

**Aus der Universitätsklinik für Zahn-, Mund und
Kieferheilkunde Tübingen
Abteilung Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik mit Propädeutik
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. H. Weber**

**Zur Praktikabilität von zirkulären Randspaltnmessungen
an vollkeramischen Kronen im
Rasterelektronenmikroskop**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnmedizin**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen**

**vorgelegt von
Janine Gölz
aus
Mutlangen
2006**

Dekan: Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Professor Dr. L. Pröbster
2. Berichterstatter: Privatdozentin Dr. E. M. Engel

Meiner Familie und
meinen Freunden für die liebevolle und tatkräftige
Unterstützung gewidmet

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	III
Abkürzungen.....	V
1 Einleitung	1
2 Ziel der Untersuchungen	3
2.1 Zielgrößen der Messungen	3
3 Material und Methode.....	6
3.1 Herstellung der Untersuchungsproben.....	6
3.1.1 Herstellung des Arbeitsstumpfes	6
3.1.2 Herstellung der Celay-In-Ceram-Kronen.....	6
3.1.3 Fehler und Beschädigungen bei der Herstellung	7
3.1.4 Markieren des Originalstumpfes	7
3.1.5 Herstellen der Repliken des Originalstumpfes	8
3.2 Serie II.....	8
3.3 Serie III.....	8
3.4 Serie IIIa.....	9
3.5 Serie IV	9
3.6 REM-Untersuchung der Randspalte	9
3.7 Bilddokumentation der Randspalte	10
3.8 Messungen der Randspalte	12
3.9 Handhabung der Messdaten.....	13
3.9.1 Computereingabe der Messdaten.....	13
3.9.2 Datenverwaltung und -organisation	13
3.10 Statistische Evaluation der Messdaten	13
3.10.1 Evaluation zur Reduktion/Praktikabilität.....	13
3.10.2 Indikatoren für Praktikabilität.....	14
3.10.3 Kriterien für Praktikabilität	15
- Toleranzgrenzen für Randspalt Typ 1	15
- Toleranzgrenzen für Randspalt Typ 3	16
- Toleranzgrenzen für Randspalt Typ 4	16

3.10.4	Methode der Reduktionsanalyse.....	17
4	Ergebnisse	20
4.1	Deskriptive Analyse der Messdaten.....	20
4.1.1	Einheit der Messergebnisse / Rohdaten	20
4.1.2	Umfang und subjektive Bewertung der Rohdaten.....	20
4.1.3	Ergebnisse für Randspalttyp 1	20
4.1.4	Ergebnisse für Randspalttyp 3.....	21
4.1.5	Ergebnisse für Randspalttyp 4	21
4.2	Statistische Analyse	22
4.2.1	Reduktionsanalyse für Randspalttyp 1, Reduktionsmodus 1	22
4.2.2	Reduktionsanalyse für Randspalttyp 3, Reduktionsmodus 1	23
4.2.3	Reduktionsanalyse für Randspalttyp 4, Reduktionsmodus 1	24
4.2.4	Reduktionsanalyse für Randspalttyp 1, Reduktionsmodus 2	25
4.2.5	Reduktionsanalyse für Randspalttyp 3, Reduktionsmodus 2	34
4.2.6	Reduktionsanalyse für Randspalttyp 4, Reduktionsmodus 2	38
5	Diskussion.....	42
6	Schlussfolgerungen.....	52
7	Zusammenfassung.....	53
8	Anhang.....	55
9	Literatur	62
10	Danksagung	65
11	Lebenslauf.....	66

Abkürzungen

REM - Rasterelektronenmikroskop

RST - Randspalttyp

RM 1 - Reduktionsmodus 1

RM 2 - Reduktionsmodus 2

RL - *reduction level*, Reduktionsstufe, Reduktionsniveau

TL - *tolerance limit*

TI - *tolerance interval*

SE - *standard error*

M - Mittelwerte

QM - Qualitätsmanagement

1 Einleitung

Im Rahmen der Diskussion um die Qualitätssicherung in der Zahnmedizin und der Einführung eines Qualitätsmanagement stellt sich die Frage, wie sich die Qualität zahnärztlicher Arbeit, insbesondere der restaurativen Arbeiten, beurteilen lässt. Als ein Beurteilungsmerkmal für die Qualität von Kronen wird seit jeher der so genannte Randspalt (syn. Zementspaltbreite, Fügspalt, vertikaler Sitz) herangezogen (Kerschbaum, Faber 2000). Sieht man sich diesen nun genauer an, wird man feststellen, dass sich in der Literatur kein festgelegter Wert findet, wie groß der Randspalt denn nun sein darf. Die Angaben schwanken zwischen 20 µm und 200 µm (Rehberg 1971; Körber, Lenz 1968; Weikart 1957; McLean, Fraunhofer 1971; Gardener 1982; Setz 1992) und auch höhere Werte sind in der Literatur nicht unbekannt (Donath, Roth 1987; Müller et al. 1994; Spieckermann 1986). Auch der seit mehr als 40 Jahren auf nationaler wie auch internationaler Ebene anerkannte Grenzwert von 50 µm stellt nur eine Schlussfolgerung aus Laborexperimenten einerseits und der klinischen Erfahrungen, dass unter diesen Bedingungen Sekundärkaries selten oder gar nicht auftritt (Dreyer-Jorgensen 1958), andererseits dar und wurde nicht empirisch ermittelt. Bis heute ist nicht zufrieden stellend geklärt, ab welcher Größe des Randspaltes es zum Eindringen von Bakterien und Toxinen, zur Schädigung der Pulpa und zur Entstehung von Sekundärkaries kommen kann (Haller, 1992).

Ein weiteres Problem ist, dass es bisher nur wenige Studien dazu gibt, wie gut sich Randspalte messen lassen und ob solche Messungen praktischen Nutzen mit sich bringen.

Es ist auch nicht geklärt mit welcher Methode sich Randspalte am besten untersuchen lassen. Die Methoden reichen von der einfachen klinischen Inspektion (Dreyer-Jorgensen 1958; Ryge 1980) über die Schliffpräparatetechnik (Holmes et al 1989; Sorensen, 1990; Noack 1994) und Schichtdickenmessung von Silikonabformmassenfilmen (Fransson 1985) bis zur Replikatechnik (Groten 1998; Kerschbaum, Faber 2000), um nur einige zu nennen.

Arbeiten, in denen die Methoden zur Untersuchung des Kronenrandspaltes untersucht werden, sind in der Literatur nur wenig vorhanden (Sorensen 1990; Wöstmann 1991; Fercho 1994; Setz 1992)

Um den Bogen zum Qualitätsmanagement zurück zu schlagen, stellt sich die Frage, ob Randspaltuntersuchungen objektiv, zuverlässig, valide und praktikabel (Kerschbaum 1995; Groten 1998) durchzuführen sind.

Die Forderung nach Praktikabilität ist dabei noch verhältnismäßig neu und legt eine besondere Betonung auf die allgemeine Anwendbarkeit einer Messgröße/ Messmethode im Routinebetrieb (Donabedian 1990).

Groten untersuchte 1998 die Verlässlichkeit und Praktikabilität von Randspaltuntersuchungen anhand der Randspalte kopiergeschliffener vollkeramischer Kronen in vitro.

Er zeigte, dass eine Reduktion der Daten, ausgehend von ca. 200 Messungen je Krone, bis auf etwa 50 Messungen pro Krone die Ergebnisse für die mittlere Randspaltgröße nicht signifikant verändert.

Anhand neuer, unabhängiger REM-Untersuchungen sollte dieser beobachtete Effekt wiederholt und damit bestätigt werden.

Weiterhin sollte durch Untersuchung nur der bukkalen und oralen Messorte festgestellt werden, ob eine klinische Relevanz der angewandten Untersuchungsmethode dargestellt werden kann.

2 Ziel der Untersuchungen

Durch systematische Reduktion der Anzahl der am Kronenrand erhobenen Einzelmessungen sollte die kleinste Anzahl an Einzelmessungen ermittelt werden, die mit dem Ergebnis der Randspaltgröße bei maximaler Anzahl der Einzelmessungen noch übereinstimmt. So sollte über die damit verbundene Reduktion des methodischen Aufwands für zirkuläre Randspaltemessungen im Rasterelektronenmikroskop (REM) die Praktikabilität der Messmethode bestimmt werden.

Diese Reduktionsanalyse wurde an den Einzelmessungen der Randspalte nicht zementierter und zementierter vollkeramischen Kronen des Untersuchers D durchgeführt.

Um einen klinischen Bezug herzustellen, wurden noch selektiv nur die bukkal und oral liegenden Messorte der Kronen untersucht.

2.1 Zielgrößen der Messungen

Als Zielgrößen wurden drei verschiedene Randspalttypen ausgesucht und definiert (s. Abb.1):

- Randspalttyp 1: die äußere, senkrechte Randspalthöhe. Das ist die kürzeste, senkrechte Distanz vom äußeren Kronenrand zum Stumpf an dem Kantenpunkt des Kronenrandes, der die geringste Entfernung zur gegenüberliegenden Oberfläche des Stumpfes besitzt (modifizierter *external marginal gap* nach Holmes et al. 1989)
- Randspalttyp 3: die Randzone. Das ist die Distanz von dem Punkt der Kronenaußenfläche zum äußeren Kantenpunkt des Stumpfes, an dem Schäden, Verrundungen oder Rauigkeiten der Kronenoberfläche in die glatte Fläche des verblendeten Bereiches der Krone übergehen. Im Be-

reich der Verblendung auftretende Schäden, Fehler oder ähnliches werden dabei nicht berücksichtigt (Groten 1998).

- Randspalttyp 4: entspricht der Distanz von dem Punkt der Kronenoberfläche zum äußeren Kantenpunkt des Stumpfes, an dem die Gesamtverrundung und der Rückzug der Verblendung – mit allen Rauigkeiten und Oberflächenfehlern – in die faciale Glattfläche der Krone übergehen. Rauigkeiten sowie Schäden, Fehler und ähnliches der Kronenoberfläche innerhalb des verblendeten Bereichs werden dabei nicht berücksichtigt, wenn sie keinen direkten Kontakt zum Verrundungsbereich aufweisen. Weiter werden die Fehler und Verrundungen entlang der Stumpf-kante zur Gänze in die Messung mit einbezogen (*clinical marginal gap*).

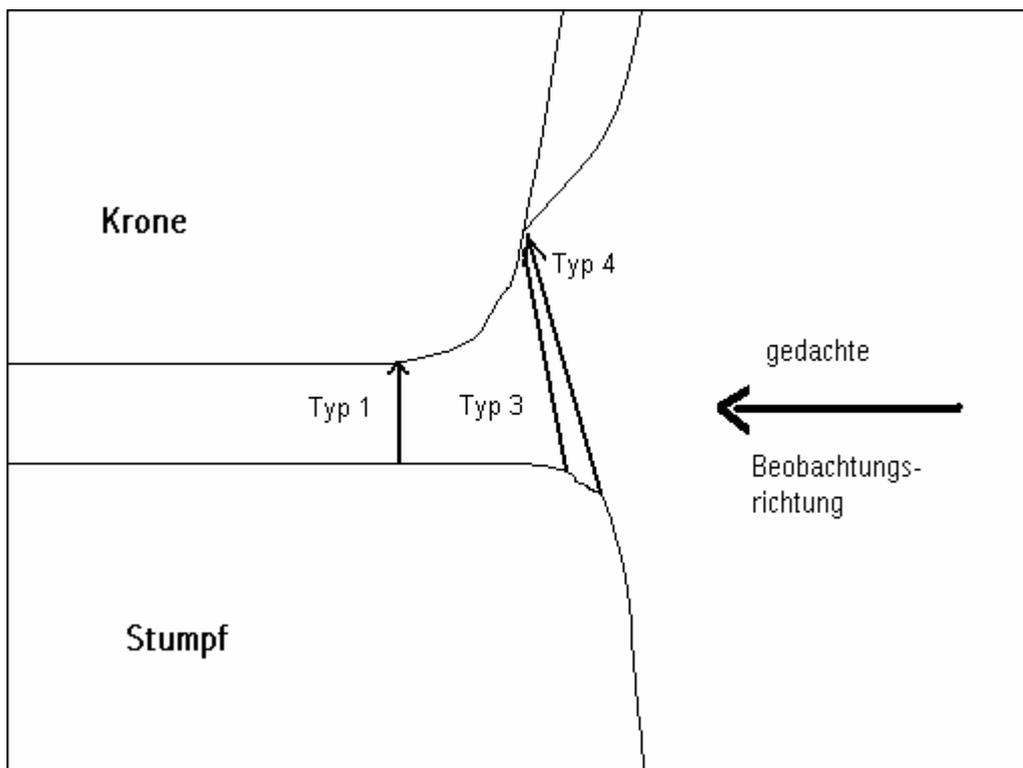


Abb. 1: Schematische Darstellung der verschiedenen Randspalttypen.

Zusätzlich zu den Messwerten wurde ein subjektives Untersucherkriterium (N) bewertet :

Einzelmessung nicht möglich, da der Messbereich verdeckt oder nicht vollständig dokumentiert ist, d.h. Kronenrand oder Stumpf am Messpunkt sind nicht sichtbar.

3 Material und Methode

3.1 Herstellung der Untersuchungsproben

Als zu versorgender Zahn wurde ein aus Stahl gefertigter oberer mittlerer Schneidezahn (FDI-Code:11) ausgewählt und mit Hilfe eines Parallelometers präpariert: zirkuläre Stufenpräparation (annähernd 90 Grad) mit ca. 1 mm Präparationstiefe und gerundetem Innenwinkel. Die Präparationsgrenze folgt dem Verlauf der marginalen Gingiva eines gesunden mittleren oberen Inzisivus.

Für den so entstandenen Originalstumpf wurden 10 vollkeramische In-Ceram-Kronen (Sadoun, 1986)(Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Deutschland) nach dem Celay- Kopierschleifverfahren (Eidenbenz, 1992)(Mikrona AG, Spraitenbach, Schweiz) hergestellt. (Groten 1998)

3.1.1 Herstellung des Arbeitsstumpfes

Zur Abformung des Originalstumpfes wurden individuelle Löffel aus lichthärtendem Kunststoff (Comtray, Schütz Dental, Rosbach, Deutschland) zusammen mit einem additionsvernetzenden Silikon (Provil H und L, Bayer, Leverkusen, Deutschland) verwendet. Abgeformt wurde mit der Doppelmischtechnik.

Die Abdrücke wurden zur Gewinnung je eines Arbeitsstumpfes mit Superhartgips Klasse IV (Tewrock, Kettenbach, Eschenbach, Deutschland) ausgegossen (Groten 1998).

3.1.2 Herstellung der Celay-In-Ceram-Kronen

Aus einem lichthärtenden Mikrofüller-Komposit (Celay Tech, Mikrona AG) wurden auf den Arbeitsstümpfen so genannte „Prokappchen“ hergestellt.

Nach der Polymerisation der Kappchen in einem Vakuumlichtgerät (Visio Beta, Espe GmbH, Seefeld, Deutschland) wurden etwaige Kompositfahnen und Überkonturierungen mit Gummilinsen entfernt.

Danach wurden die Kompositkäppchen in der Celay-Schleifeinheit aus vorgefertigten In-Ceram Alumina Blöcken (Alumina Blanks, Vita Zahnfabrik) kopiergeschliffen. Nähere Angaben zur Celay-Schleifeinheit (Eidenbenz et al., 1994) und dem Schleifvorgang sind der Arbeit Groten [1] zu entnehmen.

Da die Primärpassung der Keramikkäppchen auf den Arbeitsstümpfen nach dem Abtrennen hoch war, erfolgte keine weitere Anpassung. Die Außenflächen wurden mit Diamant- und Gummischleifern nachgearbeitet, bis eine einheitliche Wandstärke von ca. 0,5 mm erreicht war.

Dann erfolgte nach einer Reinigung durch atmosphärisches Brennen die Beschichtung und Glasinfiltration mit Lanthanglas (In-Ceram Glas, Vita Zahnfabrik) der Käppchen.

Nach Entfernung der Glasüberschüsse und einer erneuten Passungskontrolle der Käppchen auf den Arbeitsstümpfen folgte das Verblenden der Käppchen nach laborüblichen Techniken in drei Schritten: Dentin-, Korrektur- und Glanzbrand. Als Material dienten die Vitadur Alpha-Massen (Vita Zahnfabrik).

Die fertigen Celay-In-Ceram-Kronen wurden schlussendlich von der Basis her mit Korund 33 μm bei 1,5-1,8 bar ausgestrahlt und nochmals auf dem Arbeitsstumpf kontrolliert (Groten 1998).

3.1.3 Fehler und Beschädigungen bei der Herstellung

Verarbeitungsfehler wie Perforationen, Infraktionen, Frakturen und größere Randaussprengungen an den Gerüsten führten zu einer Neuanfertigung der Kronen.

