



Abbildung 4.4:  
Das Meßmikroskop  
mit den digitalen  
Meßspindeln

Modellation und Gußverfahren wurden vor Beginn der Versuche optimiert. Die minimale Breite in der Tiefe des Spaltes konnte nicht untersucht werden, da dies nur anhand von Randspaltenmessungen an gewonnenen Schnitten möglich ist (siehe Abb. 2.5) [6]. Es wurde die initiale Öffnung der Krone in Beziehung zur Präparationsgrenze des Modellstumpfes betrachtet. Der Einblickwinkel betrug dabei etwa  $30^\circ$ . Die Betrachtung der Proben erfolgte also senkrecht zur Verbindungslinie zwischen der Goldinnenkante der Gußkrone und der Präparationsgrenze. Es wurden also lediglich die Randverhältnisse einer ohne Zement probeweise aufgesetzten Krone betrachtet.

#### 4.2.6 Graphische Darstellung und statistische Auswertung der Meßergebnisse

Die Werte der Messungen wurden schriftlich erfaßt und für die Datenverarbeitung in eine *Excel*-Tabelle übertragen. Die Ergebnisse wurden für jede Versuchsreihe der entsprechenden Material/Methode-Kombination zusammengefaßt. Die Unterscheidung erfolgte dann nach Abformungen im trockenen und solchen im feuchten Milieu.

Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm *SPSS 6.0* (*Fa. SPSS Inc., Columbus, USA*) durchgeführt. Die graphische Darstellung der Ergebnisse in Boxplots entstand mit dem Diagrammassistenten des *Excel*-Programms.

Zur analytischen Auswertung dienten der U-Test und der H-Test<sup>1</sup>.

Da die Standardabweichung um den Mittelwert nicht der Normalverteilung entsprach, wurde die von *Biffar* [6] empfohlene deskriptive Darstellung in Form von Boxplots gewählt. Die Transparenz und Übersichtlichkeit der Datenmengen soll durch die Box-Plot Darstellung erhöht werden.

Die Ausdehnung der Box gibt Auskunft über den Interquartilabstand zwischen dem 25%- und 75% -Quantil. Oberhalb und unterhalb des in die Box aufgetragenen Medians befinden sich je 50% aller Werte. Die Federbalken zeigen das 10%- bzw. 90% -Quantil [6].

Die graphischen Darstellungen der Boxplots enthalten zusätzlich zur perzentilen Verteilung jeweils noch die jeweiligen Minimal- und Maximalwerte als Punkte.

---

<sup>1</sup> Grenzen sind diesen nichtparametrischen Verfahren dann gesetzt, wenn die Häufigkeiten der Nullwerte 50% übersteigen oder mehrgipflige Verteilungsformen mit stark voneinander abweichende Modalwerten vorliegen.

## 5. Ergebnisse

### 5.1 Abformungen mit Materialien gleicher Stoffklasse und unterschiedlicher Abformtechnik

#### 5.1.1 Kondensationsvernetzendes Silikon

*Silaplast/Silasoft*

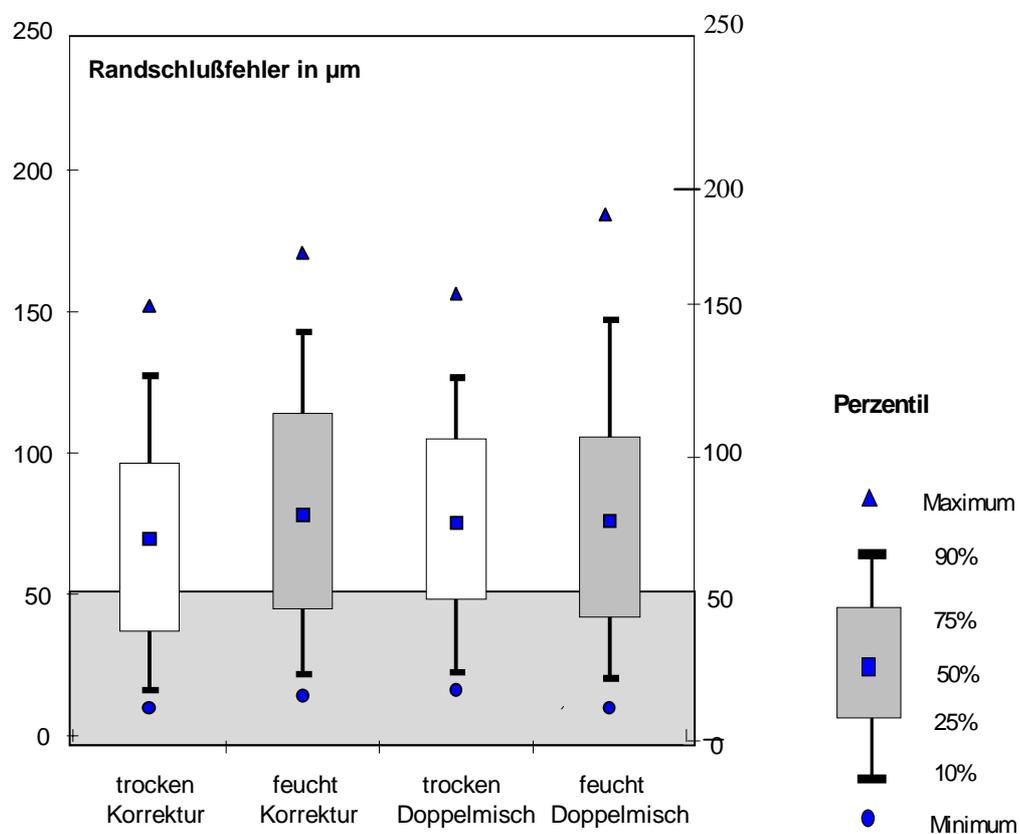


Abbildung 5.1: Verteilung der Randspaltenmessung nach Korrektur- und Doppelmischabformverfahren mit einem K-Silikon im feuchten und bei trockenen Verhältnissen.

Die Ergebnisse der durchgeführten Korrektur und Doppelmischabformungen mit einem K-Silikon erreichten sowohl unter trockenen als auch unter feuchten Verhältnissen stets Werte unter 200  $\mu\text{m}$ .

Die im Trockenen durchgeführten Abformungen von Korrektur- und Doppelmischabformungen zeigten eine geringere Streubreite im Boxplot auf. Demgegenüber waren die Werte der Randspaltenmessungen im Feuchten in den Boxplots breiter gestreut.

Den kleinsten Medianwert erreichten die am trockenen Stumpf vorgenommenen Korrekturabformungen. Bei den im Feuchten gemessenen Werte der Korrektur- und Doppelmischabformungen war das Niveau vergleichbar gut<sup>1</sup>, wobei die größeren Werte beim Doppelmischverfahren im Feuchten etwas größer waren. Größtenteils lagen alle bei diesem Material und beiden Techniken ausgewerteten Ergebnisse über der 50  $\mu\text{m}$ -Grenze, die durch einen Querstrich in der Graphik besonders gekennzeichnet ist.

---

<sup>1</sup> U-Test;  $p > 0,05$

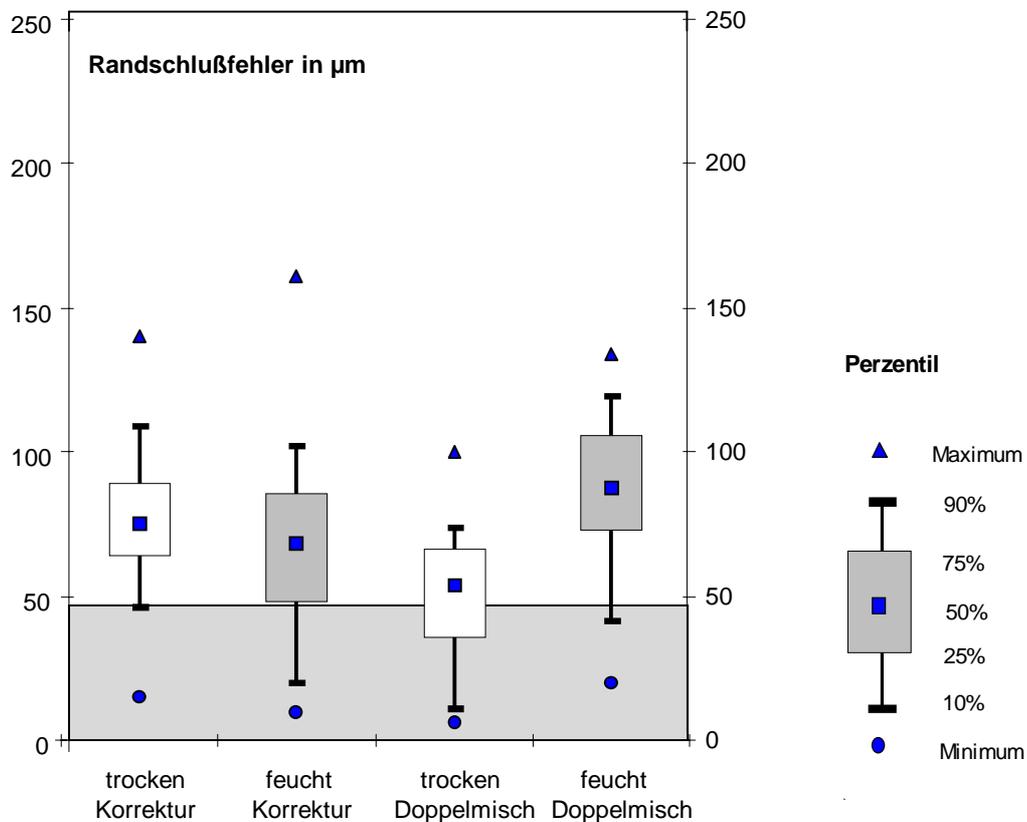
*Lastic-Xtra/hydrophil*

Abbildung 5.2: Verteilung der Randspaltenbreiten bei einem K-Silikon unter feuchten und trocken durchgeführten Bedingungen mit der Korrektur- und der Doppelmischabformung

Insgesamt konnten mit diesem Material relativ geringe Streubreiten der Meßwerte erzielt werden. Aus der Doppelmischabformung am trockenen Stumpf resultiert der kleinste Medianwert (52 µm) bei diesem K-Silikon. Die Meßergebnisse des feuchten Stumpfes mit der Doppelmischabformung waren signifikant schlechter im Vergleich zum trocken abgeformten<sup>1</sup>. Sie waren zudem größer als beim feuchten Stumpf, der mit der Korrekturabformmethode getestet wurde<sup>2</sup>. Größere Einzelwerte wurden unabhängig von der Methode jeweils nach Abformung der nassen Stümpfe registriert. Die Häufigkeitsverteilung bei der Kombination Korrektur/feucht

<sup>1</sup> U-Test;  $p < 0,05$

<sup>2</sup> nicht sign., U-Test;  $p > 0,05$

war ausgedehnter als bei Korrektur/trocken und hatte einen geringfügig höheren Medianwert.

