Korrekturabformung versus Doppelmischabformung in Abhängigkeit der Präparationsform und der Eröffnung des Sulcus mittels Gingivektomie und Retraktionsfäden zur besseren Darstellung der Präparationsgrenze bei festsitzenden prothetischen Rekonstruktionen

- eine in vitro - Untersuchung-

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnheilkunde
des Fachbereichs Humanmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Vorgelegt von Zahnarzt Dieter Trost
aus Bad Arolsen
Gießen 2001

Aus dem Medizinischen Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
des Klinikums der Justus-Liebig-Universität Gießen

Poliklinik für zahnärztliche Prothetik

Leiter: Prof. Dr. P. Ferger

Gutachter: Prof. Dr. B. Wöstmann
Gutachter: Prof. Dr. Dr. R. Schnettler
Tag der Disputation: 20. August 2002

Meiner wunderbaren Familie

und meinem Praxisteam

- in memoriam meiner verstorbenen Mutter -

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 4

2. Literaturübersicht 5

2.1. Bedeutung der Randschlussgenauigkeit 5

2.2. Theoretische Anforderungen an den Randschluss einer festsitzenden prothetischen Rekonstruktionen 6

2.3. Präparation 6

2.3.1. Pulpenschädigung 7
2.3.2. Parodontale Irritation 8
2.3.3. Präparationsformen 8

2.4. Methoden zur Messung und Beurteilung des Randspalts 10

2.5. Studien über die am indirekten Verfahren beteiligten Werkstoffe und Techniken 13

2.5.1. Studienversuche über Abformmassen 13
2.5.2. Studien über Arbeitsmodelle, Modellation und Gußverfahren 14
2.5.3. Angewandte Materialien und Methoden in der täglichen Praxisroutine 15

2.6. Abformmaterialien 15

2.6.1. Historischer Überblick 16
2.6.2. Irreversibel – starre Abformmaterialien 16
2.6.3. Irreversibel – elastische Abformmaterialien 17
2.6.4. Reversibel – starre Abformmaterialien 22
2.6.5. Reversibel – elastische Abformmaterialien 22

2.7. Abformmethoden 23

2.7.1. Einphasig einzeitige Abformmethode 23
2.7.2. Zweiphasig einzeitige Abformmethode 24
2.7.3. Mehrphasig einzeitige Abformmethode 24
2.7.4. Zweiphasig zweizeitige Abformmethoden 25
2.7.5. Mehrphasig zweizeitige Abformmethode 26

3. Ziel der Arbeit 27

4. Material und Methode 28

4.1. Arbeitsgrundlage 28

4.2. Auswahl der Zähne 28

4.3. Präparation der Zähne 29

4.3.1. 150°-Präparation 30
4.3.2. 120°-Präparation 30
4.3.3. 75°-Präparation 31

4.4. Abformmethode und -material 32

4.5. Herstellung der Modellstümpfe 35

4.6. Herstellung der Prüfkronen 36

4.7. Messung der Randspaltbreite 39

4.8. Graphische Darstellung und statistische Auswertung der Messergebnisse 41

5. Ergebnisse 42

5.1. Absolute Häufigkeit der Messwerte 42

5.2. Ergebnisse in Abhängigkeit der Darstellung der Präparationsgrenze 43

5.3. Ergebnisse in Abhängigkeit der Präparationsform 44

5.4. Ergebnisse in Abhängigkeit der Abformmethode 48

6. Diskussion 57

6.1. Diskussion der Versuchsmethode 57

6.2. Diskussion der Ergebnisse in Abhängigkeit der Darstellung der Präparationsgrenze 58

6.3. Diskussion der Ergebnisse in Abhängigkeit der Präparationsform..58

6.4. Diskussion der Ergebnisse in Abhängigkeit der Abformmethode.....59

6.5. Abschlußdiskussion.....60

7. Zusammenfassung.....62

8. Literaturverzeichnis.....63

9. Messwerttabellen.....79

10. Auswertungstabellen.....82

11. Erfassungsbögen fehlerhafter Abformungen.....85

12. Präparationsplan.....95

13. Lebenslauf.....97

14. Danksagung.....98

1. Einleitung

Für den Langzeiterfolg einer festsitzenden prothetischen Restauration ist hauptsächlich die Genauigkeit des Randschlusses maßgebend. Die meisten veröffentlichten klinischen Studien, die sich mit diesem Thema beschäftigen, sind retrospektiver Art. Hier wurde der Randspalt an extrahierten Zähnen untersucht. Die Varianz liegt zwischen Werten von 20 µm bis 400 µm, teilweise auch größer [*Spiekermann* 1986], [*Donath, Roth* 1987]. Als Optimum wird ein Randspalt von 20 µm angestrebt [*Rehberg* 1971]. Diese Dimension entspricht der Korngröße des Befestigungszementes.
Eine Vielzahl von Faktoren während der einzelnen Arbeitsschritte können den Spalt zwischen Kronenrand und Präparationsgrenze beeinflussen [*Lehmann* 1978], [*Marxkors* 1985], [*Vidohl* 1980].
Die Abformung stellt das Transfermedium zwischen intraoraler Situation und dem Arbeitsmodell dar, also zwischen Zahnarzt und Zahntechniker.
Es ist notwendig eine detail- und dimensionsgetreue Abformung zu erhalten, aus der ein Modell hergestellt wird, das eine identische Mundsituation wiedergeben soll. Somit ist die Abformung schlechthin der zentrale Arbeitsschritt, der für eine gute oder schlechte Paßgenauigkeit der Rehabilitation entscheidend ist. Ein hier stattfindender Fehler setzt sich dann in der gesamten Arbeit fort [*Wöstmann* 1992].

Beeinflusst wird die Abformung durch verschiedene Faktoren: die Präparationsform, die Lage der Präparationsgrenze und deren umgebendes Milieu, die Abformmethode sowie das verwendete Abformmaterial und die Stabilität des Abformlöffels [*Gernet* 1984].

Bei einem supragingival angelegten Kronenrand ist die Präparationsgrenze unproblematisch abzuformen. Probleme tauchen erst dann auf, wenn die Präparationsgrenze para- oder subgingival liegt. Um hier eine exakte Wiedergabe der Grenze zu erhalten, muß Zahnfleisch verdrängt und der Sulcus eröffnet werden.
Hierzu eignen sich die Gingivektomie sowie das Einlegen eines Retraktionsfadens oder eines Retraktionsrings.

Das zentrale Thema dieser Studie ist die Darstellung einer subgingival gelegenen Präparationsgrenze. Diese kann aber nur dann exakt erkennbar sein, wenn die Abformung die Grenze der Präparation übergreift.

Ziel dieser Arbeit ist es, zu prüfen, ob die Gingivektomie oder das Legen von Retraktionsfäden in Abhängigkeit von Abformmethode und Präparationsform

besser geeignet ist, eine optimale Wiedergabe der Präparationsgrenze zu erhalten.
Eine Prüfung dieser Verfahrensweisen ist aus ethischen Gründen am Menschen als problematisch einzustufen, selbst dann, wenn eine Indikation zur Extraktion der Prüfzähne bestehen würde.
Studien unter Laborbedingungen an Modellen mit Normkörpern, denen eine ähnliche Fragestellung zugrunde lag, sind unter optimalen Bedingungen durchgeführt worden [*Einfeldt* 1969], [*Lehmann* 1984].

Aufgabe dieser Studie ist es, Ergebnisse zu erhalten, wie sie unter vergleichbaren Voraussetzungen beim Durschnittspatienten in der alltäglichen Praxis zustande kommen.
Forderungen, die an den Versuchsaufbau gestellt werden müssen, sind: ein umgebendes Milieu zu schaffen, wie es bei der Abformung beim Menschen vorzufinden ist: Eigenbeweglichkeit der Zähne, nachsickerndes Sulkusexsudat und Blut sowie eine sich zurückstellende Gingiva und dergleichen.
Nach einigen Vorversuchen zeigte sich, dass Kiefer frischgeschlachteter Rinder diese Voraussetzung am besten wiedergeben.

2. Literaturübersicht

2.1. Bedeutung der Randschlussgenauigkeit

Misserfolge einer festsitzenden prothetischen Rekonstruktion sind nach *Schwindling* [1971] und *Geurtsen* [1990] am häufigsten bei der mangelnden Randschlussgenauigkeit zu finden. Ein insuffizienter Randschluss führt zu parodontalen Irritationen und Bildung von Sekundärkaries.

Wie groß die maximale Randspaltenbreite einer festsitzenden prothetischen Rekonstruktion sein darf, wird wissenschaftlich sehr unterschiedlich bewertet. Unbestritten ist aber, daß ein guter Randschluß die wenigsten klinischen Probleme in sich birgt.

Die Exaktheit des Randspalts wird deshalb immer von besonderem Interesse sein [*Haas, Wegschneider und Bratschko 1988*].

2.2. Theoretische Anforderung an den Randschluss einer festsitzenden prothetischen Rekonstruktion.

In der zahnärztlichen Nomenklatur wird der Randschluss als das Maß für die Passung zwischen dem Rand einer festsitzenden prothetischen Rekonstruktion und der Präparationsgrenze definiert [*Marxkors* 1988].

Rehberg [1971] spricht nur dann von einem Randschluss, wenn der Rand einer festsitzenden prothetischen Rekonstruktion direkt auf der Präparationsgrenze endet. Ist dies nicht der Fall, handelt es sich um einen Randspalt.

Die Meinung über den maximal tolerablen klinisch ausreichenden Randspalt schwankt zwischen 50 µm und 200 µm.
Nach *Marxkors* [1988] sind Werte bis zu 200 µm klinisch tolerabel. *Dreyer-Jørgensens* [1958]. Forderungen nach einer Randspaltenbreite von 50 µm, konnten bislang nur an Phantommodellen in Serie erreicht werden. *Meiners* weist 1985 darauf hin, dass auf Grund der material- und verfahrensbedingten Fehler, auch unter optimalsten Arbeitsbedingungen und Sorgfalt, Randspaltgenauigkeiten von maximal 50 µm in Serie nicht zu erreichen sind. Er sieht diese Größe eher als theoretischen Wert an.
Die durchschnittliche Korngröße der zur definitiven Befestigung benötigten Zemente beträgt 20 µm. *Rehberg* [1971] sieht deshalb 20 µm als optimale Größe für den Randspalt an. Kleinere Randspalten führen zu Interferenzen zwischen dem exakten Sitz der Rekonstruktion auf dem Kronenstumpf; bei größeren Randspalten kommt es zu Auswaschungen des Befestigungszements.

Retrospektive Untersuchungen an extrahierten Zähnen zeigten fast alle, daß der tolerierbare Maximalwert nach *Marxkors* [1980] von 200 µm erheblich überschritten wurde. Bei *Erdmann* [1972] wurde ein Mittelwert von 260 µm, bei *Düsterhus* [1980] je nach Lage der Präparationsgrenze von 90 µm – 230 µm, bei *Spiekermann* [1986] ein Mittelwert von 382 µm und bei *Donath* und *Roth* [1987] sogar ein Mittelwert von 482 µm festgestellt. Nur in der Untersuchung von *Marxkors* [1980] wurde ein mittlerer Randspalt von 130 µm ermittelt.

2.3. Präparation

Jeder medizinische Eingriff stellt de jure eine Körperverletzung dar und wird nur durch das Einverständnis des Patienten und die Sinnhaftigkeit des Eingriffs legalisiert. Alle medizinischen Eingriffe bergen kurz-, mittel- und langfristig

Risiken und Nebenwirkungen. Diese vollständig zu vermeiden oder so klein wie möglich zu halten, muss oberste Devise unseres Handelns sein [*Marxkors* 1988]. Die Präparation stellt innerhalb der zahnärztlichen Prothetik den Eingriff dar, der sowohl schnelle offensichtliche, als auch schleichende, versteckte gravierend negative Auswirkungen haben kann.
Jede Komponente einer Präparation, ob es nun die Lage der Präparationsgrenze, die Präparationsform oder das Beschleifen des Zahns ist, kann über den späteren Erfolg oder Misserfolg der festsitzenden prothetischen Restauration entscheidend sein [*Klötzer* 1984].

2.3.1. Pulpenschädigung

Die größte Gefahr für die Pulpa stellt die thermische Traumatisierung dar. Spätestens seit der Einführung von hochtourigen Turbinen oder Winkelstücken mußte dieser Noxe größte Beachtung geschenkt werden. Messungen von *Hofmann* [1961], *Langeland* [1965] und *Zach* [1965] konnten Temperaturen an der Kontaktstelle Schleifkörper/Präparationsoberfläche von bis zu 900^{o}C nachweisen. Ungenügende Wasserkühlung, stumpfe oder schlagende Präparationsinstrumente, eine zu hohe Drehzahl, eine zu geringe Dentinschichtstärke oder schlichtweg ein zu hoher Anpressdruck können derart hohe Temperaturen induzieren.

Bei jeder Präparation, die ins Dentin reicht, werden Odontoblastenfortsätze verletzt. Mit zunehmender Präparationstiefe wird die Gesamtfläche der angeschnittenen Dentinkanälchen größer. In Studien von *Klötzer* [1984] wurde nachgewiesen, dass bei normaler Präparationstiefe beim Erwachsenen durchschnittlich 20 – 40 % der organischen Substanz des Dentins angeschnitten werden. Die Anzahl der verletzten Odontoblastenfortsätze steigt proportional zur Präparationstiefe an. *Jüde*, *Kühl* und *Roßbach* [1978] zeigten, daß bei Jugendlichen die Anzahl der Verletzungen doppel so hoch ist, wie beim Erwachsenen. Auch bei optimaler Präparationsdurchführung kommt es im Bereich der Dentinkanälchen zur lokalen thermischen Denaturierung der organischen Zahnsubstanz. Die im späteren Verlauf in die Pulpa gelangenden Zerfallsprodukte können nach *Klötzer* [1984] die Pulpa irreversibel schädigen, auch wenn sie selbst nicht durch Überhitzung geschädigt wurde.
Eine vertretbare Mindestschichtstärke des verbleibenden Dentins bezifferten *Nentwig* [1981] und *Eifinger* [1985] mit 1,5 mm. Dieser Forderung kann auf Grund der anatomischen Morphologie der Zähne im Approximalbereich und an den Vestibulärflächen der unteren Incisivi schlecht oder gar nicht nachgekommen werden.

2.3.2. Parodontale Irritationen

Randgestaltung, Vorgehen bei der Präparation und die Lage der Präparationsgrenze sind Aspekte, die für den Langzeiterfolg äußerst relevant sind. Ausschließlich Restaurationen mit supragingival verlaufender Präparationsgrenze zeigen keine Parodontopathien unterstützenden, initiierenden oder verstärkenden Faktoren auf [*Waerhaug, Zander* 1957], [*Wilson* 1981].
Selbst unter optimalen Bedingungen und Durchführung lassen sich Reizfaktoren wie Rauhigkeiten, Porositäten und ein noch so kleiner Zementspalt nicht vermeiden. Bei supragingivalen Präparationsgrenzen sind diese Reizfaktoren von untergeordneter Bedeutung [*Donath, Roth* 1987], [*Sassen* 1981].
Aus Gründen der Ästhetik, bei kurzen klinischen Kronen, hoher Kariesinzidenz und unzureichender Mundhygiene ist eine supragingivale Lage der Grenze meist ausgeschlossen. Vorangenannte Reizfaktoren können sich potenzieren und so teilweise erhebliche Kurz- als auch Langzeitprobleme hervorrufen [*Gernert* 1984], [*Löe* 1968].
Bei einer intrasulculären Verlegung der Präparationsgrenze kommt es allein schon durch den Präparationsvorgang zu zusätzlichen, meist unterschätzten Traumatisierungen der Gingiva. *Reimann* [1976] empfiehlt vor der Präparation einen Faden in den Sulcus zu legen, um so zu verhindern, dass das marginale Parodont durch die rotierenden Instrumente verletzt wird.
Die Präparationsgrenze sollte nicht tiefer als 0,5-1mm unterhalb des Gingivalsaums enden. *Klötzer* [1984] sieht dies anders. Er macht die Lage der Präparationsgrenze abhängig von der Mundhygiene des Patienten. Er gibt als Faustformel an, je schlechter die Mundhygiene, desto tiefer sollte die Präparationsgrenze in den Sulcus gelegt werden.
Zur Sulcuseröffnung vor der Abformung gibt es die Möglichkeiten des Einlegens von Retraktionsfäden oder -ringen und die Eröffnung mittels Elektrotom. Letzteres stellt einen massiv zerstörenden Eingriff dar, der für den Patienten in der Regel bis zur vollständigen Abheilung mit starken Schmerzen einhergehen kann. Hierbei wird das marginale Parodont weitestgehend oder sogar völlig zerstört. *Yukna* wies in seiner Studie 1976 am Affen nach, dass nach Abheilung dieser Läsion ein vollständig intaktes neues Parodont aufzufinden ist.
Die Eröffnung mittels Fäden oder Ringen führt nach Studien von *Reimann* [1976] nicht zu einer Schädigung des marginalen Parodonts.

2.3.3. Präparationsformen

Die Präparationsform richtet sich nach der Art der späteren festsitzenden prothetischen Rekonstruktion [*Kimmel* 1981].

Grundsätzlich kann man folgende obligatorische Forderungen an alle Präparationsformen stellen:

> Zwischen zervikaler und okklusaler Präparationsgrenze dürfen keine unter sich gehenden Stellen vorhanden sein.
>
> Die Präparationsgrenzen müssen eindeutig definierbar sein.
>
> Damit ausreichend mechanische Retention entsteht, sollte der Zahn möglichst parallelwandig präpariert werden.
>
> Es sollte nur so viel Zahnsubstanz wie nötig abgetragen werden.
>
> Der vitale Zahn darf durch das Beschleifen nicht geschädigt werden.

Je weniger Zahnsubstanz bei der Präparation entfernt wird, desto schonender ist sie für die Zähne und das umgebende Parodont. *Marxkors* [1972] gibt als maximale Präparationstiefe für Molaren-, Prämolaren und den Canninibereich 1,3 mm, für die Incisivi im Oberkiefer zwischen 1,0 und 1,3 mm und die des Unterkiefers mit 0,8 – 1,0 mm an.
Die Kauflächen können maximal um einen Betrag von 1,5 bis 2 mm reduziert werden. Damit später eine natürliche Kaufläche gestaltet werden kann, sollte nicht plateauartig präpariert werden. Im Bereich der Fissuren sollte der Zahn um den gleichen Betrag reduziert werden, wie im Bereich der Höcker [*Nentwig* 1981].
Auf Grund von ästhetischen oder werkstofflichen Problemen sind diese Tiefen meist nur theoretischer Art. Klinisch muss, um ausreichende Schichtstärken der einzelnen Materialkomponenten einer festsitzenden Restauration zu erhalten und der Ästhetik wegen, in der Regel tiefer präpariert werden [*Kuhner* 1984].

Marxkors [1972] typisiert drei Grundarten der Präparationsform:

1. Stufenpräparation
2. Hohlkehlpräparation
3. Tangentialpräparation

Die Stufenpräparation wird hinsichtlich des Winkels der Stufe unterschieden. So findet man in der Literatur Winkel von 90^{o}, 45^{o}, 25^{o} oder 15^{o}. Die Stufe mit einem 90^{o} Winkel kann zusätzlich mit einer Abschrägung versehen werden. Auch hier sind Winkel von 45^{o}, 25^{o} oder 15^{o} zu finden.
Welche Präparationsform letztlich Verwendung finden wird, ist abhängig von der anatomischen Morphologie des zu beschleifenden Zahns und der Art der festsitzenden prothetischen Rekonstruktion [*Kimmel* 1981], [*Gilde* 1984].

2.4. Methoden zur Messung und Beurteilung des Randspalts

Die Beurteilung des Randspalts bzw. dessen Messung ist mit erheblichen mess- als auch verfahrenstechnischen Problemen behaftet.
Zur Beurteilung der Passgenauigkeit einer festsitzenden prothetischen Restauration haben sich zwei Werte auf Vorschlag von *Demmel* [1971] und *Holms* [1998] als gut herauskristallisiert, die zervikale Diskrepanz und der Randspalt. Letzteres ist definiert als der Abstand zwischen der Innenkante und dem Zahnstumpf. Als zervikale Diskrepanz (Randschlussfehler) wird der Abstand zwischen Rand der prothetischen Rekonstruktion und der Präparationsgrenze bezeichnet.

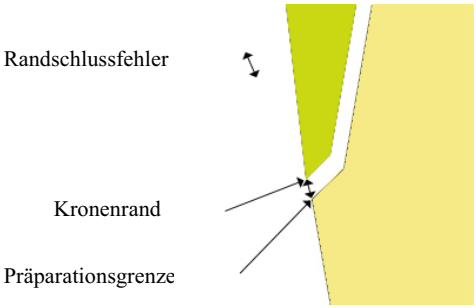


Abb. 1: Randschlussfehler

Zur Beurteilung des Randspalts wurden verschiedene Verfahren entwickelt (s. Abb. 2, S. 12).

1. Klinisch-visuelle Beurteilung
2. Messung mittels Sonde
3. Röntgenologische Untersuchung
4. Replikamethode
5. Indirekte Silkonfilmmessung
6. Messmakroskop

ad 1. Das Verfahren nach *Rehberg* [1971] bedient sich einer subjektiven Inspektion des Randspalts mittels Auge und Sonde. Mit diesen beiden „Messinstrumenten“ kann unterschieden werden, ob ein Randspalt kleiner 20µm ist. Quantitative Werte können nicht ermittelt werden. Das Ergebnis dieses Verfahrens ist ebenfalls stark abhängig von einer guten Einsehbarkeit, bzw. Möglichkeit zur Sondierung der Messstellen [*Marxkors* 1980].

ad 2. Bei dem Sondentest nach *Marxkors* [1980] wird der Randspalt mittels einer genormten Messsonde ermittelt. Diese ist in 100 µm Schritte eingeteilt. Der größte Durchmesser beträgt 500 µm, zeigt aber doch erhebliche Ungenauigkeiten auf. *Rehberg* weist 1971 darauf hin, dass es bei überextendierten Kronenrändern zu Fehlinterpretationen kommen kann. Wegen der großen Messintervalle erhält man nur Intervallwerte als Ergebnis, genauere Werte lassen sich nicht ermitteln. Diese Methode hat zum Vorteil, dass sie leicht praktikabel ist. Probleme findet man beim Tastempfinden des Behandlers und bei supragingival liegenden Präparationsgrenzen.

ad 3. Bei der röntgenologischen Nachuntersuchung liegt das Problem darin, dass ein zu untersuchendes dreidimensionales Objekt auf einem zweidimensionalen Untersuchungsbild bewertet werden soll. Es können hier aus verfahrenstechnischen Schwierigkeiten, wenn überhaupt, die Approximalräume beurteilt werden [*Erdmann* 1972], [*Wichmann*, *Borchers* 1992].

ad 4. Über die eingesetzte Rekonstruktion wird eine Abformung genommen, von der ein Modell angefertigt wird. An diesem gewonnenen Modell wird die Messung durchgeführt [*Uhlig* 1998]. Fehlerquellen liegen hierbei in Ungenauigkeiten am Modell, resultierend aus Abform-, Werkstoff- oder Modellfehlern.

ad 5. Vor dem definitiven Einsetzen wird in die Rekonstruktion dünnfließendes Silikon gegeben und auf den präparierten Zahnstumpf gepreßt. Nach dem Aushärten des Silikons kann diese Prüfabformung entfernt und an jeder beliebigen Stelle vermessen werden. Nach *Lehmann* [1987] ist die Schrumpfung des Silikons zu vernachlässigen. Vorteil dieser Methode ist, dass die gesamte Restaurationspassung überprüft werden kann.

ad 6. Neben der indirekten Silikonfilmvermessung kann man mit der Messmikroskopmethode als einzige quantitative Werte erhalten. Mit dieser Methode kann man aber den Randschluss nur im Zusammenhang mit dem dazugehörigen Zahnstumpf bestimmen. Eine Messung im Patientenmund scheidet bei diesem Verfahren aus, d.h. dieses Verfahren eignet sich nur an extrahierten Zähnen.
Bei überkonturierten Rändern ist die marginale Diskrepanz nur am geschnittenen Zahn exakt zu ermitteln [*Wöstmann*, *Hufnagel* 1997].

