

Die Messung approximaler parodontaler Taschen
mittels einer neu entwickelten Sonde

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
des Fachbereichs Medizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von

Martin Kauer
aus Lich

Gießen 2006

Die Messung approximaler parodontaler Taschen
mittels einer neu entwickelten Sonde

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
des Fachbereichs Medizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von

Martin Kauer
aus Lich

Gießen 2006

Aus dem Medizinischen Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
ehemalige Abteilung für experimentelle Zahnheilkunde und Oralbiologie

Leiter: Prof. Dr. Oehmke

der *Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH*,

Standort Gießen

Gutachter: Prof. Dr. Oehmke

Gutachter: PD Dr. Alles

Tag der Disputation: 02.07.2007

Meinen Eltern gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Einleitung und Fragestellung	3-6
2.	Parodontalerkrankungen	7-18
2.1.	Radiologische Diagnostik	7
2.2.	Ätiologie von Parodontalerkrankungen	9
2.3.	Klassifizierung der Parodontalerkrankungen	14
3.	Literaturübersicht zur Messung der Sondierungstiefen	19-31
4.	Patienten und Methoden	32-40
4.1.	Patienten	32
4.2.	Methoden	32
4.2.1.	Beschreibung der PAR-Meßsonde „P-WHO-GI/30“	32
4.2.1.1.	Handhabung des neuen Funktionsendes	35
4.2.2.	Intrapersonelle Kalibrierung mit GI/30 Sonde	39
4.2.3.	Vergleichende Messungen der Sondierungstiefen mit orthograder und obliquen Sonde	39
4.2.4.	Auswertung	39
5.	Ergebnisse	41-54
5.1.	Reproduzierbarkeit der Messungen mit GI/30-Sonde	41
5.2.	Vergleichende Untersuchungen der Sondierungstiefen mit herkömmlicher und neuer Sonde	43
6.	Diskussion	55-64
6.1.	Reproduzierbarkeit der Messungen mit GI/30-Sonde	55
6.2.	Unterschiede zwischen Sondierungstiefenmessungen mit herkömmlicher und neuer Sonde	58
6.3.	Schlussfolgerungen	61
7.	Zusammenfassung	65-68
7.1.	Summary	69-72
8.	Literaturverzeichnis	73-86

Anhang	Seite 87-94
Urkunde des Deutschen Patentamtes	87
Produktbeschreibung der Fa. KKD	89
Ehrenwörtliche Erklärung	91
Danksagung	92
Lebenslauf	93

1. Einleitung und Fragestellung

Epidemiologische Studien haben gezeigt, dass Parodontalerkrankungen bei nahezu allen Menschen auftreten. Eine Parodontitis ist bei Kindern selten; sie betrifft in der Pubertät nur wenige und nimmt bis zum Alter von 40 bis 50 Jahren an Häufigkeit zu (PLAGMANN, 1998). Obwohl sie eine der Hauptursachen für frühzeitigen Zahnverlust ist, wird sie häufig erst spät bei bereits vorhandenen schweren Erkrankungen des Parodontiums diagnostiziert, nicht zuletzt weil die meisten Parodontalerkrankungen bis in ihre Endphase ohne besondere Schmerzempfindungen verlaufen. Früherkennung und früh beginnende Prophylaxe und Therapie können jedoch für den Behandlungserfolg insbesondere von aggressiven Formen der Parodontitis sehr wichtig sein.

Zum schnellen parodontalen Screening wird heute ein Schnellbefund mit dem PSI-Index mit Hilfe der WHO-Sonde ermittelt, der auf eine Modifikation des CPITN (Community Periodontal Index of Treatment / Needs) (AINAMO ET AL., 1985) zurückgeht und eine grobe Klassifizierung des Schweregrades von Parodontalerkrankungen zulässt. Zur Parodontitis-Diagnostik vor einer Therapieplanung gehört dagegen standardmäßig die Erhebung klinischer Parameter, wie Plaque- und Gingivitis-Indizes, die Ermittlung von Sondierungstiefen, Attachment- und Knochenverlust sowie die sorgfältige Durchführung einer Röntgenuntersuchung (JERVØE-STORM, 2000). Hiermit sind allerdings Risikobestimmung sowie die Kontrolle eines Behandlungserfolges nur schwer möglich.

In den letzten zehn Jahren wurden verschiedene neue Testmethoden zum Prognose-Screening entwickelt. Der Identifizierung von parodontopathogenen Keimen (mikrobielle Befunde) als begleitende Massnahme in der Parodontitis Diagnostik und Therapie wird eine zunehmende Bedeutung beigemessen, um eine spezifische antibiotische Therapie zu indizieren. Die Bestimmung der sogenannten Leitkeime, d.h. parodontopathogener Keime, die mit bestimmten Parodontitisformen vergesellschaftet sind, spielt vor allem für die Früherkennung und Risikoabschätzung von Patienten mit aggressiven Verlaufformen eine entscheidende Rolle.

Die Untersuchung der Sondierungsblutung und der Zahnbeweglichkeit werden zur Ergänzung des klinischen Bildes einer Parodontalerkrankung und zur Überprüfung eines Behandlungsergebnisses standardmäßig durchgeführt. Bei der Bewertung des Befundes einer Sondierungsblutung ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Handhabung der Sonde beziehungsweise der Sondierungsdruck, die Sondenführung und die Eindringtiefe individuellen Schwankungen unterliegt (HASSELL ET AL. 1973, VAN DER VELDEN und DE VRIES 1980) und reproduzierbare Werte nur schwer zu erhalten sind.

Die Auswertung von Zahnbeweglichkeitsmessungen verschiedener Untersuchungen zeigte außerdem stark streuende Ergebnisse (RICHTER 1985), da die sichtbare Zahnbeweglichkeit zumeist abgeschätzt und den drei Graden I, II, III zugeordnet wird. Nach PLAGMANN (1987) kann praktisch jeder gesunde Zahn dem Lockerungsgrad II zugeordnet und aufgrund einer sichtbaren horizontalen Zahnverschiebung um $8 \text{ bis } 12 \times 10^{-2} \text{ mm}$ als pathologisch gewertet werden. Es wird deshalb vorgeschlagen, die einzelnen Grade der Zahnbeweglichkeit zur besseren Vergleichbarkeit metrisch zu objektivieren (LINDHE und NYMAN, 1977). Da die Zusammenhänge zwischen einer erhöhten Zahnbeweglichkeit und einer Parodontitis nicht eindeutig sind und von einer okklusalen Fehlbelastung überlagert sein können, hat eine erhöhte Zahnbeweglichkeit im Hinblick auf Diagnose und Therapie einer parodontalen Destruktion nur geringe klinische Relevanz.

Daneben werden Röntgenuntersuchungen nach wie vor als unentbehrliche Massnahmen in der parodontalen Diagnostik betrachtet und routinemässig durchgeführt (PLAGMANN 1987, STRELETZ et al. 1989, BECHERER et al. 1993, JERVØESTORM 2000). Eine radiologische Diagnostik dient vor allem dazu, nicht sichtbare anatomische Strukturen, wie den Alveolarknochen, darzustellen, um so das Ausmaß des interradikulären Knochenabbaus und die verbliebene Knochenqualität und –struktur zu bestimmen. Heute werden für eine genaue Diagnostik meist intraorale Einzelzahnfilme mit hoher Detailschärfe und eine extraorale Panoramaschichtaufnahme bzw. ein Orthopantomogramm (OPG) angefertigt, das Ober- und Unterkiefer einschließlich der Kiefergelenke darstellt.

Nach den bisherigen Erfahrungen bezüglich des parodontalen Destruktionsablaufes scheint es besonders wichtig zu sein, die krankheitsaktiven Orte zu diagnostizieren. Als einziges einigermaßen effektives diagnostisches Hilfsmittel steht hierfür nur die Attachmentmessung zur Verfügung (PLAGMANN 1987, GRUBER et al. 1991).

Neben anderen klinischen Parametern und einer Röntgenuntersuchung gehört deshalb die Messung der Sondierungstiefen zur Basisdiagnostik von Parodontalerkrankungen. Von verschiedenen Autoren wurde in den vergangenen zwei Jahrzehnten jedoch darauf hingewiesen, dass die Ermittlung der Sondierungstiefe bestenfalls eine klinisch brauchbare Abschätzung des tatsächlichen parodontalen Gewebeverlustes darstellt. Die Reproduzierbarkeit und Zuverlässigkeit der Messungen hängen ganz wesentlich vom verwendeten Sondierungsdruck und dem Entzündungszustand der Gewebe ab (HASSELL ET AL., 1973; VAN DER VELDEN, 1979; VAN DER VELDEN und DE VRIES, 1980; GARNICK ET AL., 1989; MOMBELLI ET AL., 1992a; ATASSI ET AL., 1992; AHMED ET AL., 1996), aber zum Beispiel auch von der Form der Sondenspitze (BARENDREGT ET AL., 1996) oder von Trainingseffekten (ABBAS ET AL., 1982). Verbesserungsversuche im Sinne einer höheren Messgenauigkeit wurden mit Hilfe von druckkalibrierten, teilweise elektronischen, Sonden (Borodonic[®]-Sonde, Peri-Probe, Florida-Probe) unternommen, haben jedoch nicht zu konstanteren Resultaten geführt (OSBORN ET AL., 1992; QUIRYNEN ET AL., 1993; BECHERER ET AL., 1993). Verbesserungen der manuellen WHO-Sonde in Bezug auf die Sondengestaltung und eine höhere Messgenauigkeit erschienen zum Zeitpunkt der vorliegenden Studien deshalb dringend erforderlich und sollten zu einer höheren diagnostischen Sicherheit führen.

Ein Nachteil bisher verwendeter orthograd markierter Parodontalsonden ist darin zu sehen, dass sich Messfehler meistens beim Sondieren von approximalen Taschen ergeben. Diese Messfehler kommen dadurch zustande, dass der Kontaktpunkt von Approximalflächen zweier Nachbarzähne ein orthogrades Einführen der Sonde ebenso unmöglich macht wie eine festsitzende Brückenkonstruktion. Die Sonde muss dabei schräg unter dem Kontaktpunkt oder Brückenglied hindurchgeführt werden. Sie misst die Tasche quasi in einer undefinierten Diagonalen anstatt in der gesuchten vertikalen Tiefe. Der abgelesene Wert ist folglich zu hoch.

Um diesen Messfehler auszuschalten, wurde vom Autor in Zusammenarbeit mit HÜTTEMANN (1993) eine neue PAR-Sonde entwickelt, die dadurch gekennzeichnet ist, daß ein Funktionsende mit herkömmlicher orthograder Skalierung mit einem neuen Funktionsende mit einer 30-Grad-Knickung gekoppelt ist, auf dem die Skalierung in einem definierten Winkel oblique zur Sondenachse aufgetragen ist (siehe Abbildung 3 in Kapitel 4.2.1.).

Das neue Funktionsende, das durch die aufgebrachten Markierungen einen definierten Einführwinkel von 30 ° im Approximalbereich berücksichtigt, soll dem Zahnarzt unter Beibehaltung der gewohnten Instrumentenhandhabung eine genauere Diagnostik der Sondierungstiefen im Approximalraum ermöglichen, ohne dabei mit hohen technischen, kostspieligen oder zeitaufwendigen Ansprüchen behaftet zu sein. Zudem soll mit dem herkömmlich skalierten Funktionsende die Möglichkeit bestehen, das System auch bei orthograd zugänglichen Taschen (vestibulär, lingual) schnell und unkompliziert anzuwenden (HÜTTEMANN et al. 1993).

Für die vorliegende Untersuchung stellte sich die Frage, inwieweit sich Sondierungsmessungen approximaler Taschen mit dem neu entwickelten Funktionsende der oben dargestellten PAR-Sonde reproduzieren lassen. Ferner wurde untersucht, ob oder inwieweit sich Unterschiede zwischen den gemessenen Sondierungstiefen approximaler Zahnflächen mit der herkömmlich skalierten orthograden und der neuen obliquen Sonde ergeben.

2. Parodontalerkrankungen

2.1. Radiologische Diagnostik

Neben der Messung der Sondierungstiefen gehört die Röntgenuntersuchung zur Basisdiagnostik von Parodontalerkrankungen. Zur Beurteilung des parodontalen Knochenverlustes werden heute in der Regel eine Serie intraoraler *Einzelzahnfilme* (*Röntgenstatus*) von allen Zähnen angefertigt. Der Vorteil dieser in der *Rechtwinkeltechnik* in limbaler Projektion hergestellten Einzelzahnfilme ist die nahezu maßstabsgetreue Darstellung des Zahnes und der dentoalveolären Strukturen mit hoher Detailschärfe bei einfacher standardisierter und reproduzierbarer Handhabung. In der Literatur ist die Wertigkeit von intraoralen Zahnfilmen zur Beurteilung des Alveolar-knochens nicht unumstritten. Da beim Zahnfilm alle durchstrahlten Gewebeschichten auf einer Filmebene abgelichtet werden, kommt es zu Überlagerungen anatomischer Strukturen, so dass der Zahnfilm trotz hoher Detailschärfe häufig nicht die anatomische Realität widerspiegelt (PLAGMANN, 1987). Der Knochenverlust im Bereich des *Limbus abveolaris* wurde deshalb oft unterschätzt und der Zustand des Knochens im Seitenzahnbereich war nicht zu beurteilen. Auch die Interpretationen von Zahnfilmen durch verschiedene Betrachter wichen beträchtlich voneinander ab, wobei insbesondere die Bestimmung des *Limbus alveolaris* durch die vestibulären und oralen Überlagerungen nicht eindeutig möglich war.

Neben den intraoralen Zahnfilmen bieten Panoramaschichtaufnahmen (*Orthopantomogramme*, *OPG*) eine weitere Möglichkeit der radiologischen Diagnostik. Die Strahlenbelastung ist deutlich geringer als bei Einzelzahnfilmen. Ein großer Vorteil dieser radiologischen Technik besteht in der Gesamtdarstellung des Ober- und Unterkiefers einschließlich der Kiefergelenke. Das OPG eignet sich nach Ansicht verschiedener Autoren zur Beurteilung parodontaler Defekte, weil insbesondere im Seitenzahnbereich eine ausreichende Darstellung des Kieferknochens und der Zähne möglich ist. Ein Nachteil der Panoramaschichtaufnahmen besteht in Überlagerungen durch die Wirbelsäule. Infolgedessen ist eine Beurteilung des Frontzahnbereichs nur eingeschränkt möglich. Auch die Detailwiedergabe ist im Vergleich zu Zahnfilmen deutlich geringer.

Aufgrund dieser Nachteile ist die alleinige Durchführung eines Orthopantogramms in der parodontalen Diagnostik nicht ausreichend und sollte zumindest durch Einzelzahnfilme ergänzt werden (STRELETZ ET AL., 1989).

Außerdem wird die Subtraktionsradiographie insbesondere zur Bestimmung der Knochendichteänderungen angewendet. Mit diesem Aufnahmeverfahren können schon Demineralisationen des Alveolarknochens von 5 % erkannt werden, während mit der herkömmlichen Röntgenbildbeurteilung erst eine Demineralisation von 30 – 60 % erkennbar ist. Seit Anfang der siebziger Jahre wird die Computertomographie (ein computergestütztes, radiologisches Aufnahmeverfahren nach dem Prinzip der Schichtaufnahme (WEGENER, 1992)) insbesondere in der parodontalen Diagnostik von Patienten mit destruktiven und progressiven parodontalen Erkrankungen mit Erfolg angewendet. Da diese Erkrankungen tiefe und ausgedehnte Knochendefekte verursachen, ist durch die dreidimensionale Darstellung der anatomischen Strukturen und eine exakte Bestimmung der Knochenqualität eine wertvolle Unterstützung der parodontalen Therapieplanung und Prognosestellung möglich.

2.2. Ätiologie von Parodontalerkrankungen

Es ist heute unbestritten, dass die subgingivale bakterielle Zahnplaque massgeblich an der Entstehung und Progression parodontaler Entzündungsprozesse beteiligt ist. (SUZUKI 1988, MOMBELLI 1992b, JERVØE-STORM 2000). Für die Ätiologie parodontaler Destruktionen werden ausserdem Alter, Geschlecht und Ernährungsverhalten diskutiert und ererbte Veranlagungen, insbesondere bei der Ausbildung der aggressiven Form einer Parodontitis, können eine Rolle spielen.