### *Lastic-Xtra/superfine*

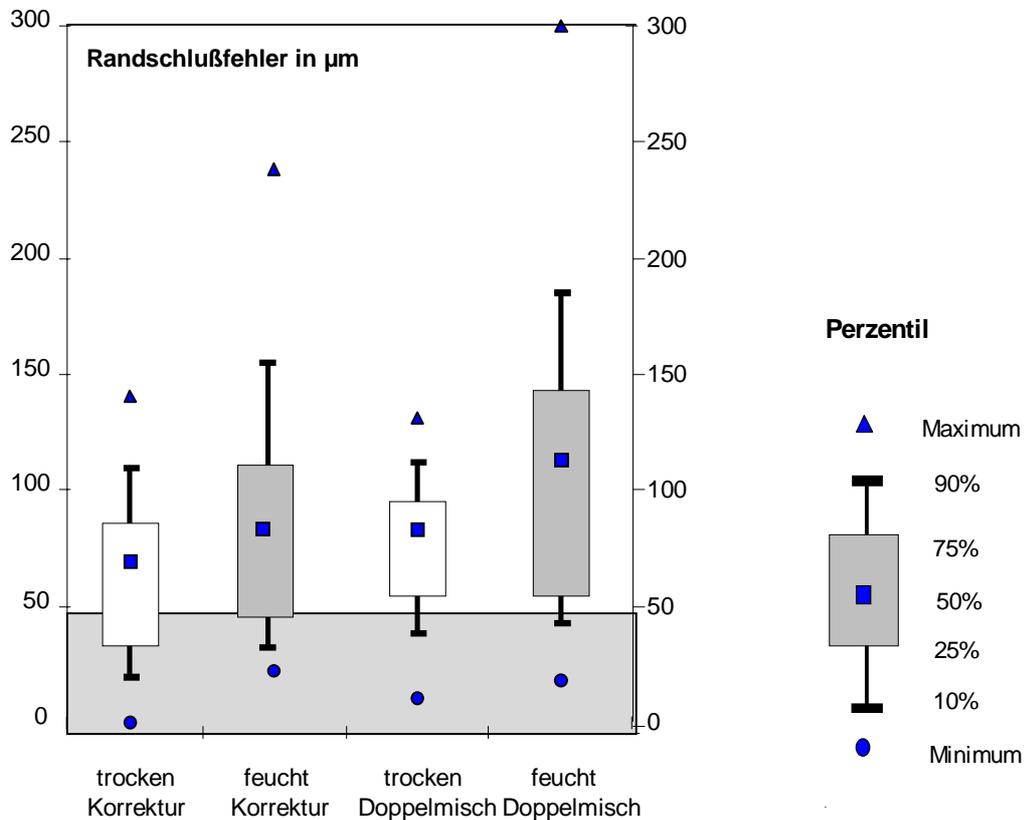


Abbildung 5.3: Verteilung der Randspaltenbreiten von Gußkronen bei einem K-Silikon, das manuell dosiert und gemischt wurde. Korrektur- und Doppelmischabformverfahren kamen hierbei an trockenen und feuchten Stümpfen zum Einsatz.

Insgesamt unterschieden sich die Häufigkeitsverteilungen der gemessenen Werte vor allem im Hinblick auf die Parameter trocken/feucht. Eine größere Streuung war bei den unter feuchten Bedingungen erstellten Abformungen zu beobachten, und die Werte wiesen größere Maxima sowie größere Medianwerte auf. Der Unterschied war besonders deutlich für das Doppelmischabformverfahren<sup>1</sup>. Unterhalb der 50 µm-Linie war der

<sup>1</sup> U-Test;  $p < 0,05$

Anteil der Randspalten bei der Korrekturabformung/trocken am größten. Die Kombination Korrekturabformung/trocken hatte zudem einen kleineren Medianwert als die Doppelmischabformung/trocken. Die Werte der Korrekturabformung/feucht waren im Hinblick auf den Median und die Maxima kleiner als die der Doppelmischabformung/feucht

### 5.1.2 Additionsvernetzende Silikone

#### Dimension-Putty/Garant

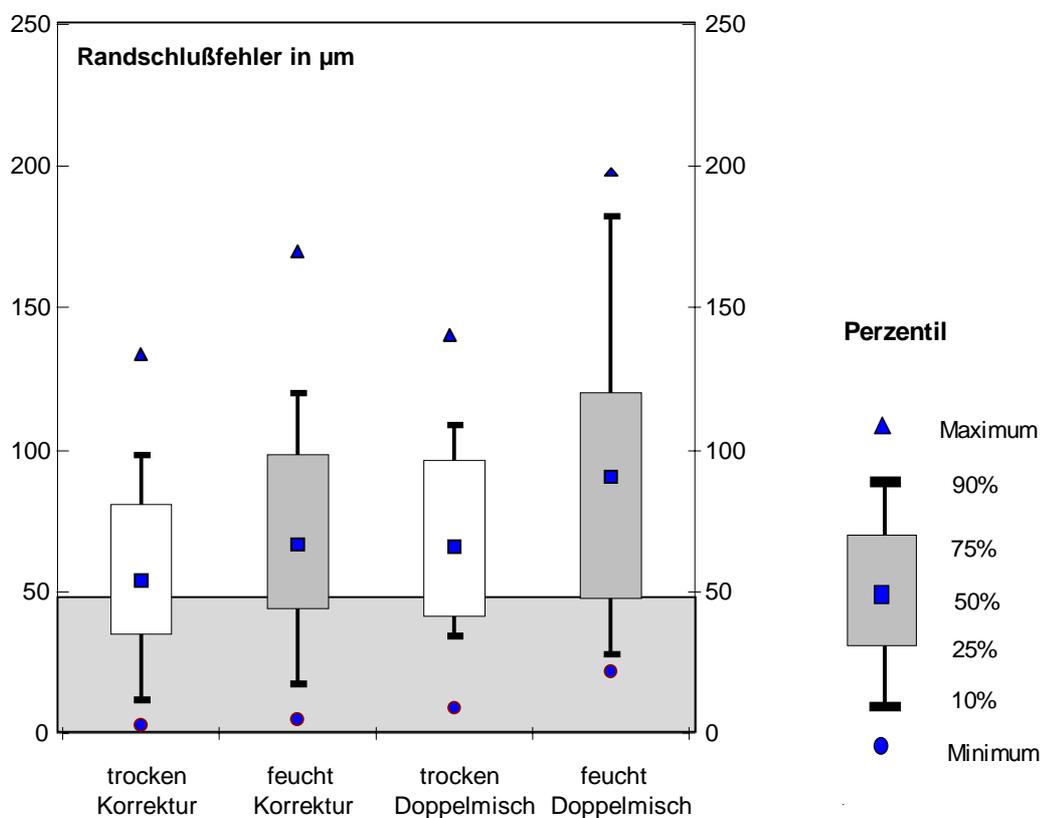


Abbildung 5.4: Verteilung der Randspaltenbreiten von Gußkronen bei einem A-Silikon, das manuell dosiert und gemischt wurde. Korrektur- und Doppelmischabformverfahren kamen hierbei jeweils an trockenen und feuchten Stümpfen zum Einsatz

Insgesamt wiesen alle hergestellten Phantommetallgußkronen, die mit dem manuell angemischtem Silikon entstanden, Randschlußungenauigkeiten bis

200  $\mu\text{m}$  auf. Unabhängig von der Abformmethode schnitten die trocken durchgeführten Abformungen besser ab als die der Feuchtigkeit ausgesetzt. Bei unterschiedlichen Abformbedingungen schnitt die Doppelmischabformung unter feuchten Einflüssen signifikant schlechter ab<sup>1</sup>. Beide Box-Plots, die sich auf die Korrekturabformung beziehen, haben kleinere obere Interquartilsabstände und kleinere Maxima gegenüber den für die feucht abgeformten Stümpfe erstellten. Größere Werte verteilten sich besonders bei der feuchten Doppelmischabformung, die den größten Medianwert aufwies.

#### Dimension-Penta/Garant

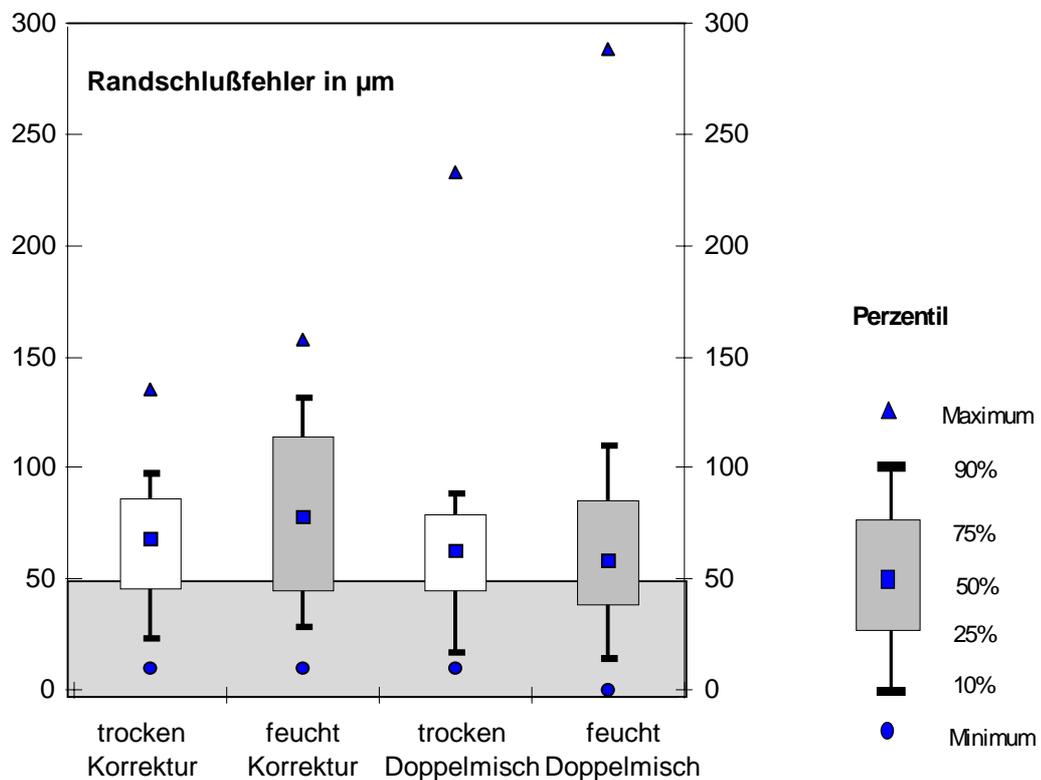


Abbildung 5.5: Verteilung der Randspaltenbreiten beim Korrektur- und Doppelmischabformverfahren mit einem A-Silikon, das maschinell dosiert und angemischt wurde.

<sup>1</sup> U-Test;  $p < 0,05$

Bei der Werteverteilung, gab es größere Randschlußgenauigkeiten zu beobachten. Diese betragen bis zu 300  $\mu\text{m}$  bei der Kombination feucht/Doppelmischabformung. Dabei zeigten die mit dem Doppelmischabformverfahren erzielten Daten die größte Bandbreite. Der Interquartilabstand der trockenen abgeformten Stümpfe war für das Korrektur- und das Doppelmischabformverfahren kleiner als die für die unter feuchten Bedingungen entstandenen Abformungen<sup>1</sup>. Bei den Werten, die nach dem Doppelmischabformverfahren entstanden und sich in den Bedingungen trocken/feucht unterschieden, zeigten sich vergleichbar gute Ergebnisse<sup>2</sup>.