Voraussetzung für eine gute prothetische Restauration ist eine exakt erkennbar definierte Präparationsgrenze. Diese Forderung lässt sich mit geeigneten Verfahren klinisch gut realisieren [*Sassen* 1978].

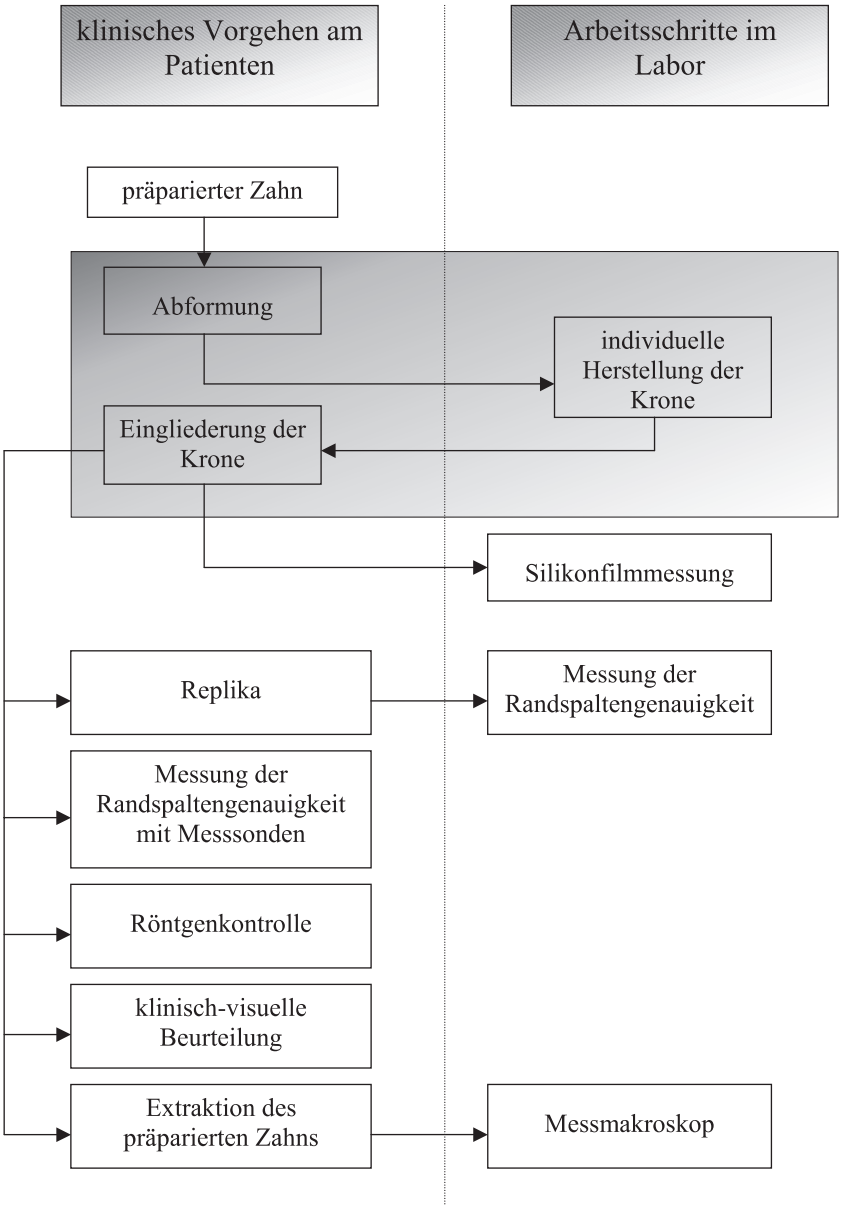


Abb. 2: Schematische Darstellung der Möglichkeiten zur Messung und Beurteilung des Randspalts

2.5. Studien über die am indirekten Verfahren beteiligten Werkstoffe und Techniken

Bei der Herstellung einer festsitzenden prothetischen Rekonstruktion wird eine Vielzahl von verschiedenen Materialien verwendet. Nur wenn diese optimal aufeinander abgestimmt sind, kann eine hochpräzise passgenaue Restauration entstehen [*Lehmann* 1978], [*Marxkors* 1985], [*Vidohl* 1980].

Das Hauptproblem bei allen verwendeten Materialien ist eine Volumenänderung. So findet man z.B. bei der Abformung material- bzw. verfahrensbedingte Kontraktionen, beim Gips Abbindeexpansionen, beim Modellierwachs thermische Kontraktionen, sowie Expansionen der Einbettmasse und letztlich sowohl Expansionen als auch Kontraktionen beim Metall.
Die Forderung muß also lauten, daß die Summe der Volumenänderungen letztlich null beträgt [*Eichner* 1988].

2.5.1. Studienversuche über Abformmassen

Unter Formgenauigkeit versteht man die Genauigkeit, mit der eine abzuformende Struktur wiedergegeben wird. Da unter Temperaturschwankungen, dem Zeiteinfluss und/oder der Feuchtigkeit Dimensionsschwankungen zu beobachten sind, kann die Formgenauigkeit nur zu einem definierten Zeitpunkt und Umgebung angegeben werden. Die Veränderungen bezeichnet man als Formverhalten [*Schwickerath* 1976].

Verschiedene Faktoren können das Formverhalten beeinflussen. Den größten Einfluss zeigen die plasteo-elastischen Eigenschaften eines Abformmaterials. Bei einer Abformung fließt das Material in unter sich gehende Bereiche. Beim Herausnehmen des Löffels wird das abgebundene Abformmaterial Druck-, Zug- und Stauchungsbelastungen ausgesetzt und es kommt zu Deformationen, die sich nach einiger Zeit zurückstellen. Je nach Grad der Deformation und Art des verwendeten Abformmaterials können Verformungsreste auftreten. Sie sind definiert als die Diskrepanz zwischen dem Ist und Soll einer vorangegangenen Deformation.
Welker und *Mehner* stellten 1979 in ihrer Untersuchung fest, daß A-Silikone die geringsten Verformungsreste aufweisen. Bei C-Silikonen kann der Grad der Verformungsreste minimiert werden, indem man die Abformung länger im Munde des Patienten belässt.

Alle anderen elastomeren Abformmaterialien zeigten sowohl während des Abbindevorgangs als auch später Volumenschwankungen.
Williams, *Jackson*, *Bermann* [1984] und *Franz* [1975] stellten in ihren Studien fest, dass für die Rückstellung einige Zeit verstreichen muss. Ein sofortiges Ausgießen der Abformung ist somit obsolet. Alginate sollten nach ca. 10 min, alle anderen Abformmaterialien erst nach 30 min ausgegossen werden.
Alle Abformmaterialien zeigen Schrumpfungstendenzen auf. Diese sind, außer bei Hydrokolloiden, anfänglich auf die fortschreitende Vernetzung zurückzuführen. Langzeitschrumpfungen begründen sich in der Verdunstung flüchtiger Substanzen aus den Basismaterialen oder aus Reaktionsprodukten, die bei der Abbindereaktion entstehen.
Einfeldt [1969] gibt A-Silikone als verformungs- und lagerungsstabilste Abformmaterialien an. Ihre Schrumpfung liegt unterhalb 0,5% linear (zum Vergleich C-Silikone bis zu 0,8% linear).
Wirz, *Schmidli*, *Lacy* [1989] und *Fukui* [1982] weisen in ihren Studien nach, dass ein Ausgießen der A-Silikonabformungen auch noch nach Stunden oder Tagen hochpräzise Modelle entstehen lassen.
Bader [1991] und *Pratten* [1989] stellten mittels Kontaktwinkelmessung fest, dass die Benetzbarkeit und Detailgetreuigkeit von elastomeren Abformungen stärker von der Abformtechnik als vom –material abhängig ist. *Pfeiffer* [1988] stellte fest, dass das Endergebnis einer Abformung nur dann optimal sein kann, wenn die Einzelschritte, als einzelne, optimalen Anforderungen entsprechen.
Lehmann [1978], *Marxkors* [1985] und *Vidohl* [1980] sehen die Genauigkeit als die Summe von optimalen Arbeitszwischenschritten, dem Abformmaterial und der –methode. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen *Hung*, *Körber*, *Idris*, *Johnson* und *Morgano* in ihren Untersuchungen. Sie sehen den Grund für Abweichungen in den Eigenschaften der verwendeten Elastomere und der verwendeten Abformmethode.
Schwickerath [1976] untersucht weitere Fehlerquellen. Er verwendet gleiche Abformmethoden und –materialien. Auch er erhält unterschiedliche Ergebnisse. Seinen Forschungen nach liegen die Variablen in der Dosierung der einzelnen Materialkomponenten, dem Anmischvorgang und dem Abformlöffel.

2.5.2. Studien über Arbeitsmodelle, Modellation und Gussverfahren

Die Untersuchungen, die sich mit Genauigkeiten von Modellen, Wachs und dem Guss beschäftigen, gehen 1972 von *Schwickerath* aus. Er analysiert die einzelnen Arbeitsschritte und kommt zu dem Ergebnis, dass die Präzision erheblich vom Zeitaufwand abhängig ist. *Lehmann* widmet sich diesem Thema in diversen Studien in den Jahren 1980-1991. Auch er kommt zu ähnlichen Ergebnissen.

Untersuchungen von Einbettmassen gehen auf *Wagner* [1977] zurück. Er stellt fest, dass signifikante Unterschiede in der Expansion zu sehen sind, wenn das Mischungsverhältnis der Einbettmasse variiert wird. Er findet heraus, dass eine deutliche Korrelation zwischen Randspalten von gegossenen Restaurationen und der Gesamtexpansion der Einbettmassen besteht.

Einfeldt [1969] widmet sich der Passgenauigkeit gegossener Metallarbeiten. Er kommt zu ähnlichen Ergebnissen wie *Schwickerath* [1979]. Er zeigt in seinen Studien, dass eine hochpräzise Passgenauigkeit erreicht werden kann, wenn jeder einzelne Arbeitsschritt mit höchster Genauigkeit durchgeführt wird und die Materialien aufeinander abgestimmt sind.

2.5.3. Angewandte Materialien und Methoden in der täglichen Praxisroutine

In der modernen Praxis werden für Abformungen ausschließlich elastomere Massen verwendet.
Franz [1975] untersuchte in seinen Studien die Möglichkeiten und Grenzen dieser Materialien. Er kommt zu dem Schluss, dass es nicht das „beste oder ideale“ Abformmaterial gibt, das alle Anforderungen zur vollsten Zufriedenheit erfüllt.
Jedes Material hat seine Vor- und Nachteile und ist nicht für jede abzuformende Situation das Beste. Er weist deshalb darauf hin, dass der Zahnarzt angewiesen ist, für die jeweilige Situation das optimale Material auszuwählen, um ein optimales Endresultat zu erreichen.

Die Korrekturabformung hat in den letzten Jahren für die definitive Versorgung mit festsitzenden Rekonstruktionen alle anderen Abformmethoden, wie die Doppelmisch-, Ring- oder die Einphasenabformung, fast völlig verdrängt [*Lehmann* 1979], [*Wöstmann* 1992].
Deshalb befassen sich neuere Studien zum Thema Abformung fast nur noch mit der Korrekturabformung. Da es sich um eine Methode handelt, die unter Laborbedingungen weitestgehend untersucht ist, legen die Studien von *Fuchs* [1972], *Lehmann* [1987] und *Wöstmann* [1992] ihren Schwerpunkt auf beeinflussende Faktoren, wie Blut, Speichel, Zeitpunkt der Abformung und Mundhygiene, um Werte zu erhalten, wie sie unter alltäglichen Bedingungen erreichbar sind.

2.6. Abformaterialien

Für jede im indirekten Verfahren hergestellte prothetische Rekonstruktion ist es notwendig, dem Zahntechniker eine Arbeitsgrundlage - sprich Modell - zu

schaffen, auf der die Situation des Patienten nachgebildet wird. Mit Hilfe einer Abformung wird eine Negativform der Mundsituation des Patienten hergestellt. Grundprinzip jeder Abformung ist, dass mit einem entsprechenden Material, das sich zunächst im plastischen Zustand befindet, eine Abformung vorgenommen wird. Das Material geht anschließend in einen festen Zustand über und kann dann ohne Verformungen aus dem Mund entfernt werden [*Markskors* 1991].

An die Abformmaterialien müssen folgende Forderungen gestellt werden [*Lehmann* 1991]:

- angenehmer Geruch und Geschmack
- keine Toxizität oder Allergenität
- Lagerungsfähigkeit
- einfache und geeignete Verarbeitbarkeit
- geeignete Konsistenz
- geeignete Abbindezeit
- hohe Dimensions- und Detailgenauigkeit
- Kompatibilität mit anderen Werkstoffen

2.6.1. Historischer Überblick

Die Geschichte der Abformmaterialien geht bis ins Jahr 1756 zurück. *Pfaff* verwendet als Material für die Abformung Wachs. In der Zeit von 1840-1850 wird Gips bzw. Guttapercha als Abformmaterial bevorzugt, 1857 entwickelt *Stent* eine Kompositionsmasse. Erst 1924 wird von *Poller* ein Abformmaterial entwickelt, das den heutigen Ansprüchen genüge tut, die Hydrokolloide.
Erst Ende der 40er, Anfang der 50er des letzten Jahrtausends wurden Elastomere in die tägliche Praxisroutine eingeführt. Seit 1976 befinden sich A-Silikone im Handel.

Die Abformmaterialien unterteilt man nach ihren Eigenschaften in starre und elastische. Untergruppen hiervon sind reversible und irreversible. Heutzutage werden zur Abformung bei festsitzendem Zahnersatz fast ausschließlich irreversibel elastische Materialien verwendet. Im angloamerikanischen Bereich finden hauptsächlich Polysulfide ihre Anwendung; in Deutschland sind vor allem A- oder C-Silikone weit verbreitet [*Wöstmann* 1992].

2.6.2. Irreversibel-starre Abformmaterialien

Das Problem bei dieser Materialgruppe liegt in der Unelastizität nach der Abbindung. Bei abzuformenden Strukturen, die unter sich gehende Bereiche aufweisen, ist eine Entnahme der Abformung nur sehr schlecht möglich. Hierbei muß die Abformung vorsichtig zerteilt und vor dem Ausgießen wieder

zusammengesetzt werden. An sich weisen diese Materialien eine hohe Detail- und Dimensionsgenauigkeit auf. Es kann aber aufgrund von Fehlern beim Zusammenfügen der Einzelteile zu Ungenauigkeiten kommen. Heute ist diese Materialgruppe sehr ungebräuchlich. Meistens finden sie, wenn überhaupt, ihre Indikation bei Abformungen von unbezahnten Kiefern. Beispiele für diese Materialklasse sind Abformgipse, Zinkoxid-Eugenol-Pasten und Kunststoffe [*Schwickerath* 1976], [*Schwindling* 1974].

2.6.3. Irreversibel-elastische Abformmaterialien

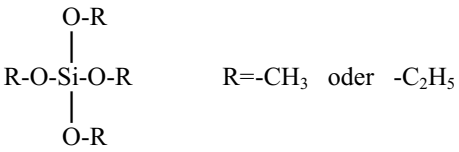
Unter diese Gruppe der Abformmaterialien fallen Alginate, A- und C- Silikone, Thiokole und Polysulfide.

Erstere dienen fast ausschließlich der Abformung von Kiefern, bei denen zwar eine gewisse Exaktheit notwenig ist, eine 100%-ige Detailgenauigkeit nicht unbedingt erreicht werden muss (Gegenkieferabformungen, Abformungen für Schienen, Situationsmodelle) [*Schwickerath* 1972], [*Vidohl* 1981].
Hauptbestandteil der modernen Alginate ist der Füllstoff Diatomerde (75 Massen%). Als eigentliche Abformsubstanz dient Natrium-, Kalium- oder Ammoniumalginat (14 Massen%). Es wird aus der Rot- und Braunalge gewonnen. Beim Anmischen mit Wasser bildet das Salz der o.g. Alginate ein Hydrokoloid. Das angemischte Alginat geht dann von einem Sol- in einen Gelzustand über. Um diesen Zustand zu stabilisieren, ist dem Alginatpulver Calciumsulfat (Gips, 10 Massen%) zugemischt. Dieses reagiert dann mit Natriumalginat in einer rasch ablaufenden Reaktion zu dem schwerlöslichen Calciumalginat.
Damit eine ausreichende Verarbeitung gewährleistet ist, wird dem Alginatpulver Trinatriumphospat (1 Massen%) als Verzögerer beigemischt. Dieses reagiert zunächst mit dem Calciumsulfat zu Calciumphosphat, bis es vollständig aufgebraucht ist. Erst dann reagiert das restliche Calciumsulfat mit dem Alginsäuresalzen zum Calciumalginat [*Craig*, *Jordan*, *O´Brian*, *Phillips, Rehberg*, *Schwindling* 1983].

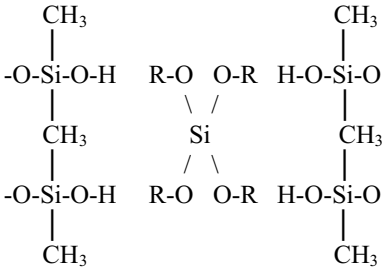
Im deutschsprachigen Raum finden für Abformungen, die eine hohe Detailgenauigkeit aufweisen müssen, in der Mehrheit A- oder C-Silikone [*Wöstmann* 1992] ihre Anwendung.

Beide Silikonarten bestehen aus zwei Komponenten. Sie unterscheiden sich im Wesentlichen im Reaktionstyp. Erstere reagieren nach dem Prinzip der Polyaddition, die C-Silikone nach dem der Polykondensation. Bedingt durch die niedrige Polarität der langkettigen Kohlenwassenstoffketten, weisen die Silikone eine ausgesprochene Hydrophobie auf. Gemildert wird dies durch Zusätze [*Rehberg* 1978].

Bei den C-Silikonen dient als Grundgerüst der Basispaste ein Polysiloxan (Si-O-Si-Ketten) mit einer endständigen OH-Gruppe. Die beigefügten Füllstoffe (SiO_2, $CaCO_3$, oder $CaSO_4$) bestimmen ausschließlich die Konsistenz der Abformmasse und sind nicht, ebenso wie das beigefügte Parafinöl (Weichmacher) oder auch Farb- und Geschmacksstoffe, an der Abbindereaktion beteiligt.



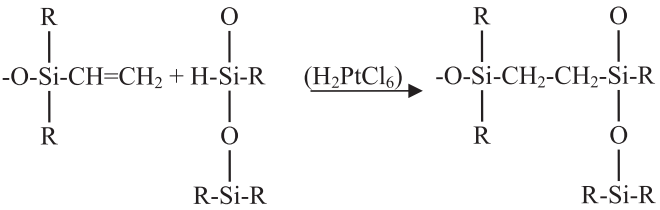
Der Reaktor enthält als Katalysator Zinnoctoat oder Dibutylzinndilaurat und ein multifunktionelles Alkoxysilan als Vernetzer. Ebenso werden sowohl dem Reaktor als auch der Basispaste Stoffe beigemischt, die nicht an der Abbindereaktion beteiligt sind. Diese dienen dazu, den Reaktor, je nach Auslieferungsform (Paste/Flüssigkeit), zu verflüssigen oder zu verdicken.
Der Katalysator reagiert mit den Hydroxylgruppen des Polysiloxans unter Abspaltung von Alkohol. Die entstandenen multifunktionellen Kettenenden reagieren mit anderen. Es kommt zunächst zu einer linearen Kettenverlängerung. Das Alkoxysilan bewirkt eine Vernetzung der Ketten.



Der abgespaltene Alkohol verflüchtigt sich. Dadurch kommt es zu einer Schrumpfung der abgebundenen Abformmasse. Sie ist umgekehrt proportional zum Füllstoffgehalt. Bei Puttymassen liegt sie bei 0,2% linear, bei den Korrekturmassen bei 0,8% linear [*Laag* 1981], [*Dankward* 1985].

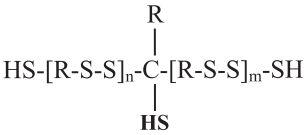
Bei der Abbindereaktion der später entwickelten A-Silikone entstehen keine niedermolekularen Abspaltprodukte. Die Basispaste besteht ebenfalls aus Polysiloxanen. Der Unterschied zu den C-Silikonen besteht darin, dass die endständige OH-Gruppe durch eine Vinylgruppe ersetzt wird. Zusätzlich sind

Hexachlorplatinsäure als Katalysator, sowie Farb-, Füll- und Geschmackstoffe beigesetzt.
Die Reaktorpaste enthält Organohydrogensiloxane sowie Farb-, Füll- und Geschmackstoffe.



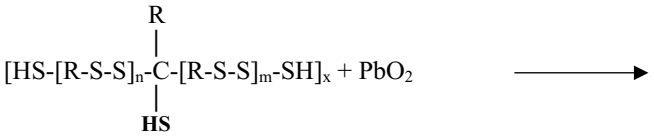
Bei der Reaktion der Basis- mit der Reaktorpaste ändern sich die Abstände zwischen den Ketten nur sehr gering, was eine außerordentlich geringe Abbindekontraktion (0,5%) bedingt.
Dadurch, dass kein flüchtiges Reaktionsprodukt entsteht, besitzen A-Silikone eine hohe Dimensionsstabilität [*McCabe* 1978].
Latexverunreinigungen, selbst in kleinsten Mengen, inhibieren den Katalysator der meisten A-Silikone; es kommt zu einer unzureichenden Aushärtung des Materials [*Meiners* 1980], [*Rosen* 1989].

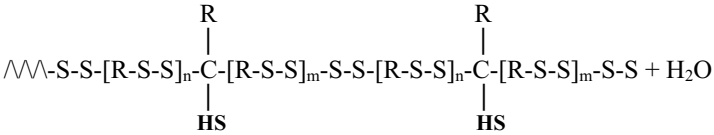
Thiokole oder auch Polysulfide, spielen im deutschsprachigen Raum nur eine untergeordnete Rolle. Sie sind verbreiteter in den USA [*Lehner*, *Schäfer* 1991] und werden in der Regel als Pasten-Pasten-System angeboten.
Polysulfid-Elastomere sind Polykondensationsprodukte von Alkalipolysulfiden und aliphatischen Dihalogeniden.
Die Basispaste enthält Polysulfidketten (50-90 Massen%) mit zwei endständigen SH-Gruppen sowie einer in der Mitte liegenden weiteren SH-Gruppe, Molgewicht ca. 4000 (Merkaptane). Als Füllstoffe bzw. Weichmacher dienen Titanoxid, Zinksulfid und Diatomerde (50-10 Massen%).



Die Reaktionspaste enthält Bleioxid oder Mangandioxid (77 Massen%) als Katalysator. Zusammen mit dem in der Reaktionspaste beigemischten Schwefel (3 Massen%) polymerisiert die Basispaste durch Vernetzung und Kettenverlängerung. Das Peroxid oxidiert die end- und mittelständigen SH-Gruppen der Polysulfidketten. Durch den Zutritt des Schwefels kommt es zur

Kettenverlängerung bzw. die Vernetzung [*Breustedt*, *Lenz* 1978]. Ca. 20% Füll- und Weichmacherstoffe (nicht reagierende Öle) sind der Reaktorpaste beigemischt. Sterarinsäure (>1 Massen%) ist zugemischt, um einen höheren Polymersations- und Vernetzungsgrad zu erreichen [*Braden*, *Craig*, *O´Brian*, *Phillips*, *Rehberg*].

