alle Kronen auf dem Urmodell zu platzieren. An den festgelegten Messstellen der 30 Kronen ergaben sich für die verschiedenen Materialgruppen folgende Mittelwerte:

| Messstelle | Material       | Mittelwert<br>± Standardabweichung<br>[mm] |
|------------|----------------|--|
| Mesial     | Hochgoldhaltig | 0,054 ± 0,024                              |
|            | NEM            | 0,071 ± 0,018                              |
|            | Zirkonoxid     | 0,051 ± 0,028                              |
| Bukkal     | Hochgoldhaltig | 0,026 ± 0,006                              |
|            | NEM            | 0,037 ± 0,022                              |
|            | Zirkonoxid     | 0,029 ± 0,018                              |
| Distal     | Hochgoldhaltig | 0,052 ± 0,028                              |
|            | NEM            | 0,064 ± 0,028                              |
|            | Zirkonoxid     | 0,042 ± 0,017                              |
| Palatinal  | Hochgoldhaltig | 0,043 ± 0,020                              |
|            | NEM            | 0,046 ± 0,024                              |
|            | Zirkonoxid     | 0,030 ± 0,015                              |

**Tab. 4.3:** Gemessene absolute marginale Diskrepanz am Urmodell

Für die mesialen Messpunkte ergibt sich daraus ein gesamter Mittelwert von 0,059 mm, bukkal von 0,031 mm, distal von 0,051 mm und palatinal von 0,040 mm.

Betrachtet man die Messwerte nach den drei unterschiedlichen Legierungen, so errechnet sich aus allen Messwerten für die Kronen aus Zirkonoxid insgesamt der niedrigste Mittelwert.

Die Randspalten der NEM- Kronen weisen im Mittel die höchsten Werte am Gipsstumpf auf.

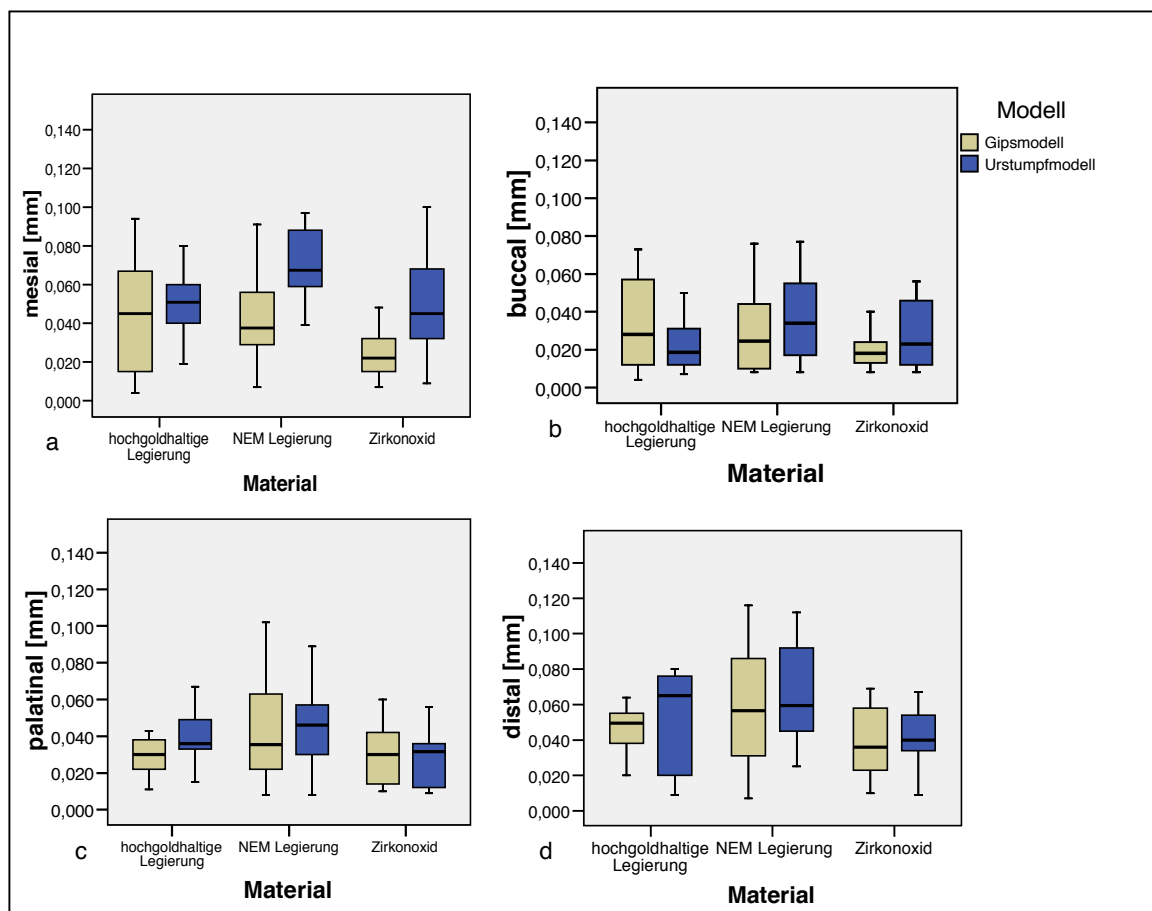
| Material       | Mittelwert<br>± Standardabweichung [mm] |
|----------------|---|
| Hochgoldhaltig | 0,044 ± 0,016                           |
| NEM            | 0,055 ± 0,016                           |
| Zirkonoxid     | 0,038 ± 0,015                           |