#### *Panasil-Putty contact*

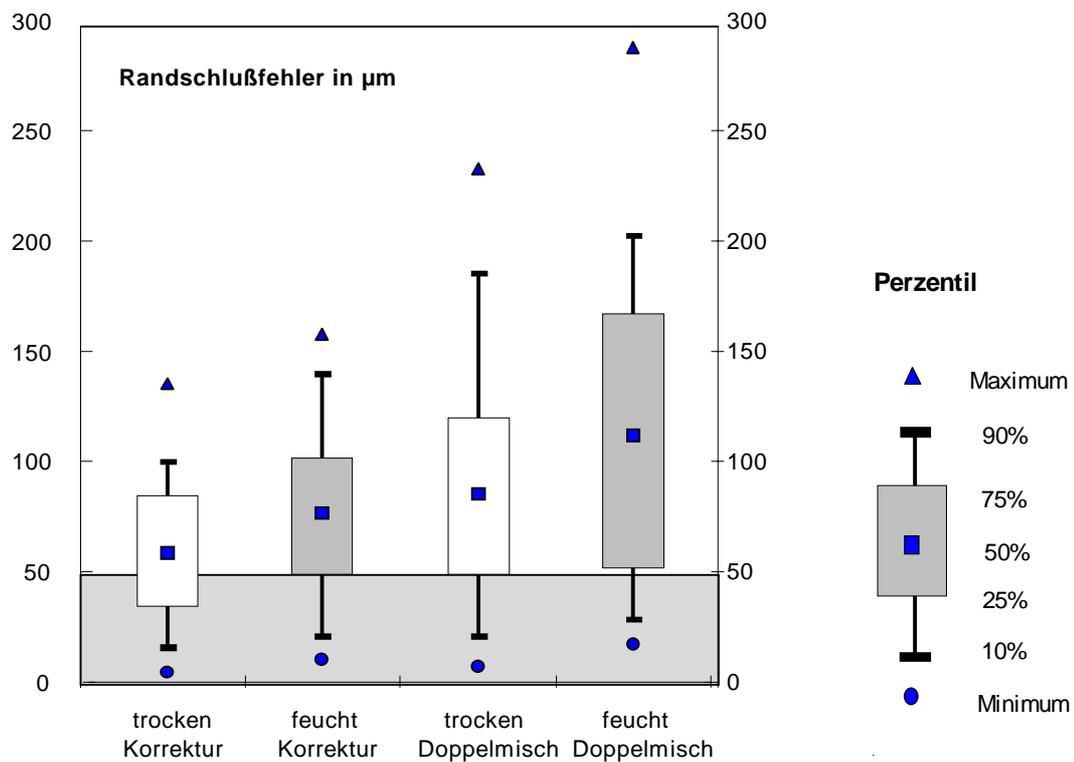


Abbildung 5.6: Verteilung der Randspaltenmessungen bei einem A-Silikon, bei dem die Kronenkäppchen nach Abformung unter trockenen und feuchten Verhältnissen mit der Korrektur- und der Doppelmischabformung hergestellt wurden.

<sup>1</sup> U-Test;  $p < 0,05$

<sup>2</sup> nicht sign., U-Test;  $p > 0,05$

Bei diesem Silikon ergaben sich signifikant kleinere Werte für die Korrekturabformung unter trockenen Bedingungen. Die Verteilung bei den Doppelmischabformungen war nicht nur größer, sondern die Höchstwerte lagen auch häufiger im Bereich von 200-300  $\mu\text{m}$ . Dadurch lagen auch die Medianwerte im Bereich von 100  $\mu\text{m}$ . Die nach dem Doppelmischverfahren unter feuchten Verhältnissen erstellten Gußkronen aus Phantommetall wiesen hierbei den höchsten Medianwert auf. Die unter trockenen Verhältnissen durchgeführten Korrekturabformungen führten zu geringeren Höchstwerten bei den gemessenen Randschlüssen, zudem hatten sie bei diesem A-Silikon den kleinerem Medianwert. Die Kombination der Korrekturabformung unter feuchten Verhältnissen erbrachte eine Werteverteilung, die zwar größer war als bei dem trockenen Kontrollstumpf, jedoch signifikant kleiner im Vergleich zu den Doppelmischabformungen<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> U-Test;  $p > 0,05$

### 5.1.3 Polyether und additionsvernetzendes Silikon

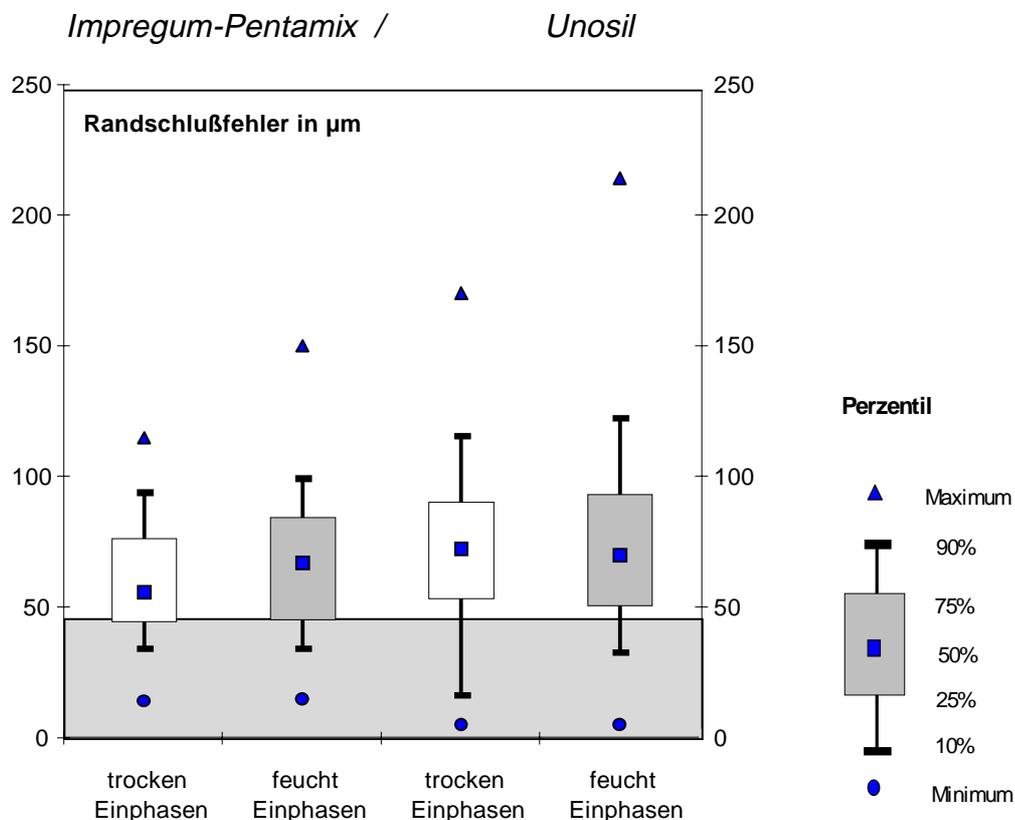


Abbildung 5.7: Verteilung der Randspaltenbreiten bei Einphasenabformung mit einem Polyether und einem A-Silikon, wobei der Polyether (*Impregum*) mit einem Pentamix-Gerät dosiert und angemischt wurde.

Beide Box-Plot Darstellungen für die trockenen erfolgten Abformungen zeigen kleinere Maxima als für die feuchten, sowohl beim Polyether als auch bei dem manuell angemischtem A-Silikon.

Die am umspülten Stumpf vorgenommene Abformung weist für dieses Material für die Polyether-Abformung einen größeren Medianwert auf im Vergleich zu trockenen<sup>1</sup>. Die Spannweite des Box-Plots bei dem A-Silikon/trocken hat ein größeres Streuungsmaß im unteren Quartil als beim

<sup>1</sup> nicht sign., U-Test;  $p > 0,05$

mit der Einphasenabformung durchgeführten feuchten Stumpf. Das A-Silikon wies im Vergleich zu dem Polyether eine breiter gestreute Häufigkeitsverteilung auf. Hierbei führten größere Maxima auch zu höheren Medianwerten, jedoch waren die Unterschiede beim A-Silikon (*Unosil*) nicht signifikant<sup>2</sup>.

## 5.2 Abformungen mit Materialien gleicher Technik und unterschiedlicher Stoffklasse

### 5.2.1 Korrekturabformung

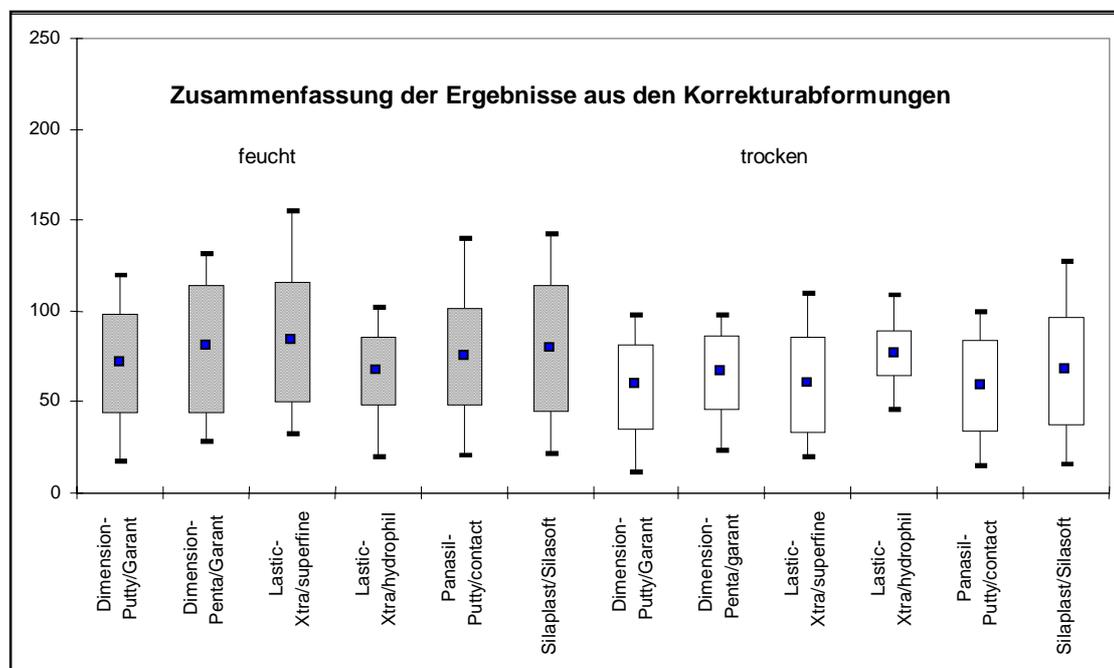


Abbildung 5.8: Darstellung der Randspaltenverteilung als Box-Plots für alle mit dem Korrekturabformverfahren entstandenen Abformverfahren

<sup>2</sup> nicht sign., U-Test;  $p > 0,05$

Die additionsvernetzenden Silikone die mit der Korrekturabformtechnik verarbeitet wurden, weisen im Vergleich zu den kondensationsvernetzenden Silikonen keine schlechteren Ergebnisse mehr auf.

Die Ergebnisse der unterschiedlichen Stoffklassen liegen nah beieinander. Mit der Korrekturabformtechnik lassen sich sowohl unter feuchten als auch unter trockenen Bedingungen grundsätzlich gute Ergebnisse erzielen (alle Werte < 150  $\mu\text{m}$ ).