Daher mussten die Kronen 5 und 10, die Fehler aufwiesen, ausgesondert und neu angefertigt werden. Insgesamt wurden also 12 Kronen hergestellt um einen Stichprobenumfang von 10 Kronen zu erhalten.

3.1.4 Markieren des Originalstumpfes

Um im REM eine kontrolliert-fortlaufende Bilddokumentation und spätere Untersuchung zu gewährleisten, wurden auf dem Stahlstumpf Orientierungsmarken („Marken“) angebracht. Dem ganzen Umfang der Präparationsgrenze folgend

wurden 200 bis 500 µm apikal derselben 21 Marken auf der Stumpffläche angebracht. Die Abstände einer Marke zur anderen schwankten zwischen ca. 0,7 und 2 mm. Angebracht wurden die Marken mithilfe einer Prüfspitze zur Bestimmung der Vickershärte von Werkstoffen und bestanden aus 2 bis 4 Eindrücken der Prüfspitze, welche in Anzahl und Anordnung zufällig gewählt waren und so eine gute Unterscheidbarkeit boten (Groten 1998).

3.1.5 Herstellen der Repliken des Originalstumpfes

Es wurden nach dem Anlegen der Messmarken auf dem Stahlstumpf 10 Repliken aus Epoxydharz (Epoxy Die, Ivoclar-Vivadent, Ellwangen, Deutschland) nach der Technik, die schon für die Herstellung der Gipsstümpfe beschrieben worden ist, hergestellt (Groten 1998).

3.2 Serie II

Für die Datenerhebung der Serie II wurden die schon vorhandenen Fotografien, welche mit einer Vergrößerung von 100 im REM aufgenommen wurden, der nicht zementierten Kronen 7, 8, 9, 11, 12 aus der Arbeit von Groten 1998 benutzt und die Randspalttypen 1 und 3 wurde nochmals von den Untersuchern D und E alle 200 µm vermessen. Die so erhobene Datenmenge entsprach der 50 %-Reduktionsstufe der Daten, die Groten erhoben hatte.

3.3 Serie III

Auch für die Datenerhebung der Serie III wurden die schon vorhandenen Bilder in 100-facher Vergrößerung der zementierten Kronen 7, 8, 9, 11, 12 aus der Arbeit Groten 1998 verwendet und eine Randspaltmessung der Typen 1 und 3 alle 200 µm von den Untersuchern D und E durchgeführt. Auch hier entsprach die erhobene Datenmenge der 50 %-Reduktionsstufe der von Groten erhobenen Daten.

3.4 Serie IIIa

Für die Serie IIIa wurden die schon vorhandenen, zementierten Kronen 1, 2, 3, 4, 6 aus der Arbeit Groten 1998 wieder verwendet und von den Untersuchern D und E im REM bei einer Vergrößerung von 100 nochmals untersucht. In dieser Untersuchung wurde eine neue Bilderserie erstellt, anhand der die Untersucher D und E die Messungen der Randspalttypen 1 und 4 alle 100 µm durchführten. Dies stellte eine Datenmenge von 100 % im Sinne der von Groten erhobenen 100 %-Daten dar.

3.5 Serie IV

Entsprechend wurden auch für die Serie IV die schon vorhandenen Kronen 1, 2, 3, 4, 6 der Arbeit Groten 1998 wieder verwendet, diesmal wurde die Untersuchung im REM aber bei einer Vergrößerung von 50 durchgeführt und eine neue Bilderserie erstellt, an der die Messungen der Randspalte 1 und 4 alle 100 µm von Untersucher D und E erhoben wurden. Daraus ergab sich eine Datenmenge von 50 % im Sinne der Datenerhebung bei Groten.

3.6 REM-Untersuchung der Randspalte

Für alle vier Serien galt, dass die Einstellungen im REM fortlaufend gewählt und jede einzelne Einstellung mit der dreidimensionalen Justiervorrichtung individuell ausgerichtet wurde. Dabei wurde das Ziel verfolgt, die Beobachtung annähernd senkrecht zum *external marginal gap* (Typ 1) zu ermöglichen.

Zum Abbruch der Untersuchung einer Krone führten Fehler wie unvollständiges Sputtern/fehlende Oberflächenleitfähigkeit, offensichtliche Zementier- oder Positionierfehler und Montierfehler im REM. Die Ursache für den Fehler wurde beseitigt und die Untersuchung wiederholt.

3.7 *Bilddokumentation der Randspalte*

Die Kronenserien wurden fotografisch auf s/w-Film festgehalten. Abzüge auf Barytpapier im Format 9x13 wurden fortlaufend von links nach rechts sortiert und in Klarsicht-Folien (HERMA fotopan No. 7583, Herma, Filderstadt-Bonlanden) aufbewahrt. Auf den Fotos ist in der oberen Bildhälfte immer der Messstumpf zu sehen. Oberhalb der Stumpfkante wurden die Messorte als Punkte angezeichnet und nummeriert (s. Abb.). Für jeden Messbereich begann das Festlegen der Messorte an der entsprechenden Marke neu: Messort 1 lag an der Marke und von da ab nach rechts wurde alle 100 µm ein Punkt angezeichnet, bis zur nächsten Marke. Als Maß für die 100 µm diente der in jedem Foto unten links abgebildete Maßstabsbalken. Bei Serie IV wurde der Maßstabsbalken, der 200 µm anzeigte, durch abmessen mit einem Zirkel halbiert, so dass auch in Serie IV die Punkte in einem Abstand von 100 µm eingezeichnet wurden. Die Nummerierung der Messorte bildete sich aus der Nummer der Marke und der Nummer des Ortes im Messbereich, getrennt durch einen Punkt (z.B. Messort 5.12 = Messort 12 im Bereich der Marke 5). Die Messorte der bestehenden Serien II und III wurden von Untersucher A (Groten 1998) und die der neu erstellten Serien IIIa und IV von Untersucher E entsprechend angezeichnet.

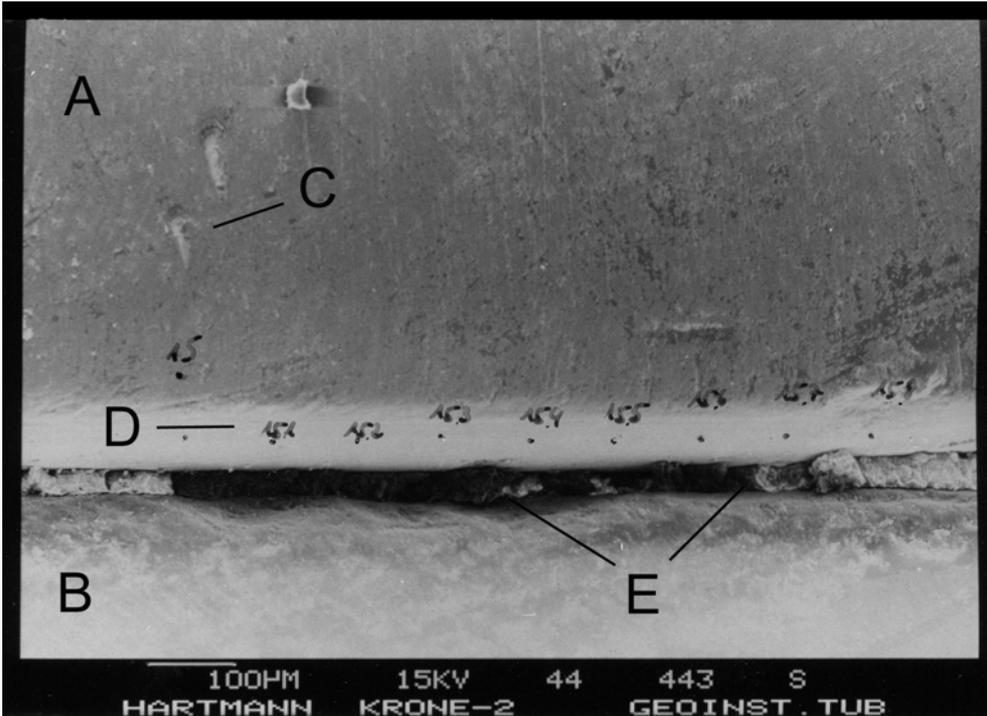


Abb. 2: Fotografische Dokumentation des Randspaltes, 100-fache Vergrößerung;
A Stumpf **B** Krone **C** Messmarke **D** Messorte **E** Randspalt

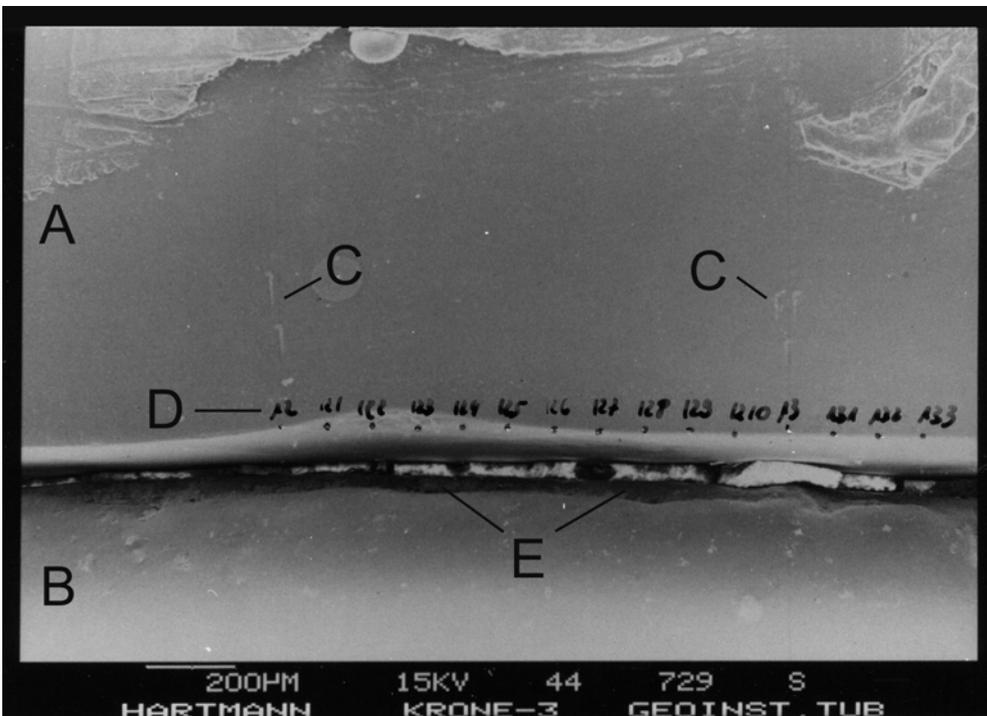


Abb. 3: Fotografische Dokumentation des Randspaltes, 50-fache Vergrößerung;
A Stumpf **B** Krone **C** Messmarke **D** Messorte **E** Randspalt

3.8 Messungen der Randspalte

Anhand der gekennzeichneten Fotos wurde in Einzelmessungen der Randspalt untersucht. Als Messinstrument diente eine digitale Schieblehre (Digi-Met Nr. 220201, Preisser, Pforzheim, Deutschland) mit einer Anzeige bis zwei Stellen nach dem Komma genau in Millimeter. Der Messwert sollte in der Untersuchung auf eine Kommastelle genau angegeben werden, wobei die zweite Kommastelle immer aufzurunden war. Bedingt durch den Abbildungsmaßstab der Fotos hatte der μm - Maßstabsbalken auf dem Bild eine Länge von ungefähr 10 mm. So ließ sich der in mm gemessene Wert mit dem Faktor 10 leicht in μm umrechnen. Daher konnte das Runden keinen größeren Fehler als etwa 1 μm verursachen.

Eine weitere Fehlerquelle lag durch Schwankungen der digitalen Anzeige der Schieblehre bei wiederholtem Schließen vor. Dieser Fehler hatte eine geringe Höhe von $\pm 0,01$ mm abweichend von einer vorher durchgeführten Nulleichung. Begründet durch die geringe Höhe der entstehenden Fehler durch Aufrunden und Eichfehler der Schieblehre, sind diese für die Höhe der Messergebnisse bedeutungslos.

Zur Durchführung und Dokumentation der Messungen lag für jeden Untersucher eine Messanweisung mit Erklärungen, Definitionen und Anleitungen vor (siehe Anlage). Untersucher D und E erhielten durch Untersucher A zusätzlich noch eine mündliche Einweisung mit Beispielmessungen. Die Untersucher D und E führten die Messungen unabhängig und selbständig voneinander und ohne Hilfestellung durch. Die Ergebnisse wurden erst nach Abschluss der Untersuchungen ausgetauscht und diskutiert.

3.9 Handhabung der Messdaten

3.9.1 Computereingabe der Messdaten

Die im Messprotokoll eingetragenen Rohdaten wurden zur Weiterverarbeitung und Verwaltung in Computerdateien des Statistikprogramms JMP 5.01 (SAS Corporation, USA) eingegeben. Die Eingabe erfolgte anhand des Messprotokolls und wurde stichprobenartig auf korrekte Eingabe kontrolliert.

3.9.2 Datenverwaltung und -organisation

Am Computer wurde vor Beginn der Dateneingabe zur leichteren Verarbeitung und um das Datenaufkommen bewältigen zu können, ein hierarchisches Datenverzeichnis entworfen. Die Rohdaten für jeweils einen Randspalttyp, untersucht von allen Untersuchern, befanden sich in einer Stammdatei. Für die Analyse wurden separate Analysedateien erstellt, so dass die Rohdaten erhalten blieben. Die Analysedateien konnten nun je nach Anforderung bearbeitet, verändert und danach untersucht werden.

3.10 Statistische Evaluation der Messdaten

Vor den Analysen wurden zur allgemeinen und zusammenfassenden Darstellung der Messergebnisse einige deskriptive statistische Daten, wie die Anzahl an Einzelmessungen und die Häufigkeit des subjektiven Untersucherkriteriums „N“, ermittelt.

3.10.1 Evaluation zur Reduktion/Praktikabilität

Der aus dem Qualitätsmanagement-Bereich (QM) stammende Begriff Praktikabilität beschreibt die prinzipielle Eignung und nutzbringende Durchführbarkeit einschließlich der Aspekte von Aufwand/Nutzen-Relation und Kosten von Messgrößen oder –verfahren (Kerschbaum, 1995; Donabedian 1990).

Dies bedeutete für diese Arbeit, mit deutlich reduziertem Messaufwand Ergebnisse zu erreichen, die übereinstimmend sind mit den Ergebnissen, die unter maximalem Aufwand erreicht werden können.

Zielgrößen der Praktikabilität sind das Reduktionsniveau (die Anzahl der zu erhebenden Einzelmessungen für eine Messung) in Abhängigkeit vom Reduktionsmodus (Art und Weise der Reduktion der Einzelmessungen).

3.10.2 Indikatoren für Praktikabilität

Um im Laufe einer fortgesetzten Reduktion der Einzelmessungen die Höhe an Übereinstimmung (*agreement*) zu bestimmen, wurden Dispersionsmaße aus der deskriptiven Statistik verwendet:

a. aus den Rohdaten errechnete Maße:

- quantitativ nach der Höhe ihrer Werte betrachtet:
 - der arithmetische Mittelwert (*mean*) M einer Messung
 - der Standardfehler (*standard error*) SE des arithmetischen Mittelwertes
- qualitativ ausgewertet anhand grafischer Darstellungen (Box & Whisker Plots):
 - Minimum, Median, Maximum, 10 % -, 25 % -, 75 % -, 90 % - Perzentile (bei Darstellung aller Einzelmessungen).

b. für die quantitative Bewertung wurden folgende Bereiche definiert:

- *tolerance limit* TL für ein *tolerance interval* TI , in dem sich die Mittelwerte M_{RL} abhängig vom *reduction level* RL bewegen durften, ohne einen praktisch bedeutsamen Unterschied zum Mittelwert des vollen Datensatzes aufzuweisen ($M_{50\%}$):

$$TI = (M_{RL} \mid M_{50\%} - TL \leq M_{RL} \leq M_{50\%} + TL)$$

- *tolerance interval* TI mit dem einseitigen *tolerance limit* $+TL$, bis zu welchem die *standard errors* SE_{RL} der arithmetischen Mittel abhängig vom

reduction level RL ansteigen durften, ohne einen praktisch bedeutsamen Unterschied zum *standard error* des vollen Datensatzes aufzuweisen ($SE_{50\%}$):

$$TI = (SE_{RL} \mid SE_{RL} \leq SE_{50\%} + TL)$$

Zur grafischen Auswertung der nicht-parametrischen Dispersionsmaße wurde die Aufweitung der Boxen und Perzentilgrenzen in den Diagrammen herangezogen.