**Tab. 4.4:** Mittelwerte der 3 Materialien unabhängig von der Messentnahmestelle am Urmodell

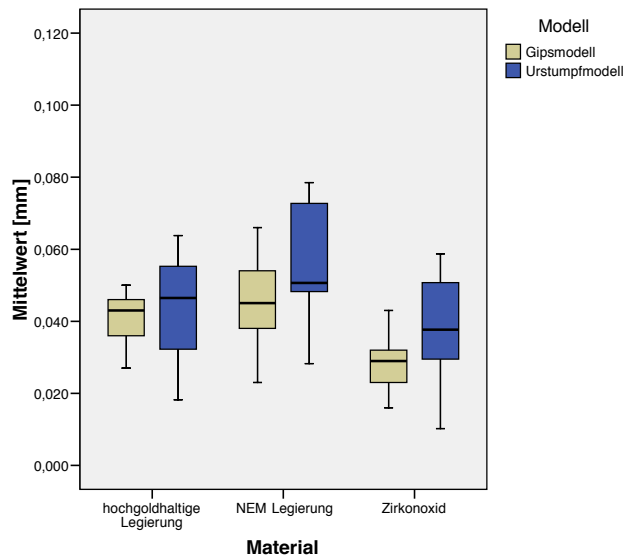
Aus der Berechnung aller Messwerte ergibt sich für die Randspalten am Urmodell ein Mittelwert von 0,046 mm.

### 4.1.3 Vergleich der absoluten marginalen Diskrepanz zwischen Meistermodell und Urmodell

Zur besseren Übersicht werden die Randspalten zuerst an allen vier Messstellen einzeln für das Gips- und Urmodell in Boxplots dargestellt. Anschließend werden die Mittelwerte für alle vier Messstellen betrachtet.



**Abb. 4.1a-d:** Vergleich der marginalen Diskrepanz („Randspalt“) mesial (a), bukkal (b), palatinal (c) und distal (d) zwischen Gips- und Urmodell



**Abb. 4.2:** Vergleich der Mittelwerte der marginalen Diskrepanz („Randspalt“) zwischen Gips- und Urmodell

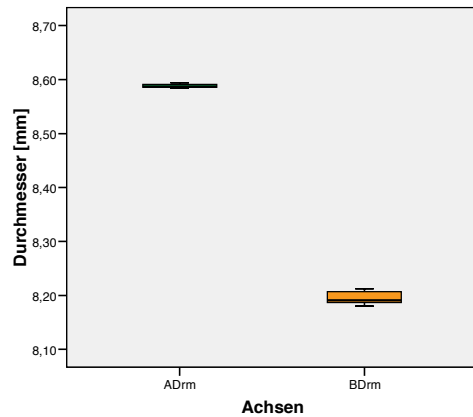
Die Mittelwerte der 3 Materialien waren unabhängig von den Messpunkten am Meistermodell niedriger als am Urmodell. Allerdings waren die Unterschiede zwischen den Modellen für keines der Materialien signifikant (T-test;  $p > 0,05$ ).

## 4.2 Übereinstimmung des Innenlumens (innere Rundheit)

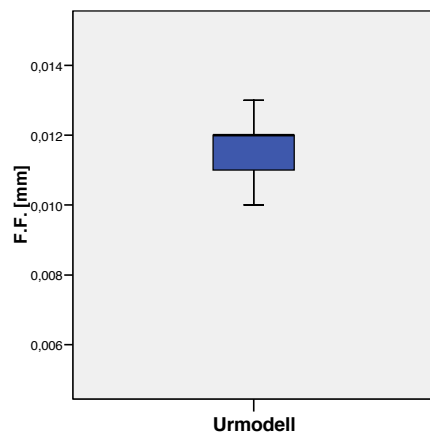
Vorbemerkung: Bei der Bewertung der inneren Rundheit wurden die Hauptscheitelachse (ADrm) und Nebenscheitelachse (BDrm) der Ellipse im Kroneninneren vermessen. Des Weiteren wurde der Formfehler (F.F.) berechnet (Der Formfehler gibt den weitesten Punkt der von der idealen Ellipse abweicht in Millimetern wieder).

### 4.2.1 Messung des Urmodellstumpfs

Der Urmodellstumpf wurde zehnmal vermessen und nachfolgend ein Mittelwert aus den Messwerten für ADrm, BDrm und F.F. sowie die gemessenen Abweichungen der Stumpfdurchmesser dargestellt (Abb. 4.5 und 4.6). Es ergab sich für den Durchmesser ADrm ein Mittelwert von  $8,588 \text{ mm} \pm 0,007 \text{ mm}$ , für BDrm von  $8,195 \text{ mm} \pm 0,012 \text{ mm}$  und für F.F. von  $0,012 \text{ mm} \pm 0,001 \text{ mm}$ . Somit zeigte sich eine Abweichung von dem gefrästen Urstumpf von 0,14 % hinsichtlich ADrm und von 0,06 % bezüglich BDrm.