### 5.2.2 Doppelmischabformung

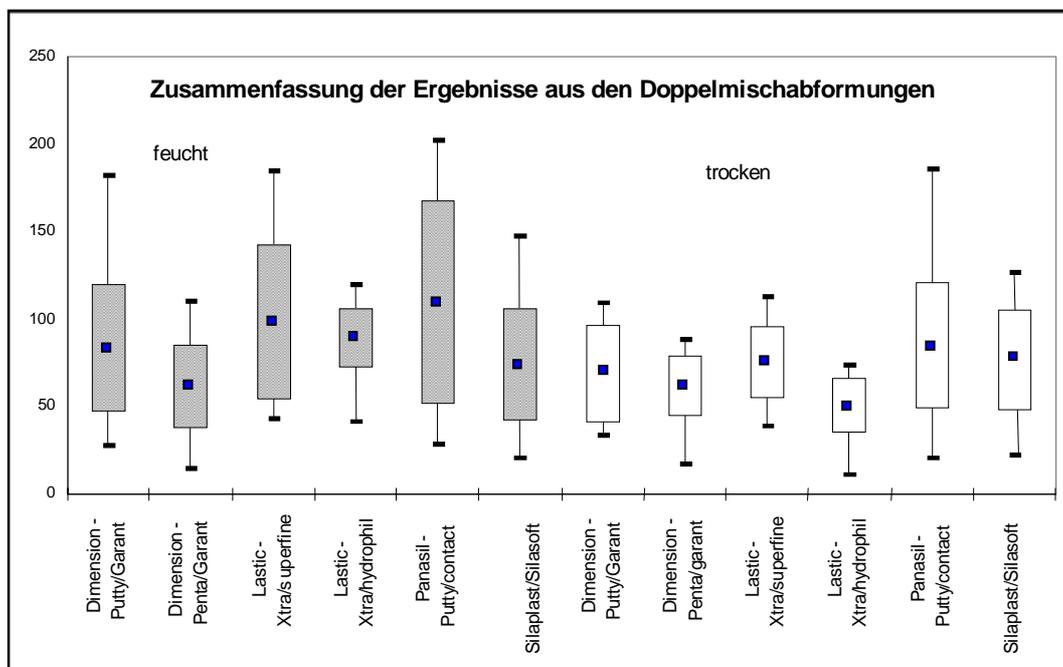


Abbildung 5.9: Darstellung der Randspaltenverteilung als Box-Plots für alle mit dem Doppelmischabformverfahren entstandenen Abformungen

Die Ergebnisse der Doppelmischabformung unterscheiden sich innerhalb der Stoffklasse der additionsvernetzenden Silikone unter feuchten Abformbedingungen voneinander. Das Material *Panasil-Putty/contact* schneidet bei der Verarbeitung mit dem Doppelmischabformverfahren

sowohl unter trockenen als auch unter feuchten Bedingungen schlechter ab als andere A-Silikone und das K-Silikon *Silaplast/Silasoft*.

Die K-Silikon *Lastic-Xtra/hydrophil* und das mit dem Pentamixgerät angemischte A-Silikon *Dimension-Penta/Garant* weisen im Vergleich zu den übrigen Silikonen unter feuchten Bedingungen günstige Werte für die Randschlußgenauigkeiten auf.

### **5.2.3 Einphasenabformung**

Für die Einphasenabformung kamen der Polyether *Impregum* und das additionsvernetzende Silikon *Unosil* zur Anwendung. Eine Übersicht über die Ergebnisse dieser Abformungen ist der Abbildung 5.7 (S. 53) sowie dem darauf folgenden Text (5.1.3) zu entnehmen.

## 5.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

### 5.3.1 Abformungen unter trockenen Bedingungen

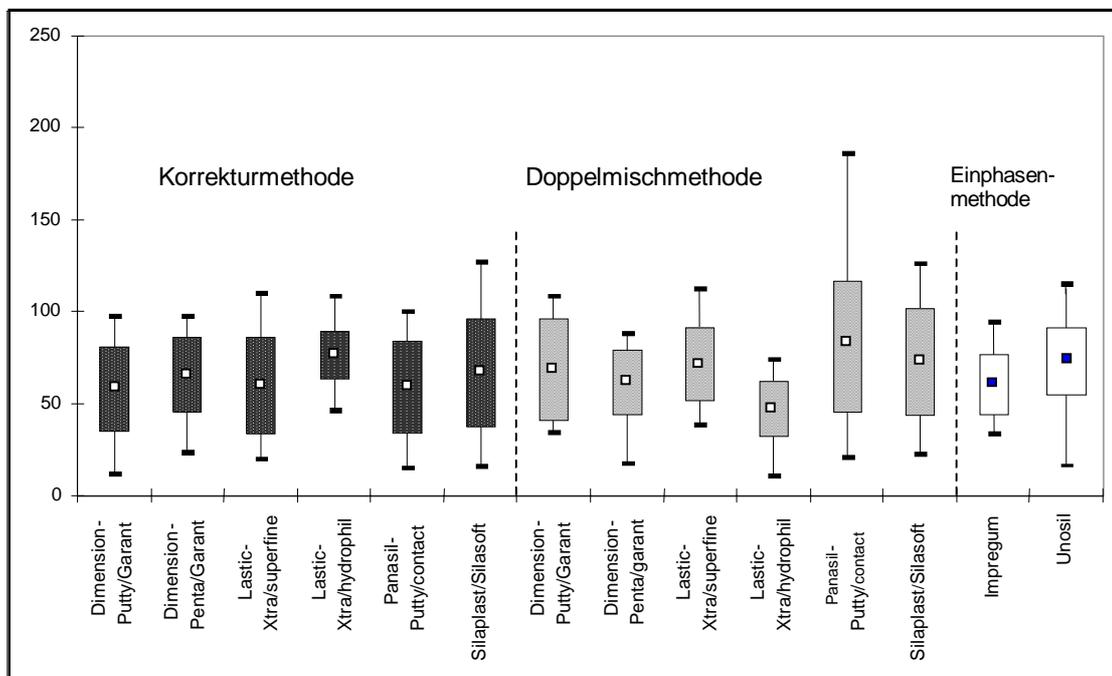


Abbildung 5.10: Zusammenfassung der Ergebnisse aus den Abformungen unter trockenen Bedingungen

- Der überwiegende Teil der Werte für die Randschlußgenauigkeiten unter trockenen Bedingungen liegt in einem vergleichbar akzeptablen Maßbereich unter 200  $\mu\text{m}$
- Eine Tendenz, durch die Wahl der Abformmethodik und des Materials einen bedeutenden Einfluß auf den Abformerfolg auszuüben, ist nicht erkennbar.

### 5.3.2 Abformungen unter feuchten Bedingungen

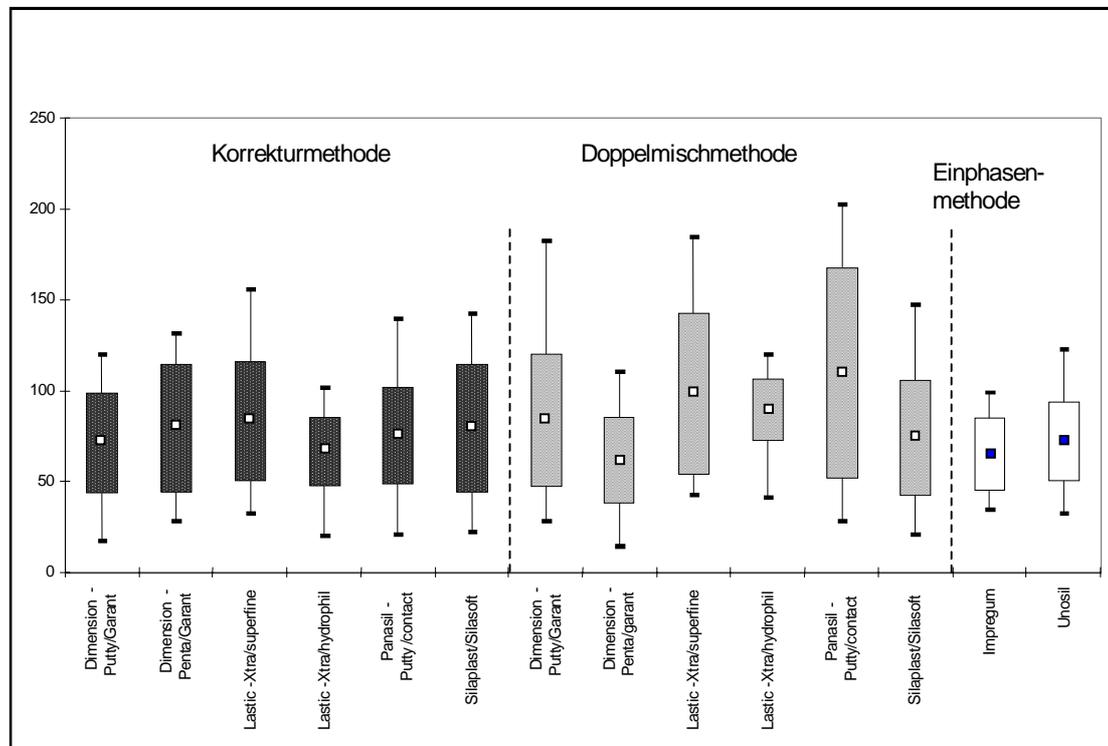


Abbildung 5.11: Zusammenfassung der Ergebnisse aus den Abformungen unter feuchten Bedingungen

- Alle dargestellten Verfahren zeigen unter feuchten Abformbedingungen tendenziell größere Streubreiten als unter trockenen Bedingungen.
- Es läßt sich jedoch tendenziell nicht erkennen, daß durch die Wahl einer Stoffklasse ein bestimmter Einfluß auf die Randschlußgenauigkeit zu erzielen ist.
- Die Abformtechnik ist für die Abformgenauigkeit unter feuchten Bedingungen im Zusammenhang mit dem jeweiligen Material zu differenzieren.
- Mit den maschinell angemischten und dosierten Materialien (*Impregum*, *Dimension/Penta*) konnten gute Randschlußgenauigkeiten ermittelt werden.

## **6 Diskussion**

### **6.1 Diskussion der Ergebnisse aus den Abformungen unter trockenen Bedingungen**

#### **6.1.1 Abformmethode**

In den Versuchsreihen wurden unter trockenen Bedingungen drei Abformtechniken miteinander verglichen. Bei der Gegenüberstellung von Korrektur-, Doppelmisch- und Einphasentechnik konnte unabhängig vom verwendeten Material eine Rangfolge festgestellt werden.

In der Literatur erzielt die Doppelmischtechnik gegenüber der Korrekturabformung unter dem Aspekt der Genauigkeit bessere Resultate [14,40,48]. In den durchgeführten Versuchsreihen wird dies jedoch nicht bestätigt. Die gemessenen Werte der Randschlußgenauigkeit zeigten für die Doppelmisch- und Einphasenabformung mit kondensations- und additionsvernetzenden Silikonen eine größere Streubreite und tendenziell höhere Medianwerte als für die Korrekturabformmethode.

Einen Grund für diese unterschiedlichen Ergebnisse kann man in den jeweils verschiedenen Versuchsmethoden sehen.

Bei den in der Literatur beschriebenen Laborversuchen wurde die Reproduktionsgenauigkeit der Materialien je nach spezieller Abformtechnik untersucht. Den Prüfkörpern, die aus unterschiedlichen Materialien und Formen bestanden, fehlte die Nachahmung des klinisch relevanten gingivalen Raumes. Gerade der für Abformmaterialien schwer zugängliche individuelle Sulkus ist jedoch entscheidend für den Abformerfolg.

Das in dieser Versuchsreihe verwandte Modell simulierte Sulkusverhältnisse, wie sie bei einer subgingival angelegten Präparation für die Aufnahme von festsitzendem Zahnersatz häufig entstehen. Diese im Versuchs-

aufbau imitierten Verhältnisse des klinisch relevanten Sulkusgebietes haben entscheidenden Einfluß auf die Genauigkeit der Abformung.

Speziell im marginalen Bereich, wie es der Sulkus darstellt, wird für das bei der Reproduktionsgenauigkeit gut abschneidende Doppelmischabformverfahren eine oft nicht ausreichende Darstellung der Grenzräume nachgewiesen [114]. Dies trifft auch für die Einphasenabformmethode zu. Die Gründe hierfür könnten in dem geringeren Staudruck liegen.

### **6.1.2 Materialien**

Bei der Unterscheidung der Materialien (K-, A-Silikon und Polyether) nach ihrer Abformgenauigkeit kann man feststellen, daß sich für die Abformung unter trockenen Bedingungen keine signifikanten Unterschiede feststellen lassen. Hierbei zeigt sich, daß sich mit allen Materialien, die nicht den feuchten Bedingungen ausgesetzt waren, grundsätzlich gute Ergebnisse erzielen ließen.

Der Laborversuch unter trockenen Bedingungen bietet somit keine Differenzierungsmöglichkeit, um aus der Anzahl der verwandten Abformmaterialien eines besonders herauszustellen, das sich für den klinischen Fall besonders gut eignet.