Die mikrobielle Zusammensetzung subgingivaler Plaque ist im allgemeinen von einer großen Vielfalt gekennzeichnet. Zwischen 300 - 400 Bakterienspezies wurden bisher basierend auf Kultivierungsdaten und Genotypisierungen aus der Mundhöhle isoliert. Davon werden nur 10 bis maximal 30 für den parodontalen Gewebeabbau verantwortlich gemacht (LISTGARTEN, 1986; SOCRANSKY UND HAFFAJEE, 1992 und 1994). Verschiedene Untersuchungen zeigten schon früh eine deutliche Korrelation zwischen dem Vorkommen bestimmter Bakterienspezies in der subgingivalen Plaque und dem Schweregrad einzelner Parodontitisformen (SLOTS ET AL. 1985, 1986, LISTGARTEN, 1994). Bei vielen Fällen mit schnell fortschreitender Parodontitis (*RPP rapidly progressive periodontitis* alte Nomenklatur) liess sich *Porphyromonas gingivalis* (*P.g.*) in grosser Zahl in der subgingivalen Plaque nachweisen; und es bestand ein Zusammenhang zwischen Behandlungserfolg und der effektiven Elimination von *P.g.* (SLOTS ET AL. 1986). Im Falle der lokalisierten juvenilen Parodontitis (*LJP localized juvenile periodontitis*) waren dagegen Behandlungserfolg und die effektive Elimination von *Actinobacillus actinomycetemcomitans* eng miteinander verknüpft (SLOTS ET AL. 1985).

Die Beteiligung parodontopathogener Mikroorganismen, wie fakultativ oder obligat anaerober gram-negativer Stäbchen (*Bacteroides forsythus*, *Fusobacterium*, *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia*), Kokken (*Peptostreptococcus*, *Streptococcus*) und Spirochäten als primäre Ursache der Parodontitis gilt heute als gesichert.

Die anaeroben Bedingungen, die in der tiefen Parodontaltasche herrschen, begünstigen das Wachstum der anaeroben oder fakultativ anaeroben parodontopathogenen Bakterien, so dass die aeroben Spezies, zu denen vor allem die parodontalen Schutzspezies gehören, zurückgedrängt werden. Entstehung und Progression parodontaler Entzündungsprozesse sind infolgedessen fast immer auf eine Verschiebung des Bakterienspektrums in der Mundhöhle, speziell im subgingivalen Bereich, zurückzuführen. Während in gesunder oraler Mikroflora neben aeroben Spezies überwiegend gram-positive fakultative Anaerobier vorkommen, überwiegen bei einer Parodontitis die gram-negativen Anaerobier. Mit diesen sogenannten *Leitkeimen* sind oft Gruppen weiterer Bakterienspezies assoziiert, die ein kompliziertes Netzwerk von Stoffwechselprodukten miteinander verbindet und die erst im Zusammenspiel zu einer Erhöhung der Pathogenität führen. Dies ist das Ergebnis einer Untersuchung von insgesamt 13 000 subgingivalen Plaqueproben aus 185 Patienten (SOCRANSKY ET AL. 1998).

Ursache für die Entstehung der Parodontalerkrankungen durch Zahnplaque ist damit quasi immer mangelnde Mundhygiene, was sich zunächst in einer Form der Gingivitis manifestiert. LISTGARTEN (1976) konnte zeigen, dass bei unbehandelter Gingivitis 3 bis 8 Wochen nach dem Anfang der supragingivalen Plaquebildung eine ausgeprägte subgingivale Mikroflora auftritt, vorrangig aus gram-negativen anaeroben Bakterien, einschließlich einiger beweglicher Spezies. Eine Verschiebung des bakteriellen Keimspektrums zu anaeroben Bakterien begünstigt ein Übergreifen der Infektion auf die Gesamtheit aller Parodontien und die Ausbildung einer Parodontitis.

Es gibt verschiedene Risikofaktoren für Parodontalerkrankungen, wie Fehlernährung, Rauchen, Stoffwechselstörungen, Immundefekte, Blutkrankheiten sowie genetische Defekte, die über Störungen gewebereparativer Prozesse (Fibroblastenproliferation, Kollagenbildung und Knochenbildung) und durch ihren Einfluss auf das Entzündungsgeschehen (Reduzierung der körpereigenen Abwehr) die entzündliche Parodontaldestruktion beschleunigen.

Bestimmte Formen der Gingivitis werden zum Beispiel durch einen Mangel an Eiweiß, Folsäure, Zink und Vitamin C beeinflusst (SUZUKI, 1988).

Aufgrund der Ergebnisse verschiedener Studien wiesen Raucher in der Altersgruppe der 45-54jährigen signifikant größere Sondertiefen als gleichaltrige Nichtraucher auf (GROSSI ET AL., 1994; HOFFMANN ET AL., 1999). Raucher zeigten in einer 1 Jahresuntersuchung einen größeren Attachmentverlust und radiographisch gemessenen Knochenverlust als Nichtraucher (MACHTEI ET AL., 1997). Die geringere Sondierungsblutung bei Rauchern lässt sich auf die lokale Einwirkung des vasokonstriktori-schen Nikotins zurückführen.

Chronische Parodontopathien treten oft bei Patienten mit Diabetes mellitus auf, nicht zuletzt weil diese ebenso wie Raucher eine gestörte Wundheilung zeigen (GROSSI ET AL., 1996a). Diese Parodontitisform mit progressivem Verlauf erfordert neben einer mechanischen Entfernung der subgingivalen Infektion häufig eine begleitende Antibiotikatherapie (GROSSI ET AL., 2001). Dabei gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass der Zeitraum des bestehenden Diabetes von Bedeutung ist und gut eingestellte Diabetiker bei optimaler Mundhygiene keine größere Parodontitisprogression und keinen höheren Zahnverlust aufweisen müssen als Nichtdiabetiker (OLIVER ET TERVONEN, 1994).

Bezüglich der Relation zwischen Osteoporose und der Entstehung von Parodontitis zeigten kontrollierte Studien keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich Zahnplaque und gingivaler Blutung, jedoch einen signifikant größeren Attachmentverlust bei Frauen mit Osteoporose im Vergleich zu gesunden Frauen (VON WOWERN ET AL., 1994). Außerdem werden potentielle Zusammenhänge zwischen Osteoporose und Östrogenmangel in der Postmenopause und der Entwicklung von Parodontitis diskutiert. Es gibt direkte und indirekte wissenschaftliche Befunde, dass Östrogenmangel als Risikofaktor für Parodontopathien eine Rolle spielt (GENCO UND GROSSI, 1998; GROSSI, 1998).

Während von vielen Autoren ein signifikanter Zusammenhang zwischen Alter und Attachmentverlust nachgewiesen wurde (LOCKER UND LEAKE, 1993; GROSSI ET AL., 1994), konnten dies andere (BROWN ET AL., 1994; SHIP ET AL., 1996) nicht bestätigen.

Dabei zeigten Untersuchungen, dass der ältere Mensch per se nicht anfälliger gegenüber Parodontalerkrankungen als die jüngere Population ist (BURT, 1994), so dass der Dauer einer bestehenden Parodontitis möglicherweise größere Bedeutung zukommt als dem Lebensalter. Die Ergebnisse einer Longitudinalstudie, die bei gesunden Erwachsenen über 10 Jahre durchgeführt wurde, sprechen außerdem dafür, dass parodontale Destruktionen nicht als natürliche Konsequenz des Alterungsprozesses auftreten müssen (SHIP ET AL., 1996).

Korrelationen zwischen psychosozialen Faktoren, wie Stress, Depression oder Einsamkeit und parodontalen Erkrankungen wurden ebenfalls beschrieben (Monteiro da Silva et al., 1996). In weiterführenden Studien ist allerdings zu prüfen, welche Bedeutung Unterschiede in psychosozialen Faktoren im Zusammenhang mit der Entwicklung und Progression einer Parodontitis haben können.

Körpereigene Moleküle beeinflussen ihrerseits die Entzündungsvorgänge und spielen eine wichtige Rolle bei der Verstärkung und Ausbreitung der Erkrankung und dem daraus resultierenden Gewebeabbau (MOMBELLI, 1992b). Dabei werden Entzündungsmediatoren von aktivierten, in das Gewebe einwandernden Abwehrzellen und Plasma-Proteinasesystemen produziert, insbesondere von der sogenannten Komplementkaskade. Cytokine, wie Interleukin 1 (IL-1), Tumor-Necrosis-Faktor α (TNF α), und Prostaglandine sind in diesem Zusammenhang wichtig.

In neueren Studien wurde bei Menschen in Nordeuropa nachgewiesen, dass ein 19fach erhöhtes Risiko, eine parodontale Erkrankung zu entwickeln, an das Auftreten einer bestimmten Konstellation des Interleukin-Genclusters gebunden ist (KORNMAN ET AL., 1997). Dieser genetische Polymorphismus (IL-Genotyp) hat u.a. eine Überproduktion von Interleukin-1 β und somit eine überschießende Immunantwort zur Folge und ist aufgrund der knochenresorbierenden Wirkung von Interleukin-1 β mit der Ausbildung der schnell verlaufenden Parodontitis (*RPP* oder *rapidly progressive periodontitis*) signifikant korreliert.

Insgesamt betrachtet haben Parodontalerkrankungen eine komplexe Ätiologie, in der die Störung des Gleichgewichtes zwischen potentiell pathogenen Mikroorganismen und der lokalen Abwehr der Wirtsgewebe eine zentrale Rolle spielt (REINHARDT ET AL. 1989, MOMBELLI 1992b). Dabei bildet zwar die Plaque einen der wichtigsten Kausalfaktoren für den Attachmentverlust, aber ursächlich verantwortlich ist letztlich die körpereigene Entzündungsreaktion.

Mikrobiologische Nachweismethoden für parodontopathogene Keime (mit Hilfe von DNS- oder RNS-Sonden sowie PCR) spielen heute insbesondere für die Früherkennung der Parodontitis mit aggressiver Verlaufsform eine wichtige Rolle, nicht zuletzt weil sie eine genaue Diagnostik in Bezug auf Typ und Schwere der Parodontitis und eine sichere Indikation einer Antibiotikatherapie ermöglichen. Nach den Richtlinien der Deutschen Gesellschaft für Parodontologie (DGP) und der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) ist die mikrobiologische Untersuchung nicht bei jeder Form der Parodontitis notwendig. Chronische Parodontitis kann z.B. durch mechanische Bearbeitung der Wurzeloberfläche (subgingivales Scaling) und Reduktion subgingivaler Plaque ohne Antibiotikatherapie erfolgreich behandelt werden. Die DGP/DGZMK empfiehlt die mikrobiologische Diagnostik aber bei den folgenden Parodontitisformen: aggressive Parodontitis, schwere generalisierende chronische Parodontitis und schwere Parodontitis bei systemischen Erkrankungen.

Zur Risikoabschätzung und zur Wahl der spezifischen Antibiotikatherapie bieten sich heute kommerziell erhältliche Tests an, z.B. ein PCR-Test (HAIN Diagnostika, Nehren), mit dem die fünf wichtigsten Markerkeime *Actinobacillus actinomycetemcomitans* (A.a.), *Porphyromonas gingivalis* (P.g.), *Prevotella intermedia* (P.i.), *Bacteroides forsythus* (B.f.) und *Treponema denticola* nachgewiesen werden können.

Auch genetische Untersuchungen, wie die Bestimmung des Interleukin (IL)-1-Genotyps, erlangten in den letzten Jahren zunehmende Bedeutung, um eine Prognose anzuzeigen und eine geeignete Therapie planen zu können.

2.3. Klassifizierung der Parodontalerkrankungen

Klassifikationssysteme bilden den Rahmen, in dem Ätiologie, Pathogenese, Diagnose und Therapie von Erkrankungen wissenschaftlich erforscht werden können. Sie versetzen den Kliniker in die Lage, den individuellen Behandlungsbedarf einzuschätzen. Mit der aktuellen Klassifikation der Parodontalerkrankungen (ARMITAGE, 1999) wurde versucht, basierend auf klinischen, radiographischen und anamnestischen Kriterien sowie auf neuesten Erkenntnissen der Wirt-Parasiten-Interaktionen eigenständige Formen der Parodontitis zu beschreiben. Es wird empfohlen, die Parodontalerkrankungen wie folgt zu klassifizieren:

- Gingivale Erkrankung
- Chronische Parodontitis
- Aggressive Parodontitis
- Parodontitis als Manifestation einer Systemerkrankung
- Nekrotisierende Parodontalerkrankung
- Parodontalabszesse
- Parodontitis im Zusammenhang mit endodontalen Läsionen
- Entwicklungsbedingte oder erworbene Deformationen und Zustände.

Die *Gingivitis* wird nicht als eine einzelne Erkrankung verstanden, sondern als ein Spektrum von Erkrankungen, die das Endergebnis des Ablaufs verschiedener pathologischer Prozesse an der Gingiva repräsentieren. Traditionell wird der Begriff der *Gingivitis* nur verwendet, wenn lediglich eine gingivale Entzündung, nicht aber Attachmentverlust vorliegt. Es gibt jedoch auch klinische Situationen, in denen sich eine *Gingivitis* nach erlittenem Attachmentverlust, aber mittlerweile stabilem Parodont, ausbilden kann.

Plaque-induzierte Gingivopathien stellen epidemiologisch und klinisch den Hauptanteil dar. Entzündliche Reaktionen auf dentale Plaque werden unter dem Einfluss systemischer Faktoren verstärkt, z. B. durch Sexualhormone während der Pubertät und Schwangerschaft und durch schlecht eingestellten Diabetes mellitus. Ausserdem kann es bei akuten Leukämien zu erheblichen Entzündungsreaktionen mit Ulzerationen oder Gingivavergrößerungen kommen.

Die langzeitige Einnahme von bestimmten Medikamenten, wie Cyclosporin A, Diphenylhydantoin und Nifedipin (Kalziumkanalblocker), kann zu Gingivavergrößerungen führen und Entzündungsreaktionen verstärken. Infolge von Mangelernährung kann es zu einer eingeschränkten Immunabwehr und erhöhten Anfälligkeit für Infektionen kommen (z.B. chronische Vitamin C-Avitaminose (Skorbut)).

Bei den *nicht plaque-induzierten Gingivopathien* unterscheidet man spezifische Infektionen mit Bakterien, die nicht der dentalen Plaque angehören (*Neisseria gonorrhoeae*, *Treponema pallidum* und Streptokokken), virale Infektionen (z.B. Herpesviren) und spezifische Pilzinfektionen. Einige dermatologische Erkrankungen manifestieren sich im Mundraum und insbesondere auch an der Gingiva. Allergische Reaktionen manifestieren sich nur selten an der Mundschleimhaut. Akute oder chronische Entzündungen der Gingiva treten gelegentlich nach traumatischen Läsionen oder in Verbindung mit einem eingebrachten Fremdkörper (z.B. Amalgamtätowierung) auf.

Die *chronische Parodontitis* (CP) ist eine infektiöse entzündliche Erkrankung des Zahnhalteapparates, die zu progressivem Attachment- und Knochenverlust führt. Sie ist durch Bildung von Zahnfleischtaschen und / oder Gingivarezessionen gekennzeichnet und stellt die am häufigsten vorkommende Parodontitisform dar.

Die *chronische Parodontitis* kann in jedem Lebensalter entstehen, wobei sie am häufigsten im Erwachsenenalter ab 40 Jahren auftritt. Prävalenz und Schwere nehmen mit dem Alter zu. Folgende Charakteristika gelten für die *chronische Parodontitis*:

- Überwiegend bei Erwachsenen
- Destruktion steht mit lokalen Reizfaktoren in Zusammenhang
- Plaquezusammensetzung ist variabel
- Häufig subgingivaler Zahnstein
- Vorwiegend langsame Progression
- Aktivitätsschübe können vorkommen.

Nach Ausmaß und Schwere wird die *chronische Parodontitis* unterteilt in die *lokalisierte* Form (< 30 % der Zahnflächen sind betroffen) und die *generalisierte* Form (> 30 % der Zahnflächen sind betroffen).