**Abb. 4.5:** Gemessene Achsen ADrm und BDrm am Urmodell

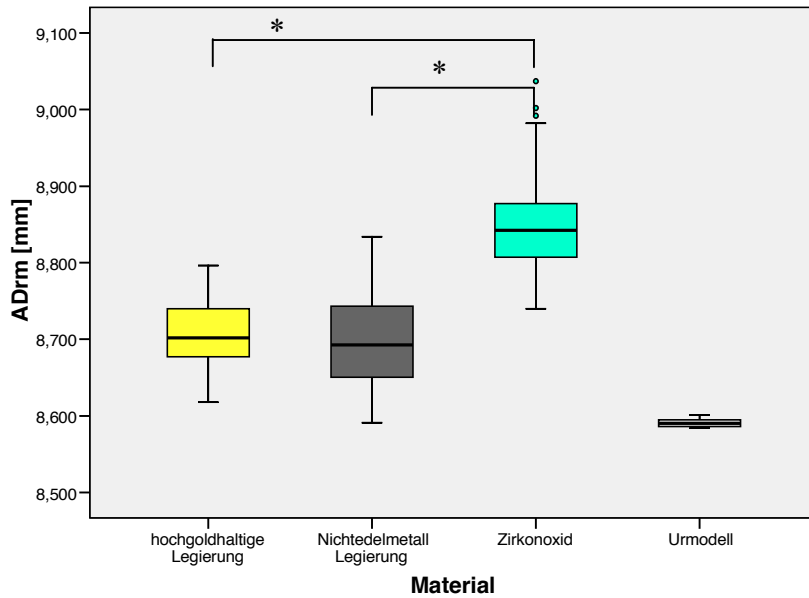


**Abb. 4.6:** Gemessener Formfehler F.F. am Urmodell

Im Folgenden wurden die an den Kronen gemessenen Achsen und der Formfehler mit denen des Urmodells verglichen.

#### ***4.2.2 Vergleich der gemessenen inneren Rundheit zwischen den 3 Einzelkronenarten und dem Urmodellstumpf bezüglich der Hauptscheitelachse (ADrm)***

Die 3D-Vermessung ergab für die Hauptscheitelachse für Kronen aus hochgoldhaltiger Legierung einen Mittelwert von  $8,71 \text{ mm} \pm 0,04 \text{ mm}$ , für Nichtedelmetall-Kronen von  $8,7 \text{ mm} \pm 0,06 \text{ mm}$  und für Zirkonoxidkronen von  $8,85 \text{ mm} \pm 0,06 \text{ mm}$  (s. Abb. 4.7). Dies entspricht einer prozentualen Abweichung der inneren Rundheit vom Urmodellstumpf von etwa 1 % für alle 3 Einzelkronenarten. Alle 3 Materialien zeigten eine signifikant größere Hauptscheitelachse im Vergleich zum Urstumpf (s. Tab 4.5; ANOVA, Tukey's Test;  $p \leq 0,05$ ). Hierbei wiesen die Kronen aus Zirkonoxid die größte und die Kronen aus hochgoldhaltiger Legierung die geringste Abweichung bei mäßiger Streuung zum Urstumpf auf. Die Kronen aus Zirkonoxid hatten eine signifikant größere Hauptscheitelachse als Einzelkronen aus hochgoldhaltiger Legierung und Nichtedelmetall Legierung ( $p \leq 0,05$ ).



**Abb. 4.7:** Grafische Darstellung der gemessenen inneren Rundheit zwischen den 3 Einzelkronenarten und dem Urmodellstumpf bezüglich der Hauptscheitelachse (ADrm) mittels Boxplots; \* signifikanter Unterschied,  $p \leq 0,05$

| Material                  | Hochgoldhaltige Legierung | Zirkonoxid    | Urmodell      |
|---------------------------|---------------------------|---------------|---------------|
| Nichtedelmetall-Legierung | $p > 0,05$                | $p \leq 0,05$ | $p \leq 0,05$ |
| Hochgoldhaltige Legierung | /                         | $p \leq 0,05$ | $p \leq 0,05$ |
| Zirkonoxid                | $p \leq 0,05$             | /             | $p \leq 0,05$ |

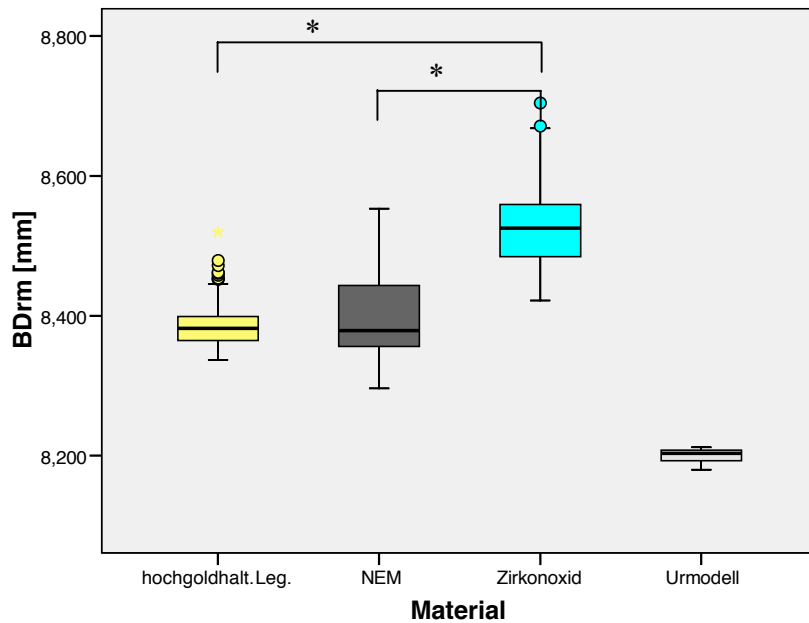
**Tabelle 4.5:** Gemessene Hauptscheitelachse (ADrm); ANOVA, Tukey's Test;  $p \leq 0,05$ ; Unterschiede zwischen den Materialien (Signifikante Unterschiede sind rot dargestellt).