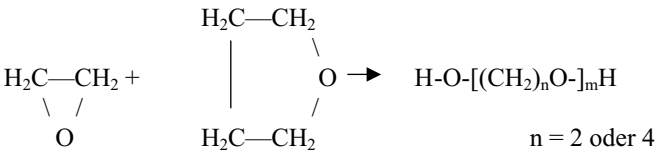




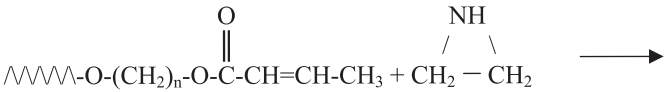
Dieses Material zeigt eine gute Dimensionsstabilität und Detailgenauigkeit auf [*Franz* 1975].

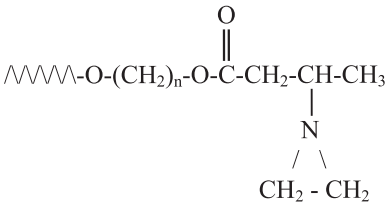
Letztes Material dieser Stoffgruppe ist Polyether.
Auch dieses Abformmaterial wird als Paste-Paste-System angeboten. Die Basispaste besteht aus einem Polyetherpolymer (Copolymer aus Äthylenoxid und Tetrahydrofuran, Molverhältnis 1:1, Molekulargewicht ca. 3600) mit einem endständigen Aziridiono- [*Rehberg* 1978] oder Ethylenimin-Gruppe [*O`Brian* 1978], Weichmachern und Füllstoffen. Die Reaktorpaste enthält als wesentlichen Bestandteil aromatische Sulfonsäureester. Zusätzlich sind Füllstoffe und Weichmacher beigemischt.

Bei der Abbindereaktion handelt es sich um eine Polyaddition. Hier werden beim Grundpolymer die Ringe der Heterocyclen geöffnet und addieren sich zu einem linearen Makromolekül [*Meiners* 1977].

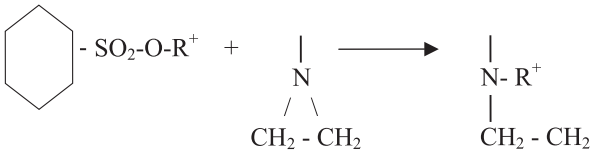


Die endständigen OH-Gruppen werden z.B. mit Crotonsäure (einer ungesättigten Säure) verestert. Die Doppelbindung dieser Säure reagiert mit Athylamin. Es entsteht ein Molekül mit einer endständigen Aziridin-Gruppe.





In Gegenwart des aromatischen Sulfonsäureester (Katalysator) wird der dreigliedrige alizyklische Ring aufgespalten. Es werden zwei Valenzen frei, über die die Vernetzung der Moleküle erfolgt [*Breustett*, *Lenz* 1978], [*Marxkors*, *Meiners* 1982].



Polyether haben bei der klinischen Anwendung einen gravierenden Schwachpunkt: Sie können bei Patienten, bei denen eine Prädisposition zu Allergien vorhanden ist, heftige allergische Reaktionen hervorrufen. Nach Herstellerangaben soll dies bei modernen Materialien nicht mehr der Fall sein. Es sollte daher bei diesen Patienten auf ein anderes Material ausgewichen werden [*Fergal*, *Storrs 1973*], [*Kuhlenkamp*, *Hausen*, *Schulz* 1976], [*Nayar*, *Tomlins*, *Fairhurst*, *Okabe* 1979].

Bei der Abbindereaktion werden keine Nebenprodukte freigesetzt. Deshalb ist ihre Dimensionsänderung ähnlich dem der Polysiloxane [*Franz* 1975]. Bei längeren Lagerungen wird eine Schrumpfung von 0,3% linear nicht überschritten. Sie besitzen jedoch einen Nachteil: in wässriger Lösung quellen sie [*Schwickerath*, *Wenzler* 1976].

Die Polyether zeigen eine ähnliche Reaktionskinetik wie die C-Silikone, zeigen jedoch nicht im gleichen Maß endogene Spannungen wie die C-Silikone [*Wirz* 1987].
Aufgrund ihrer hohen Strukturviskosität ist ihr Fließverhalten nicht optimal [*Shillingburgh* 1981]. Es wird deshalb empfohlen, eine Abformung nur mit einem individuellen Abformlöffel vorzunehmen. Ihre Hauptindikation finden sie in Deutschland bei Überabformungen in der kombinierten Prothetik.

2.6.4. Reversibel-starre Abformmaterialien

Diese Gruppe der Abformmaterialien ist heutzutage weitestgehend zu vernachlässigen. Sie seien aber hier der vollständigkeitshalber erwähnt. Hauptvertreter ist die Stent-Masse. Ihre Herkunft nach entstammen sie hauptsächlich Naturprodukten (Kopal, Sandarakharz, Carnaubawachs u.d.gl.). Als Füllstoff wird Talkum zugegeben. Zur Abformung werden sie erwärmt und erkalten dann über den abzuformenden Bereichen. Auf Grund ihrer Starrheit, können nur Bereiche abgeformt werden, die keine unter sich gehenden Bereiche aufweisen. Heutzutage werden diese Massen nur noch zum Korrigieren individueller Löffel bei Funktionsabformungen verwendet [*Rehberg*, *Schwindling*, *Welker* 1982].

2.6.5. Reversibel-elastische Abformmaterialien

Hauptvertreter sind die Hydrokolloide. Zu 75 Massen% bestehen sie aus Wasser. Sie sind deshalb sehr empfindlich gegen Austrocknung bzw. gegen Wasseraufnahme. Es ist deshalb notwendig, dass sie gleich nach der Abformung ausgegossen werden.
Der wesentliche Bestandteil ist Agar-Agar (10 Massen%), ein langkettiges Polysaccharid aus Meerestang. Durch Erwärmen geht das Gel in den Solzustand über und beim Erkalten wieder zurück in den Gelzustand. Borax (0,2 Massen%), Kaolin (7 Massen%) und Glycerin (ebenfalls 7 Massen%) sind als Füllstoffe beigefügt und bestimmen die Viskosität der Masse. Als Desinfektionsmittel ist Thymol beigefügt [*Craig*, *O´Brian*, *Phillips*, *Rehberg*, *Schwindling* 1983].
Hydrokolloidabformungen können nur in einer einzeitigen Abformtechnik durchgeführt werden. Zweizeitige Abformtechniken sind nicht möglich. Hinsichtlich der Detailgenauigkeit nehmen sie eine Zwischenstellung zwischen den Alginaten und den Elastomeren ein [*Eichner* 1988].
Lehmann hat in einer Untersuchung 1984 festgestellt, dass die Hydrokolloide beim Abkühlen auf Mundtemperatur um 0,5% schrumpfen. Bei weiterer Abkühlung auf Zimmertemperatur um weitere 0,15%.
Aufgrund der umständlichen Abformungsmethode und des hohen Apparateaufwands sind die Hydrokolloide nicht mehr weit verbreitet [*Lehmann* 1979].

2.7. Abformmethoden

Die Abformung stellt das Bindeglied zwischen Zahnarzt und Zahntechniker dar. Sie ist Arbeitsgrundlage für ein Modell, auf dem die prothetische Rekonstruktion gefertigt wird. Die Anforderung, die an eine Abformung gestellt werden muß, ist, dass sie die intraorale Situation detail- und dimensionsgetreu wiedergibt. Ein hier stattfindender Fehler zieht sich wie ein roter Faden durch den gesamten Herstellungsprozeß einer prothetischen Arbeit und kann im weiteren Verlauf nicht korrigiert werden [*Wöstmann* 1992].

Haupteinflüsse auf die Qualität einer Abformung sind die Wahl des verwendeten Materials und die Methode [*Meiners* 1985].

Unabhängig von der Methode ist sicherzustellen, dass das abzuformende Gebiet blut-, speichel- und sekretfrei ist.

Im Laufe der Zeit wurden verschiedene Abformtechniken entwickelt. Sie lassen sich nach der Anzahl der Arbeitsschritte (Zeitigkeit) und den verwendeten Komponenten (Phasen) unterscheiden.

2.7.1. Einzeitig einphasige Abformung

Die Abformung wird mit einem Material genommen. Klassische Beispiele hierfür sind die Reihenabformung mit Alginat für den Gegenkiefer, Funktions- bzw. Überabformungen bei kombinierten prothetischen Rekonstruktionen sowie Abformungen für festsitzenden Zahnersatz [*Dankward* 1985].

Bei festsitzendem Zahnersatz wird in der Regel ein A-Silikon oder ein Polyäther mittlerer Viskosität verwendet. Die Konsistenz muß so gewählt sein, dass das Material eine ausreichende Standfestigkeit im Abformlöffel besitzt, andererseits noch mit einer Spritze in den Sulcus appliziert werden kann [*Meiners* 1978].

Marxkors [1988] empfiehlt bei dieser Methode einen ausreichend stark dimensionierten verwindungssteifen individuellen Löffel, der einen gewissen Staudruck erzeugen soll.

Nach *Wirz* und *Schmidli* [1989] lassen sich besonders bei der Verwendung von A-Silikon- und Polyäthermassen hochpräzise Abformungen erzielen, bei denen Verdrängungseffekte und Spannungen in den Hintergrund treten.

2.7.2. Zweiphasig einzeitige Abformung

Beispiele hierfür sind die Doppelmisch- und die Sandwichabformung. Bei beiden Techniken werden zwei Abformmaterialien unterschiedlicher Viskosität verwendet. Eine conditio sine qua non ist, dass die Materialien von gleicher chemischer Herkunft sind [*Rasche* 1978], [*Schwindling* 1971].
Beim Abformungsvorgang fließen die verwendeten Phasen ineinander und es kommt während der Abbindung zu einer chemischen Verbindung beider Phasen. Da beide Phasen im fließfähigen Zustand appliziert werden, kann es nicht zu elastischen Materialverformungen kommen [*Lehmann* 1982], [*Wirz* 1989].
Die Genauigkeit kann dadurch gesteigert werden, dass ein individueller Löffel verwendet wird. Hierbei muss darauf geachtet werden, dass auf eine knetbare Masse verzichtet wird, da es ansonsten zu Deformationen des Löffels kommen kann. Ein schwerfließendes Material (heavy bodied) ist daher vorzuziehen [*Marxkors* 1985].
Für diese beiden Techniken eignen sich A- und C- Silikone, Thiokole sowie Polyäther und Hydrokolloide.

Bei der Doppelmischabformung werden mit der dünnfließenden Phase die abzuformenden Bereiche umspritzt. Solange das Erstmaterial fließfähig ist, erfolgt darüber eine Situationsabformung mit einem Abformmaterial zähfließender Konsistenz.

Bei der Sandwichtechnik handelt es sich um eine Variation der Doppelmischabformung; hierbei wird auf ein Umspritzen der Zähne verzichtet. Der Abformlöffel wird mit dem zähfließenden Material beschickt; darauf wird die dünnfließende Komponente aufgebracht. Anschließend wird die Abformung vorgenommen. Bei dieser Methode kommt es immer wieder zu Lufteinschlüssen und Abformfehlern [*Meiners*]. Andere Autoren [*Rasche*] favorisieren besonders diese Methode bei Inlayabformungen.

2.7.3. Mehrphasig einzeitige Abformungen

In der Regel werden nicht mehr als drei Phasen bei der Abformung verwendet. Im Grunde ist diese Abformart eine Mischung von Doppelmisch- und Sandwichabformung. Der Löffel wird mit einer zäh- und mittelzähfließenden Komponente beschickt. Die abzuformenden Bereiche werden mit einem dünnfließenden Material umspritzt [*Lehmann* 1987].

2.7.4. Zweiphasig zweizeitige Abformungen

Die von *Lehmann* [1979] entwickelte Korrekturabformung, bzw. deren Modifikationen nach *Stachniss* [1977], *Burgdorf* [1978], *Dumfahrt* [1987] und *Ugrinovic* [1993] ist die am häufigsten angewendete Abformmethode in der modernen Zahnarztpraxis. Im Grunde ist sie die Weiterentwicklung der Doppelabformungen von *Stahl* [1956] bzw. *Hoffmann* [1965].
Das Prinzip dieser Abformungsmethode besteht darin, dass ein konfektionierter Löffel mittels knetbarem A- oder C-Silikon individualisiert wird. Bei dieser sogenannten Primärabformung werden alle unter sich gehenden Stellen und dünnen Lamellen entfernt. Bei der Sekundärabformung wird die Primärabformung mittels niedrigviskösen Silikons korrigiert.
Der entscheidene Vorteil dieser Methode liegt darin, dass ein sehr hoher Stempeldruck im Inneren der Abformung vorliegt. Dadurch wird das dünnfließende Material regelrecht in den Sulcus gepresst.
Gleichzeitig liegt hierin auch der Nachteil. Durch den Druck kommt es zu Stauchungen in der Primärabformung, also zu elastischen Verformungen. Diese können sich während der Abbindephase des Korrekturmaterials nicht vollständig zurückbilden. Erst nach Entnahme der Abformung stellt sich das Erstmaterial in Richtung Abformlumen völlig zurück, d.h. die Lumina der Abformung ist im Vergleich zu den abgeformten Stümpfen zu klein [*Lehmann* 1982].
Den Verdrängungseffekt der Korrekturphase kann man zum einen minimieren, indem man ein möglichst starres Primärmaterial verwendet, zum anderen, indem man einen Druck aufbaut, der ausreichend groß ist, das Korrekturmaterial in den Sulcus zu pressen, aber wiederum so klein ist, dass es nicht oder nur zu sehr geringen Deformationen kommt.
Durch Anbringen von Abflußrillen kann die elastische Deformation auf ein Minimum reduziert werden [*Lehmann* 1978], [*Stachniss* 1977].
Unterschiede in den Varianten der Korrekturabformung liegen in der Größe, Form und Lage der Abflußrillen, den verwendeten Abformmaterialien und der Umspritzung der präparierten Zähne.

Bei der Ergänzungsabforung nach *Stähle* [1967] oder der Modifikation nach *Schwindlig* [1977] handelt es sich ebenfalls um eine zweizeitig zweiphasige Abformung. Hierbei wird vor der Präparation eine Vorabformung mit einer knetbaren Masse genommen. Die Idee, die hinter dieser Abformmethode steckt, ist, dass aufgrund des fehlenden oder nur sehr geringen Staudrucks die elastische Verformung der Primärabformung unterbleibt. Nach der Präparation erfolgt mit einem niedrig viskösem Material die eigentliche Abformung der präparierten Stümpfe. Wie Nachuntersuchungen zeigen, sind die Lumina der Abformung im Vergleich zu den abgeformten Stümpfen zu groß. Die Erklärung für dieses Phänomen fanden *Berger*, *Marxkors* und *Meiners* [1973]. Während der Abbindung der zweiten dünnfließenden Phase kontrahiert diese in Richtung der

ersten Phase. Es kommt zu einer Aufschrumpfung auf das Erstmaterial, also einer Lumenvergrößerung.

2.7.5. Mehrphasig zweizeitige Abformungen

Die Ergänzungsabformung nach *Stachniss* [1977] versucht die Vorteile einer Korrekturabformung und einer Doppelmischabformung zu verbinden, gleichzeitig aber die Nachteile beider Verfahren auszuschließen.
Wie bei der klassischen Ergänzungsabformung wird zunächst über die unbeschliffene Zahnreihe mit einem Platzhalter mit einem knetbaren oder sehr niedrigviskösen Material eine Abformung genommen. Anschließend werden der Platzhalter und alle unter sich gehenden Stellen aus der Primärabformung entfernt. Nach der Präparation erfolgt im Grunde genommen nichts anderes als eine Doppelmischabformung. Der „individualisierte Löffel“ wird mit einem mittelviskösem Material beschickt und die Stümpfe mit einem niedrigviskösen Material umspritzt. Nachuntersuchungen haben gezeigt, dass die Lumina der Abformung im Vergleich zu den abgeformten Stümpfen nahezu identisch waren.

3. Ziel der Arbeit

Zentrale Fragestellung dieser Studie war es, an einem Versuchsaufbau zu untersuchen, der einer „menschlichen Situation“ sehr nahe kommt, ob sich mit der Gingivektomie oder dem Legen von Retraktionsfäden in Abhängigkeit der Präparationsform und der Abformmethode die Präparationsgrenze besser darstellen lässt.

4. Material und Methode

4.1. Arbeitsgrundlage

Als Grundlage für den Studienaufbau wurden Rinderkiefer von frisch geschlachteten Tieren verwendet. Gleich nach der Schlachtung wurde das bezahnte Unterkieferfrontzahnsegment herausgetrennt. Damit die Temperatur der Segmente nach dem Transport in die Praxis annähernd der Lebendtemperatur (38,5°C) entsprach, wurden die Segmente unmittelbar nach der Entnahme in eine Styroporbox gelegt. In der Praxis wurde sofort mit der Versuchsdurchführung begonnen.

4.2. Auswahl der Zähne

Das Frontzahnsegment beim Rind zeigt acht Incisivi auf. Es wurden für die Studie ausschließlich die verwendet, bei denen ein Beschleifen des 2., 3. und 4. Incisivus beiderseits möglich war. Ebenso kamen nur die Unterkieferfrontzähne in Betracht, die nicht zu stark abradiert waren. Ein weiteres Kriterium war, dass es möglich war, die Zähne so zu präparieren, dass sie später annähernd einem beschliffenen Incisivus eines menschlichen Patienten entsprachen. Als weiteres Ausschlusskriterium wurden Kiefer verworfen, bei denen die Zähne nach der Präparation eine zu starke Divergenz aufwiesen.

44	43	42	41	31	32	33	34

Abb. 3: Rinderkiefer mit Zahnschema, angelehnt am internationalen System

4.3. Präparation der Zähne

Bei der Studie wurde darauf geachtet, dass hinsichtlich des Zeitrahmens grundsätzlich nur unter klinischen Bedingungen gearbeitet wurde.
Vor Beginn der Studie wurde ein Präpartionsschema entworfen. Dieses wurde so konzipiert, daß methodische Fehler ausgeschlossen werden konnten. Die verschiedenen Präparationsformen (75°, 120°, 150°) und die Darstellung der Präparationsgrenze wurden in einer zyklischen Verteilung den Kiefern bzw. Zähnen zugewiesen (siehe Präparationsplan im Anhang).
Die Grobpräparation erfolgte mit einer Lichtturbine (W&H Toplight 898-LE®, W&H Dentalwerk GmbH, Bürmoos, Austria) mit den angefertigten Spezialgrobdiamanten der Firma Komet, Gebr. Brassler GmbH, Lemgo.
Incisal wurden die Zähne so weit gekürzt, bis eine ebene glatte Oberfläche entstand. Da Rinderzähne eine ausgesprochen große Pulpa besitzen, kam es des Öfteren vor, dass diese eröffnet wurde. Bei diesen Zähnen wurde die eröffnete Pulpa mit einem Glasionomerzement (GC Fuji II®, Iso 9917 : 199 (E), GC Corporation, Tokyo, Japan) verschlossen.
Die Zähne wurden zirkulär so weit beschliffen, bis eine gut sichtbare Präparationsgrenze zu erkennen war. Die Präparationsgrenze wurde mindestens 1 mm unterhalb des Gingivalrands gelegt.
Die Präparation wurde im Bereich der Präparationsgrenze anschließend mit einem roten Finierdiamanten gleicher Morphologie mit einem roten Winkelstück (W&H 999 LT/200®, W&H Dentalwerk GmbH, Bürmoos, Austria) W&H Dentalwerk GmbH, Bürmoos, Austria geglättet. Es wurden drei verschiedene Präparationsformen gewählt. Pro Präparationsform wurden 20 Zähne beschliffen.

Um spätere Verwechslungen zu vermeiden, wurden alle Zähne mit einer 6-stelligen Codeziffer versehen, die sich wie folgt zusammensetzt:

1. Ziffer	= Stellung des Zahnes im Quadranten (Ziffer 3 für links, Ziffer 4 für rechts)
2. Ziffer	= Incisivus
3. Ziffer	= Präparationsform (Sonderdiamant mit 150° Abschrägung Ziffer 1, Sonderdiamant mit Abschrägung 75° Ziffer 2 und Sonderdiamant mit Abschrägung 120° Ziffer 3)
4. Ziffer	= Darstellung der Präparationsgrenze (Ziffer 1 für die Gingivektomie, Ziffer 2 für das Legen von Fäden.
letzten beiden Ziffern	= Nummer des präparierten Rinderkiefers (grundsätzlich zweistellig)

4.3.1. Präparation mit Sonderdiamanten 150°

Die Grobpräparation erfolgte mit einem groben Sonderdiamanten (Komet Iso 886.014.150®).

Abb. 4: Sonderdiamant Komet, Iso 886.014.150®

Zur Verminderung der zervikalen Rautiefen wurden die Zähne anschließend mit einem feinen Sonderdiamanten (Komet Iso 8886.014.150®) finiert.

Abb. 5: Sonderdiamant Komet, Iso 8886.014.150®

4.3.2. Präparation mit Sonderdiamanten 120°

Die Grobpräparation erfolgte mit einem groben Sonderdiamanten (Komet, Iso 886.014.120®).

Abb.6: Sonderdiamant Komet, Iso 886.014.120®

Zur Verminderung der zervikalen Rautiefen wurden die Zähne anschließend mit einem feinen Sonderdiamanten (Komet, Iso 8886.014.120®) finiert

Abb. 7: Sonderdiamant Komet, Iso 8886.014.120®

4.3.3. Präparation mit Sonderdiamanten 75°

Die Grobpräparation erfolgte mit einem groben Sonderdiamanten (Komet, Iso 886.014.075®).

Abb. 8: Sonderdiamant Komet, Iso 886.014.075®

Zur Verminderung der zervikalen Rautiefen wurden die Zähne anschließend mit einem feinen Sonderdiamanten (Komet, Iso 8886.014.075®) finiert.

Abb. 9: Sonderdiamant Komet, Iso 8886.014.075®

Abb. 10: Präparierter Rinderunterkiefer
- 3. Quadrant mit eingelegtem Faden
- 4. Quadrant gesäuberter Sulcus nach Gingivektomie

4.4. Abformmethode und -material

Die Größe und Form des Rinderunterkiefers weicht erheblich von der des Menschen ab. Es war deshalb notwendig, einen individuellen Löffel herzustellen. Über die unbeschliffenen Unterkieferzähne wurde mit einem C-Silikon (Aphasil perfect technik Typ 0 EN 24823®) ohne Löffel eine Abformung vorgenommen.

Dieser wurde dann mit einem Gips Klasse III (Stöber Dentalgipse, Marmodent gelb EN 26873 / Iso 6873®) ausgegossen. Damit später eine ausreichende Substanzstärke an Abformmaterial vorhanden ist, wurde das Modell großzügig mit rosa Plattenwachs ausgeblockt. Es wurden hierauf individuelle Löffel aus TrayAcryl 86® der Firma Schütz-Dental mit einer Mindeststärke von 5 mm gefertigt, die in ihrer Form Rimlocklöffeln nachempfunden wurden.

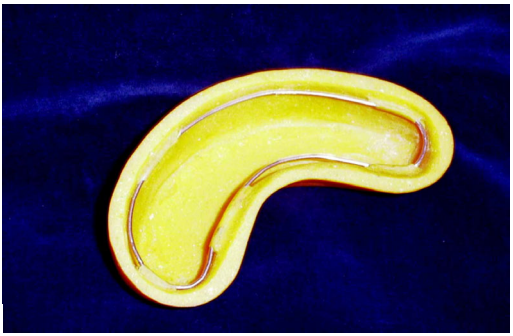


Abb. 11: Individueller „Rimlocklöffel“

Entsprechend der Spezifizierung des Abformmaterials wurde der individuelle Löffel mit dem der Stoffklasse entsprechenden Adhäsiv (Dental-Adhäsiv, Firma Kaniedenta GmbH, Herford) eingepinselt.