### **6.1.3 Absolute Ergebnisse**

Die in diesem Laborversuch vermessenen Kronenkäppchen lieferten nach Abformung eines trockenen Stumpfes zu 31 % einen Randschluß, der unter der von *Dreyer-Jørgensen* [12] geforderten Grenze von 50 µm lag. Eine Randschlußgenauigkeit von 20 µm, wie sie von *Rehberg* [79] als ideal erachtet wird, erreichten hingegen nur 10 %. Unter Berücksichtigung standardisierbarer Laborbedingungen bei Abformung eines trockenen Zahnstumpfes mit subgingivaler Präparationsgrenze lagen somit zwei

Drittel der hergestellten Kronen über dem Niveau von 50  $\mu\text{m}$ . Unabhängig von den Abformmaterialien und -methoden war bei 89 % der Gußkronen ein Randschlußwert von weniger als 100  $\mu\text{m}$  realisierbar.

Vergleichbare Studien von *Lehmann* [50] und *Uhlig* [105] bei einem in-vitro-Versuch führten zu Randschlußwerten, die zu 95 % bzw. 94 % im Bereich zwischen 0 und 100  $\mu\text{m}$  lagen.

Es wird deutlich, daß die Abformmaterialien und -methoden unter idealen Bedingungen in der Regel zu Kronen mit guten Randschlüssen führen. Bei Beachtung aller material- und technikspezifischen Aspekte erbringt der Laborversuch bei einem trocken abgeformten Stumpf eine Genauigkeit, die im klinischen Bereich bisher nicht erreicht worden ist.

Die vielfältigen Einflüsse der klinischen Situation am Patienten sind jedoch nicht vergleichbar mit den idealisierten Bedingungen. Der Grund für die bisher unzureichende Übertragbarkeit der Laborergebnisse soll im folgenden Teil betrachtet werden.

## **6.2 Diskussion der Ergebnisse aus den Abformungen unter feuchten Bedingungen**

### **6.2.1 Abformmethoden**

Die Zusammenfassung aus den Abformungen unter feuchten Bedingungen in bezug auf die einzelnen Abformmethoden liefert folgende Ergebnisse:

Grundsätzlich unterschieden sich die Ergebnisse aus den Korrekturabformungen im Hinblick auf das angewendete Material: die Materialien aus den Korrekturabformungen wiesen im Vergleich untereinander signifikante Unterschiede auf. Eine Materialabhängigkeit war auch bei der Durchführung der Doppelmischtechnik festzustellen. Die bei der Durchführung der Einphasentechnik erhaltenen Ergebnisse unter feuchten

Bedingungen unterschieden sich nicht wesentlich von denen der beiden anderen Techniken. Bei einer vergleichenden Betrachtung der unterschiedlichen Abformmethodik hebt sich keine bestimmte Methode besonders hervor.

Auffällig ist jedoch, daß die höheren Spitzenwerte bei einem Teil der Materialien, die mit Hilfe der Doppelmischtechnik verarbeitet worden sind, auftraten. Die A-Silikone *Panasil-putty/kontakt* und das K-Silikon *Lastic-Xtra/superfine*, verarbeitet mit der Doppelmischmethodik, schnitten vergleichsweise schlechter ab als die Korrekturabformung derselben Silikone unter trockenen Bedingungen. Dies macht deutlich, daß ein feuchtes Milieu die Wiedergabegenauigkeit eines hydrophoben Abformmaterials negativ beeinflußt. Zusammen mit der unzureichenden abformtechnischen Möglichkeit, durch Staudruck die Sulkusflüssigkeit zu verdrängen und Präparationsgrenzen im subgingivalen Bereich darzustellen, ergibt sich ein schlechteres Abschneiden für die genannten A- bzw. K-Silikone bei Verwendung des Doppelmischabformverfahrens.

Die Ergebnisse aus den Abformungen unter feuchten Bedingungen zeigen, daß keine der drei Methoden die Abformergebnisse im Feuchten deutlich verbessern kann. Das wird auch daraus ersichtlich, daß zu den Ergebnissen mit guten Werten jeweils eine der Abformtechniken gehört (*Lastic-Xtra/hydrophil*, *Dimension-penta/garant* und *Impregum*).

### 6.2.2 Materialien

Die Genauigkeit der Abformung unter feuchten Bedingungen ist nicht grundsätzlich abhängig von der chemischen Struktur des verwendeten Materials. In den Versuchen wurden die Stoffklassen der kondensations- und additionsvernetzenden Silikone mit einem Polyether untersucht. Das hydrophilisierte Material *Lastic-Xtra* (K-Silikon), das A-Silikon *Dimension-Penta/garant* und der Polyether *Impregum* zeigten akzeptable Ergebnisse. Das K-Silikon *Silaplast/Silasoft* schnitt nicht wie in anderen

Studien [105] im Vergleich zu den anderen Stoffklassen signifikant besser ab.

Die schlechteren Ergebnisse der additionsvernetzenden Materialien *Dimension-Putty/Garant* und *Panasil-Putty/contact* hängen möglicherweise mit der ausgeprägten Hydrophobie im nicht abgebundenen Zustand zusammen.

Bei dem verwendeten Material *Lastic-Xtra/hydrophil* handelt es sich, wie vom Hersteller bereits im Namen vermerkt, um ein hydrophilisiertes Silikon. Definitionsgemäß wird die Hydrophilität durch die Größe des Kontaktwinkels eines Tropfens wäßriger Flüssigkeit auf der glatten Oberfläche einer Probe des abgebundenen Stoffes beschrieben. Bei Untersuchungen, die mittels Kontaktwinkelmessung Proben von abgebundenen A- und K-Silikonem miteinander verglichen, stellten sich die A-Silikone als Materialien mit relativ hoher Hydrophilie dar [2]. Die aus dem Laborversuch gewonnenen Erkenntnisse ließen sich allerdings weder in klinischen Versuchen [117] noch in dieser Studie durchgehend bestätigen.

Ein Grund für die unzureichende Korrelation der Materialprüfungsergebnisse aus dem Labor mit den Ergebnissen aus klinischen Versuchen könnte darauf zurückzuführen sein, daß das Material sich zum Zeitpunkt der Applikation am Stumpf im nicht abgebundenen Zustand befindet. In der Verarbeitungsphase durchläuft die Abformmasse eventuell eine Veränderung des hydrophoben bzw. hydrophilen Verhaltens. Als Erklärung dafür könnte die chemische Struktur der Makromoleküle der einzelnen Stoffe dienen. Die kondensationsvernetzenden Silikone weisen in ihrer chemischen Struktur polare Gruppen auf, bevor sie in ihren abgebundenen Zustand übergehen. Erst während der Vernetzung und Kettenverlängerung bildet sich das Kondensationsprodukt Alkohol, und die polaren OH-Gruppen verflüchtigen sich. Für die Hydrophilität bedeutet der Verlust der Polarität eine Abnahme der Hydrophilie im abgebundenen Zustand. Zum Zeitpunkt der Applikation, also im dünnflüssigen Zustand, könnten die

kondensationsvernetzenden Silikone sich hydrophiler verhalten, als es die Prüfungsergebnisse von Silikonen mittels Kontaktwinkelmethode am abgebundenen Material ursächlich vermuten lassen.

Da Makromoleküle der additionsvernetzenden Silikone keine polaren Gruppen besitzen, sind sie durch einen hydrophoben Charakter gekennzeichnet. Die Hersteller der A-Silikone sind stets bemüht gewesen, den hydrophoben Charakter der additionsvernetzenden Silikone mittels oberflächenaktiver Substanzen zu verbessern, die polaren Gruppen entsprechen. Bei der Vernetzungsreaktion bilden sich die polaren Bindungen der hinzugefügten Substanzen an der Oberfläche aus. Sie stellen dann eine größere Polarität an der Oberfläche des abgebundenen Materials her. Daraus leitet sich bei der Überprüfung ein kleinerer Kontaktwinkel ab, der auf eine hohe Hydrophilität des Materials schließen läßt, obwohl diese zu Beginn der Vernetzungsreaktion noch nicht vorhanden war. Allerdings sind die A-Silikone trotz ihrer im abgebundenen Zustand verbesserten Hydrophilität den kondensationsvernetzenden Silikonen nicht unbedingt überlegen.

Bei der zahnärztlichen Abformung sind die Eigenschaften während der Applikation für den Abformerfolg mit einzubeziehen. Nach früheren Studien von *Uhlig* [105] schnitten die A-Silikone im Vergleich zu den K-Silikonen relativ schlecht ab. Vermutlich durch die Weiterentwicklung der A-Silikone bedingt, zeigt sich in dieser Studie keine so deutliche Diskrepanz mehr auf, wie an dem Vergleich der Materialien *Dimension Putty/Garant* und *Silaplast/Silasoft* zu sehen ist. Es gibt jedoch eine Reihe von A-Silikonen, die unter feuchten Bedingungen weiterhin Probleme bei der Verarbeitung aufweisen (siehe Abb. 5.11: *Zusammenfassung der Ergebnisse aus den Abformungen unter feuchten Bedingungen*).

### 6.2.3 Absolute Ergebnisse

Die Resultate der Verfahren, die im feuchten Zustand stattfanden, sind grundsätzlich schlechter als die Ergebnisse der korrespondierenden unter trockenen Bedingungen durchgeführten Verfahren.

Bei der Interpretation dieser Ergebnisse konnte die von *Dreyer-Jørgensen* [12] geforderte Randschlußgenauigkeit von bis zu 50  $\mu\text{m}$  durch keines der geprüften Abformverfahren durchgehend realisiert werden. Nur 27 % der Gesamtergebnisse lagen unter der postulierten 50  $\mu\text{m}$ -Grenze. Die von *Rehberg* [79] geforderte Randschlußgenauigkeit von maximal 20  $\mu\text{m}$  wurde sogar lediglich von 6 % der Werte erreicht. 73 % der Werte lagen unterhalb von 100  $\mu\text{m}$ . Nach Verdoppelung dieser Grenze auf 200  $\mu\text{m}$ , wie sie *Marxkors* [61] noch für akzeptabel hält, liegen 92 % der Werte aller unter feuchten Bedingungen stattgefundenen Verfahren darunter, wobei jedoch einzelne Extremwerte bis zu 400  $\mu\text{m}$  auftauchten.

## 6.3 Diskussion der Anmischmethodik

Die Einhaltung der jeweiligen Mengen für das exakte Verhältnis von Basispaste zu dem entsprechendem Härter ist eine Grundvoraussetzung, um eine genaue Abformung durchführen zu können. Die Materialien lassen sich zudem nur in einer definierten Zeitspanne, die vom Hersteller angegeben wird, verarbeiten und applizieren. Eine Änderung der erprobten Verarbeitungsvorschriften kann die Materialeigenschaften erheblich beeinflussen [114].

Die Dosierung und Anmischung der Materialien kann bei manueller Handhabung variieren [38]. Selbst wenn immer dieselbe Person mit der Aufgabe betraut ist, können sich Schwankungen ergeben, die zu meßbaren Abweichungen führen [68].

Bei den ausgewählten Materialien wurde die Basispaste eines Materials (*Dimension/Garant*), in zwei unterschiedlichen Darreichungsformen vom Hersteller angeboten. Die knetbare, manuell dosierte Version unterschied sich in der Konsistenz von der mit dem Pentamixgerät angemischten schwerfließenden Form.

Die Stoffklasse des Polyethers (*Impregum*) wurde ebenfalls mit dem entsprechenden automatischen Mischgerät dosiert.