Mögliche Risikofaktoren sind Systemerkrankungen, wie Diabetes mellitus oder HIV-Infektion, Tabakrauchen, Osteoporose sowie emotionaler Stress und lokale zahn-spezifische Faktoren, insbesondere auch iatrogener Art.

Die *aggressive Parodontitis* ist eine entzündliche Erkrankung des Zahnhalteapparates mit schnellem Attachmentverlust und Verlust des Alveolarknochens bei anderweitig gesunden Patienten. Auffällig ist die familiäre Häufung. Aggressive, zu Zahnverlust führende Formen der Parodontitis, sind eher selten. Eine longitudinale Studie bei Teearbeitern in Sri Lanka zeigte, dass etwa 7 – 15 % einer Population davon betroffen waren (LÖE ET AL., 1986). Viele als *therapierefraktär* eingestufte Fälle können der Kategorie *aggressive Parodontitis* zugeordnet werden. Es gibt sekundäre Merkmale, die nicht in jedem Fall vorhanden sind:

- Missverhältnis zwischen der Menge an bakteriellen Ablagerungen und dem Ausmaß der Gewebedestruktion,
- Erhöhte Zahlen von *Actinobacillus actinomycetemcomitans*; in gewissen Populationen *Porphyromonas gingivalis* in subgingivaler Plaque,
- Abnormale Phagozytenfunktion,
- Hyperresponsiver Makrophagen-Phänotyp mit erhöhter Produktion von PGE₂ und IL-1 β ,
- Gewebedestruktion kann selbstlimitierend sein.

Die *aggressive Parodontitis* tritt als *lokalisierte* und *generalisierte Parodontitis* Form auf. Die *lokalisierte* Form beginnt etwa während der Pubertät, wobei erste Molaren und zentrale Inzisiven betroffen sind und erhöhte Serumantikörpertiter gegen die der Infektion zugrunde liegenden pathogenen Keime festgestellt werden. Die *generalisierte* Form beginnt meist vor dem 30. Lebensjahr und verläuft in Schüben. Es tritt ein generalisierter Attachmentverlust an mindestens drei Zähnen außer den ersten Molaren und zentralen Inzisiven auf. Der Serumantikörpertiter gegen die der Infektion zugrunde liegenden Pathogene ist nicht erhöht.

Eine vor der Pubertät auftretende lokalisierte Parodontitis wird entweder der Kategorie *lokalisierte chronische* oder *lokalisierte aggressive Parodontitis* zugeordnet. *Generalisierte* Formen sind praktisch immer *Manifestationen systemischer Erkrankungen*. Diese Krankheitsformen der Parodontitis fassen alle Allgemeinerkrankungen zusammen, die über die Beeinflussung der Wirtsreaktivität (Bluterkrankungen und genetische Störungen mit Reduzierung der Abwehr und Störungen des Bindegewebsmetabolismus) das individuelle Parodontitisrisiko erhöhen, nicht aber zu einer spezifischen Parodontitis führen.

Unter *nekrotisierenden Parodontalerkrankungen* sind die *nekrotisierende ulzerierende Gingivitis (NUG)* und *nekrotisierende ulzerierende Parodontitis (NUP)* zusammengefasst. Beide Formen scheinen in Zusammenhang mit einer verminderten systemischen Abwehr auf bakterielle Infektionen zu stehen. Die *NUG* stellt eine Infektion dar, die durch gingivale Nekrosen (*ausgestanzte Papillen*), gingivale Blutung und Schmerz charakterisiert ist. Mit dieser gingivalen Läsion ist das Vorkommen fusiformer Bakterien (*Prevotella intermedia*) und Spirochäten assoziiert. Als Risikofaktoren werden schlechte Mundhygiene, Zigarettenrauchen, emotionaler Stress und HIV-Infektion diskutiert. Die *NUP* ist eine akute parodontale Infektion, bei der sich die Nekrosen auf das parodontale Ligament und den Alveolarknochen ausweiten. Derartige Läsionen werden am häufigsten bei Individuen mit schwerer systemischer Abwehrschwäche infolge schwerer Unterernährung oder Immunsuppression durch HIV-Infektion gefunden.

Die Klassifikation der *Abszesse* richtet sich nach der Lokalisation der Infektion (*Gingivaabszess*, *Parodontalabszess* und *Periokoronarabszess*). Abszesse des Parodonts können mit folgenden klinischen Merkmalen einhergehen: Schwellung, Schmerz, Farbänderung, Zahnbeweglichkeit, Zahnextrusion, Suppuration, Fieber, Lymphadenitis, radiographische Aufhellung der betroffenen Knochenregion, wobei nicht alle Symptome bei jedem Abszess auftreten müssen.

Stellungsanomalien der Zähne und zahnatomische Faktoren, zahnärztliche Restaurationen, zahnärztliche Apparaturen, Wurzelfrakturen, zervikale Wurzelresorptionen und Zementabrisse können lokal zu einer Erkrankung des Parodonts führen.

Insbesondere in letzteren Fällen ist gelegentlich eine explorative chirurgische Diagnostik erforderlich.

Mukogingivale Deformitäten können im Bereich der Zähne und im Bereich des zahnlosen Alveolarfortsatzes auftreten. Rezessionen können lokalisiert und generalisiert auftreten.

Schliesslich führen exzessive okklusale Kräfte nicht zu plaqueassoziierten Parodontalerkrankungen und Attachmentverlusten, aber möglicherweise zu einer Erhöhung der Progressionsrate einer bestehenden Parodontitis.

3. Literaturübersicht zur Messung der Sondierungstiefen

Die Messungen der Sondierungstiefen sind neben dem Einzelbild-Röntgenstatus die wichtigsten diagnostischen Maßnahmen zur Erkennung parodontaler Veränderungen. Klinisches Sondieren mit entsprechenden Parodontalinstrumenten ist insbesondere zur Bestimmung von Tiefe, Topographie und Typ der parodontalen Tasche notwendig (GRUBER ET AL., 1991). Außerdem ist die Messung der Sondierungstiefe vor allem im mittenorale und mittenvestibulären Bereich erforderlich, weil die Beurteilung der knöchernen Destruktion im Furkationsbereich mehrwurzeliger Zähne anhand des Röntgenbildes Probleme bereitet (PLAGMANN, 1987).

Unter der Messung der Sondierungstiefe wird die Strecke vom Rand der Gingiva bis zum klinisch sondierbaren Taschenboden verstanden. Heute weiß man, dass die parodontale Destruktion sich nicht gleichförmig um den Zahn herum ausbildet, sondern oft ortsspezifisch von der einen zur anderen Wurzelfläche variieren kann und einzelne Zähne und Segmente im Gebiß unerwartet und temporär mit einer höheren Rate Stützgewebe verlieren können. Deshalb wird empfohlen, an vier oder sechs Stellen pro Zahn die Sondierungstiefe oder den Attachmentverlust zu messen. Das sind die mesialen, vestibulären und distalen Zahnflächen von vestibulär und die mesialen, oralen und distalen Zahnflächen von oral (siehe Abbildung 1). Histologische Studien haben gezeigt, dass mit klinischem Sondieren erfasste Stellen eines schubweise fortschreitenden Attachmentverlusts tatsächlich mit echten messbaren Gewebeveränderungen assoziiert sind (ZAPPA ET AL, 1991).

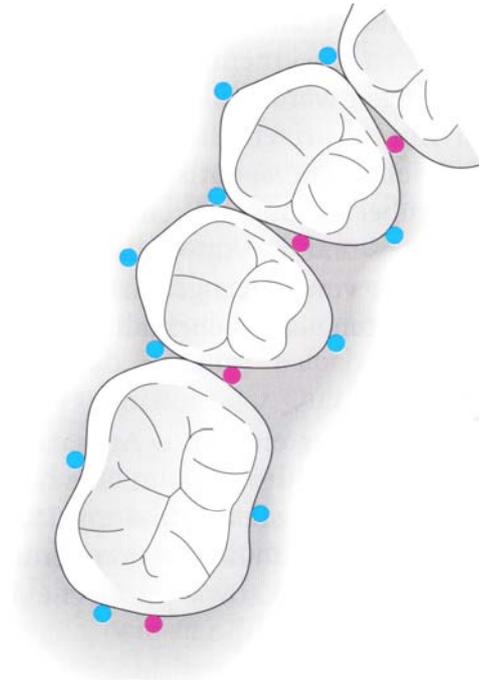


Abb. 1: Stellen zur Sondierung der Tasche am Zahn
(Heidemann et al., Parodontologie, Urban & Schwarzenberg, München, Wien, Baltimore 1997)

Verschiedene Faktoren können jedoch die Ergebnisse der Sondierungstiefenmessungen beeinflussen und zu Messfehlern führen. Die Genauigkeit der gemessenen Sondierungstiefen hängt zum Beispiel von der angewandten Kraft des Untersuchers und vom Sondendurchmesser und damit vom Sondierungsdruck ab (VAN DER VELDEN, 1979, 1980; MEIJER UND LANGE, 1983; KARIM ET AL, 1990; GRUBER ET AL, 1991; BECHERER ET AL, 1993).

Der Entzündungsgrad der gingivalen Gewebe beeinflusst ebenfalls das Messresultat der Sondierungstiefe. Bei gesunden Geweben sollte die Parodontalsonde den apikalen Bereich des Saumepithels erreichen. Bei einer akuten Entzündung mit teilweiser Zerstörung von Bindegewebsfasern und Taschenepithel kann die Sonde mit dem gleichen Druck jedoch über das Saumepithel hinaus weiter nach apikal vordringen (LISTGARTEN, 1980).

Mit zunehmender Entzündung von der initialen Gingivitis bis zur Parodontitis ist das Bindegewebe neben und apikal des Saumepithels von Entzündungszellen durchsetzt, sehr gefäßreich und infolge des Verlusts an Bindefasern aufgelockert (PAGE UND SCHROEDER, 1976). Diese Bereiche gehören zwar histologisch nicht zur Zahnfleischtasche, jedoch dringt die Parodontalsonde auch bei vorsichtiger Handhabung in dieses aufgelockerte Gewebe ein, wodurch sich erhöhte Werte von einem bis zu mehreren Millimetern ergeben können (LISTGARTEN, 1980; PASLER, 1981). Außerdem kann es infolge der entzündlichen Auflockerung des Bindegewebes und der damit verbundenen Blutungen zu einer Beeinträchtigung in der Ablesbarkeit der Messergebnisse kommen (ABBAS ET AL, 1982).

Zahnstellung und Morphologie des Zahnes, insbesondere an schwer zugänglichen approximalen Zahnflächen im Molarenbereich, können weiterhin zu Messfehlern der Sondierungstiefe beitragen (MEIJER UND LANGE, 1983; BECHERER, 1993). Nicht zuletzt können die Einschubrichtung und Ablesbarkeit der Sonde den Messfehler zusätzlich vergrößern (WATTS, 1987; 1989).

Wegen dieser Fehlermöglichkeiten beim Messen mit herkömmlichen Handsonden kommen verschiedene Autoren zu dem Schluß, dass erst ein Attachmentverlust von mehr als 2 bis 3 mm eine diagnostisch verlässliche Aussage zuläßt und andererseits Sondierungstiefen von 3 bis 5 mm mit einem klinisch gesunden Parodontium nicht mehr vereinbar sind (GOODSON; 1986; JANSSEN ET AL., 1988; WENNSTRÖM, 1988).

Die Erkenntnis, dass der Sondierungsdruck das Messergebnis entscheidend beeinflussen kann, führte zur Entwicklung druckkalibrierter Sonden (VAN DER VELDEN ET AL., 1978; JEFFCOAT ET AL., 1986; SIMONS AND WATTS, 1987; GIBBS ET AL., 1988; GRUBER ET AL., 1991; BECHERER ET AL., 1993). In verschiedenen Untersuchungen wurden Sondierungstiefenmessungen mit druckkalibrierten Sonden mit konventionellen manuellen Parodontalsonden verglichen.

In einer Studie von GRUBER und Mitarbeitern (1991) wurden Sondierungstiefen an den Ramfjord-Zähnen (16, 21, 24, 36, 41, 44) (RAMFJORD 1959) mit drei verschiedenen PAR-Sonden (zwei starren Sonden, der P-WHO- und PCP-11-Sonde und einer druckkalibrierten Borodontic[®]-Sonde (siehe Tabelle 1)) bei Patienten mit Zahnfleischsymptomen (Sulkus-Blutungs-Index von $SBI \geq 30\%$ oder $SBI \leq 30\%$) gemessen. Statistisch signifikante Unterschiede der Messergebnisse zeigten sich sowohl zwischen WHO-Sonde und Borodontic[®]-Sonde als auch zwischen PCP-11- und Borodontic[®]-Sonde.

Die Borodontic[®]-Sonde lieferte die niedrigsten mittleren Messwerte von allen gemessenen Stellen (distobukkal, bukkal, mesiobukkal, distolingual oder distopalatinal, lingual und palatinal, mesiolingual oder mesiopalatinal), die WHO-Sonde die höchsten mittleren Messwerte. Dies kann auf die Form der Sondenspitze zurückgeführt werden (GRUBER ET AL., 1991) (siehe Tabelle 1). Eine andere Erklärung kann sein, dass die Borodontic[®]-Sonde wegen ihres größeren Durchmessers ein größeres Volumen in Anspruch nimmt und ein Untersucher bei der manuellen Sondierung eher einen etwas höheren individuellen Druck ausübt im Vergleich zum konstanten Sondierungsdruck einer federnden Borodontic[®]-Sonde.

Parodontometer	Beschreibung	Artikelbezeichnung, Hersteller	Literatur
PAR-WHO-Sonde	0.5 mm breite Kugel am Ende Ablesegenauigkeit ± 1 mm	P-WHO (Hu, Friedy)	WHO, 1978
PCP-11-Sonde	Sondenspitze mit 0.45 mm Durchmesser	PCP-11 (HU, Friedy)	Gruber et al., 1991
Merritt-B-Sonde	Sondenspitze mit 0.5 mm Durchmesser	Merritt-B-(Hu, Friedy)	Quirynen et al., 1993
Borodontic [®] -Sonde	Sondenspitze mit 0.64 mm Durchmesser; Gelenk und Feder zwischen Handgriff und Funktionsende, konstanter Sondierungsdruck von 0.25 Newton (N)	Borodontic [®] (Waalwijk, Niederlande)	Gruber et al., 1991; Meijer und Lange, 1983 (modifizierte Borodontic [®] - Sonde mit verschiedenen kon- stanten Druckstärken 25, 35, 45 Pond)
Peri-Probe	definierter konstanter Sondierungsdruck, elektronische Messung mit 0.5 mm Messgenauigkeit, Computererfassung der Mess- daten	Peri-Probe (Vivadent, Schaan, Liechtenstein)	Becherer et al., 1993; Quirynen et al., 1993
Florida-Probe	Sondenspitze mit 0.4 mm Durchmesser, konstanter Sondierungsdruck mit 0.25 Newton, elektronische Messung mit 0.1 mm Messgenauigkeit, sonst analog zur Peri-Probe	Florida-Probe (Gainesville, FL)	Gibbs et al., 1988; Magnusson et al., 1988; Osborn et al., 1990; 1992

Tabelle 1: Übersicht über manuelle und druckkalibrierte Parodontalsonden

Andererseits verkleinerten sich die Abweichungen der Messresultate zwischen starren Sonden und der Borodontic[®]-Sonde bei tiefen entzündlich veränderten Taschen. Die geringsten Unterschiede zwischen den Messergebnissen der starren Sonden und der Borodontic[®]-Sonde ergaben sich am Ramfjord-Zahn 16, welcher die größten Sondierungstiefen aufwies (2,835 mm (PCP-11), 2,878 mm (P-WHO) und 2,651 mm (Borodontic[®]-Sonde). Die größten Abweichungen zeigten sich bei Ramfjord-Zahn 41, welcher die geringsten Sondierungstiefen aufwies [2,141 mm (PCP-11); 2,155 mm (P-WHO) und 1,780 mm (Borodontic[®]-Sonde)]. Das kann bedeuten, dass der Sondierungsdruck der Borodontic[®]-Sonde, der aus einer Kraft von 0,25 Newton (N) und einem Durchmesser von 0,64 mm resultiert, zu gering war, um bei einem physiologischen Parodontium die Sondierungstiefe starrer Sonden zu erreichen. Dagegen konnte wahrscheinlich entzündetes Gewebe weniger Widerstand gegen das Eindringen einer Borodontic[®]-Sonde leisten als klinisch gesundes Gewebe.