3.10.3 Kriterien für Praktikabilität

Den quantitativen Bewertungsparametern über den Verlust von Aussagekraft eines reduzierten Datensatzes gegenüber dem vollständigen Datensatz wurden folgende Grenzwerte zugeordnet:

- Toleranzgrenzen für Randspalt Typ 1

Die Aussagekraft der reduzierten Datensätze war der eines vollständigen Datensatzes gleich, wenn

- die Mittelwerte M_{RL} nicht mehr als 0,5 mm vom Wert des vollständigen Datensatzes nach oben oder unten abwichen – das *tolerance limit* war $\pm 0,5$ mm:

$$TL = 0,5 \text{ mm}, \quad TI = (M_{RL} \mid M_{50\%} - 0,5 \leq M_{RL} \leq M_{50\%} + 0,5)$$

und

- die *standard errors* SE_{RL} einen Wert von 0,3 mm nicht unterschritten – das *tolerance limit* war kleiner als 0,3 – $SE_{50\%}$ (mm):

$$TI = (SE_{RL} \mid SE_{RL} \leq SE_{50\%} + TL = 0,3)$$

- Toleranzgrenzen für Randspalt Typ 3

Die Aussagekraft der reduzierten Datensätze war der eines vollständigen Datensatzes gleich, wenn

- die Mittelwerte M_{RL} nicht mehr als 1,0 mm vom Wert des vollständigen Datensatzes nach oben oder unten abweichen – das *tolerance limit* war $\pm 1,0$ mm :

$$TL = 1,0 \text{ mm}, TI = (M_{RL} \mid M_{50 \%} - 1,0 \leq M_{RL} \leq M_{50 \%} + 1,0)$$

und

- die *standard errors* SE_{RL} einen Wert von 0,7 mm nicht überschritten – das *tolerance limit* war kleiner als $0,7 - SE_{50 \%}$ (mm):

$$TI = (SE_{RL} \mid SE_{RL} \leq SE_{50 \%} + TL = 0,7)$$

- Toleranzgrenzen für Randspalt Typ 4

Die Aussagekraft der reduzierten Datensätze war der eines vollständigen Datensatzes gleich, wenn

- die Mittelwerte M_{RL} nicht mehr als 1,5 mm vom Wert des vollständigen Datensatzes nach oben oder unten abweichen – das *tolerance limit* war $\pm 1,5$ mm:

$$TL = 1,5 \text{ mm}, TI = (M_{RL} \mid M_{50 \%} - 1,5 \leq M_{RL} \leq M_{50 \%} + 1,5)$$

Und

- der *standard error* SE_{RL} einen Wert von 1,0 mm nicht überschritten – das *tolerance limit* war kleiner als $1,0 - SE_{50 \%}$ (mm):

$$TI = (SE_{RL} \mid SE_{RL} \leq SE_{50 \%} + TL = 1,0)$$

Eine Kontrolle war durch grafische Darstellung der Variationen von arithmetischen Mittelwerten und dem *standard error* in Abhängigkeit von der Anzahl der Messpunkte vorgesehen. Besonders in dem Kurvenverlauf der *standard errors* wurde dabei eine Aussagemöglichkeit vermutet.

3.10.4 Methode der Reduktionsanalyse

Anlehnend an die Arbeit Groten 1998, in der schon gezeigt wurde, dass eine Reduktion der Daten auf ca. 25 % nur vernachlässigbare Auswirkungen hat, wurden in dieser Arbeit in den Serien II und III nur an jedem zweiten Messort Daten erhoben, was 50 % der Datenmenge Groten entspricht. In Serie IV wurden die Daten an jedem Messort, aber bei einer Vergrößerung von 50 anstatt 100 erhoben, auch dies entsprach daher 50 % der Datenmenge bei Groten. Nur in Serie IIIa wurden an allen Messorten bei einer Vergrößerung 100 Daten erhoben, entsprechend den 100 % bei Groten. Die Reduktionsanalyse wurde aber auch in Serie IIIa ausgehend von der Reduktionsstufe 50 % durchgeführt.

- **Reduktionsmodus 1 (RM 1)** bedeutete eine lineare Reduktion durch Nichtzählen jedes 5., 4., 3. und 2. Messpunktes in einer vollständigen Liste aller Messpunkte, die immer von der Messmarke ausgehend fortlaufend durchnummeriert wurden, beginnend mit 1. Dies entsprach dem Reduktionsmodus 1 aus der Arbeit Groten, mit einem angenommenen reduzierenden Effekt für den Aufwand einer Untersuchung, da

- weniger Messorte angezeichnet und
- weniger Einzelmessungen vorgenommen und aufbereitet

werden müssen.

Für jede Serie wurde zur Auswertung und Darstellung der Ergebnisse eine Tabelle erstellt, in der die zur jeweiligen Reduktionsstufe gehörenden Werte für die Anzahl an Einzelmessungen, den *mean* und den *standard error* aufgeführt wurden. Eine Auswertung der einzelnen Kronen wurde für diesen Reduktionsmo-

dus nicht durchgeführt, da RM 1 einen Sonderfall von RM 2 darstellt, so dass anzunehmen war, dass die Ergebnisse für RM 2 auf RM 1 übertragen werden können.

- **Reduktionsmodus 2 (RM 2)** bedeutete eine Verringerung der Anzahl an Einzelmessungen, durch eine vom Computer zufällig getroffene Auswahl einer abnehmenden Anzahl von Messorten.

Daraus ergibt sich eine nicht kontinuierliche, zirkuläre Vermessung in zufälligen Abständen, die eine wahrscheinlich reduzierende Auswirkung auf den Aufwand einer Untersuchung hätte (Groten 1998):

- eventuell keine Markierungen auf dem Messstumpf anbringen
- eventuell geringerer Aufwand im REM betreiben
- weniger Fotografien anfertigen
- weniger oder keine Messorte anzeichnen
- weniger Einzelmessungen erheben und aufbereiten

zu müssen.

Wie auch für RM 1 wurde für jede Serie zur Auswertung und Darstellung eine Tabelle erstellt, in der die zur jeweiligen Reduktionsstufe gehörenden Werte für die Anzahl an Einzelmessungen, den *mean* und den *standard error* aufgeführt wurden (siehe Ergebnisse).

Für RM 2 wurde auch eine Auswertung der einzelnen Kronen durchgeführt und folgendermaßen dokumentiert :

- für jede Krone jeder Serie wurde eine Tabelle erstellt, in der die Anzahl an Einzelmessungen je Reduktionsstufe und die dazugehörigen Werte der Toleranzgrenzen *mean* und *standard error* aufgeführt wurden.
- aus diesen Tabellen heraus wurde für jede Serie eine Tabelle erstellt, in der nur die maximal zu erreichende Reduktion in Prozent (mit innerhalb der Toleranzgrenzen liegenden Werten für den *mean* und den SE) pro Krone und der realen Anzahl an Einzelmessungen aufgeführt wurde. Aus diesen realen Anzahlen an Einzelmessungen pro Krone je Serie wurde ein Mittelwert gebildet.

- Anhand des oben gebildeten Mittelwertes der Einzelmessungen wurde eine Tabelle erstellt, in der für jede Krone einer Serie die Anzahl an Einzelmessungen mit den zugehörigen Werten für die Toleranzgrenzen *mean* und *SE* und der Referenzwert $M_{50\%}$ herausgesucht wurde, die dem Mittelwert am Nächsten kam.

Für die Untersuchung zur klinischen Relevanz wurden nur die Werte der bukkal und oral liegenden Messmarken 1, 2, 3, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 19, 20 und 21 der Kronen aller Serien gemäß Reduktionsmodus 2 ausgewertet.

Auch hierfür wurde eine Tabelle erstellt, in der die reale Anzahl an Einzelmessungen pro Krone jeder Serie und die zugehörigen Werten für die Toleranzgrenzen *mean* und *SE* und den Referenzwert $M_{50\%}$ dargestellt wurden.

4 Ergebnisse

4.1 Deskriptive Analyse der Messdaten

4.1.1 Einheit der Messergebnisse / Rohdaten

Alle Ergebnisse und die aus ihnen errechneten Maße und Werte für die Randspalte sind in Millimeter (mm), der Einheit des Messinstruments angegeben. Diese Angaben lassen sich leicht in die Einheit Mikrometer (μm) umrechnen: Multiplizieren des gemessenen Wertes in mm mit dem Faktor 10 bei Vergrößerung 100 (Serie II, III und IIIa), oder multiplizieren mit dem Faktor 20 bei Vergrößerung 50 (Serie IV) ergibt den tatsächlichen Wert in μm .

4.1.2 Umfang und subjektive Bewertung der Rohdaten

Es wurden insgesamt 13.391 Einzelmessungen in 40 Messungen von Untersucher D (Student der Zahnmedizin/ nicht vertraut mit Randspaltuntersuchungen) und Untersucher E (Student der Zahnmedizin/ nicht vertraut mit Randspaltuntersuchungen) durchgeführt.

Bei 27,7 % der 13.391 Messungen ergab sich ein Verlust an möglicher Information zur Größe des Randspaltes, da in diesen Fällen die Größe des Randspaltes nicht nach den Definitionen für Typ 1, 3, 4 messbar war (subjektives Untersucherkriterium „N“).

4.1.3 Ergebnisse für Randspalttyp 1

Für den *external marginal gap* ergab sich eine Gesamtzahl von 6.694 Einzelmesswerten.

Auf Untersucher D entfielen 3.353 und auf Untersucher E 3.341 Messwerte. Dabei ergaben sich 2.122 „nicht-messbaren“ Messungen (N), was 31,7 % ausmacht. Diese teilten sich folgendermaßen auf: für Serie II 13,9 % (167), für

Serie III 57,2 % (681), für Serie IIIa 30,8 % (668) und für Serie IV 28,6 % (606) „nicht-messbare“ Messungen.

Als Serienmittelwerte (SE in Klammern) ergaben sich in mm für die Serie II für Untersucher D 3,39 (0,08) und Untersucher E 3,12 (0,08).

Für die Serie III ergaben sich die folgenden Werte für Untersucher D 4,18 (0,08) und Untersucher E 4,14 (0,08).

Aus der Serie IIIa folgten die Werte 5,07 (0,12) für Untersucher D und 4,5 (0,14) für Untersucher E.

Für die Serie IV ergaben sich Werte von 4,86 (0,12) für Untersucher D und 4,66 (0,12) für Untersucher E.

4.1.4 Ergebnisse für Randspalttyp 3

Für den Randspalttyp 3 ergab sich eine Anzahl von 2.394 Einzelmesswerten die sich folgendermaßen auf die Untersucher verteilten: Untersucher D 1.197 und E 1.197 Messwerte. Der Anteil an nichtverwertbarer Information (N) betrug in Serie II 5,7 % (69) und in Serie III 45 % (536), was einen Gesamtverlust von 25,3 % oder 605 Messorte mit N bedeutet.

Als Serienmittelwerte (SE in Klammern) in mm ergaben sich für Untersucher D 10,66 (0,22) und für Untersucher E 9,04 (0,19) in der Serie II.

Für die Serie III ergaben sich folgende Werte: für Untersucher D 9,91 (0,24) und für Untersucher E 9,06 (0,22).

4.1.5 Ergebnisse für Randspalttyp 4

Beim Randspalttyp 4 ergab sich eine Summe von 4.303 Einzelmessungen, wobei auf Untersucher D 2.155 und auf Untersucher E 2.148 entfielen. Durch „nicht messbare“ Messungen (N) ergab sich für Serie IIIa ein Verlust von 26,7 % (581) und für Serie IV von 18,7 % (399), was einen Gesamtverlust von 22,8 % (980) an Information bedeutet.

Als Serienmittelwerte (SE in Klammern) in mm ergaben sich für die Serie IIIa für Untersucher D 15,62 (0,24) und für Untersucher E 15,44 (0,23).

Aus der Serie IV ergaben sich folgende Werte: für Untersucher D 8,59 (0,14) und für Untersucher E 9,10 (0,12).

4.2 Statistische Analyse

Die statistische Analyse prüfte die Messungen der Randspalte im Hinblick auf die Frage, mit wie viel Aufwand die Messungen zu betreiben sind, um ein Ergebnis zu erhalten, das mit dem mit vollem Aufwand erstellten Ergebnis übereinstimmt.

4.2.1 Reduktionsanalyse für Randspalttyp 1, Reduktionsmodus 1

Reduziert wurde ausschließlich die gesamte Zahl an Einzelmessungen des Untersuchers D, einschließlich der mit „N“ bezeichneten Messpunkte.

In den folgenden Tabellen wurden aber nur die Orte mit tatsächlich verwertbarer Messung angegeben, was in den Tabellen zu unregelmäßig verteilten Anzahlen von Messorten für die in Prozent angegebenen Reduktionsstufen führen konnte, z.B. Tabelle 2, Randspalttyp 1, Serie III, RM 1 - bei 20 % 100 Messorte und bei 10 % 53 Messorte.

Tabellen der Ergebnisse zu Reduktionsmodus 1 finden sich im Anhang, Tab. 18 - Tab. 25.

Serie II:

In Serie II ergab sich für Untersucher D bei einer Reduktion bis auf 10 % der Daten keine wesentliche Änderung für den arithmetischen Mittelwert (*mean*) und *standard error* (SE). Die Werte der Reduktionsstufen blieben nahe dem Ausgangswert und erreichten nicht annähernd die Toleranzgrenzen. Das be-

deutete für Untersucher D die Menge von 549 Einzelmessungen (50 %) auf 111 (10 %) reduzieren zu können, ohne dass Aussagekraft verloren ging.

Serie III:

Auch in Serie III ergaben sich in allen Reduktionsstufen bei Untersucher D keine signifikanten Änderungen für *mean* und *standard error*. Die Werte blieben auch bei einer Reduktionsstufe von 53 Einzelmessungen (10 %) ausgehend von 254 (50 %) innerhalb der Toleranzgrenzen.

Serie IIIa:

Auch in Serie IIIa lagen die Werte von *mean* und *standard error* für Untersucher D bis zu einer Reduktion von 10 % innerhalb der Toleranzgrenzen. Erstmals aber war der Wert bei der Reduktionsstufe 10 % für den SE deutlich höher und wurde die Toleranzgrenze fast erreicht.

Das entsprach einer Reduktion der Anzahl von 410 Einzelmessungen (50 %) auf 85 Einzelmessungen (10 %).

Serie IV:

Auch in Serie IV ergab sich für Untersucher D im Verlauf der Reduktion von 404 Einzelmessungen (50 %) auf 80 (10 %) keine deutliche Änderung der Werte von *mean* und SE. Die Toleranzgrenzen wurden gewahrt.

4.2.2 Reduktionsanalyse für Randspalttyp 3, Reduktionsmodus 1

Serie II:

In Serie II blieben die Werte für *mean* und *standard error* im Verlauf einer Reduktion von 50 % auf 10 % für Untersucher D deutlich innerhalb der Toleranzgrenzen. Dies entsprach der Reduktion der zu untersuchenden Anzahl an Einzelmessungen von 553 (50 %) auf 117 Einzelmessungen (10 %).

Serie III:

Auch in Serie III erreichten die Werte von *mean* und *standard error* bei Untersucher D nie die gestellten Toleranzgrenzen im Verlauf der Reduktion von 50 % auf 10 %.

Dies bedeutete für Untersucher D eine Reduktion der Menge an Einzelmessungen von 299 (50 %) auf 58 (10 %) .

4.2.3 Reduktionsanalyse für Randspalttyp 4, Reduktionsmodus 1**Serie IIIa:**

Für die Serie IIIa ergaben sich keine deutlichen Veränderungen der Werte für *mean* und *standard error* im Verlauf einer Reduktion von 50 % auf 10 %.

Entsprechend ergab sich für Untersucher D eine Reduktion an Einzelmessungen von 379 (50 %) auf 77 (10 %).

Serie IV:

In Serie IV blieben bei Untersucher D die Werte für *mean* und SE bei einer Reduktion der Werte von 50 % auf 10 % innerhalb der gestellten Toleranzgrenzen und erreichten diese nicht annähernd.

Entsprechend verringerte sich die Anzahl an Einzelmessungen von 392 (50 %) auf 78 Einzelmessungen (10 %).