Nach der Präparation wurde mit einem Elektrotom (Martin Elektrotom-chirurgiegerät MD 60®) mit der Elektrode Fig. 31 der Sulcus, der für die Gingivektomie-Studie vorgesehen wurde, mit einer horizontalen Incision eröffnet. Die koagulierten Gewebsreste wurden mit einer Kürette entfernt und die Präparationsgrenze mit 30%-iger H_2O_2-Lösung gereinigt. Anschließend wurde mit einem scharfen Wasserstrahl nachgereinigt und der Sulcus getrocknet.
Danach wurde mit Imprint™II Quick Step, Tray Material-High Viscosity, der Firma 3M, St. Paul, U.S.A., entsprechend den Herstellerangaben die Primärabformung der Korrekturabformung vorgenommen.

Abb.12: Imprint™II, Quick Step

Da die Umgebungstemperatur nicht der normalen Mundtemperatur entsprach, wurde die Abformung nicht entsprechend der Herstellerempfehlung (nach 5 Minuten) entnommen, sondern erst nach 10 Minuten, damit sicher gestellt war, dass die Abformmasse vollständig abgebunden war.
Die entnommene Primärabformung wurde entsprechend einer Korrektur-abformung beschnitten, mit Wasser abgesprayt und anschließend mit Äthanol nachgereinigt und getrocknet.

Abb. 13: beschnittene Primärabforumung

Der andere Quadrant des Unterkiefersegments war für die Faden-Studie vorgesehen. Hier wurde erst nachdem die Primärabformung vorlag, in die Sulci ein unbehandelter Retraktionsfaden der Größe 2 (Surgident Gingival Retraktionsfaden®, Firma Sigma Dental Systems-Emasdi GmbH, Jarplung-Weding) mit einem Heidemannspatel eingelegt.

Nach 5 Minuten Verweildauer wurde dieser entfernt. Sämtliche Sulci wurden mit einem scharfen Wasserstrahl gereinigt und getrocknet.

Es erfolgte die Doppelmischabformung. Der Löffel wurde mit Imprint™II, Quick Step Tray Material-High Viscosity, bzw. Wash Material-Low Viscosity beschickt. Die präparierten Zahnstümpfe mit letzterem Material umspritzt.

Nach 10 Minuten wurde die Abformung vom Unterkiefersegment abgenommen.

Abb.14: Beschnittene Doppelmischabformung

Nach der Abformung wurde der Sulcus erneut mit hartem Wasserstrahl gereinigt und getrocknet.
Es erfolgte gleich im Anschluss die Sekundärabformung der Korrekturabformung. Die beschnittene Primärabformung wurde mit Imprint™II (Quick Step, Wash Material-Low Viscosity) beschickt.
Die präparierten Zahnstümpfe wurden mit gleichem Material umspritzt. Auch diese Abformung wurde erst nach 10 Minuten abgenommen.
Nach Entnahme, Säuberung und Trocknung wurden die Abformungen unter einem Stereomakroskop der Firma Ernst Leitz GmbH, Wetzlar, 10,5-fach einer visuellen Kontrolle unterzogen. Es wurde darauf geachtet, dass jeder Zahn optimal abgeformt war. Fehler in den Abformungen wurden protokolliert.

Da der Studie ursprünglich ein anderes Konzept zugrunde lag, mussten von jeder Abformungsart einwandfrei abgeformte Zahnstümpfe vorliegen. Es

wurden entsprechend o.g. Procedere so viele Abformungen vorgenommen, bis von jedem Zahnstumpf eine perfekte Abformung vorlag.

Falls die eröffneten Sulci zu stark kollabiert waren, wurde erneut ein Faden eingelegt bzw. nachgingivektomiert.

Da Rinderzähne sehr spröde sind, zersplittern diese bei der Extraktion. Um auswertbare präparierte Zahnstümpfe zu erhalten, wurden die Unterkiefersegmente ca. eine Stunde gekocht. Erst dann ließen sich die Zähne beschädigungsfrei entfernen. Anschließend wurden die extrahierten Zähne 30 Minuten in 30%-iges H_2O_2 gelegt. Am Zahn haftende Gewebsreste ließen sich so leichter und somit schonender entfernen; festere wurden mit einer Kürette entfernt. Zur Aufbewahrung wurden die Zähne in Gefäßen mit Äthanol gelegt und mit entsprechender Codierung versehen.

Abb. 15: Präparierter und konservierter Zahn 343201

4.5. Herstellung der Modellstümpfe

Bis zum Ausgießen der Abformungen mit Gips wurde mindestens eine halbe, höchstens eine Stunde gewartet. Als Modellmaterial wurde Superhartgips der Klasse IV (Marmorock E®, Stöber Dentalgipse GmbH, Gotha) verwendet. Dieser wurde nach Herstellerangaben unter Vakuum (Whip Mix, Power Mixer Continental®) angemischt. Frühestens eine Stunde nach dem Ausgießen wurden die Modelle aus der Abformung entfernt. Auf Herstellung von Sägemodellen wurde verzichtet. Die Zahnkränze wurden mittels Diamanttrennscheibe

separiert, mit einer Gipsfräse in Form gebracht und mit Sandpapier geglättet. Unter einem Stereomakroskop (10,5-fach) der Firma Ernst Lenz GmbH, Wetzlar wurde die Präparationsgrenze freigelegt. Um Nachexpansionen des Gipses auszuschließen wurde peinlichst genau darauf geachtet, daß die Stümpfe nach der vollständigen Aushärtung des Gipses nicht mehr mit Wasser in Verbindung kamen.
Etwaige unter sich gehende Bereiche wurden mit einem Ausblockkunststoff (Visio-Bloc®, Firma Espe GmbH, Espenau) ausgeblockt.
Die Präparationsgrenze wurde mit einem Margin Liner® der Firma belle de st. Claire, Plummer St. Chatsworth, USA gekennzeichnet.
Die Stümpfe wurden anschließend mit Die Hardener® der Firma Yeti Dentalprodukte GmbH, Engen gehärtet. Nach einer Minimumeinwirkzeit von 30 Minuten wurden die Stümpfe mit ca. 15 µm starken einem Spacer (M+W Stumpflack gold®, M+W-Dental GmbH, Büdingen) bis 1 mm vor die Präparationsgrenze lackiert.
Um spätere Verwechslungen auszuschließen wurden die Modellstümpfe analog zu den präparierten Zähnen mit einer 7-stelligen Codenummer versehen. Dabei entsprechen die letzten 6 Ziffern dem analogen Zahn.

Die 1. Ziffer dieser 7-stelligen Codenummer entspricht der Abformmethode.
Ziffer 1 = Korrekturabformung
Ziffer 2 = Doppelmischabformung

Abb. 16: Vorbereiteter Modellstumpf 2343201

4.6. Herstellung der Prüfkronen

Auf den vorbereiteten Modellstümpfen wurden Kunststoffkäppchen (Tiefziehfolien, Stärke 0,1 bzw. 0,6 mm, Firma Rossdental GmbH, Mönchengladbach) gezogen. Diese wurden ca. 1 mm über der Präparationsgrenze gekürzt. Anschließend wurde der Modellstumpf mit Isolit® der Firma Degussa AG, Frankfurt isoliert. Die Kronenmodellation erfolgte mit blauen Fräswachs® der

Firma Gebdi Dental-Products GmbH, Engen. Der Kronenrand wurde mit Inlaywachs (violet Inlay Wax Soft®, Firma GC-Corporation, Tokyo, Japan) modelliert und unter einem Stereomakroskop (Ernst Leiz GmbH, Wetzlar, 10,5-fach) auf Unter- und Überkonturierungen kontrolliert.

Die so hergestellten Kronenkäppchen wurden jeweils mit einem 3 mm starken Wachsdraht (M+W Wachsdraht®, Firma M+W-Dental GmbH, Büdingen) versehen und auf einem Muffelformer angestiftet. In einem 3er Muffelring fanden jeweils 8 Kronenkäppchen Platz. Die so angestifteten Käppchen wurden mit einem Entspanner (Waxit®, Degussa AG, Hanau) benetzt.

In den Muffelring wurde ein feuchtes Einlageflies (Gußküvetten-Einlagen®, Firma Degussa AG, Hanau) gelegt.
Als Einbettmasse wurde Heravest Speed® der Firma Heraeus Kulzer, Wehrheim/Ts. verwendet. Diese wurde entsprechend den Herstellerangaben unter Vakuum mit 80% Anmischflüssigkeit (Whip Mix, Power Mixer Continental®) angemischt und blasenfrei in die Muffel eingefüllt. Die Aushärtung der Einbettmasse erfolgte den Herstellerangaben entsprechend in einem Drucktopf.
Nach ausreichender Abbindezeit wurde die Muffel in einem Vorwärmofen (LaboTherm L5®, Nabertherm, Hamburg) aufgeheizt.

Das Aufheizen der Muffel erfolgte unter linearer Temperaturzunahme auf 700°C (Aufheizendauer bis zum Erreichen der Temperatur 45 Minuten). Diese Temperatur wurde dann 30 Minuten bis zum Gussvorgang gehalten.
Als Gussofen diente die Vakuumtiegelschleuder Fornax 45 Vac® der Firma Bego, Bremen. Als Metall diente Phantom-Metall NF® der Firma Degussa AG, Hanau, dass auf Stufe 7 ≙ ca. 980°C verflüssigt wurde.
Die Muffel kühlte langsam auf Zimmertemperatur ab. Nach restloser Abkühlung wurden die Gussobjekte vorsichtig ausgebettet.
Verbleibende Einbettmassenreste wurden unter 2 bar Strahldruck mit Glanzstrahlperlen (50µm, Ross Dental GmbH, Mönchengladbach) abgestrahlt.
Vor dem Aufpassen der Gussobjekte auf die betreffenden Modellstümpfe wurden unter Stereomakroskopkontrolle (Ernst Leiz GmbH, Wetzlar, 10,5-fach) Gussperlen und –fahnen entfernt.

Anschließend wurden die Prüfobjekte mittels Okklusionsspray (Okklu Plus Spray®, Firma Hager & Werken GmbH, Duisburg) auf die entsprechenden Modellstümpfe aufgepasst. Zum Schluss wurden die Ränder der Gussobjekte mit einem Finierdiamanten und einem Poliergummi unter Stereomakroskopkontrollen (Ernst Leiz GmbH, Wetzlar, 10,5-fach) geglättet bzw. an die Präparationsgrenze anpoliert, so dass ein spaltfreier Übergang vom Kronenrand zur Präparationsgrenze vorzufinden war.

Abb. 17: aufgepasste Prüfkrone 2343201

Vor der Messung der Randspaltbreite wurden die Prüfobjekte mittels Okklusionsspray (Okklu Plus Spray®, Firma Hager & Werken GmbH, Duisburg) auf korrekten Sitz überprüft und ggf. weiter aufgepasst. Am Rand der Prüfobjekte wurde nichts verändert.

Abb. 18: aufgepasste Prüfkrone 2343201 auf den Zahn 343201

4.7. Messung der Randspaltbreite

Zur Messung der Randspaltbreite wurden senkrecht zur Präparationsgrenze acht Messpunkte ausgewählt. Die präparierten Zahnstümpfe hatten als Querschnitt eine annähernd runde Form. Somit lag es nahe, den Zahn in 8 gleichmäßige (45°) Abschnitte zu unterteilen. Pro Abschnitt wurde jeweils 1 festgelegter Messpunkt (Mitte des Kreisbogenabschnitts) bestimmt. Da eine korrekte Bestimmung der Zahnflächen in buccal, vestibulär, mesial bzw. distal nach der Extraktion der Zähne nicht mehr getroffen werden konnte, wurden diese Messpunkte mit 1. bis 8. Messstelle bezeichnet.

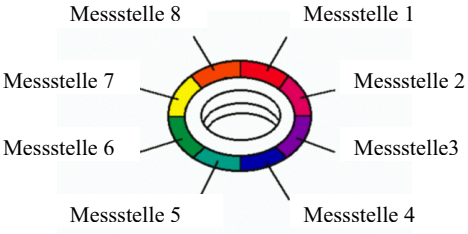


Abb. 19: Lokalisation der Messpunkte

Jede einzelne der 120 Prüfkronen wurde anschließend auf dem dazugehörigen extrahierten Zahn probeweise ohne Zement aufgesetzt und an den o.g. Messpunkten bezüglich ihrer Randspaltbreite (Messstrecke = Strecke Metallinnenkante bis Präparationsgrenze) mittels Messmakroskop (Firma Leica, Typ M 420, Makrozoom 6,3 - 32-fach, Binokkular 21B, 10-fach) unter einem Einblickwinkel von 30° vermessen.

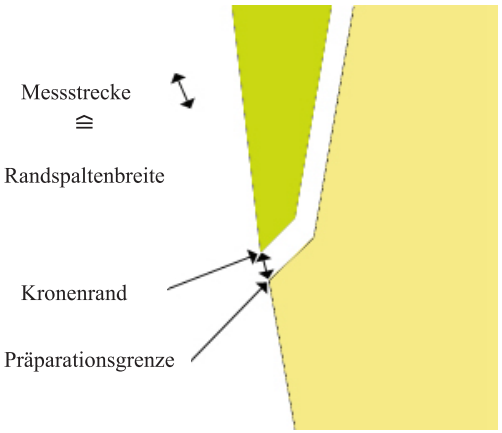


Abb.20: Erläuterung zur gemessenen Distanz

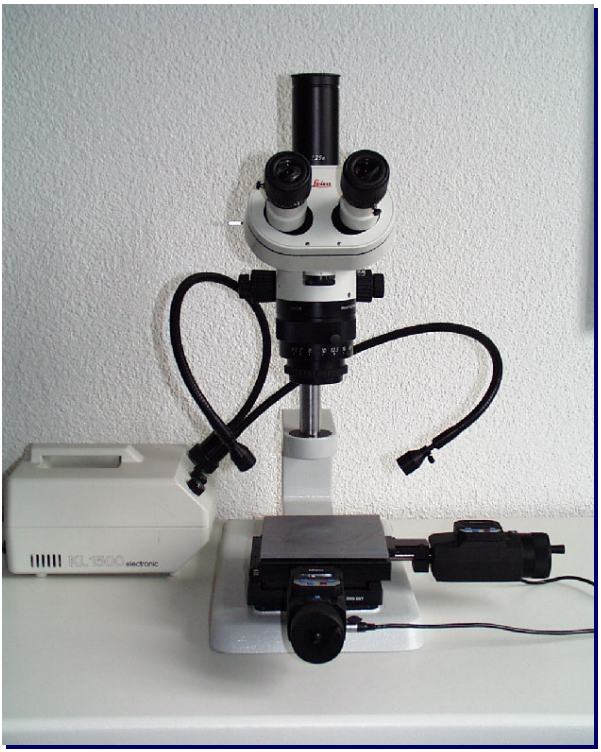


Abb.21: Messmakroskop (Firma Leica, Typ M 420, Makrozoom 6,3 - 32-fach, Binokkular 21B, 10-fach

Die Reproduzierbarkeit der Messung betrug +/- 10 µm.

Es wurden so 960 Messwerte erhoben, wovon jeweils die Hälfte der Messwerte auf die Doppelmisch- bzw. Korrekturabformung entfielen.

4.8. Graphische Darstellung und statistische Auswertung der Messergebnisse

Die Messwerte wurden schriftlich erfasst und für die Datenverarbeitung in MS-Excel®-Tabellen übertragen. Entsprechend den Untersuchungskriterien wurden die Ergebnisse zusammengefaßt.

Die statistische Auswertung der Ergebnisse wurde mit dem Programm SPSS® (Fa. SPSS inc., Columbus, USA) durchgeführt. Die graphische Darstellung der Ergebnisse in Boxplots wurde mittels Diagrammassistent des MS-Excel®-Programms realisiert.

Da die Normalverteilung nicht der Standardabweichung um den Mittelwert entsprach, wurde die von *Biffar* [1991] empfohlene deskriptive Darstellung in Form von Boxplots gewählt. Die Transparenz und Übersichtlichkeit der Datenmenge soll durch die Boxplot-Darstellung erhöht werden.

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

Die graphische Darstellung der Boxplots enthalten zusätzlich zur perzentilen Verteilung jeweils die Minimal- und Maximalwerte als Punkte.

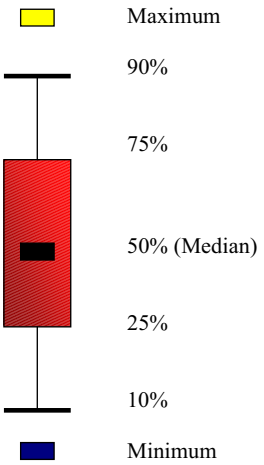


Abb. 22: Boxplot (Perzentil)

Deskriptive Form der Darstellung von Messwerten, die nicht der Normalverteilung entsprechen [*Biffar*, 1991]

5. Ergebnisse

5.1. Absolute Häufigkeit der Messwerte

Die absoluten Häufigkeitsverteilungen der gemessenen Werte in Prozent pro Messintervall kann der Abb. 23 entnommen werden (N = 960).

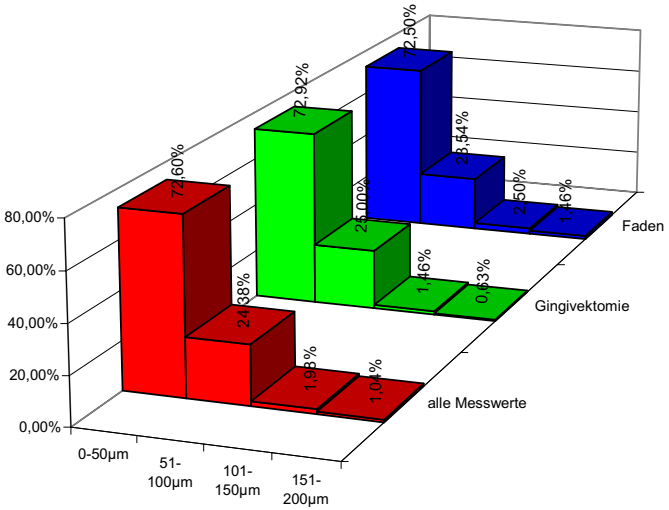


Abb. 23: Absolute Häufigkeit der Messwerte pro Messinterwall in Prozent

gesamte Messwerte (N = 960)

Messwerte Darstellung der Präparationsgrenze mit Gingivektomie (N = 480)

Messwerte Darstellung der Präparationsgrenze mit Faden (N = 480)

Von den insgesamt 960 Messwerten dieser Studie bewegen sich alle Werte in einem Größenintervall von 0-200 µm.

Auch bei genauerer Betrachtung kann man nur kleinere quantitative Unterschiede im Zehntel-Prozentbereich erkennen.

Im Größenintervall von 0-50 µm liegen 72,92% (Gingivektomie) und 72,5% (Faden); es bestehen nahezu identische Größen.

Auch in den weiteren Messintervallen sind bis auf wenige Zehntel-Prozent kaum Abweichungen zu erkennen.

Es sind keine signifikanten Unterschiede zu erkennen*.

5.2. Ergebnisse in Abhängigkeit der Darstellung der Präparationsgrenze

Zur Verdeutlichung des Streuungsmaßes der einzelnen Werte an den Messstellen dient die Darstellung der Boxplots in Abb. 24 (N = 480).

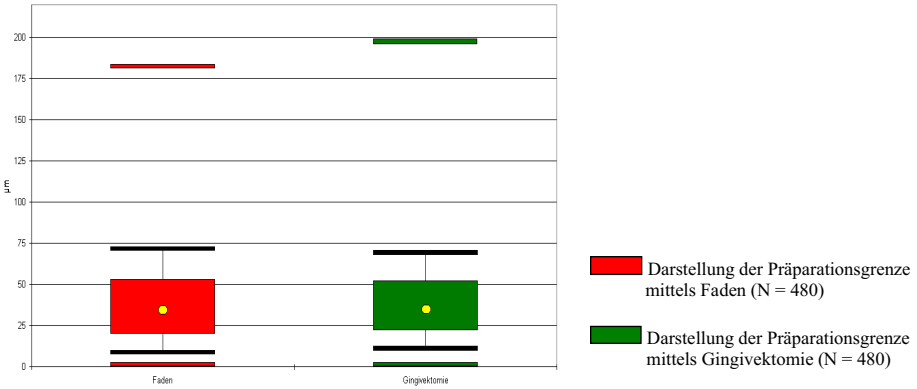


Abb. 24: Präparationsformen im direkten Vergleich

Wie man der Abb. 24 entnehmen kann, kann man keinen signifikanten Unterschied* in den erhobenen Werten bei der Darstellung der Präparationsgrenze feststellen.
Alle Werte liegen in einem Randspaltbreitenintervall von 0-200 µm.
Der Großteil der erhobenen Messwerte beider Versuchsgruppen befindet sich unterhalb der Größe von 50 µm.

* Krushal-Wallis U-Test, Statistik, Asym. Sig. ($p<0,05$)

5.3. Ergebnisse in Abhängigkeit der Präparationsform

Die Grafik in Abb. 25 zeigt die drei unterschiedlichen Präparationsformen im Vergleich. Jeweils als Boxplot dargestellt sind die ermittelten Messwerte eines Präparationsverfahrens (N = 320).

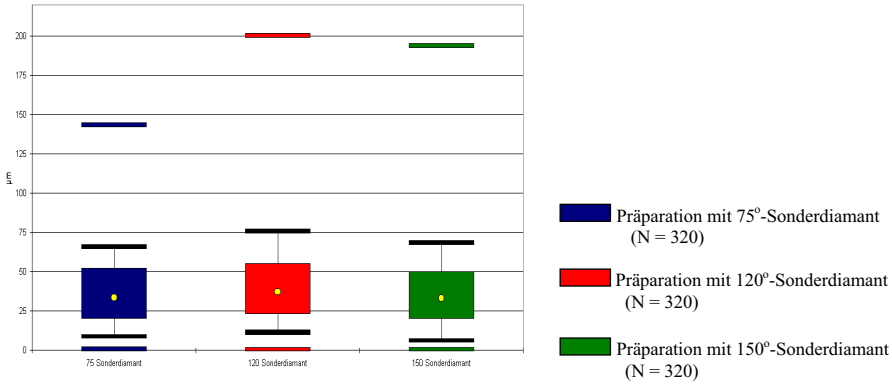
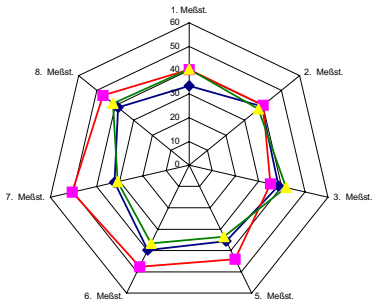


Abb. 25: Präparationsformen im direkten Vergleich

Auch hier sind die Ergebnisse resultierend aus den unterschiedlichen Präparationsformen nahezu identisch. Es lassen sich kaum quantitative Unterschiede erkennen.
Die Streubreiten sind bei allen 3 Präparationsformen sehr gering*.
Auch die Medianwerte (32-37 µm) liegen in einem sehr guten Wertebereich und zeigen kaum Abweichungen voneinander. Größtenteils liegen alle Ergebnisse der unterschiedlichen Präparationsformen unterhalb der 50 µm Grenze.
Die Ergebnisse mit dem Sonderdiamanten 120° schneiden schlechter ab als die mit den 75° bzw. 150° Sonderdiamanten. Ein Ranking zwischen beiden zuletzt genannten ist schier unmöglich.