### 4.2.3 Vergleich der gemessenen inneren Rundheit zwischen den 3 Einzelkronenarten und dem Urmodellstumpf bezüglich der Achsen (BDrm)

Die 3D-Vermessung ergab für die Hauptscheitelachse für Kronen aus hochgoldhaltiger Legierung einen Mittelwert von  $8,39 \text{ mm} \pm 0,04 \text{ mm}$ , für Nichtedelmetall-Kronen von  $8,39 \text{ mm} \pm 0,06 \text{ mm}$  und für Zirkonoxidkronen von  $8,53 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$  (s. Abb. 4.8). Dies entspricht einer prozentualen Abweichung der inneren Rundheit vom Urmodellstumpf von etwa 1 % für alle 3 Einzelkronenarten. Alle 3 Materialien zeigten eine signifikant größere Hauptscheitelachse im Vergleich zum Urstumpf (ANOVA, Tukey's Test;  $p \leq 0,05$ ). Hierbei wiesen die Kronen aus Zirkonoxid die größte und die Kronen aus hochgoldhaltiger Legierung die geringste Abweichung bei mäßiger Streuung zum Urstumpf auf. Sowohl bei Einzelkronen aus hochgoldhaltiger Legierung als auch bei Einzelkronen aus Nichtedelmetall Legierung fielen die Messung der Hauptscheitelachse signifikant geringer aus als



bei Zirkonoxidkronen ( $p \leq 0,05$ ). Zwischen Kronen aus hochgoldhaltiger und aus Nichtedelmetall Legierung waren keine signifikanten Unterschiede zu verzeichnen ( $p > 0,05$ ).



**Abb. 4.8:** Grafische Darstellung der gemessenen inneren Rundheit zwischen den 3 Einzelkronenarten und dem Urmodellstumpf bezüglich der Nebenscheitelachse (BDrm) mittels Boxplots; \* signifikanter Unterschied,  $p \leq 0,05$

Die Ergebnisse der Vermessung mit ANOVA sind in Tabelle 4.6 aufgeführt.

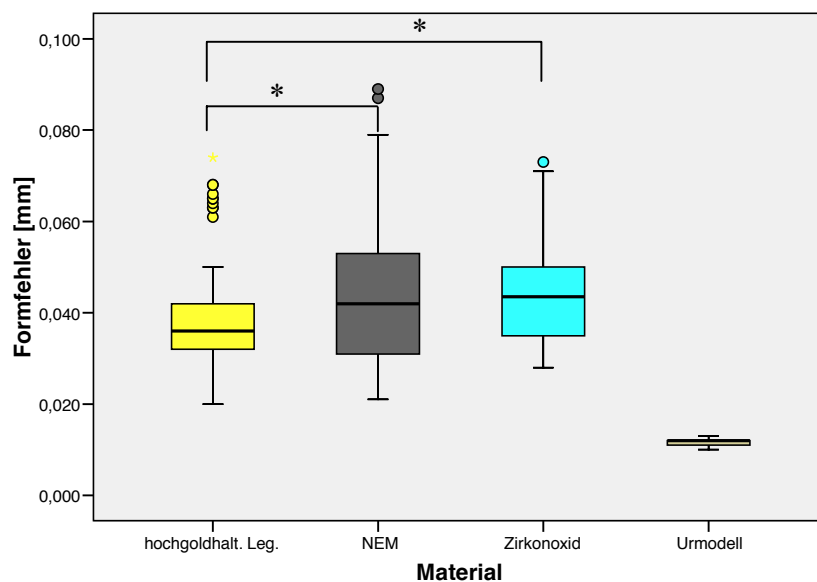
| Material                  | Hochgoldhaltige Legierung | Zirkonoxid    | Urmodell      |
|---------------------------|---------------------------|---------------|---------------|
| Nichtedelmetall Legierung | $p > 0,05$                | $p \leq 0,05$ | $p \leq 0,05$ |
| Hochgoldhaltige Legierung | /                         | $p \leq 0,05$ | $p \leq 0,05$ |
| Zirkonoxid                | $p \leq 0,05$             | /             | $p \leq 0,05$ |

**Tabelle 4.6:** Gemessene Hauptscheitelachse (BDrm); ANOVA, Tukey's Test;  $p \leq 0,05$ ; Unterschiede zwischen den Materialien (Signifikante Unterschiede sind rot dargestellt).

#### 4.2.4 Vergleich der gemessenen inneren Rundheit zwischen den 3 Einzelkronenarten und dem Urmodellstumpf bezüglich des Formfehlers (F.F.)

Die 3D-Vermessung ergab für Kronen aus hochgoldhaltiger Legierung einen Formfehler von 0,038 mm ± 0,011 mm, für Nichtedelmetall-Kronen von 0,043 mm ± 0,013 mm und für Zirkonoxidkronen von 0,044 mm ± 0,011 mm. Dies entspricht einer prozentualen Abweichung vom Formfehler des Urmodellstumpf von etwa 32,6 % für die Kronen aus hochgoldhaltiger Legierung, von 36,9 % für Kronen aus Nichtedelmetall Legierung sowie von 37,7 % für Zirkonoxidkronen. Alle 3 Materialien zeigten eine signifikant größeren Formfehler im Vergleich zum Urstumpf (ANOVA, Tukey's Test;  $p \leq 0,05$ ).

Hierbei wiesen die Kronen aus Nichtedelmetall Legierung den größten Formfehler mit großer Streuung auf im Vergleich zu den anderen beiden Materialien auf. Kronen aus hochgoldhaltiger Legierung ergaben einen signifikant geringeren Formfehler als Kronen aus Nichtedelmetall Legierung und Zirkonoxidkronen ( $p \leq 0,05$ ).



