

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
- Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Dr. med. dent. L. Figgner -

**Zur klinischen Beurteilbarkeit des
Kronenrandschlusses im Approximalraum
mittels kalibrierter Zahnärztlicher Sonden**

INAUGURAL - DISSERTATION

zur
Erlangung des doctor medicinae dentium
der Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von

Witanski, Katarzyna Anna
geb. Glowacka
aus Hindenburg / Polen

2008

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. V. Arolt

1. Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. med. dent. P. Scheutzel

2. Berichterstatter: Prof. Dr. med. dent. E. Schäfer

Tag der mündlichen Prüfung: 10.01.2008

**Aus dem Universitätsklinikum Münster
Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik**

- Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Dr. med. dent. L. Figgner -
Referent: Univ.-Prof. Dr. med. dent. P. Scheutzel
Korreferent: Prof. Dr. med. dent. E. Schäfer

Zusammenfassung

**Zur klinischen Beurteilbarkeit des Kronenrandschlusses
im Approximalraum mittels kalibrierter Zahnärztlicher Sonden**

Katarzyna Witanski

Klinische Studien belegen, dass die Qualität des Kronenrandes entscheidenden Einfluß auf den Erfolg oder Mißerfolg einer festsitzenden Restauration hat, da Randspalten und Konturfehler über eine verstärkte Plaqueanlagerung zu Sekundärkaries und marginaler Parodontitis führen können. Die klinische Überprüfung der marginalen Paßgenauigkeit einer Krone erfolgt in der zahnärztlichen Praxis üblicherweise durch Abtasten des Randbereiches mit einer zahnärztlichen Sonde. Die Aussagekraft einer solchen Untersuchung ist jedoch dadurch eingeschränkt, dass das Ergebnis in hohem Maße von der subjektiven Einschätzung des Untersuchers und der Zugänglichkeit des untersuchten Bereiches bestimmt wird. Um diese Unzulänglichkeiten wenigstens teilweise auszumerzen, wurden Meßsonden mit kalibrierten Spitzen im Durchmesser von 100µm, 200µm, 300µm, 400µm und 500µm entwickelt, die eine reproduzierbare, grob quantitative Erfassung des Kronenrandspaltes ermöglichen sollen.

Inwieweit dies auch im schwer zugänglichen Approximalbereich unter klinischen Bedingungen möglich ist, wurde in der vorliegenden In-vivo-Studie überprüft. Hierzu wurde an 54 zur Extraktion vorgesehenen überkronen Zähnen mit Hilfe der Meßsonden an der mesialen und distalen Fläche von 2 Untersuchern unabhängig voneinander die maximale Randspaltbreite bestimmt und die Kronenrandkontur bewertet. Nach Extraktion der Zähne wurden die zuvor mittels Sonde erhobenen Befunde mit den unter dem Meßmikroskop ermittelten tatsächlichen Kronenrandkonfigurationen verglichen.

Hierbei zeigte sich eine im Vergleich zu anderen klinischen Diagnoseverfahren in der Zahnmedizin (wie z.B. der Kariesdiagnostik) vergleichsweise sehr gute diagnostische Validität mit einer Sensitivität von 77,8 % (Überextension), 90 % (Unterextension), bzw. 80,8 % (Randspalt) und einer Spezifität von 75 % (Überextension), 99,5 % (Unterextension), bzw. 79 % (Randspalt).

Bezogen auf die in dieser Studie vorhandene Prävalenz von 70% lag die Zuverlässigkeit der mittels Sondierung gestellten Diagnose „Randspalt \geq 200µm vorhanden“ bei 90% (PPW). Der entsprechende negative prädiktive Wert (NPW) betrug allerdings nur 63,6 %, d.h. in fast 40% der Fälle mit approximalem Kronenrandspalt \geq 200µm, wurde dies bei der klinischen Diagnose mittels Meßsonde nicht festgestellt und der Randschlussfehler als klein eingestuft. Im Falle einer Überextension bzw. Unterextension betrug die Wahrscheinlichkeit für die richtige Diagnose („Über- / Unterextension \geq 200µm vorhanden“) bei einer Prävalenz von 34,6% bzw. 95% immerhin 62,2% bzw. 90% bei einer gleichzeitiger negativer Treffsicherheit von 86,4% bzw. 99,5% (Diagnose „Über- / Unterextension \geq 200µm nicht vorhanden“).

Ein Vergleich der interpersonellen Urteilsübereinstimmung ergab Konkordanzwerte zwischen 80% (Randspalten \geq 200 µm) und 100 % (Über-, bzw. Unterextensionen \geq 200µm). Somit erwies sich die klinische Beurteilung mittels Meßsonde hinsichtlich Validität und Objektivität als genügend zuverlässige Methode, um im schwer zugänglichen Approximalbereich die Kontur und den Randschluß von Kronen zu beurteilen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemdarstellung.....	1
1.2	Ziel der eigenen Untersuchung.....	2
2	Literaturübersicht	3
2.1	Klinische Bedeutung eines exakten Kronenrandschlusses	3
2.1.1	Allgemeines.....	3
2.1.2	Einfluss auf die Kariesentstehung.....	5
2.1.3	Einfluss auf das marginale Parodontium.....	5
2.1.4	Einfluss auf die Löslichkeit des Befestigungszementes.....	7
2.2	Möglichkeiten zur Darstellung und Beurteilung des Kronenrandschlusses	7
2.2.1	Terminologie.....	7
2.2.2	Sondenmessung.....	11
2.2.3	Replikatechnik.....	12
2.2.4	Röntgenkontrolle.....	12
2.3	Epidemiologische Daten zur Randschlussqualität	13
3	Material und Methode	15
3.1	Allgemeine Vorgehensweise.....	15
3.2	Untersuchungsgut.....	15
3.3	Klinische Beurteilung des approximalen Kronenrandschlusses mittels Messsonden	16
3.4	Ermittlung der tatsächlichen approximalen Kronenrandschlussqualität am extrahierten Zahn (Goldstandard)	18
3.5	Statistische Auswertung	20
4	Ergebnisse	24
4.1	Validität der klinischen Beurteilung des approximalen Kronenrandschlusses mittels Sondierung	24
4.1.1	Beurteilung horizontaler Überextensionen.....	24
4.1.2	Beurteilung horizontaler Unterextensionen.....	30
4.1.3	Grob-quantitative Beurteilung des Randspaltes.....	35
4.1.4	Allgemeine diagnostische Aussagekraft der mittels Sondierung erhobenen Befunde zum Kronenrandschluss (positiver bzw. negativer Vorhersagewert).....	42

4.2	Objektivität der klinischen Beurteilung des approximalen Kronenrandschlusses mittels Sondierung.....	45
5	Diskussion	48
7	Zusammenfassung.....	53
8	Literaturverzeichnis	55
9	Danksagung.....	66
10	Lebenslauf	67

1 Einleitung

1.1 Problemdarstellung

Klinische Studien belegen, dass die Qualität des Kronenrandes entscheidenden Einfluß auf den Erfolg oder Mißerfolg einer festsitzenden Restauration hat, da Randspalten und Konturfehler über eine verstärkte Plaqueanlagerung zu Sekundärkaries und parodontaler Destruktion führen können (u.a. *Kohal et al.* 2004, *Müller & Pröschel* 1994, *Spiekermann* 1986, *Valderhaug* 1997) .

Die Beurteilung der marginalen Paßgenauigkeit einer festsitzenden Restauration erfolgt in der zahnärztlichen Praxis üblicherweise direkt, d.h. durch Abtasten des Randbereiches mit einer zahnärztlichen Sonde, ggf. unter Hinzuziehung einer Röntgenaufnahme, die den approximalen Kronenrandbereich darstellt.

Im Gegensatz zu den indirekten Verfahren, bei denen der Kronenrandbereich zunächst abgeformt wird, und dann an Hand dieser Abformung oder eines Modells profilometrisch, rasterelektronenmikroskopisch oder im Auflicht-Meßmikroskop untersucht wird, erlaubt die direkte Untersuchung mit der zahnärztlichen Sonde allerdings keine quantitative Beurteilung des Kronenrandspaltes. Wie die Ergebnisse von *Christensen* (1966), *Dedmond* (1982) und *Kerschbaum* (1990) belegen, wird das Ergebnis der Qualitätskontrolle mittels zahnärztlicher Sonde in hohem Maße von der subjektiven Einschätzung des Untersuchers und von der Zugänglichkeit des untersuchten Bereiches bestimmt.

Trotz dieser Unzulänglichkeiten stellt die Überprüfung des Kronenrandschlusses und der marginalen Kronenkontur mittels zahnärztlicher Sonde im klinischen Alltag ein Routineverfahren dar, welches regelmäßig zur Beurteilung der Qualität von festsitzenden Restauration herangezogen wird und sogar im Rahmen groß angelegter Studien zur Überprüfung der Ergebnisqualität von feststehendem Zahnersatz eingesetzt wird (*Arbeitsgruppe Qualitätssicherung in der Zahnmedizin* 1988).

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, inwieweit die diagnostische Aussagekraft bei der Sondierung des Kronenrandbereiches insbesondere im

der Sondierung häufig nur sehr schwer zugänglichen Approximalraum durch den Einsatz genormter Meßsonden (Firma Aesculap), derer Spitzen im Durchmesser von 100, 200, 300, 400 und 500µm kalibriert sind, verbessert werden kann.

1.2 Ziel der eigenen Untersuchung

Ziel der vorliegenden In-vivo-Untersuchung war es zu klären, mit welcher Genauigkeit der Zahnarzt unter Verwendung genormter Messsonden (Firma Aesculap) die marginale Paßgenauigkeit von Kronen im Approximalraum beurteilen kann.

2 Literaturübersicht

2.1 Klinische Bedeutung eines exakten Kronenrandschlusses

2.1.1 Allgemeines

Klinische und histologische Untersuchungen haben gezeigt, dass Passungengenauigkeiten im Randbereich von Füllungen und Kronen zur Entstehung von Sekundärkaries und Parodontopathien beitragen können [45, 68, 85, 95].

Bis heute ist allerdings weitgehend ungeklärt, bis zu welchem Ausmaß Randschlussungenauigkeiten noch als biologisch tolerabel anzusehen sind, da es sich um ein multikausales Problem mit zahlreichen Einflussfaktoren handelt (Kronenkontur, Spaltbreite, Lage zur Gingiva, Mundhygiene, Material u.v.a.).

Als Vorbild für die Gestaltung der künstlichen Krone dient der gesunde natürliche Zahn. Für den zervikalen Kronenrand bedeutet dies, dass die Schmelzglocke dem Dentinstumpf spaltfrei aufsitzt, wobei der Rand weißförmig dünn auslaufen soll [59].

Aufgrund zahlreicher klinischer Studien kann es als erwiesen betrachtet werden, dass die Qualität des Randschlusses entscheidenden Einfluss auf die Lebensdauer festsitzender Restaurationen hat [47, 69].

Hier stellt sich allerdings die Frage nach dem labortechnisch und klinisch Machbaren.

Um einen exakt passenden Zahnersatz herzustellen, sind Zahnarzt und auch Zahntechniker gleichermaßen gefordert. Anhand der Gusskronen die im Feinguss- oder Präzisionsguss-Verfahren hergestellt werden, kann man erkennen, wie viele Fertigungsgänge, von denen jeder einzelne die Qualität des Gussobjektes mitbestimmt, nötig sind um eine Krone herzustellen [35].

In der Literatur finden sich viele Ansätze, eine Dimension für den Randspalt zu finden, die technisch erreichbar ist und bei ausreichender Mundhygiene und Zugänglichkeit noch toleriert werden kann [11, 14, 16, 18, 38, 0, 62, 68, 71, 74, 85, 95]. Es gibt jedoch nach dem heutigem Stand der Wissenschaft keine definitive Antwort auf diese Frage [28,63].

Bei der Frage, welche Randschlussgenauigkeiten labortechnisch und klinisch erreichbar sind und dementsprechend klinisch zu fordern sind, differieren die Meinungen der Autoren erheblich.

So forderte *Dreyer-Jørgensen* 1958 Randspalten von unter 50 μm , da bei dieser Dimension erfahrungsgemäß keine Randkaries aufträte.

Rehberg (1971) sah sogar 20 μm als Optimum dessen an, was durch zahnärztliche Technik erreicht werden kann, was zwar von manchen Autoren im Laborexperiment bestätigt werden konnte (*Böttger et al.*, *Hummert et al.* [11,38]), sich in klinischen Studien jedoch als nicht realisierbar erwies.

So war *Valderhaug* der Ansicht, dass es bei der Durchführung der klinischen Arbeit unmöglich ist, den Randschluss zwischen Zahn und Krone so zu gestalten, dass er weniger als 50 μm beträgt. Selbst bei genauester Arbeit von Zahnarzt und Zahntechniker werde der Spalt meist sehr viel größer sein [95].

Dieser Meinung schloss sich auch *Eichner* (1989) an. Er plädierte dafür, dass auf Grund vorliegender Untersuchungsergebnisse die bisherige Toleranzgrenze der Randspaltbreite (von 50 μm) um ein Mehrfaches höher angesetzt werden müsse [18].

Auch die Untersuchungen von *Müller* und *Pröschel* belegen, dass die Diskrepanz zwischen theoretisch möglicher und tatsächlich klinischer Randpassung sehr groß ist. Legt man als noch tolerierbare Grenze 100 μm fest, so erfüllten nur ca. 1% der von ihnen untersuchten Kronen diese Anforderung [68].

Diese Ergebnisse stehen in Einklang mit den durch *Donath* und *Roth* sowie *Spiekermann* durchgeführten Untersuchungen [14, 85].

Marxkors beurteilte Kronen mit einem Randspalt von unter 100 μm als gut, unter 200 μm als tolerabel (einschließlich kleiner Strecken bis 300 μm) und über 200 μm als unzureichend [62].

Diese geforderte Grenze von 200 μm für den Kronenrandspalt dürfte unter normalen labortechnischen Gegebenheiten von allen Grenzwerten noch am realistischsten sein, wie auch die Ergebnisse einer Untersuchung von *Kerschbaum* und *Porschen* (1998) belegen [0]. Sie fanden bei der Überprüfung von Kronen, die im normalen Laboralltag hergestellt wurden, durchschnittliche Randspaltbreiten von 110 μm ($\pm 35\mu\text{m}$ SD) auf dem Modell und bei etwa 50% der Kronen zusätzlich eine Über- bzw. Unterextension des Kronenrandes.

Generell besteht aber Einigkeit darüber, dass der Kronenrandspalt möglichst klein sein und eine Über- bzw. Unterextension vermieden werden soll.

2.1.2 Einfluss auf die Kariesentstehung

Viele Untersuchungen haben gezeigt, dass festsitzender Zahnersatz den Gesundheitszustand des Parodontiums und des Zahnes selbst verändern kann. Der Übergang vom Zahnersatz zum Pfeilerzahn stellt eine Retentionsstelle für Plaque dar, so dass an dieser Stelle abhängig von der Lage, Randschlussgenauigkeit und Kariesaktivität, neue Karies besonders leicht entsteht.

Im Hinblick auf die Entstehung der Sekundärkaries gelten schon seit 1958 Randspalten von unter 50µm als klinisch genügend präzise [16]. Dieser hochgesetzte Standard ist jedoch in gewerblichen Laboren nur sehr schwer erreichbar.

In einer Studie von *Kerschbaum* und *Thie* (1986) wurden 1758 Kronen und Brücken hinsichtlich der Gründe ihres Funktionsverlustes analysiert, wobei am häufigsten Karies/Sekundärkaries (41,2%) und Parodontalerkrankungen (35%) festgestellt wurden. Dabei fiel auf, dass alle funktionsuntüchtigen Kronen und Brücken von technischen Mängeln gekennzeichnet waren, wobei die Randschlussungenauigkeiten mit 53,3% dominierten [47].

Wöstmann und *Lütke-Notarp* (1991) konnten anhand der Randspalten von Amalgamfüllungen zeigen, dass die Fuge zwischen Füllung und Zahn als eine habituell unsaubere Zone anzusehen ist, in der es infolge der Retention von Speiseresten und der damit verbundenen Plaquebildung zu Fäulnisprozessen und damit letztlich zu Kariesentstehung kommt [92].

2.1.3 Einfluss auf das marginale Parodontium

Die Passgenauigkeit von Kronenersatz spielt nicht nur in der Vorbeugung von Sekundärkaries eine wichtige Rolle, sondern beeinflusst auch die Reaktion des angrenzenden Parodonts.

In seinen „Betrachtungen zum Kronenrand“ schreibt *Handschuck*: „Ein absteher, überdimensionierter oder unzureichend gestalteter Kronenrand kann

am marginalen Parodontium sowohl mechanische, als auch chemisch-bakterielle Reizungen hervorrufen, die in der Regel zu Entzündungserscheinungen (...) führen“. Mechanische Reize sind meist gegeben bei einem zu langen, abstehenden, kantigen oder rauhen Kronenrand; chemisch-bakterielle Reize haben ihre Ursache primär ebenfalls in abstehenden oder rauhen Kronenrändern. Die dadurch vorhandenen Retentionen begünstigen den Besatz mit Speiseresten und die Entstehung von Plaque, die wiederum bakterielle Entzündungen mit sich bringen kann [34].

Alle hier aufgelisteten Formen der Randschlussungenauigkeit führen zur chronischen marginalen Parodontitis wie von *Mühlemann, Rateitschak und Renggli* (1978) beschrieben und durch pathohistologische Untersuchungen belegt wurde [68, 67].

So stellten auch *Gropp et al.* (1971) fest, dass die meisten pathologischen Reaktionen (Gingivitis, Blutungsneigung, entzündliche Taschenprozesse, Knochenabbau) an überkronten Zähnen auf einen mangelhaften Randschluss zurückzuführen sind, sie träten umso stärker auf, je mehr Fehler in der Kronenrandgestaltung vorkämen [30].

Auch den späteren Ergebnissen von *Sörensen et al.* (1986), *Felton et al.* (1991), sowie *Müller und Pröschel* (1994) kann man entnehmen, dass eine zunehmende Pathologie des Parodontiums mit abnehmender Passgenauigkeit der Versorgung korreliert [68, 23, 84].

Auch *Spiekermann* (1986) konnte anhand seiner Untersuchung von histologischen Kieferpräparaten belegen, dass abstehende oder zu lange Kronenränder zu parodontalen Erkrankungen führen [85].

Im Vergleich dazu konnten *Körber und Lenz* (1968) zeigen, dass bei einer Kronenrandungenauigkeit von ca. 200µm keine pathologischen Veränderungen des marginalen Parodonts auftreten [50].

Marxkors stellte 1982 fest, dass bei supragingivaler Lage des Kronenrandes mit ausreichend großem Abstand von der Gingiva davon auszugehen sei, dass die Kronen keine Parodontopathie auslösen [58]. Diesen Ansatz kann man jedoch aus Gründen der Ästhetik oder Defektausdehnung nicht immer befolgen.

2.1.4 Einfluss auf Löslichkeit des Befestigungszementes

Durch die Notwendigkeit des Zementierens von Kronen besteht zwischen Kronenrand und Präparationsgrenze immer eine Zementfuge. Je nach Zementsorte und Zementierungsart kommt es zu einer mehr oder minder breiten Zementschicht. Diese Zementfuge zwischen Krone und Zahn ist den korrosiven Mundhöhlenverhältnissen ausgesetzt [36].

Demmel (1971) untersuchte den Einfluss verschiedener Zementsorten auf den Randschluss passgenauer Kronen und fand heraus, dass die Schichtdicke je nach Zementsorte und Verfahren von 0,005 mm bis 0,18 mm betrug. Diese Untersuchung hat gezeigt, dass der Zementspalt nicht unter 0,005 mm zu verringern ist [12].

Donath und Roth (1987) untersuchten in ihrer histologisch-morphometrischen Studie u.a. auch die Zementspaltbreite in unmittelbarer Nähe der Präparationsgrenze. Sie fanden, dass bei nur 7,9% der von ihnen untersuchten Zähne die Zementspaltbreite unter 0,05 mm lag. Im Mittel betrug die gemessene Strecke 0,252 mm.

Schwickerath (1979) stellte fest, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Breite des Zementspaltes und dem Grad der Zementauswaschung besteht [83]. Dies bedeutet, dass bei einer Zunahme der Spaltbreite auch die Spalttiefe zunimmt.

In einer Betrachtung der Untersuchungen und Erfahrungen aus 20 Jahren zog *Eichner* 1989 das Resümee: „wir müssen eine Zementfuge – die auch ein Spalt werden kann, wenn sich der Zement auflöst – in Kauf nehmen“ [18].

2.2 Möglichkeiten zur Darstellung und Beurteilung des Kronenrandschlusses

2.2.1 Terminologie

Der Begriff „Randspalt“ ist in der zahnmedizinischen Fachterminologie unwillkürlich negativ belegt, obwohl er zwangsläufig zwischen Krone und präpariertem Zahnstumpf vorhanden ist. Die Fachwelt hat in ihrer Terminologie auch

noch keine eindeutigen Definitionen gefunden, was nun ein Randspalt ist, wie er gemessen werden kann und welche Größenordnung er einnehmen darf. Oft beziehen sich die gleichen Begriffe auf unterschiedliche Messungen, oder gleiche Messungen werden unterschiedlich benannt.

Um vergleichbare Ergebnisse erzielen zu können, sollte deshalb die Terminologie vereinheitlicht werden [14, 37, 39, 66].

Von den bisher in der Literatur gemachten Vorschlägen der Definition von Meßstrecken im zervikalen Kronenbereich seien im folgenden einige dargestellt.

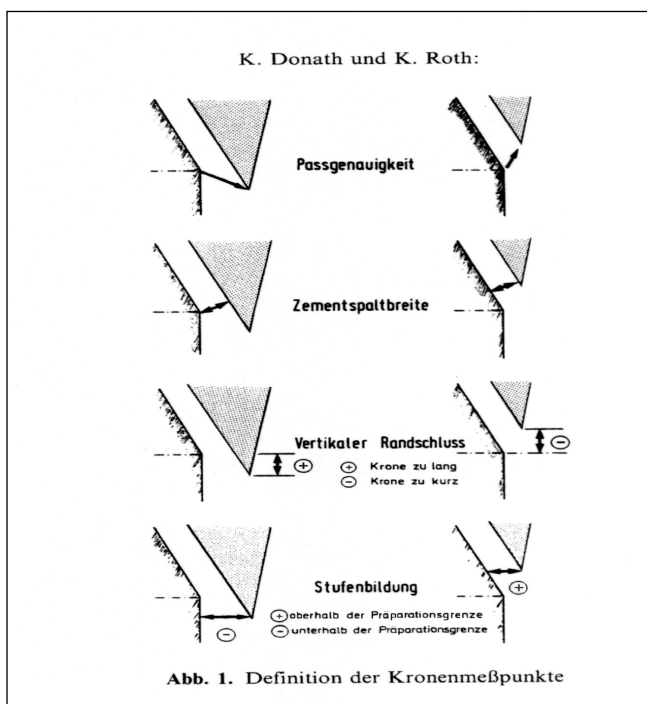


Abb. 1 Messstrecken zur Beschreibung der Passgenauigkeit (aus Donath und Roth 1987).