Mit Hilfe der Abb. 26 soll der Versuch unternommen werden, die o.g. abstrakt formulierten Bewertungen räumlich darzustellen.
Dargestellt ist hier der Bezug einer jeweiligen Messstelle zum ideellen Nullpunkt (absolute Kongruenz vom Kronenrand und Präparationsgrenze). Basierend auf den Durchschnittswerten an den einzelnen Messstellen wurde versucht, einen imaginären Kronenrandverlauf darzustellen.

* Krushal-Wallis U-Test, Statistik, Asym. Sig. ($p<0,05$)



Präparation mit 75°-Sonderdiamant (N = 320)

Präparation mit 120°-Sonderdiamant (N = 320)

Präparation mit 150°-Sonderdiamant (N = 320)

Abb. 26: Imaginäre Lage der Kronenränder der drei Präparationsformen, Größenangabe in µm

Die Grafik in der Abb. 27 zeigt die 3 Präparationsformen in Abhängigkeit der Darstellung der Präparationsgrenze (N = 160), dargestellt in Boxplots.

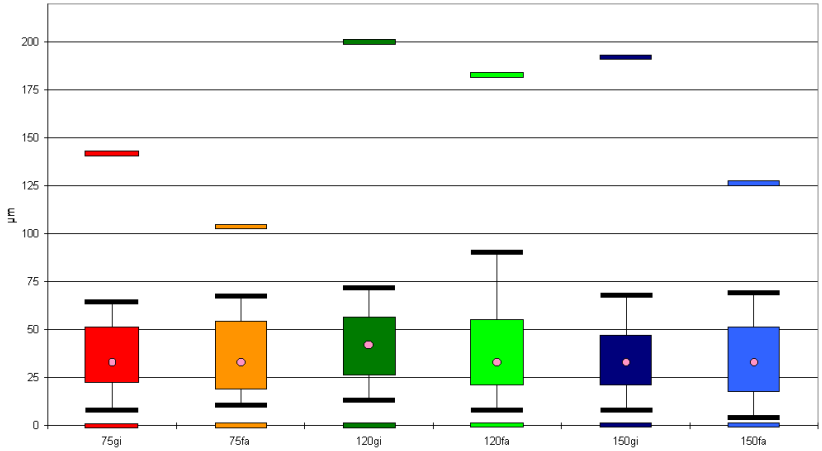


Abb. 27: Präparationsformen in Abhängigkeit der Darstellung der Präparationsform

Präparation mit 75°-Sonderdiamant, Darstellung der Präparationsgrenze mittels Gingivektomie (N = 160)

Präparation mit 75°-Sonderdiamant, Darstellung der Präparationsgrenze mittels Faden(N = 160)

Präparation mit 120°-Sonderdiamant, Darstellung der Präparationsgrenze mittels Gingivektomie (N = 160)

Präparation mit 120°-Sonderdiamant, Darstellung der Präparationsgrenze mittels Faden (N = 160)

Präparation mit 150°-Sonderdiamant, Darstellung der Präparationsgrenze mittels Gingivektomie (N = 160)

Präparation mit 150°-Sonderdiamant, Darstellung der Präparationsgrenze mittels Faden (N = 160)

Auch hier sind keine signifikanten Unterschiede* zu erkennen.
Einen Ausreißer zeigt die Präparation mit dem 120°-Sonderdiamanten und Darstellung der Präparationsgrenze mittels Retraktionsfaden. Hier ist die Streuung etwas größer, bewegt sich aber noch in einer sehr guten Streuungsbreite (10-90% Dezil 7-91 µm).
Der Großteil der Werte aller Verfahren liegt unterhalb der 50 µm Grenze.
Die Mediane aller Verfahren liegen sehr eng beieinander.

Die Grafik der Abb. 28 zeigt eine weitere Differenzierung obenstehender Betrachtung. Hier wurden die Präparationsformen in Abhängigkeit der Darstellung der Präparationsgrenze in Relation zur Abformmethode gestellt (N = 80).

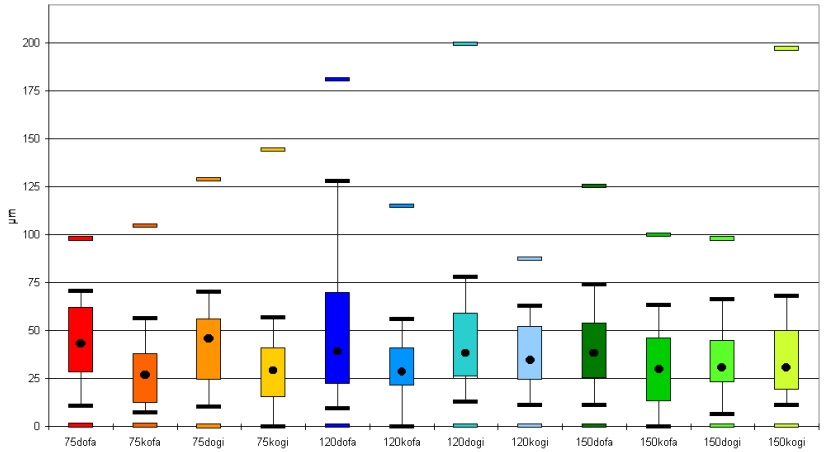


Abb. 28: Präparationsformen in Abhängigkeit der Darstellung der Präparationsgrenze und Abformmethode

- Präparation mit 75°-Sonderdiamant, Darstellung der Präparationsgrenze mittels Faden, Doppelmischabformung (N = 80)
- Präparation mit 75°-Sonderdiamant, Darstellung der Präparationsgrenze mittels Faden, Korrekturabformung (N = 80)
- Präparation mit 75°-Sonderdiamant, Darstellung der Präparationsgrenze mittels Gingivektomie, Doppelmischabformung (N = 80)
- Präparation mit 75°-Sonderdiamant, Darstellung der Präparationsgrenze mittels Gingivektomie (N = 80)
- Präparation mit 120°-Sonderdiamant, Darstellung der Präparationsgrenze mittels Faden, Doppelmischabformung (N = 80)
- Präparation mit 120°-Sonderdiamant, Darstellung der Präparationsgrenze mittels Faden, Korrekturabformung (N = 80)
- Präparation mit 120°-Sonderdiamant, Darstellung der Präparationsgrenze mittels Gingivektomie, Doppelmischabformung (N = 80)
- Präparation mit 120°-Sonderdiamant, Darstellung der Präparationsgrenze mittels Gingivektomie (N = 80)
- Präparation mit 150°-Sonderdiamant, Darstellung der Präparationsgrenze mittels Faden, Doppelmischabformung (N = 80)

* Krushal-Wallis U-Test, Statistik, Asym. Sig. (p<0,05)

Präparation mit 150°-Sonderdiamant, Darstellung der Präparationsgrenze mittels Faden, Korrekturabformung (N = 80)

Präparation mit 150°-Sonderdiamant, Darstellung der Präparationsgrenze mittels Gingivektomie, Doppelmischabformung (N = 80)

Präparation mit 150°-Sonderdiamant, Darstellung der Präparationsgrenze mittels Gingivektomie (N = 80)

Dieser Grafik kann man entnehmen, dass die Abweichungen nur marginal sind. Der Großteil der Werte liegt unterhalb der 50 µm Grenze.

Entsprechend der in Abb. 28 aufgetragenen Messwerte als Boxplots wurde eine Reihung der Verfahren vorgenommen, die der Streuung der erreichten Randspaltbreite innerhalb des 25-75% Dezils und 10%-90% Dezils Rechnung trägt.

Streuung um den Median innerhalb des 25-75% Dezils

120kofa-150dogi-75kofa-75kogi-120kogi-150dofa-150kofa-150kogi-75dogi-120gogi-75dofa-120dofa

kleine Streuung → große Streuung

75kofa-120kogi-120kofa-75kogi-150kogi-75dofa-75dogi-150dogi-150dofa-150kofa-120dogi-120dofa

Streuung um den Median innerhalb des 10-90% Dezils

Abb. 29: Reihenfolge der verschiedenen Verfahren im Sinne der Streuung der ermittelten Messergebnisse

Die Medianwerte zeigen eine etwas höhere Varianzbreite als bei den anderen Untersuchungen. Zeigen aber keine signifikante Abweichung*.
Kleinster Wert (23 µm) ist bei der Präparation mit 75°-Sonderdiamant, Darstellung der Präparationsgrenze mittels Faden, Korrekturabformung zu finden, größter Wert (44 µm) bei der Präparation mit 120°-Sonderdiamant, Darstellung der Präparationsgrenze mittels Faden, Doppelmischabformung.

* Krushal-Wallis U-Test, Statistik, Asym. Sig. ($p<0,05$)

5.4. Ergebnisse in Abhängigkeit der Abformmethode

Zur Verdeutlichung der Spannweite (Streuungsmaß) der einzelnen Werte an den Messstellen dient Abb. 30, dargestellt in Boxplots (N = 480).

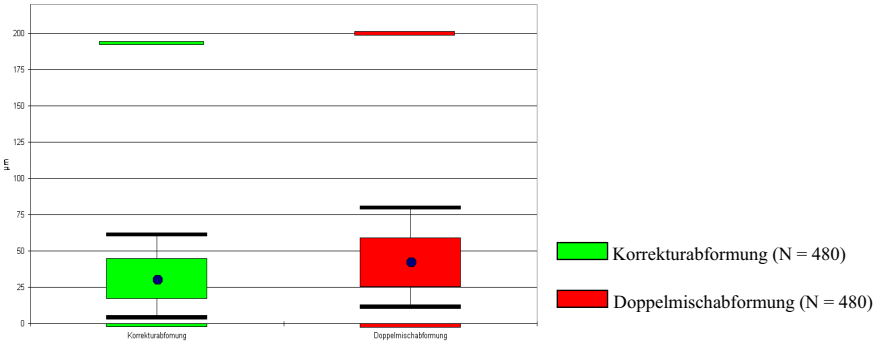


Abb. 30: Abformmethoden

Bei den zwei unterschiedlichen Abformungsarten schnitt die Doppelmischabformung schlechter ab. Alle relevanten Ergebnisse der Korrekturabformung zeigten einen kleineren Betrag als die der Doppelmischabformung *.
Ergebnisse beider Abformungsarten lagen größtenteils unter 50 µm.

Mit Hilfe von Abb. 31 soll auch hier der Versuch unternommen werden, die o.g. abstrakt formulierten Bewertungen räumlich darzustellen.
Dargestellt ist hier der Bezug einer jeweiligen Messstelle zum ideellen Nullpunkt (absolute Kongruenz vom Kronenrand und Präparationsgrenze). Basierend auf den Durchschnittswerten an den einzelnen Messstellen wurde versucht, einen imaginären Kronenrandverlauf darzustellen. Aus dieser Grafik geht hervor, dass die durchschnittlichen Werte an den 8 Messstellen alle unterhalb von 50 µm liegen.
Diese Darstellung zeigt aber auch, dass die durchschnittliche Randspaltbreite der Doppelmischabformung an den einzelnen Messstellen größer ist als die der Korrekturabformung.

* Krushal-Wallis U-Test, Statistik, Asym. Sig. ($p<0,05$)

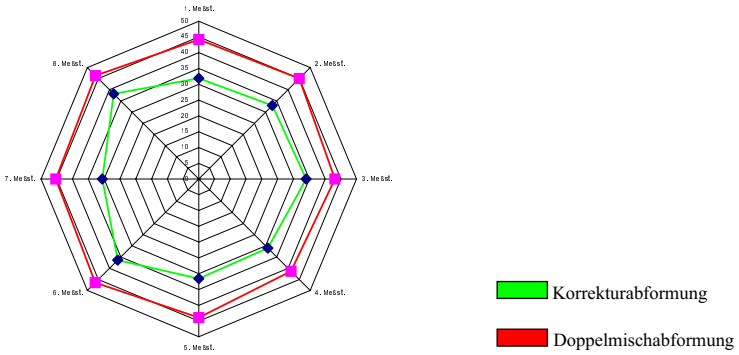


Abb. 31: imaginäre Lage der Kronenränder der zwei verschiedenen Abformarten, Größenangabe in µm

Die Grafik der Abb. 32 zeigt eine weitere Differenzierung obenstehender Betrachtung. Hier wurden die Abformungsarten in Abhängigkeit der Darstellung der Präparationsgrenze in Boxplots dargestellt (N = 240).

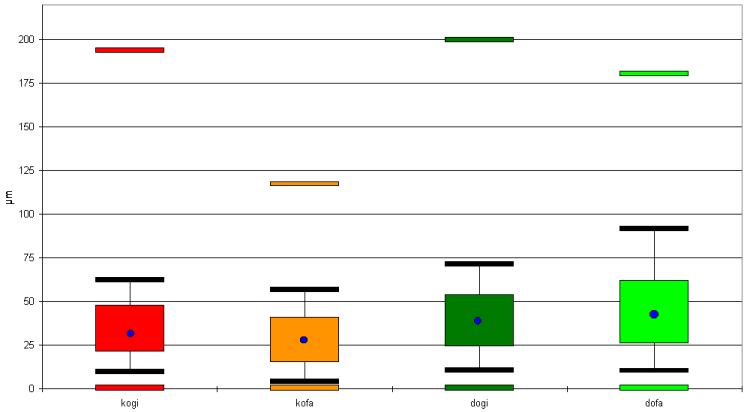


Abb. 32: Abformungsarten in Abhängigkeit der Darstellung der Präparationsgrenze

Korrekturabformung, Darstellung der Präparationsgrenze mittels Gingivektomie (N = 240)

Korrekturabformung, Darstellung der Präparationsgrenze mittels Faden (N = 240)

Doppelmischabformung, Darstellung der Präparationsgrenze mittels Gingivektomie (N = 240)

Doppelmischabformung, Darstellung der Präparationsgrenze mittels Faden (N = 240)

Anhand dieser Darstellung kann man ablesen, dass die Doppelmischabformung schlechter abschneidet als die Korrekturabformung.
Alle relevanten Werte sind größer. Die Streuungsbreite ist bei der Doppelmischabformung in Abhängigkeit der Darstellung der Präparationsgrenze mittels Retraktionsfaden am höchsten.
Auch hier bleibt der Großteil der Messergebnisse unterhalb der 50 µm Grenze. Eine signifikante Abweichung ist hier ebenfalls nicht zu erkennen*.

Im folgenden Abschnitt werden die Abformungsarten unter einer anderen Fragestellung betrachtet. Es werden die eigentlichen Abformungen hinsichtlich ihrer Qualität bewertet und nicht die aus den Abformungen resultierenden Randspaltbreiten.

Da die Studie ursprünglich anders konzipiert war, war es unumgänglich, dass von jedem Zahn eine optimale Abformung vorlag.
Als Fehler wurde alles definiert, was von einer optimalen Abformung abweicht. Es wurde deshalb nicht darauf geachtet, ob die Abformung kleinere oder größere Fehler aufwies.
Je nach Lage und Größe des Fehlers beeinträchtig dieser u.U. nicht die Qualität des Randschlusses der späteren Krone.
Bei dieser Untersuchung war es irrelevant, ob der Fehler die Qualität des Randschlusses beeinflusst oder nicht. Dokumentiert wurden alle Fehler, auch wenn sie noch so gering waren.
Die resultierenden Zahnstumpfmodelle wurden visuell auf Fehler inspiziert. Etwaige Fehler wurden mit den Fehlern in den Abformungen verglichen. Es konnte festgestellt werden, dass alle Fehler in den Zahnstumpfmodellen mit den in den Abformungen korrelierten.
Zusätzliche Fehler in den Zahnstumpfmodellen wurden nicht gefunden.

* Krushal-Wallis U-Test, Statistik, Asym. Sig. ($p<0,05$)

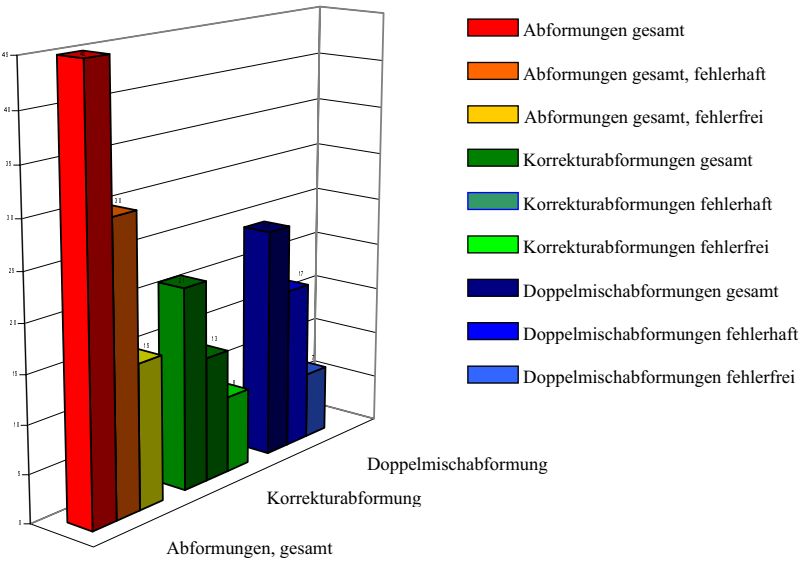


Abb. 33: Abformungen, absolut

Insgesamt wurden 45 Gesamtabformungen angefertigt, damit von jedem Zahn eine optimale Abformung vorlag; davon entfielen 21 auf Korrekturabformungen und 24 auf Doppelmischabformungen.

Optimal wäre eine Gesamtanzahl von 20 Abformungen gewesen.

Es wurden 125% mehr Abformungen angefertigt, als eigentlich notwendig gewesen wären. Bei den Korrekturabformungen wurden 110%, bei den Doppelmischabformungen 140% mehr durchgeführt, als optimal notwendig gewesen wären.

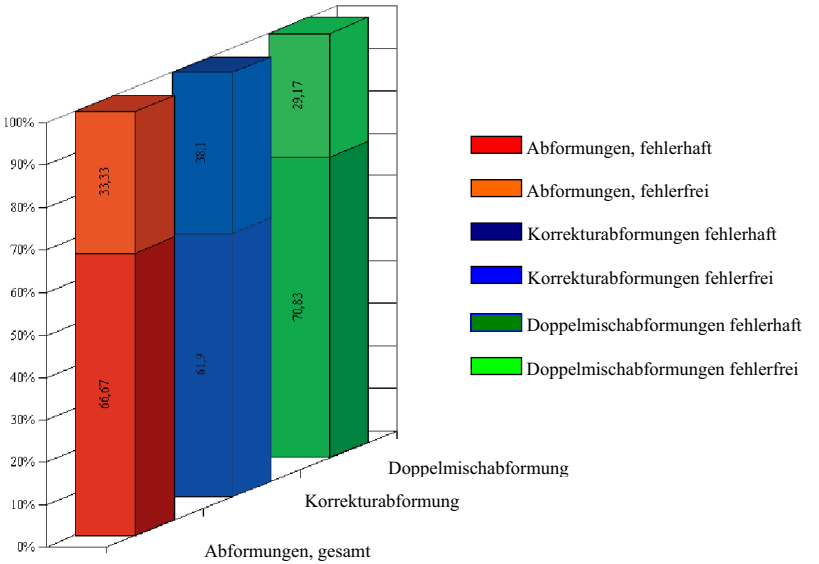


Abb. 34: Verteilung fehlerhafter Abformungen in %

Aus der Korrekturabformung resultieren 38,1% optimale Abformungen, bei der Doppelmischabformung lediglich 29,17%. Bei beiden Abformmethoden sind mehr als die Hälfte der Abformungen fehlerhaft.

Wie man der Abb. 34 entnehmen kann, schneiden die Doppelmischabformungen schlechter ab.

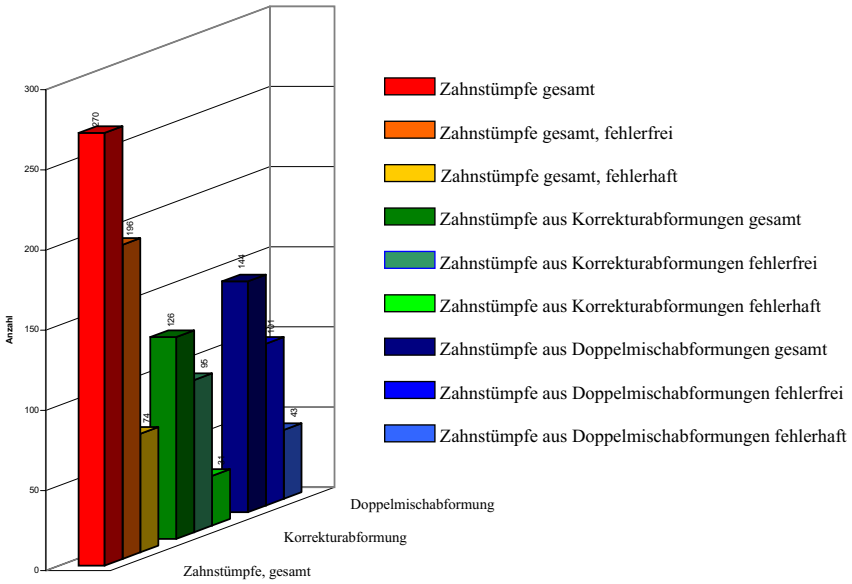


Abb. 35: Abgeformte Zahnstümpfe, absolut

Bei der Betrachtung hinsichtlich der Fehlerfreiheit der einzelnen abgeformten Zahnstümpfe ist die Ausschussquote geringer (siehe dazu Abb. 35 und 36).

Aber auch hier fällt auf, dass die Doppelmischabformung schlechtere Ergebnisse liefert (5,4%) als die Korrekturabformung.

Über 70% der Abformung der Zahnstümpfe zeigten keine Fehler auf.

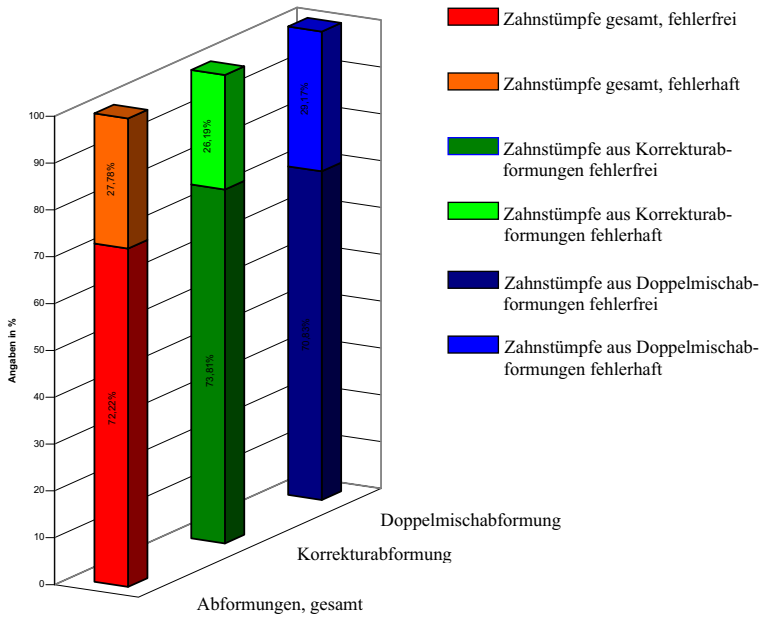


Abb. 36: Verteilung fehlerhafter Abformungen von Zahnstümpfen in %

Der Abb. 37 kann man die Unterteilung der Fehler entnehmen.

Es kommen nur drei unterschiedliche Fehler in Betracht:

- fehlerhaft abgeformte Präparationsgrenze
- Blasen in der Abformung
- abgeschilferte Bereiche in der Abformung.

Verziehungen, wie sie des Öfteren bei Doppelmischabformungen zu beobachten sind, wurden auch unter Makroskopkontrolle oder später auf den hergestellten Zahnstumpfmodellen nicht beobachtet.