4.2.4 Reduktionsanalyse für Randspalttyp 1, Reduktionsmodus 2

Serie II:

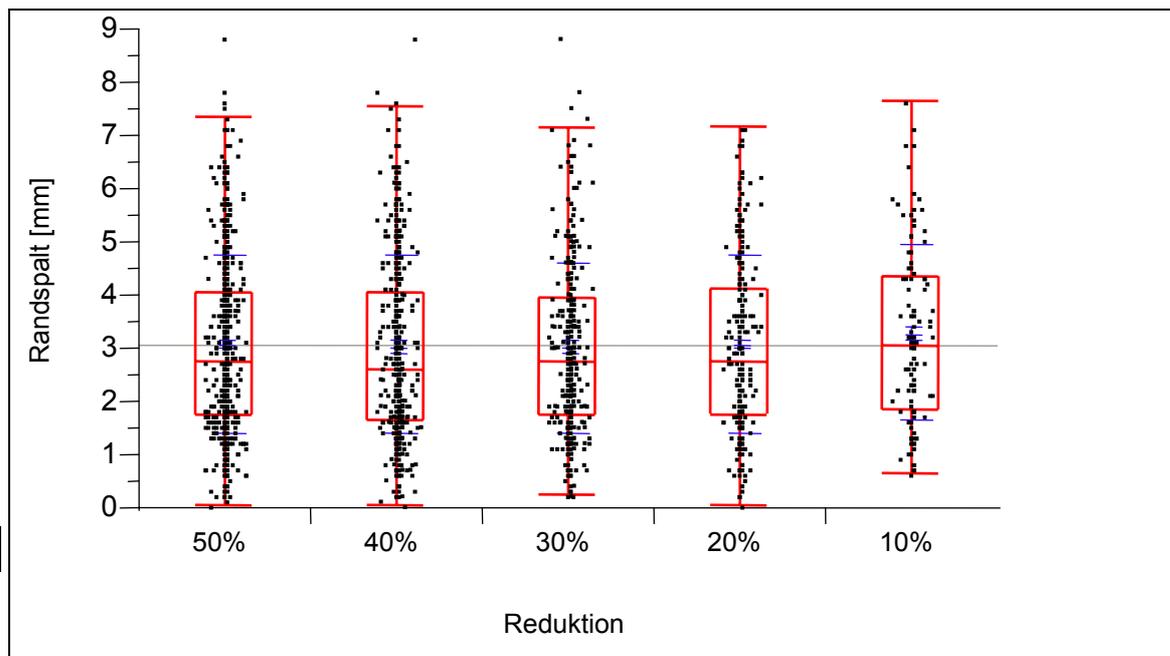


Abb. 4 : Box und Whisker Plot, zur Darstellung der Reduktion von Einzelmessungen der Serie II, Randspalttyp1, RM 2

In Serie II ergab sich für Untersucher D die Möglichkeit die Datenmenge bis auf 10 % zu reduzieren, ohne dass eine der Toleranzgrenzen *mean* oder *standard error* überschritten wurde. Das bedeutete für Untersucher D, dass die Datenmenge von 551 Einzelmessungen (50 %) auf 108 Einzelmessungen (10 %) reduziert werden könnte .

Betrachtung der einzelnen Kronen:

Tab. 1: RST 1, Serie II, Kronen 7-12, RM 2; *maximal mögliche Reduktion in Prozent und deren reale Anzahl an Einzelmessungen*

Krone	Prozent %	Anzahl
7	20	51
8	50	95
9	10	20
11	20	46
12	10	22
Durchschnitt		47

Aus den einzelnen Tabellen der Kronen 7 -12 mit den Reduktionsstufen 50 %, 40 %, 30 %, 20 % und 10 % (siehe Anhang Tabellen 26- 30) wurde die oben stehende Tabelle erstellt. In dieser sind nur die maximal erreichbaren Reduktionsstufen der einzelnen Kronen mit der jeweiligen realen Anzahl an Einzelmessungen dargestellt. Aus den realen Anzahlen wurde ein Mittelwert von 47 gebildet. Dieser stellt die Referenz für die nachfolgende Auswertung dar.

Für die nachfolgenden Serien sind die entsprechenden Ergebnistabellen im Anhang zu finden.

Tab. 2: RST 1, Serie II, Kronen 7-12, RM 2;
 + = Wert innerhalb der Toleranzgrenze, – = Wert außerhalb der Toleranzgrenze

Krone	Anzahl	mean 50 %	mean mean 50 % ± 0,5	SE ≤ 0,3
7	51	4,03	4,00 +	0,23 +
8	36	5,08	5,13 +	0,37 –
9	41	2,79	2,65 +	0,15 +
11	46	2,64	2,76 +	0,21 +
12	48	2,57	2,68 +	0,21 +

Anhand des oben errechneten Durchschnittswertes von 47 wurde eine Tabelle erstellt, in der von jeder Krone der Serie die Anzahl an Einzelmessungen mit den zugehörigen Werten für den *mean*, den *standard error* (SE) und den $M_{50\%}$ ausgesucht wurde, die dem Mittelwert von 47 am Nächsten kam.

Für die Kronen 7, 9, 11 und 12 liegen die so ausgewählten Anzahlen an Einzelmessungen innerhalb der Toleranzgrenzen. Bei Krone 8 wird der Wert für den *standard error* um 0,07 mm überschritten.

Tab. 3: RST 1, Serie II, Kronen 7-12, Reduktion auf bukkale und orale Messorte;
 + = Wert innerhalb der Toleranzgrenze, – = Wert außerhalb der Toleranzgrenze

Krone	Anzahl	mean 50 %	mean mean 50 % ± 0,5	SE ≤ 0,3
7	77	4,03	3,74 +	0,17 +
8	67	5,08	4,63 +	0,29 +
9	59	2,79	2,63 +	0,15 +
11	71	2,64	2,56 +	0,18 +
12	70	2,57	2,94 +	0,18 +

Nach dem selben Vorgehen würden bei Betrachtung der bukkalen und oralen Messorte eine Anzahl an Einzelmessungen zwischen 59 - 77 ermittelt, bei der die Werte aller Kronen innerhalb der Toleranzgrenzen lagen.

Serie III:

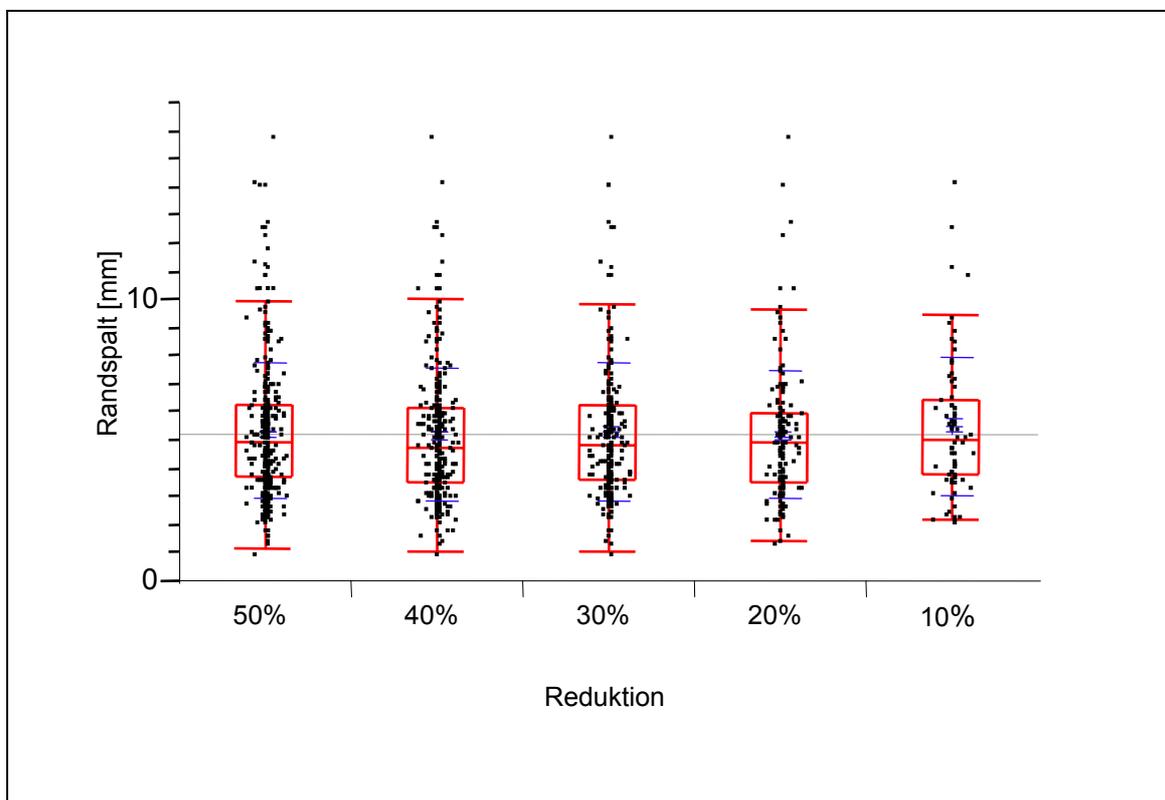


Abb. 5 : Box und Whisker Plot, zur Darstellung der Reduktion von Einzelmessungen der Serie III, Randspalttyp 1, RM 2

Auch in Serie III ergaben sich im Verlaufe der Reduktion von 50 % der Daten auf 10 % keine wesentlichen Änderungen der Werte des *mean* und des *standard error*. Für Untersucher D ergab sich daher, dass die Anzahl an Einzelmessungen von 257 (50 %) auf 56 (10 %) gesenkt werden könnte.

Betrachtung der einzelnen Kronen:

Tab. 4: RST 1, Serie III, Kronen 7-12, RM 2;
+ = Wert innerhalb der Toleranzgrenze, – = Wert außerhalb der Toleranzgrenze

Krone	Anzahl	mean 50 %	mean mean 50 % ± 0,5	SE ≤ 0,3
7	24	4,90	5,07 +	0,18 +
8	24	4,18	4,20 +	0,17 +
9	26	4,20	3,89 +	0,15 +
11	32	3,89	3,74 +	0,21 +
12	27	4,42	4,25 +	0,49 –

Anhand des mit Hilfe der Tab. 31 (siehe Anhang) errechneten Durchschnittswertes von 25 wurde obige Tabelle erstellt, aus der ersichtlich war, dass für die Kronen 7, 8, 9 und 11 alle Werte für die Anzahl der Einzelmessungen innerhalb der Toleranzgrenzen lagen. Bei Krone 12 wurde die Toleranzgrenze für den SE um 0,19 mm überschritten.

Tab. 5: RST 1, Serie III, Kronen 7-12, Reduktion auf bukkale und orale Messorte;
+ = Wert innerhalb der Toleranzgrenze, – = Wert außerhalb der Toleranzgrenze

Krone	Anzahl	mean 50 %	mean mean 50 % ± 0,5	SE ≤ 0,3
7	24	4,90	4,57 +	0,25 +
8	34	4,18	4,19 +	0,14 +
9	24	4,20	4,27 +	0,22 +
11	45	3,89	3,73 +	0,20 +
12	31	4,42	5,16 +	0,43 –

Bei Betrachtung nur der bukkalen und oralen Messorte ergäbe sich eine Anzahl an Einzelmessungen zwischen 24 - 45 und bei den Kronen 7, 8, 9 und 11 lagen alle Werte innerhalb der Toleranzgrenzen. Bei Krone 12 wurde die Toleranzgrenze des SE um 0,13 mm überschritten.

Serie IIIa:

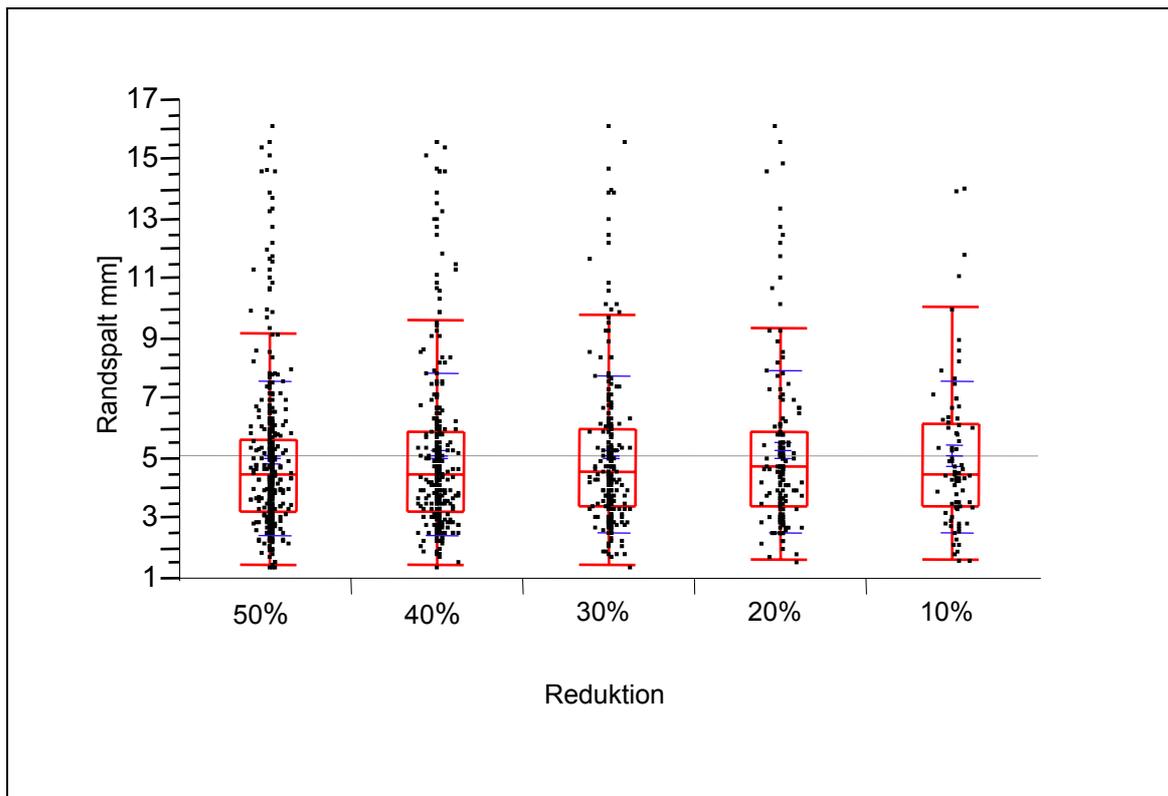


Abb. 6: Box und Whisker Plot, zur Darstellung der Reduktion von Einzelmessungen der Serie IIIa, Randspalttyp 1, RM 2

In Serie IIIa hielten sich die Werte für den *mean* und den *standard error* im Verlaufe der Reduktion nahe dem Ausgangswert von 50 % und erreichten nie die Toleranzgrenzen. Daher ergäbe sich für Untersucher D die Möglichkeit, die Datenmenge von 425 Einzelmessungen (50 %) auf 82 (10 %) zu reduzieren.

Betrachtung der einzelnen Kronen:

Tab. 6: RST 1, Serie IIIa, Kronen 1-6, RM 2;

+ = Wert innerhalb der Toleranzgrenze, – = Wert außerhalb der Toleranzgrenze

Krone	Anzahl	mean 50 %	mean mean 50 % ± 0,5	SE ≤ 0,3
1	36	6,84	7,05 +	0,71 –
2	40	3,86	3,68 +	0,18 +
3	42	4,59	4,71 +	0,21 +
4	40	5,46	5,72 +	0,38 –
6	44	4,54	5,34 –	0,33 –

Mit Hilfe des mit der Tab. 32 (siehe Anhang) errechneten Durchschnittswertes von 39 wurde die obige Tabelle erstellt. Aus ihr wurde deutlich, dass bei den Kronen 2 und 3 die Toleranzgrenzen für die so ausgewählte Anzahl an Einzelmessungen nicht überschritten wurden. Bei Krone 1 wurde die Toleranzgrenze für den *standard error* um 0,41 mm und bei Krone 4 um 0,08 mm überschritten. Für Krone 6 ergab sich eine Überschreitung beider Toleranzgrenzen, für den *mean* um 0,3 und für den SE um 0,03.

Tab. 7: RST 1, Serie IIIa, Kronen 1-6, Reduktion auf bukkale und orale Messorte;

+ = Wert innerhalb der Toleranzgrenze, – = Wert außerhalb der Toleranzgrenze

Krone	Anzahl	mean 50 %	mean mean 50 % ± 0,5	SE ≤ 0,3
1	105	6,84	4,86 –	0,17 +
2	106	3,86	3,77 +	0,10 +
3	138	4,59	4,15 +	0,11 +
4	68	5,46	5,63 +	0,36 –
6	73	4,54	4,92 +	0,18 +

Bei Betrachtung nur der bukkalen und oralen Messorte ergab sich eine Anzahl an Einzelmessungen zwischen 68 - 106. Bei den Kronen 2, 3 und 6 lagen alle Werte innerhalb der Toleranzgrenzen. Bei Krone 1 wurde die Toleranzgrenze des *mean* um 1,48 mm und bei Krone 4 die Toleranzgrenze des *standard error* um 0,06 mm überschritten.