**Abb. 4.8:** Grafische Darstellung der gemessenen inneren Rundheit zwischen den 3 Einzelkronenarten und dem Urmodellstumpf bezüglich des Formfehlers (F.F.) mittels Boxplots

| Material                             | Nichtedelmetall Legierung | Hochgoldhaltige Legierung | Zirkonoxid    | Urmodell      |
|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------|---------------|
| Formfehler ± Standardabweichung [mm] | 0,043 ± 0,014             | 0,039 ± 0,011             | 0,044 ± 0,011 | 0,012 ± 0,012 |

**Tabelle 4.7:** Formfehler mit Standardabweichung für 3 Einzelkronenarten und Urmodellstumpf

| Material                  | Hochgoldhaltige Legierung | Zirkonoxid    | Urmodell      |
|---------------------------|---------------------------|---------------|---------------|
| Nichtedelmetall Legierung | $p > 0,05$                | $p > 0,05$    | $p \leq 0,05$ |
| Hochgoldhaltige Legierung | /                         | $p \leq 0,05$ | $p \leq 0,05$ |
| Zirkonoxid                | $p \leq 0,05$             | /             | $p \leq 0,05$ |

**Tabelle 4.8:** Gemessener Formfehler (F.F.); ANOVA, Tukey's Test;  $p < 0,05$ ; Unterschiede zwischen den Materialien (Signifikante Unterschiede sind rot dargestellt).

### 4.3 Okklusion

Bei der Okklusionsprüfung mit Shimstockfolie wiesen alle Restaurationen okklusale Kontakte auf. Die anschließende Prüfung im Mandibularpositionsindikator ergab eine mittlere zu erwartende Verschiebung der Kondylen von 0,25 mm wenn die Restaurationen ohne weitere okklusale Korrekturen verwendet worden wären. Zu beachten ist dabei, dass die Meßgenauigkeit des Systems (Leerwert, Tab. 4.9) 0,06 mm beträgt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4.9 gelistet.

| Restauration              | ERROR_L<br>± Standardabweichung [mm] | ERROR_R<br>± Standardabweichung [mm] | ERROR_RL<br>± Standardabweichung [mm] |
|---------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Zirkonoxid                | 0,21 ± 0,14                          | 0,28 ± 0,17                          | 0,24 ± 0,13                           |
| Hochgoldhaltige Legierung | 0,19 ± 0,14                          | 0,28 ± 0,19                          | 0,24 ± 0,15                           |
| Nichtedelmetall Legierung | 0,25 ± 0,15                          | 0,30 ± 0,13                          | 0,28 ± 0,13                           |
| Leerwert                  | 0,09 ± 0,06                          | 0,04 ± 0,02                          | 0,06 ± 0,04                           |

**Tabelle 4.9:** Ergebnisse der Okklusionsprüfung mittels Mandibularpositiosindikators. Error\_R / Error\_L (Error\_RL : Kondylenverschiebung / linkes / rechtes / beide Kiefergelenk(e))

Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen allen Restaurationsformen und dem Leerwert (ANOVA, Tukey's Test;  $p < 0,05$ ), der auf geringfügige Suprakontakte hindeutet. Es fallen die geringfügig größeren Verschiebungen im Bereich des rechten Oberkiefers auf.

### 4.4 Approximalkontakt

Von den 30 Einzelzahnkronen wiesen 29 mesial und distal Approximalkontakte auf. Nur bei einer Nichtedelmetall-Krone mussten die Approximalkontakte korrigiert werden, da sich die Krone nicht anders in Sollposition bringen ließ.

Bei den einzelnen Restaurationsarten ergab sich die folgende Verteilung (Tab. 4.10 – 4.12):

| <b>Approximalkontakt vorhanden</b> | <b>Bewertung</b> | <b>mesial</b> | <b>distal</b> |
|------------------------------------|------------------|---------------|---------------|
| NEIN                               |                  | 1             | 1             |
| JA                                 | stramm           | 4             | 6             |
|                                    | fest             | 4             | 2             |
|                                    | schwach          | 1             | 1             |

**Tabelle 4.10:** Approximalkontakte der NEM Einzelkronen (n = 10)

| <b>Approximalkontakt vorhanden</b> | <b>Bewertung</b> | <b>mesial</b> | <b>distal</b> |
|------------------------------------|------------------|---------------|---------------|
| NEIN                               |                  | 0             | 0             |
| JA                                 | stramm           | 3             | 3             |
|                                    | fest             | 6             | 5             |
|                                    | schwach          | 1             | 2             |

**Tabelle 4.11:** Approximalkontakte der hochgoldhaltigen Einzelkronen (n = 10)

| <b>Approximalkontakt vorhanden</b> | <b>Bewertung</b> | <b>mesial</b> | <b>distal</b> |
|------------------------------------|------------------|---------------|---------------|
| NEIN                               |                  | 0             | 0             |
| JA                                 | stramm           | 2             | 2             |
|                                    | fest             | 8             | 7             |
|                                    | schwach          | 0             | 1             |

**Tabelle 4.12:** Approximalkontakte der Zirkonoxidkronen (n = 10)

Der Vergleich der Approximalkontakte zeigt, dass weder für die mesialen noch für die distalen Approximalkontakte signifikante Unterschiede zwischen den Materialien vorliegen (Kruskal-Wallis-Test,  $p > 0,5$ ). Hierbei lieferten die Zirkonoxidkronen die besten Ergebnisse bezüglich des Approximalkontaktes, gefolgt von hochgoldhaltigen und Nichtedelmetall-Einzelzahnkronen.