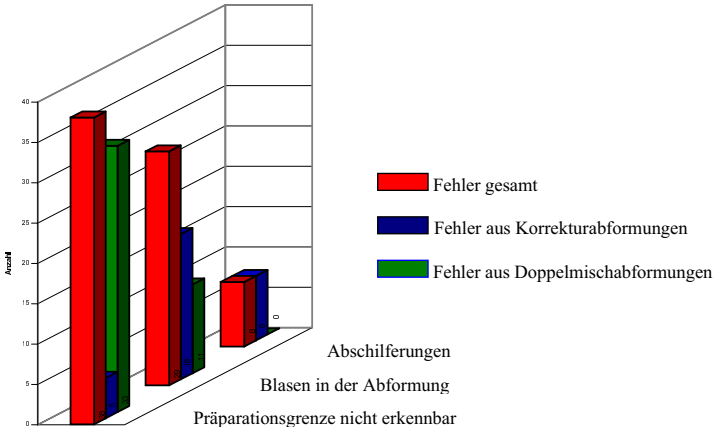


Abb. 36: Fehler der Abformungen, absolut, eine Doppelnennung
Abformung 2/I Zahn 421210

Wie schon angeführt wurde, wurde jeder Fehler, unabhängig von seinem Schweregrad und Lage, dokumentiert.

Hauptproblem bei der Doppelmischabformung war die Darstellung der Präparationsgrenze. Bei den Korrekturabformungen waren die Präparationsgrenzen fast immer deutlich zu erkennen.

Abschilferungen in der Abformung sind aus verfahrenstechnischen Gründen ausschließlich bei der Korrekturabformung zu finden.

Das Problem der Blasen in der Abformung überwiegt in der Korrekturabformtechnik.

Wie die Abb. 37 zeigt, sind signifikant* (11%) mehr Zahnstumpfabformungen resultierend aus der Korrektur- (82,54%) als aus der Doppelmischabformung (71,53%) brauchbar für die Herstellung einer qualitativ hochwertigen Prüfkrone. Relevant für diese Auswertung war die Qualität der Fehler.

* Krushal-Wallis U-Test, Statistik, Asym. Sig. (p>0,05)

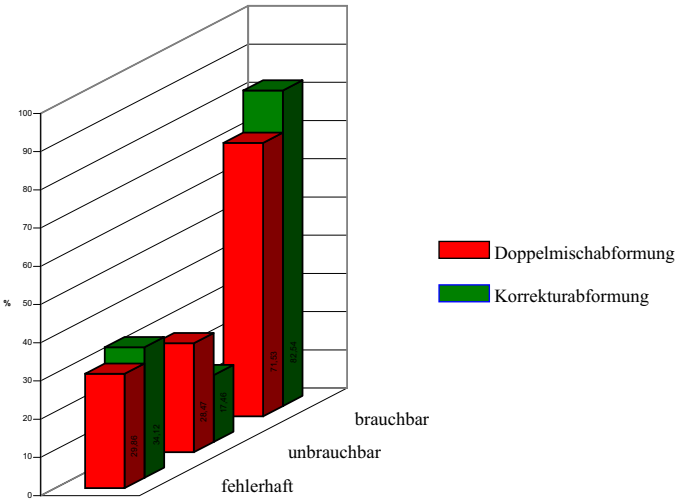


Abb. 37: Brauchbarkeit der Abformungen

Nicht jeder Fehler in der Abformung beeinflusst den Randspalt. Ausgewertet wurde bei dieser Betrachtung, ob der Fehler die Qualität des Randschlusses der späteren Prüfkrone beeinflusst oder nicht.

* Krushal-Wallis U-Test, Statistik, Asym. Sig. (p>0,05)

6. Diskussion

6.1. Diskussion der Versuchsmethode

Eine Prüfung der Fragestellung ist aus ethischen Gründen am Menschen äußerst problematisch, selbst wenn eine Indikation zur Extraktion der Prüfzähne besteht. Hierin liegen auch die Gründe, dass zu diesem Themenkomplex nur sehr wenige prospektive in vivo Studien vorliegen. Reine in vitro Untersuchungen werden unter standardisierten, idealen, teilweise idealisierten Bedingungen durchgeführt. Es war deshalb wichtig, einen Studienaufbau zu schaffen, der quasi das Bindeglied zwischen in vivo und in vitro darstellt.
In welcher Studienkategorie man diese Studie ansiedelt, bleibt jedem selbst überlassen. Die einen werden den Studienaufbau einer reinen Laborstudie zuordnen, die anderen einem Aufbau, wie sie auch am realen Patienten durchgeführt werden könnte.
Kritiker werden auf Grund des fehlenden Blutdrucks und dem Mangel von nachfließendem Blut diese Studie eher als eine Laborstudie ansehen. Im lebenden Organismus kommt es z.B. durch Gerinnungsfaktoren im Speichel zum schnelleren Verschluß der verletzten Kapillaren.
Zwar wurde in dieser Studie eine annähernd realistische „Mundsimulation“ durchgeführt, aber „lebendige Faktoren“ wie Speichelfluß, Wangen-, Lippen- und Zungentonus, Schmerz- oder Abwehrreaktionen des Patienten bei der Präparation und der Abformung fehlten. Hinzu kommt, dass eine bessere Überschaubarkeit des Präpaparationsgebiets vorherrschte.
Unvorhersehbare Kautelen wie austretendes Sulcusexudat, Blutungen aus verletzten Gingiva oder die Zurückstellungen der Gingiva waren vergleichbar mit der des Menschen. Dies war durch den Umstand gesichert, dass ausschließlich frische, noch lebendwarme Rinderunterkiefersegmente verwendet wurden. Durch die Frische der Segmente war gewährleistet, dass die Gingiva noch bioaktive Zellen besaß und das Blut in den Gefäßen noch nicht geronnen war. Mit zunehmender Zeitdauer verringerten sich die bioaktiven Eigenschaften der Segmente, sie waren aber bis zum Schluss der Prüfung, wenn auch im geringeren Maße, noch vorhanden.
Erwartungsgemäß sind die Werte kleiner, als die bei den von *Blösser* [2000]*, Wöstmann, Dohle und Rettberg* [1994] angefertigten Studien ermitteln. Die Erklärung ist darin zu suchen, dass beim Versuchsaufbau eine idealere Umgebung zu finden war. Was ein wenig verwundert, ist, dass die Werte dieser Studie besser ausfielen, als die Ergebnisse einer Laborstudie, wie z.B. die von *Konarius* [1999]. Diese Studie fand unter einem idealerem Versuchsaufbau als

diese Studie statt. Bei allen Untersuchungen waren die Umgebungskautelen identisch. Und doch sind die Werte schlechter als in dieser Studie.

6.2. Diskussion der Ergebnisse in Abhängigkeit der Darstellung der Präparationsgrenze

Zu dieser Fragestellung liegen keine vergleichbaren Studien vor. Die erhobenen Werte zeigen keine klinisch relevante Abweichung voneinander. Das Qualitätsniveau ist bei beiden Verfahren als sehr gut einzustufen.
Die Mehrheit der Werte liegt im Qualitätsniveau, das von *Dreyer-Jørgensens* [1958] (72,5% beim Legen von Retraktionsfäden, 72,92% bei der Gingivektomie zur Sulcuseröffnung) gefordert wird. Ebenso überschreitet kein Randspalt die von *Marxkors* [1988] maximal tolerierte Größe von 200 µm.
Die Erwartung, dass die Gingivektomie dem Legen von Retraktionsfäden eindeutig überlegen ist, konnte nicht bestätigt werden. Die Vermutung war, dass es durch die Gingivektomie zur Koagulation der Gefäße bzw. zur Entfernung oder Verschließung der verletzten Gingivazellen kommt, so dass bei der Abformung ein trockenes Milieu vorherrscht. Aufgrund der hydrophilen Eigenschaften des Abformmaterials hätten dann bei der Gingivektomie bessere Ergebnisse gefunden werden müssen.
Die Gingivektomie ist immer ein traumatischerer Eingriff als das Legen von Retraktionsfäden. Hierbei wird das marginale Parodont insgesamt mehr geschädigt, als beim Verdrängen der Gingiva mittels Retraktionsfäden. Beim Patienten ist ersteres mit eindeutig mehr Schmerzen verbunden. Nach vollständiger Abheilung findet man bei beiden Verfahren wieder ein vollständig intaktes Parodont [*Yukna* 1976].
Welches Verfahren letztlich in der Praxis angewandt wird, liegt im Ermessen des Behandlers.

6.3. Diskussion der Ergebnisse in Abhängigkeit der Präparationsform

Eine Fragestellung dieser Studie war, wie sich die Präparationsform auf die Passung einer Prüfkrone auswirkt. Anhand der vorgestellten Ergebnisse kann keine Antwort gegeben werden, welche Präparationsform überlegen ist.

Alle relevanten Werte liegen derart dicht zusammen, dass ein Ranking schier unmöglich scheint. Ergebnisse, mit einer eher „akademisch“ größeren Streuung liefert die Präparation mit einem 120°-Sonderdiamanten. Die Präparation mit

den beiden anderen Sonderformen erlaubt Werte, die als gleichwertig gut zu bewerten sind. Die Abweichungen aller drei Verfahren besitzen auf Grund der geringen Abweichungen im Mikrometerbereich keine klinische Relevanz.

Alle Messwerte, die sich aus den drei unterschiedlichen Präparationsformen ergeben, bewegen sich im von *Marxkors* [1988] maximalen Toleranzbereich von 200 µm. Das Gros aller erhobenen Werte halten der Forderung von *Dreyer-Jørgensens* [1958] von 50 µm stand.

Haas, Wegschneider und *Bratschko*[1988] untersuchten in ihrer Studie, ob die Gestaltung des Präparationsrandes einen Einfluss auf die Randspaltbreite hat. Die Ergebnisse der vorangenannten Studie verneinte, ebenso wie diese Studie einen Zusammenhang.

6.4. Diskussion der Ergebnisse in Abhängigkeit der Abformmethode

In den Versuchsreihen wurden von den einzelnen Rinderunterkiefersegmenten Doppelmisch- bzw. Korrekturabformungen mit Imprint II™ genommen und miteinander verglichen.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen in der Tendenz, dass die Doppelmisch- der Korrekturabformung unterlegen ist. Auch hier besitzt die Abweichung der erhobenen Werte eher akademischen Charakter als klinische Relevanz.

In der Literatur werden diese zwei Abformmethoden unterschiedlich bewertet. *Dumfarth, Schäfer* [1987]*, Körber, Lehmann* und *Hartmann* [1978, 1982] zeigten in Ihren Studien, dass die Doppelmischabformungen die besseren Ergebnisse liefern. Andere Autoren, wie *Wöstmann, Dohle* und *Rettberg* [1994] oder *Konarius* [1998] erhalten bessere Resultate mit der Korrekturabformung.
Bei genauerer Betrachtung dieser Ergebnisse ist auffällig, dass den Studien ein unterschiedlicher Versuchsaufbau zugrunde lag.
Die Doppelmischabformung lieferte bei Laborversuchen bessere Ergebnisse, bei denen eine Nachahmung des klinisch relevanten gingivalen Raumes fehlte. In vivo oder in vitro Studien mit einer Simulation des umgebenden Parodonts zeigen, dass die Korrekturabformung bessere Ergebnisse liefert.
Diese scheinbaren Widersprüche lassen sich dadurch erklären, dass durch den vorherrschenden Staudruck, wie er bei der Korrekturabformung entsteht, das umgebende Gewebe/Milieu verdrängt wird und somit präzisere Abformungen liefert als bei der Doppelmischabformung.
Die kleinen Randspaltbreiten sind umso erstaunlicher, wenn man sich vor Augen hält, dass die Abformungen mit Imprint II™, einem A-Silikon, genommen

wurden. Zwar sind A-Silikone im trockenen Milieu hochpräzise, zeigen aber im feuchten Milieu (wie man bei der Versuchsdurchführung beobachten konnte, sickerte trotz mehrfacher Trocknung immer wieder Blut und Sulcusexuldat nach, kurzum die Abformung wurde nicht in einem trockenen Milieu durchgeführt) aufgrund ihres hydrophilen Charakters Schwächen [*Uhlig*, 1998]. Vielleicht liegt hierin auch die Begründung für die hohe Fehlerquote bei den Abformungen.
Betrachtet man neuere mit älteren vergleichenden Studien über die Genauigkeiten von A- und C-Silkonen im feuchten Milieu, so kann man feststellen, daß die Ergebnisse in neueren Studien kaum voneinander abweichen. Die A-Silikone werden ständig modifiziert. Selbst innerhalb eines Produkts werden ständig Verbesserungen eingebaut. Mit Sicherheit wurde in dieser Studie „besseres" Imprint™ II verwendet, als es beispielsweise Konarius verwendet hatte. Somit ist auch erklärbar, warum in dieser Studie bessere Ergebnisse erzielt wurden.
Zusammenfassend kann man sagen, dass der Großteil der Werte im geforderten Qualtätsniveau von *Dreyer-Jørgensens* [1958] liegen und kein Wert außerhalb von *Marxkors* [1988] postulierter Maximalgröße von 200 µm liegt.

6.5. Abschlussdiskussion

Ob eine Darstellung der Präparationsgrenze mittels Retraktionsfäden oder Gingivektomie in der täglichen Praxisroutine ihre Anwendung findet, wird jedem Behandler selbst überlassen sein. Jeder Behandler muss abwägen, ob er dem Patienten die mit der Gingivektomie verbundenen Wundprobleme zumuten möchte. Primär wird bei der Gingivektomie das Parodont mehr geschädigt, als bei der Darstellung mittels Retraktionsfäden. Nach Abheilung der Gingiva sind keinerlei Unterschiede [*Yukna* 1976] in Bezug auf die Intaktheit des Parodonts aufzufinden.
Bei der Abformmethode schneidet die Korrekturabformung besser ab. Die erhobenen Werte sind nur marginal besser als bei der Doppelmischabformung, besitzen im Grunde genommen keine gravierende klinische Relevanz.
Vergleicht man alle Ergebnisse miteinander, so ist die größte Varianz in den Ergebnissen in der Variable Abformmethode zu erkennen. Folgernd kann man feststellen, dass die Präparationsmethode und die Darstellung der Präparation weniger Einfluß auf das Ergebnis haben als die Abformmethode.
Obwohl die Doppelmischabformung schlechtere Ergebnisse liefert, diese aber den klinischen Anforderungen [*Dreyer-Jørgensens* 1958], [*Marxkors* 1988] entsprechen, kann man beruhigten Gewissens sagen, dass es im Obliegen des Behandlers liegt, welches Verfahren bei ihm in der Praxis seine Anwendung findet.
Ausschlaggebend für den Erhalt derart guter Resultate ist nicht nur ein Material oder ein Arbeitsgang bei der Prüfkronenherstellung, sondern die Summe der

einzelnen aufeinander abgestimmten Materialien bzw. Arbeitsgänge [siehe dazu auch *Schwickerath* [1976], *Einfeldt* [1969]]. Der zentrale und wichtigste Arbeitsschritt ist jedoch die Abformung bzw. das zentrale und somit wichtigste Material das Abformmaterial [*Wirz* 1992]. Was aus dieser Studie aber auch klar wird, ist, dass die gewonnenen Werte auf optimalen Abformungen basieren. Schaut man sich aber an, wie viele Abformungen angefertigt werden mussten, damit von jedem präparierten Zahnstumpf eine optimale Abformung vorlag, relativieren sich die Werte. Aus empirischen Erfahrungen lässt sich ableiten, dass überdurchschnittlich viele Abformungen angefertigt werden mussten, um gute bzw. optimale Abformungen zu erhalten. Da in der Studie nur ein Abformmaterial verwendet wurde, kann nur gemutmaßt werden, dass der hohe Ausschuss an unbrauchbaren Abformungen im Abformmaterial begründet ist. Vergleicht man die Doppelmischabformung mit der Korrekturabformung, so sieht man eine fast identische Ausschussrate. Es muss daher auch die Frage gestellt werden, ob die Ausschussrate bei der Doppelmischabformung mit einem anderen Material nicht höher gewesen wäre. Eine Begründung für die Ausschussrate kann aber auch in der hohen Anzahl der präparierten Zähne pro Kiefersegment liegen. Leider liegen keine Untersuchungen vor, ob die Misserfolge von Abformungen proportional zur Anzahl der präparierten Zahnstümpfe sind. Dies kann aus empirischen Erfahrungen in der täglichen Praxisroutine bestätigt werden.

Der Einfluss der Präparationsform scheint auch keinerlei Einfluss auf die Passgenauigkeit der Kronen zu haben. Auch hier sind die Unterschiede der erhobenen Messwerte nur als marginal zu bewerten.

In der Tendenz konnte gezeigt werden, dass mit den zur Verfügung stehenden Materialien, auch unter zumindest halbklinischen Bedingungen, exzellente Ergebnisse zu erzielen sind.

Wahrscheinlich ist ein weiterer Grund für die guten Ergebnisse darin zu suchen, dass die Studie von einem versierten Team durchgeführt wurde. Die Präparation und Abformung wurde von einem gut aufeinander abgestimmten Praxisteam, die Laborarbeit von einem auf den Zahnarzt mit Unterstützung eines „abgestimmten“ Praxiszahntechnikers durchgeführt, der wiederum das Verhalten der verwendeten Materialien seit Jahren kennt. Diese Reihe von „Abstimmungen und Vertrautheiten“ trägt mit Sicherheit ebenso zu dieser Präzision bei wie die Qualität der verwendeten Materialien.

Die Passgenauigkeiten von angefertigten festsitzenden prothetischen Rekonstruktionen wird somit einmal durch die Qualität der verwendeten Materialien bestimmt, als auch durch die Vermeidung von Fehlern, die aus der Arbeits- und Werkstoffkette resultieren können [Einfeld 1969].

Es ist daher eine unumgängliche Forderung, dass in der täglichen Praxis nur Materialien und Methoden nach standardisierten Verfahren ihre Anwendung finden, damit die resultierenden Arbeiten ein bestmögliches Ergebnis liefern.

7. Zusammenfassung

Wie in zahlreichen in vitro Studien gezeigt werden konnte, ist es heutzutage möglich, hochpräzise festsitzende Restaurationen anzufertigen, deren Randspalt unter 50 µm liegt [*Dreyer-Jørgensens* 1958]. Zahlreiche retrospektive in vivo Studien zeigen andere Ergebnisse (über 400 µm) [*Donat, Roth* 1987]. Es besteht teilweise erheblich Diskrepanz zwischen dem theoretisch Möglichen und dem in der täglichen Praxis klinischen Erreichten.

Bei dieser Studie handelt es sich um eine in vitro Studie, deren Aufbau so gewählt wurde, dass sie durchaus mit einer in vivo Studie vergleichbar ist.
Es wurden 10 Unterkiefersegmente von frisch geschlachteten, noch lebendwarmen Rindern verwendet. Ein Unterkiefersegment zeigt 8 Incisivi auf, von denen beidseits die 2., 3. und 4. Incisivi mit drei unterschiedlichen Sonderdiamanten beschliffen wurden. Jeweils bei einem Quadranten wurde der Sulcus mit Faden, bei der anderen Seite mit Gingivektomie eröffnet.
Von jedem Segment wurden mit Imprint II™ so viele Doppelmisch- bzw. Korrekturabformungen angefertigt, bis von jedem präparierten Zahnstumpf eine perfekte Abformung vorlag.
Die gewonnenen Abformungen waren Arbeitsgrundlage für die Herstellung von Prüfkronen.
Diese wurden auf den extrahierten präparierten Zahnstümpfen unter zu Hilfenahme eines Messmakroskops an acht Punkten vermessen.

Die Auswertung der so erhaltenen Werte zeigte kaum Varianzen in den erhaltenen Messergebnissen. Ein Ranking, welches Verfahren bessere Ergebnisse liefert, ist deshalb nicht oder nur sehr schlecht möglich.
Als einzige deutliche Tendenz lässt sich ableiten, dass die Randspalten, die aus der Doppelmischabformung resultieren, größere Werte liefern, als die aus der Korrekturabformung.

8. Literaturverzeichnis

1. Adolph, W.
   Untersuchungen über die Oberflächenbeschaffenheit nieder-, hoch- und höchsttourig bearbeiteter Kavitätenwände
   Dtsch. zahnärztl. Z 14, 949-951 [1959]

2. Bader, F., Setz, J
   Benetzbarkeit und Wiedergabegenauigkeit von Abformmassen
   Dtsch. zahnärztl. Z 46, 346-348 [1991]

3. Bader, F.
   Wiedergabegenauigkeit derzeit gebräuchlicher zahnärztlicher Abformmaterialien
   Med. Diss., Tübingen [1991]

4. Berger, H.-J., Marxkors, R., Meiners, H.
   Abformgenauigkeit bei ringlosen Abdrücken
   Dtsch. zahnärztl. Z 28, 1051-1054 [1973]

5. Biffar, R.
   Klinische Nachuntersuchungen von pulvermetallurgisch hergestelltem 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. Blösser, T.
   Die unterschiedliche Gestaltung der Präparationsgrenze und deren Einfluss auf die Randschlussgenauigkeit von hochgoldhaltigen Vollgussrestaurationen
   Med. Diss., Gießen [2000]

8. Biffar, R., Sassen, H.
   Einfluss der Präparationsform auf die Abformgenauigkeit
   Dtsch. zahnärztl. Z 38, 158 [1983]

9. Borchers, L. Filitz, J., Meyer, W.
Der Einfluss der Stumpfform und einiger Elastizitätskonstanten von Silikonmassen
Dtsch. zahnärztl. Z 39, 764–769 [1984]

10. Breustedt, A., Lenz, E.
Stomatologische Werkstoffkunde
Johann Ambrosius Barth Leipzig [1978]

11. Dankward, H., Heineberg
Grundlagenwissen: Prothetik V: Abformung und Abformmaterialien
Quintessenz J7, 615-616 [1985]

12. Demmel, H.-J.
Der Einfluss verschiedener Zementsorten auf den Randschluß passgenauer Kronen
Dtsch. zahnärtzl. Z 26, 700-705 [1971]

13. Döring, R.W.
Die Passgenauigkeit des Kronenrandes auf den Randschluß passgenauer Kronen
Med. Diss., Tübingen [1983]

14. Donath, K., Roth, K.
Histologisch-morphometrische Studie zur Bestimmung des zervikalen Randschlusses von Einzel- und Pfeilerkronen
Z. Stomatol. 84, 53-73 [1987]

15. Dreyer-Jorgensen, K.
Prüfergebnisse zahnärztlicher Gußverfahren
Dtsch. zahnärtzl. Z 13, 461-469 [1958]

16. Drummond, J.L., Randoph, R.G.
Comparison study of elastic impression material
J. Prosthet. Dent. 56, 188–192 [1986]

17. Dumfahrt, H., Schäffer, H.
Zum Dimensionsverhalten bei verschiedenen Abformverfahren mit gummielastischen Massen in der Inlay- , Kronen- und Brückentechnik.
Z. Stomatol. 84, 231-239 [1987]

18. Düsterhus, Th.
Untersuchungen über den zervikalen Randschluß von Gußkronen an extrahierten überkronten Zähnen
Med. Diss., Münster [1980]

19. Eichner, K.
Normal-, hoch- und höchsttouriges Bohren und Schleifen von Zahnhartsubstanzen
Hanser, München [1966]

20. Eichner, K.
Abdruck oder Abformung von präparierten Zähnen?
Dtsch. zahnärtzl. Z 27, 589–591 [1972]

21. Eichner, K.
Präparation und Drehzahl
Dtsch. zahnärtzl. Z 37, 422-424 [1982]

22. Eichner, K.
Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung, Band 1, Grundlagen und Verarbeitung
Hüthig, Heidelberg [1988]