Donath und Roth bedienten sich (1987) zur Bestimmung des Randschlusses von Einzel- und Pfeilerkronen der vier Kriterien „**Passgenauigkeit**“, „**Zementspaltbreite**“, „**vertikaler Randschluss**“, „**Stufenbildung**“ (Abb. 1):

Die **Lage des Kronenrandes** wurde dabei als fünfte Messstrecke bezeichnet und soll die Entfernung vom Kronenrand zur Interdentalpapille darstellen. Sie ist wenig hilfreich bei der Beurteilung von der marginalen Passgenauigkeit und soll hier nur der Vollständigkeit halber Erwähnung finden.

Als **Passgenauigkeit** soll die Distanz von der Präparationsgrenze zur Innenfläche des zervikalen Kronenrandes bezeichnet werden.

Unter **Zementspaltbreite** wird die Strecke im Winkel von 90° von der präparierten Zahnoberfläche zur Kroneninnenfläche definiert, wobei die Messung in

unmittelbaren Nähe der Präparationsgrenze erfolgt.

Der **vertikaler Randschluss** entspricht einer Strecke parallel zur Zahnachse von der Präparationsstrecke zum zervikalen Kronenrand. Negative Messwerte werden durch zu kurze Kronenränder, positive Werte durch zu lange Kronenränder verursacht.

Als **Stufenbildung** ist die Strecke vom zervikalen Kronenrand zur Zahnoberfläche, im rechten Winkel gemessen, definiert.

Holmes et al. Haben 1989 einen etwas anderen Vorschlag der terminologischen Vereinheitlichung vorgestellt, um die Kronenrandkontur metrisch zu erfassen [37]. Die von ihnen vorgeschlagene Terminologie lässt sich geometrisch darstellen und unterscheidet acht verschiedene Distanzen:

„Internal gap“, „marginal gap“, „overextended margin“, „underextended margin“, „vertical margin discrepancy“, „horizontal margin discrepancy“, „absolute marginal discrepancy“, „seating discrepancy“ (Abb. 2 & 3).

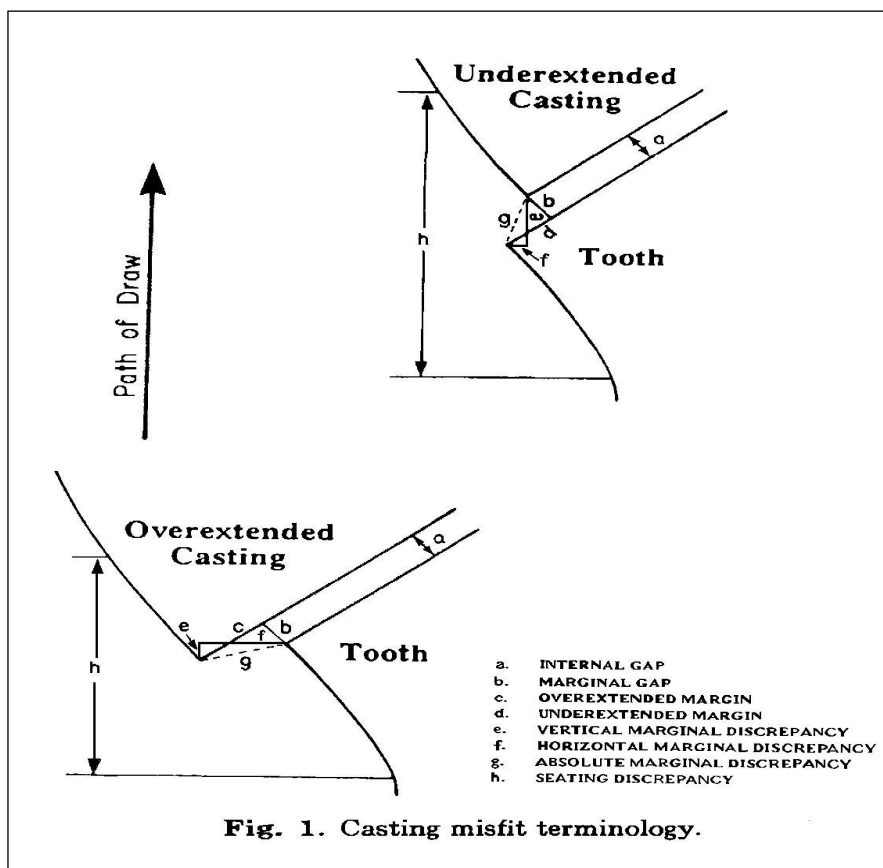


Abb. 2 Messstrecken zur Beschreibung der Passgenauigkeit im Kronenrandbereich (aus *Holmes et al.* 1989)

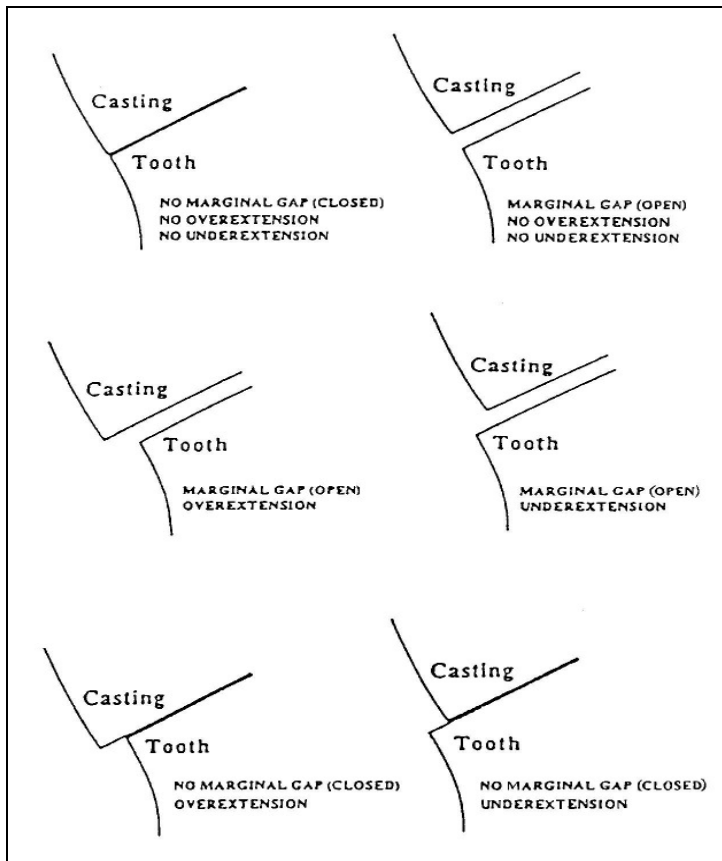


Abb. 3 Möglichkeiten der marginalen Passgenauigkeit (aus Holmes et al. 1989)

Hunter (1990) sah eine „Quelle der Verwirrung“ in der unterschiedlichen Nomenklatur, die den Raum zwischen Zahn und Krone beschreibt [39]. Von ihm wird deshalb ein stark vereinfachtes Modell vorgestellt.

Seiner Meinung nach verwirrt am wenigsten der Gebrauch folgender Terminologie: „**seating discrepancy**“ für die vertikale Diskrepanz am äußersten Rand und „**sealing discrepancy**“ für die horizontale Diskrepanz zwischen zwei sich gegenüber liegenden Flächen.

Die von Holmes vorgeschlagene Nomenklatur ist die differenzierteste und eignet sich damit für eine unmissverständliche Beschreibung der im Kronenbereich gemessenen Konturfehler bzw. Randschlußgenauigkeiten am besten. Sie soll deshalb in der vorliegenden Arbeit benutzt werden.

2.2.2 Beurteilung des Kronenrandschlusses mittels Sondenmessung

Im klinischen Alltag erfolgt die Bewertung des Kronenrandschlusses in der Regel mittels zahnärztlicher Sonde und Spiegel. Dabei sondiert man rechtwinklig die Übergangsstrecke Krone – Zahn mit einer spitzen zahnärztlichen Sonde. Der Randschluss wird als klinisch gut bezeichnet (-) wenn die Sonde nicht hängen bleibt und kein „klicken“ hörbar ist. Anderenfalls wird die Stelle als sondierbar (+) bezeichnet. Diese Methode stellt ein einfaches und unproblematisches Verfahren dar, das es jedem Kliniker erlaubt in kurzer Zeit eine qualitative Aussage über den Kronenrand zu treffen. Dieses Verfahren wurde z.B. von *Presern* und *Strub* (1983) für klinische Nachuntersuchungen von Goldgussfüllungen benutzt [72].

Diese rein qualitative Aussage veranlasste andere Untersucher (*Nowak et al.*) beim Sondieren einen anderen Weg zu gehen und den Index nach *Hunkirchen* zu benutzen. Nach diesem Index unterscheidet man vier Befunde:

- Sp0- kein Spalt
- Sp1- leichter Spalt
- Sp2- deutlicher Spalt
- Sp3- grober Spalt

Dieses Verfahren erwies sich aber auch als problematisch, da ohne vorhergehende Kalibrierung der Untersucher reproduzierbare Messwerte nicht ermittelt werden konnten [17].

Nach den Untersuchungen von *Kerschbaum et al.* [44] scheint es unter klinischen Bedingungen kaum möglich, einen vorgegebenen Grenzwert von 200 μm mittels der Zahnärztlichen Sonde zu erkennen, d.h. zwischen „akzeptabel“ (Randschlussgenauigkeit < 200 μm) und nicht akzeptabel (Randschlussgenauigkeit > 200 μm) zu unterscheiden.

Um ein klinisch einsetzbares, einfaches Messverfahren dem Kliniker an die Hand zu geben, das es ihm außerdem erlaubt, ohne große Mühe und Aufwand den Kronenrand auch quantitativ zu beurteilen, hat *Marxkors* in Zusammenarbeit mit der *Firma Aeskulap* eigene Messsonden entwickelt.

Die Arbeitsenden dieser Sonden weisen einen Durchmesser von 0,1 bis 0,5 mm auf. Um die Erreichbarkeit des Approximalbereiches zu begünstigen, wurden ihre Arbeitsenden der Form der Häkchensonden nachempfunden.

In einer Untersuchung von *Wöstmann* und *Hufnagel* (1997) zeigte sich, dass diese Art der Randspaltmessung ein einfach durchzuführendes Messverfahren darstellt, dessen Aussagewert von keinem in der Literatur beschriebenen Verfahren mit vergleichbar geringem Aufwand erreicht wird [94].

2.2.3 Replikatechnik

Zur quantitativen Analyse von Kronenrandschlussungenauigkeiten in Vivo wird von einigen Autoren (*Albert* 1971, *Fercho* 1994, *Geurtsen* 1984, *Morenburg et al.* 1995) die Abformung des Kronenrandbereiches mittels Silikon und eine anschließende licht- bzw. rasterelektronenmikroskopische oder profilometrische Auswertung der Abformungen oder daraus hergestellten Modelle durchgeführt [4, 24, 28, 66]

So untersuchte *Albert* (1971) Randspalten anhand von Doppelmischabdrücken (Silaplast - Silasoft[®]) mit dem Lichtmikroskop [4]. Allerdings zeigte sich auch bei dieser Methode, dass der kritische approximale Restaurationsrand in der Regel nicht untersucht werden kann. *Geurtsen* (1984) befasste sich mit rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen von Amalgamfüllungen. Die Füllungen wurden mit einem K-Silikon (Optosil - Xantopren) abgeformt und die Abformungen verkupfert. Anschließend wurden die verkupferten Modelle mit einem REM untersucht [28]. Dieses Verfahren ist jedoch für den klinischen Routineeinsatz nicht geeignet und bleibt, aufgrund des hohen Aufwandes, den wissenschaftlichen Studien vorbehalten.

2.2.4 Röntgenkontrolle

Um die approximalen Restaurationsränder klinisch beurteilen zu können, steht außer der Abtastung des zervikalen Kronenrandes mit der Sonde auch die Auswertung von Röntgenaufnahmen zur Verfügung.

Dieses Verfahren wurde in der Literatur z.B. von *Fejer* (1956) sowie *Gustavsen* und *Silness* (1985) bei ihren Untersuchungen eingesetzt [22, 32]. Wie aussagekräftig eine Röntgenaufnahme jedoch ist, hängt von vielen Faktoren ab. Schon geringfügige Abweichungen vom orthoradialen Strahlengang führen auf dem Röntgenbild zu Verzeichnung des approximalen Kronenrandes [22]. Darüber

hinaus führen Projektion, Verarbeitung und Artefakte wie z.B. der „Burn out Effekt“, sowie die fehlerhafte Interpretation des Betrachters häufig zu einer falschen Einschätzung [96].

2.3 Epidemiologische Daten zur Randschlussqualität

Randspaltbreitenmessungen an Gußrestorationen (teilweise durch Konturmessungen ergänzt) wurden in verschiedenen klinischen Untersuchungen durchgeführt. Durch die voneinander abweichenden Untersuchungsmethoden und Untersuchungsbedingungen erweist sich ein direkter Vergleich der Messwerte allerdings als problematisch. Unter klinischen Bedingungen wurden zwar auch Randspalten von weniger als 10µm gemessen [21, 23]. Diese Werte wurden in anderen Untersuchungen allerdings nicht bestätigt (siehe Tab. 1).

Der geforderte [44], wenn auch klinisch nicht genügend untermauerte Standard von 50-200 µm Randspaltbreite wurde, wie die klinischen Nachuntersuchungen zeigen, nur selten erreicht [68, 14,85].

Tab. 1: *In-vivo-Untersuchungen zur Randspaltbreite an Kronen (Untersuchungen mit n > 100 Kronen sind hervorgehoben)*

Autor	Jahr	n	Methode	Randspalt in µm
Albert	1971	264	Abform., Gussfüllung, Mikroskop	70-251 (okkl)
McLean, Fraunhofer	1971	40	Inlays, VMK-Krone, Filmdicke, Mikroskop	26-68
Rehberg	1971	k.A.	Gusskronen extr. Zähne	5-100
Windecker, Ohle	1971	13	Gusskronen, extr. Zähne, Mikroskop	0-100
Erdmann	1972	25	Gusskronen, extr. Zähne, Umfang Dentimeter	220
Saltzberg e.a.	1976	1	Goldinlay REM	15-30
Düsterhus	1980	110	Gusskronen, extr. Zähne Fühlerlehre	≥ 160
Strub	1982	27	MO- Inlays, zement., extr., Replika, REM-Foto 100 X	2/3 > 20
Belser	1985	36	VMK-Kronen, REM	30-46
Spickermann	1986	142	Gußkr. Extr.Zähne LM	382 (50-1425)
Donath, Roth	1987	115	Extrahierte Zähne	632 (39-5340)
Eppenberger	1987	9	Mund zem., Extr. REM	79 (± 12)
Bieniek, Küper	1988	10	Mund extr., geschnitten, LM	59 (± 6)

Felton	1991	42	In vivo indirekt	5-430 (160 ± 130)
Sorensen	1992	K	Kronen; indir. Stereomikroskop	37-86
Müller, Pröschel	1993	213	Kronen Brücken TK	414
Morneburg	1995	61	Replika, Lichtmikroskop	261 (±133)
Groten et al.	2000	10	Vollkeramik Kronen, Stereomikroskop, Nicht zementiert ,zementiert	30-125 (22±157)

Tab. 2: *In-vitro-Untersuchungen zur Randspaltanalyse von Kronen.*

Autor	Jahr	n	Methode	Randspalt in µm
Windecker, Ohle	1971	9	Vollgusskronen, Modell, LM	0-70
Schneider	1976	11	VMK auf Modell, Mikroskop	39 (±17)
Schmierer	1977	3	Gusskronen, extr., Mikroskop	50-100
Sauer	1978	23	Vollgusskronen, Modell, LM	138 (±34)
Schweizer	1979	12/12	VMK, MK-Kronen, extr., REM	9 (29-36)
Lehmann et al.	1984	300	Phantomkurs, direkt, LM indir.	36 (+40) 42(±30)
Körper, Ludwig	1985	40	Ceraplatin- Kronen, Laserinterferometer	3,6-76,4
Eppenberger	1987	9	Mund zement., extr., REM	79(±12)
Hellwig	1987	60	Phantom, Onlay, zement., LM	142 (±103)
Homa, Stachniss	1987	63	Labor, geschnitten	84(±46)
Böttger	1988	3	In vitro, indirekt	25
Haas	1988	9	VMK, MK, zement., Schnitte, LM 100x	0-125
Utz	1989	75	Zementiert, extr., LM	127(±6)-159(±33)
Schlegel	1991	12	Titankronen, zement., REM 50x	68,3(±61)- 95,7(±83,2)
Kappert	1991	7	In-Ceram, PMF, Modell, Tement., Bildanalysegerät	9-38
Weaver	1991	30	Dicor, Cerestor, PMF, Zement., Phantomzähne LM 100x	21,6-57
Chaffe	1991	30	KK, PMF- Kronen, Phantom, Zement., REM 100x	21,9-148,3
Vahidi	1991	22	Voll-, Metallkeramikronen, Zementfuge, LM 100x	37,30
Morris	1992		Dicor-, Cerestore-, PMF- Kronen	63,5 / 75 / 27,5
Hummert	1992	10	Keramikkronen, Zement., LM	25,3
Holmes	1992	20	Dicor-, Vollkronen, LM 250x	48 / 57
Boeckler et al.	2004	25	Gusskronen (unterschiedliche Legierungen) LM	35- 92 Max 104- 237

3 Material und Methode

3.1 Allgemeine Vorgehensweise

An zur Extraktion vorgesehenen überkronten Zähnen wurde von zwei kalibrierten Zahnärzten an zwei Messstrecken pro Zahn (approximal-mesial und approximal-distal) unter normalen klinischen Bedingungen im zahnärztlichen Behandlungsstuhl der Randspalt zwischen Zahn und Krone, sowie der Ausmaß der horizontalen Über- bzw. Unterextension des Kronenrandes durch Abtasten des Randbereiches mit den Messsonden der Firma Aesculap ermittelt.

Ziel der Messungen war es, die an der jeweiligen Messstrecke vorhandene Rundungenauigkeit möglichst exakt zu bestimmen.

Nach der Messung wurde der jeweilige Zahn schonend extrahiert und die mesiale und distale Approximalfläche mittels Silikon im Doppelmischverfahren abgeformt, um dann an Schnitten der Abformung des approximalen Kronenrandbereiches die tatsächlich vorhandene Rundungenauigkeit mit Hilfe eines Messmikroskops zu ermitteln.

3.2 Untersuchungsgut

Insgesamt wurden 54 zur Extraktion vorgesehene Zähne eines nicht selektierten Patientengutes der Klinik für Zahn-, Mund-, und Kieferkrankheiten der Universität Münster zu dieser Untersuchung herangezogen.

Unter Berücksichtigung der Fragestellung der hier vorliegenden Arbeit war allerdings eine gewisse Auswahl des Untersuchungsgutes unvermeidbar, da Zähne, die aufgrund von kariöser Zerstörung extrahiert werden mussten und damit am Kronenrand eine Erweichung der Zahnhartsubstanz aufwiesen, grundsätzlich von der Untersuchung ausgeschlossen wurden.

Insofern bestand die Indikation zur Extraktion bei fast allen untersuchten Zähnen infolge tiefreichender parodontaler Schädigung.

Befand sich dennoch in einem umschriebenen Bereich der untersuchten approximalen Fläche eine Randkaries, so ermittelte der Untersucher die Spaltbreite

der Krone nicht an der kariösen Stelle, sondern an der gleichen Fläche im Bereich gesunder Zahnhartsubstanz.

Damit die ermittelten Randspaltbreiten vor und nach der Extraktion exakt übereinstimmen, musste die Krone auf dem präpariertem Zahn unversehrt verbleiben, auch der Kronenrand durfte dabei nicht beschädigt werden.

Im Laufe der Versuchsreihe wurden 54 Zähne untersucht, von denen zwei bei der Extraktion beschädigt worden sind (frakturiert), von einem dieser Zähne wurde die Krone gelöst. In weiterem Verlauf werden aus diesem Grund nur 52 Zähne berücksichtigt.

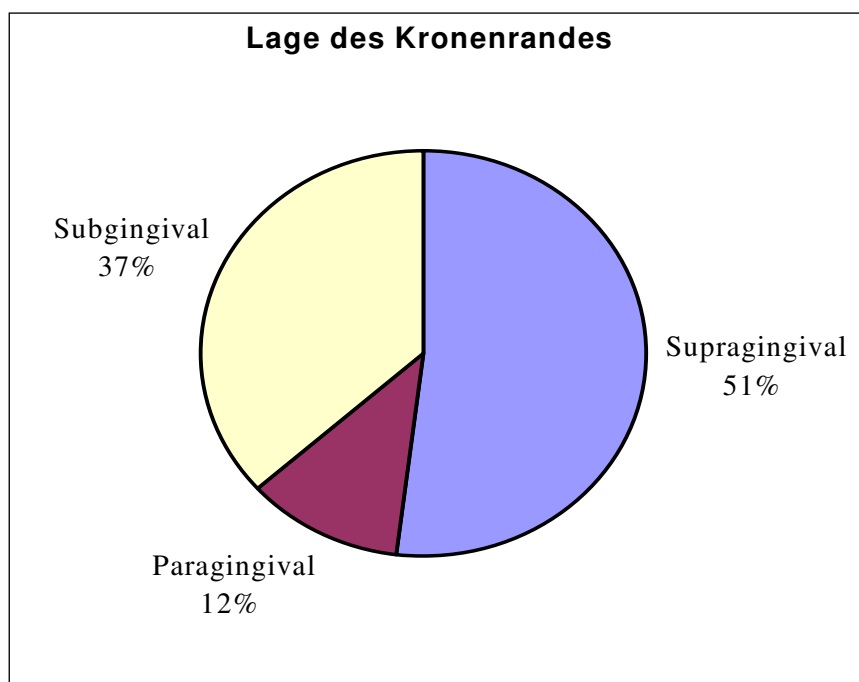


Abb. 4
Lage des Kronenrandes in Bezug zur Gingiva.

Bei 27 (51%) der untersuchten Zähne befand sich die Präparationsgrenze supragingival, bei 19 (37%) subgingival und 6 (12%) wiesen einen paragingivalen Grenzverlauf auf.

3.3 Klinische Beurteilung des approximalen Kronenrand-schlusses mittels Messsonden

Für die Untersuchung wurden nur die unzugänglichen Strecken von vestibulär nach oral mesial und vestibulär nach oral distal ausgewählt. In diesen Bereichen wurde mit Hilfe der genormten Sonden der Fa. Aesculap (Abb. 5) nach *Marxkors* die horizontale Konturgenauigkeit bestimmt und der Randspalt

beurteilt.