In der Abbildung, die eine Zusammenfassung der Ergebnisse unter feuchten Bedingungen zeigt, unterscheiden sich die mit dem Pentamixgerät durchgeführten Abformungen nicht signifikant von den mit der Korrekturabformung durchgeführten Abformungen. Dies war von vornherein zu vermuten, da die Erstabformung ausgehärtet dieselbe Stempelwirkung erzielte und das Korrekturmaterial identisch war. Bei Anwendung des Doppelmischabformverfahrens schnitt das maschinell in den Abformlöffel gegebene Material im Vergleich zu der Putty-Version signifikant besser ab. Unter trockenen Abformbedingungen zeigte sich weder bei der Korrekturabformung noch bei der Doppelmischabformung ein signifikanter Unterschied (siehe Abb. 5.10: *Zusammenfassung der Ergebnisse aus den Abformungen unter trockenen Bedingungen*).

Der mit dem Pentamixgerät dosierte Polyether (*Impregum*) schnitt vergleichbar gut ab wie das additionsvernetzende Silikon (*Dimension/Penta*), sowohl unter trockenen als auch unter feuchten Bedingungen.

Die vergleichsweise guten Ergebnisse der mit dem Pentamixgerät gemischten und dosierten Materialien unter verschiedenen Bedingungen zeigen sich deutlich bei dem additionsvernetzendem Material *Dimension/Penta*. Im Vergleich zu anderen A-Silikonem zeigen die gemessenen Randschlußgenauigkeiten eine bessere Verteilung der Werte und einen kleineren Medianwert.

Die Vorteile der maschinellen Mischung und Dosierung sind die immer gleichbleibende Konsistenz, sowie die Gewährleistung einer homogenen Durchmischung der verschiedenen Materialkomponenten. Die Stoffmengen liegen also bei jedem Anmischvorgang immer nahezu identisch vor.

Dieser Vorteil zeigt sich entsprechend in der Werteverteilung, wobei der Abformerfolg unter feuchten Bedingungen signifikant besser ist. Die genauere Anmischung in Verbindung mit der modifizierten chemischen Zusammensetzung kann dafür als Erklärung dienen.

## **6.4 Diskussion der Versuchsmethode**

Der in-vitro-Versuch weist die Vorteile standardisierbarer Rahmenbedingungen und einer stets identischen Ausgangssituation bei der Versuchsdurchführung auf. Es besteht die Möglichkeit, die Versuche beliebig oft zu wiederholen und reproduzierbare Ergebnisse zu erzielen. Außerdem können qualitativ hochwertige Verfahren zur Messung angewandt werden. Die in früheren Laborversuchen zum Einsatz gekommenen Prüfmethode waren jedoch nicht hinreichend geeignet, um die relevanten klinischen Einflüsse der Abformmaterialien und Abformtechniken zu untersuchen.

In dieser Studie wurde erneut der Versuch im Labor gewählt. Jedoch wurde versucht, die klinischen Aspekte bei dem Versuchsmodell so gut wie möglich nachzubilden. Zur gleichen Zeit konnten somit mit demselben Abformmaterial und derselben Abformmethodik identische Prüfkörper abgeformt werden. Nach einer Abformung wurden parallel zwei Gußkronen hergestellt, wobei die eine unter erschwerten Bedingungen, d. h. zusätzlichem Einfluß von Feuchtigkeit, entstand und die andere als Kontrollversuch trocken abgeformt wurde.

Die exakte Übertragbarkeit des gewählten Versuchsmodells in die klinische Realität ist natürlich nicht ohne weiteres möglich. Bei der Abformung im Munde des Patienten liegen Blut und Speichel zwischen Zahnoberfläche und der Gingivalmanschette. Der Plasmaexpander weist eine andere

Zusammensetzung auf als die Flüssigkeiten, die beim Abformvorgang am Patienten auftreten. Das paradontale Gewebe ist nur bedingt mit einer künstlichen Membran vergleichbar. Stahloberfläche und Dentin sind auch nicht identisch. Physikalische Einflüsse, wie die Verteilung der Temperatur während des Abformens im Munde, können am Modell nur ungenügend nachempfunden werden.

Der Versuchsaufbau konnte zwar konstante Bedingungen schaffen, es ist jedoch unbestritten, daß die physiologischen Unterschiede nie völlig beseitigt werden können. Im Gegensatz dazu sind klinische Versuche nur in den seltensten Fällen geeignet, um reproduzierbare Ergebnisse zu ermöglichen. Es ist daher nur möglich, Tendenzen aufzuzeigen, die auf eine Korrelation mit klinischen Versuchen hindeuten [117].

## 6.5 Schlußfolgerung

Die vollständige Übertragung erhaltener Forschungsergebnisse aus Laborversuchen, die unter trockenen Bedingungen stattgefunden haben und sich mit der Wiedergabegenauigkeit von Abformmaterialien sowie deren Einsatz mit unterschiedlicher Methodik beschäftigen, auf die klinischen Verhältnisse ist immer nur eingeschränkt möglich.

Die vorliegenden Untersuchungen haben ergeben, daß bei Abformungen unter Einfluß von Feuchtigkeit im Zusammenhang mit dem Vorhandensein enger Räume in der kritischen Abformzone eine Beeinflussung der Genauigkeit stattfindet. Die heute zur Verfügung stehenden Materialien verhalten sich dabei jedoch nicht mehr grundsätzlich unterschiedlich, so daß man eine Rangfolge aufstellen könnte. Die Stoffklasse der geprüften Materialien ist nicht mehr allein ausschlaggebend für einen bestimmten Abformerfolg. Die konkrete Zusammensetzung eines Abformmaterials, die schon während des Abformvorganges einen hydrophilen Charakter hervorruft, wirkt sich dabei vorteilhaft aus. So sind die neueren additionsvernetzenden Silikone gegenüber den zunächst in die Zahnheilkunde eingeführten Materialien deutlich verbessert worden.

Auch die für die Abformung angewandte Methodik kann nicht stets für einen Erfolg bürgen, jedoch lassen sich gewisse Tendenzen erkennen:

- Die Doppelmischabformmethode führte in dieser Studie öfter zu größeren Fehlern.
- Bei der Handhabung der Abformmaterialien hat sich die Verwendung eines automatischen Anmischgerätes für den Abformerfolg als positiv herausgestellt.

## 7. Zusammenfassung

Mit der Randschlußgenauigkeit von Gußkörpern nach Abformung mit verschiedenen Materialien und Techniken beschäftigen sich eine Reihe von Laboruntersuchungen.

Es kommt allerdings zu einem Verlust der Genauigkeit beim Einsatz am Patienten. Die Ursache dafür wird in der Lage der Präparationsgrenze gesehen, deren Zugang bei subgingivaler Lage durch das umgebende Parodontium für das Abformmaterial erschwert wird. Als weiterer Grund wird die mögliche Wechselwirkung mit Blut gesehen, das im Sulkus nach der Präparation oft auftritt, da die Weichgewebe traumatisch durch die Schleifkörper verletzt werden.

In der vorliegenden Studie wurde eine Versuchsmethode gewählt, die mit Laborstandards klinische Situationen nachahmt. Zwei Prüfkörper aus Metall, die einen präparierten Zahnstumpf mit Sulkus imitierten dienten als Modell. Sie wurden parallel und zeitgleich abgeformt, wobei jeweils ein Stumpf trocken abgeformt wurde und der andere mit einer Flüssigkeit (Plasmaexpander) benetzt wurde, die die Störfunktion des Blutes übernahm. Der Abformvorgang fand somit unter zwei zusätzlich erschwerten Bedingungen statt, wie sie in der klinischen Situation oft auftreten.

Geprüft wurden acht unterschiedliche Materialien (kondensationsvernetzende und additionsvernetzende Silikone sowie ein Polyether). Sie wurden mit drei verschiedenen Techniken (Korrektur-, Doppelmisch- und Einphasenabformung) verarbeitet. Aus den erhaltenen Abformungen wurden nach dem indirekten Verfahren Kronen hergestellt, deren Randschlußgenauigkeit auf dem ursprünglich abgeformten Prüfkörper bestimmt wurde.

Der Randschluß der Gußkronen war ungenauer für die Fälle, in denen die Prüfkörper unter feuchten Bedingungen abgeformt wurden. Die Größe der Ungenauigkeit korrelierte jedoch nicht mit den getesteten Stoffklassen. Die besten Ergebnisse erreichten K-Silikone und der Polyether. Mit der Doppelmischabformmethode (*Dimension-Penta/Garant*), der Korrekturabformmethode (*Lastic-Xtra/hydrophil*) und der Einphasenabformung (*Impregum*) unter feuchten Bedingungen abgeformt, lagen 88% der Werte unter der Grenze von 100 µm. Die durch Hydrophilisierung weiterentwickelten additionsvernetzenden Silikone schnitten im Vergleich zu früheren Studien wesentlich besser ab; somit waren die Bemühungen und Forschungen der Hersteller als weiterer Schritt zur Qualitätssteigerung, die letztendlich zum Wohle der prothetisch zu versorgenden Patienten dient, erfolgreich.

Eine automatische maschinelle Dosierung und Anmischung des Abformmaterials mit dem Pentamixgerät wirkte sich positiv auf den Abformerfolg aus.

## 8 Literaturverzeichnis

- [ 1 ] Bader, F., Setz, J.  
Benetzbarkeit und Wiedergabegenauigkeit von Abformmassen  
*Dtsch Zahnärztl Z* 46, 346 - 348 (1991)
- [ 2 ] Bader, F.  
Wiedergabegenauigkeit derzeit gebräuchlicher zahnärztlicher Abformmaterialien  
*Med. Diss., Tübingen* (1989)
- [ 3 ] Berger, H.-J., Marxkors, R. Meiners, H.  
Abformgenauigkeit bei ringlosen Abdrücken  
*Dtsch Zahnärztl Z* 28, 1051 - 1054 (1973)
- [ 4 ] Böttger, H.  
Erfahrungen mit Silikonabformmaterialien  
*Zahnärztl Welt* 71, 616 - 619 (1962)
- [ 5 ] Biffar, R.  
Klinische Nachuntersuchung von pulvermetallurgisch hergestellten Zahnersatz  
*Dtsch Zahnärztl Z* 46, 238 - 241 (1991)
- [ 6 ] Biffar, R.  
Zur Auswertung von Randspaltmessungen an festsitzendem Zahnersatz  
*Dtsch Zahnärztl Z* 46, 523 - 525 (1991)
- [ 7 ] Borchers, L., Filitz, J., Meyer, W.  
Der Einfluß der Stumpfform und einiger Elastizitätskonstanten von Silikonmassen  
auf die Abformgenauigkeit  
*Dtsch Zahnärztl Z* 39, 764 - 769 (1984)
- [ 8 ] Dankward, H., Heineberg  
Grundlagennwissen: Prothetik V: Abformung und Abformmaterialien  
*Quintess J* 7, 615 - 616 (1985)
- [ 9 ] Demmel, H. J.  
Der Einfluß verschiedener Zementsorten auf den Randschluß paßgenauer Kronen  
*Dtsch Zahnärztl Z* 26, 700 - 705 (1971)
- [ 10 ] Döring, R. W.  
Die Paßgenauigkeit des Kronenrandes in Abhängigkeit von der Modellation  
*Med. Diss., Tübingen* 1983
- [ 11 ] Donath, K., Roth, K.  
Histologisch - morphometrische Studie zur Bestimmung des zervikalen Randschlusses  
von Einzel -und Pfeilerkronen  
*Z Stomatol* 84, 53 - 73 (1987)
- [ 12 ] Dreyer Jørgensen, K.  
Prüfungsergebnisse zahnärztlicher Gußverfahren  
*Dtsch Zahnärztl Z* 7, Heft 2, 461 - 469 (1958)
- [ 13 ] Drummond, J. L., Randolph, R. G.  
Comparison study of elastic impression material  
*J Prosthet Dent* 56, 188 - 192 (1986)
- [ 14 ] Dumfahrt, H., Schäffer, H.  
Zum Dimensionsverhalten bei verschiedenen Abformverfahren mit gummielastischen  
Massen in der Inlay-, Kronen- und Brückentechnik  
*Z Stomatol* 84, 231 - 239 (1987)
- [ 15 ] Eames, W. B., Wallace, S. W., Suway, N. B., Rogers, L. B.  
Accuracy and dimensional stability of elastomeric impression materials  
*J Prosthet Dent* 42, 159 - 162 (1979)