23. Einfeldt, von H.
Passgenauigkeit gegossener Metallarbeiten
Dtsch. zahnärztl. Z 24, 1087–1093 [1969]

24. Erdmann, H.P.
Untersuchung über den marginalen Randschluß von Band- und Hülsenkronen an extrahierten überkronten Zähnen
Med. Diss., Münster [1972]

25. Faucher, R.R.,Nicholls, J.I.
Distortion related to margin design in porcelain-fused-to-metal restorations
J. Prosthet. Dent. 43, 149-151 [1980]

26. Fergal, F. N., Storrs, J.
Hypersensitivity to a dental impression material
Br. Dent. J 134, 244–246 [1973]

27. Finger, W., Lockowandt, P.
Abform- und Modellmaterial, eine funktionelle Einheit
Dtsch. zahnärztl. Z 27, 620-624 [1972]

28. Franz, G.
Möglichkeiten und Grenzen elastischer Abformmaterialien
Zahnärztl. Mitt. 65, 64–68 [1975]

29. Franz, G.
Über den günstigsten Zeitpunkt zur Weiterverarbeitung auf einem Hartgipsmodell
Dtsch. zahnärztl. Z 34, 694–697 [1979]

30. Franz, T.
Die elastische Rückstellung der Abformmassen und ihre Abhängigkeit von den Prüfungsbedingungen.
Dtsch. zahnärztl. Z 27, 604-609 [1972]

31. Freesmeyer, W.B., Freesmeyer, B.
Der festsitzende Zahnersatz – Ergebnis einer Umfrage
Zahnärztl. Welt 89, 52-62 [1980]

32. Fuchs, P., Wallner, M.
Abformmethoden und –materialien bei niedergelassenen Zahnärzten
Dtsch. zahnärztl. Z 27, 584-588 [1972]

33. Genadi, G. Welsh, S.L.
Evalution of a rubber-base impression material
J. Prosthet. Dent. 39, 95-99 [1978]

34. Gernet, W., Mitteldorf, J.
Untersuchungen über die Realisierbarkeit des supragingival gelegenen Kronenrandes
Dtsch. zahnärztl. Z 39, 761-765 [1984]

35. Geurtsen, W.
Der Kronen – und Füllungsrand
Dtsch. zahnärztl. Z 45, 380–386 [1990]

36. Gilde, H., Lenz, P., Richter, U.
Experimentelle und statistische Untersuchungen zur Präparationsmethodik
Dtsch. zahnärztl. Z 39, 798-803 [1984]

37. Haas, M., Wegschneider, W.A., Bratschko, R.O.
Der Randspalt von metall- und nichtmetallgetragenen Keramikkronen im Vergleich
Quintessenz 4, 625-633 [1988]

38. Harndt, R.
Kinemathographische Untersuchungen zum hochtourigen Bohren
Dtsch. zahnärztl. Z 39, 274 [1984]

39. Hoffmann – Axthelm, W.
Die Geschichte der Zahnheilkunde
Quintessenz, Berlin 1[1973]

40. Hofmann, G.R.
Der Kronenrand - eine Standortbestimmung
Stomatol. DDR 31, 523 [1981]

41. Hofmann, M.
Die Temperaturenentwicklung im Pulpenkavum und an der Schnittfläche bei der Präparation der Zahnhartsubstanz unter Verwendung der Turbine
Dtsch. zahnärztl. Z 16, 584-586 [1961]

42. Hofmann, M.
Der Korrekturabdruck (ein neues Abdruckverfahren für festsitzenden Zahnersatz)
Zahnärztl. Welt 66, 160-164 [1965]

43. Hofmann, M.
Abformung und Modell – Zielsetzung aus klinischer Sicht
Dtsch. zahnärztl. Z 27, 85-90 [1972]

44. 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]

45. Huber, H.P.
Die Einwirkung rotierender Instrumente auf die Präparationsgrenze von Kronenstümpfen
Dtsch. zahnärztl. Z 39, 795-797 [1984]

46. Ingraham, R., Sochat, P., Hansing, J. F.
Rotierende Gingiva-Kürrettage - Eine Methode zur Zahnpräparation und zur Behandlung des Gingivalsulcus vor der Abformung
J. Parodont. Zahnheilk. 1, 9-11 [1981]

47. Isidor, F., Karring, T., Nyman, S., Lindhe, J.
New attachment - reattachment following reconstructive peridontal surgery
J. Clin. Periodont 12, 728-732 [1985]

48. Jost, J.
Die Genauigkeit verschiedener Abformmaterialien auf Polyätherbasis in Abhängigkeit von Lagerungszeit der Abformung vor der Modellherstellung
M*ed. Diss., Marburg* [1986]

49. Karring, T., Isidor, F., Nyman, S., Lindhe, J.
New attachment formation on teeth with a reduced but healthy periodontium
J. Clin. Periodont 12, 51-53 [1985]

50. Kimmel, K.
Die zahnärztliche Präparationstechnik - Grundlagen – Situationsanalyse – Arbeitskonzept
Dtsch. zahnärztl. Z 36, 619 [1981]

51. Klötzer, W.T.
Die traumatische Schädigung der Pulpa bei der Überkronung
Dtsch. zahnärztl. Z 39, 791-802 [1984]

52. Knoblauch, M.
Erfahrungen mit der Doppelabdruckmethode (Korrekturabdruck)
Dtsch. zahnärztl. Z 21, 168-170 [1966]

53. Körber, E., Lehmann, K.
Vergleichende Untersuchungen bei Abdruckmaterialien für Kronen und Brücken
Dtsch. zahnärztl. Z 24, 791-797 [1966]

54. Koniaris, A.
Vergleich von derzeit gebräuchlichen Abformmaterialien und –techniken Mithilfe eines Sulcus-Fluid-Modells
Med. Diss., Gießen [1999]

55. Kopp, F.
Abdruckmethoden
In: Schärer, P., Strub, J., Belser, U. (Hrsg.): Schwerpunkte der modernen kronen- und brückenprothetischen Behandlung
Quintessenz, Berlin [1979]

56. Kuhner, S., Gausch, K., Favero, E.
Standardisierte Präparation der Verblendkrone für Unterricht und Praxis
Dtsch. zahnärztl. Z 39, 807-809 [1984]

57. Kulenkamp, D., Hausen, B. M., Schulz, K. H.
Berufliche Kontaktallergie durch neuartige Abdruckmaterialien in der zahnärztlichen Praxis (scutan und impregum)
Zahnärztl. Mitt. 66, 968-971 [1976]

58. Lacy, A.M., Bellmann, T., Fukui, H., Jendresen, Malcom, D.
Time-dependet accurary of elastomer impression materials
Part I: Condensation silicones
J. Prosthet. Dent. 45, 209-215 [1981]
Part II: Polyether, polysulfides and polyvinylsiloxane
J. Prosthet. Dent. 45, 329-333 [1981]

59. Lang, N.P.
Lokalisation der Präparationsgrenze im Hinblick auf die Prophylaxe von Karies- und Parodontalerkrankungen, Teil I und II Quintessenz
Zahnärztl. Lit. 30, 97-99 [1979]; 30, 103-109 [1979]

60. Langeland, K., Langeland, K.L.
Pulp reactions to crown preparations, impression, temporary crown fixation and permanent cementation
J. Prosthet. Dent. 15, 129 [1965]

61. Lehmann, K.M., Burgdorf, H.O.
Untersuchungen zu zweizeitigen Abformverfahren für Kronen und Brücken (Korrekturabdruck)
Zahnärztl. Welt 87, 430-433 [1978]

62. Lehmann, K.M.
Eine Umfrage: Welche Methoden werden in der zahnärztlichen Praxis für die Abformung von Kronen und Brücken angewandt ?
Zahnärztl. Mitt. 69, 602-612 [1979]

63. Lehmann, K.M., Hartmann, F.
Untersuchungen zur Genauigkeit von Doppelabformungen
Quintessenz 33, 985-987 [1982]

64. Lehmann, K.M., Krauth, G.
Der Randschluß von Gußkronen, hergestellt im propädeutischen Unterricht
Dtsch. zahnärztl. Z 750-752 [1984]

65. Lehmann, K.M.
Abformmaterialien, Abformmethoden und Modellherstellung für Kronen und Brücken
Zahnärztl. Welt 96, 914-917 [1987]

66. Lehner, C.R., Schärer, P.
Abformmaterialien in der Kronen- und Brücken-Prothetik
Schweiz. Monatsschr. Zahnmed. 101, 629-635 [1991]

67. Leo, D.
Form- und Wiedergabegenauigkeit sowie Fließverhalten und Formänderung, unter besonderer Berücksichtigung des Speichels
Med. Diss., Köln [1972]

68. Linke, S.
Untersuchungen von Kavitätenrändern, die mit Schleifkörpern bearbeitet wurden
In: Eichner, K. (Hrsg.): Normal-, hoch- und höchsttouriges Bohren und Schleifen von Zahnhartsubstanzen
Hanser, München [1966]

69. Löe, H.
Reactions of marginal periodontal tissues to restorative procedures
Int. Dent. J 18, 759-766 [1968]

70. Lutterberg, B., Stiefel, A.
Rauhtiefenmessung und Rasterelektronenmikroskopie an Kavitätenwänden
Dtsch. Zahn-, Mund-, Kieferheilk. 67, 137-140 [1979]

71. Marxkors, R.
Korrekturabdruck und Doppelmischverfahren (Methoden zur Abformung präparierter Zähne).
Quintessenz 18, 51-59 [1967]

72. Marxkors, R.
Das Beschleifen von Zähnen zur Aufnahme von Gußkronen
Zahnärztl. Welt/Zahnärztl. Rdsch. 81, 1063-1065 [1972]

73. Marxkors, R.
Der Randschluss der Gusskronen
Dtsch. zahnärztl. Z 35, 913–915 [1980]

74. Marxkors, R., Meiners, H.
Taschenbuch der zahnärztlichen Werkstoffkunde
Carl Hanser, München [1982]

75. Marxkors, R.
Abformfehler und deren Vermeidung
Zahnärztl. Welt 94, 466-473 [1985]

76. Marxkors, R.
Kriterien für die zahnärztliche Prothetik, in: Studienbuch des Projektes Qualitätssicherung in der Zahnmedizin
Definitionsphase, Würzburg [1988]

77. Marxkors, R.
Funktioneller Zahnersatz
Karl Hanser Verlag, München, Wien [1988]

78. Marxkors, R.
Lehrbuch der zahnärztlichen Prothetik
Carl Hanser, München [1991]

79. McCabe, J.F., Wilson, H.J.
Addition curing silicone rubber impression materials
Br. Dent. J 145, 17-20 [1978]

80. McCabe, J.F., Storer, R.
Elastic impression materials
Br Dent. J 149, 73-79 [1978]

81. Meiners, H.
Abformgenauigkeit mit elastomeren Abformmaterialien
Theoretische und experimentelle Untersuchungen
Carl Hanser München [1977]

82. Meiners, H.
Eigenschaften und Genauigkeit von elastomeren Abformmaterialien
(Polysulfide, Silikone, Polyäther)
Zahnärztl. Welt 87, 426-430 [1978]

83. Meiners, H.
Der richtige Umgang mit elastomeren Abformmaterialien
Zahnärztl. Mitt. 70, 480–485 [1980]

84. Meiners, H.
Prophylaxe und Werkstoffkunde
Zahnärztl. Welt 94, 792-798 [1985]

84. Meiners, H., Marxkors, R., Wronska-Golda, M.
Ungenauigkeiten bei der Abformung kantiger Gegenstände
Dtsch. zahnärztl. Z. 35, 917-919 [1980]

85. Moscow, B. S.
The response of the gingival sulcus to instrumentation: A histological investigation
J.Periodent 35, 112-126 [1964]

86. 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]

87. Nentwig, G.H., Eifinger, F.F.
Beitrag zur systematischen Kronenpräparation, Teil I und II Quintesssenz
Zahnärztl. Lit. 2, 227-229 [1981]; 3, 447-451 [1981]

88. Nyman, S., Gottlow, H., Karring, T., Lindhe, J.
The regenerative Potential of the periodontal ligament. An experimental study in monkey.
J. Clin. Periodont 9, 257-261 [1980]

89. Pameijer, J. H. N., Westermann, W.
Von der erreichbaren Genauigkeit festsitzender Restaurationen
Zahnärztl. Welt 91, 46-49 [1982]

90. Pantke, H.
Vergleichende Untersuchung der Oberflächenstruktur von mit Diamantschleifkörpern
bearbeiteten Kavitätenwände
Zahnärztl. Welt 64, 526-529 [1963]

91. Pfeifer, P.
Werkstoffliche Erkenntnisse über elastomere Abformmaterialien und ihre Bedeutung für die routinemäßige Abformung
Zahnärtl. Welt 97, 224-234 [1988], 322-340 [1988]

92. Plischka, G., Dimeg, K.
Untersuchungen über die optimale Korngröße bei Diamantschleifkörpern in der Zahnheilkunde
Dtsch. zahnärztl. Z 39, 212-216 [1968]

93. Plischka, G., Riml, W.
Probleme der hochtourigen Schleiftechnik in der Praxis
Quintess. zahnärztl. Lit. 33, Ref. Nr. 6342 [1982]

94. Rasche, K.R.
Der Sandwichabdruck
Zahnärzt. Welt 87, 481-482 [1978]

95. Rehberg, R.H.
Der Kronenrand. Exakter Randschluß, was ist das?
Dtsch. zahnärztl. Z 26, 696-699 [1971]

96. Rehberg, H. J.
Die Quintessenz der zahnärztlichen Abformhilfsmittel
Quintessenz, Berlin [1978]

97. Reuther, A.
Umfang und Lokalisation des Substanzverlustes bei der Stumpfpräparation mit definierter Präparationsgrenze unter Anwendung der Spezialdiamanten nach Marxkors
Stomatol. DDR 30, 798 [1980]

98. Rommel, P.
Vitale Molarenstümpfe, die für Kronen keine Retentionsmöglichkeit mehr bieten.
Quintess. zahnärztl. Lit. 32, Ref. Nr. 6177 [1981]

99. Rosen, M. Touyl, 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]

100. Sassen, H.
Paßgenauigkeiten von Kronen bei definierter Präparationsgrenze
Dtsch. zahnärztl. Z 33, 726-732 [1978]

101. Sassen, H.
Klinische und labortechnische Problematik subgingivaler Präparationsgrenzen
Dtsch. zahnärztl. Z 36, 254-256 [1981]

102. Scheutzel, P.
Zur klinischen Beurteilbarkeit der marginalen Passgenauigkeit von Kronen im Approximalraum mittels Sonde und Röntgenbild
Abstraktband der 44. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Zahnärtzliche Prothetik und Werkstoffkunde e.V., Rostock [1995]

103. Schrader, U., Kordaß, B.
Nachuntersuchung zur Passgenauigkeit von Kronen, die im Phantomkopf unter praxisnahen Bedingungen hergestellt wurden
Zahnärztl. Welt 99, 84-86 [1990]

104. Schulz, H.H., Schwickerath, H.
Die Abformung in der Zahnheilkunde
Deutscher Ärzte Verlag [1989]

105. Schwickerath, H.
Zur Form- und Wiedergabegenauigkeit von elastomeren Abformmaterialien
Dtsch. zahnärztl. Z 27, 616-619 [1972]

106. Schwickerath, H.
Das Formverhalten von Abformmaterialien im Versuch und in der Praxis
Dtsch. zahnärztl. Z 31, 680-684 [1976]

107. Schwickerath, H.
Randspalt und Löslichkeit
Dtsch. zahnärztl. Z 34, 664-668 [1979]

108. Schwindling, R
Über das chemisch-physikalische Verhalten der Alginatabdruckmaterialien bei Verwendung verschiedener Modellwerkstoffe
Dtsch. zahnärztl. Z 9, 1200-1201 [1954]

109. Schwindling, R.
Die Abformung mit silikonhaltigen Abformmassen
Dtsch. zahnärztl. Z 21, 930-936 [1966]

110. Schwindling, R.
Rationelle Maßnahmen beim Doppelabdruckverfahren
Zahnärztl. Welt 80, 911-913 [1971]

111. Spiekermann, H.
Zur marginalen Passform von Kronen und Brücken
Dtsch. zahnärztl. Z 41, 1015-1019 [1986]

112. Stachniss, V., Kolbow, G.
Fehler bei der Korrekturabformung und ihre Vermeidung
Dtsch. zahnärztl. Z 32, 934-936 [1977]

113. Staehle, G.
Eine rationelle Methode zur Abformung von Kronenstümpfen bei gleichzeitiger provisorischer Stumpfversorgung
Dtsch. zahnärztl. Z 21, 341-347 [1967]

114. Stahl, E.
Präzise Abdrücke nach dem Doppelabdruckverfahren speziell für stufenlose Präparationen und Herstellung exakter Modelle für indirekte Kronen-, Brücken- und Inlayarbeiten
Dtsch. zahnärztl. Z 10, 46-52 [1956]

115. Ugrinovic, M.
Zur Verbesserung der Methodik des Korrekturabdruckverfahrens nach Hofmann
Quintessenz 44, 219-231 [1993]

116. Uhlig, C.
Entwicklung eines Sulcusfluid-Flow-Modells zum Vergleich von Abformmaterialien und –techniken unter standardisierten Bedingungen
Med. Diss., Münster [1998]

117. Vidohl, J.
Berwertung der Werkstoffkunde für Stumpfabformungen
Zahnärtl. Mitt. 8, 476-479 [1980]

118. Viohl, J.
Abformwerkstoffe
In: Eichner, K. (Hrsg.): Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung
Hütig, Heidelberg [1981]

119. Voss, R.
Grundlagen des Behandlungserfolges bei Kronen und Brücken
Zahnärztl. Welt 78, 397 [1969]

120. Waerhaug, J., Zander, H. A.
Reactions of gingival tissues ti selfcuring acrylic restorations
J. Am. Den. Ass. 54, 760-765 [1957]

121. Wegmann, U.
Eine vergleichende Untersuchung zur Oberflächenqualität präparierter Zähne
Med. Diss., Bonn [1982]

122. Wegmann, U.
Zur Qualität beschliffener Schmelzflächen und der Präparationsgrenzen
Dtsch. zahnärztl. Z 40, 472-473 [1985]

123. Welker, D., Mehner, M.
Additionsvernetzende Silikone-Abformwerkstoffe
Stomatol. DDR 29, 391-400 [1979]

124. Wichmann, M., Borchers, L., Limmroth, L.
Bestimmung der Abformgenauigkeit verschiedener Elastomere mit Hilfe einer 3-D-Koordinatenmeßmaschine (Teil 1)
Dtsch. zahnärztl. Z 45, 499-502 [1990]

125. Wichmann, M., Borchers, L.
Bestimmung der Abformgenauigkeit verschiedener Elastomere mit Hilfe einer 3-D-Koordinatenmeßmaschine (Teil 2)
Dtsch. zahnärztl. Z 47, 88-91 [1992]

126. Williams, P., Jackson, G.D., Bermann, W.
An evalution of the time-dependet dimensional stability of eleven elastomerie impressions materials
J. Prosthet. Dent. 52, 120-125 [1984]

127. Wilson, R.D., Maynard, G.
Intrasulculäre restaurative Zahnheilkunde
J. *Parodont. Rest. Zahnheilkd.* 1, 4, 35 [1981]

128. Windecker, D., Ohle, K.
Einfluß des Herstellungsverfahrens auf den Randschluß von Metallkronen
Dtsch. zahnärztl. Z 26, 706-715 [1971]

129. Wirz, J., Schmidli, F.
Moderne Elastomere – Wichtige physikalische Eigenschaften,
Teil I: Material und Methoden, Rheogramme
Quintessenz 40, 959-967 [1989]
Teil II: Elastische Rückstellung und Volumenverhalten
Quintessenz 40, 1151-1156 [1989]

130. Wirz, J., Schmidli, F.
Modellmaterial Gips Teil I : Materialien und Prüfmethoden
Quintessenz 45, 85-91 [1994]

131. Wöstmann, B.
Zum derzeitigen Stand der Abformung in der Zahnheilkunde
Habil., Münster 1992

132. Wöstmann, B., Dohle, A., Rettberg, S.
Zur Frage der in vivo erreichbaren Abformgenauigkeit
Dtsch. zahnärztl. Z 49, 679–682 [1994]

133. Wöstmann, B.
Wie genau lassen sich präparierte Zähne am Patienten abformen?
Zahnärztl. Welt 105, 247-250 [1996]

134. Wöstmann, B., Hufnagel, A.
Vergleich verschiedener Methoden zur Bestimmung der Randschlussgenauigkeit in vivo
Dtsch. zahnärztl. Z 52, 272–274 [1997]

135. Yukna, R.A.
A clinical an histologic study of healing following the excisional new attachment procedure in rhesus monkeys
J. Periodont 47, 701-705 [1976]

136. Zach, L., Cohen, G.
Pulp response to externally applied heat
Oral Surg. 19, 515-520 [1965]

137. Zettel, R.
Die Passgenauigkeit von Gusskörpern in Abhängigkeit von Abformung und Modell: Ein Beitrag zum Präzisionsguss
Med. Diss., Marburg [1987]

10. Auswertungstabellen

	Gesamte Messwerte	Darstellen der Präparations-grenze mit Gingivektomie	Darstellen der Präparations-grenze mit Faden
0 - 50µm	697 Messwerte 72,60%	350 Messwerte 72,92%	348 Messwerte 72,50%
51-100µm	234 Messwerte 24,38%	120 Messwerte 25,00%	113 Messwerte 23,54%
101-150µm	19 Messwerte 1,98%	7 Messwerte 1,46%	12 Messwerte 2,50%
151-200µm	10 Messwerte 1,04%	3 Messwerte 0,63%	7 Messwerte 1,46%

Tab.1: Absolute Häufigkeit der Messwerte pro Messintervall

Tab. 2: relevante Messwerte für die Box-plotdarstellung in Abhängigkeit der Darstellung der Präparationsgrenze

	Faden	Gingivektomie
25%	20µm	22µm
10%	7µm	11µm
90%	72µm	69µm
75%	53µm	52µm
Minimum	0µm	0µm
Maximum	181µm	200µm
Median	33µm	34µm

	75° Sonderdiamant	120° Sonderdiamant	150° Sonderdiamant
25%	20µm	23µm	20µm
10%	8µm	10µm	5µm
90%	67µm	77µm	70µm
75%	52µm	55µm	50µm
Minimum	0µm	0µm	0µm
Maximum	144µm	200µm	193µm
Median	33µm	37µm	32µm

Tab. 3: relevante Messwerte für die Boxplotdar-stellung in Abhäng-igkeit der Präpara-tionsform

	1. Messst.	2. Messst.	3. Messst.	5. Messst.	6. Messst.	7. Messst.	8. Messst.
Ø 75° Sonderdiamant	33,375µm	39,350µm	38,650µm	35,500µm	39,775µm	32,250µm	38,575µm
Ø 120° Sonderdiamant	40,200µm	40,050µm	35,175µm	44,025µm	47,575µm	50,575µm	46,675µm
Ø 150° Sonderdiamant	40,400µm	37,500µm	41,775µm	33,475µm	36,650µm	30,850µm	41,250µm

Tab. 4: Durchschnittswerte der Messstellen in Abhängigkeit der Präparationsform

9. Messwerttabelle

Die nachstehende Tabelle zeigt eine Übersicht der erhobenen Werte.