## 4.5 Farbübereinstimmung

Die Reproduzierbarkeit der Einzelmessung des Messsystems wurde aus 10 Messungen mit 0,25 ΔE (Range) bestimmt. Die 121 geprüften Restaurationen waren nach der unter 3.5.5 vorgestellten Einteilung wie folgt bewertet:

- Hervorragend ( $< 0,5$ ) n = 9
- Nicht wahrnehmbar ( $\Delta E > 0,5 \leq 1$ ) n = 29
- Vielleicht gering wahrnehmbar ( $\Delta E > 1 \leq 2$ ) n = 91
- Wahrnehmbar ( $\Delta E > 2$ ) n = 0

Die mittlere Abweichung der im Labor angefertigten Zahnfarbe von der vom Behandler gewünschten Zahnfarbe zeigte ein ΔE von 1,19 auf (Tab. 4.13).

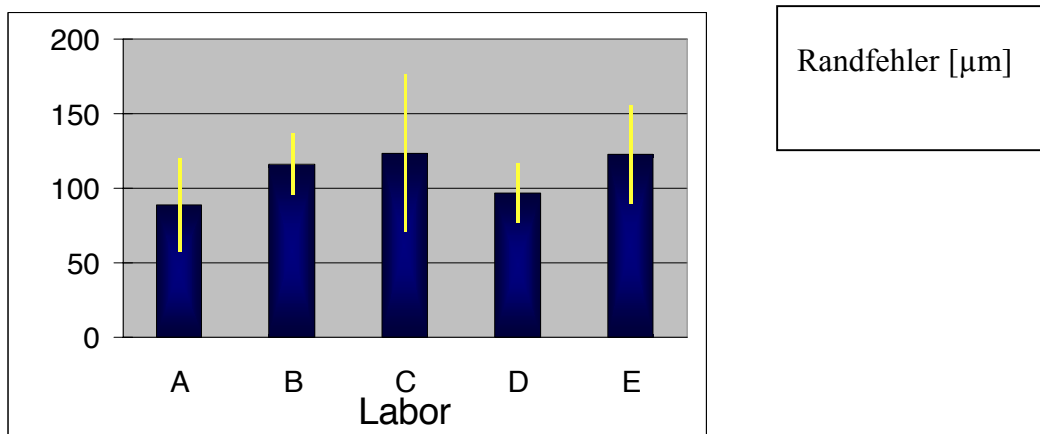
|    | N   | Minimum | Maximum | Mittelwert | Standardabweichung |
|----|-----|---------|---------|------------|--------------------|
| ΔE | 121 | 0,21    | 2,00    | 1,19       | 0,45               |

**Tabelle 4.13:** Abweichung der Restaurationsfarbe von 121 Restaurationen von der Sollvorgabe (ΔE Wert).

## 5 Bewertung

### 5.1 Marginale Diskrepanz

Die erreichte Passgenauigkeit der Restaurationen liegt für alle 3 Materialien in einem hervorragenden Bereich. In einer Untersuchung von Kerschbaum wurden ebenfalls Restaurationen auf ihre Herstellungsgenauigkeit untersucht.<sup>11</sup> Die hier erzielten Werte liegen deutlich näher am Ideal als die von Kerschbaum beschriebenen Ergebnisse (Abb. 5.1).



**Abb. 5.1:** Marginale Diskrepanz, Kerschbaum, Th., Porschen, C., Dtsch Zahnärztl Z (1998)<sup>11</sup>

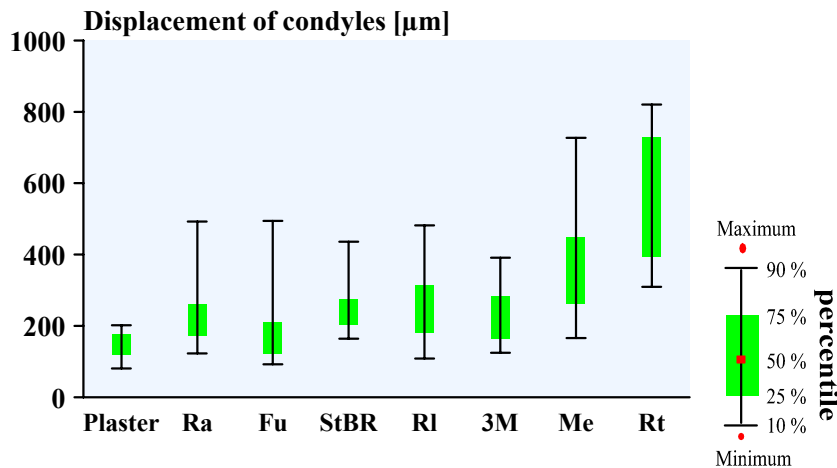
Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass die hier erreichten Ergebnisse ideale Vorbedingungen (stilisierter Stumpf mit deutlich erkennbarer, absolut sauberer Präparationsgrenze) aufwiesen und daher eher mit den Studienergebnissen aus Abb. 1.1 verglichen werden sollten. Aber auch im Kontext dieser Daten sind die hier erreichten Ergebnisse in jedem Fall in der oberen Hälfte der Ergebnisse anzusiedeln.

## 5.2 Innere Passgenauigkeit (innere Rundheit)

Bei der Bestimmung der internen Passgenauigkeit der Restaurationen fiel auf, dass alle Restaurationen im Bereich der parallelen Wandung des Stumpfes einen etwas zu geringen Durchmesser aufwiesen und daher primär auf dem Urmodell nicht in Sollposition zu bringen waren. Dieser Fehler ließ sich aber leicht durch Ausschleifen korrigieren. In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, dass einerseits die Vorgabe einer parallelen Stumpfform extreme Anforderungen an die Zahntechnik stellt und andererseits das Urmodell mit einer Korrekturabformung wiedergegeben wurde, so dass sich die etwas zu kleinen Modellstümpfe der Gipsmodelle zwanglos erklären. Sinnvollerweise wäre im Labor eine weitere Spacerschicht aufzubringen gewesen um die Radiusdifferenz von max. ca. 30 µm zu kompensieren.