Diese technischen Probleme in Bezug auf die Sondierung mit der Borodontic[®]-Sonde könnten gelöst werden, wenn die Sondierungskraft von 0,25 N nach dem Vorschlag von Van der Velden und Chamberlain erhöht würde (VAN DER VELDEN UND DE VRIES, 1978; CHAMBERLAIN ET AL., 1985). Diese Überlegungen beruhten auf Versuchsergebnissen, die eine signifikante Korrelation zwischen der Sondierungskraft und der Eindringtiefe der Sonde zeigten (VAN DER VELDEN UND DE VRIES, 1978; VAN DER VELDEN, 1980; MEIJER UND LANGE, 1983). Die mittlere Sondierungstiefe nahm von 2,08 auf 3,71 mm zu, wenn die Sondierungskraft von 0,15 auf 0,75 N erhöhte wurde (VAN DER VELDEN, 1981).

Aufgrund dieser Befunde empfahlen VAN DER VELDEN UND DE VRIES (1978, 1980) zur Optimierung der Messung einen Sondendurchmesser von 0,63 mm und eine Sondierungskraft von 0,75 N anzuwenden, da hierbei die Spitze der Sonde sowohl bei entzündlich veränderten als auch in bereits behandelten Taschen auf der Höhe des Attachment-Niveaus zu liegen kam.

Weitgehende Übereinstimmung besteht heute darin, dass ein Sondierungsdruck von 25 Pond (ca. 0,25 Newton) für ein vorsichtiges vom Patienten toleriertes Sondieren als angemessen gilt (WALSH UND SAXBY, 1989; GRUBER ET AL., 1991) und dabei Schmerzreaktionen nicht auftreten, die die Zuverlässigkeit der Sondierungstiefenmessung beeinträchtigen können (COPPEES, 1972).

Weitere Untersuchungen mit einer modifizierten Borodontic[®]-Sonde, die sich auf unterschiedliche Druckstärken (z.B. 25, 35 und 45 Pond) einstellen ließ, zeigten, dass die gemessenen Sondierungstiefen nicht nur vom Sondierungsdruck sondern auch erheblich von der gemessenen Zahnregion abhängig waren (MEIJER UND LANGE, 1983). Dabei lagen die mittleren Sondierungstiefen approximal um 1,5 mm höher als die entsprechenden bukkalen und oralen Messwerte. Auch GRUBER und Mitarbeiter (1991) berichteten, dass die mittleren Sondierungstiefen im Approximalbereich deutlich größer waren als an linguale bzw. bukkale Mess-Stellen.

Vergleichende Untersuchungen mit verschiedenen druckkalibrierten und elektronischen Sonden und konventionellen manuellen Sonden haben entweder keine deutlichen Unterschiede in der Reproduzierbarkeit der Messungen ergeben (VAN DER VELDEN UND DE VRIES, 1980; KALKWARF ET AL., 1986; SIMONS UND WATTS, 1987; OSBORN ET AL., 1990; BECHERER ET AL., 1993) oder eine deutliche Verbesserung der Reproduzierbarkeit von Sondierungsmessungen gezeigt (GIBBS ET AL., 1988; MAGNUSSON ET AL., 1988; WALSH ET AL., 1989).

Verschiedene Autoren haben die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse mit einer elektronischen Sonde (Florida-Probe) den Ergebnissen der Messwiederholungen mit einer manuellen Sonde als signifikant überlegen betrachtet (GIBBS ET AL., 1988; MAGNUSSON ET AL., 1988). Sie fanden höhere intraindividuelle Korrelationen und niedrigere Standardabweichungen für Messwiederholungen mit der Florida-Probe im Vergleich zur manuellen Sonde (0,58 mm gegenüber 0,82 mm).

Allerdings wurden in diesen Studien überwiegend flache Sondierungstiefen bei Patienten mit minimalen oder frühen parodontalen Erkrankungen gemessen, wo im Vergleich zu progressiven schwereren Verlaufsformen geringere intraindividuelle Messfehler bei der Sondierung registriert wurden (GRUBER ET AL., 1991; OSBORN ET AL., 1992). Sondierungsergebnisse von WALSH und Mitarbeitern (1989) an Patienten mit chronischer Parodontitis sprachen für eine tendenziell bessere vom Untersucher abhängige Reproduzierbarkeit der Messungen mit einer druckkalibrierten Borodontic[®]-Sonde gegenüber den Messwiederholungen mit einer manuellen Sonde (Williams-Probe).

VAN DER VELDEN UND DE VRIES (1980) fanden dem widersprechende Ergebnisse. Sondierungstiefenmessungen an approximalen Zahnflächen von Patienten mit 50 % igem alveolären Knochenverlust, die mit einer druckkalibrierten Sonde (VAN DER VELDEN UND DE VRIES, 1978) und einer herkömmlichen Handsonde (Merritt-B) von drei verschiedenen Untersuchern durchgeführt wurden, waren bei einer standardisierten Sondierungskraft von 0,75 N nicht besser reproduzierbar als bei manueller Sondierung mit individuellem Druck (VAN DER VELDEN UND DE VRIES, 1980).

Im allgemeinen waren Messwiederholungen mit elektronischen Sonden weniger gut reproduzierbar als Messungen mit einer manuellen Sonde, obwohl Sondierungstiefen mit elektronischen Sonden auf $\pm 0,5$ mm (Peri-Probe) bis $\pm 0,1$ mm (Florida-Probe) genau registriert werden können und die Ablesegenauigkeit einer manuellen Sonde auf $\pm 1,0$ mm begrenzt ist.

QUIRYNEN und Mitarbeiter (1993) bestimmten einen intraindividuellen Messfehler bei Messwiederholungen für eine elektronische Sonde (Peri-Probe) von $\pm 0,76$ mm gegenüber $\pm 0,60$ mm für eine manuelle Sonde (Merritt-B). Andere Autoren fanden einen entsprechenden Messfehler von $\pm 0,86$ mm für die elektronische Sonde (Peri-Probe) und von $\pm 0,65$ mm für die PC 12 Handsonde (BECHERER ET AL., 1993). Diese grössere Streuung der Messwerte mit der elektronischen Sonde im Vergleich zur Handsonde kann man durch die fehlende Taktilität und die erschwerte optische Kontrolle des Sondierungsvorgangs mit der elektronischen Sonde erklären.

Insbesondere kann das Vordringen des Sondierungsdrahtes in die Tasche sowie das Erreichen des Gingivarandes mit der Markierungshülse nicht visuell abgeschätzt werden. Diese technischen Probleme erschwerten die Kontrolle, ob an schwer zugänglichen Stellen der Taschenfundus tatsächlich erreicht wurde. Deshalb wurde ein großer Messfehler der elektronischen Sonde hauptsächlich im Molarenbereich beobachtet. Ursache für diese Ungenauigkeit ist wahrscheinlich die in diesem Bereich erschwerte Handhabung der elektronischen Sonde.

Insgesamt gesehen konnten druckkalibrierte Sonden die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Sondierungsmessungen nicht erhöhen. Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, dass kostenintensive elektronische Sonden mindestens den gleichen grundlegenden Messfehler aufweisen wie herkömmliche Sonden (QUIRYNEN ET AL., 1993; BECHERER ET AL., 1993; OSBORN ET AL., 1992). Die elektronischen Sonden konnten also nicht soweit überzeugen, dass sie trotz des hohen Kostenaufwandes in der klinischen Praxis eingeführt wurden.

Für die klinische Praxis wird nach wie vor das individuelle Sondieren ohne standardisierte Druckwerte empfohlen (MÜLLER, 2001). Deshalb haben sich heute starre Parodontalsonden durchgesetzt (siehe Tabelle 2), die aus ergonomischer Sicht durchaus noch verbessert werden können (WAGNER, 1992). Bisherige Eigenschaften können die praktische Handhabung der starren Parodontalsonden erleichtern und die Ablesegenauigkeit (ERPENSTEIN, 1990) erhöhen:

- runder, schlanker Schaft mit einem Querschnitt am Ende von ca. 0,5 mm
- abgerundetes Sondenende
- gut ablesbare, möglichst farblich gekennzeichnete Kalibrierung
- ausreichend lange Messstrecke (ca. 12 mm).

Der Vorteil eines runden Schaftes besteht darin, dass damit eine Messung an allen Zahnflächen, und zwar ohne dabei den Kopf des Patienten in seiner Position ändern zu müssen, möglich ist. Ein abgerundetes Sondenende gestattet eine schonende Sondierung und vermindert die bestehende Gefahr der Gewebepenetration.

Um auch fortgeschrittene Verlaufsformen erfassen zu können, sollte die Messstrecke mindestens 12 mm betragen. Sonden mit abschnittsweise Millimeterkalibrierung und zusätzlicher Farbmarkierung erleichtern außerdem die visuelle Orientierung und damit die Ablesegenauigkeit besonders in dem schwer einsehbaren hinteren Mundhöhlenbereich und an den oralen Flächen.

Mehrere Untersuchungen ergaben, daß für die Bestimmung therapierrelevanter Bereiche eine abschnittsweise Kalibrierung der Bereiche 1-3 mm, 4-6 und 7-12 mm mit einer Aufteilung der Messstrecke in gleichmäßige Abstände (z.B. 3-3-3-3) geeignet sind (KNOWLES et al. 1979, PIHLSTROM et al. 1981, BECKER et al. 1988).

Kalibrierung	Farbmarkierung	Beispiele
fortlaufende Millimeterkalibrierung	keine	Williams-Fox-Sonde (Aesculap), Goldman-Fox-Williams-Sonde (Hu-Friedy)
abschnittsweise Millimeterkalibrierung In gleichmäßigen Abständen 3-3-3-3	je nach Fabrikat vorhanden/nicht vorhanden	Büchs-Sonde (Aesculap), PCP-12 (Hu-Friedy)
Abschnittsweise Millimeterkalibrierung In ungleichmäßigen Abständen 3-3-2-3 0 -/ 3,5 – 5,5 / 8,5 / 11,5 Band / Ringe	je nach Fabrikat vorhanden/nicht vorhanden	PCP 11 (Hu-Friedy), P-WHO (Hu-Friedy)

Tabelle 2 : Kalibrierung und Farbmarkierung von manuellen Sonden

(ERPENSTEIN 1990)

WATTS (1989) wies darauf hin, dass eine Veränderung der Sondenstellung in der Transversalebene eine bedeutende Ursache für Sondierungsfehler war, selbst wenn eine Referenzschiene benutzt wurde. Aus ergonomischer Sicht wurde außerdem gefordert, die Form des zahnärztlichen Instruments der Lagebeziehung zwischen Zahnarzt und Patient anzupassen, wobei Abwinkelungen, Längenbeziehungen des Arbeitsteiles zum Griff vorgeschlagen wurden (WAGNER, 1992).

Diese Aussagen veranlassten uns zuvor beschriebene Messschwierigkeiten beim Sondieren approximaler Zahnflächen genauer zu untersuchen und mit einfachen Mitteln ein neues technisch verbessertes Funktionsende zusätzlich zur WHO-Sonde zu konstruieren. Dabei basierten alle experimentellen Ansätze auf früheren Befunden, nach denen sich Messfehler bei der Verwendung herkömmlicher, orthograd markierter PAR-Mess-Sonden vor allem beim Sondieren von approximalen Bereichen ergeben, da das Funktionsende der Sonde bei vorhandenem Nachbarzahn unwillkürlich schräg zur vertikalen Zahnachse gehalten wird. Die Tasche wird dabei quasi in einer undefinierten Diagonalen anstatt in der gesuchten vertikalen Tiefe gemessen. Der abgelesene Wert ist folglich zu hoch.

Der Mess- beziehungsweise Ablesefehler ist vom Winkel α abhängig, in welchem das Funktionsende der Sonde schräg zur vertikalen Zahnachse gehalten wird. Folglich steht der abgelesene Wert dabei im Verhältnis zur tatsächlichen Tiefe wie:

$$(1/\cos \alpha) \cdot 100 - 100 = \text{Messfehler in \%}.$$

Die Abbildung 2 stellt diese mathematische Gesetzmäßigkeit graphisch dar und verdeutlicht, wie der Messfehler exponentiell mit dem Neigungsgrad des Funktionsendes der Sonde zur vertikalen Zahnachse wächst. So ergibt sich zum Beispiel bei der Messung einer approximalen Tasche mit extrem geneigter Sonde im 45-Grad-Winkel ein Messfehler von 41,4 %.

Vergleichende Voruntersuchungen mit der P-WHO-Sonde und der speziell für diese Studie angefertigten P-WHO-GI/30-Sonde an PAR-Modellen ergaben, dass der Messfehler im Approximalbereich bei Anwendung einer herkömmlich orthograd markierten Sonden im Mittel 20 % betrug, was einem Winkel von $33,6^\circ$ entsprach (Kentzler Kaschner Dental 1992, HÜTTEMANN et al. 1993). In diesem Winkel wurde das Funktionsende schräg zur Zahnachse eingeführt.

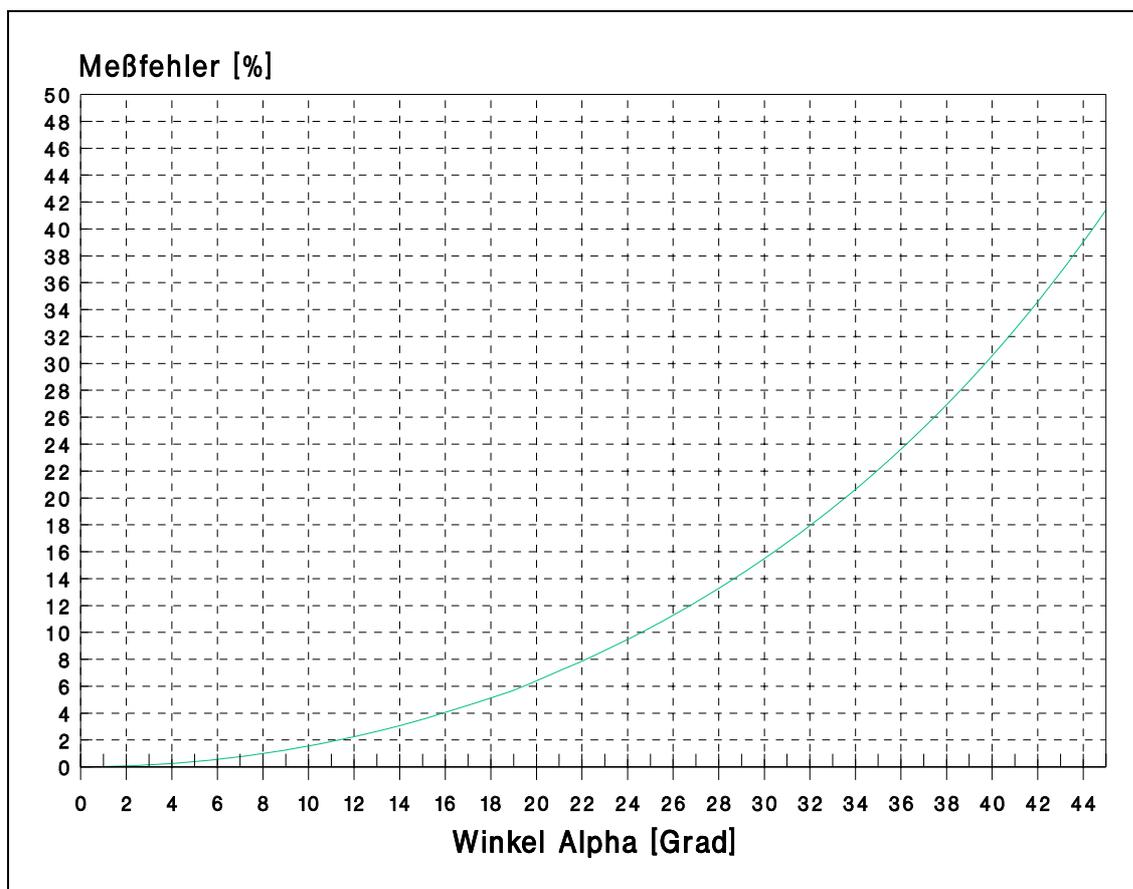


Abb. 2: Abhängigkeit des Mess- bzw. Ablesefehlers vom Winkel α

(Neigungsgrad des Funktionsendes der P-WHO-Sonde zur vertikalen Zahnachse) (Kentzler Kaschner Dental 1992)

Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, herauszufinden, ob oben genannte Messfehler durch eine 30-Grad-Knickung des Funktionsendes und eine oblique Markierung einer neuen GI/30-Mess-Sonde unter Beibehaltung des gewohnten Sondenhandlings vermieden werden können.