Serie IV:

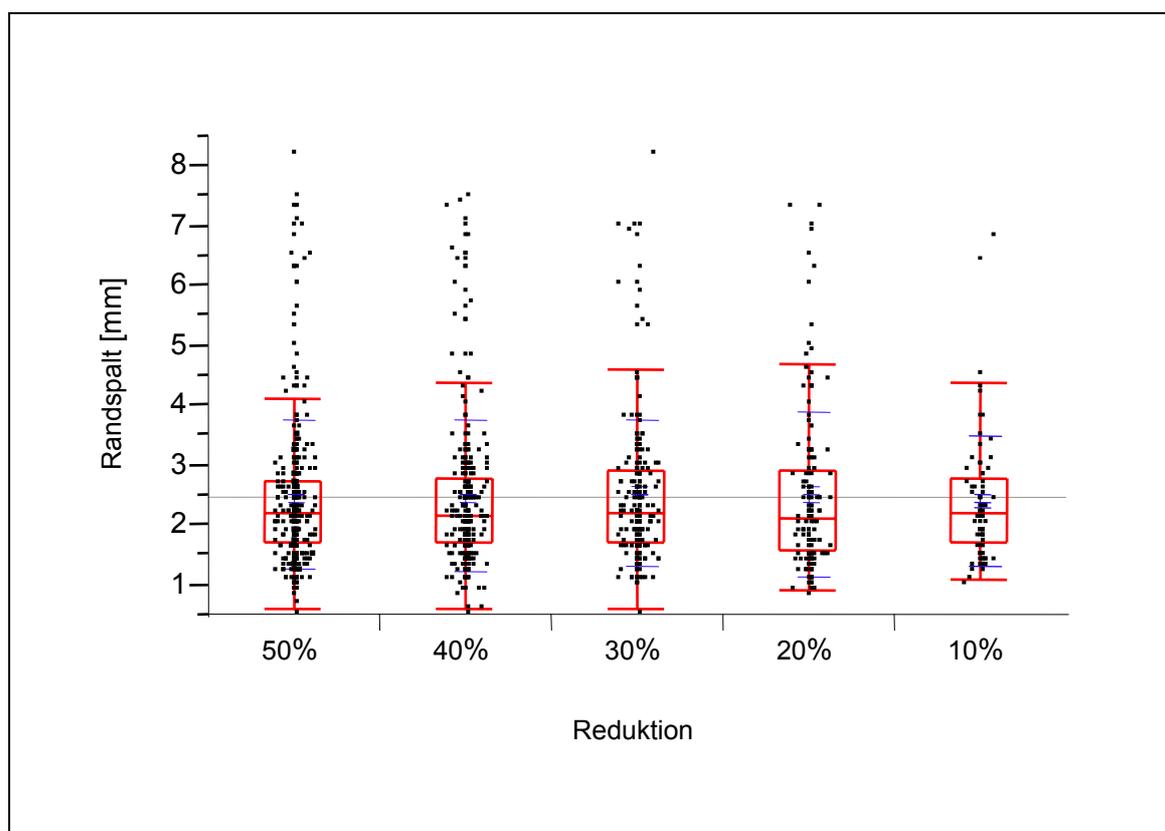


Abb. 7: Box und Whisker Plot, zur Darstellung der Reduktion von Einzelmessungen der Serie IV, Randspalttyp 1, RM 2

Auch in Serie IV erreichten die Werte für den *mean* und den *standard error* bis zu einer Reduktion von 10 % nie die Toleranzgrenzen. Für Untersucher D könnte daher die Menge an Einzelmessungen von 406 (50 %) auf 79 (10 %) reduziert werden.

Betrachtung der einzelnen Kronen:

Tab. 8: RST 1, Serie IV, Kronen 1-6, RM 2;

+ = Wert innerhalb der Toleranzgrenze, – = Wert außerhalb der Toleranzgrenze

Krone	Anzahl	mean 50 %	mean mean 50 % ± 0,5	SE ≤ 0,3
1	37	6,60	6,75 +	0,71 –
2	40	4,10	3,99 +	0,22 +
3	40	4,48	4,56 +	0,25 +
4	31	5,02	5,01 +	0,32 –
6	27	4,31	4,80 +	0,32 –

Anhand des mit der Tab. 33 (siehe Anhang) ermittelten Durchschnittswertes von 34 wurde die oben stehende Tabelle erstellt. Daraus wurde ersichtlich, dass für die Kronen 2 und 3 mit der so ausgewählten Anzahl der Einzelmessungen keine der Toleranzgrenzen überschritten wurde. Für die Kronen 1, 4 und 5 konnten Überschreitungen der Toleranzgrenze des SE deutlich gemacht werden. Bei Krone 1 betrug die Überschreitung 0,41 mm und bei den Kronen 4 und 6 jeweils 0,02 mm.

Tab. 9: RST 1, Serie IV, Kronen 1-6, Reduktion auf bukkale und orale Messorte;

+ = Wert innerhalb der Toleranzgrenze, – = Wert außerhalb der Toleranzgrenze

Krone	Anzahl	mean 50 %	mean mean 50 % ± 0,5	SE ≤ 0,3
1	104	6,60	4,65 –	0,18 +
2	114	4,10	3,94 +	0,10 +
3	127	4,48	4,00 +	0,11 +
4	46	5,02	4,19 +	0,17 +
6	63	4,31	4,39 +	0,17 +

Bei Betrachtung nur der bukkalen und oralen Messorte ergab sich eine Anzahl an Einzelmessungen zwischen 46 - 127. Bei den Kronen 2, 3, 4 und 6 lagen

alle Werte innerhalb der Toleranzgrenzen. Bei Krone 1 wurde die Toleranzgrenze des *mean* um 1,45 überschritten.

4.2.5 Reduktionsanalyse für Randspalttyp 3, Reduktionsmodus 2

Serie II:

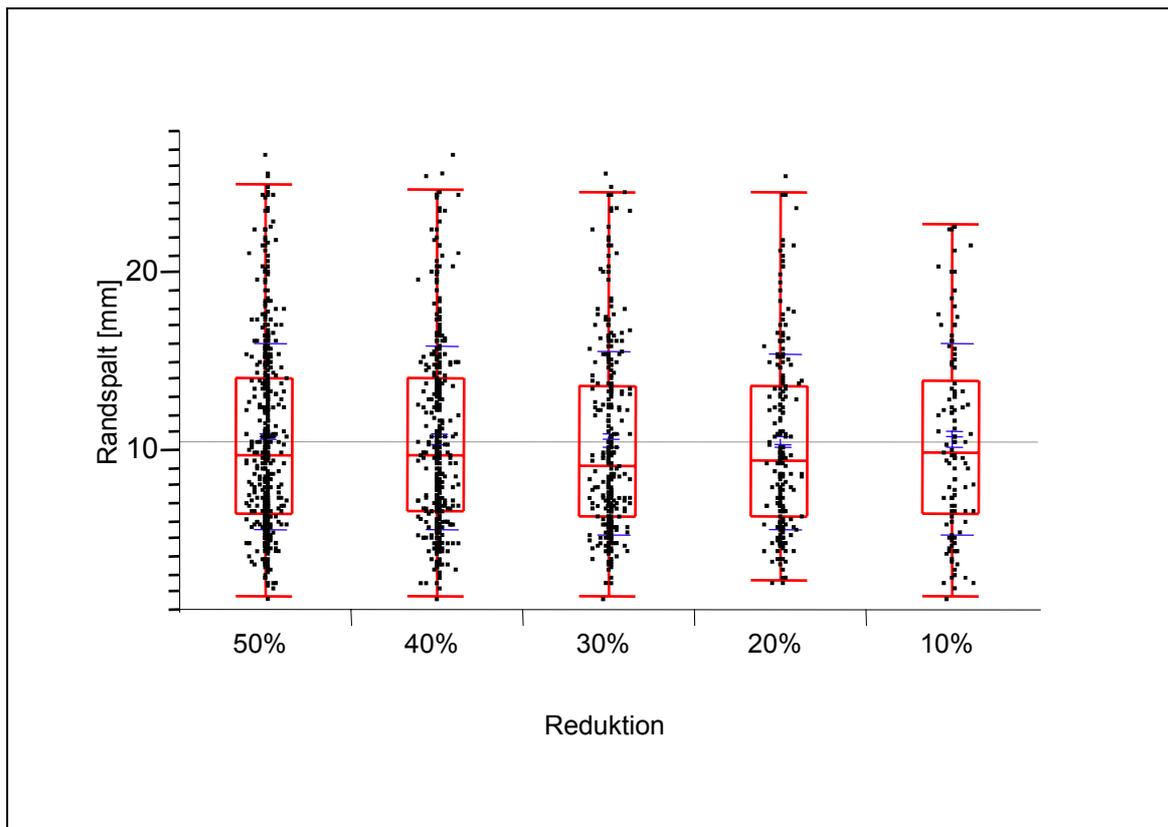


Abb. 8: Box und Whisker Plot, zur Darstellung der Reduktion von Einzelmessungen der Serie II , Randspalttyp 3, RM 2

In Serie II erreichten die Werte des *mean* und *standard error* nie auch nur annähernd die Toleranzgrenzen im Verlauf der Reduktion von 50 % nach 10 %. Daher wäre eine Reduktion der Datenmenge von 551 Einzelmessungen (50 %) auf 111 (10 %) für Untersucher D möglich.

Betrachtung der einzelnen Kronen:

Tab. 10: RST 3, Serie II, Kronen 7-12, RM 2;

+ = Wert innerhalb der Toleranzgrenze, – = Wert außerhalb der Toleranzgrenze

Krone	Anzahl	mean 50 %	mean mean 50 % ± 1,0	SE ≤ 0,7
7	64	11,24	10,54 +	0,65 +
8	68	12,67	12,68 +	0,47 +
9	66	10,84	10,49 +	0,73 –
11	70	11,09	10,95 +	0,64 +
12	58	7,32	7,22 +	0,45 +

Anhand des mit Hilfe der Tab. 34 (siehe Anhang) errechneten Durchschnittswertes von 62 wurde obige Tabelle erstellt, aus der ersichtlich wurde, dass für die Kronen 7, 8, 11 und 12 alle Werte für die Anzahl der Einzelmessungen innerhalb der Toleranzgrenzen lagen. Bei Krone 9 wurde die Toleranzgrenze für den SE um 0,03 mm überschritten.

Tab. 11: RST 3, Serie II, Kronen 7-12, Reduktion auf bukkale und orale Messorte;

+ = Wert innerhalb der Toleranzgrenze, – = Wert außerhalb der Toleranzgrenze

Krone	Anzahl	mean 50 %	mean mean 50 % ± 1,0	SE ≤ 0,7
7	64	11,24	11,25 +	0,67 +
8	72	12,67	12,07 +	0,48 +
9	60	10,84	11,38 +	0,69 +
11	71	11,09	10,87 +	0,61 +
12	61	7,32	7,63 +	0,44 +

Bei Betrachtung nur der bukkalen und oralen Messorte ergab sich eine Anzahl an Einzelmessungen zwischen 60 - 72. Bei allen Kronen lagen die Werte innerhalb der Toleranzgrenzen.

Serie III:

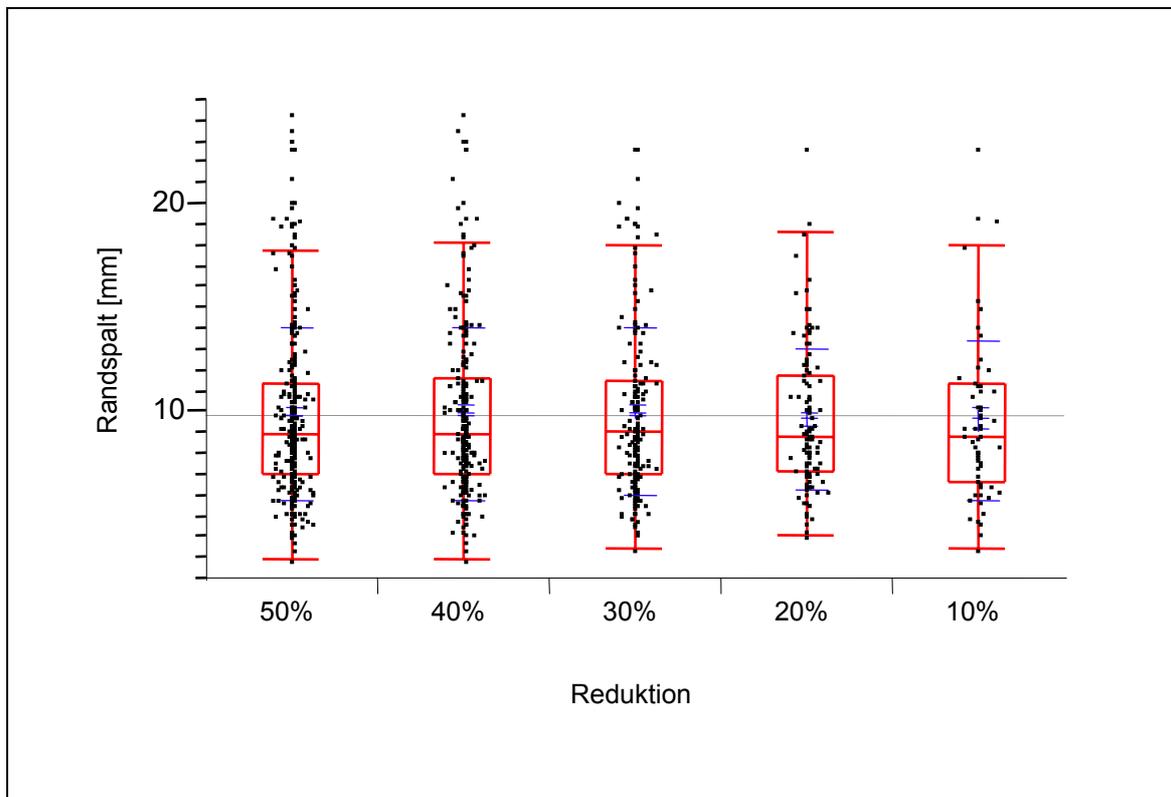


Abb. 9: Box und Whisker Plot, zur Darstellung der Reduktion von Einzelmessungen der Serie III, Randspalttyp 3, RM 2

Auch in Serie III bewegen sich die Werte für den *mean* und den *standard error* nur innerhalb der Toleranzgrenzen und erreichen diese auch beim Reduktionsniveau von 10 % nicht. Für Untersucher D könnte daher eine Verringerung der Anzahl an Einzelmessungen von 299 (50 %) auf 60 (10 %) durchgeführt werden.

Betrachtung der einzelnen Kronen:

Tab. 12: RST 3, Serie III, Kronen 7-12, RM 2;

+ = Wert innerhalb der Toleranzgrenze, – = Wert außerhalb der Toleranzgrenze

Krone	Anzahl	mean 50 %	mean mean 50 % ± 1,0	SE ≤ 0,7
7	22	10,06	9,49 +	0,57 +
8	17	8,63	8,33 +	0,59 +
9	28	13,25	13,14 +	0,91 –
11	18	10,37	10,01 +	1,18 –
12	28	7,77	7,38 +	0,42 +

Mit Hilfe des mit der Tab. 35 (siehe Anhang) errechneten Durchschnittswertes von 26 wurde die obige Tabelle erstellt. Aus ihr wurde deutlich, dass bei den Kronen 7, 8 und 12 die Toleranzgrenzen für die so ausgewählte Anzahl an Einzelmessungen nicht überschritten wurden. Bei Krone 9 wurde die Toleranzgrenze für den *standard error* um 0,21 mm und bei Krone 11 um 0,48 mm überschritten.

Tab. 13: RST 3, Serie III, Kronen 7-12, Reduktion auf bukkale und orale Messorte;

+ = Wert innerhalb der Toleranzgrenze, – = Wert außerhalb der Toleranzgrenze

Krone	Anzahl	mean 50 %	mean mean 50 % ± 1,0	SE ≤ 0,7
7	28	10,06	10,17 +	0,88 –
8	41	8,63	8,15 +	0,49 +
9	23	13,25	11,37 –	0,72 –
11	63	10,37	9,75 +	0,49 +
12	27	7,77	8,54 +	0,39 +

Bei Betrachtung nur der bukkalen und oralen Messorte ergab sich eine Anzahl an Einzelmessungen zwischen 23 - 63. Bei den Kronen 8, 11 und 12 lagen alle Werte innerhalb der Toleranzgrenzen. Bei Krone 7 wurde die Toleranzgrenze

des SE um 0,18 mm und bei Krone 9 wurden beide Toleranzgrenzen überschritten. Die des *mean* um 0,88 und die des *standard error* um 0,02.