## 5.3 Okklusion

Die Einstellung korrekter Okklusionsverhältnisse ist im Wesentlichen ebenfalls gut gelungen. Keine einzige Restauration wies eine Nonokklusion auf. Die gemessene zu erwartende Kondylenverlagerung lag in einer Größenordnung, die bei der Verschlüsselung von Modellen mit verschiedenen Registriermaterialien ohnehin zu erwarten ist (Abb. 5.2). Lediglich bei der Verwendung von Gips als Verschlüsselungsmaterial lassen sich bessere Ergebnisse erzielen. Klinisch dürften sich geringfügige Suprakontakte auf den Restaurationen ergeben, die aber durch Einschleifen leicht zu beseitigen sind. In Anbetracht des erheblichen logistischen Aufwandes, den die Korrektur einer Infraokklusion mit sich bringen würde, ist die Einstellung einer geringfügigen Supraokklusion auf sicher von Vorteil, da diese in jedem Fall leicht zu beheben ist.



**Abb. 5.2:** Kondylenverlagerung bei Verschlüsselung der Modelle von Ober- und Unterkiefer mit verschiedenen Bissregistriermaterialien. Messung im Mandibularpositionsindikator; eigene Daten; unveröffentlicht. (Plaster = Gips, Ra = Ramitec Penta<sup>®</sup>, Fu = Futar<sup>®</sup>, StBR = Stat BR KERR<sup>®</sup>, 3M = 3M<sup>®</sup> Bißregistriermaterial, Me = Memorg C.D.<sup>®</sup>, Rt = Ramitec Penta<sup>®</sup>)<sup>10</sup>

### 5.4 Approximalkontakt

Die Passgenauigkeit der Restaurationen in Bezug auf die approximale Gestaltung war sehr gut; bei keiner einzigen Krone fehlte der Approximalkontakt und nur an 10 % der Meßstellen wurde der Kontakt mit „schwach“ bewertet. Ein Einschleifen war nur an einer Krone notwendig.

### 5.5 Farbübereinstimmung

Die erreichte Farbübereinstimmung erreichte nur bei einer einzigen Restauration einen Wert von  $\Delta E = 2$ . Bemisst man die Messsicherheit des Systems maximal ungünstig mit einem von  $\Delta E = \pm 0,3$  so kann davon ausgegangen werden, dass selbst dann noch bei 107 der 121 Kronen die erreichte Farbe sicher in einem Bereich von  $\Delta E < 2$  lag.

Bei der Anfertigung von Frontzahnkronen wird Permadental daher empfohlen, bei nur einer Kontrollmessung einen Wert von  $\Delta E < 1,7$  anzustreben, da in diesem Fall auf jeden Fall eine ausreichende Sicherheit gegeben sein dürfte.

### 5.6 Zusammenfassung

Die vom Auftraggeber in Anwesenheit des Gutachters in seinem Labor in Shenzhen/HongKong gefertigten Einzelkronen (je 10 hochgoldhaltig, Nichtedelmetall, Zirkonoxid, alle verblendet) für den Zahn 16 wiesen hinsichtlich ihrer marginalen Passgenauigkeit auf dem Arbeitsmodell eine marginale Genauigkeit von  $37 \pm 13 \mu m$  und auf dem Originalstumpf eine marginale Adaptation von

46 +/- 17 µm auf. Diese Werte sind mit den aus anderen Studien bekannten Resultaten vergleichbar und orientieren sich in diesem Kontext an den Studien mit den günstigeren Resultaten.

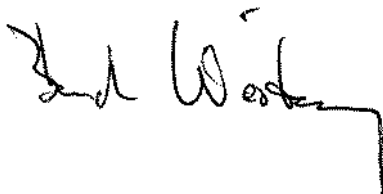
Hinsichtlich ihrer Okklusionsverhältnisse war an allen Kronen eine geringfügige Supraokklusion gegeben, die sich aber durch Einschleifen schnell und unproblematisch beseitigen lassen sollte. Die Differenzen befanden sich in dem Bereich einer Ungenauigkeit, wie er bei der Verschlüsselung des Oberkiefers mit dem Unterkiefer durch moderne Bissregistrierungsmaterialien ohnehin zu erwarten ist.

Die Gestaltung der Approximalkontakte war durchweg gelungen; bei keiner Restauration fehlte der Approximalkontakt; lediglich bei einer Nichtedelmetallrestauration war ein Einschleifen erforderlich.

Bei der Analyse der Farbgebung vor Ort in Shenzhen an 121 Kronen zeigte sich, dass keine Restauration eine größere Farbabweichung als  $\Delta E = 2$  aufwies. Im nur begrenzt einsehbaren Seitenzahnbereich dürften damit keinerlei Probleme zu erwarten sein. Aufgrund statistischer Erwägungen (Reproduzierbarkeit des Messsystems in Verbindung mit einer ohnehin schon bestehenden Abweichung der Farbe in der Mundhöhle vom Farbring („Farbring passt nicht“) ist es denkbar, dass – wenn es sich um Frontzahnrestaurationen handelt – in Einzelfällen Abweichungen von der Zahnfarbe bemerkt werden könnten. Für Frontzahnrestaurationen wird daher dem Auftraggeber empfohlen, statt einer Kontrollmessung mindestens 3 Messungen vorzunehmen beziehungsweise bei nur einer Messung einen Wert von  $\Delta E < 1,7$  anzustreben.