Einerseits sollte die Reproduzierbarkeit von Wiederholungsmessungen mit der neuen GI/30-Sonde eines Untersuchers bei Patienten mit chronischer Parodontitis überprüft werden. Andererseits sollten mögliche Unterschiede bzw. Messfehler der Sondierungstiefenmessungen bei der Anwendung der herkömmlichen orthograden Sonde und der neuen obliquen GI/30-Sonde festgestellt werden.

4. PATIENTEN UND METHODEN

4.1. Patienten

Für die intrapersonelle Kalibrierung mit der neuen GI/30-Sonde (obliquen Sonde) wurden 9 Patienten aus der eigenen Praxis vom 26.07.1994 bis zum 09.11.1994 untersucht, nämlich 2 Männer im Alter von 63-69 Jahren und 7 Frauen im Alter von 45-68 Jahren. Es wurden Sondierungstiefenmessungen an insgesamt 302 parodontalen Taschen durchgeführt.

Für einen Vergleich der Sondierungstiefenmessungen der herkömmlichen WHO-Sonde mit solchen der neuen GI/30-Sonde wurden insgesamt 44 Patienten (1548 parodontale Taschen) mit der Diagnose einer chronischen Parodontitis vor der Therapie untersucht. 32 der Patienten waren aus der Praxis von Dr. med. dent. J. Schupp in 35463 Fernwald - Annerod (Zeitraum: vom 21.08.1991 bis zum 06.01.1993). 12 Patienten gehörten zu den Patienten der eigenen Praxis (Zeitraum: vom 01.03.1994 bis zum 01.11.1994). Die meisten Patienten kamen unvorbereitet zu einer Routineuntersuchung. Es wurden nur solche Patienten in die Untersuchung aufgenommen, die nach ausführlicher Aufklärung bereit waren, sich einer zweifachen Messung approximaler Zahnflächen zu unterziehen. Das durchschnittliche Alter der 44 Patienten betrug 54,2 Jahre (30-79 Jahre). Männer (n = 15) hatten ein durchschnittliches Alter von 54,3 Jahren (30-78 Jahre) und Frauen (n = 29) von 55,6 Jahren (30-79 Jahre).

4.2. Methoden

4.2.1. Beschreibung der PAR-Mess-Sonde "P-WHO-GI/30"

Aufgrund der zuvor beschriebenen Messschwierigkeiten wurde zusammen mit HÜTTEMANN ein zusätzliches Funktionsende zur PAR-WHO-Sonde konstruiert. Die P-WHO-Sonde wurde 1978 von der "Oral Health Unit" der WHO entwickelt (WHO 1978).

Mit der P-WHO-Sonde kann einerseits die Sondierungstiefe der Gingiva gemessen und andererseits das Vorhandensein des subgingivalen Zahnsteins registriert werden. Eine 0,5 mm breite Kugel befindet sich am Ende der Sonde. Sie soll die subgingivalen Konkremente aufdecken und eine Übersondierung vermeiden. Die Farbskala erlaubt das direkte Ablesen der Sondierungstiefen von 3,5 mm und weniger. Da die Sonde im Bereich 3,5 bis 5,5 mm ein schwarzes Band trägt, kann dieser Bereich erfasst werden. Sondierungstiefen oberhalb von 5,5 mm werden durch schwarze Ringe bei 8,5 und 11,5 mm ermittelt.

Zunächst sollte in einer Voruntersuchung die grundsätzliche Problematik des Messfehlers an approximalen Zahnflächen dargestellt werden. Dazu benutzten wir ein 1:1 PAR-Modell aus weichem Kunststoff, das sich zur Patientenmotivation und Darstellung von PAR-Erkrankungen eignet. Mit einer herkömmlichen PAR-Sonde mit orthograder WHO-Skalierung wurden jeweils 5 proximale Zahnflächen pro Sextant vermessen. Alle Taschen waren zahnbegrenzt. Im I. Sextanten wurde die Sonde von vestibulär eingeführt, im II. Sextanten (OK-Front) von palatinal, im III. Sextanten von palatinal, im IV. Sextanten von vestibulär, im V. Sextanten (UK-Front) von labial und im VI. Sextanten von lingual. Der Behandler war Rechtshänder.

Im Anschluß wurde für die gleichen Messpunkte jeweils ein Nachbarzahn aus dem Modell entfernt, so dass ein orthogrades Eindringen in die Tasche möglich wurde. Die so ermittelten Sondierungstiefen lagen im Mittel um 20 % niedriger als der Durchschnitt der Sondierungstiefen beim schrägen Messen unter dem Approximalkontakt. Nach Abbildung 2 (siehe Kapitel 3.) entspricht ein Messfehler von 20 % einer Abweichung der Sondenachse vom Lot (Zahnachse) von $33,6^\circ$. Basierend auf diesem Vorergebnis wurden diverse Hersteller von Dentalinstrumenten aufgesucht, denen die o.g. Problematik verdeutlicht wurde. Die Firma Kentzler-Kaschner Dental GmbH (Ellwangen/Jagst) war technisch in der Lage, ein Funktionende zu fertigen, das bei einer Knickung von 30° zwei jeweils 2 mm breite Farbmarkierungen im Abstand von je 2 mm aufweist (siehe Abbildung 3 unten). Mit diesem zusammen mit Hüttemann entwickelten Funktionsende der PAR-Mess-Sonde "P-WHO-GI/30" sollte es nun möglich sein, schräg unter dem Approximalkontakt hindurch Sondierungstiefen genauer zu messen.

Es wird ein vertikaler Abstand der Markierungen von 2 mm durch definiertes Einführen der Sonde in approximale Taschen im Winkel von 30° bei entsprechend schrägen Skalenmarkierungen erreicht. Durch den Sondenschaft vor der 30° -Knickung, der parallel zur Zahnachse verläuft, und den entsprechenden Markierungen, die bei richtiger Stellung horizontal verlaufen, ist der Einführwinkel leicht nachzuvollziehen (Kentzler Kaschner Dental 1992) (Abbildung 3).

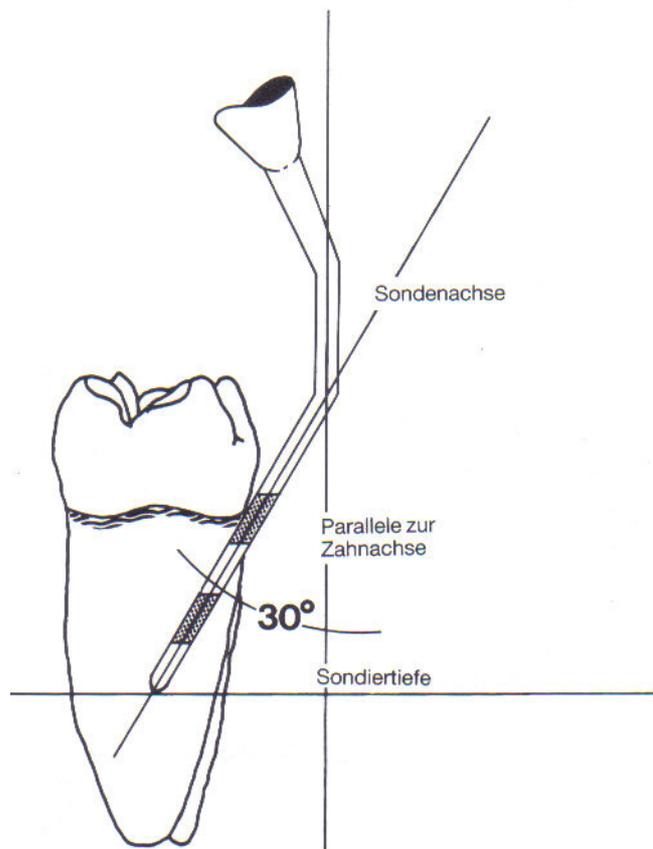


Abb. 3: PAR-Mess-Sonde P-WHO-GI/30 von KKD mit neu entwickeltem Funktionsende (Kentzler Kaschner Dental 1992)

Das Funktionsende ist außerdem flach gestaltet, so dass es sich problemlos in den Approximalraum einführen lässt, ohne dabei zu verkanten. Das Ablesen ist je nach Lokalisation beidseitig möglich. Die Sondierungstiefe kann außerdem je nach Zugänglichkeit oder Position des Behandlers im Frontzahnbereich entweder von lingual oder von vestibulär aus gemessen werden. Im Seitenzahnbereich verläuft die Sondenachse je nach Quadrant - vom Behandler aus gesehen - stets von "rechts oben" nach "links unten" (HÜTTEMANN et al. 1993). Da das Instrument doppelendig gestaltet ist, steht durch einfaches Drehen des Instrumentes in der Hand außerdem eine Mess-Sonde mit dem herkömmlichen skalierten Funktionsende (Mod. WHO-Markierung) zur Verfügung, womit alle orthograd zugänglichen Taschen (vestibulär, lingual) wie gewohnt sondiert werden können.

Unter Beibehaltung der gewohnten Instrumentenhandhabung soll die neue Parodontal-Sonde, die durch die aufgebrachten Markierungen den Einführungswinkel im Approximalbereich berücksichtigt, eine genauere Messung der Sondiertiefe, insbesondere im Approximalraum, im Vergleich zu herkömmlichen Systemen ermöglichen. Dabei liegt der technische Aufwand, der Kosten- und Zeitaufwand in denselben Dimensionen wie mit den herkömmlichen Systemen (KEAGLE et al. 1989, KETTERL 1990, HÜTTEMANN et al. 1993).

4.2.1.1. Handhabung des neu entwickelten Funktionsendes (GI/30)

Die Abbildungen 4 bis 9 veranschaulichen die Handhabung des neu entwickelten Funktionsendes der PAR-Mess-Sonde. Im Frontzahnbereich (Abbildungen 4 und 5) lässt sich die Sondierungstiefe je nach Zugänglichkeit oder Position des Behandlers entweder von lingual oder von vestibulär aus messen.

Im Seitenzahnbereich (Abbildungen 6 bis 9) verläuft die Sondenachse je nach Quadrant - aus der Sicht des Behandlers gesehen - immer von "rechts oben" nach "links unten". Der Bezug dieser Lagebezeichnungen ist die Perspektive des Behandlers (HÜTTEMANN ET AL. 1993).