Abb. 5 Kalibrierte Meßsonden der Fa. Aeskulap
(100, 200, 300, 400 μm Durchmesser der Sondenspitze).

Die Sonden weisen unterschiedliche Spitzendurchmesser von 100, 200, 300, 400 und 500 μm auf (Abb. 5). Sie wurden mit zunehmender Größe in die Randfuge eingeführt.

Ließ sich die nächstgrößere Sonde nicht mehr einführen, so ist die Größe der tatsächlich vorhandenen Randungenauigkeit in einem Bereich anzusiedeln, der durch den Durchmesser der Sonde, die sich zuletzt nicht einführen ließ und dem der Nächstkleinere begrenzt wird.

Man kann die Sondenmessung mit einem Messsystem vergleichen, dessen Messbereich zwischen 100 μm und 500 μm liegt. Innerhalb dieses Messbereiches kann in 100 μm Schritten untersucht werden. Durch dieses System bedingt, kann man Randspalten die unter 100 μm liegen nicht genauer als „< 100 μm “ beschreiben, da keine Sonde mit entsprechend normtem kleineren Durchmesser zur Verfügung steht.

Entsprechendes gilt für die sehr grobe Randungenauigkeiten. Wies die größte der verwendeten Sonden (500 μm) nach Einführung in einen Spalt noch Spiel auf, so besagt dies lediglich, dass die Breite des betreffenden Spaltes über 500 μm lag.

Alle Messungen wurden von zwei unabhängigen kalibrierten Zahnärzten durchgeführt, wobei darauf geachtet wurde, dass die Messungen von einander unabhängig erfolgten.

3.4 Ermittlung der tatsächlichen approximalen Kronenrandschlussqualität am extrahierten Zahn (Goldstandard)

Nach der Extraktion wurden die Zähne schonende von organischen Geweberesten und Konkrementen (soweit vorhanden) befreit. Zu diesem Zweck wurde eine handelsübliche Zahnbürste und ein Handwaschmittel benutzt. Anschließend wurden die Zähne nummeriert, sowie mesial und distal entsprechend markiert.

Danach wurden beide Approximalflächen jedes Zahnes nach der Doppelmisch-Methode abgeformt. Für diese Abformung wurde ein A-Silikon auf Vinylpolysiloxan-Basis benutzt (Conturprint Duo[®] lightbody bzw. Conturprint Duo[®] heavybody, Fa. Kaniedenta). Hierzu wurde in eine kleine Hohlform zuerst das Heavybody-Material eingefüllt, dann sofort mit Lightbody-Material beschickt und anschließend der umspritzte extrahierte Zahn so in der Form platziert, dass dabei nur eine approximale Fläche abgebildet wurde.

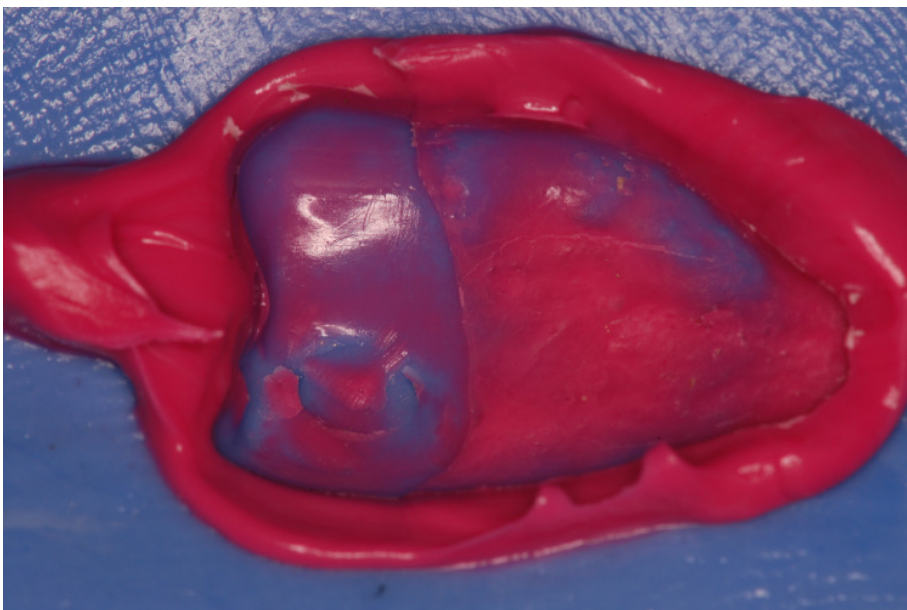


Abb. 6 Abgeformte Approximalfläche mit Kronenrandbereich.

Nach dem Aushärten des Materials wurde die Probe aus der Form entnommen und der Zahn entfernt. Die so entstandene Abformung (Abb. 6) wurde in 1mm dicke Scheiben geschnitten und unter einem Auflichtmikroskop vermessen.

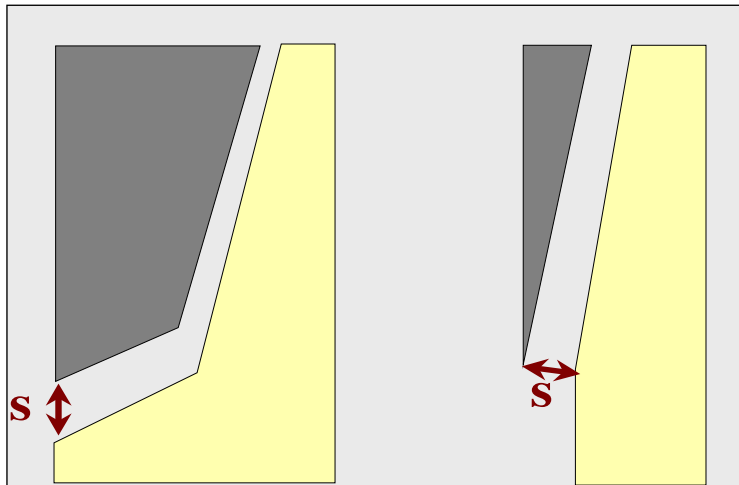


Abb. 7a Meßstrecken für die Bewertung des Kronenrandspaltes im Meßmikroskop.

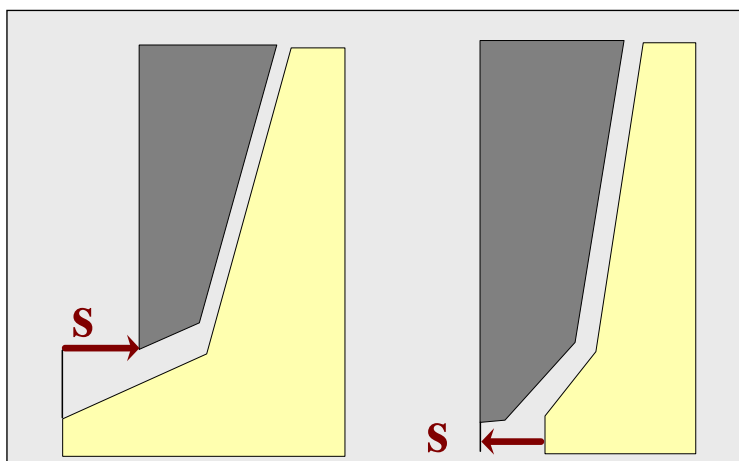


Abb. 7b Meßstrecken für die Bewertung der Kronenkontur (li Unterextension, re Überextension) im Meßmikroskop.

Dabei wurde ein Fadenkreuz auf einen Begrenzungspunkt des Randspaltes (Kronenrand bzw. Präparationsgrenze) eingeblendet und die Probe, die auf dem Objektträger fixiert war, anschließend um einen definierten Betrag verschoben. Der Betrag, um den der Objektisch verschoben wurde, wurde als mit der Randungenaugkeit identisch betrachtet, abgelesen.

Um die Überextension zu ermitteln wurde der horizontale Abstand vom marginalen Spalt bis zum Kronenrand mit dem Fadenkreuz gemessen. Bei Unterextension wurde die Strecke vom marginalen Spalt bis zum Kronenrand in entsprechender Weise ermittelt (Abb. 7a, b).

Die bei diesem Vorgehen ermittelten tatsächlich vorhandenen Kronenrandungenaugkeiten sind in Tab. 3 dargestellt.

Tab.3 Häufigkeitsverteilung der bei den untersuchten Kronen tatsächlich vorhandenen Kronenrandschluss(un)genauigkeiten an der Approximalfläche (n=208)

Art der Kronenrandschluss(un)genauigkeit	Ausmaß der tatsächlich vorhandenen Kronenrandschluss(un)genauigkeit „S“					
	S < 100µm	100µm ≥ S < 200µm	200µm ≥ S < 300µm	300µm ≥ S < 500µm	S ≥ 500µm	
ÜBEREXTENSION (N=208)	n = 124	n = 12	n = 18	n = 28	n = 26	
UNTEREXTENSION (N=208)	n = 194	n = 4	n = 6	n = 4		
	S < 100µm	100µm ≥ S < 200µm	200µm ≥ S < 300µm	S ≥ 300µm		
SPALT (N=208)	n = 24	n = 38	n = 42	n = 26	n = 34	n = 44

3.5 Statistische Auswertung

Die Auswertung der Daten erfolgte als explorative Datenanalyse auf einem Personalcomputer. Alle erhobenen Daten wurden zunächst mittels Excel für Windows® in Tabellenform erfasst. Die Statistische Auswertung wurde mit dem Programm-Paket SPSS 11.0 ® für Windows (SPSS Inc. Chicago USA) durchgeführt.

Als die grundsätzliche Gütekriterien für diagnostische Verfahren (Test) wurden in vorliegender Untersuchung die „**Validität**“ und die „**Objektivität**“ bei der Beurteilung des approximalen Kronenrandschlusses mittels Meßsonden bestimmt, wobei als Ausgangspunkt für die Schätzung und Testung dieser beiden Güte- maße die in Tab. 4 abgebildete Vierfeldertafel diente.

Tab.4 Vierfeldertafel zum diagnostischen Test.

Tatsächlicher Befund (Kronenrand- ungenauigkeit: Überextension, Unterextension, Spalt)	Klinische Beurteilung einer Kronenrandschlussungenauigkeit (Überextension, Unterextension, Spalt)		Summe
	T ⁺ positiv	T ⁻ Negativ	
Z ⁺ Vorhanden	a (richtig positiv)	b (falsch negativ)	a + b (Randschluss- ungenauigkeit vorhanden)
Z Nicht vorhanden	c (falsch positiv)	d (richtig negativ)	c + d (exakter Kronenrandschluss)
Summe	a + c (Testpositive)	b + d (Testnegative)	a + b + c + d = n (Stichprobengrösse)

Validität

Unter Validität eines diagnostischen Tests versteht man den Grad der Übereinstimmung zwischen Testergebnis und tatsächlichem Befund. Zur Abschätzung der Validität eines diagnostischen Verfahrens stehen verschiedene Bewertungskriterien zur Verfügung, von denen in der vorliegenden Arbeit die folgenden verwendet wurden:

Prävalenz (P)
($a+b / a+b+c+d$)

= Anteil der Kronenrandschlussungenauigkeiten in einer Stichprobe innerhalb einer definierten Population

Sensitivität (Se)
 $a/a+b = P(T^+/Z^+)$

= Wahrscheinlichkeit, dass eine vorhandene Kronenrandschlussungenauigkeit als solche erkannt wird.

Spezifität (Sp)
 $d/c+d = P(T^-/Z^-)$

= Wahrscheinlichkeit, dass eine nicht vorhandene Kronenrandschlussungenauigkeit (korrekter Kronenrandschluss) als solche erkannt wird.

Vorhersagewert eines positiven Tests
(= positive prädikative Wert)
 $PPW = P(Z^+/T^+) = a/a+c$

= Wahrscheinlichkeit, dass die diagnostizierte Kronenrandschlussungenauigkeit (Überextension, Unterextension, Spalt) tatsächlich vorhanden ist.

Vorhersagewert eines negativen Tests

= Wahrscheinlichkeit dass eine nicht festgestellte Kronenrandschlussungenauigkeit auch tatsäch-

(= negative prädikative Wert)
 $NPW = P(Z-/T-) = d/b+d$ lich nicht vorhanden ist (d.h. tatsächlich keine Kronenrandschlussungenauigkeit = exakter Randschluss).

Likelihood ratio (LR+)
 $LR+ = Se / 1-Sp$ = Wahrscheinlichkeitsverhältnis für ein positives Testergebnis: d.h. Wahrscheinlichkeit, dass richtigpositives Testergebnis bei Vorliegen einer Kronenrandschlussungenauigkeit auftritt im Verhältnis zur Wahrscheinlichkeit, dass falschpositives Testergebnis bei Nichtvorliegen einer Kronenrandschlussungenauigkeit getestet wird.

Likelihood ratio (LR-)
 $LR- = 1 - Se / Sp$ = Wahrscheinlichkeitsverhältnis für ein negatives Testergebnis: d.h. Wahrscheinlichkeit, dass falschnegatives Testergebnis bei Vorliegen einer Kronenrandschlussungenauigkeit auftritt im Verhältnis zu Wahrscheinlichkeit das richtignegative Testergebnis bei Nichtvorliegen einer Kronenrandungenauigkeit getestet wird.

Testeffizienz (G)
 $G = PPW + NPW - 1$ = Wahrscheinlichkeit eines richtigen Testresultates (d.h. korrekte Diagnose).

Youden – Index (Y)
 $Y = Se + Sp - 1$ = Prävalenzunabhängiges Maß für die Validität der klinischen Diagnose.

ROC-Analyse, Az-Wert

Der Az-Wert basiert auf der ROC-Analyse, die ein Entscheidungsverfahren darstellt, mit dessen Hilfe Aussagen über die Leistungsfähigkeit diagnostischer Methoden getroffen werden können (Krentz 2002). Die ROC-Kurve (Receiver-Operating-Characteristics-Kurve) wird konstruiert, indem die Richtigpositivrate (Sensitivität) gegen die Falschpositivrate (1-Spezifität) über einen Bereich von Schwellenwerten aufgetragen wird. Die Achsen umfassen einen Wertebereich für Wahrscheinlichkeiten von 0 bis 1,0 (oder anders ausgedrückt, von 0%-100%). Die diagnostische Aussagekraft eines Verfahrens ist umso besser, je stärker sich die ROC-Kurve in die linke obere Ecke des Koordinatensystems krümmt, d.h. je rascher der Prozentsatz richtig positiver Befunde steigt, ohne dass dabei in gleichem Maße auch der Anteil falschpositiven Befunde zunimmt. Für Tests, die gut zwischen gesunden und kranken Probanden diskriminieren, resultiert wenig oder gar kein Verlust an Spezifität, wenn die Sensitivität progressiv zunimmt. Der Az-Wert ergibt sich aus der Fläche unter der ROC-

Kurve und beschreibt die Gesamtgenauigkeit eines diagnostischen Tests. Je größer diese Fläche ist, desto besser ist die diagnostische Aussagkraft des Testes. Der Az-Wert kann Zahlen zwischen 0,5 und 1 annehmen, wobei ein Wert von 0,5 einen Test ohne jede Vorhersagekraft charakterisiert und ein Wert von 1 nur von einem Test mit 100%iger Sensitivität und Spezifität und damit 100%iger diagnostischer Validität erreicht werden kann.

Objektivität

Unter Objektivität eines diagnostischen Tests versteht man das Maß interpersoneller Übereinstimmung, wenn verschiedene Untersucher dasselbe Objekt mit dem gleichen Test beurteilen.

In der vorliegenden Untersuchung wurde als Maß für die interpersonelle Übereinstimmung (=Urteilskonkordanz) der von den beiden beteiligten Untersuchern erhobenen Befunde der **Konkordanzkoeffizient T_b** (Kendall`s Tau b) bestimmt. Der **Kendall`s Tau b** stellt einen Rangkorrelationskoeffizienten dar und kann Werte zwischen -1 und +1 annehmen. Dabei geben das Vorzeichen die Richtung des Zusammenhanges und der absolute Wert dessen Stärke an (Brosius 2002).

4 Ergebnisse

4.1 Validität der klinischen Beurteilung des approximalen Kronenrandschlusses mittels Sondierung

4.1.1 Beurteilung horizontaler Überextensionen

Es zeigte sich, dass eine horizontale Überextension des approximal gelegenen Kronenrandes von ≥ 100 - < 200 nur in 50% der Fälle korrekt erkannt wurde, wogegen eine Überextension von ≥ 200 - < 300 immerhin in 61,1% der Fälle erkannt wurde (Abb. 8). Erst bei einer Randungenauigkeit von ≥ 300 - < 400 wies der Test mit 89,3% die größte Sensitivität auf, d.h. mit Vergrößerung der horizontalen Überextension nahm auch die **Sensitivität** der Sondenmessung zu. Bei einer Überextension größer oder gleich $500\mu\text{m}$ kam es jedoch wieder zu einer Abnahme der Sensitivität, was darin begründet war, dass bei dieser großen Überextension vielfach ein Spalt statt der Überextension diagnostiziert wurde.

Die **Spezifität** der Sondenmessung zur Beurteilung von Überextensionen des Kronenrandes betrug 77,4 %, d.h. trotz fehlender Überextension wurde eine solche trotzdem irrtümlich in 22,6% der Fälle diagnostiziert.

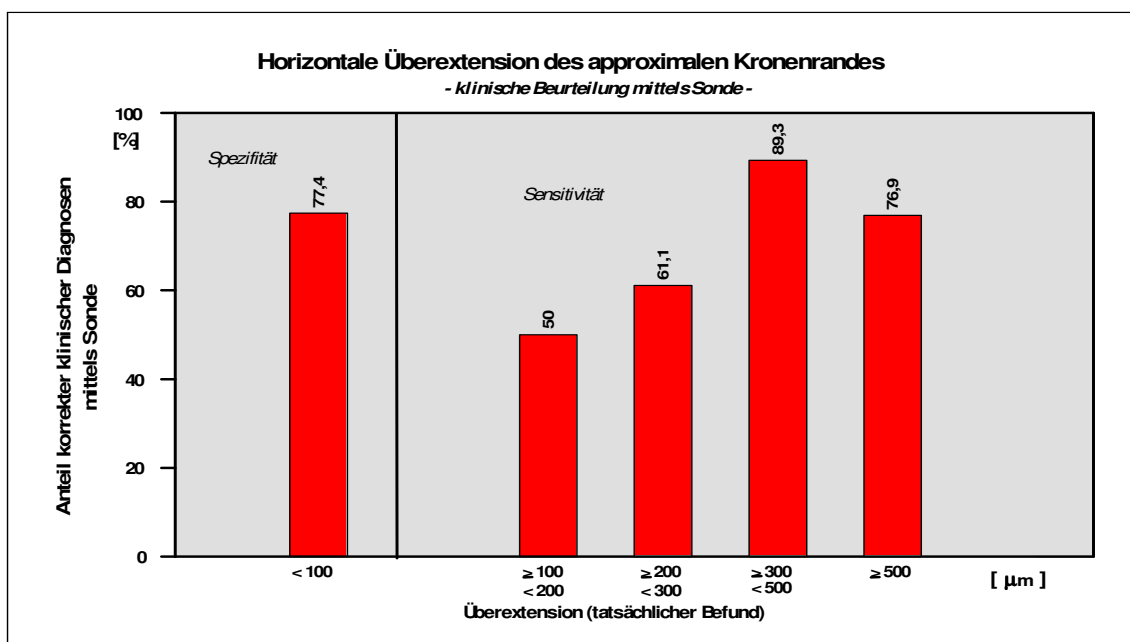


Abb.8 Diagnostische Genauigkeit (Sensitivität & Spezifität) der Sondierung zur Beurteilung von horizontalen Überextensionen des approximalen Kronenrandes

Aus den Häufigkeiten richtig positiver, falsch positiver, richtig negativer und falsch negativer Befunde bei der Beurteilung des Ausmaßes der Überextension des approximalen Kronenrandes mittels Sonde lassen sich außer der Sensitivität und der Spezifität, noch weitere Parameter ableiten, die eine Aussage zur Validität der Sondenmessung bei der Diagnose von Überkonturierungen des approximalen Kronenrandes ermöglichen.

Dies ist neben der Wahrscheinlichkeitsverhältnisse für ein positives bzw. ein negatives Testergebnis (= **Likelihood-Ratio** für positives / negatives Testergebnis) auch noch der **Youden-Index** als prävalenzunabhängiges Maß für die Testvalidität. Der Youden-Index kann Werte zwischen -1 und $+1$ annehmen, wobei Werte >0 darauf hindeuten, dass die Ergebnisse der Sondenmessung vom Zufall abweichen. Der Maximalwert $+1$ wird erreicht, wenn mittels der Sondenuntersuchung der tatsächliche Befund in jedem Fall erfasst wird.

In den Abbildungen 9a-c sind die Vierfelder-Tafeln dargestellt, anhand derer die Sensitivität, Spezifität, Wahrscheinlichkeitsverhältnisse und der Youden-Index für Überextensionen des Kronenrandes zwischen $\geq 100\mu\text{m}$ und $\geq 300\mu\text{m}$ ermittelt wurden.

Diagnostische Erfassung horizontaler Überextensionen des approximalen Kronenrandes $\geq 100\mu\text{m}$				
		Klinische Beurteilung mittels Sonde		
		ÜEx +	ÜEx -	Summe
Tatsächlicher Befund	ÜEx + (d.h. $\geq 100\mu\text{m}$)	62	22	84
	ÜEx - (d.h. $< 100\mu\text{m}$)	28	96	124
Summe		90	118	208

Validitätsmaße für ÜEx $\geq 100\mu\text{m}$

Sensitivität (Se) = 73,8%
 Spezifität (Sp) = 77,4%

Wahrscheinlichkeitsverhältnis für positives Testergebnis (LR +) = 3,3
 Wahrscheinlichkeitsverhältnis für negatives Testergebnis (LR -) = 0,34

Testvalidität (Y-Index) = 0,51

Abb.9a

Diagnostische Erfassung horizontaler Überextensionen des approximalen Kronenrandes $\geq 200\mu\text{m}$

		Klinische Beurteilung mittels Sonde		Summe
		ÜEx +	ÜEx -	
Tatsächlicher Befund	ÜEx + (d.h. $\geq 200\mu\text{m}$)	56	16	72
	ÜEx - (d.h. $< 200\mu\text{m}$)	34	102	136
Summe		90	118	208

Validitätsmaße für ÜEx $\geq 200\mu\text{m}$

Sensitivität (Se) = 77,8%

Spezifität (Sp) = 75,0%

Wahrscheinlichkeitsverhältnis für positives Testergebnis (LR +) = 3,1

Wahrscheinlichkeitsverhältnis für negatives Testergebnis (LR -) = 0,30

Testvalidität (Y-Index) = 0,53

Abb.9b

Diagnostische Erfassung horizontaler Überextensionen des approximalen Kronenrandes $\geq 300\mu\text{m}$

		Klinische Beurteilung mittels Sonde		Summe
		ÜEx +	ÜEx -	
Tatsächlicher Befund	ÜEx + (d.h. $\geq 300\mu\text{m}$)	45	9	54
	ÜEx - (d.h. $< 300\mu\text{m}$)	45	109	154
Summe		90	118	208

Validitätsmaße für ÜEx $\geq 300\mu\text{m}$

Sensitivität (Se) = 83,3%

Spezifität (Sp) = 70,8%

Wahrscheinlichkeitsverhältnis für positives Testergebnis (LR +) = 2,9

Wahrscheinlichkeitsverhältnis für negatives Testergebnis (LR -) = 0,24

Testvalidität (Y-Index) = 0,54

Abb.9c

Abb.9a-c Diagnostische Genauigkeit der klinischen Beurteilung der horizontalen Überextension des approximalen Kronenrandes mittels Sonde für unterschiedliche Schwellenwerte hinsichtlich der Einstufung des tatsächlichen Befundes (ÜEx + oder ÜEx -).