Kronen-Nr.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
1321104	30	40	31	19	0	47	22	0
1321110	56	32	69	23	10	61	30	42
1321201	11	26	28	23	11	37	18	66
1321207	17	33	70	33	31	42	33	35
1322106	21	26	11	0	66	58	14	21
1322203	11	12	12	21	16	0	12	24
1322209	2	22	53	38	54	96	56	60
1323102	27	38	23	37	20	33	60	42
1323108	52	31	53	74	32	12	24	52
1323205	0	0	5	19	45	0	28	42
1331102	11	27	25	31	42	11	12	26
1331108	0	45	28	23	21	0	11	26
1331205	53	26	22	49	13	99	89	56
1332104	14	37	12	48	47	0	0	34
1332110	43	57	50	30	7	33	0	31
1332201	7	3	23	7	19	38	16	8
1332207	17	21	12	23	27	41	50	11
1333106	52	11	28	28	60	58	41	28
1333203	15	24	23	43	43	49	0	0
1333209	57	30	33	41	37	36	36	32
1341106	44	48	54	11	21	0	35	57
1341203	30	21	32	36	44	0	55	54
1341209	51	44	50	78	31	46	23	31
1342102	26	30	15	22	30	31	56	35
1342108	12	95	144	27	18	24	22	21
1342205	15	15	45	20	78	34	33	12
1343104	40	13	52	0	56	30	16	31
1343110	35	89	77	31	34	49	63	61
1343201	0	22	21	28	31	34	41	37
1343207	25	3	15	32	25	57	29	26
1421101	193	135	126	50	52	36	32	19
1421107	57	66	46	35	31	83	0	23
1421204	27	53	41	68	27	5	18	0
1421210	57	17	0	46	0	32	36	64
1422103	30	30	21	43	39	16	0	47
1422109	62	78	36	57	61	52	38	69
1422206	33	23	30	31	29	34	20	0
1423105	65	38	53	14	21	40	81	77
1423202	11	14	8	39	39	21	27	42
1423208	55	7	22	55	41	49	63	55
1431105	34	37	12	22	45	57	50	57
1431202	40	21	0	0	12	13	16	24
1431208	60	0	0	5	3	72	0	10
1432101	0	24	20	21	25	28	41	32

Kronen-Nr.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
1432107	0	0	0	11	21	25	30	12
1432210	37	75	60	25	24	62	10	12
1433103	47	26	0	12	30	34	26	30
1433109	47	19	34	24	0	24	58	64
1433206	26	23	11	0	42	31	30	21
1441103	0	15	23	105	31	12	16	16
1441109	44	55	158	35	26	79	29	124
1441206	0	16	3	30	80	41	27	40
1442105	34	28	0	12	43	52	21	17
1442202	20	57	21	25	8	42	21	21
1442208	17	18	27	45	35	0	0	65
1443101	9	31	0	30	0	42	47	83
1443107	41	56	79	40	38	52	25	17
1443204	23	26	30	72	40	40	79	116
1443210	23	12	23	0	41	33	34	21
2321104	32	25	37	23	87	58	32	33
2321110	34	6	45	33	13	43	31	80
2321201	55	64	41	54	90	67	16	50
2321207	27	56	24	72	46	35	20	42
2322106	20	11	43	53	31	65	52	61
2322203	60	36	0	34	12	28	25	31
2322209	42	40	65	52	32	69	72	42
2323102	51	41	0	28	20	39	27	44
2323108	69	32	34	77	0	72	46	54
2323205	62	41	40	12	10	22	58	37
2331102	24	78	44	40	34	41	27	54
2331108	0	24	44	59	47	0	32	35
2331205	20	44	126	96	97	46	42	110
2332104	40	28	0	21	35	35	34	28
2332110	69	25	91	44	34	74	77	46
2332201	11	18	33	19	28	0	0	28
2332207	92	95	62	41	24	71	44	37
2333106	19	44	65	0	41	42	37	35
2333203	26	112	41	21	41	26	39	8
2333209	47	42	14	2	60	62	26	33
2341106	0	14	42	22	41	64	4	56
2341203	51	32	38	30	46	39	53	66
2341209	51	61	75	0	32	11	57	0
2342102	7	11	15	21	46	49	0	17
2342108	36	28	40	43	52	39	61	35
2342205	11	65	49	61	34	11	29	10
2343104	46	69	57	52	48	81	58	26
2343110	65	44	27	49	60	39	98	92
2343201	47	37	102	74	59	7	34	0
2343207	85	120	70	98	155	156	152	91
2421101	39	28	25	32	26	19	23	8
2421107	43	6	23	14	0	55	32	36
2421204	29	36	26	32	7	31	30	53
2421210	92	43	23	46	27	12	0	15
2422103	0	7	11	28	51	57	24	52
2422109	49	51	128	88	53	59	43	80

Kronen-Nr.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
2422206	83	63	61	49	81	62	26	55
2423202	37	11	17	14	0	0	0	40
2423208	53	19	56	49	25	68	156	163
2431105	63	24	30	52	71	81	93	97
2431202	42	52	38	46	30	14	0	8
2431208	109	70	100	62	0	11	15	73
2432101	64	66	60	23	56	45	79	72
2432107	35	23	40	60	0	39	23	26
2432204	68	45	68	53	38	67	60	49
2432210	97	95	49	78	26	33	33	70
2433103	64	26	35	5	57	59	88	35
2433109	53	0	25	43	16	24	16	36
2433206	72	46	24	68	47	109	53	56
2441103	0	18	21	28	7	19	95	24
2441109	45	28	26	45	67	28	46	15
2441206	45	34	25	33	40	19	34	25
2442105	31	64	52	44	20	46	11	85
2442202	28	40	0	35	57	30	53	62
2442208	45	57	48	58	26	29	72	19
2443101	12	33	28	37	66	25	28	18
2443107	45	200	77	45	113	59	23	11
2443204	31	127	81	11	142	179	181	112
2443210	58	15	20	22	60	31	60	32

Legende:

Anzahl der Messstellen N = 960
Anzahl der Prüfkronen N = 120
Anzahl der Messstellen abhängig von der Darstellung der Präparationsgrenze N = 480
Anzahl der Messstellen abhängig von der Abformungsart N = 480
Anzahl der Messstellen abhängig von der Präparationsform N = 320
Größenangabe in µm

Tab. 5: relevante Messwerte für die Boxplotdarstellung in Abhängigkeit der Präparationsform und der Darstellung der Präparationsgrenze

	75gi	75fa	120gi	120fa	150gi	150fa
25%	21µm	19µm	26µm	21µm	21µm	18µm
10%	7µm	10µm	12µm	7µm	7µm	3µm
90%	65µm	68µm	72µm	91µm	69µm	70µm
75%	51µm	54µm	56µm	55µm	47µm	51µm
Minimum	0µm	0µm	0µm	0µm	0µm	0µm
Maximum	144µm	106µm	200µm	181µm	193µm	126µm
Median	33,5µm	33µm	38µm	34µm	32µm	33µm

	75dofa	75kofa	75dogi	75kogi	120dofa	120kofa	120dogi	120kogi	150dofa	150kofa	150dogi	150kogi
25%	28µm	12µm	24µm	15µm	22µm	21µm	26µm	24µm	25µm	13µm	23µm	19µm
10%	11µm	7µm	11µm	0µm	10µm	0µm	12µm	12µm	11µm	0µm	6µm	10µm
90%	72µm	57µm	72µm	57µm	127µm	55µm	77µm	64µm	75µm	64µm	67µm	69µm
75%	62µm	38µm	56µm	41µm	70µm	41µm	59µm	52µm	54µm	46µm	45µm	50µm
Minium	0µm	0µm	0µm	0µm	0µm	0µm	0µm	0µm	0µm	0µm	0µm	0µm
Maximum	97µm	106µm	128µm	144µm	181µm	116µm	200µm	89µm	126µm	99µm	97µm	193µm
Median	43µm	23µm	41,5µm	27,5µm	44µm	29,5µm	41,5µm	34,5µm	39,5µm	30,5µm	32µm	31µm

Tab. 6: relevante Messwerte für die Boxplotdarstellung in Abhängigkeit der Präparationsform, Abformungsart und der Darstellung der Präparationsgrenze

Tab. 7: relevante Messwerte für die Boxplotdarstellung in Abhängigkeit der Abformmethode

	Korrekturabfomung	Doppelmischabformung
25%	17µm	25µm
10%	3µm	11µm
90%	60µm	80µm
75%	45µm	59µm
Minimum	0µm	0µm
Maximum	193µm	200µm
Median	30µm	40µm

	1. Messst.	2. Messst.	3. Messst.	4. Messst.	5. Messst.	6. Messst.	7. Messst.	8. Messst.
Ø Korrekturabformung	31,8667µm	32,9333µm	33,9833µm	30,8667µm	31,5000µm	36,3333µm	30,5333µm	38,0833µm
Ø Doppelabformung	44,1167µm	45,0000µm	43,0833µm	41,2500µm	43,8333µm	46,3333µm	45,2500µm	46,2500µm

Tab. 8: Durchschnittswerte an den Messstellen in Abhängigkeit der Abformungsart

10. Auswertungstabellen

	Gesamte Messwerte	Darstellen der Präparations-grenze mit Gingivektomie	Darstellen der Präparations-grenze mit Faden
0 - 50µm	697 Messwerte 72,60%	350 Messwerte 72,92%	348 Messwerte 72,50%
51-100µm	234 Messwerte 24,38%	120 Messwerte 25,00%	113 Messwerte 23,54%
101-150µm	19 Messwerte 1,98%	7 Messwerte 1,46%	12 Messwerte 2,50%
151-200µm	10 Messwerte 1,04%	3 Messwerte 0,63%	7 Messwerte 1,46%

Tab.1: Absolute Häufigkeit der Messwerte pro Messintervall

Tab. 2: relevante Messwerte für die Box-plotdarstellung in Abhängigkeit der Darstellung der Präparationsgrenze

	Faden	Gingivektomie
25%	20µm	22µm
10%	7µm	11µm
90%	72µm	69µm
75%	53µm	52µm
Minimum	0µm	0µm
Maximum	181µm	200µm
Median	33µm	34µm

	75° Sonderdiamant	120° Sonderdiamant	150° Sonderdiamant
25%	20µm	23µm	20µm
10%	8µm	10µm	5µm
90%	67µm	77µm	70µm
75%	52µm	55µm	50µm
Minimum	0µm	0µm	0µm
Maximum	144µm	200µm	193µm
Median	33µm	37µm	32µm

Tab. 3: relevante Messwerte für die Boxplotdar-stellung in Abhäng-igkeit der Präpara-tionsform

	1. Messst.	2. Messst.	3. Messst.	5. Messst.	6. Messst.	7. Messst.	8. Messst.
Ø 75° Sonderdiamant	33,375µm	39,350µm	38,650µm	35,500µm	39,775µm	32,250µm	38,575µm
Ø 120° Sonderdiamant	40,200µm	40,050µm	35,175µm	44,025µm	47,575µm	50,575µm	46,675µm
Ø 150° Sonderdiamant	40,400µm	37,500µm	41,775µm	33,475µm	36,650µm	30,850µm	41,250µm

Tab. 4: Durchschnittswerte der Messstellen in Abhängigkeit der Präparationsform

Tab. 9: relevante Messwerte für die Boxplotdarstellung in Abhängigkeit der Abformungsart und Darstellung der Präparationsgrenze

	kogi	kofa	dogi	dofa
15%	21µm	15µm	24µm	26µm
10%	9µm	3µm	11µm	11µm
90%	63µm	57µm	72µm	92µm
75%	48µm	41µm	54µm	62µm
Minimum	0µm	0µm	0µm	0µm
Maximum	193µm	116µm	200µm	181µm
Median	31µm	27µm	38µm	42µm

11. Erfassung fehlerhafter Abformungen

Segmentnummer: 1 Datum: 19.09. 2000

Abform-methode/ -material	Angabe Code-schlüssel Zahn	Fehlercode	Lokalisation des Fehlers	unbrauchbar
2/I	332201	5	Präparationsgrenze	x
2/II	421101	5	Präparationsgrenze	x
	432101	5	Präparationsgrenze	x

Zahlenschlüssel:

1. Abformmethode Korrekturabformung
2. Abformmethode Doppelmischabformung
3. Abformung verzogen
4. Präparationsgrenze in der Abformung nicht erkennbar
5. Blasen in der Abformung
6. Abschilferungen in der Abformung

Segmentnummer: 2 Datum: 19.09. 2000

Abform-methode/ -material	Angabe Code-schlüssel Zahn	Fehlercode	Lokalisation des Fehlers	unbrauchbar
1/I	423202	5	circuläre Präparationsgrenze	x
	431202	5	mesiale Präparationsgrenze	x
2/I	331102	5	mesiale Präparationsgrenze	x
	323102	4	linguale Präparationsgrenze	x
	342102	4	linguale Präparationsgrenze	x
	423202	4	mesiale Präparationsgrenze	x
	442202	4	mesiale Präparationsgrenze	x
1/II	423202	5	mesial oberhalb Präparationsgrenze	
2/II	442202	4	distale Präparationsgrenze	x
	342102	4	distale Präparationsgrenze	x
	331102	4	mesiale Präparationsgrenze	x
2/III	423202	4	mesiale Präparationsgrenze	x

Zahlenschlüssel:

1. Abformmethode Korrekturabformung
2. Abformmethode Doppelmischabformung
3. Abformung verzogen
4. Präparationsgrenze in der Abformung nicht erkennbar
5. Blasen in der Abformung
6. Abschilferungen in der Abformung

Segmentnummer: 3 Datum: 21.09. 2000

Abform-methode/ -material	Angabe Code-schlüssel Zahn	Fehlercode	Lokalisation des Fehlers	unbrauchbar
kein Fehler				

Zahlenschlüssel:

1. Abformmethode Korrekturabformung
2. Abformmethode Doppelmischabformung
3. Abformung verzogen
4. Präparationsgrenze in der Abformung nicht erkennbar
5. Blasen in der Abformung
6. Abschilferungen in der Abformung

Segmentnummer: 4 Datum: 21.09. 2000

Abform-methode/ -material	Angabe Code-schlüssel Zahn	Fehlercode	Lokalisation des Fehlers	unbrauchbar
1/I	432204	4	distale Präparationsgrenze	x
	332104	6	mittig distale Wand	
	343104	4	linguale Präparationsgrenze	x
2/I	432204	4	mesiale Präpartionsgrenze	x
1/II	343104	5,6	gesamter Zahn	
	332104	5	mittig distale Wand	
2/II	443204	5	mesiale Präparationsgrenze	x

Zahlenschlüssel:

1. Abformmethode Korrekturabformung
2. Abformmethode Doppelmischabformung
3. Abformung verzogen
4. Präparationsgrenze in der Abformung nicht erkennbar
5. Blasen in der Abformung
6. Abschilferungen in der Abformung

Segmentnummer: 5 Datum: 26.09. 2000

Abform-methode/ -material	Angabe Code-schlüssel Zahn	Fehlercode	Lokalisation des Fehlers	unbrauchbar
1/I	331205	5	distale Präparationsgrenze	x
	342205	4	mesiale Präparationsgrenze	x
2/I	331205	4	buccale Präparationsgrenze	x
	342205	4	distale Präparationsgrenze	x
1/II	331205	4	distale Präparationsgrenze	x
	342205	4	distale Präparationsgrenze	x
2/II	442105	4	distale Präparationsgrenze	x

Zahlenschlüssel:

1. Abformmethode Korrekturabformung
2. Abformmethode Doppelmischabformung
3. Abformung verzogen
4. Präparationsgrenze in der Abformung nicht erkennbar
5. Blasen in der Abformung
6. Abschilferungen in der Abformung

Segmentnummer: 6 Datum: 26.09. 2000

Abform-methode/ -material	Angabe Code-schlüssel Zahn	Fehlercode	Lokalisation des Fehlers	unbrauchbar
1/I	422206	5	gesamte Präperationsgrenze	x
	433206	5	oberhalb mesiale Präparationsgrenze	
2/I	441206	4	distale Präparationsgrenze	x
	433206	4	mesiale Präparationsgrenze	x
	422206	4	linguale Präparationsgrenze	x
	341106	4	buccale Präparationsgrenze	x
1/II	341106	5	mittig distale Wand	x
2/II	341106	4	distale Präparationsgrenze	x
	422206	4	distale Präparationsgrenze	x
	433206	4	distale Präparationsgrenze	x
	441206	4	distale Präparationsgrenze	x

Zahlenschlüssel:

1. Abformmethode Korrekturabformung
2. Abformmethode Doppelmischabformung
3. Abformung verzogen
4. Präparationsgrenze in der Abformung nicht erkennbar
5. Blasen in der Abformung
6. Abschilferungen in der Abformung

Segmentnummer: 7 Datum: 28.09. 2000

Abform-methode/ -material	Angabe Code-schlüssel Zahn	Fehlercode	Lokalisation des Fehlers	unbrauchbar
2/I	343207	4	linguale Präparationsgrenze	x
	332207	4	distale Präparationsgrenze	x
	321207	4	distale Präparationsgrenze	x
	421107	5	oberhalb mesiale Präparationsgrenze	
2/II	343207	4	mesiale Präparationsgrenze	x
	332207	4	mesiale Präparationsgrenze	x
	321207	4	distale Präparationsgrenze	x

Zahlenschlüssel:

1. Abformmethode Korrekturabformung
2. Abformmethode Doppelmischabformung
3. Abformung verzogen
4. Präparationsgrenze in der Abformung nicht erkennbar
5. Blasen in der Abformung
6. Abschilferungen in der Abformung

Segmentnummer: 8 Datum: 28.09. 2000

Abform-methode/ -material	Angabe Code-schlüssel Zahn	Fehlercode	Lokalisation des Fehlers	unbrauchbar
1/I	442208	5	gesamte Präparation	x
	431208	5	gesamte Präparation	x
	423208	5	gesamte Präparation	x
	323108	5	gesamte Präparation	x
	331108	5	gesamte Präparation	x
	342108	5	gesamte Präparation	x
2/I	423208	4	distale Präparationsgrenze	x
	431208	4	mesiale Präparationsgrenze	x
	442208	4	mesiale Präparationsgrenze	x
1/II	342108	5	Präparationsgrenze	x
	431208	6	mittig buccale Wand	
1/III	323108	6	mittig linguale Wand	
	331108	6	mittig linguale Wand	
2/II	423208	5	buccale Präparationsgrenze	x
	431208	5	linguale Präparationsgrenze	x
	442208	5	distale Präparationsgrenze	x

Zahlenschlüssel:

1. Abformmethode Korrekturabformung
2. Abformmethode Doppelmischabformung
3. Abformung verzogen
4. Präparationsgrenze in der Abformung nicht erkennbar
5. Blasen in der Abformung
6. Abschilferungen in der Abformung

Segmentnummer: 9 Datum: 05.10. 2000

Abform-methode/ -material	Angabe Code-schlüssel Zahn	Fehlercode	Lokalisation des Fehlers	unbrauchbar
1/I	422109	5	incisal/buccal	
	433109	5	distale Präparationsgrenze	x

Zahlenschlüssel:

1. Abformmethode Korrekturabformung
2. Abformmethode Doppelmischabformung
3. Abformung verzogen
4. Präparationsgrenze in der Abformung nicht erkennbar
5. Blasen in der Abformung
6. Abschilferungen in der Abformung

Segmentnummer: 10 Datum: 05.10.2000

Abform-methode/ -material	Angabe Code-schlüssel Zahn	Fehlercode	Lokalisation des Fehlers	unbrauchbar
1/I	443210	6	mittig buccale Wand	x
	432210	6	incisal	x
	321110	6	buccale Präparationsgrenze, mittig distale Wand	x
	344310	6	buccale Präparations-grenze	x
2/I	344310	5	incisal	
	421210	4,5	linguale Präparationsgrenze	x
	432210	4	gesamte Präparationsgrenze	x
2/II	421210	4	gesamte Präparationsgrenze	x
	432210	4	gesamte Präparationsgrenze	x

Zahlenschlüssel:

1. Abformmethode Korrekturabformung
2. Abformmethode Doppelmischabformung
3. Abformung verzogen
4. Präparationsgrenze in der Abformung nicht erkennbar
5. Blasen in der Abformung
6. Abschilferungen in der Abformung

12. Präparationsplan

Kiefer 1

2er	150° Abschrägung	re. Gingivektomie
3er	75° Abschrägung	li. Faden
4er	120° Abschrägung	

Kiefer 2

2er	120° Abschrägung	li. Gingivektomie
3er	150° Abschrägung	re. Faden
4er	75° Abschrägung	

Kiefer 3

2er	75° Abschrägung	re. Gingivektomie
3er	120° Abschrägung	li. Faden
4er	150° Abschrägung	

Kiefer 4

2er	150° Abschrägung	li. Gingivektomie
3er	75° Abschrägung	re. Faden
4er	120° Abschrägung	

Kiefer 5

2er	120° Abschrägung	re. Gingivektomie
3er	150° Abschrägung	li. Faden
4er	75° Abschrägung	

Kiefer 6

2er	75° Abschrägung	li. Gingivektomie
3er	120° Abschrägung	re. Faden
4er	150° Abschrägung	

Kiefer 7

2er	150° Abschrägung	re. Gingivektomie
3er	75° Abschrägung	li. Faden
4er	120° Abschrägung	

Kiefer 8

2er	120° Abschrägung	li. Gingivektomie
3er	150° Abschrägung	re. Faden
4er	75° Abschrägung	

Kiefer 9

2er	75° Abschrägung	re. Gingivektomie
3er	120° Abschrägung	li. Faden
4er	150° Abschrägung	

Kiefer 10

2er	150° Abschrägung	li. Gingivektomie
3er	75° Abschrägung	re. Faden
4er	120° Abschrägung	

13. Lebenslauf

Angaben zur Person

Name:	Dieter Trost
geboren:	31.03.1966 in Bad Arolsen
Familienstand:	ledig

Schulbildung

1972 – 1976	Grundschule Bad Arolsen
1976 – 1985	Christian-Rauch-Gymnasium Bad Arolsen
1985	Abitur

Beruflicher Werdegang

1985 – 1987	Zeitsoldat
1987 – 1988	Praktikum im Katasteramt Bad Arolsen (Vermessungsingenieur)
1988 – 1994	Studium der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde an der Philips-Universität Marburg
1994	Staatsexamen und Approbation als Zahnarzt
1994 – 1995	Ausbildungsassistenzarztstelle in Herne
1995 – 1996	Ausbildungsassistenzarztstelle in Meppen
Seit 1996	eigene Praxis in Bad Arolsen

14. Danksagung

Mein besonderer Dank für die freundliche Überlassung des Themas sowie die jederzeit gewährte fachliche Beratung und Unterstützung gilt Herrn Prof. Dr. med. dent. B. Wöstmann.

Besonderer Dank gilt meinem Bruder Markus für die überaus gute Unterstützung und die Hilfsbereitschaft in allen Bereichen dieser Studie.

Des weiteren möchte ich mich ganz herzlich bei der Bad Arolser Viehverwertung - besonders bei Herrn Müller - für die Beschaffung der Rinderkiefer bedanken.

Danken möchte ich darüber hinaus meinem Praxisteam für deren Verständnis und Unterstützung bei der Durchführung der praktischen Arbeiten. Besonders hervorheben möchte ich hierbei meinen Praxiszahntechniker, Herrn Jochen Kuhn.

Weiterhin gilt mein besonderer Dank Herrn Oberstabsarzt Dr. Thomas Blösser für die Kontaktherstellung mit Herrn Prof. Dr. Wöstmann und die kollegialen Ratschläge bei der Durchführung der Studie.

An dieser Stelle möchte ich der Firma 3I Dank sagen, die ohne bürokratischen und finanziellen Aufwand bereit waren, die Materialien zur Verfügung zu stellen.

Letztlich möchte ich mich bei meiner gesamten lieben Familie bedanken, die mich besonders in der Endphase dieser Arbeit unterstützte. Leider hat meine Mutter das Endresultat dieser Arbeit nicht mehr erleben können. Sie verstarb am 1. Februar 2002.