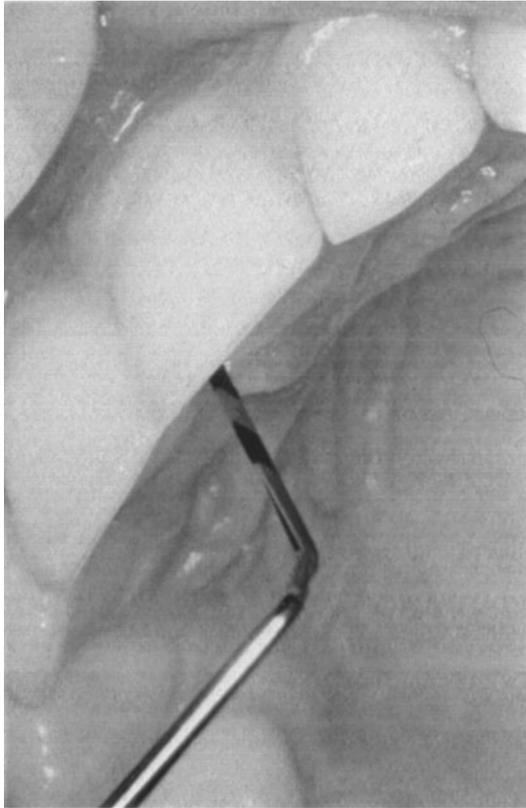


Abb.4: Messung in OK-Frontzahnbereich von lingual

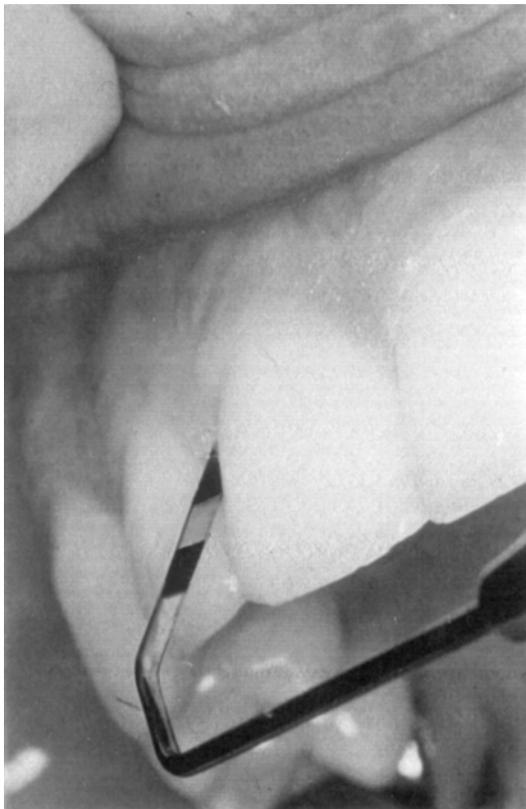


Abb.5: Messung in OK-Frontzahnbereich von vestibulär

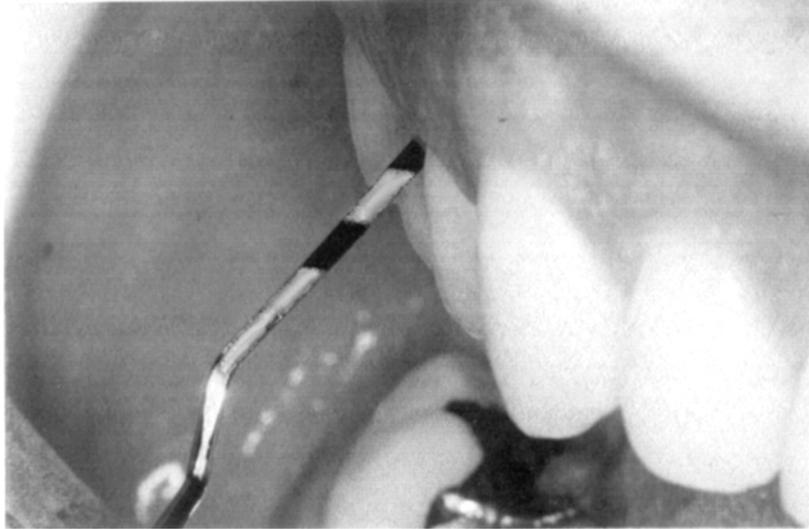


Abb.6: Messung im I. Quadranten von vestibulär

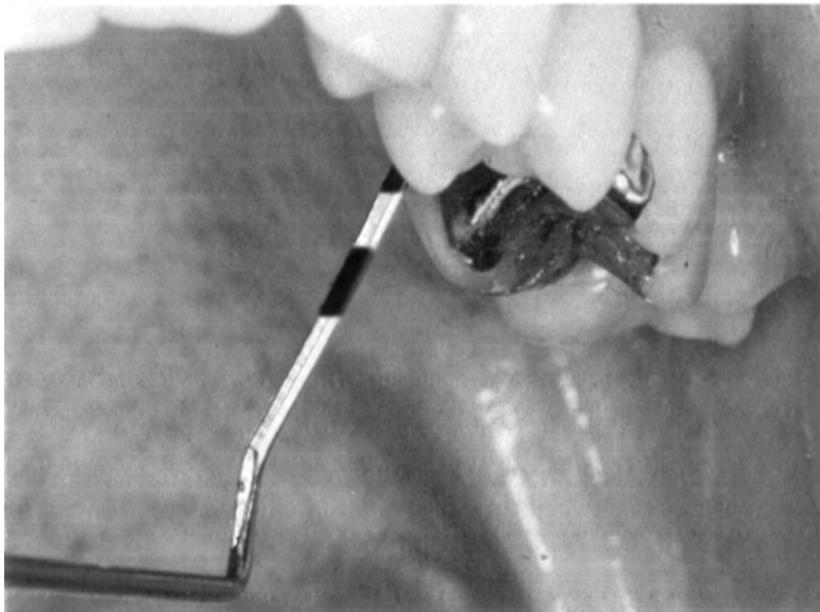


Abb.7: Messung im II.Quadranten von lingual

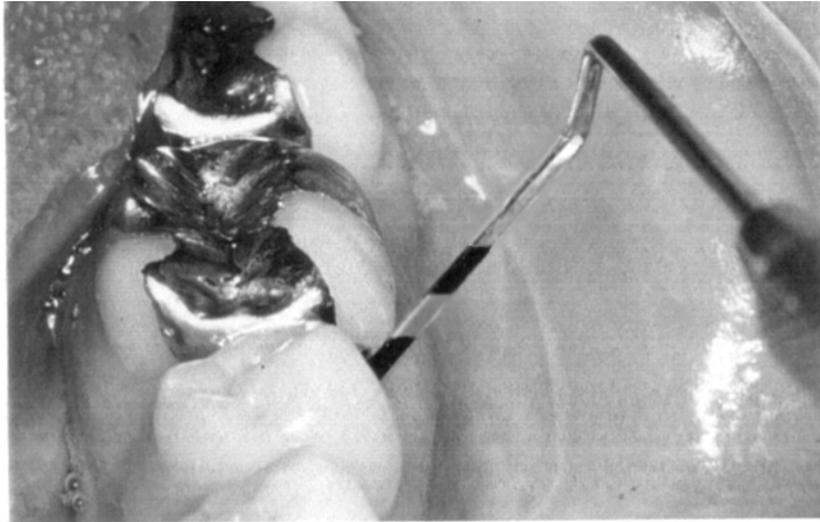


Abb.8: Messung im III.Quadranten von vestibulär



Abb.9: Messung im IV. Quadranten von lingual

4.2.2. Intrapersonelle Kalibrierung mit der GI/30-Sonde

Wir führten bei jedem Patienten (siehe 4.1.) einfache Messungen der Sondierungstiefen mit der obliquen Sonde durch, um die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse zu kontrollieren. Insgesamt wurden 302 Sondierungstiefen gemessen. Der daraus erhobene erste Parodontalstatus der approximalen Zahnflächen wurde in das dafür vorgesehene Formblatt eingetragen. Abhängig von der Diagnose wurde entweder der Parodontalstatus vollständig oder nur teilweise ermittelt (Kieferhälfte, Quadrant). Nach durchschnittlich 21 Tagen (6 bis 49 Tage) wurden die Messungen der Sondierungstiefen in einer neuen Sitzung bei denselben Patienten wiederholt.

4.2.3. Vergleichende Sondierungstiefenmessungen mit orthograde und obliquen Sonde

Für vergleichende Untersuchungen mit der herkömmlichen WHO-Sonde einerseits und der neu entwickelten GI/30-Sonde andererseits wurden Sondierungstiefen an insgesamt 44 Patienten (siehe 4.1.) an approximalen Zahnflächen zunächst mit der orthograden Sonde gemessen. Anschließend erfolgte die entsprechende Messung mit der obliquen Sonde an derselben approximalen Zahnfläche beginnend. Insgesamt wurden 1548 Sondierungstiefen mit jeder Sonde gemessen. Diese Messwerte wurden sofort in das Formblatt eingetragen.

4.2.4. Auswertung

Zur Vorbereitung der statistischen Auswertung wurden die Daten der Formblätter zum Parodontalstatus mit Hilfe einer selbsterstellten Maske in das Datenbankprogramm dBASE Version 4.11 in den PC eingegeben. Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS/PC + Version 4. Graphische Darstellungen im Ergebnisteil erfolgten mit dem Graphikprogramm Harvard Graphics Version 2.3.

Bei der intrapersonellen Kalibrierung wurde die Abweichung zwischen zwei wiederholten Messungen mit der obliquen Sonde relativ (in Prozent) und absolut (in mm) ermittelt.

Für den Vergleich zwischen den Messwerten, die einerseits mit der orthograden andererseits der obliquen Sonde ermittelt wurden, wurde jeweils die absolute und prozentuale Abweichung der orthograd ermittelten Werte von den oblique ermittelten Werten berechnet. Neben den Abweichungen für alle Zähne wurden entsprechende Werte und Differenzen nach topographischen Merkmalen und nach der Sondierungsrichtung ermittelt, d.h.:

- für Zahngruppen

- a) Molaren
- b) Prämolaren
- c) Eckzähne
- d) Schneidezähne

- nach Sondierungsrichtung in den Kieferquadranten

- a) von vestibulär nach lingual
(I. und III. Quadrant; Seitenzahnggebiet)
- b) von lingual nach vestibulär
(II. und IV. Quadrant; Seitenzahnggebiet)

- nach Sondierungsrichtung bei den Schneidezähnen

- a) von vestibulär nach lingual
(sowohl Oberkiefer als auch Unterkiefer)
- b) von lingual nach vestibulär
(sowohl Oberkiefer als auch Unterkiefer)

- für Zähne, bei denen die Messungen ungehindert von Nachbarzähnen durchgeführt werden konnten (Lücken, endständige Zähne).

5. ERGEBNISSE

5.1 Reproduzierbarkeit der Messungen mit der GI/30-Sonde

Um die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse mit dem neuen Funktionsende der obliquen Sonde (GI/30-Sonde) zu überprüfen, wurde eine intrapersonelle Kalibrierung an neun Patienten mit der Diagnose „chronische Parodontitis“ durchgeführt. Es wurden 302 proximale Messpaare von demselben Untersucher in zwei unabhängigen Sitzungen im Abstand von durchschnittlich 21 Tagen sondiert.

Die mittlere Abweichung zwischen beiden Sondierungen betrug für alle Zähne $\pm 0,53$ mm bzw. 17,4 %. In 53,6 % der Fälle lag keine Abweichung zwischen beiden Messungen vor und in 40,4 % aller Messungen fand sich eine 1 mm Abweichung, in 5,6 % der Fälle eine 2 mm Abweichung und in 0,4 % aller Messungen eine 3 mm Abweichung (siehe Tabelle 3 und Abbildung 10).

Eine 1 mm Abweichung war am häufigsten bei Sondierungstiefenmessungen an Molaren (49,1%), eine 2 mm Abweichung ebenfalls an Molaren (9,1%) sowie an Zähnen mit Lücken und an endständigen Zähnen (8,9%) festzustellen, eine 3 mm Abweichung nur bei Prämolaren (1,2%) (Abbildung 10).

	Anzahl der Messpaare	Mittlere Taschentiefen (mm)	Mittl. Abweichung (%)	Mittl. Abweichung (mm)	keine Abweichung (%)	± 1 mm Abweichung (%)	± 2 mm Abweichung (%)	± 3 mm Abweichung (%)
alle Zähne	302	3,05	17,4	$\pm 0,53$	53,6	40,4	5,6	0,4
Molaren	55	3,15	21,3	$\pm 0,67$	41,8	49,1	9,1	
Prämolaren	80	3,38	16,0	$\pm 0,54$	53,8	40,0	5,0	1,2
Eckzähne	64	3,06	17,0	$\pm 0,52$	53,1	42,2	4,7	
Schneidezähne	103	2,69	16,7	$\pm 0,45$	60,2	34,9	4,9	
alle Zähne mit Nachbarzähnen	235	3,21	15,9	$\pm 0,51$	54,8	40,0	4,7	0,5
Zähne bei Lücken, endständige Zähne	67	2,64	22,7	$\pm 0,60$	49,3	41,8	8,9	

Tabelle 3: Intrapersonelle Kalibrierung mit der GI/30-Sonde

Absolute und relative Abweichungen (in mm bzw. %) zwischen 2 Messungen der proximalen Sondierungstiefen nach morphologischen und topografischen Merkmalen

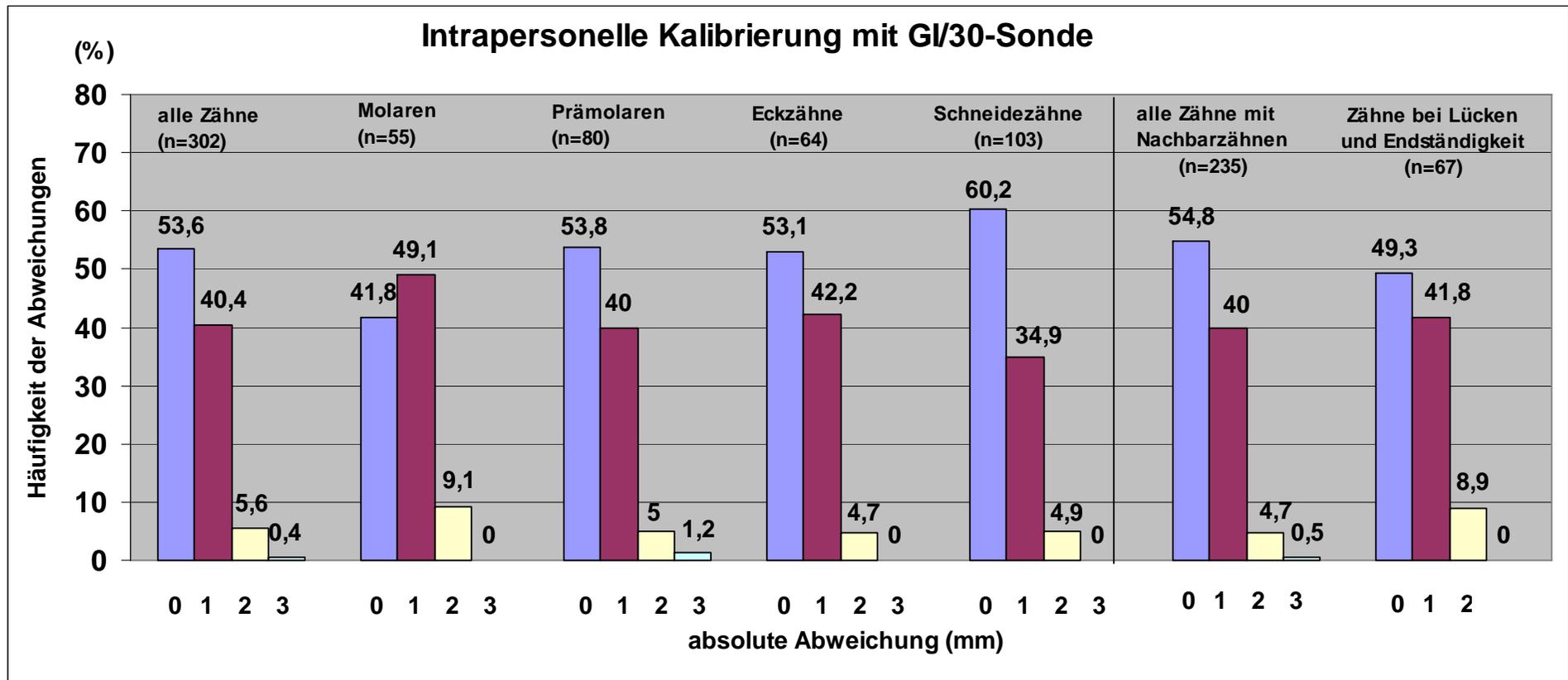


Abb.10: Intrapersonelle Kalibrierung mit der GI/30-Sonde

Häufigkeit der Abweichungen (%) zwischen zwei Messungen der approximalen Sondierungstiefen bei allen Zähnen, Molaren, Prämolaren, Eckzähnen, Schneidezähnen sowie allen Zähnen mit Nachbarzähnen im Vergleich zu Zähnen bei Lücken und Endständigkeit

Die mittlere Abweichung betrug bei Molaren $\pm 0,67$ mm (21,3%), bei Prämolaren $\pm 0,54$ mm (16,0%), bei Eckzähnen $\pm 0,52$ mm (17,0%) und bei Schneidezähnen $\pm 0,45$ mm (16,7%). Ausserdem war die mittlere Abweichung bei Schneidezähnen mit $\pm 0,45$ mm statistisch signifikant niedriger ($p < 0,05$) als bei Molaren ($\pm 0,67$ mm) (Tabelle 3).

Wurden die Sondierungstiefen von Zähnen gemessen, bei denen die Messung wegen Zahnlücken oder Endständigkeit ungehindert durchgeführt werden konnte, war die mittlere Abweichung dieser Messungen im Vergleich zu Sondierungen an Zähnen mit Nachbarzähnen größer ($\pm 0,60$ mm (22,7 %) im Vergleich zu $\pm 0,51$ mm (15,9 %)) (Tabelle 3 und Abb.10).

4.2 Vergleichende Untersuchungen der Sondierungstiefen mit herkömmlicher und neuer Sonde

Die Messungen der approximalen Sondierungstiefen wurden sowohl mit der orthograden WHO-Sonde als auch mit dem neuen Funktionsende (GI/30-Sonde) an 44 Patienten mit der Diagnose „chronische Parodontitis“ durchgeführt und nach topografischen Merkmalen (Zahngruppen) oder nach der Sondierungsrichtung im Quadranten (von vestibulär nach lingual, d.h. im I. und III. Quadranten, oder umgekehrt, d.h. im II. und IV. Quadranten) miteinander verglichen. Insgesamt wurden 1548 Sondierungstiefen gemessen. Das durchschnittliche Alter aller Patienten betrug 54,2 Jahre (30-79 Jahre). Männer ($n = 15$) hatten ein durchschnittliches Alter von 54,3 Jahren (30-78 Jahre) und Frauen ($n = 29$) von 55,6 Jahren (30-79 Jahre).

Die mit der orthograden Sonde gemessenen Sondierungstiefen waren im Mittel für alle Zähne um 0,68 mm (absolut) und 26,2 % (relativ) größer als die mit der obliquen Sonde durchschnittlich gemessenen Tiefen (Tabelle 4). Für die Schneidezähne ergab sich eine mittlere positive Abweichung von 0,75 mm (27,7 %) und für die Eckzähne von 0,67 mm (28,7 %), für die Molaren von 0,66 mm (22,7 %) und für die Prämolaren von 0,63 mm (25,4%).

	Anzahl der Messpaare	Mittlere Taschentiepen (mm)	Mittlere Abweichung (mm)	Mittlere Abweichung (%)	Mittlerer Winkel α (Grad)
alle Zähne	1548	2,60	+ 0,68	+ 26,2	37,6
Molaren	365	2,91	+ 0,66	+ 22,7	35,4
Prämolaren	382	2,48	+ 0,63	+ 25,4	37,1
Eckzähne	292	2,33	+ 0,67	+ 28,7	39,0
Schneidezähne	509	2,70	+ 0,75	+ 27,7	38,5
Eckzähne bis Molaren (I.+ III. Quadrant) von vestibulär nach lingual	519	2,68	+ 0,71	+ 26,5	37,8
Eckzähne bis Molaren (II. + IV. Quadrant) von lingual nach vestibulär	520	2,45	+ 0,59	+ 24,1	36,3
Schneidezähne von vestibulär nach lingual	251	1,92	+ 0,63	+ 32,8	41,2
Schneidezähne von lingual nach vestibulär	258	2,97	+ 0,88	+ 29,6	39,5
Zähne bei Lücken, endständige Zähne	354	1,52	+ 0,52	+ 34,3	41,9
Zähne mit Nachbarzähnen	1194	3,07	+ 0,73	+ 23,8	36,1

Tabelle 4: Vergleich der Messungen approximaler Sondierungstiefen mit der orthograden Sonde und der GI/30-Sonde in Bezug auf mittlere Abweichungen

Die mittleren absoluten und relativen Abweichungen (mm und %) geben die positiven Abweichungen der orthograden von den obliquen Messwerten an. Dazu wurde die gesamte Messstrecke von allen absoluten Messungen mit orthograder Sonde und mit obliquen Sonde getrennt bestimmt. Die Differenz zwischen diesen Beträgen ergab die mittlere positive Abweichung in mm. Dabei war die Mehrzahl der Abweichungen positiv und ein verschwindend geringer Anteil negativ (vgl. Tabelle 5). Aus der relativen Abweichung (%) bzw. dem unterstellten Messfehler wurde der mittlere Winkel α gemäß der Abb.2 in Kapitel 3. mit der cos-Funktion berechnet.