Der Vergleich der prävalenzunabhängigen Testgüte der Sondenmessung zur Beurteilung approximaler Überextensionen des Kronenrandes mittels LR+ bzw. LR- und Youden-Index für verschiedene Schwellenwerte (Überextensionen $\geq 100 \mu\text{m}$ / $\geq 200 \mu\text{m}$ / $\geq 300 \mu\text{m}$) zeigt, dass die Wahrscheinlichkeit für die richtige Diagnose „Überextension“ unabhängig von der tatsächlichen Ausprägung der Überextension grundsätzlich etwa 3fach so hoch ist wie falsch-positive Diagnose „Überextension“. Je größer die vorhandene Überextension war, umso höher wurde allerdings die Sicherheit der Ausschlußdiagnose „Überextension nicht vorhanden“, denn hier nahm die LR- von 0,34 (bei Überextensionen $\geq 100\mu\text{m}$) auf 0,24 (bei Überextensionen $\geq 300 \mu\text{m}$) ab, d.h. die Wahrscheinlichkeit, dass trotz vorhandener Überextension diese nicht erkannt wurde, nahm im Vergleich zur Wahrscheinlichkeit eines richtig-negativen Ergebnisses bei Fehlen einer entsprechenden Überextension ab.

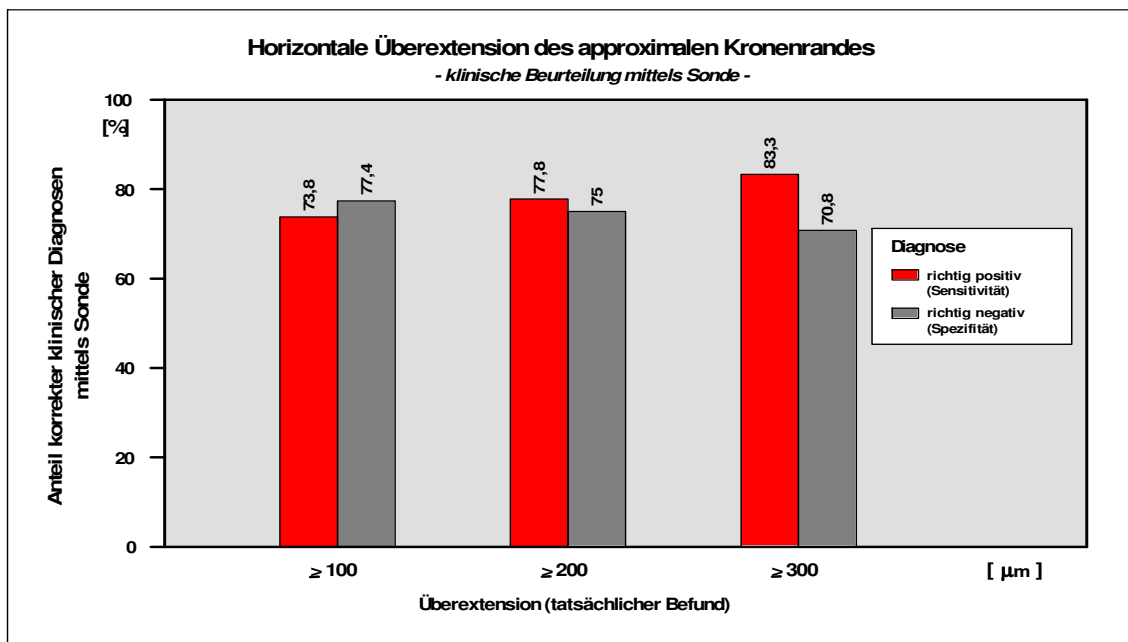


Abb.10 Sensibilität und Spezifität für Diagnostik der horizontalen Überextension bei unterschiedlichen Schwellenwerten, ab denen definitionsgemäß eine Überextension vorliegen soll (vergleichende Zusammenstellung aus Abb. 9a-c)

Ein Vergleich der Sensitivität und Spezifität der Diagnose „Überextension“ für den Fall, dass diese definitionsgemäß erst ab einem bestimmten Ausmaß als solche bezeichnet werden soll, d.h. für unterschiedliche Schwellenwerte zeigt Abb. 10.

Hier wird nochmals deutlich, dass die Sensitivität mit größerem Schwellenwert zwar zunimmt, dies aber auf Kosten der Spezifität.

Insgesamt wurden bei der Sondenuntersuchung somit im Durchschnitt 21,7% der vorhandenen Überextensionen nicht erkannt.

Die Tab. 5 schlüsselt Sensitivität / Spezifität, die in Abb. 10 dargestellt sind, im Hinblick auf die Lage des Kronenrandes weiter auf.

Aus diesen Ergebnissen wird ersichtlich, dass entgegen der Erwartungen die Sensitivität bei sub,- bzw. paragingivaler Kronenrandlage (bessere Sicht) zwischen 80% und 100% lag, wogegen die Sensitivität für supragingivale Kronenränder bei allen drei Schwellenwerten deutlich niedriger war (61%-71%).

Tab. 5 Validitätsmaße zur Beurteilung der Testgüte, d.h. der diagnostischen Aussagekraft zur Sondenmessung als Diagnoseverfahren zur Feststellung von horizontalen Überextensionen unterschiedlichen Ausmaßes bei unterschiedlicher Kronenrandlage.

Lage des Kronenrandes	Ausmaß der Überextension														
	≥ 100 µm					≥ 200 µm					≥ 300 µm				
	Se	Sp	LR+	LR-	Y	Se	Sp	LR+	LR-	Y	Se	Sp	LR+	LR-	Y
Supragingival n = 108	61%	71%	60,9	0,55	0,32	61,1%	66,7%	47,8	0,58	0,3	71,4%	67,5%	43,5	0,42	0,39
Paragingival n = 24	80%	71,4%	66,7	0,28	0,51	fehlende Werte					100%	75%	66,7	0	0,75
Subgingival n = 76	fehlende Werte					92,9%	87,5%	81,3	0,08	0,8	94,4%	74,1%	53,1	0,08	0,69
Gesamt n =208	73,8%	77,4%	3,3	0,34	0,51	77,8%	75,0%	3,1	0,30	0,53	83,3%	70,8%	2,9	0,24	0,54

Abschließend wird der **Zusammenhang zwischen Sensitivität und Spezifität** bei der Sondendiagnostik von Überextensionen durch die ROC-Kurve (Reciever-Operating-Characteristics-Kurve) in Abb. 11 nochmals zusammenfassend dargestellt.

Es zeigt sich, dass je größer das Ausmaß der Überextension, umso höher auch die Sensitivität der Sondenmessung, d.h. um so eher werden alle vorhandenen Überextensionen auch als solche erkannt.

Bei der klinisch oft als Schwellenwert herangezogenen Überextensionsgröße ≥ 200 µm ist bereits eine hohe diagnostische Zuverlässigkeit im Hinblick auf richtigpositive Diagnosen bei gleichzeitig nur geringer Falschpositivrate gegeben.

Aus dem Kurvenverlauf wird weiterhin deutlich, dass im gesamten klinisch relevanten Bereich (100µm-300µm) die Spezifität stets deutlich höher als die Sensitivität ist. D.h. die Wahrscheinlichkeit eine vorhandene korrekte horizontale Randkontur auch als solche zu erkennen ist viel höher als die Wahrscheinlichkeit eine vorhandene Überextension zu erkennen.

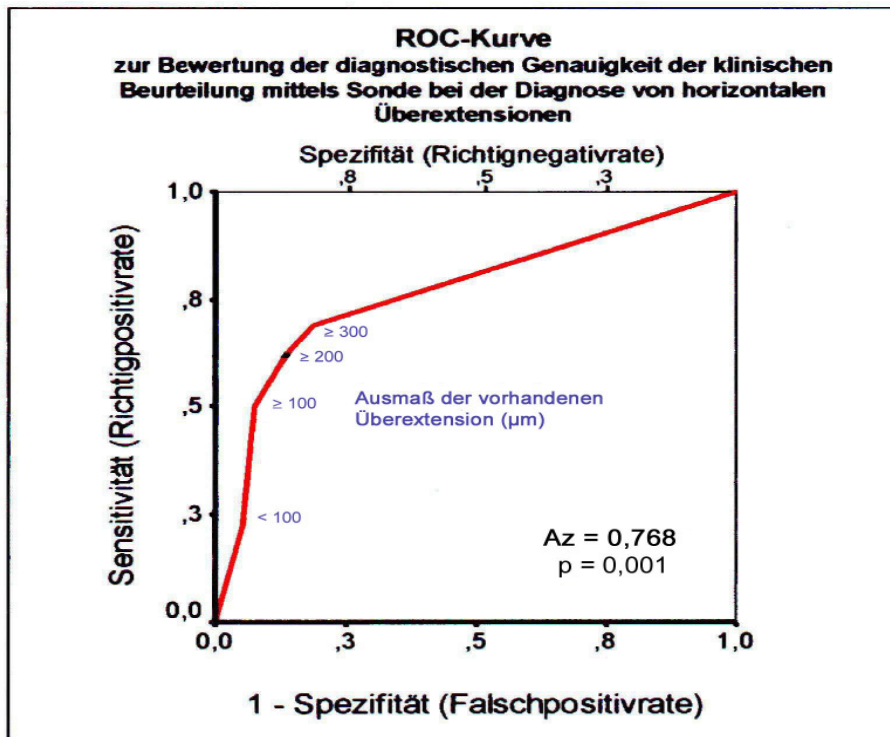


Abb.11 Darstellung des Zusammenhanges zwischen Sensitivität und Spezifität bei der klinischen Diagnose von horizontalen Überextensionen mittels Sonde.

Der Az - Wert als Indikator für die Gesamtgenauigkeit des diagnostischen Verfahrens liegt mit einem Wert von 0,768 ($p < 0,001$) deutlich über 0,5 (was bedeuten würde: Sensitivität = Spezifität, d.h. Wahrscheinlichkeit der richtigpositiven und falschpositiven Resultate ist gleich).

Der A_z - Wert kann max. 1,0 betragen. In diesem Falle wären Sensitivität und Spezifität jeweils 100% was in der Regel kein diagnostisches Verfahren tatsächlich leistet.

4.1.2 Beurteilung horizontaler Unterextensionen

Es zeigte sich, dass eine horizontale Unterextension des approximalen Kronenrandes im Bereich von $\geq 200\mu\text{m}$ - $< 300\mu\text{m}$ in maximal 83,3% der Fälle richtig erkannt wurde (Abb. 12). Erst ab einer Größe von $\geq 300\mu\text{m}$ wurde eine vorhandene Unterextension stets richtig diagnostiziert, d.h. mit zunehmender horizontaler Unterextension nahm auch die **Sensitivität** der Sondenmessung und damit die diagnostische Sicherheit eine vorhandene Unterextension als solche zu erkennen zu.

Die Spezifität der Sondenmessung zur Beurteilung von Überextensionen des Kronenrandes betrug 99,5%, d.h. trotz fehlender Überextension wurde eine solche trotzdem irrtümlich nur in 0,5% der Fälle diagnostiziert.

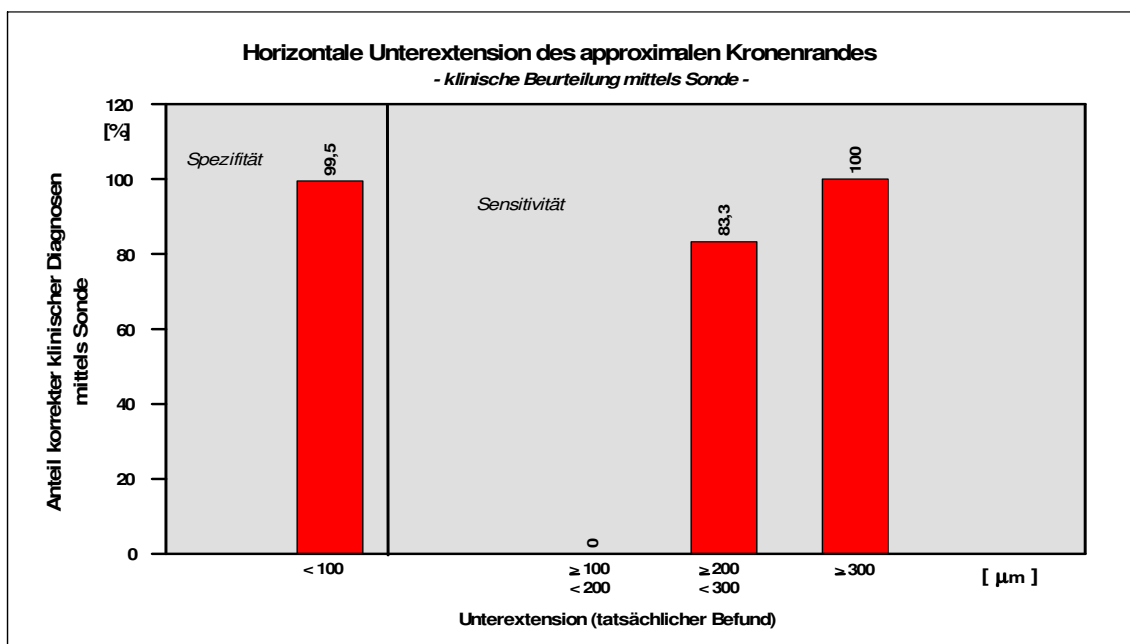


Abb.12 Diagnostische Genauigkeit (Sensitivität & Spezifität) der Sondierung zur Beurteilung von horizontalen Unterextensionen des approximalen Kronenrandes

Analog zu der Darstellung in Kapitel 4.1.1 für die Überextension des Kronenrandes sind in den Abbildungen 13 a-c die Vierfelder-Tafeln abgebildet, anhand derer die Sensitivität, Spezifität, Wahrscheinlichkeitsverhältnisse und der Youden-Index für die Unterextensionen von $\geq 100\mu\text{m}$ bis $\geq 300\mu\text{m}$ ermittelt wurden.

Diagnostische Erfassung horizontaler Unterextensionen des approximalen Kronenrandes $\geq 100\mu\text{m}$

		Klinische Beurteilung mittels Sonde		Summe
		UEx +	UEx -	
Tatsächlicher Befund	UEx + (d.h. $\geq 100\mu\text{m}$)	9	5	14
	UEx - (d.h. $< 100\mu\text{m}$)	1	193	194
Summe		10	198	208

Validitätsmaße für UEx $\geq 100\mu\text{m}$

Sensitivität (Se) = 64,5%

Spezifität (Sp) = 99,5%

Wahrscheinlichkeitsverhältnis für positives Testergebnis (LR +) = 129

Wahrscheinlichkeitsverhältnis für negatives Testergebnis (LR -) = 0,36

Testvalidität (Y-Index) = 0,64

Abb.13a

Diagnostische Erfassung horizontaler Unterextensionen des approximalen Kronenrandes $\geq 200\mu\text{m}$

		Klinische Beurteilung mittels Sonde		Summe
		UEx +	UEx -	
Tatsächlicher Befund	UEx + (d.h. $\geq 200\mu\text{m}$)	9	1	10
	UEx - (d.h. $< 200\mu\text{m}$)	1	197	198
Summe		10	198	208

Validitätsmaße für UEx $\geq 200\mu\text{m}$

Sensitivität (Se) = 90%

Spezifität (Sp) = 99,5%

Wahrscheinlichkeitsverhältnis für positives Testergebnis (LR +) = 180

Wahrscheinlichkeitsverhältnis für negatives Testergebnis (LR -) = 0,1

Testvalidität (Y-Index) = 0,9

Abb.13b

Diagnostische Erfassung horizontaler Unterextensionen des approximalen Kronenrandes $\geq 300\mu\text{m}$				
		Klinische Beurteilung mittels Sonde		Summe
		UEx +	UEx -	
Tatsächlicher Befund	UEx + (d.h. $\geq 300\mu\text{m}$)	4	0	4
	UEx - (d.h. $< 300\mu\text{m}$)	6	198	204
Summe		10	198	208

Validitätsmaße für UEx $\geq 300\mu\text{m}$

Sensitivität (Se) = 100%

Spezifität (Sp) = 97,1%

Wahrscheinlichkeitsverhältnis für positives Testergebnis (LR +) = 34,5

Wahrscheinlichkeitsverhältnis für negatives Testergebnis (LR -) = 0

Testvalidität (Y-Index) = 0,97

Abb.13c

Abb.13a-c Diagnostische Genauigkeit der klinischen Beurteilung der horizontalen Unterextension des approximalen Kronenrandes mittels Sonde für unterschiedliche Schwellenwerte hinsichtlich der Einstufung des tatsächlichen Befundes (UEx + oder UEx -)

Der Vergleich der prävalenzunabhängigen Testgüte der Sondenmessung zur Beurteilung approximaler Überextensionen des Kronenrandes mittels LR+ bzw. LR- und Youden-Index für verschiedene Schwellenwerte (Unterextensionen $\geq 100\mu\text{m}$ / $\geq 200\mu\text{m}$ / $\geq 300\mu\text{m}$) zeigt, dass die Wahrscheinlichkeit, dass die Diagnose „Unterextension“ im Bereich von Unterextensionen, die $< 300\mu\text{m}$ sind, mit sehr hoher Sicherheit zutrifft, d.h. die falsch-positive Diagnose „Unterextension“ wird nur sehr selten gestellt (Spezifität $\geq 99,5\%$). Je größer die vorhandene Unterextension war, umso höher wurde auch die Sicherheit der Ausschlußdiagnose „Unterextension nicht vorhanden“, denn hier nahm die LR- von 0,36 (bei Unterextensionen $\geq 100\mu\text{m}$) auf 0 (bei Unterextensionen $\geq 300\mu\text{m}$) ab, d.h. die Wahrscheinlichkeit, dass trotz vorhandener Unterextension diese nicht erkannt wurde, nahm im Vergleich zur Wahrscheinlichkeit eines richtig-negativen Ergebnisses bei Fehlen einer entsprechenden Unterextension ab.

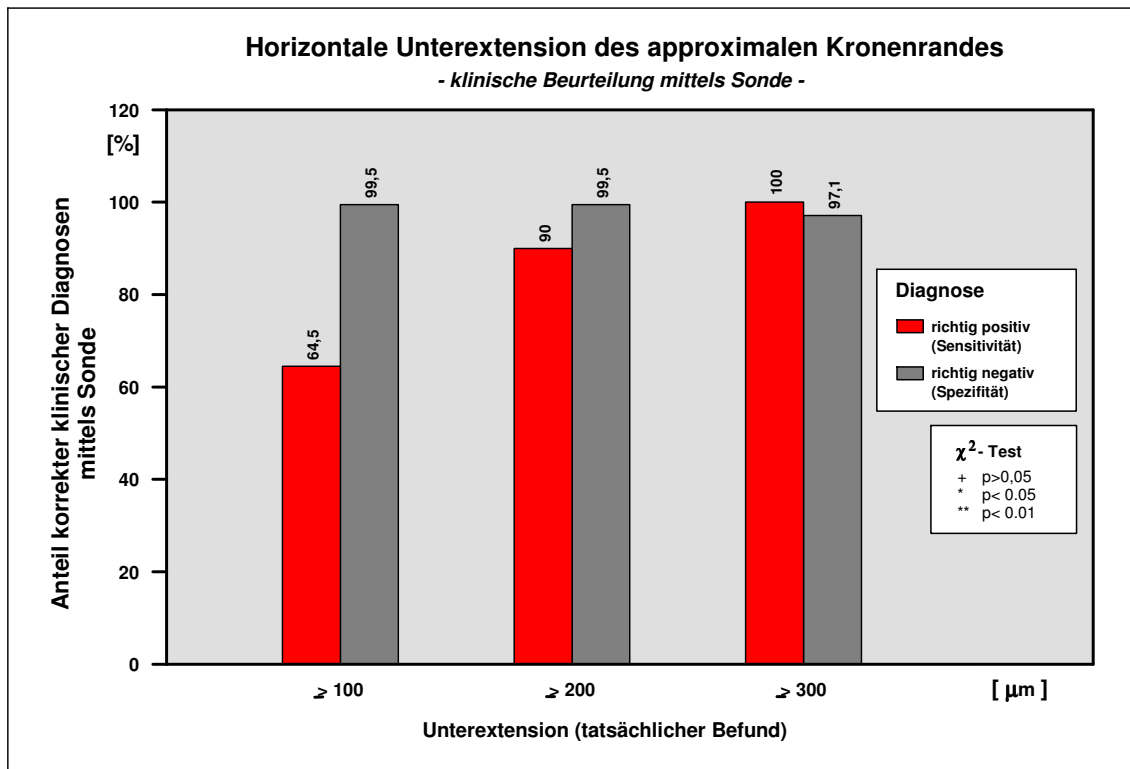


Abb.14 Sensibilität und Spezifität für Diagnostik der horizontalen Überextension bei unterschiedlichen Schwellenwerten, ab denen definitionsgemäß eine Unterextension vorliegen soll (vergleichende Zusammenstellung aus Abb. 13a-c)

Ein Vergleich der Sensitivität und Spezifität der Diagnose „Unterextension“ für den Fall, dass diese definitionsgemäß erst ab einem bestimmten Ausmaß als solche bezeichnet werden soll, d.h. für unterschiedliche Schwellenwerte zeigt Abb. 14.

Hier wird nochmals deutlich, dass die Sensitivität mit größerem Schwellenwert deutlich zunimmt und ab einer Größe von $\geq 300\mu\text{m}$ alle Unterextensionen als solche richtig erkannt wurden. Die Spezifität nahm dagegen bei stärkerer Unterextension erwartungsgemäß geringfügig ab.

Die Tab. 6 schlüsselt Sensitivität / Spezifität, die in Abb. 14 dargestellt sind, im Hinblick auf die Lage des Kronenrandes weiter auf.