- [ 16 ] Eichner, K.  
Der Kronenrand und das marginale Parodontium aus klinischer Sicht  
*Dtsch Zahnärztl Z* 24, Heft 8, 741 - 749 (1969)
- [ 16 ] Eichner, K.  
Abdruck oder Abformung von präparierten Zähnen ?  
*Dtsch Zahnärztl Z* 27, 589 - 592 (1972)
- [ 17 ] Eichner, K.  
Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung, Band 1, Grundlagen und  
Verarbeitung  
*Hüthig Heidelberg*, 1988
- [ 18 ] Einfeldt, von H.  
Paßgenauigkeit gegossener Metallarbeiten  
*Dtsch Zahnärztl Z* 24, 1087 - 1093 (1969)
- [ 19 ] Erdmann, H.P.  
Untersuchungen über den Marginalen Randschluß von Band- und Gußkronen an  
extrahierten, überkronten Zähnen  
*Med. Diss., Münster* (1972)
- [ 20 ] Fergal, F. N., Storrs, J.  
Hypersensitivity to a dental impression material  
*Br Dent J* 134, 244 - 246 (1973)
- [ 21 ] Franz, G.  
Möglichkeiten und Grenzen elastischer Abformmaterialien  
*Zahnärztl Mitt* 65, 64 - 68 (1975)
- [ 22 ] Franz, G.  
Möglichkeiten und Grenzen elastischer Abformmaterialien  
*Zahnärztl Mitt* 65, 24 - 30 (1975)
- [ 23 ] Franz, G.  
Über den günstigsten Zeitpunkt zur Weiterarbeit auf einem Hartgipsmodell  
*Dtsch Zahnärztl Z* 34, 694 - 697 (1979)
- [ 24 ] Fuchs, P., Wallner, M.  
Abformmethoden und -materialien bei niedergelassenen Zahnärzten  
*Dtsch Zahnärztl Z* 27, Heft 7, 584 - 588 (1972)
- [ 25 ] Genadi, G., Welsh, S. L.  
Evaluation of a rubber-Base impression material  
*J Prosthet Dent* 39, 95 - 99 (1978)
- [ 26 ] Gerrow, Jack D., Schneider, R.  
A comparison of the compatibility of elastomeric impression materials type IV, dental  
stones and liquid media  
*J Prosthet Dent* 57, 292 - 298 (1987)
- [ 27 ] Geurtsen, W.  
Der Kronen - und Füllungsrand  
*Dtsch Zahnärztl Z* 45, Heft 7, 380 - 386 (1990)
- [ 28 ] Haas, Wegscheider, Bratschko  
Der Randspalt von metall - und nichtmetallgetragenen Keramikronen im Vergleich  
*Quintessenz* 39, Heft 4 , 625 - 633 (1988)
- [ 29 ] Hoffmann - Axthelm, W.  
Die Geschichte der Zahnheilkunde  
*Quintessenz Berlin* 1973
- [ 30 ] Hofmann, M.  
Der Korrekturabdruck (ein neues Abdruckverfahren für festsitzenden Zahnersatz)  
*Zahnärztl Welt* 66, 160 - 164 (1965)

- [ 31 ] Holmes, J.R., Bayne, S.C., Holland, G.A., Sulik, W.D.  
Considerations in measurement of marginal fit  
*J Prosthet Dent* 62, 405 - 408 (1998)
- [ 32 ] Hung, S., Purk, John H., Tira, Daniel E., Eick, David J.  
Accuracy of one - step versus two - step putty wash addition silicone impression technique  
*J Prosthet Dent* 67, 583 - 589 (1992)
- [ 33 ] Idris, B., Houston, F., Claffey, N.  
Comparison of the dimensional accuracy of one - and two - step techniques with the use of putty/wash addition silicone impression materials  
*J Prosthet Dent* 74, 535 - 541 (1995)
- [ 34 ] Jaeggi, S.  
Die Entwicklung der zahnärztlichen Abdruckverfahren von den Anfängen bis zur Gegenwart  
*Med. Diss., Basel* 1960
- [ 35 ] Johnson, G. H., Craig, R. G.  
Accuracy of four types of rubber impression materials compared with time of pour and a repeat pour of models  
*J Prosthet Dent* 53, 484 - 490 (1985)
- [ 36 ] Johnson, G. H., Craig, R. G.  
Accuracy of addition silicone as function of technique  
*J Prosthet Dent* 55, 197 - 203 (1986)
- [ 37 ] Jost, J.  
Die Genauigkeit verschiedener Abformmaterialien auf Polyätherbasis in Abhängigkeit von der Lagerungszeit der Abformung vor der Modellherstellung  
*Med. Diss., Marburg* 1986
- [ 38 ] Keck, S. C.  
Automixing: A new concept in elastomeric impression material delivery systems  
*J Prosthet Dent* 54, 479 - 483 (1985)
- [ 39 ] Knoblauch, M.  
Erfahrungen mit der Doppelabdruckmethode (Korrekturabdruck)  
*Dtsch Zahnärztl Z* 21, 168 - 170 (1966)
- [ 40 ] Körber, E., Lehmann, K.  
Vergleichende Untersuchungen bei Abdruckmaterialien für Kronen und Brücken  
*Dtsch Zahnärztl Z* 24, 791 - 797 (1966)
- [ 41 ] Kollmannsperger, P., Sauer, G.  
Vergleichende Untersuchungen über die Abbindeexpansion von Einbettmassen  
*Dtsch Zahnärztl Z* 38, 227 - 229 (1983)
- [ 42 ] Kulenkamp, D., Hausen, B. M., Schulz, K. H.  
Berufliche Kontaktallergie durch neuartige Abdruckmaterialien in der zahnärztlichen Praxis (scutan® und Impregum®)  
*Zahnärztl Mitt* 66, 968 (1976)
- [ 43 ] Lehmann, K. M., Burgdorf, H. O.  
Untersuchungen zu zweizeitigen Abformverfahren für Kronen und Brücken (Korrekturabdruck)  
*Zahnärztl Welt* 87, 430 - 433 (1978)
- [ 44 ] Lehmann, K. M., Burgdorf, H. O.  
Untersuchungen zu einzeitigen Abformverfahren für Kronen und Brücken (Doppelmischabdruck)  
*Zahnärztl Welt* 87, 434 - 435 (1978)
- [ 45 ] Lehmann, K. M.  
Beitrag zur Verbesserung des Korrekturabdruckverfahrens  
*Zahnärztl Prax* 30, 303 - 305 (1979)

- [ 46 ] Lehmann, K. M.  
Welche Methoden werden in der Praxis für Kronen und Brücken angewandt?  
*Zahnärztl Mitt* 66, 602 - 614 (1979)
- [ 47 ] Lehmann, K. M.  
Methodik und Systematik der Abformung für festsitzenden Zahnersatz  
*Zahnärztl Mitt* 70, 486 - 493 (1980)
- [ 48 ] Lehmann, K. M., Hartmann, F.  
Untersuchungen zur Genauigkeit von Doppelabformungen  
*Quintessenz* 33, Heft 5, 985 - 987 (1982)
- [ 49 ] Lehmann, K. M., Gobbers, R., Hoederath, C., Holper, G.  
Die Genauigkeit von Modellstümpfen für Kronen und Brücken  
*Dent labor* 32, 415 - 417 (1984)
- [ 50 ] Lehmann, K. M., Krauth, G.  
Der Randschluß von Gußkronen - hergestellt im propädeutischen Unterricht  
*Dtsch Zahnärztl Z* 39 750 - 752 (1984)
- [ 51 ] Lehmann, K. M.  
Abformmaterialien, Abformmethoden und Modellherstellung für Kronen und Brücken  
*Zahnärztl Welt* 96, 914 - 916 (1987)
- [ 52 ] Lehmann, K. M., Zettel, R., Gente, M.  
Die Paßgenauigkeit von Gußkörpern in Abhängigkeit von Abformung und Modell  
sowie Gußtechnischen Parametern  
*Dtsch Zahnärztl Z* 43, 473 - 476 (1988)
- [ 53 ] Lehner Christian, R., Schärer Peter  
Abformmaterialien in der Kronen und Brückenprothetik  
*Schweiz Monatsschr Zahnmed* 101, 629 - 635 (1991)
- [ 54 ] Lenz, E.  
Werkstoffkundliche Grundlagen des Abformens mit Silikon Elastomeren  
*Stomatol DDR* 26, H.5, 331 - 339 (1976)
- [ 55 ] Leo, D.  
Form- und Wiedergabegenauigkeit sowie Fließfähigkeit und Formänderung, unter  
besonderer Berücksichtigung des Speichels  
*Med. Diss., Köln* 1972
- [ 56 ] Marcinak, C., Draughn, R. A.  
Linear dimensional changes in addition curing silicone impression materials  
*J Prosthet Dent* 47, 411 - 413 (1982)
- [ 57 ] McCabe, J. F., Wilson, H. J.  
Addition curing silicone rubber impression materials, an appraisal of their physical  
properties  
*Br Dent J* 145, 17 - 20 (1978)
- [ 58 ] McCabe, J. F., Storer, R.  
Elastomeric impression materials  
*Br Dent J* 149, 73 - 79 (1980)
- [ 59 ] Marker Victoria, A.  
Vinyl polysiloxane impression materials a status report  
*J Am Dent Assoc* 120, 595 - 599 (1990)
- [ 60 ] Marxkors, R., Meiners, H., Mende, Th.  
Einfluß von Temperatur und Dosierung auf die Vernetzungsgeschwindigkeit  
elastomerer Abformmaterialien  
*Dtsch Zahnärztl Z* 29, 810 - 814 (1974)
- [ 61 ] Marxkors, R.  
Der Randschluß der Gußkronen  
*Dtsch Zahnärztl Z* 35, 913 - 915 (1980)