Bei genauerer Betrachtung der prozentualen Verteilung der Abweichungen zwischen orthograden und obliquen Messungen nach topografischen Merkmalen zeigten sich weitere Einzelheiten (Tab. 5 und Abb. 11-16).

Am häufigsten liessen sich +2 mm Abweichungen zwischen den Sondierungen an Molaren (13,8 %) (Tab. 5 und Abb.12) und Eckzähnen (13,0%) (Abb.14) feststellen, dagegen +1 mm Abweichungen am häufigsten an Schneidezähnen (48,3 %) (Abb.15). +1mm Abweichungen wurden am seltensten im Vergleich zu allen Zähnen an Molaren gefunden (33,9 % im Vergleich zu 42,2%).

	Anzahl der Messpaare	-3 mm Abweichung (%)	-2 mm Abweichung (%)	-1 mm Abweichung (%)	keine Abweichung (%)	+1 mm Abweichung (%)	+2 mm Abweichung (%)	+3 mm Abweichung (%)
alle Zähne	1548	0,3	1,0	5,4	36,0	42,2	11,5	2,3
Molaren	365	0,3	2,5	5,0	39,1	33,9	13,8	2,2
Prämolaren	382	0,5	0,0	5,7	39,3	41,9	9,7	2,4
Eckzähne	292	0,3	0,7	5,1	36,6	42,6	13,0	1,4
Schneidezähne	509	0,2	1,0	4,9	31,0	48,3	10,3	2,7
Zähne bei Lücken, endständige Zähne	354	0,6	0,6	6,6	48,7	30,3	10,4	1,4
Alle Zähne mit Nachbarzähnen	1194	0,3	1,2	5,0	32,2	45,8	11,8	2,5
Schneidezähne vestibulär nach lingual	251	0	1,2	5,4	36,8	44,9	9,7	1,6
Schneidezähne lingual nach vestibulär	258	0,4	0,8	4,3	25,4	51,5	10,9	3,9
Eckzähne bis Molaren vestibulär nach lingual	519	0,2	1,0	5,0	37,4	39,2	14,1	2,1
Eckzähne bis Molaren lingual nach vestibulär	520	0,6	1,2	6,3	39,6	39,2	10,0	1,9

Tabelle 5: Absolute und relative Abweichungen zwischen Sondierungen mit der orthograden Sonde und der GI/30-Sonde getrennt nach topografischen Merkmalen und nach Sondierungsrichtung von vestibulär nach lingual oder umgekehrt

Bei der Sondierung approximaler Taschentiefen an Zähnen mit Lücken und an endständigen Zähnen wurde in 48,7 % aller Messungen keine Abweichung zwischen orthograder und obliquier Sondierung, dagegen an Zähnen mit Nachbarzähnen nur in 32,2 % aller Messungen keine Abweichung beobachtet ($p < 0,001$) (Tab. 5 und Abb. 16). Die mittlere Abweichung zwischen orthograder und obliquier Sondierung war entsprechend an Zähnen bei Lücken und an endständigen Zähnen mit 0,52 mm deutlich geringer als an Zähnen bei Nachbarzähnen (0,73 mm) (Tab. 4).

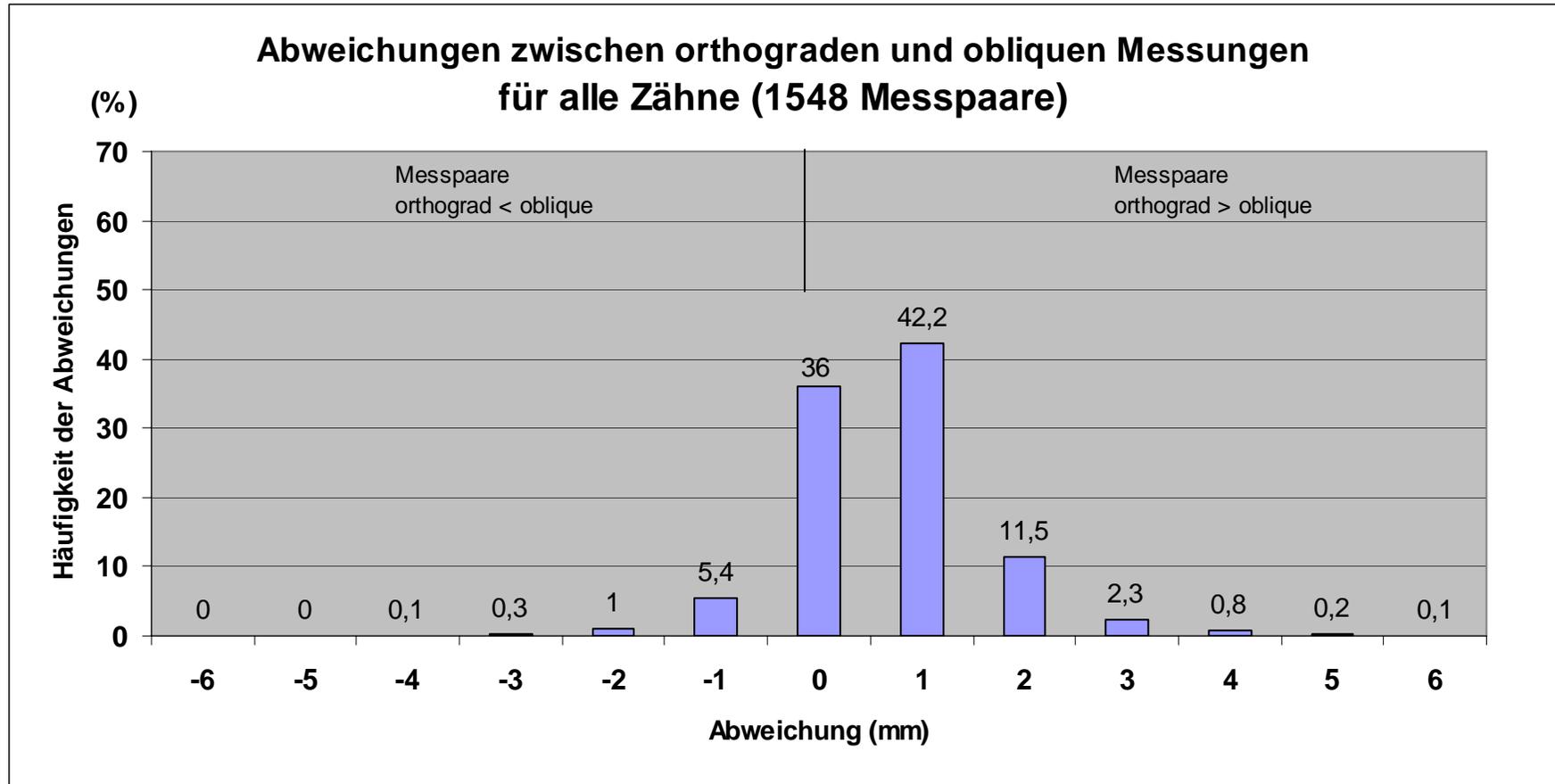


Abb. 11: Abweichungen zwischen orthograden und obliquen Messungen für alle Zähne (1548 Messpaare)

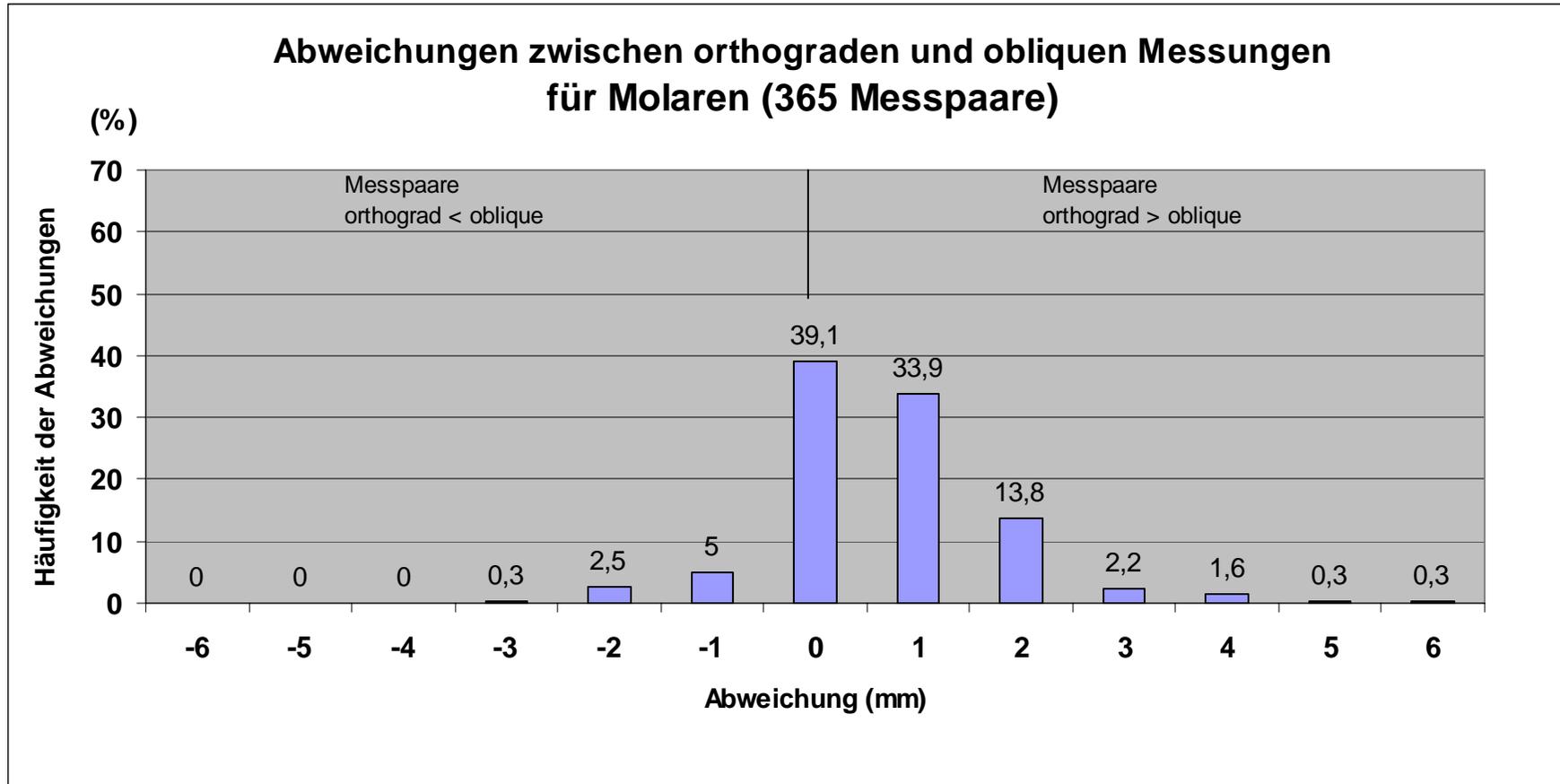


Abb.12: Abweichungen zwischen orthograden und obliquen Messungen für Molaren (365 Messpaare)

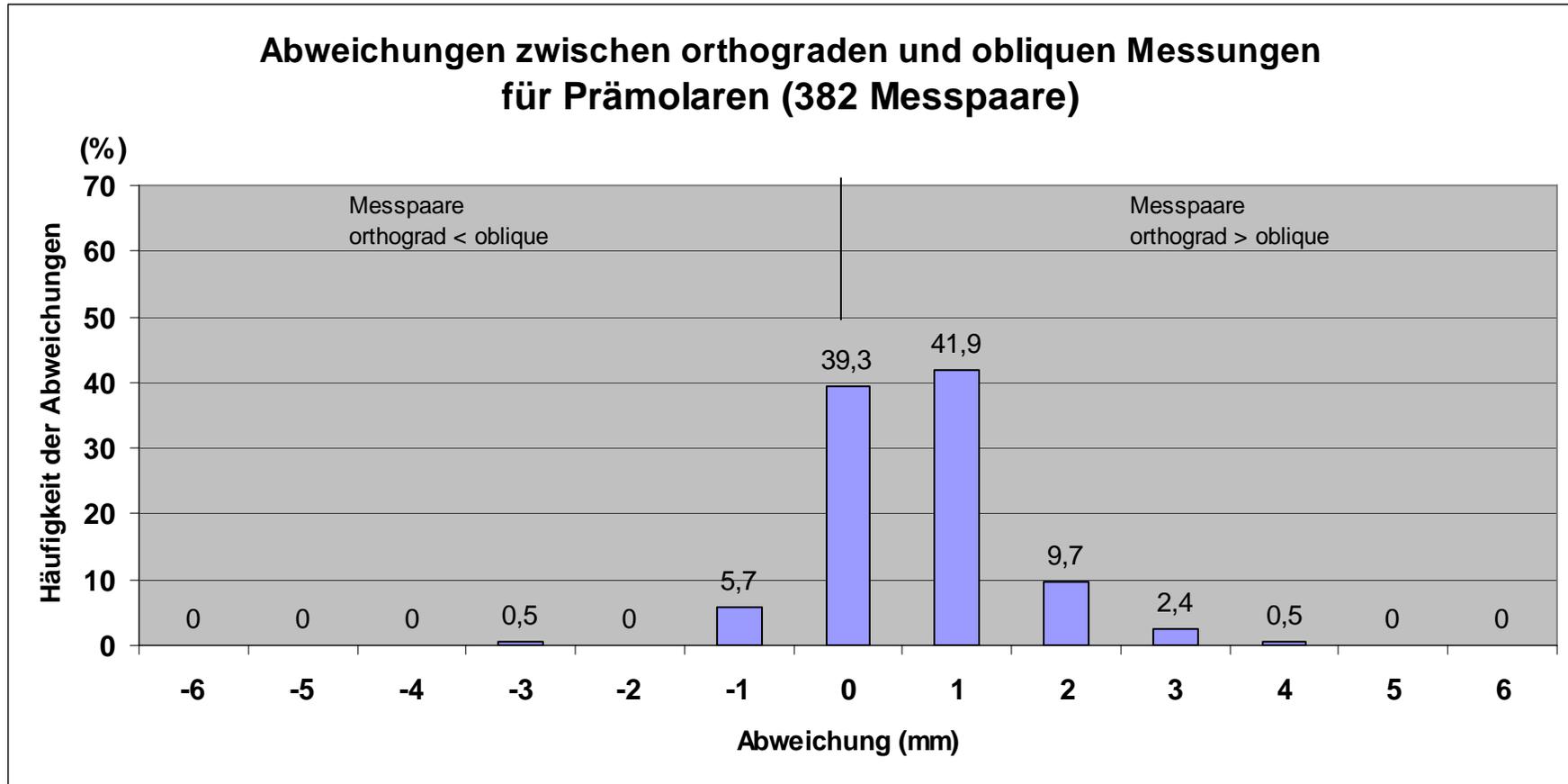


Abb.13: Abweichungen zwischen orthograden und obliquen Messungen für Prämolaren (382 Messpaare)