Aus diesen Ergebnissen wird ersichtlich, dass bei einem paragingival verlaufenden Kronenrand eine bessere diagnostische Erfassung vorhandener und auch nicht vorhandener Unterextensionen möglich ist als bei einem subgingival liegenden Kronenrand. Dennoch ist auch bei subgingivaler Lage des Kronenrandes noch eine insgesamt sehr hohe Testgüte gegeben.

Tab. 6 Validitätsmaße zur Beurteilung der Testgüte, d.h. der diagnostischen Aussagekraft zur Sondenmessung als Diagnoseverfahren zur Feststellung von horizontalen Unterextensionen.

Lage des Kronenrandes	Ausmaß der Unterextension														
	≥ 100 µm					≥ 200 µm					≥ 300 µm				
	Se	Sp	LR+	LR-	Y	Se	Sp	LR+	LR-	Y	Se	Sp	LR+	LR-	Y
Supragingival n = 108	fehlende Werte					fehlende Werte					fehlende Werte				
Paragingival n = 24	fehlende Werte					100%	100%	100	0	1	100%	90,9%	50	0	0,9
Subgingival n = 76	fehlende Werte					92,9%	87,5%	81,3	0,08	0,80	94,4%	74,1%	53,1	0,08	0,69
Gesamt n=208	64,5%	99,5%	129	0,36	0,64	90%	99,5%	180	0,1	0,9	100%	97,1%	37,5	0	0,97

Die insgesamt hohe diagnostische Effizienz der Sondenmessung bei Unterextension spiegelt sich auch im hohen A_z - Wert der ROC-Analyse wieder (siehe Abb.15)

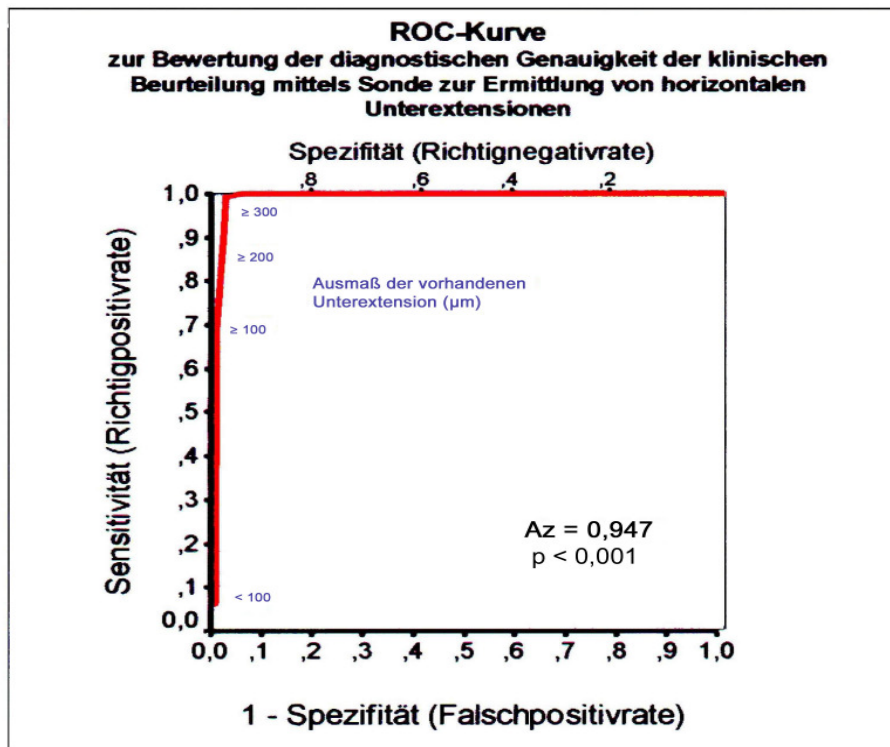


Abb.15 Darstellung des Zusammenhanges zwischen Sensitivität und Spezifität bei der klinischen Diagnose von horizontalen Unterextensionen mittels Sonde.

Der A_z – Wert, d.h. die Fläche unter der Kurve als Maß für die Gesamtgenauigkeit der Diagnose mittels Sonde bei Unterextension erreicht mit 0,947 ($p < 0,001$) nahezu den Idealwert von 1,0.

Der sofortige steile Anstieg der Kurve macht deutlich, dass die Sondierung insbesondere zur Bestätigung eines korrekten Randschlusses (d.h. keine, bzw. nur geringe Unterextension $< 100\mu\text{m}$) klinisch gut geeignet ist. Dagegen lässt die Sensitivität für tatsächlich vorhandene Unterextensionen, falls als Schwellenwert $100\mu\text{m}$ festgelegt ist, zu wünschen übrig.

4.1.3 Grob-quantitative Beurteilung des Randspaltes

In der Tab. 7 sind die Messwerte aus der Sondenmessung den an den extrahierten Zähnen bestimmten tatsächlichen Werten des Kronenrandspaltes gegenübergestellt, wobei die nicht schraffierten Felder die Fälle einer korrekten Diagnose, die hellgrau schraffierten Felder die Fälle, in denen ein zu großer Randspalt gemessen wurde, und die dunkelgrau schraffierten Felder die Fälle, in denen ein zu kleiner Randspalt gemessen wurde, wiedergeben.

Tab. 7 Gegenüberstellung von klinischen diagnostizierter und tatsächlich vorhandener Randspaltgröße bei der Beurteilung mittels Messsonden.

Tatsächlicher Randspalt S (μm)	Klinische Beurteilung mittels Messsonde					
	S < 100 (n = 6)	100 ≤ S < 200 (n = 71)	200 ≤ S < 300 (n = 25)	300 ≤ S < 400 (n = 21)	400 ≤ S < 500 (n = 10)	S ≥ 500 (n = 16)
S < 100 (n = 24)	4	18	2			
100 ≤ S < 200 (n = 38)	2	25	10			1
200 ≤ S < 300 (n = 42)		19	16	6		1
300 ≤ S < 400 (n = 26)		8	9	7		2
400 ≤ S < 500 (n = 34)			4	8	10	12
S ≥ 500 (n = 44)		1	1			42

Korrekte Diagnose

Randspalt zu klein gemessen

Randspalt zu groß gemessen

Sowohl aus Tab. 6, in der klinisch diagnostizierte und tatsächlich vorhandene Randspaltgröße bei der Beurteilung mittels Messsonden gegenübergestellt wird, als auch aus Abb. 16, in der diese Informationen noch einmal graphisch anhand der prozentualen Anteile korrekt / zu klein / zu groß gemessener Randspalten veranschaulicht wird, geht hervor, dass für die klinisch relevanten Rand-

spaltgrößen „S“, für die gilt: $200 \mu\text{m} \leq S < 400 \mu\text{m}$, der mittels Meßsonden ermittelte Wert i.d.R. eher zu klein als zu groß gemessen wurde.

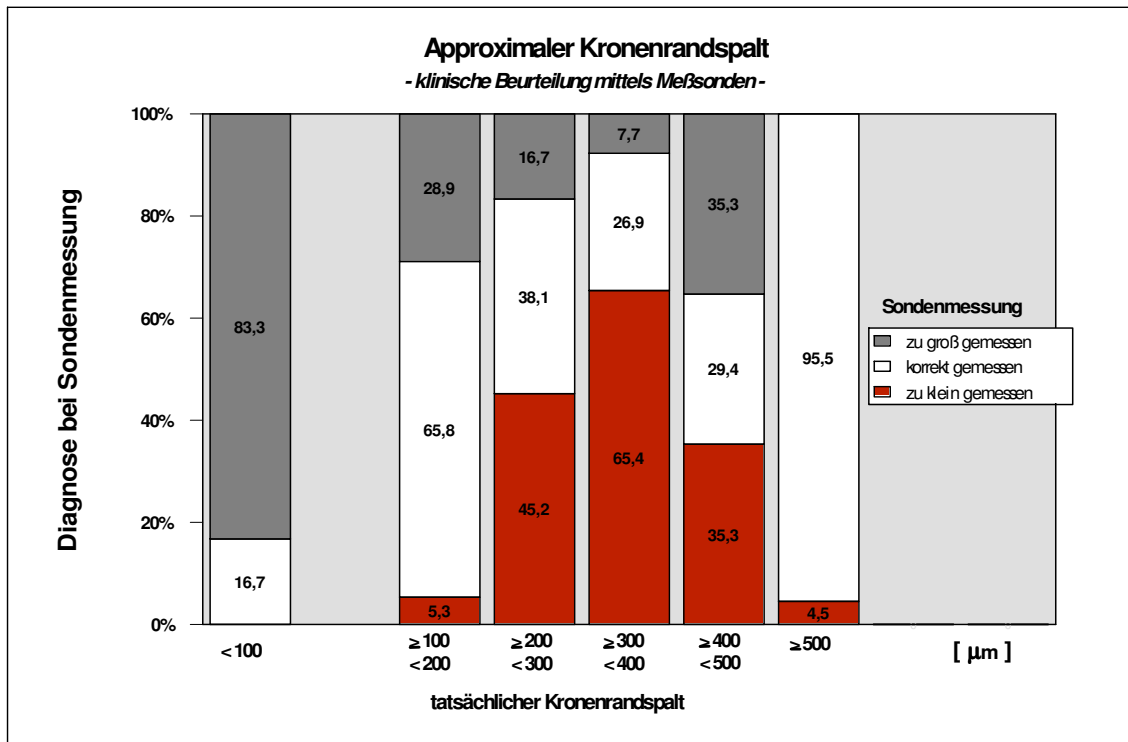


Abb. 16 Darstellung von klinischen diagnostizierten und tatsächlich vorhandener Randspaltgröße bei der Beurteilung mittels Messsonden.

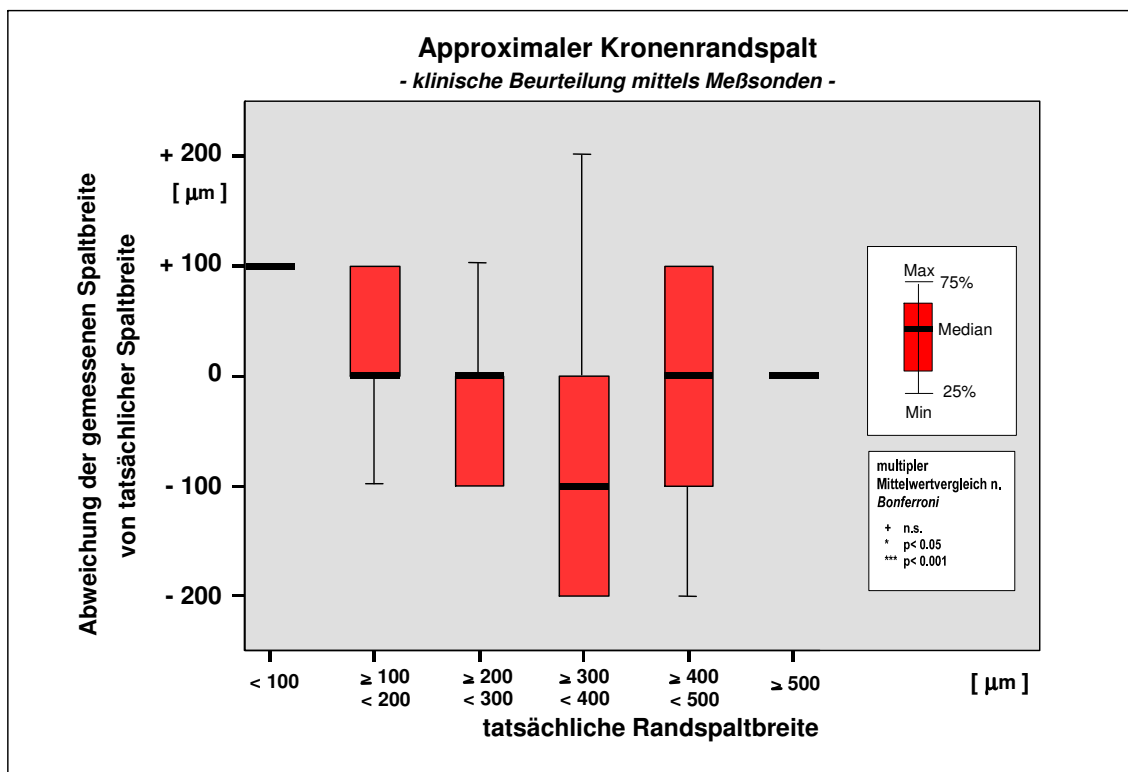


Abb. 17 Ausmaß der Abweichung des Sondenmesswertes von der tatsächlichen Spaltbreite (Ausreißer und Extremwerte sind nicht dargestellt).

Das Ausmaß der Abweichung des Sondenmeßwertes von der tatsächlichen Randspaltbreite wird in den Abb. 17 und 18 anhand von **Boxplots** dargestellt. Dabei geben die angezeigten Minima und Maxima einen Überblick über die Streuung der Messwerte. Die Boxen selber zeigen den Bereich an, in dem sich 50% aller Messwerte befinden, wobei der Median den mittleren Messwert jeder Box darstellt. Die Ordinate gibt die Abweichung der gemessenen Spaltbreite von der tatsächlichen Spaltbreite und die Abszisse die tatsächliche Randspaltbreite an.

Es zeigt sich, dass die Streuung der Sondenmeßwerte bei sehr kleinen ($< 100 \mu\text{m}$) und bei sehr großen Spalten ($> 500 \mu\text{m}$) am geringsten ist. Bis zu einer Kronenrandspaltbreite $< 400 \mu\text{m}$ nahm der Anteil der mittels Sonde als zu groß eingeschätzten Spalten mit zunehmender Spaltbreite ab und der Anteil der mittels Sonde als zu klein eingeschätzten Spalten zu (Abb. 16).

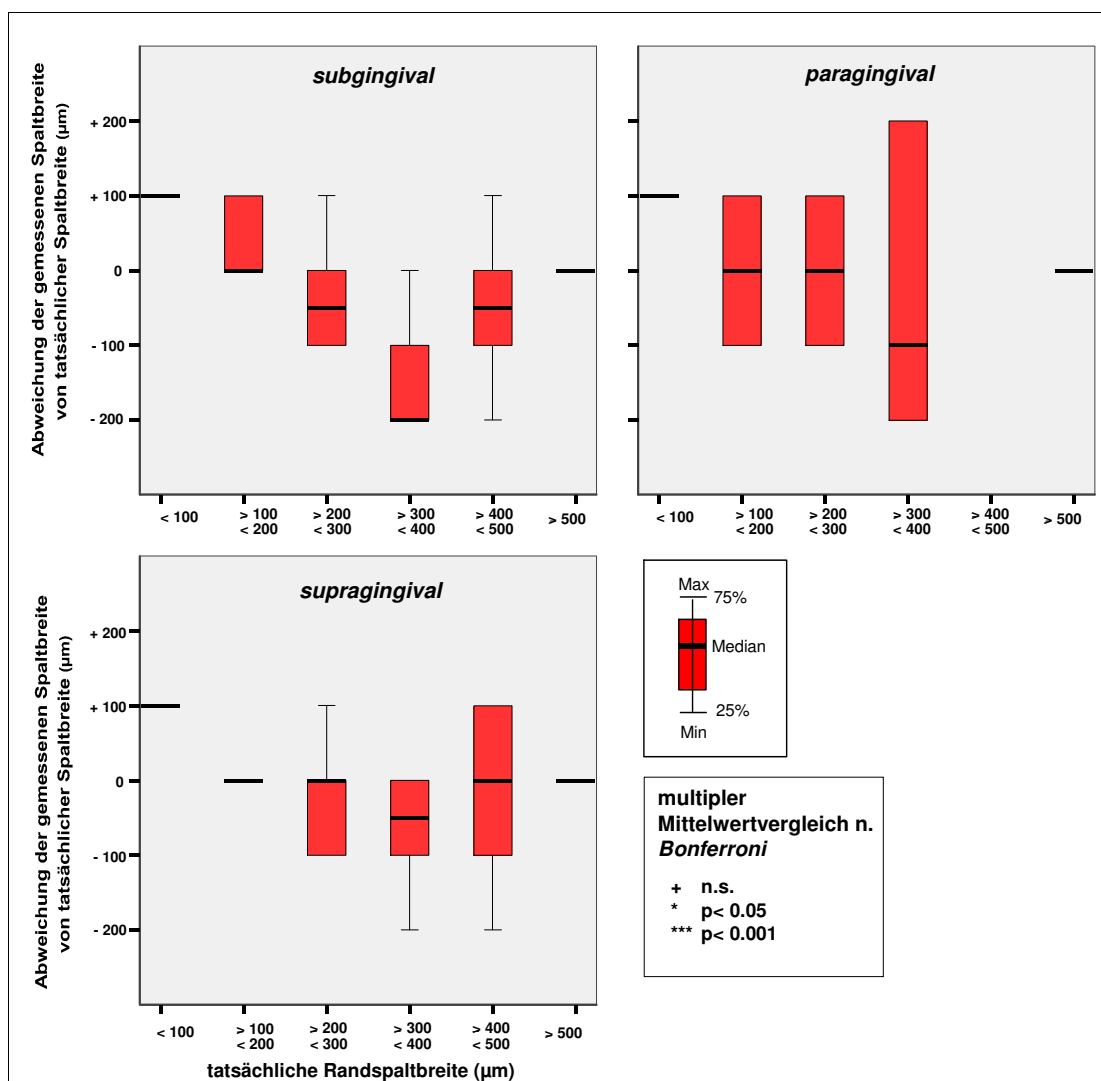


Abb. 18 Einfluss der Kronenrandlage auf das Maß der Abweichung des Sondenmesswertes von der tatsächlichen Spaltbreite (Ausreißer und Extremwerte sind nicht dargestellt.)

Welchen Einfluß die Lage des Kronenrandes auf das Ausmaß der Abweichungen bei Sondenmessung der Spaltbreite hatte, ist in Abb. 18 zu erkennen. Es zeigte sich, dass bei paragingival gelegenem Kronenrand die größte Streuung der Meßwerte auftrat.

In den Abbildungen 19a-c sind die Vierfelder-Tafeln dargestellt, anhand derer die Sensitivität, Spezifität, Wahrscheinlichkeitsverhältnisse und der Youden-Index für die diagnostische Erfassung approximaler Kronenrandspalten mittels kalibrierter Meßsonden für verschiedene Schwellenwerte (Kronenrandspaltbreite $\geq 100\mu\text{m}$, $\geq 200\mu\text{m}$, $\geq 300\mu\text{m}$) ermittelt wurden.

Der Vergleich der prävalenzunabhängigen Testgüte der Sondenmessung zur Erfassung approximaler Kronenrandspalten, die oberhalb eines bestimmten Schwellenwert liegen (Kronenrandspaltbreite $\geq 100\mu\text{m}$, $\geq 200\mu\text{m}$, $\geq 300\mu\text{m}$), mittels LR+ bzw. LR- und Youden-Index zeigt, dass die Wahrscheinlichkeit, dass die Diagnose „Randspalt vorhanden“ bei Randspalten $\geq 200\mu\text{m}$, mit sehr hoher Sicherheit zutrifft, d.h. die entsprechende falsch-positive Diagnose wird nur sehr selten gestellt. Dies bedeutet, dass durch die Sondenmessung die Nachtestwahrscheinlichkeit deutlich erhöht.

Diagnostische Erfassung approximaler Kronenrandspalten $\geq 100\mu\text{m}$				
		Klinische Beurteilung mittels Sonde		Summe
		Spalt + ≥ 100	Spalt - < 100	
Tatsächlicher Befund	Spalt + (d.h. $\geq 100\mu\text{m}$)	182	2	184
	Spalt - (d.h. $< 100\mu\text{m}$)	20	4	24
Summe		202	6	208

Validitätsmaße für Spalt $\geq 100\mu\text{m}$

Sensitivität (Se) = 98,90%

Spezifität (Sp) = 16,7%

Wahrscheinlichkeitsverhältnis für positives Testergebnis (LR +) = 1,1873

Wahrscheinlichkeitsverhältnis für negatives Testergebnis (LR -) = 0,07

Testvalidität (Y-Index) = 0,16

Abb. 19a

Diagnostische Erfassung approximaler Kronenrandspalten $\geq 200\mu\text{m}$

		Klinische Beurteilung mittels Sonde		Summe
		Spalt + ≥ 200	Spalt - < 200	
Tatsächlicher Befund	Spalt + (d.h. $\geq 200\mu\text{m}$)	118	28	146
	Spalt - (d.h. < $200\mu\text{m}$)	13	49	62
Summe		131	77	208

Validitätsmaße für Spalt $\geq 200\mu\text{m}$

Sensitivität (Se) = 80,8%

Spezifität (Sp) = 79%

Wahrscheinlichkeitsverhältnis für positives Testergebnis (LR +) = 3,8

Wahrscheinlichkeitsverhältnis für negatives Testergebnis (LR -) = 0,24

Testvalidität (Y-Index) = 0,7

Abb. 19b

Diagnostische Erfassung approximaler Kronenrandspalten $\geq 300\mu\text{m}$

		Klinische Beurteilung mittels Sonde		Summe
		Spalt + ≥ 300	Spalt - <300	
Tatsächlicher Befund	Spalt + (d.h. $\geq 300\mu\text{m}$)	81	23	104
	Spalt - (d.h. < $300\mu\text{m}$)	8	96	104
Summe		89	119	208

Validitätsmaße für Spalt $\geq 300\mu\text{m}$

Sensitivität (Se) = 77,9%

Spezifität (Sp) = 92,3%

Wahrscheinlichkeitsverhältnis für positives Testergebnis (LR +) = 10,1

Wahrscheinlichkeitsverhältnis für negatives Testergebnis (LR -) = 0,24

Testvalidität (Y-Index) = 0,7

Abb. 19c

Abb. 19a-c Diagnostische Genauigkeit der klinisch grob-quantitativen Beurteilung des approximalen Kronenrandspaltes mittels Meßsonden für unterschiedliche Schwellenwerte hinsichtlich Einstufung des tatsächlichen Befundes (Spalt vorhanden oder nicht).

Mit Anhebung des Schwellenwertes für die Diagnose „Spalt vorhanden“ von $\geq 100 \mu\text{m}$ auf $\geq 200 \mu\text{m}$ nahm die Spezifität der Sondenmessung deutlich zu, d.h. die Wahrscheinlichkeit trotz fehlendem Randspalt (Spaltbreite $< 100 \mu\text{m}$) fälschlicherweise doch das Vorhandensein eines solchen zu diagnostizieren, nahm deutlich ab .