- [ 62 ] Marxkors, R.  
Taschenbuch der zahnärztlichen Werkstoffkunde. 3. Aufl.,  
*Hanser, München - Wien* 1988
- [ 63 ] Marxkors, R.  
Abformfehler und deren Vermeidung  
*Zahnärztl Welt* 94, 466 - 473 (1985)
- [ 64 ] Meiners, H.  
Abformgenauigkeit mit elastomeren Abformmaterialien, Theoretische und Experimentelle  
Untersuchungen  
*Hanser, München - Wien* 1977
- [ 65 ] Meiners, H.  
Zur Strömungssituation beim Korrekturabdruck  
*Dtsch Zahnärztl Z* 31, 685 - 687 (1976)
- [ 66 ] Meiners, H.  
Eigenschaft und Genauigkeit von elastomeren Abformmaterialien (Polysulfide,  
Silikone, Polyäther)  
*Zahnärztl Welt* 87, 426 - 430 (1978)
- [ 67 ] Meiners, H.  
Vergleich der verschiedenen Elastomertypen-Polyadditionssilikone  
*Zahnärztl Welt* 87, 590 - 591 (1978)
- [ 68 ] Meiners, H.  
Der richtige Umgang mit elastomeren Abformmaterialien  
*Zahnärztl Mitt* 70, 480 - 485 (1980)
- [ 69 ] Meiners, H.  
Das Problem der Paßgenauigkeit - Der Randschluß von Gußkronen  
*Dent Labor* 34, 1939 -1944 (1986)
- [ 70 ] Morgano, Steven M., Milot Patrice, Ducharme Patrice, Rose Lynda  
Ability of various impression materials to produce duplicate dies from successive  
impressions  
*J Prosthet Dent* 73, 333 - 340 (1995)
- [ 71 ] Mohd Sulong, Setchell Derrick, J.  
Properties of the tray adhesive of an addition polymerizing silicone to impression tray  
materials  
*J Prosthet Dent* 66, 743 - 747 (1991)
- [ 72 ] Nayyar, A., Tomlins, C. D., Fairhurst, C. W., Okabe, T.  
Comparison of some properties of polyether and polysulfid materials  
*J Prosthet Dent* 42, 163 - 167 (1979)
- [ 73 ] Peroz, I.  
Dimensionsstabilität von Polyäther-Polysulfid-und Silikonabformmassen sowie Härte der  
Gipsaussgüsse nach Desinfektion  
*Dtsch Zahnärztl Z* 43, 1066 - 1071 (1988)
- [ 74 ] Pfannenstiel, H.  
Das Abformproblem aus der Sicht des zahntechnischen Laboratoriums  
*Dtsch Zahnärztl Z* 27, 579 - 583 (1972)
- [ 75 ] Pfeiffer, P., I  
Werkstoffkundliche Erkenntnisse über elastomere Abformmaterialien und ihre  
Bedeutung für die routinemäßige Abformung  
*Zahnärztl Welt* 97, 224 - 234 (1988)
- [ 76 ] Pfeiffer, P., II  
Werkstoffkundliche Erkenntnisse über elastomere Abformmaterialien und ihre  
Bedeutung für die routinemäßige Abformung  
*Zahnärztl Welt* 97, 322 - 340 (1988)

- [ 77 ] Plekavich, E. Joncas, J.M.  
The effect of impression-die systems on crown margins  
*J Prosthet Dent* 49, 772 - 776 (1983)
- [ 78 ] Pratten, D.H., Craigder,  
Wettability of a hydrophilic addition silicone impression material  
*J Prosthet Dent* 61, 197 - 202 (1989)
- [ 79 ] Rehberg, H. J.  
Der Kronenrand , Exakter Randschluß - was ist das ?  
*Dtsch Zahnärztl Z* 26, 696 - 699 (1971)
- [ 80 ] Rehberg, H.-J.  
Die Quintessenz der zahnärztlichen Abformhilfsmittel  
*Quintessenz Berlin* 1978
- [ 81 ] Rehberg, H. J.  
Fließverhalten von Abformwerkstoffen bei planer Ausbreitung  
*Dtsch Zahnärztl Z* 34, 670 - 674 (1979)
- [ 82 ] Rehberg, H.-J., Schwickerath  
Die Genauigkeit von Abformung und Modell bei der Inlayherstellung  
*Dtsch Zahnärztl Z* 36, 333 (1981)
- [ 83 ] 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)
- [ 84 ] Sassen, H. von  
Paßgenauigkeit von Kronen bei definierter Präparationsgrenze  
*Dtsch Zahnärztl Z* 33, 726 - 732 (1978)
- [ 85 ] Schelb, E., Cavazos, E., Kaiser, D. A., Troendle, K.  
Compatibility of type IV dental stones with polyether impression materials  
*J Prosthet Dent* 60, 540 - 542 (1988)
- [ 86 ] Scheutzel, P.  
Zur klinischen Beurteilbarkeit der marginalen Paßgenauigkeit von Kronen im Approximalraum mittels Sonde und Röntgenbild  
*Abstractband der 44. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde e.V., Rostock (1995)*
- [ 87 ] Schrader, U., Kordaß, B.  
Nachuntersuchung zur Paßgenauigkeit von Kronen, die im Phantomkopf unter praxisnahen Bedingungen hergestellt wurden  
*Zahnärztl Welt* 99, 84 - 86 (1990)
- [ 88 ] Schulz, H.-H., Schwickerath, H.  
Die Abformung in der Zahnheilkunde  
*Deutscher Ärzte Verlag, Köln* 1989
- [ 89 ] Schwickerath, H.  
Zur Form- und Wiedergabegenauigkeit von elastomeren Abformmaterialien  
*Dtsch Zahnärztl Z* 27, 616 - 619 (1972)
- [ 90 ] Schwickerath, H.  
Über die Kraft bei der Abformung und über das Fließverhalten von Zinkoxid - Eugenol - Pasten  
*Dtsch Zahnärztl Z* 30, 527 - 530 (1975)
- [ 91 ] Schwickerath, H.  
Das Formverhalten von Abformmaterialien im Versuch und in der Praxis  
*Dtsch Zahnärztl Z* 31, 680 - 689 (1976)
- [ 92 ] Schwickerath, H.  
Randspalt und Löslichkeit  
*Dtsch Zahnärztl Z* 34, 664 - 669 (1979)

- [ 93 ] Schwickerath, H.  
Konfektionierte und individuelle Löffel, Forderungen an Material und Einsatz  
*Zahnärztl Mitt* 8, 466 - 470 (1980)
- [ 94 ] Schwickerath, H., Jahn, U. W. K.  
Zur Fließfähigkeit von Abformmaterialien  
*Dtsch Zahnärztl Z* 38, 223 - 226 (1983)
- [ 95 ] Schwindling, R.  
Rationelle Maßnahmen beim Doppelabdruckverfahren  
*Zahnärztl Welt* 80, 911 - 913 (1971)
- [ 96 ] Shillingburgh, H.T., Hobo, S. Whitsett, L.D.  
Fundamentals of fixed prosthodontics  
*Quintessenz Berlin* 1981
- [ 97 ] Spiekermann  
Zur marginalen Paßform von Kronen und Brücken  
*Dtsch Zahnärztl Z* 41 1051 - 1019 (1986)
- [ 98 ] Stachniss, V., Kolbow, G.  
Fehler bei der Korrekturabformung und ihre Vermeidung  
*Dtsch Zahnärztl Z* 32, 934 - 936 (1977)
- [ 99 ] Stackhouse, J.A., Yoon, W.  
Low-fusing counterdies for measuring accuracy of dies or impression materials  
*J Prosthet Dent* 71, 209 - 214 (1994)
- [ 100 ] Staehle, G.  
Eine rationelle Methode zur Abformung von Kronenstümpfen bei gleichzeitiger  
Kronenstumpfversorgung  
*Dtsch Zahnärztl Z* 21, 341 - 347 (1967)
- [ 101 ] Stahl, E.  
Präzise Abdrücke nach dem Doppelabdruckverfahren speziell für stufenlose  
Präparationen und Herstellung exakter Modelle für indirekte Kronen-, Brücken- und  
Inlayarbeiten  
*Dtsch Zahnärztebl* 10, 46 - 52 (1956)
- [ 102 ] Stegmeyer, B.  
Vergleichende Untersuchungen über die Dimensionsänderungen von Gußobjekten im  
zahnärztlichen Angußverfahren  
*Dtsch Zahnärztl Z* 21, 256 - 263 (1966)
- [ 103 ] Strandmann, E.  
Lineare Genauigkeit bei Arbeitsmodellen - Eine Vergleichsstudie  
*Zahnärztl Welt* 94, 543 - 546 (1985)
- [ 104 ] Tam, L. E., Brown, J. W.  
The tear resistance of various impression materials with and without modifiers  
*J Prosthet Dent* 63, 282 - 285 (1990)
- [ 105 ] Uhlig, C.  
Entwicklung eines Sulcusfluid-Flow-Modells zum Vergleich von Abformmaterialien  
und -techniken unter standardisierten Bedingungen  
*Med. Diss., Münster* 1998
- [ 106 ] Viohl, J.  
Bewertung der Werkstoffkunde für Stumpfabformungen  
*Zahnärztl Mitt* 8, 476 - 479 (1980)
- [ 107 ] Wagner, E.  
Zusammenhang zwischen den Dimensionsänderungen der Einbettmasse und der  
Paßgenauigkeit von schematischen Kronenringen  
*Dtsch Zahnärztl Z* 32, 949 - 951 (1977)

- [ 108 ] Wassel, R.W., Ibbetson, R. J.  
The accuracy of polyvinylsiloxine impressions made with standard and reinforced  
stecktrays  
*J Prosthet Dent* 65, 748 - 757 (1991)
- [ 109 ] Weyns, W., DeBoever, J.  
Radiographic assesment of the marginal fit of cast restorations  
*J Prosthet Dent* 51, 485 (1984)
- [ 110 ] Wichmann, M., Borchers, L.  
Bestimmung der Abformgenauigkeit verschiedener Elastomere  
*Dtsch Zahnärztl Z* 47 88 - 91 (1992)
- [ 111 ] Wirz, J., Schmidli, F.  
Elastische Rückstellung bei Abformstoffen  
*Quintessenz* 8, 1383 - 1390 (1987)
- [ 112 ] Wirz, J., Schmidli, F.  
Moderne Elastomere - Wichtige physikalische Eigenschaften, Rheogramme  
Teil I: Material und Methode, Rheogramme  
*Quintessenz* 5, 959 - 967 (1989)
- [ 113 ] Wirz, J., Schmidli, F.  
Moderne Elastomere - Wichtige physikalische Eigenschaften  
*Quintessenz* 6, 1151 - 1156 (1989)
- [ 114 ] Wöstmann, B.  
Zum derzeitigen Stand der Abformung in der Zahnheilkunde  
*Habil., Münster* 1992
- [ 115 ] Wöstmann, B.  
Wie genau lassen sich präparierte Zähne am Patienten abformen?  
*Zahnärztl Welt* 105, 247 - 250 (1996)
- [ 116 ] Wöstmann, B.  
Klinische Bestimmungsvarianten bei der Abformung präparierter Zähne  
*Z Stomatol* 93/2: 51 - 57 (1996)
- [ 117 ] Wöstmann, B., Dohle, A., Rettberg, S.  
Zur Frage der in vivo erreichbaren Abformgenauigkeit  
*Dtsch Zahnärztl Z* 49, 679 - 682 (1994)
- [ 118 ] Wöstmann, B., Hufnagel, A.  
Vergleich verschiedener Methoden zur Bestimmung der Randschlußgenauigkeit in vivo  
*Dtsch Zahnärztl Z* 52, 272 - 274 (1997)
- [ 119 ] Zettel ,R.  
Die Passgenauigkeit von Gusskörpern in Abhängigkeit von Abformung und Modell:  
Ein Beitrag zum Präzisionsguss  
*Med. Diss., Marburg* 1987

## **Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. Bernd Wöstmann für die Überlassung des Themas und die freundliche und umfassende Betreuung bei dieser Arbeit.

# Lebenslauf

Name: Athanasios Koniaris

Anschrift: Auf der Insel 27  
58642 Iserlohn  
Tel.: + + 49/0172/6165881

Geburtsdatum: 05.03.1970

Geburtsort: Kranea/Griechenland

Eltern: Theodoros Koniaris  
Aphrodite Koniari

Staatsangehörigkeit: Griechisch

Schulbildung: 1976 - 1980 Grundschule Hohenlimburg  
1980 - 1989 Gymnasium Hohenlimburg

Abschluß: Allgemeine Hochschulreife

Berufsausbildung: 1989 - 1991 zahntechnische Ausbildung  
Fa. Hellmann & Stein Dental GmbH, Hagen

Hochschulausbildung: WS 91/92 - SS 97 Studium der Zahnmedizin  
an der Justus-Liebig-Universität Gießen

Abschluß: Staatsexamen 14.10.1997

Berufsausübung: 2/98 - 8/98 Weiterbildungsassistent  
in der Kieferorthopädie, Fulda  
  
seit 1/99 Weiterbildungsassistent in der  
kieferorthopädischen Fachpraxis Drs. Broßheit,  
Peine

Gießen, 25.Juli 1999