4.2.6 Reduktionsanalyse für Randspalttyp 4, Reduktionsmodus 2

Serie IIIa:

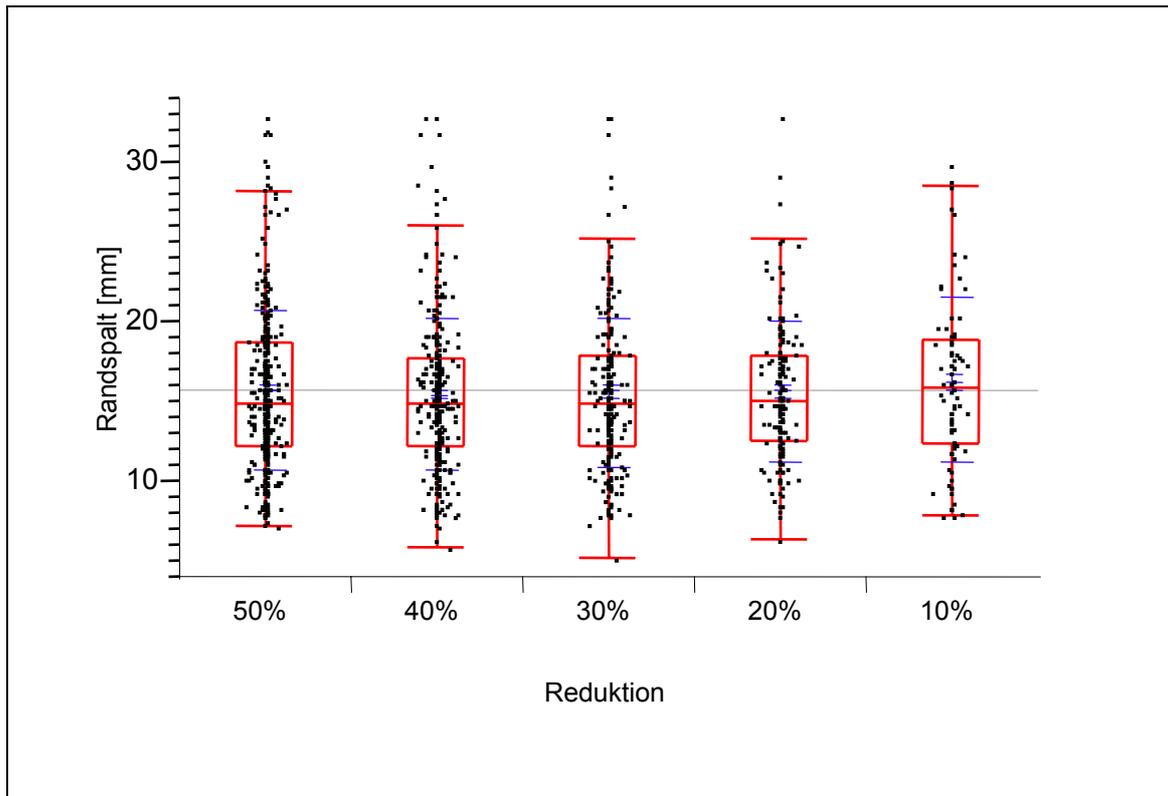


Abb. 10: Box und Whisker Plot, zur Darstellung der Reduktion von Einzelmessungen der Serie IIIa, Randspalttyp 4, RM 2

In Serie IIIa blieben die Werte für den *mean* und den *standard error* im Verlauf der Reduktion von 50 % auf 10 % innerhalb der gestellten Toleranzgrenzen und erreichten diese nicht. Dementsprechend wäre eine Verringerung der Menge an Einzelmessungen für Untersucher D von 386 (50 %) auf 79 (10 %) möglich.

Betrachtung der einzelnen Kronen:

Tab. 14: RST 4, Serie IIIa, Kronen 1-6, RM 2;

+ = Wert innerhalb der Toleranzgrenze, – = Wert außerhalb der Toleranzgrenze

Krone	Anzahl	mean 50 %	mean	SE
			mean 50 % ± 1,5	≤ 1,0
1	31	18,27	18,22 +	0,66 +
2	19	15,90	15,92 +	0,84 +
3	19	14,92	13,24 –	0,91 +
4	33	15,62	14,78 +	0,75 +
6	26	11,68	11,57 +	0,58 +

Anhand des mit der Tab. 36 (siehe Anhang) ermittelten Durchschnittswertes von 27 wurde die oben stehende Tabelle erstellt. Daraus wurde ersichtlich, dass für die Kronen 1, 2, 4 und 6 mit der so ausgewählt Anzahl der Einzelmessungen, keine der Toleranzgrenzen überschritten wurde. Für Krone 3 konnte eine Überschreitung der Toleranzgrenze des *mean* deutlich gemacht werden, diese betrug 0,18 mm.

Tab. 15: RST 4, Serie IIIa, Kronen 1-6, Reduktion auf bukkale und orale Messorte;

+ = Wert innerhalb der Toleranzgrenze, – = Wert außerhalb der Toleranzgrenze

Krone	Anzahl	mean 50 %	mean	SE
			mean 50 % ± 1,5	≤ 1,0
1	107	18,27	16,71 –	0,30 +
2	115	15,90	17,06 +	0,31 +
3	110	14,92	16,09 +	0,56 +
4	82	15,62	15,25 +	0,50 +
62	44	11,68	11,48 +	0,45 +

Bei Betrachtung nur der bukkalen und oralen Messorte ergab sich eine Anzahl an Einzelmessungen zwischen 44 - 115. Bei den Kronen 2, 3, 4 und 6 lagen

alle Werte innerhalb der Toleranzgrenzen. Bei Krone 1 wurde die Toleranzgrenze des *mean* um 0,06 mm überschritten.

Serie IV:

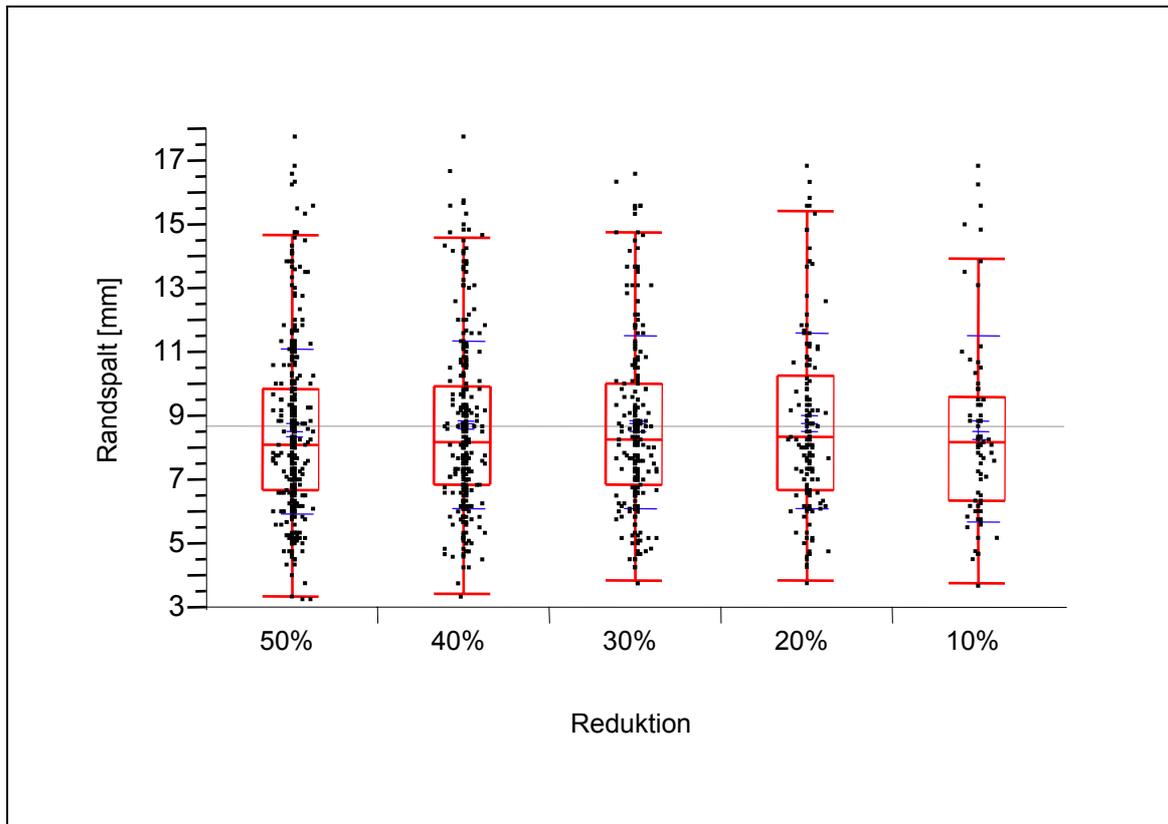


Abb. 11: Box und Whisker Plot, zur Darstellung der Reduktion von Einzelmessungen der Serie IV, Randspalttyp 4, RM 2

Auch in Serie IV ergaben sich bei allen Reduktionsstufen keine auffallenden Änderungen der Werte des *mean* und des SE. Für Untersucher D ergab sich daher die Möglichkeit der Reduktion der Anzahl an Einzelmessungen von 391 (50 %) auf 73 (10 %).

Betrachtung der einzelnen Kronen:

Tab. 16: RST 4, Serie IV, Kronen 1-6, RM 2;

+ = Wert innerhalb der Toleranzgrenze, – = Wert außerhalb der Toleranzgrenze

Krone	Anzahl	mean 50 %	mean mean 50 % ± 1,5	SE ≤ 1,0
1	34	20,94	21,64 +	0,94 +
2	18	16,76	16,98 +	0,68 +
3	32	17,30	17,77 +	1,13 –
4	30	15,62	16,07 +	0,79 +
6	24	11,79	12,49 +	0,83 +

Mit Hilfe des mit der Tab. 37 (siehe Anhang) errechneten Durchschnittswertes von 27 wurde die obige Tabelle erstellt. Aus ihr wurde deutlich, dass bei den Kronen 1, 2, 4 und 6 die Toleranzgrenzen für die so ausgewählte Anzahl an Einzelmessungen nicht überschritten wurden. Bei Krone 3 wurde die Toleranzgrenze für den *standard error* um 0,13 mm überschritten.

Tab. 17: RST 4, Serie IV, Kronen 1-6, Reduktion auf bukkale und orale Messorte;

+ = Wert innerhalb der Toleranzgrenze, – = Wert außerhalb der Toleranzgrenze

Krone	Anzahl	mean 50 %	mean mean 50 % ± 1,5	SE ≤ 1,0
1	105	20,94	19,52 +	0,52 +
2	108	16,76	16,66 +	0,36 +
3	107	17,30	17,07 +	0,43 +
4	71	15,62	17,25 –	0,54 +
6	42	11,79	10,92 +	0,37 +

Bei Betrachtung nur der bukkalen und oralen Messorte ergab sich eine Anzahl an Einzelmessungen zwischen 42 - 108. Bei den Kronen 1, 2, 3 und 6 lagen alle Werte innerhalb der Toleranzgrenzen. Bei Krone 4 wurde die Toleranzgrenze des *mean* um 0,13 mm überschritten.

5 Diskussion

Ausgehend von den Ergebnissen Grotens 1998, anderer Studien (Denner 2003; Gemalmaz et al. 1997; Moore et al. 1985) und den Ergebnissen aus den Untersuchungen des *external marginal gap* ist mit einer Vergrößerung des Randspaltes durch den Vorgang des Zementierens zu rechnen.

Betrachtete man die Rohdaten für den *external marginal gap* (Randspalttyp 1), hatte das Zementieren eine Vergrößerung des Randspaltes im mittleren Serienwert von ca. 1 mm für Serie III und von etwa 2 mm für die Serien IIIa und IV zur Folge.

Es zeigte sich auch deutlich der Einfluss des Zementierens der Krone auf die Menge an verwertbaren Randspaltmessungen.

Für die zementierten Serien III, IIIa und IV ergaben sich deutlich höhere Zahlen an nicht verwertbarer Information N, da das Messen des Randspaltes oft durch Zementmaterial unmöglich gemacht wurde. Derselbe Effekt wurde auch schon anderweitig in der Literatur erwähnt (Groten 1998; Denner 2003).

Auch für die Randzone (Randspalttyp 3) ergab sich im Vergleich der nicht zementierten Serie II zur zementierten Serie III ein deutlicher Verlust an Information durch das Zementieren.

Das vornehmliche Ziel der Untersuchung war, die Aussagen Grotens über die Praktikabilität und die damit verbundene Aufwandsreduktion von zirkulären Randspaltuntersuchungen zu hinterfragen bzw. zu bestätigen. Groten sagte, dass die Ergebnisqualität von Messungen des *external marginal gap* nicht wesentlich beeinträchtigt wird, wenn statt über 200 Einzelmessungen nur 25 % davon, etwa 50 Einzelmessungen pro Randspalt erhoben wurden. Auch spielte es keine Rolle ob diese 50 Einzelmessungen in regelmäßigen Abständen oder randomisiert erhoben würden (Groten 1998).

Daher wurden in dieser Arbeit zur Bestätigung der beobachteten Effekte und zur Gewinnung neuer Erkenntnisse nochmals der *external marginal gap* (Rand-

spalttyp 1) und zwei weitere Randspalttypen (Typ 3 - die Randzone und Typ 4 - *clinical marginal gap*) untersucht.

Reduktionsmodus 1 wurde an den Kronen nur in ihrer Gesamtheit als Serie durchgeführt, da die Ergebnisse für Reduktionsmodus 2 auf die zu erwarteten Ergebnisse für RM 1 übertragbar sind. Sie schließen Reduktionsmodus 1 nämlich als Sonderform von Reduktionsmodus 2 ein. Daher wurde eine Untersuchung der einzelnen Kronen jeder Serie als unnötig erachtet.

Für Reduktionsmodus 1 schien für alle drei Randspalttypen und für jede Serie, ob zementiert oder nicht, eine Reduktion auf 10 % der Ausgangsdatenmenge erreichbar, wenn man nicht von Krone zu Krone unterscheidet.

Bei Betrachtung des Reduktionsmodus 2 zeigte auch hier die Reduktion der Serie für Randspalttyp 1, 3 und 4 und die Serien II, III, IIIa und IV eine Reduzierbarkeit auf 10 %. Da die Passung von Kronen, die nach demselben Vorgehen alle gleich erstellt wurden, mutmaßlich ähnlich ist und damit die Kronen nicht wirklich unabhängig sind, würde die Reduktion in der Serie als eine erste Näherung genommen. Für Modus 2 aber, der für einen noch geringeren Arbeitsaufwand beim Erheben von Daten für eine zirkuläre Randspaltmessung steht und hier das Hauptanliegen lag, die Ergebnisse Grotens zu bestätigen, wurden die einzelnen Kronen der Serien untersucht.

In Serie II, Randspalttyp 1, wurden die nicht zementierten Kronen 7, 8, 9, 11 und 12 zusammengefasst.

Für diese Serie wurde ein Durchschnittswert an Einzelmessungen von 47 errechnet. Bei den Kronen 7, 9, 11 und 12 lagen die Werte für den *mean* und den *standard error* der Anzahlen an Einzelmessungen (siehe Tab. 2, Ergebnisse), die diesem Durchschnittswert am Nächsten kamen, innerhalb der gesetzten Toleranzgrenzen. Bei Krone 8 wurde das Toleranzlimit für den SE ($\leq 0,3$) um 0,07 mm überschritten, was als Fehler vernachlässigbar war, da es lediglich um einen realen Fehler von weniger als 1 μm ging.

Daher bestätigte sich für Serie II, RST 1 die Aussage Grotens, dass ca. 50 zufällig ausgewählte Einzelmessungen ausreichen, um ein hinreichend verlässliches Ergebnis für den Randspalt zu bekommen.

Zur Serie III, Randspalttyp 1 gehörten die zementierten Kronen 7, 8, 9, 11 und 12.

Hier war zu beachten, dass die Messungen am Randspalt zementierter Kronen erhoben wurden. Grotens stellte 1998 fest, dass bei zementierten Kronen eventuell eine höhere Anzahl, also etwa 50 plus 20 Messungen, ausgewählt werden sollte, um den Informationsverlust, der durch „nicht messbare“ Messorte entstand, auszugleichen, und so einen Datensatz von ca. 50 verwertbaren Einzelmessungen zu erhalten.

Für diese Serie wurde ein Durchschnittswert an Einzelmessungen von 25 errechnet. Bei den Kronen 7, 8, 9 und 11 lagen die Werte für den *mean* und den *standard error* der Anzahlen an Einzelmessungen (siehe Tab. 4, Ergebnisse), die diesem Durchschnittswert am Nächsten kamen, innerhalb der Toleranzgrenzen. Bei Krone 12 wurde das Toleranzlimit für den SE ($\leq 0,3$) um 0,19 mm überschritten. Diese Überschreitung war zu vernachlässigen, da kleiner als 2 μm real und die Anzahl an Einzelmessungen deutlich unter den zu beweisenden ca. 50 Einzelmessungen Grotens lag und bei einer Anzahl an Einzelmessungen von ca. 50 die Toleranzgrenzen gewahrt waren.

So ließ sich für Serie III, RST 1 die Aussage Grotens bestätigen, dass ca. 50 zufällig ausgewählte Einzelmessungen ausreichen, um ein hinreichend verlässliches Ergebnis für den Randspalt zu bekommen.