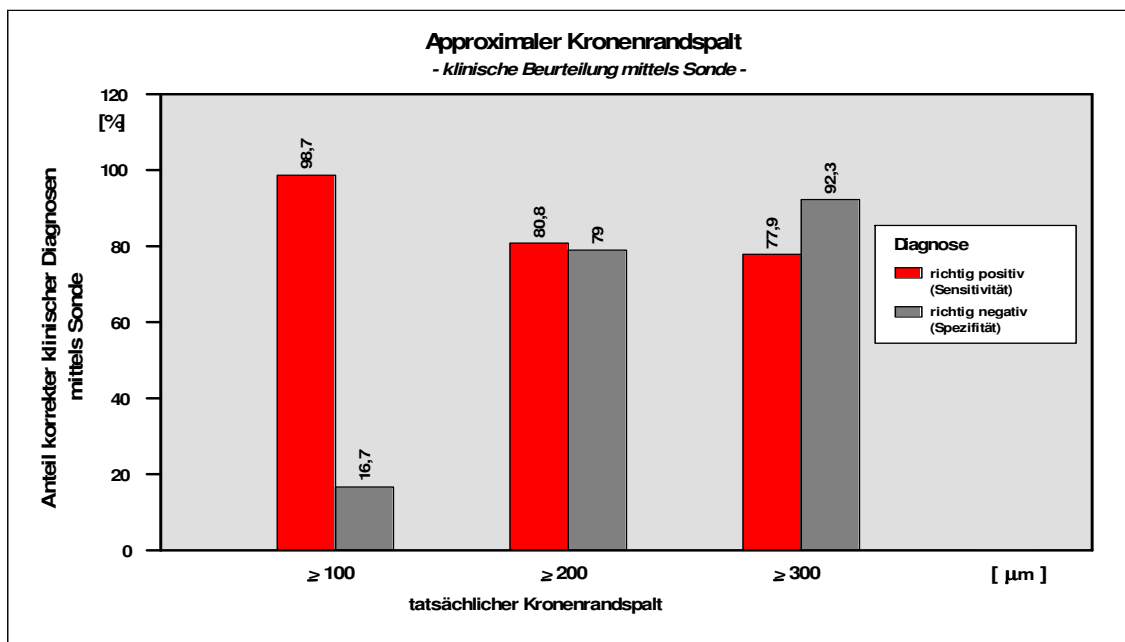


Abb.20 Sensibilität und Spezifität für die Diagnose des approximalen Kronenrandspaltes mittels Meßsonden bei unterschiedlichen Schwellenwerten (vergleichende Zusammenstellung aus Abb. 19a-c)

Ein Vergleich der Sensitivität und Spezifität der Diagnose „Randspalt“ für den Fall, dass dieser definitionsgemäß erst ab einem bestimmten Ausmaß als solcher bezeichnet werden soll, d.h. für unterschiedliche Schwellenwerte zeigt Abb. 20.

Hier wird nochmals deutlich, dass die Sensitivität mit größerem Schwellenwert ab- und die Spezifität deutlich zunimmt und bei einem Schwellenwert $\geq 200 \mu\text{m}$ annähernd gleichgroß ist.

Die Tab. 8 schlüsselt Sensitivität / Spezifität, die in Abb. 20 dargestellt sind, im Hinblick auf die Lage des Kronenrandes weiter auf.

Aus diesen Ergebnissen wird ersichtlich, dass die Aussagekraft der Sondenmessung zur Ermittlung eines approximalen Kronenrandspaltes bei supragingival verlaufendem Kronenrand besser ist als bei subgingival gelegentlichem Kronenrand, wobei diese Unterschiede allerdings nur minimal sind, so dass auch

bei subgingivaler Lage des Kronenrandes noch eine insgesamt sehr hohe Testgüte gegeben ist.

Tab. 8 Validitätsmaße zur Beurteilung der Testgüte, d.h. der diagnostischen Aussagekraft der Sondierung als Diagnoseverfahren zur Feststellung von Kronenrandspalten unterschiedlicher Ausmaße bei unterschiedlicher Kronenrandlage

Lage des Kronenrandes	Ausmaß der Kronenrandspalten														
	≥ 100 µm					≥ 200 µm					≥ 300 µm				
	Se	Sp	LR+	LR-	Y	Se	Sp	LR+	LR-	Y	Se	Sp	LR+	LR-	Y
Supragingival n = 108	100%	0%	96,3	-	0	86,4%	85%	96,2	0,16	0,71	82,8%	93,2%	94,6	0,18	0,8
Paragingival n = 24	90,9%	0%	90,9	-	-0,1	75%	75%	85,7	0,33	0,5	66,7%	83,3%	80	0,40	0,5
Subgingival n = 76	100%	100%	100	0	1	71,4%	76,5%	78,9	0,37	0,5	71,4%	93,8%	86,9	0,31	0,7
Gesamt n = 208	98,9%	16,7%	1187,3	0,07	0,2	80,8%	79%	3,8	0,24	0,7	77,9%	92,3	10,1	0,24	0,7

Abschließend wird der **Zusammenhang zwischen Sensitivität und Spezifität** bei der Sondendiagnostik von Kronenrandspalten durch die ROC-Kurve (Receiver-Operating-Characteristics-Kurve) in Abb. 21 nochmals zusammenfassend dargestellt.

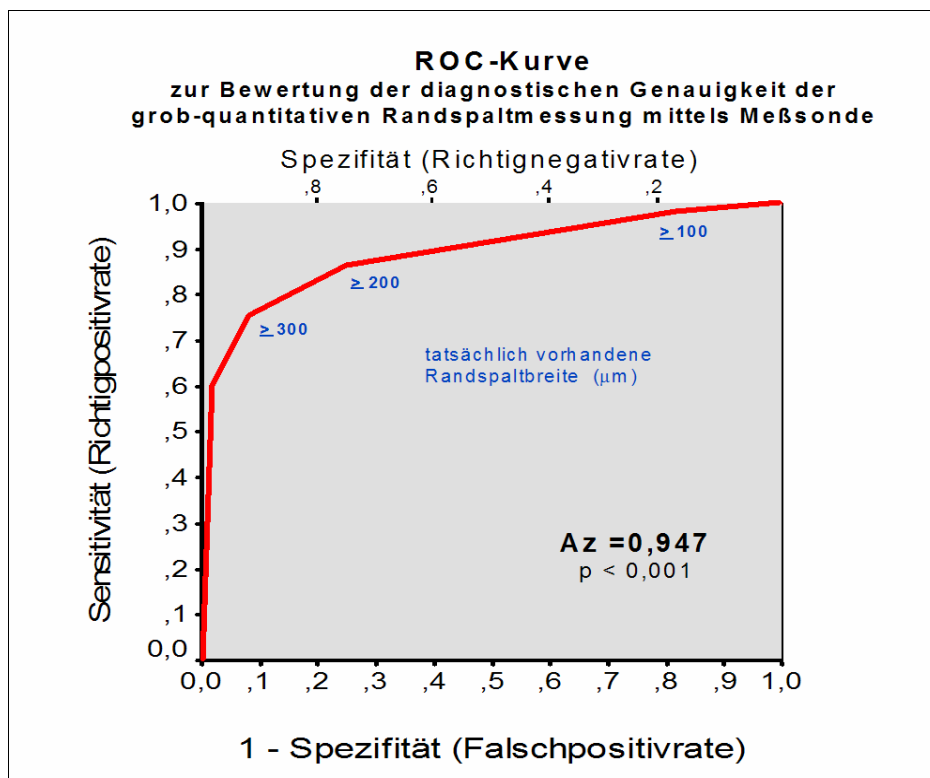


Abb. 21 Darstellung des Zusammenhanges zwischen Sensitivität und Spezifität bei der klinischen Diagnose der Kronenrandspalten mittels Sonde.

Hier läßt sich nochmals erkennen, dass mit der Vergrößerung des vorhandenen Randspaltes die Sensitivität der Sondenmessung ab- und die Spezifität zunimmt.

Bei der klinisch oft als Schwellenwert herangezogenen Randspaltgröße $\geq 200 \mu\text{m}$ ist allerdings eine hohe diagnostische Zuverlässigkeit im Hinblick auf richtigpositive Diagnosen bei gleichzeitig nur geringer Falschpositivrate gegeben. Aus dem Kurvenverlauf wird weiterhin deutlich, dass im gesamten klinisch relevanten Bereich ($100\mu\text{m}$ - $300\mu\text{m}$) die Sensitivität höher als die Spezifität ist. D.h. insbesondere bei nur geringen Kronenrandspaltbreiten (Schwellenwert = $100 \mu\text{m}$) ist die Wahrscheinlichkeit einer falschpositiven Diagnose relativ groß.

Der Az - Wert als Indikator für die Gesamtgenauigkeit des diagnostischen Verfahrens liegt mit einem Wert von 0,947 ($p < 0,001$) deutlich über 0,5 (was bedeuten würde: Sensitivität = Spezifität, d.h. Wahrscheinlichkeit der richtigpositiven und falschpositiven Resultate ist gleich).

Der A_z – Wert kann max. 1,0 betragen. In diesem Falle wären Sensitivität und Spezifität jeweils 100% was in der Regel kein diagnostisches Verfahren tatsächlich leistet.

4.1.4 Allgemeine diagnostische Aussagekraft der mittels Sondierung erhobenen Befunde zum Kronenrandschluss (positiver bzw. negativer Vorhersagewert)

Im Gegensatz zu den in den vorherigen Abschnitten (4.1.1 bis 4.1.3) besprochenen Validitätsmaßen (Se, Sp, LR+, LR-, γ -Index, Az-Wert), welche als Testgütekriterium ein Maß dafür sind, inwieweit der diagnostische Test (in diesem Falle die Diagnose der Kronenrandkonfiguration mittels Sonde) geeignet ist die vorhandenen Befunde (Überextension, Unterextension, Spalten definierter Größe) überhaupt festzustellen, geben die im folgenden zu besprechenden „prädiktiven“ Werte (positiver prädiktiver Wert PPW, negativer prädiktiver Wert NPW) einen Anhalt für die Zuverlässigkeit der gestellten Diagnose. D.h. sie geben Patient und Zahnarzt bzw. Gutachter die Wahrscheinlichkeit an, mit der das diagnostizierte Testergebnis (in diesem Falle Überextension, Unterextension, Spalt bestimmten Ausmaßes = vorhanden oder nicht vorhanden) zutrifft.

Diese Wahrscheinlichkeit wird nicht nur durch die Testgüte (Sensitivität, Spezifität, Az- Wert) sondern auch durch die Prävalenz des zu diagnostizierenden Befundes bestimmt.

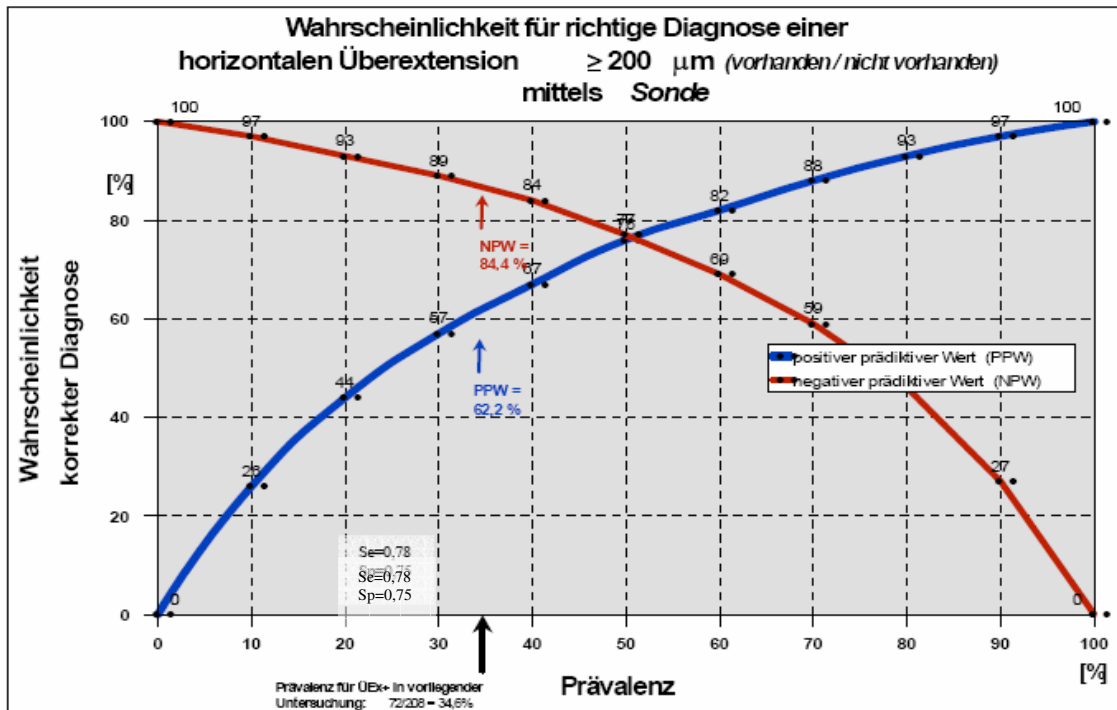


Abb.22 Darstellung der prävalenzabhängigen Wahrscheinlichkeit für eine richtige klinische Diagnose einer horizontalen Überextension $\geq 200\mu\text{m}$ mittels Sonde.

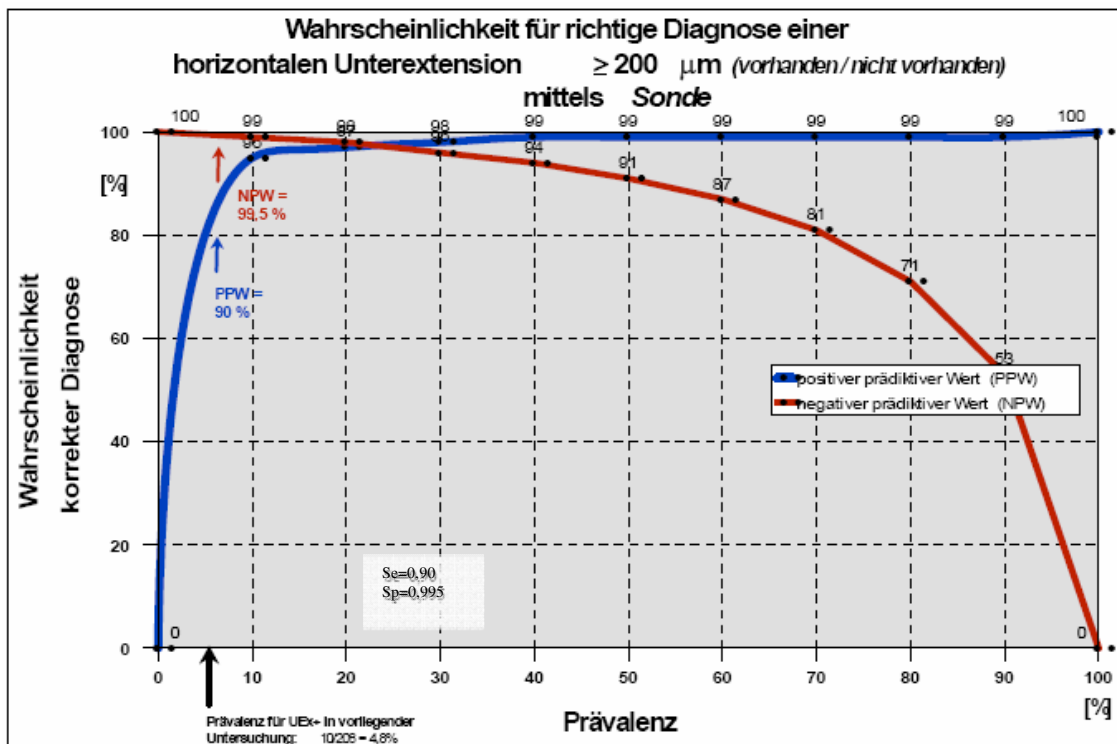


Abb.23 Darstellung der prävalenzabhängigen Wahrscheinlichkeit für eine richtige klinische Diagnose einer horizontalen Unterextension $\geq 200\mu\text{m}$ mittels Sonde.

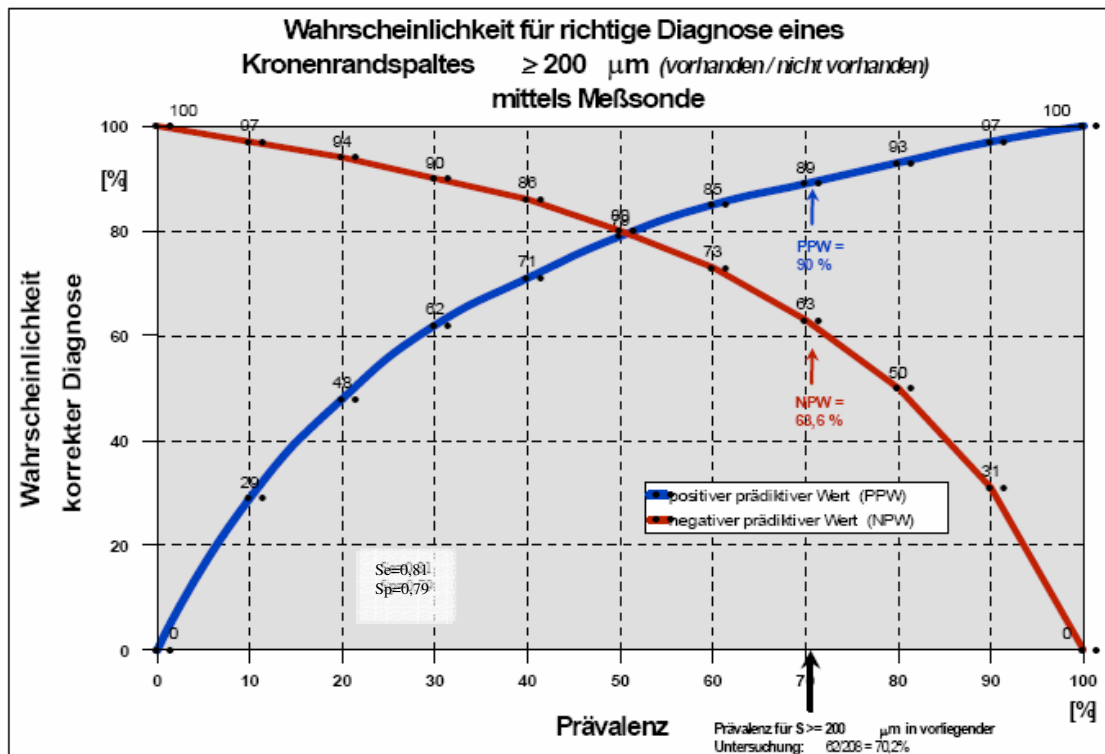


Abb.24 Darstellung der prävalenzabhängigen Wahrscheinlichkeit für eine richtige klinische Diagnose eines Kronenrandspaltes von $\geq 200 \mu\text{m}$ mittels Sonde.

In den Abb. 22. bis 24 sind jeweils die positiven und negativen prädiktiven Werte, so wie diese sich aus der in der vorliegenden Untersuchung errechneten Sensitivität und Spezifität für die Befunde Überextension $\geq 200 \mu\text{m}$, Unterextension $\geq 200 \mu\text{m}$ und Randspalt $\geq 200 \mu\text{m}$ jeweils ergeben, angegeben.

Hierbei wird deutlich, wie bei konstanter, d.h. für das jeweilige Diagnoseverfahren bestimmender Sensitivität und Spezifität allein die Änderung der Prävalenz zu deutlichen Verschiebungen hinsichtlich der Zuverlässigkeit der gestellten Diagnose führt.

So nimmt mit zunehmender Prävalenz der untersuchten Kronenrandschlussungenauigkeit die Aussagekraft des Befundes „korrekter Randschluss“ für alle drei untersuchten Befunde (Überextension, Unterextension, Spalten definierter Größe) kontinuierlich ab.

Der für die diagnostische Aussagekraft in diesem Falle entscheidendere Wert ist allerdings die positive Vorhersagekraft (positiver prädiktiver Wert) des Sondierungsergebnisses, da hiervon in vielen Fällen die Entscheidung einer Erneuerung der jeweiligen Restauration abhängt. Ein positiver prädiktiver Wert von

90%, d.h. die 90%ige Wahrscheinlichkeit, dass die mittels Sondierung festgestellte Randschlussungenauigkeit tatsächlich vorhanden ist, ergibt sich bei der Beurteilung von Überextensionen des approximalen Kronenrandes ($\geq 200 \mu\text{m}$) bei einer Prävalenz dieses Befundes von 78 % (Abb. 22). Bei der Beurteilung einer Unterextension wird diese diagnostische Sicherheit bereits bei einer Prävalenz dieses Befundes von 5 % erreicht (Abb. 23). Die Diagnose eines Kronenrandspaltes $\geq 200\mu\text{m}$ ist bei einer Prävalenz dieses Befundes von 70 % mit 90%iger Wahrscheinlichkeit richtig (Abb. 24).

Aus diesen Berechnungen wird auch deutlich, dass die Erhebung eines vermeintlich pathologischen Befundes (Überextension $\geq 200 \mu\text{m}$, Unterextension $\geq 200 \mu\text{m}$ und Randspalt $\geq 200 \mu\text{m}$) bei der Beurteilung des approximalen Kronenrandschlusses mittels kalibrierter Meßsonden nur bei einer Prävalenz von 100% tatsächlich 100%ig verlässlich ist.

4.2 Objektivität der klinischen Beurteilung des approximalen Kronenrandschlusses mittels Sondierung

Als Maß für die interpersonelle Urteilsübereinstimmung bei der Beurteilung des approximalen Kronenrandschlusses mittels kalibrierter Meßsonden wurde der Konkordanzkoeffizient Kendall's T_b bestimmt. Die Abbildungen 25 bis 27 geben die Werte des Konkordanzkoeffizienten T_b für die verschiedenen Formen der untersuchten Randschlussungenauigkeiten (Überextension, Unterextension, Spalten definierter Größe) wieder.

Bei der Beurteilung der Kronenrandkontur zeigte sich sowohl im Hinblick auf die horizontale Über- als auch Unterextension des Kronenrandes eine perfekte Übereinstimmung der unabhängig voneinander vorgenommenen Diagnosen bei der Untersucher (Abb. 25, 26). Hierbei ging es allerdings auch nicht darum die metrische Dimension der jeweiligen horizontalen Kronenrandungenauigkeit mittels der Meßsonden zu bestimmen, sondern allein um die Diagnose „Über- / Unterextension vorhanden“ oder „Über- / Unterextension nicht vorhanden“.

Im Vergleich dazu war die Objektivität bei der Beurteilung der Größe des Kronenrandspaltes deutlich geringer und zeigte insbesondere im klinisch relevan-

ten Bereich der Randspalten zwischen 200 und 300 μm mit $T_b = 0,65$ nur eine mäßige Übereinstimmung (Abb. 27).