Ich versichere, dass ich dieses Gutachten unabhängig und nach bestem Wissen erstellt habe.

Giessen, den 02.06.2010



Prof. Dr. B. Wöstmann



## 6 Literaturverzeichnis

1. Biffar R. [Evaluation of crown margins in fixed prosthodontics]. *Dtsch Zahnärztl Z* 1991;**46** (8):523-525.
2. Boeckler A.F., Stadler A., Setz J.M. The significance of gap and overextension measurement crowns. *Int Poster J Dent Oral Med* 2007;**9** (2).
3. Cross M.D., Moser J.B. A colorimetric study of coffee and tea staining of four composite resin. *J Oral Rehabil* 1977;**44**:283-290.
4. Eldiwany M., Friedl K. H., Powers J. M. Color stability of light-cured and post-cured composites. *Am J Dent* 1995;**8** (4):179-181.
5. Faull T. W., Hesby R. A., Pelleu G. B., Jr., Eastwood G. W. Marginal opening of single and twin platinum foil-bonded aluminous porcelain crowns. *J Prosthet Dent* 1985;**53** (1):29-33.
6. Gelbard S., Aoskar Y., Zalkind M., Stern N. Effect of impression materials and techniques on the marginal fit of metal castings. *J Prosthet Dent* 1994;**71** (1):1-6.
7. Haas M. Der Randspalt von metall- und nichtmetallgetragenen Keramikronen im Vergleich. *Quintessenz* 1988;**4**:625-633.
8. Holmes J. R., Bayne S. C., Holland G. A., Sulik W. D. Considerations in measurement of marginal fit. *J Prosthet Dent* 1989;**62** (4):405-408.
9. Jäger K., Wirz J. Klinisch-experimentelle Randspalt- und Defektflächenmessungen von Probond- und VMK-Kronen. *ZWR* 1988;**97**:21-27.
10. Jansen S. Die Übertragungsgenauigkeit von okklusalen Verhältnissen in den Artikulator durch verschiedene Registriermaterialien. Gießen: *Justus-Liebig University* 2007.
11. Kerschbaum T., Porschen C. Kronenrandschluss und -konturqualität in fünf Dentallaboratorien. *Dtsch Zahnärztl Z* 1998(53):620-623.
12. Koniaris A. Vergleich von derzeit gebräuchlichen Abformmaterialien und -techniken mit Hilfe eines Sulcus-Fluid-Modells [Dissertations-Arbeit, Gießen]. Gießen: *Justus-Liebig-University* 1999.
13. Lehmann K. M., Krauth G. Der Randschluss von Gusskronen - hergestellt im propädeutischen Unterricht. *Dtsch Zahnärztl Z* 1984;**39**:750-752.
14. Meiners H. [Reaction heat of elastomer casting materials. Preliminary report]. *Dtsch Zahnärztl Z* 1975;**30** (10):680-681.
15. Ruyter I.E., Nilner K., Möller B. Colour stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater* 1987;**3**:246.
16. Schrader U., Kordass B. [Follow-up study of accuracy of fit of crowns, prepared for phantom head under practice conditions]. *Zwr* 1990;**99** (2):84-86.
17. Schulze K., Tinschert J., Marshall S.J., Marshall G. W. Der Einfluss der Alterung auf die Farbbeständigkeit und Oberflächenbeschaffenheit von Kompositen. *Dtsch Zahnärztl Z* 2003;**58**:266-272.
18. Seher J., Viohl J. In vitro discoloration of experimental and dental resins due to the effect of dyes and UV irradiation. *Dtsch Zahnärztl Z* 1992;**47**:634-636.
19. Suarez M.J., Gonzalez D.E., Villaumbrosia P., Pradies G., Lozano J.F. Comparison of the marginal fit of Procer AllCeram crowns with two finish lines. *Int J Prosthet Dent* 2003;**16**:229-232.
20. Suarez M.J., Lozano J.F., Paz Salido M., Martinez F. Three-year clinical evaluation of In-Ceram Rirconia posterior FPDs. *Int J Prosthodont* 2004;**17** (1):35-38.
21. Tinschert J., Natt G., Mautsch W., Spiekermann H., Anusavice K. J. Marginal fit of alumina- and zirconia-based fixed partial dentures produced by a CAD/CAM system. *Oper Dent* 2001;**26** (4):367-374.

22. Tjan A. H., Li T., Logan G. I., Baum L. Marginal accuracy of complete crowns made from alternative casting alloys. *J Prosthet Dent* 1991;**66** (2):157-164.
23. Uhlig C. Entwicklung eines Sulcus-Flow-Modells zum Vergleich von Abformmaterialien und -techniken unter standardisierten Bedingungen. Münster: *Westfälische-Wilhelms-University* 1998.
24. Witkowski S., Komine F., Gerds T. Marginal accuracy of titanium copings fabricated by casting and CAD/CAM techniques. *J Prosthet Dent* 2006;**96** (1):47-52.



### Kosten

Über Ihr Interesse an Qualitätszahnersatz von Permadental freuen wir uns sehr. Gerne senden wir Ihnen einen kostenlosen und unverbindlichen Kostenvoranschlag zu Ihrer geplanten Zahntechnischen Sonderanfertigung zu.

### Ersparnis

Außerdem halten wir pro Quartal ein unschlagbares Angebot für Sie und Ihre Patienten bereit. Wir informieren Sie gerne hierüber. Sprechen Sie uns einfach an!

PERMADENTAL

's-Heerenberger Straße 400  
46446 Emmerich am Rhein

Freecall 0800 / 7 37 62 33

info@permadental.de  
www.permadental.de