Zu Serie IIIa, Randspalttyp 1 gehörten die zementierten Kronen 1, 2, 3, 4 und 6. Auch hier galt zu beachten, dass eventuell mehr als 50 Messungen wegen des erhöhten Informationsverlustes durch das Zementieren zu erheben wären, um einen Datensatz von ca. 50 verwertbaren Messungen zu erhalten.

Für diese Serie wurde ein Durchschnittswert an Einzelmessungen von 39 errechnet. Bei den Kronen 2 und 3 lagen die Werte für den *mean* und den *standard error* der Anzahlen an Einzelmessungen (siehe Tab. 6, Ergebnisse), die

diesem Durchschnittswert am nächsten kamen, innerhalb der Toleranzgrenzen.

Bei Krone 1 wurde bei 36 Einzelmessungen das Toleranzlimit für den SE ($\leq 0,3$) um 0,41 mm überschritten. Diese Zahl an Einzelmessungen liegt wieder unter der von Groten geforderten Anzahl von ca. 50 Einzelmessung. Bei ca. 50 Einzelmessungen wurde der SE um 2,6 μm überschritten, was unter klinischen Aspekten immer noch als geringer realer Fehler zu vernachlässigen war.

Dasselbe galt auch für Krone 6, bei der beide Toleranzgrenzen bei 44 Einzelmessungen überschritten wurden, das Toleranzlimit für den *mean* ($\pm 0,5$) um 0,3 mm und das des SE ($\leq 0,3$) um 0,03, was beides als geringer realer Fehler vernachlässigbar war. Bei ca. 50 Einzelmessungen wurden die Toleranzgrenzen nicht überschritten

Bei Krone 4 ergab sich eine Überschreitung für das Toleranzlimit des SE ($\leq 0,3$) um 0,08 mm. Auch diese Überschreitung war ob der geringen Größe vernachlässigbar. Somit ließ sich für Serie IIIa, Randspalttyp 1 die Aussage Groten bestätigen, dass ca. 50 zufällig ausgewählte Einzelmessungen ausreichen, um ein hinreichend verlässliches Ergebnis für den Randspalt zu bekommen.

Zu Serie IV, Randspalttyp 1 gehörten die zementierten Kronen 1, 2, 3, 4 und 6. Wieder galt zu beachten, dass eventuell mehr als 50 Messungen wegen des erhöhten Informationsverlustes durch das Zementieren zu erheben wären.

Für diese Serie wurde ein Durchschnittswert an Einzelmessungen von 34 errechnet. Bei den Kronen 2 und 3 lagen die Werte für den *mean* und den *standard error* der Anzahlen an Einzelmessungen (siehe Tab. 8, Ergebnisse), die diesem Durchschnittswert am nächsten kamen, innerhalb der gesetzten Toleranzgrenzen.

Bei den Kronen 4 und 6 ergab sich jeweils eine Überschreitung des Toleranzlimits des SE ($\leq 0,3$) um 0,02 mm. Diese Überschreitungen waren ob der geringen Größe vernachlässigbar.

Bei Krone 1 wurde das Toleranzlimit des SE ($\leq 0,3$) um 0,41 mm bei 37 Einzelmessungen überschritten. Diese Zahl an Einzelmessungen lag wieder unter der von Groten geforderten Anzahl von ca. 50 Einzelmessung.

Bei ca. 50 Einzelmessungen wurde das Toleranzlimit des SE ($\leq 0,3$) um $2,6 \mu\text{m}$ überschritten, was als realer Fehler unter klinischen Aspekten immer noch vernachlässigbar gering ist.

Somit ließ sich für Serie IV, Randspalttyp 1 die Aussage Grotens bestätigen, dass ca. 50 zufällig ausgewählte Einzelmessungen ausreichen, um ein hinreichend verlässliches Ergebnis für den Randspalt zu bekommen.

Zu Serie II, Randspalttyp 3 gehörten wieder die nicht zementierten Kronen 7, 8, 9, 11 und 12.

Für diese Serie wurde ein Durchschnittswert an Einzelmessungen von 62 errechnet. Bei den Kronen 7, 8, 11 und 12 lagen die Werte für den *mean* und den *standard error* der Anzahlen an Einzelmessungen (siehe Tab. 10, Ergebnisse), die diesem Durchschnittswert am nächsten kamen, innerhalb der gesetzten Toleranzgrenzen.

Bei Krone 9 wurde das Toleranzlimit des SE ($\leq 0,7$) um $0,03 \text{ mm}$ überschritten, was als Fehler vernachlässigbar war.

Trotzdem ließ sich für Serie II, Randspalttyp 3 die Aussage Grotens, dass ca. 50 Messungen ausreichen, und dass der reduzierte Datensatz dem vollständigen Datensatz entspräche, nicht bestätigen, da die errechneten Anzahlen für die Einzelmessungen mit 58 - 70 (siehe Tab.18, Ergebnisse) deutlich über den geforderten 50 Messungen lagen.

Zur Serie III, Randspalttyp 3 gehörten die zementierten Kronen 7, 8, 9, 11 und 12.

Wieder galt zu beachten, dass die Messungen am Randspalt zementierter Kronen erhoben wurden und daher eventuell eine höhere Anzahl von etwa 50 plus 20 Messorten ausgewählt werden sollte, um einen Informationsverlust durch „nicht messbare Messungen“ auszugleichen und so einen Datensatz von ca. 50 verwertbaren Einzelmessungen zu erhalten.

Für diese Serie wurde ein Durchschnittswert an Einzelmessungen von 25 errechnet. Bei den Kronen 7, 8 und 12 lagen die Werte für den *mean* und den *standard error* der Anzahlen an Einzelmessungen (siehe Tab. 12, Ergebnisse),

die diesem Durchschnittswert am nächsten kamen, innerhalb der Toleranzgrenzen.

Bei Krone 9 wurde das Toleranzlimit des SE ($\leq 0,7$) um 0,21 mm überschritten, was als geringer realer Fehler von 2,1 μm vernachlässigbar war.

Krone 11 überschritt das Toleranzlimit des SE ($\leq 0,7$) mit 0,48 mm. Diese Überschreitung war zu vernachlässigen, da die Anzahl an Einzelmessungen deutlich unter den zu beweisenden 50 Einzelmessungen Groten lag und bei einer Anzahl an Einzelmessungen von ca. 50 die Toleranzgrenzen gewahrt waren.

Daher ließ sich für Serie III, Randspalttyp 3 die Aussage Groten bestätigen, dass ca. 50 zufällig ausgewählte Einzelmessungen ausreichen um ein hinreichend verlässliches Ergebnis für den Randspalt zu bekommen.

Insgesamt zeigte sich Randspalttyp 3 als zu inhomogen in seiner Reduktion, um verlässliche Aussagen über den Randspalt machen zu können.

Schon Groten schloss Randspalttyp 3 von vornherein von seinem Versuch der Reduktion aus, da er sich als nicht reliabel erwies und er nicht-verlässliche Messungen a priori als nicht-praktikabel ansah (Groten 1998). Hartmann 2006 hat das im wesentlichen bestätigt. Nur unter Inkaufnahme von Fehlertoleranzen, die deutlich über den vorformulierten liegen, sind Typ 3 - Messungen verlässlich.

In Serie IIIa, Randspalttyp 4 wurden die zementierten Kronen 1, 2, 3, 4 und 6 zusammengefasst.

Wieder galt zu beachten, dass eventuell mehr als 50 Messungen wegen des erhöhten Informationsverlustes durch das Zementieren zu erheben wären.

Für diese Serie wurde ein Durchschnittswert an Einzelmessungen von 27 errechnet. Bei den Kronen 1, 2, 4 und 6 lagen die Werte für den *mean* und den *standard error* der Anzahlen an Einzelmessungen (siehe Tab. 14, Ergebnisse), die diesem Durchschnittswert am Nächsten kamen, innerhalb der gesetzten Toleranzgrenzen.

Bei Krone 3 wurde das Toleranzlimit des *mean* ($\pm 1,5$) um 0,18 mm überschritten, was als geringer realer Fehler vernachlässigbar war, da mit einer deutlich

kleineren Datenmenge als die geforderten 50 Einzelmessungen gerechnet wurde. Bei ca. 50 Einzelmessungen wurden die Toleranzgrenzen gewahrt.

Daher ließ sich für Serie IIIa, Randspalttyp 4 die Aussage Grotens bestätigen, dass ca. 50 Messungen ausreichen, um ein hinreichend verlässliches Ergebnis für den Randspalt zu bekommen

In Serie IV, Randspalttyp 4 wurden die zementierten Kronen 1, 2, 3, 4 und 6 zusammengefasst.

Wieder galt zu beachten, dass eventuell mehr als 50 Messungen wegen des erhöhten Informationsverlustes durch das Zementieren zu erheben wären. Auch die veränderte Vergrößerung auf 50-fach durfte nicht außer Acht gelassen werden.

Für diese Serie wurde ein Durchschnittswert an Einzelmessungen von 27 errechnet. Bei den Kronen 1, 2, 4 und 6 lagen die Werte für den *mean* und den *standard error* der Anzahlen an Einzelmessungen (siehe Tab. 16, Ergebnisse), die diesem Durchschnittswert am Nächsten kamen, innerhalb der gesetzten Toleranzgrenzen.

Bei Krone 3 wurde das Toleranzlimit des *standard error* ($\leq 1,0$) um 0,13 mm überschritten, was zu vernachlässigen war, da der Fehler weniger als 2 μm real war. Bei einem Datensatz von ca. 50 wurden die Toleranzgrenzen gewahrt.

Daher ließ sich für Serie IV, Randspalttyp 4 die Aussage Grotens bestätigen, dass ca. 50 Messungen ausreichen, um ein hinreichend verlässliches Ergebnis für den Randspalt zu bekommen.

Für Randspalttyp 4 ließ sich die Aussage Grotens, mit ca. 50 Einzelmessungen eine hinreichend verlässliche Aussage über den Kronenrandspalt machen zu können, bestätigen.

Grotens untersuchte den Randspalttyp 4 nicht, daher liegen von ihm keine Erkenntnisse über die Reliabilität desselben vor.

Um eine mögliche klinische Relevanz der angewandten Randspaltuntersuchungsmethode darzustellen, wurde noch eine Untersuchung nur der bukkal

und oral liegenden Messorte an den Messmarken 1, 2, 3, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 19, 20 und 21 der Kronen aller Serien durchgeführt.

Der bukkal und oral gelegene Kronenrandspalt wäre am Patienten wesentlich leichter zu messen, da die interdental gelegenen Randspaltabschnitte einer Untersuchung nicht zugänglich sind.

Für die Kronen der Serie II, Randspalttyp 1 würden bei oben angeführter Untersuchung die Werte für die Toleranzgrenzen des *mean* und *standard errors* nicht überschritten (siehe Tab. 3, Ergebnisse).

Für die Kronen 7, 8, 9 und 11 der Serie III, Randspalttyp 1, würden bei oben angeführter Untersuchung die Werte für die Toleranzgrenzen des *mean* und *standard errors* nicht überschritten. Bei Krone 12 wurde das Toleranzlimit des *standard error* ($\leq 0,3$) um 0,13 mm überschritten, was als geringer realer Fehler vernachlässigbar war, bei einer Anzahl an Einzelmessungen von 31 (siehe Tab. 5, Ergebnisse).

Für die Kronen 2, 3 und 6 der Serie IIIa, Randspalttyp 1 würden bei oben angeführter Untersuchung die Werte für die Toleranzgrenzen des *mean* und *standard errors* nicht überschritten. Bei Krone 1 wurde die Toleranzgrenze des *mean* um 1,48 mm überschritten, bei einer Anzahl an Einzelmessungen von 105. Bei Krone 4 wurde die Toleranzgrenze des *standard error* um 0,06 mm überschritten, bei einer Anzahl an Einzelmessungen von 68 (siehe Tab. 7, Ergebnisse).

Für die Kronen 2, 3, 4 und 6 der Serie IV, Randspalttyp 1, würden bei oben angeführter Untersuchung die Werte für die Toleranzgrenzen des *mean* und *standard errors* nicht überschritten. Bei Krone 1 wurde das Toleranzlimit des *mean* ($\pm 0,5$) um 1,45 mm überschritten, bei einer Anzahl an Einzelmessungen von 104 (siehe Tab. 9, Ergebnisse).

Für die Kronen der Serie II, Randspalttyp 3 würden bei oben angeführter Untersuchung die Werte für die Toleranzgrenzen des *mean* und *standard errors* nicht überschritten (siehe Tab. 11, Ergebnisse).

Für die Kronen 8, 11 und 12 der Serie III, Randspalttyp 3 würden bei oben angeführter Untersuchung die Werte für die Toleranzgrenzen des *mean* und *standard errors* nicht überschritten. Bei Krone 7 wurde das Toleranzlimit des SE ($\leq 0,7$) um 0,18 mm überschritten. Dies war als geringer realer Fehler vernachlässigbar, bei einer Anzahl an Einzelmessungen von 28.

Bei Krone 9 wurde das Toleranzlimit des *standard error* ($\leq 0,7$) um 0,02 mm und das des *mean* ($\pm 1,0$) um 0,88 überschritten, bei einer Anzahl an Einzelmessungen von 23 (siehe Tab. 13, Ergebnisse).

Für die Kronen 2, 3, 4 und 6 der Serie IIIa, Randspalttyp 4 würden bei oben angeführter Untersuchung die Werte für die Toleranzgrenzen des *mean* und *standard errors* nicht überschritten. Bei Krone 1 wurde das Toleranzlimit des *mean* ($\pm 1,5$) um 0,06 mm überschritten, wegen der geringen Größe vernachlässigbar, bei einer Anzahl an Einzelmessungen von 107 (siehe Tab. 15, Ergebnisse).

Für die Kronen 1, 2, 3, und 6 der Serie IV, Randspalttyp 4 würden bei oben angeführter Untersuchung die Werte für die Toleranzgrenzen des *mean* und *standard errors* nicht überschritten. Bei Krone 4 wurde das Toleranzlimit des *mean* ($\pm 1,5$) um 0,13 mm überschritten, wegen der geringen Größe vernachlässigbar bei einer Anzahl an Einzelmessungen von 71 (siehe Tab. 17, Ergebnisse).

Eine nur auf die bukkalen und oralen Messorte reduzierte Untersuchung des Randspalttyp 1 würden nur die Kronen der Serie II ohne Übertretungen der Toleranzgrenzen zulassen.

Bei den Serien III, IIIa und IV lagen - teils deutliche - Überschreitungen der einen oder anderen Toleranzgrenze bei sehr unterschiedlichen Anzahlen an Einzelmessungen vor.

Dasselbe Ergebnis ergab sich auch für die Untersuchung des Randspalttyp 3.

Daraus ließ sich schließen, dass eine Reduktion der zu erhebenden Messungen nur auf die oral und bukkal gelegenen Messorte nur für nicht zementierte Kronen die gleiche Aussagekraft hat, wie der vollständig erhobene Datensatz.

Bei Randspalttyp 4 ergaben sich, ob der geringen Größe von 0,6 µm und 1,3 µm vernachlässigbare Überschreitungen der Toleranzgrenzen. Daraus ließ sich der Schluss ziehen, dass für den *clinical marginal gap* eine Reduktion auf die bukkal und oral gelegenen Messorte möglich wäre.

Da RS 4 nur an zementierten Kronen erhoben wurde, ließ sich keine Aussage darüber machen, wie es sich mit nur bukkal und oral erhobene Messungen für RS 4 an nicht zementierten Kronen verhalten hätte.

6 Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zum Thema Praktikabilität von zirkulären Kronenrandspaltnmessungen an vollkeramischen Kronen lassen folgende Schlüsse oder Hypothesen zu:

- ein auf ca. 50 Einzelmessungen reduzierter Datensatz ergibt ein hinreichend zuverlässiges Ergebnis *external marginal gap* (Randspalttyp 1). Dabei spielt es keine Rolle, ob die Kronen zementiert sind oder nicht. Messungen des *external marginal gap* sind daher praktikabel.
- die Aussagekraft eines auf ca. 50 zufällig bestimmte Einzelmessungen reduzierten Datensatzes von Randspalttyp 3 erwies sich gegenüber der des vollständigen Datensatzes für die Randzone als unzuverlässig. Messungen der Randzone sind offensichtlich nicht praktikabel.
- ein auf ca. 50 zufällig bestimmte Einzelmessungen reduzierter Datensatz ergibt ein hinreichend zuverlässiges Ergebnis für den *clinical marginal gap* (Randspalttyp 4). Messungen des *clinical marginal gap* sind daher praktikabel.
- ein hinreichend zuverlässiges Ergebnis bei bukkal und oral erhobenen Daten ergibt sich für den *external marginal gap* und die Randzone nur für nicht-zementierte Kronen .
- eine Erhebung von Daten an nur bukkal und oral gelegenen Messorten ergibt für den *clinical marginal gap* ein hinreichend zuverlässiges Ergebnis.