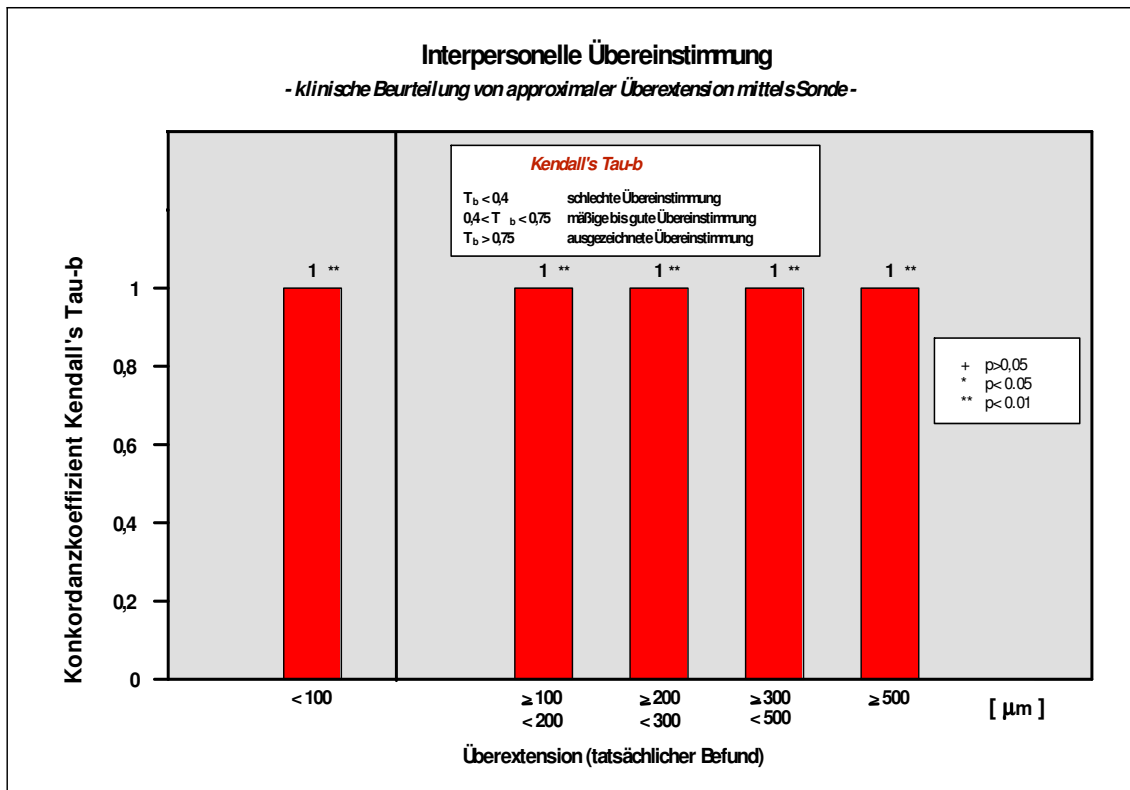


Abb.25 Konkordanzkoeffizient Kendall's Tau-b als Maß für die interpersonelle Urteilsinkoranz zwischen Zahnarzt A und B bei der Beurteilung der horizontalen Überextensionen im approximalen Kronenrandbereich mittels kalibrierter Sonden.

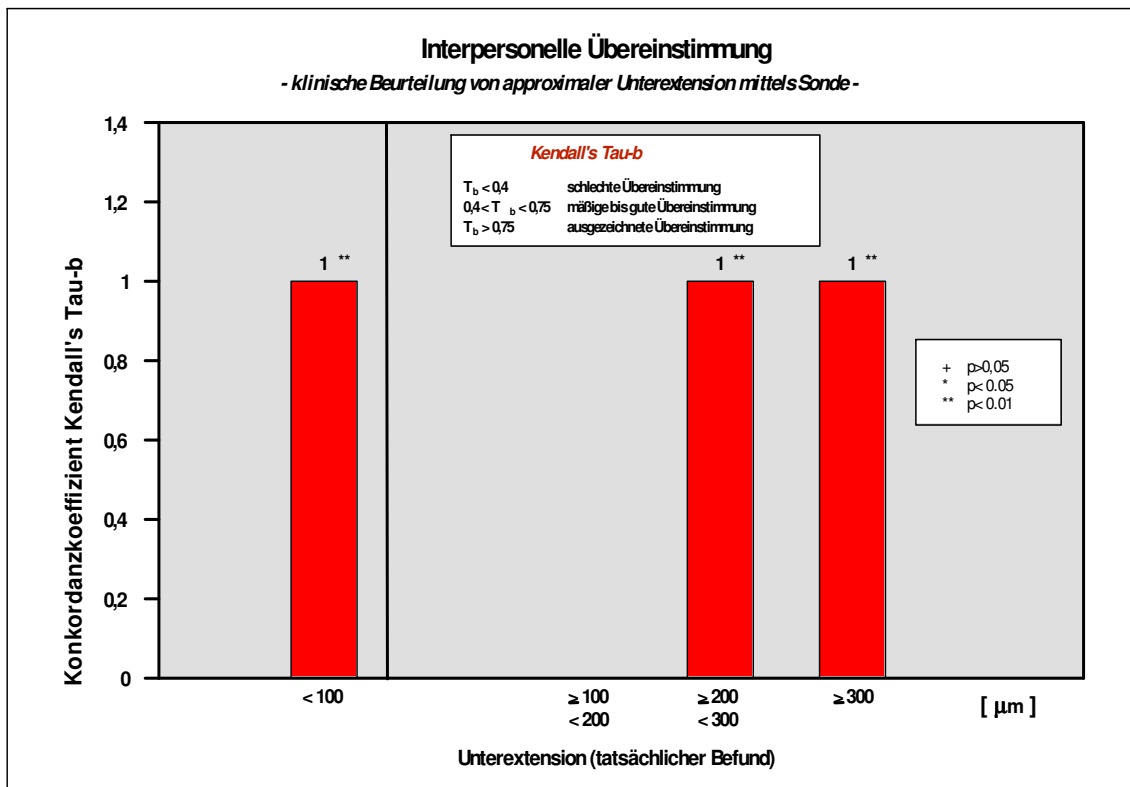


Abb.26 Konkordanzkoeffizient Kendall's Tau-b als Maß für die interpersonelle Urteilstkonkordanz zwischen Zahnarzt A und B bei der Beurteilung der horizontalen Unterextensionen im approximalen Kronenrandbereich mittels kalibrierter Sonden.

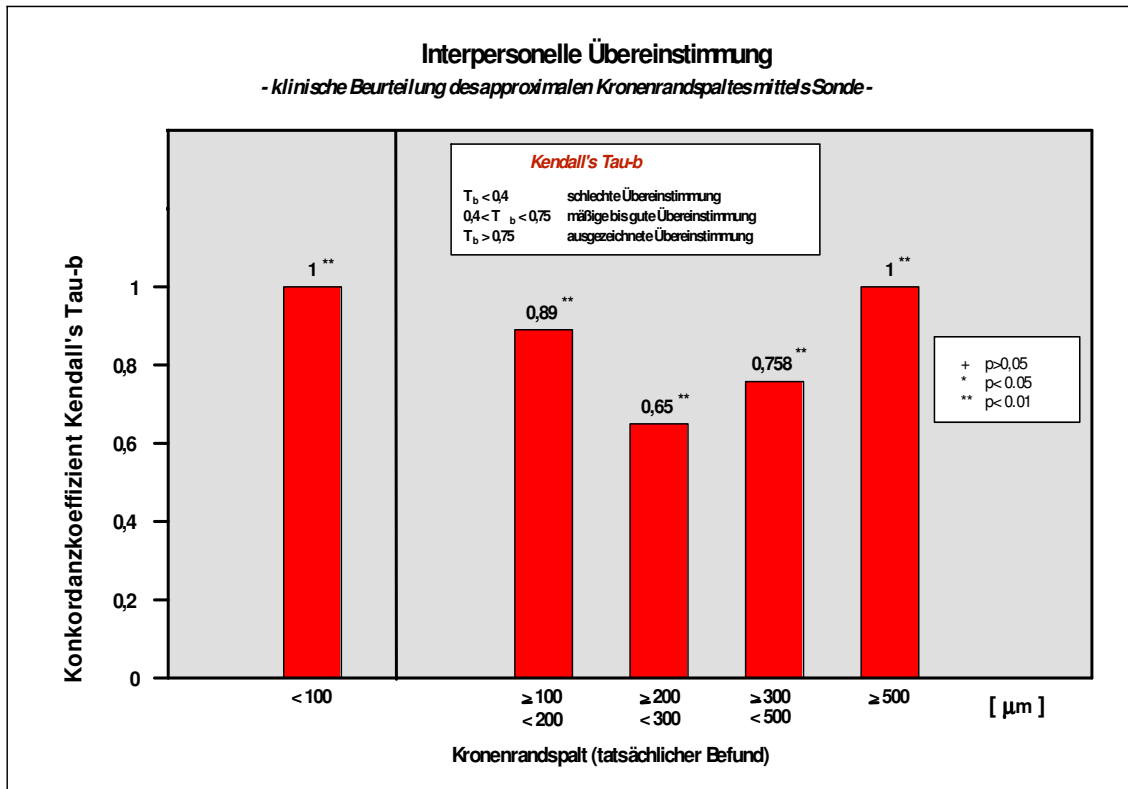


Abb.27 Konkordanzkoeffizient Kendall's Tau-b als Maß für die interpersonelle Urteilstkonkordanz zwischen Zahnarzt A und B bei der Beurteilung des Randspaltes im approximalen Kronenrandbereich mittels kalibrierter Sonden.

5 Diskussion

Die Passgenauigkeit im Randbereich einer festsitzenden Restauration (Krone / Brücke / Gußfüllung) wird als wichtiges Qualitätskriterium angesehen, da Fehlpassungen in diesem Bereich, d.h. Konturveränderungen in Form von Über- oder Unterextension und Spalten zwischen Präparationsgrenze und Kronenrand zu Sekundärerkrankungen des Zahnes bzw. der umgebenden parodontalen Gewebe führen können (u.a. *Kohal et al.* 2004, *Müller & Pröschel* 1994, *Spiekermann* 1986, *Valderhaug* 1997). Als Hauptursache hierfür wird eine verstärkte Plaqueakkumulation im Bereich des Kronenrandes angesehen.

Mehrere klinische Nachuntersuchungen (u.a. *Albert* 1971, *Ludewig* 1979, *Düsterhus* 1980, *Spiekermann* 1986, *Donath & Roth* 1987, *Müller & Pröschel* 1994, *Kerschbaum & Porschen* 1998) haben gezeigt, dass davon auszugehen ist, dass nur etwa 1% der in Deutschland angefertigten Kronen bzw. Brückenanker Kronenrandfugen bzw. –spalten haben, die in der angestrebten Größenordnung von $< 100 \mu\text{m}$ liegen.

Auch die in der vorliegenden Untersuchung beurteilten Kronen wiesen nur in 11,5% der Fälle einen approximalen Kronenrandspalt $< 100 \mu\text{m}$ auf. Bei 21,2 % der approximalen Kronenränder war der Randspalt sogar größer oder gleich $500 \mu\text{m}$.

Diese Befunde sind umso alarmierender, als bis heute klinisch-prospektive Studien fehlen, die belegen, bis zu welcher Größenordnung solche Randschlußun- genauigkeiten in der Regel ohne Folgeschäden für die umgebenden Gewebe bleiben. Solange dies nicht geklärt ist, sollte sich jeder Zahnarzt zusammen mit seinem Zahntechniker nach dem Grundsatz 'nil nocere' darum bemühen, den Kronenrandschluß so exakt wie möglich zu gestalten.

Als erstrebenswert wird unter diesem Gesichtspunkt eine Kronenrandspalt- bzw. –zementfugenbreite von $< 100 \mu\text{m}$ angesehen (siehe zusammenfassende Betrachtung bei *Kerschbaum* 1995). Unter dem Gesichtspunkt der klinischen Qualitätssicherung, d.h. als Richtwert für die gutachterliche Beurteilung geben allerdings sowohl die ‚*Qualitätsleitlinien der Schweizerischen Zahnärztesgesellschaft*‘ (2000), als auch die von der Deutschen *Arbeitsgruppe Qualitätssicherung in der Zahnmedizin* (1988) vorgeschlagenen Beurteilungskriterien an, dass

Randschlusungenauigkeiten von $< 200 \mu\text{m}$ noch als klinisch tolerabel eingestuft werden sollten. Bei größeren Ungenauigkeiten wird eine Neuversorgung als zwingend notwendig angesehen (*Qualitätsleitlinien der Schweizerischen Zahnärztesgesellschaft 2000*).

Um die Genauigkeit des Kronenrandschlusses zu bestimmen, sind in der Vergangenheit zahlreiche Methoden beschrieben worden, von denen allerdings nur zwei für die klinische Beurteilung der Randschlußgenauigkeit einsetzbar sind. Eines dieser Verfahren ist die sog. Replikatechnik, wobei es sich um ein indirektes Verfahren handelt, bei dem über eine Silikonabformung des interessierenden Kronenrandbereiches ein Modell erstellt wird, das dann profilometrisch oder mikroskopisch beurteilt werden kann. Das andere Verfahren ist die Untersuchung des Kronenrandbereiches mittels zahnärztlicher Sonde, die in verschiedenen Ausführungen erhältlich ist (normale gerade zahnärztliche Sonde, Häkchensonde, Kuhhornsonde, kalibrierte Meßsonde).

Sowohl im Routinebetrieb der zahnärztlichen Praxis als auch bei der Begutachtung zahnärztlicher Restaurationen durch den kassenzahnärztlich oder gerichtlich bestellten Gutachter erfolgt die Beurteilung der marginalen Paßgenauigkeit einer festsitzenden Restauration ausschließlich direkt, d.h. durch Abtasten des Randbereiches mit einer zahnärztlichen Sonde, ggf. unter Hinzuziehung einer Röntgenaufnahme, die den approximalen Kronenrandbereich darstellt. Anders als das Replikaverfahren, erlaubt die direkte Untersuchung mit der zahnärztlichen Sonde allerdings keine quantitative Beurteilung des Kronenrandspaltes und wird in hohem Maße von der subjektiven Einschätzung des Untersuchers und von der Zugänglichkeit des untersuchten Bereiches bestimmt (*Christensen 1966, Dedmond 1982, Kerschbaum 1990*).

Trotz dieser Unzulänglichkeiten stellt die Überprüfung des Kronenrandschlusses und der marginalen Kronenkontur mittels zahnärztlicher Sonde im klinischen Alltag ein Routineverfahren dar, welches regelmäßig zur Beurteilung der Qualität von festsitzenden Restauration herangezogen wird und sogar im Rahmen groß angelegter Studien zur Überprüfung der Ergebnisqualität von feststehendem Zahnersatz eingesetzt wird (*Arbeitsgruppe Qualitätssicherung in der Zahnmedizin 1988*).

Um die diagnostische Genauigkeit der Untersuchung mittels zahnärztlicher Sonde zu verbessern, wurden von *Marxkors* in Zusammenarbeit mit der Firma *Aeskulap* Meßsonden entwickelt, deren Spitzen im Durchmesser von 100µm, 200µm, 300µm, 400µm und 500 µm kalibriert sind. Hiermit soll eine reproduzierbare, grob-quantitative Beurteilung des Kronenrandschlusses möglich sein (*Wöstmann* 1991).

Inwieweit dies auch im schwer zugänglichen Approximalraum gelingt, und wie weit die dabei erzielte diagnostische Aussagekraft (positiver und negativer prädiktiver Wert) von der Prävalenz der tatsächlich vorhandenen Randschlussgenauigkeit beeinflusst wird, sollte durch die vorliegende Studie geklärt werden. Hierbei wurde anders als in vorhergehenden Studien auch die Kronenrandkontur, d.h. das Vorhandensein horizontaler Über- bzw. Unterextension als Randschlussgenauigkeit berücksichtigt.

Vergleicht man die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung mit anderen Verfahren der Bestimmung von Randschlussgenauigkeiten (Sondierung mittels herkömmlicher zahnärztlicher Sonde, Replikatechnik), die im Approximalraum allesamt nur eine sehr eingeschränkte Beurteilung zulassen (*Kerschbaum et al.* 1990, *Neuhaus* 1996, *Wöstmann & Hufnagel* 1997), so wird deutlich, dass die Abtastung des approximalen Kronenrandbereiches mittels kalibrierter Meßsonden bei der Diagnose von Konturfehlern (Über-, Unterextension) bzw. Kronenrandspalten mit einer Sensitivität von 77,8 % (Überextension), 90 % (Unterextension), bzw. 80,8 % (Randspalt) und einer Spezifität von 75 % (Überextension), 99,5 % (Unterextension), bzw. 79 % (Randspalt) eine vergleichsweise sehr gute diagnostische Validität aufweist.

Diese liegt hinsichtlich der Sensitivität, d.h. der Wahrscheinlichkeit mit der das Vorhandensein der Randschlussgenauigkeit tatsächlich erkannt wird, deutlich über derjenigen von klinischen Diagnoseverfahren zur approximalen Kariesdiagnostik, bei der nur Sensitivitäts-Werte von 38% - 67% (38 % für visuelle, 67% für faseroptische, 59% für röntgenologische Beurteilung) erreicht werden (*Peers et al.* 1993).

Für den klinischen Alltag, d.h. die auf die Diagnose einer Kronenrandschlussgenauigkeit folgende therapeutische Entscheidung, ob die jeweilige Krone auf-

grund des festgestellten Befundes am Kronenrand erneuert werden soll oder nicht, ist allerdings entscheidend, mit welcher Sicherheit die festgestellte Randschlussungenaugigkeit, welche in letzter Konsequenz die Erneuerung der jeweiligen Restauration erforderlich machen würde, tatsächlich vorhanden ist.

Dieser sog. positive prädiktive Wert (PPW) wird nicht nur durch die Testgüte (Sensitivität und Spezifität) bestimmt, sondern ist prävalenzabhängig. Geht man entsprechend der eingangs beschriebenen Daten aus groß angelegten Studien zum Kronenrandschluß an überkronen Zähnen (Zahl der beurteilten Kronen > 100) davon aus, dass mindestens 70% aller eingegliederten Kronen einen Randspalt bzw. eine Zementfuge $\geq 200\mu\text{m}$ aufweisen (wobei dies noch eher eine optimistische Einschätzung ist), so liegt die Zuverlässigkeit der mittels Sondierung unter Nutzung kalibrierter Meßsonden gestellten Diagnose „*Randspalt $\geq 200\mu\text{m}$ vorhanden*“ bei 90%, d.h. in 90% dieser Fälle ist ein solcherart diagnostizierter Randspalt auch tatsächlich vorhanden. Weitaus geringer ist allerdings der Vorhersagewert eines negativen Testergebnisses, d.h. wenn bei der Sondierung mittels Meßsonde im Approximalraum ein Randspalt $< 200\mu\text{m}$ festgestellt wird. Hier beträgt der sog. negative prädiktive Wert (NPW) bei der vorgegebenen Prävalenz in der vorliegenden Studie nur 63,6 %, d.h. in fast 40% der Fälle, wo der approximale Kronenrandspalt tatsächlich $\geq 200\mu\text{m}$ war, wurde dies bei der klinischen Diagnose mittels Meßsonde nicht festgestellt und der Randschlussfehler als zu klein eingestuft.

Im Falle einer Überextension des Kronenrandes betrug die Wahrscheinlichkeit für die richtige Diagnose im Falle eines positiven Sondierungsbefundes („*Überextension $\geq 200\mu\text{m}$ vorhanden*“) bei einer Prävalenz von 34,6% in der vorliegenden Studie immerhin 62,2% bei einer gleichzeitigen Treffsicherheit von 86,4% im Falle eines neg. Sondierungsbefundes („*Überextension $\geq 200\mu\text{m}$ nicht vorhanden*“).

Bei einer Unterextension des Kronenrandes, welche nach den Ergebnissen der Untersuchungen von *Kerschbaum & Porschen* (1998) zur Passgenauigkeit von Kronen aus verschiedenen Dentallabors weniger häufig vorkommen soll als Überextensionen, in vorliegender Studie jedoch eine Prävalenz von 95% aufwies, wird die diagnostische Sicherheit von 90% bei positivem Sondierungsbefund („*Unterextension $\geq 200\mu\text{m}$ vorhanden*“) bereits bei einer Prävalenz dieses Befundes von 5% erreicht. Die Treffsicherheit eines negativen Sondie-

rungsbefundes („*Unterextension* $\geq 200\mu\text{m}$ nicht vorhanden“) beträgt bei dieser Prävalenz sogar 99,5%.

Die Wahrscheinlichkeit für eine falsch-positive Diagnose war somit für die Überextension mit 37,8% wegen der nur geringen Prävalenz dieses Randschlussfehlers in der vorliegenden Studie am größten, betrug jedoch bei den anderen untersuchten Kronenrandschlussgenauigkeiten (Randspalt und Unterextension) $\geq 200\mu\text{m}$ nur 10%.

Da im klinischen Alltag erfahrungsgemäß insbesondere die Diagnose von Randspalten eher noch als die Diagnose horizontaler Konturabweichungen zu der therapeutischen Entscheidung führen wird, die Krone zu erneuern, kann die Diagnose mittels Meßsonde hier als genügend treffsicher angesehen werden, d.h. die Zahl der aufgrund einer solchen Diagnose unnötig erneuerten Kronen wäre nur gering.

Zusammenfassend ist somit festzustellen, dass die klinische Untersuchung mittels Meßsonde, gemessen an indirekten Methoden, bei denen mittels Abformung und Profilometrie bzw. mikroskopischer Analyse eine Genauigkeit von $\pm 10\mu\text{m}$ erzielbar ist, zwar nur eine grob-quantitative Einschätzung des Kronenrandbereiches zulässt, hinsichtlich der Validität für den klinischen Alltag jedoch eine einfache und zuverlässige Methode darstellt, um im schwer zugänglichen Approximalbereich die Kontur und den Randschluß von Kronen zu beurteilen.

Auch hinsichtlich der Objektivität, d.h. der interpersonellen Urteilsübereinstimmung erwies sich diese Methode in der vorliegenden Untersuchung mit Konkordanzwerten zwischen 80% (Randspalten $\geq 200\mu\text{m}$) und 100% (Über-, bzw. Unterextensionen $\geq 200\mu\text{m}$) für den klinischen Alltagsgebrauch als genügend zuverlässig.

6 Zusammenfassung

Klinische Studien belegen, dass die Qualität des Kronenrandes entscheidenden Einfluß auf den Erfolg oder Mißerfolg einer festsitzenden Restauration hat, da Randspalten und Konturfehler über eine verstärkte Plaqueanlagerung zu Sekundärkaries und marginaler Parodontitis führen können. Die klinische Überprüfung der marginalen Paßgenauigkeit einer Krone erfolgt in der zahnärztlichen Praxis üblicherweise durch Abtasten des Randbereiches mit einer zahnärztlichen Sonde. Die Aussagekraft einer solchen Untersuchung ist jedoch dadurch eingeschränkt, dass das Ergebnis in hohem Maße von der subjektiven Einschätzung des Untersuchers und der Zugänglichkeit des untersuchten Bereiches bestimmt wird. Um diese Unzulänglichkeiten wenigstens teilweise auszumerzen, wurden Meßsonden mit kalibrierten Spitzen im Durchmesser von 100µm, 200 µm, 300µm, 400µm und 500µm entwickelt, die eine reproduzierbare, grob quantitative Erfassung des Kronenrandspaltes ermöglichen sollen.

Inwieweit dies auch im schwer zugänglichen Approximalbereich unter klinischen Bedingungen möglich ist, wurde in der vorliegenden In-vivo-Studie überprüft. Dabei war es das Ziel der Untersuchung, festzustellen, mit welcher Genauigkeit der Zahnarzt unter Verwendung der kalibrierten Meßsonden die marginale Paßgenauigkeit von Kronen im Approximalraum beurteilen kann. Hierzu wurde an 54 zur Extraktion vorgesehenen überkronten Zähnen mit Hilfe der Meßsonden an der mesialen und distalen Fläche von 2 Untersuchern unabhängig voneinander die maximale Randspaltbreite bestimmt und die Kronenrandkontur bewertet. Nach Extraktion der Zähne wurden die zuvor mittels Sonde erhobenen Befunde mit den unter dem Meßmikroskop ermittelten tatsächlichen Kronenrandkonfiguration verglichen.

Hierbei zeigte sich eine im Vergleich zu anderen klinischen Diagnoseverfahren in der Zahnmedizin (wie z.B. der Kariesdiagnostik) eine vergleichsweise sehr gute diagnostische Validität mit einer Sensitivität von 77,8 % (Überextension), 90 % (Unterextension), bzw. 80,8 % (Randspalt) und einer Spezifität von 75 % (Überextension), 99,5 % (Unterextension), bzw. 79 % (Randspalt).

Bezogen auf die in dieser Studie vorhandene Prävalenz von 70% lag die Zuverlässigkeit der mittels Sondierung gestellten Diagnose „Randspalt $\geq 200\mu\text{m}$ vorhanden“ bei 90% (PPW). Der entsprechende negative prädiktive Wert (NPW) betrug allerdings nur 63,6 %, d.h. in fast 40% der Fälle mit approximalem Kronenrandspalt $\geq 200\mu\text{m}$, wurde dies bei der klinischen Diagnose mittels Meßsonde nicht festgestellt und der Randschlussfehler als zu klein eingestuft.

Im Falle einer Überextension bzw. Unterextension betrug die Wahrscheinlichkeit für die richtige Diagnose („Über- / Unterextension $\geq 200\mu\text{m}$ vorhanden“) bei einer Prävalenz von 34,6% bzw. 95% immerhin 62,2% bzw. 90% bei einer gleichzeitigen negativen Treffsicherheit von 86,4% bzw. 99,5% (Diagnose „Über- / Unterextension $\geq 200\mu\text{m}$ nicht vorhanden“).

Ein Vergleich der interpersonellen Urteilsübereinstimmung ergab Konkordanzwerten zwischen 80% (Randspalten $\geq 200\mu\text{m}$) und 100 % (Über-, bzw. Unterextensionen $\geq 200\mu\text{m}$).

Somit erwies sich die klinische Beurteilung mittels Meßsonde hinsichtlich Validität und Objektivität als genügend zuverlässige Methode, um im schwer zugänglichen Approximalbereich die Kontur und den Randschluß von Kronen zu beurteilen.

7 Literaturverzeichnis

1. **Arbeitsgruppe Qualitätssicherung in der Zahnmedizin:**
Studienhandbuch des Projektes ‚Qualitätssicherung in der Zahnmedizin –
Definitionsphase.
Arbeitsgruppe Qualitätssicherung, Würzburg, 1988.
2. **Abel U.:**
Die Bewertung diagnostischer Tests
Hippokrates, Stuttgart 1993
3. **Ackermann, L.:**
Fehler und Irrtümer bei Belichtung und Entwicklung der Zahnröntgenfilme.
Dtsch Zahnärztl Z 29, 292-294 (1974)
4. **Albert, H.-M.:**
Spaltbreiten und Tiefen bei Amalgam und Gussfüllungen.
Dtsch Zahnärztl Z 26, 672-676 (1971)
5. **Antal, A., Lindemann, W.:**
Der Randschluss erodierter Kronen in Abhängigkeit unterschiedlicher
Präparationsformen.
Dtsch Zahnärztl Z 45, 391-393 (1990)
6. **Bass, E.V., Kafalias, M.C.:**
Systematized procedure of crown preparation.
J prosthet Dent 62, 400-405 (1989)
7. **Beeck, K.-H.:** Prüfungsergebnisse zahnärztlicher Gussverfahren und ihre
praktische Auswertung.
Dtsch Zahnärztl Z 13, 470-480 (1958)
8. **Belser, U.C., MacEntee, M.I., Richter, W.A.:**
Fit of three porcelain-fused-to-metal margin designs in vivo. A scanning
electron microscope study.
J Prosthet Dent 53, 24-29 (1985)

9. **Besimo, Ch., Jaeger, C., Graber, G., Guggenheim, R., Düggin, M., Mathys, D., Jahn, M. :**
Marginale Passgenauigkeiten computergefräster Titankronen.
Dtsch Zahnärztl Z 50, 793-796 (1995)
10. **Bieniek, K.W., Küpper, H.:**
Histologische und rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen zur Marginalen Passform von Hi-Ceram-Kronen.
Dtsch Zahnärztl Z 43, 1119 (1988)
11. **Böttger, H., Rosenbauer, K.A., Pospiech, P.:**
Vergleichende rasterelektronenmikroskopische Randspaltmessungen von verblendeten und unverblendeten Metallkronen und Dikor-Glaskeramikkronen.
Zahnärztl Welt 97,445 (1988)
12. **Brosius F.:**
SPSS 11.
MITP-Verlag, Bonn 2002.
13. **Demmel, H.-J.:**
Der Einfluss verschiedener Zementsorten auf den Randschluss passgenauer Kronen.
Dtsch Zahnärztl Z 26,700-705 (1971)
14. **Donath, K., Roth, K.:**
Histologisch – morphometrische Studie zur Bestimmung des zervikalen Randschlusses von Einzel und Pfeilerkronen.
Z Stomatol 84, 53-73 (1987)
15. **Dreher, D., Marxkors, R.:**
Beschleifen der Zahne mit erkennbaren Präparationsgrenze.
Dtsch Zahnärztl Z 27, 714-718 (1972)
16. **Dreyer Jørgensen, K.:**
Prüfungsergebnisse zahnärztlicher Gussverfahren.
Dtsch Zahnärztl Z 13, 461-469 (1958)

17. **Dünninger, P., Einwag, J., Sitter, H.:**
Reproduzierbarkeit von Messungen zur Ergebnisqualität zahnärztlicher Füllungen.
Dtsch Zahnärztl Z 46, 212-214 (1991)
18. **Düsterhus, Th.:**
Untersuchungen über den zervikalen Randschluß von Gußkronen an extrahierten überkronten Zähnen.
Med Diss, Münster 1980.
19. **Eichner, K.:**
Kronenrand und Parodontium.
Dtsch Zahnärztl Z 44, 737-741 (1989)
20. **Eppenberger, J., Marinello, C.P., Scherle, W., Schärer, P. :**
Komposit als Befestigungszement? Erste klinischen Erfahrungen.
Schweiz Mschr Zahnmed 10, 97 (1987)
21. **Erpenstein, H., Kerschbaum, Th., Fischbach, H.:**
Verweildauer und klinische Befunde bei Kronen und Brücken.
Dtsch Zahnärztl Z 47, 315-319 (1992)
22. **Fejér, S.:**
Das Röntgenbild als Kontrollmöglichkeit des approximal-cervikalen Randschlusses bei Gussfüllungen an Prämolaren und Molaren.
Dtsch Zahnärztl Z 11, 1086-1091 (1956)
23. **Felton, D.A., Kanoy, B.E., Bayne, S.C., Wirthman, G.P.:**
Effect of in vivo crown margin discrepancies on periodontal health.
J Prosthet Dent 65, 357-364 (1991)
24. **Fercho, V.:**
Abformmethode zur Herstellung von Replika bei infragingival gelegenen Restaurationsrändern. Med. Diss, Köln 1994
25. **Fuchs, W. B., Mayer, R.:**
Eine Methode zur Prüfung des Randschlusses eingesetzter Gussfüllungen.
Dtsch Zahnärztl Z. 25, 625-629 (1970)

26. **Gardner, M.:**
Margins of complete crowns- Literature review.
J Prosthet Dent 48 396-400 (1982)

27. **Gavelis, J.R., Morency, J.D., Riley, E.D., Sozio, R.B.:**
The effect of various finish line preparations on the marginal seal and occlusal seat of full crown preparations.
J Prosthet Dent 45, 138-145 (1981)

28. **Geurtsen, W.:**
Der Kronen- und Füllungsrand.
Dtsch Zahnärztl Z 45, 380-386 (1990)

29. **Gilde, H., Lenz, P., Richter, U.:**
Untersuchungen zur Kronenpräparation.
Zahnärztl Welt 95, 742-748 (1986)

30. **Gropp, H. P., Schwindling, R.:**
Statistische Feststellungen über fehlerhafte Kronengestaltung mit Folgen auf Zahn, Parodont und Gingiva.
Dtsch Zahnärztl Z 26, 734-742 (1971)

31. **Groten, M., Axmann, D., Pröbster, L., Weber, H.:**
Determination of the minimum number of marginal measurements required for practical in vivo testing.
J Prosthet Dent 83, 40-49 (2000)

32. **Gustavsen, F., Silness, T.:**
Margin fit of metal crowns and bridge retainers.
Acta Odontol Scand 43, 285-288 (1985)

33. **Haas, M., Wegscheider, W.A., Bratschko, R. O. :**
Der Randspalt von metall- und nichtmetallgetragenen Keramikronen im Vergleich.
Quintessenz 4, 625-633 (1988)

34. **Handschuck, A.:**
Betrachtungen zum Kronenrand.
Dent Labor, 34 1117-1121 (1986)

35. **Handschuck, A.:**
Randgestaltung von Gusskronen.
Dent Labor 34, 1755-1766 (1986)
36. **Hegdahl TU., Silness J.:**
Area of exposed zinc phosphat cement surface in fixed restorations.
Scand Dent Res 78, 163-177 (1970)
37. **Holmes, R., Bayne, S. C., Holland, G. A., Sulik, W. D.:**
Considerations in measurement of marginal fit.
J Prosth Dent 62, 405-408 (1989)
38. **Hummert, T., Barghi, N., Berry, T.:**
Post cementation marginal fit of a new ceramic foil crown system.
J Prosthet Dent 68, 766-770 (1992)
39. **Hunter, A.J., Hunter, A.R.:**
Gingival crown margin configurations: A review and discussion. Part I
Terminology and widths.
J Prosthet Dent 64, 548-552 (1990)
40. **Hüttner, G.:**
Nachuntersuchungen von Kronen- und Brückenersatz in bezug auf den
Kronenrand und das marginale Parodontium.
Dtsch Zahnärztl Z 26, 724-729 (1971)
41. **Jung, T.:**
Wohin gehört der Kronenrand?
Dent Labor 31, 781-786 (1983)
42. **Kerschbaum, Th.:**
Normierter Kronenrand? – Eine Analyse aus klinischer Sicht.
In: Walther, W., Heners, M. (Hrsg.): Qualitätssicherung in der Zahnheilkunde – Anspruch und Wirklichkeit.
Hüthig, Heidelberg 1995; S. 19-45
43. **Kerschbaum, Th. Leempoel, P.J.B.:**
Kronen- und Brücken- Konsequenzen aus Langzeitergebnissen. In: Voß,
R., Meiners, H. (Hrsg.): Fortschritte der zahnärztlichen Prothetik und
Werkstoffkunde, Bd. 4 Hanser, München 1989; S. 100 ff.

44. **Kerschbaum, Th., Mentler-Koser, M., Stender, E.:**
Qualitätskontrolle mit der Zahnärztlichen Sonde?
Zahnärztl Mitt 80, 2200-2210 (1990)

45. **Kerschbaum, Th., Paschyna, Ch., Klapp, S., Meyer, G.:**
Verweilzeit- und Risikofaktorenanalyse von festsitzendem Zahnersatz.
Dtsch Zahnärztl Z 46, 20-24 (1991)

46. **Kerschbaum, Th., Porschen, C.:**
Kronenrandschluss und –Konturqualität in fünf Dentallaboratorien.
Dtsch Zahnärztl Z 53, 620-623 (1998)

47. **Kerschbaum, Th., Thie, B.M.:**
Funktionsverlust von festsitzendem Zahnersatz.
Dtsch Zahnärztl Z 41, 2-7 (1986)

48. **Kohal, R.J., Pelz, K., Strub, J.R.:**
Effect of different crown contours on periodontal health in dogs.
J Dent 32, 153-159 (2004)

49. **Konstantoulakis, E., Nakaijma, H., Woody, R.D., Miller, A.W.:**
Marginal fit and surface roughness of crowns made with an accelerated casting technique.
J Prosthet Dent 80, 337-345 (1998)

50. **Körber, K.H., Lenz, P.:**
Beitrag zum Problem der Randgestaltung von Ersatzkronen.
Zahnärztliche Welt/Reform 69, 440-445 (1968)

51. **Krentz H.:**
Statistische Analysen und Datenverwaltung mit SPSS in der Medizin.
Shaker Verlag, Aachen 2002.

52. **Küpper, H., Bieniek, K.W.:** Klinische Anwendung einer innovativen Präparationstechnik für das Hi-Ceram-Verfahren.
Dtsch Zahnärztl Z 43, 1116-1118 (1988)

53. **Kröncke, A., Petschelt, A.:**
Parodontologische Aspekte bei restaurativen Maßnahmen.

Dtsch Zahnärztl Z 41, 899-905 (1986)

54. **Lehman, K.M.:**
Einführung in die Zahnersatzkunde.
Urban und Schwarzenberg, München, Wien, 76 (1982)
55. **Lehmann, K.M., Krauth, G.:**
Der Randschluss von Gusskronen – hergestellt im propädeutischen Unterricht.
Dtsch Zahnärztl Z 39, 750-752 (1984)
56. **Lomanto, A., Weiner, S.:**
A comparative study of ceramic crown margins constructed using different techniques.
J Prosth Dent 67, 773-777 (1992)
57. **Löst, C.:**
Festsitzender Zahnersatz und marginales Parodontium.
Dtsch Zahnärztl Z 44, 742-747 (1989)
58. **Marxkors, R.:**
Prothetische Aspekte bei parodontal erkrankten Patienten.
Zahnärztl Welt 91 (1), 38-43 (1982)
59. **Marxkors, R.:**
Der Kronenersatz.
In Haunfelder, D., Hupfaut, L., Ketterl, W., Smuth, G. (Hrsg.): Praxis der Zahnheilkunde.
Urban und Schwarzenberg, München (1984)
60. **Marxkors, R.:**
Lehrbuch der Zahnärztlichen Prothetik.
Hanser München Wien 2 Aufl (1993)
61. **Marxkors, R.:**
Der Randschluß der Gusskronen.
Dtsch Zahnärztl Z 35, 913-915 (1980)

62. **Marxkors, R., Ferger, P.:**
Qualitätsfragen,
In: Referate 3. Schriftenreihe der Zahnärztekammer Westfalen Lippe,
Wessels, Greven 1989; 159-167

63. **Meiners, H.:**
Das Problem der Passgenauigkeit.
Dent Labor 34, 1939-1944 (1986)

64. **Meiners, H.:**
Prophylaxe und Werkstoffkunde.
Zahnärztl Welt 94, 792-794 (1985)

65. **Mitchell, C. A., Pintado, M. R., Douglas, W. H.:**
Nondestructive, in vitro quantification of crown margins.
J Prosth Dent 85, 575-584 (2001)

66. **Morneburg, Th., Müller, N., Grosse-Jüttermann, D.:**
Passgenauigkeit im Studentenkurs gefertigter Kronen – eine
Nachuntersuchung.
Dtsch Zahnärztl Z 50, 756-759 (1995)

67. **Mühlemann, H.R., Rateitschak, K.H., Renggli, H.H.:**
Parodontologie.
Thieme, Stuttgart, 2 Aufl. (1978)

68. **Müller, N., Pröschel, P.:**
Kronenrand und parodontale Reaktion.
Dtsch Zahnärztl Z 49, 30-36 (1994)

69. **Neuhaus, K.:**
Zur Problematik der Kronenrandspaltenmessung (in vitro).
Med Diss, Münster 1996.

70. **Nordmeyer, J.:**
Verweildaueranalyse und klinische Nachuntersuchung von festsitzendem
Zahnersatz unter besonderer Berücksichtigung der Kronenrandspalt-
breiten.
Med Diss, Köln 1996.

71. **Pameijer, J.H.N., Westermann, W.:**
Von erreichbaren Genauigkeit festsitzender Restaurationen.
Zahnärztl Welt 91,46-49 (1982)
72. **Peers, A., Hill, F.J, Mitropoulos, C.M., Holloway, P.J.:**
Validity and reproducibility of clinical examination, fibre-optic
transillumination, and bite-wing radiology for the diagnosis of smal
approximal carious lesions: an in vitro study.
Caries Res 27, 307-311 (1993)
73. **Presern, F. A., Strub, J.R.:**
Inlay versus Onlay. Eine klinische und röntgenologische
Nachuntersuchung.
Schweiz Monatsschr Zahnheilk 93, 154-162 (1983)
74. **Rehberg, H.J.:**
Exakter Randschluß – was ist das?
Dtsch Zahnärztl Z 26, 696-699 (1971)
75. **Rinke, S., Schulz-Fincke, V., Schäfers, F., Özmumcu, A., Hüls, A.:**
Vergleichende Qualitätsbeurteilung von Einzelzahnrestorationen aus
Titan und einer Edelmetall-Legierung.
Dtsch Zahnärztl Z 53, 272-275 (1998)
76. **Ryge, G.:**
Clinical criteria.
Int Dent J 30, 347-358 (1981)
77. **Schaller, H.-G., Hahn, P., Götze, W., Herzog, E.:**
Der Einfluß der Randbearbeitung auf die Rauhtiefe approximaler
Schmelzränder.
Dtsch Zahnärztl Z 47, 436-438 (1992)
78. **Schmierer, A.:** Vergleichende Untersuchungen zur Passgenauigkeit des
Kronenrandes.
Dental Labor 25, 1279-1283 (1977)
79. **Schrader, U., Kordaß, B.:**
Nachuntersuchung zur Passgenauigkeit von Kronen, die im Phantomkopf

unter praxisnahen Bedingungen hergestellt wurden.
Zahnärztl Welt 99, 84-86 (1990)

80. **Schwartz, I.S.:**
A review of methods and techniques to improve the fit of cast restorations.
J Prosthet Dent 53, 279-282 (1986)
81. **Schweizerische Zahnärztesgesellschaft SSO:**
Qualitätsleitlinien in der Zahnmedizin, Handbuch. Bern 2000.
82. **Schübel, F.:**
Fehler und Irrtümer bei der Analyse und Interpretation des intraoralen Röntgenbildes bei zahnerhaltenden und parodontalen Maßnahmen.
Dtsch Zahnärztl Z 29, 312-316 (1974)
83. **Schwickerath, H.:**
Randspalt und Löslichkeit.
Dtsch Zahnärztl Z 34, 664-669 (1979)
84. **Sorensen, A.:**
A standardized method for determination of crown margin fidelity.
J Prosth Dent 64, 18-23 (1990)
85. **Spiekermann, H.:**
Zur marginalen Passform von Kronen und Brücken.
Dtsch Zahnärztl Z 41, 1015-1019 (1986)
86. **Strub, J.R., Lehner, Ch., Sidler, P.:**
Elektronenmikroskopische Randspaltanalyse des Approximalbereiches von Goldgussfüllungen. Eine In vivo Studie.
Schweiz Mschr Zahnheilk 92, 746-750 (1982)
87. **Theuniers, G., De Clercq, M.:**
Finishing procedures for the preparation of crown margins.
J Prosthet Dent 58, 545-552 (1987)
88. **Tjan, A.H.L., Sarkissian, R.:**
Effect of preparation finish on retention and fit of complete crowns.
J Prosthet Dent 56, 283-288 (1986)

89. **Utz, K.-H., Grüner, M., Vothknecht, R.:**
Zervikale Diskrepanzen und Randschlussdichte von Vollgusskronen in Abhängigkeit vom Befestigungszement.
Dtsch Zahnärztl Z 44, 901-904 (1989)
90. **Wegmann, U.:**
Zur Qualität beschliffener Schmelzflächen und der Präparationsgrenze.
Dtsch Zahnärztl Z 40, 472-478 (1985)
91. **Windecker von, D., Ohle, K.:**
Einfluß des Herstellungsverfahrens auf den Randschluß von Metallkronen.
Dtsch Zahnärztl Z 26, 706-715 (1971)
92. **Wöstmann, Chr.:**
Zur Frage der Meßbarkeit des Kronenrandspaltes.
Med Diss, Münster 1991.
93. **Wöstmann, B., Lütke-Notarp, E.:**
Wie randständig ist eine „durchschnittliche“ Amalgamfüllung.
Dtsch Zahnärztl Z 46, 28-32 (1991)
94. **Wöstmann, B., Hufnagel, A.:**
Vergleich verschiedener Methoden zur Bestimmung der Randschlussgenauigkeit von Kronen in vivo.
Dtsch Zahnärztl Z 52, 272-274 (1997)
95. **Valderhaug, J.:**
Die Bedeutung der Füllungen, Kronen und Brücken für das Parodontium.
Zahnärztl Welt 87, 230-235 (1978)
96. **Voß, A., Knorr, U.:**
Die densitometrische Darstellung des Randschlusses.
Dtsch Zahnärztl Z 50, 511-513 (1995)
97. **Zöllner, A.:**
Histopathologische Bedeutung der Randkariesdiagnostik überkronter Zähne.
Dtsch Zahnärztl Z 55, 243 – 247 (2000)

8 Danksagung

Mein ganz besonderer Dank gilt Frau Prof. Dr. Petra Scheutzel für die Überlassung des Themas, die Hilfe und die tatkräftige Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit.

Ich danke meinen Eltern, die mir meine Ausbildung ermöglicht haben und meiner Familie für die ständige Motivation und Unterstützung.

9 Lebenslauf

Name: *Witanski Katarzyna*
geb. Glowacka

Geburtsdatum: *30.11.1972*

Geburtsort: *Hindenburg (Polen)*

Familienstand: *Verheiratet*
1 Kind

Staatsangehörigkeit: *Deutsch*

Schulbildung: *1979 - 1987 Volksschule in Hindenburg*
1987 - 1989 Lyzeum in Hindenburg
1989 Übersiedlung aus Polen in die Bundesrepublik
01.1990 - 12.1990 Intensivsprachkurs
1991 - 1994 Städtisches Gymnasium in Bergkamen
1994 Abitur

Hochschulbildung: *1994 - 1999 Studium der Zahnmedizin an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster*
1999 Approbation als Zahnärztin

Berufstätigkeit: *Seit 03.04.2000 wissenschaftliche Angestellte an der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik des Universitätsklinikums Münster*