7 Zusammenfassung

Für eine Aussage über die Qualität einer Krone spielt die Größe des Randspaltes zwischen Krone und Stumpf seit jeher eine bedeutende Rolle.

Mit welchen Methoden sich der Randspalt am besten messen lässt und ob diese Methoden auch praktikabel sind, wurde bisher nur wenig erforscht.

Ziel dieser Arbeit war daher, die Praktikabilität von zirkulären Randspaltmessungen an vollkeramischen Kronen zu ergründen.

Anhand von einer Stichprobe von 10 vollkeramischen Kronen, aufgeteilt in die Serien II, III, IIIa und IV, wurden drei Randspalttypen (Typ 1 - *external marginal gap*, Typ 3 - Randzone und Typ 4 - *clinical marginal gap*) im Rasterelektronenmikroskop untersucht.

Die Kronen der Serie II waren nicht zementiert und wurden auf den Randspalttyp 1 und 3 untersucht. Fortlaufend zirkulär wurde jeder Kronenrandspalt alle 200 µm vermessen, bei einer 100-fachen Vergrößerung.

Die Kronen der Serien III, IIIa und IV waren zementiert. Die Serie III wurde auf Randspalttyp 1 und 3 zirkulär fortlaufend alle 200 µm untersucht.

Serie IIIa wurde auf Randspalttyp 1 und 4 fortlaufend zirkulär alle 100 µm vermessen. Beide Serien wurden bei 100-facher Vergrößerung untersucht.

Die Kronen der Serie IV wurden bei 50-facher Vergrößerung alle 100 µm vermessen.

Anschließend wurde für jede Serie und deren Kronen eine Reduktionsanalyse der erhobenen Daten durchgeführt, um so die Praktikabilität zu evaluieren. Dazu wurde die Anzahl an Einzelmesswerten pro Serie und/ oder Krone durch zwei Modi reduziert: Reduktionsmodus 1 (RM 1) bedeutete eine lineare Reduktion durch Vergrößern der Messabstände und Reduktionsmodus2 (RM 2) eine randomisierte, absteigende Auswahl an Messorten.

RM 1, der eine Sonderform von RM 2 darstellt, wurde nur an der jeweiligen Serie durchgeführt. In der Serie konnte eine Reduktion auf 10 % des vollständigen Datensatzes durchgeführt werden.

Da RM 2 der wertigere - da effektiver in der Aufwandsreduktion - war und seine Ergebnissen auf RM 1 übertragbar sind, wurden hier die einzelnen Kronen der Serien reduziert und untersucht.

Für den *external marginal gap* (RST 1) konnte ermittelt werden, dass ca. 50 Einzelmessungen pro Krone ein hinreichend zuverlässiges Ergebnis für den Randspalt ergeben. Es spielt dabei keine Rolle, ob die Kronen nicht zementiert oder zementiert sind. Daher sind Messungen des *external marginal gap* praktikabel. Die Randzone (RST 3) erwies sich als unzuverlässig und damit als nicht praktikabel zur Beurteilung eines Randspaltes.

Der *clinical marginal gap* (RST 4) erwies sich bei Reduktion auf ca. 50 Einzelmessungen pro Krone als hinreichend zuverlässig zur Ermittlung der Randspaltgröße. Messungen des *clinical marginal gap* sind daher praktikabel.

Zusätzlich wurde noch eine Reduktion der Einzelmessungen auf nur bukkal und oral gelegene Messorte im Sinne RM 2 durchgeführt, um die klinische Relevanz der Randspalttypen zu testen.

Dabei ergab sich, dass eine aussagekräftige Reduktion auf nur bukkal und oral erhobene Daten für Randspalttyp 1 und 3 nur für nicht zementierte Kronen zuverlässig ist und eine Erhebung von Daten an nur bukkal und oral gelegenen Messorten für Randspalttyp 4 zuverlässig ist.

8 Anhang

Tab. 18: Randspalttyp (RST) 1, Serie II, RM 1

	Untersucher D		
Reduktions- stufe	Anzahl	mean mean 50 % ± 0,5	SE ≤ 0,3
50 %	549	3,39	0,08
40 %	444	3,35	0,09
30 %	334	3,34	0,11
20 %	222	3,34	0,13
10 %	111	3,38	0,19

Tab. 19: RST 1, Serie III, RM 1

	Untersucher D		
Reduktions- stufe	Anzahl	mean mean 50 % ± 0,5	SE ≤ 0,3
50 %	254	4,18	0,08
40 %	202	4,15	0,09
30 %	149	4,11	0,10
20 %	100	4,13	0,13
10 %	53	4,11	0,16

Tab. 20: RST 1, Serie IIIa, RM 1

	Untersucher D		
Reduktions- stufe	Anzahl	mean mean 50 % ± 0,5	SE ≤ 0,3
50 %	410	5,07	0,12
40 %	326	5,03	0,13
30 %	247	5,04	0,16
20 %	168	5,07	0,19
10 %	85	5,20	0,28

Tab. 21: RST 1, Serie IV, RM 1

	Untersucher D		
Reduktions- stufe	Anzahl	mean mean 50 % \pm 0,5	SE \leq 0,3
50 %	404	2,43	0,06
40 %	327	2,45	0,07
30 %	246	2,48	0,08
20 %	165	2,49	0,10
10 %	80	2,52	0,14

Tab. 22: RST 3, Serie II, RM 1

	Untersucher D		
Reduktions- stufe	Anzahl	mean mean 50 % \pm 1,0	SE \leq 0,7
50 %	553	10,66	0,22
40 %	443	10,68	0,24
30 %	333	10,70	0,29
20 %	227	10,62	0,35
10 %	117	11,00	0,53

Tab. 23: RST 3, Serie III, RM 1

	Untersucher D		
Reduktions- stufe	Anzahl	mean mean 50 % \pm 1,0	SE \leq 0,7
50 %	299	9,91	0,24
40 %	238	10,04	0,27
30 %	179	10,09	0,31
20 %	120	9,97	0,38
10 %	58	10,22	0,58

Tab. 24: RST 4, Serie IIIa, RM 1

	Untersucher D		
Reduktions- stufe	Anzahl	mean mean 50 % ± 1,5	SE ≤ 1,0
50 %	379	15,62	0,24
40 %	306	15,56	0,27
30 %	227	15,48	0,32
20 %	153	15,38	0,40
10 %	77	15,32	0,59

Tab. 25: RST 4, Serie IV, RM 1

	Untersucher D		
Reduktions- stufe	Anzahl	mean mean 50 % ± 1,5	SE ≤ 1,0
50 %	392	8,59	0,14
40 %	317	8,58	0,15
30 %	238	8,61	0,17
20 %	157	8,60	0,21
10 %	78	8,68	0,30

Tab. 26: Randspalttyp 1, Serie II, Krone 7, RM 2

	Untersucher D		
Reduktions- stufe	Anzahl	mean ± 0,5	SE ≤ 0,3
50 %	126	4,03	0,14
40 %	99	4,04	0,16
30 %	78	4,06	0,18
20 %	51	4,00	0,23
10 %	24	4,30	0,36

Tab. 27: Randspalttyp 1, Serie II, Krone 8, RM 2

	Untersucher D		
Reduktions- stufe	Anzahl	mean $\pm 0,5$	SE $\leq 0,3$
50 %	95	5,08	0,29
40 %	76	5,33	0,33
30 %	61	5,17	0,33
20 %	36	5,13	0,37
10 %	19	4,10	0,48

Tab. 28: Randspalttyp 1, Serie II, Krone 9, RM 2

	Untersucher D		
Reduktions- stufe	Anzahl	mean $\pm 0,5$	SE $\leq 0,3$
50 %	98	2,79	0,11
40 %	79	2,76	0,12
30 %	60	2,61	0,14
20 %	41	2,85	0,15
10 %	20	2,67	0,28

Tab. 29: Randspalttyp 1, Serie II, Krone 11, RM 2

	Untersucher D		
Reduktions- stufe	Anzahl	mean $\pm 0,5$	SE $\leq 0,3$
50 %	118	2,64	0,13
40 %	94	2,70	0,16
30 %	70	2,61	0,16
20 %	46	2,76	0,21
10 %	23	3,35	0,34

Tab. 30: Randspalttyp 1, Serie II, Krone 12, RM 2

	Untersucher D		
Reduktions- stufe	Anzahl	mean ± 0,5	SE ≤ 0,3
50 %	114	2,57	0,13
40 %	91	2,54	0,14
30 %	66	2,69	0,19
20 %	48	2,68	0,21
10 %	22	2,57	0,27

Tab. 31: RS 1, Serie III, Kronen 7-12, RM 2; *maximal mögliche Reduktion in Prozent und deren reale Anzahl an Einzelmessungen*

Krone	Prozent	Anzahl
7	20	18
8	10	12
9	20	13
11	20	32
12	40	50
Durchschnitt		25

Tab. 32: RS 1, Serie IIIa, Kronen 1-6, RM 2; *maximal mögliche Reduktion in Prozent und deren reale Anzahl an Einzelmessungen*

Krone	Prozent	Anzahl
1	10	16
2	10	19
3	10	21
4	50	68
6	50	71
Durchschnitt		39

Tab. 33: RS 1, Serie IV, Kronen 1-6, RM 2; *maximal mögliche Reduktion in Prozent und deren reale Anzahl an Einzelmessungen*

Krone	Prozent	Anzahl
1	10	17
2	10	19
3	20	40
4	40	46
6	40	48
Durchschnitt		34

Tab. 34: RS 3, Serie II, Kronen 7-12, RM 2; *maximal mögliche Reduktion in Prozent und deren reale Anzahl an Einzelmessungen*

Krone	Prozent	Anzahl
7	30	64
8	20	45
9	40	88
11	30	70
12	20	30
Durchschnitt		62

Tab. 35: RS 3, Serie III, Kronen 7-1, RM 2; *maximal mögliche Reduktion in Prozent und deren reale Anzahl an Einzelmessungen*

Krone	Prozent	Anzahl
7	20	22
8	20	17
9	50	38
11	20	41
12	20	23
Durchschnitt		28

Tab. 36: RS 4, Serie IIIa, Kronen 1-6, RM 2; *maximal mögliche Reduktion in Prozent und deren reale Anzahl an Einzelmessungen*

Krone	Prozent	Anzahl
1	20	31
2	10	19
3	20	37
4	20	33
6	20	15
Durchschnitt		27

Tab. 37: RS 4, Serie IV, Kronen 1-6, RM 2; *maximal mögliche Reduktion in Prozent und deren reale Anzahl an Einzelmessungen*

Krone	Prozent	Anzahl
1	20	34
2	10	18
3	30	54
4	10	12
6	20	15
Durchschnitt		27

9 Literatur

- Denner, Nana-Daniela (2003)
Der Einfluss unterschiedlicher Präparationsformen auf die Randspaltqualität von keramischen Teilkronen
Med. Diss., Freiburg, S.81
- Donabedian, A. (1990)
The seven pillars of quality
Arch Pathol Lab Med 114, 1115-1118
- Donath, K., Roth, K. (1987)
Histologisch-morphologische Studie zur Bestimmung des zervikalen Randschlusses von Einzel- und Pfeilerkronen
Z Stomatol 84, 53-73
- Dreyer-Jorgensen, K. (1958)
Prüfungsergebnisse zahnärztlicher Gussverfahren
Dtsch Zahnärztl Z 13, 461-469
- Eidenbenz, S. (1992)
Das Kopierschleifen keramischer Formkörper
Med. Diss., Zürich
- Eppenberger, J., Marinello, C.P., Schärer, P. (1987)
Komposit als Befestigungszement? Erste klinische Erfahrungen in der Kronen- und Brückenprothetik
Schweiz Monatsschr Zahnmed 97, 1237- 1250
- Fransson, B., Oilo, G., Gjeitanger, R. (1985)
The fit of metal-ceramic crown, a clinical study
Dent Me1, 197-199
- Fercho, V. (1994)
Abformmethode zur Herstellung von Replika bei infragingival gelegenen Kronenrändern
Med. Diss., Köln
- Gardener, F.M. (1982)
Margins of complete crowns – Literature review
J Prosthet Dent 48, 396-400
- Gemalmaz, D., Özcan M., Yoruc A.B., Alkumru H.N. (1997)
Marginal adoption of sintered ceramic inlay system before and after cementation
J Oral Rehab 24, 646-651

- Groten, M. (1998)
Aufwand und Ergebnisqualität von Randspaltuntersuchungen
Med. Diss., Tübingen
- Haller, B. (1992)
Aktueller Stand der Komposit – Dentinhaftung
ZM 82, 86-97
- Hartmann, W. (2006, in Druck)
Zur Verlässlichkeit von zirkulären Randspaltnmessungen an vollkeramischen
Kronen im Rasterelektronenmikroskop
Med. Diss., Tübingen
- Holmes J.R., Bayne, S.C., Holland G.A., Sulik, W.D. (1989)
Considerations in measurement of marginal fit
J Prosthet Dent 62, 405-408
- Kerschbaum, Th. (1995)
Normierter Randspalt – Eine Analyse aus klinischer Sicht
In: Walther, W. Heners, M. (Hrsg.): Qualitätssicherung in der Zahnheilkunde –
Anspruch und Wirklichkeit
Hüftig Verlag, Heidelberg, S.19-45
- Kerschbaum, Th., Faber, F.-J. (2000)
Randschluss von Kronen aus dem Ausland
ZM 91, 2224-2226
- Körber, K.H., Lenz, P. (1968)
Beitrag zum Problem der Randgestaltung von Ersatzkronen
Zahnärztl W 69, 440-445
- McLean, J.W., Fraunhofer, J.A. (1971)
The estimation of cement film thickness by an in vivo technique
Brit Dent J 131, 107-111
- Müller, N., Pröschel, P. (1994)
Kronenrand und parodontale Reaktionen – Ergebnisse einer histopathologi-
schen Studie an 368 Sektionspräparaten
Dtsch Zahnärztl Z 49, 30-41
- Moore, J.A., Barghi, N., Brukl C.E., Kaiser D.A. (1985)
Marginal distotionof cast restaurations induced by cementation
J Prosthet Dent 54, 336- 340
- Noack, M.J. (1994)
Die Passgenauigkeit von Komposit-, Glaskeramik- und Keramikinlays
Dtsch Zahnärztl Z 49, 873-878

Rehberg, H.J. (1971)
Exakter Randschluß – was ist das?
Dtsch Zahnärztl Z 26, 696-699

Ryge, G. (1980)
Clinical criteria
Int Dent J 30, 347-358

Sorensen, J.A. (1990)
A standardized method for determination of crownmargin fidelity
J Prosthet D 64, 18-24

Setz, J. (1992)
Pulvermetallurgische Fertigung von Zahnersatz – Technische, biologische und klinische Untersuchungen
Med. Habil., Tübingen, S. 30-31

Spieckermann, H. (1986)
Zur marginalen Passform von Kronen und Brücken
Dtsch Zahnärztl Z 41, 1015-1019

Weikart, P. (1957)
Grenzen und Prüfung der Gussgenauigkeit
Dtsch Zahnärztl Z 12, 897-904

Wöstmann, C. (1991)
Zur Frage der Messbarkeit des Kronenrandspaltes
Med. Diss., Münster

10 Danksagung

Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Wolfram Hartmann für die gute Zusammenarbeit, die tatkräftige Unterstützung und die kommunikative Vermittlung mit dem Betreuer der Arbeit in Tübingen.

Herrn Dr. Martin Groten danke ich für die schnelle Bearbeitung und Hilfe in der Abschlussphase der Dissertation.

Aus dem Labor für Elektronenmikroskopie, Institut für Geowissenschaften der Universität Tübingen, danke ich Herrn Horst Hüttemann für die Unterstützung bei den REM-Untersuchungen.

11 Lebenslauf

Name: Janine Daniela Gölz

Geburtsdatum: 13.05.1974

Geburtsort: Mutlangen

Eltern: Gerhard Gölz
Ursula Gölz, geb. Stütz

Geschwister: Tatjana Stefanie Gölz

Schulbildung:

1980-1984	Grundschule Rechberg
1984-1990	Franz-von-Assisi-Realschule Waldstetten
1990- 1993	Wirtschaftsgymnasium Schwäbisch Gmünd

09/1993- 11/1994 Lehre als Zahnarzhelferin

Hochschulbildung:

ab 11/1994	Studium der Zahnheilkunde an der Universität Tübingen
29.11.2000	Zahnärztliche Prüfung (Note: gut)
08.12.2000	Erteilung der zahnärztlichen Approbation

Zahnärztliche Tätigkeit:

15.01.- 15.02.2001	Famulatur in Kapstadt, Südafrika
05/2001- 06/2005	Ausbildungszahnarzt in Pfullingen und Sindelfingen
seit 07/2005	selbständige Zahnärztin in Sindelfingen