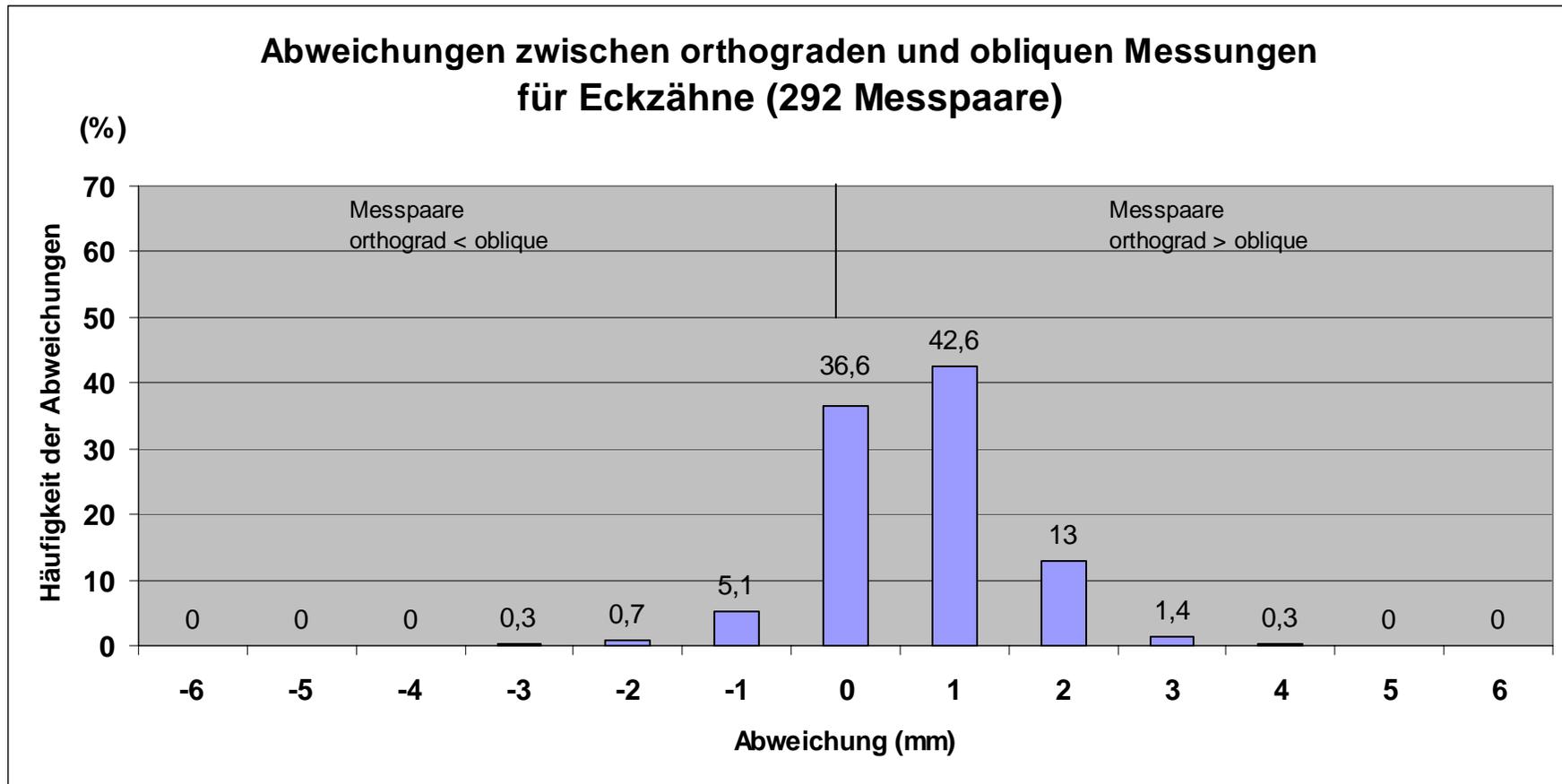


Abb.14: Abweichungen zwischen orthograden und obliquen Messungen für Eckzähne (292 Messpaare)

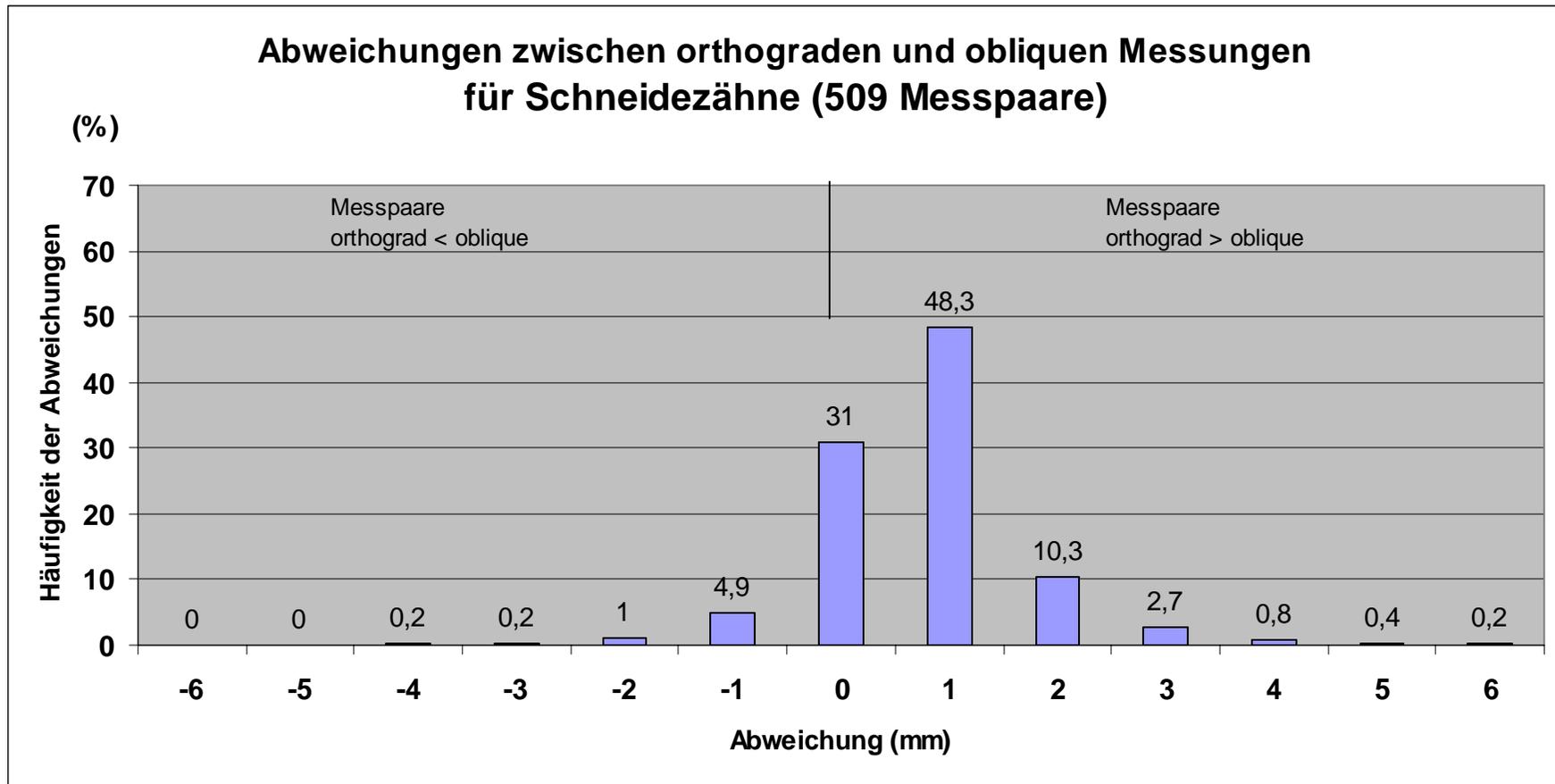


Abb. 15: Abweichungen zwischen orthograden und obliquen Messungen für Schneidezähne (509 Messpaare)

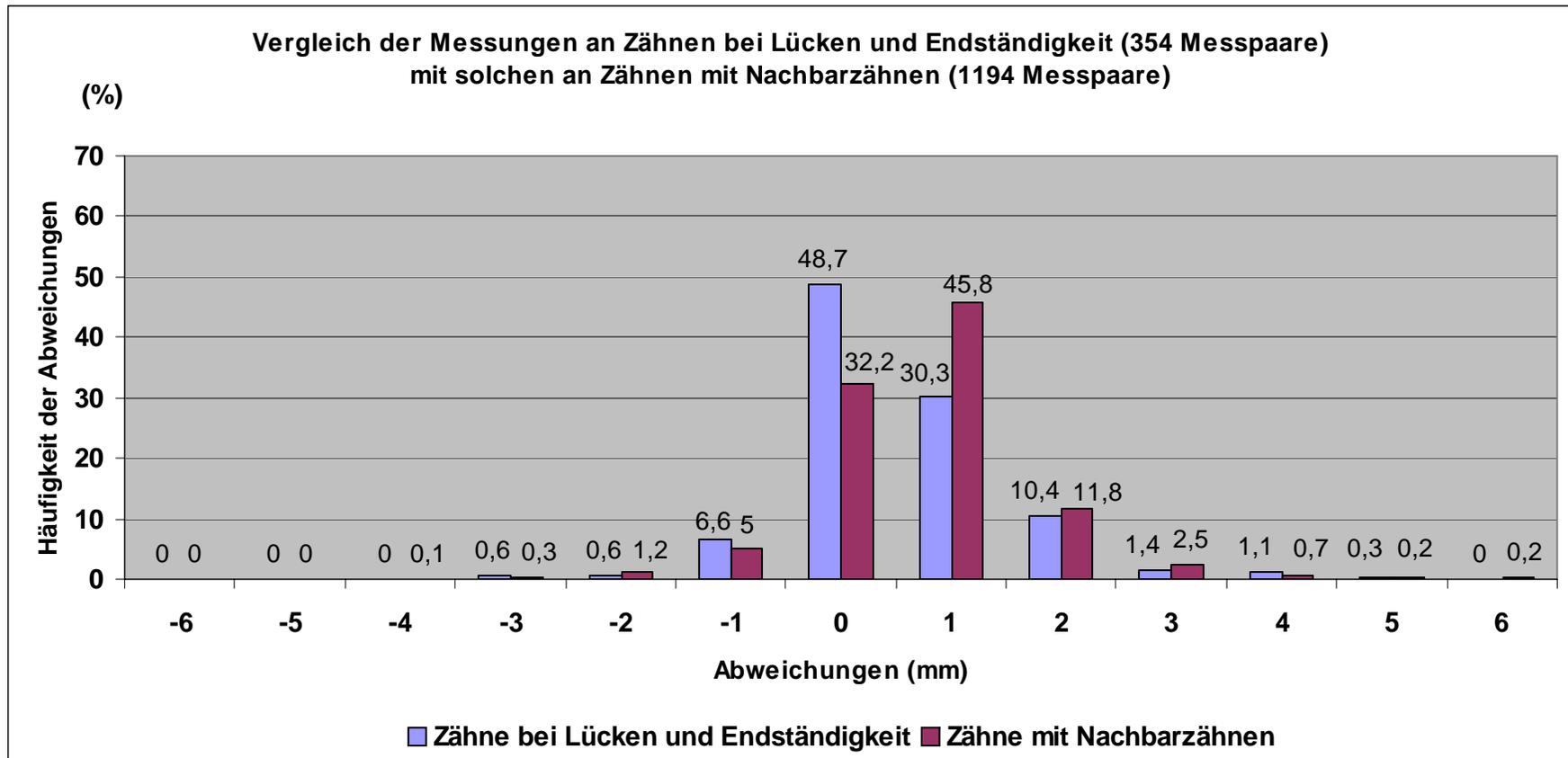


Abb.16: Vergleich der Messungen an Zähnen bei Lücken und Endständigkeit (354 Messpaare) mit solchen an Zähnen mit Nachbarzähnen (1194 Messpaare)

Sogar die Sondierungsrichtung (von vestibulär nach lingual oder umgekehrt) hatte einen Einfluß auf die Unterschiede zwischen orthograden und obliquen Messungen. Keine Abweichung zwischen orthograder und obliquen Sondierung ergab sich bei Approximalkontakten an Schneidezähnen in 36,8 % aller Messungen, wenn von vestibulär nach lingual sondiert wurde, dagegen in 25,4 % aller Messungen, wenn von lingual nach vestibulär sondiert wurde ($p < 0,001$) (Tab. 5 und Abb.17). Die mittlere Abweichung zwischen der orthograden und obliquen Sondierung von Approximalkontakten an Schneidezähnen betrug entsprechend 0,63 mm bei der Messung von vestibulär nach lingual, jedoch 0,88 mm bei der Messung von lingual nach vestibulär (Tab. 4).

Beim Vergleich der Sondierungen von vestibulär nach lingual mit solchen von lingual nach vestibulär an den approximalen Zahnflächen in den Kieferquadranten (von Molaren, Prämolaren und Eckzähnen) ergab sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen orthograden und obliquen Messungen (Tab. 5 und Abb.18).

Der Messfehler der orthograden Sondierung, der sich in dem Winkel α widerspiegelt, den man aufgrund der anatomischen Verhältnisse zur Messung anwendet, war an Zähnen mit Lücken und endständigen Zähnen mit $41,9^\circ$ und an Schneidezähnen mit $38,5^\circ$ am größten und bei den Molaren mit $35,4^\circ$ am kleinsten (siehe Tab. 4).

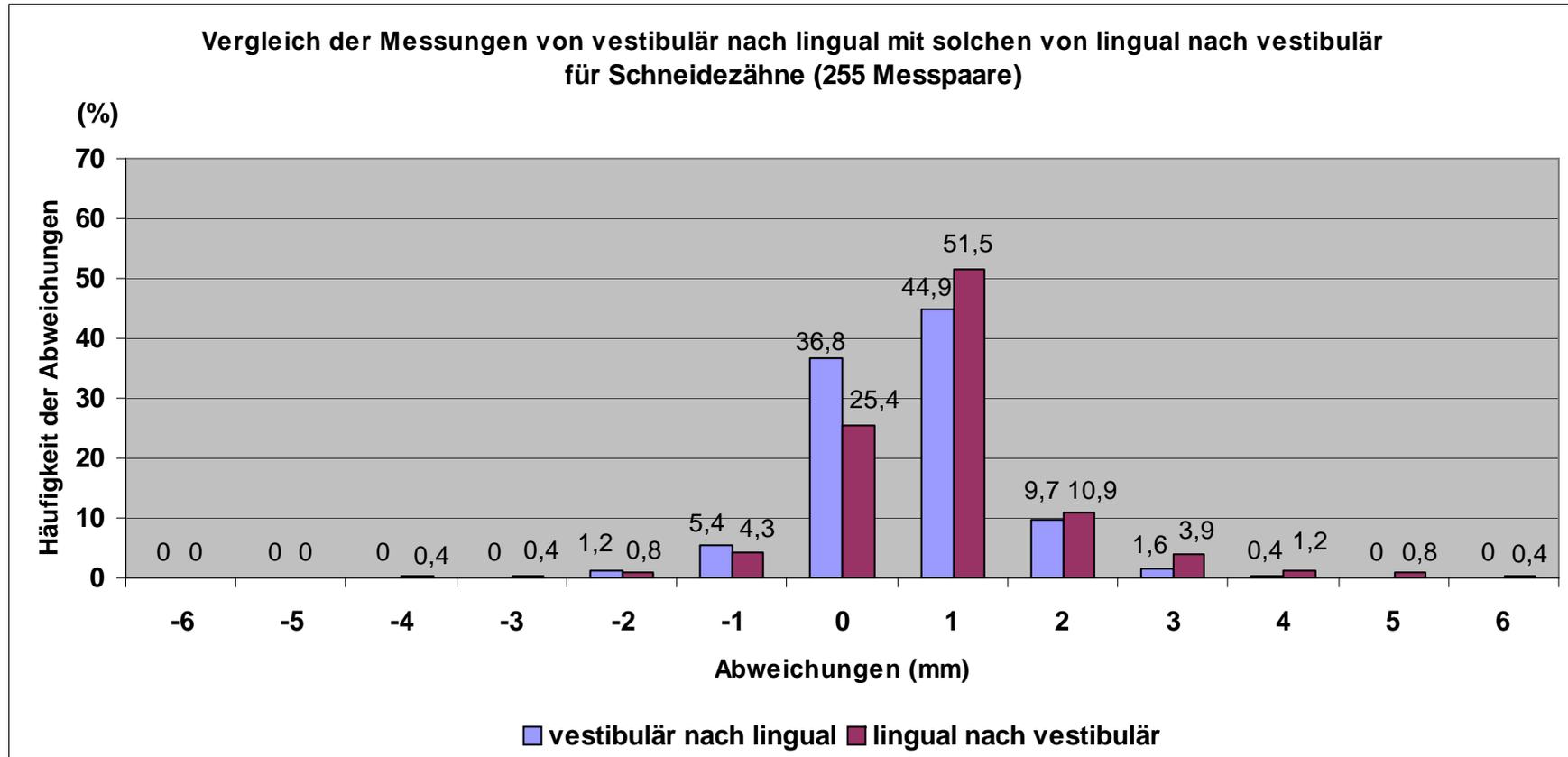


Abb. 17: Vergleich der Messungen von vestibulär nach lingual mit solchen von lingual nach vestibulär für Schneidezähne (255 Messpaare)

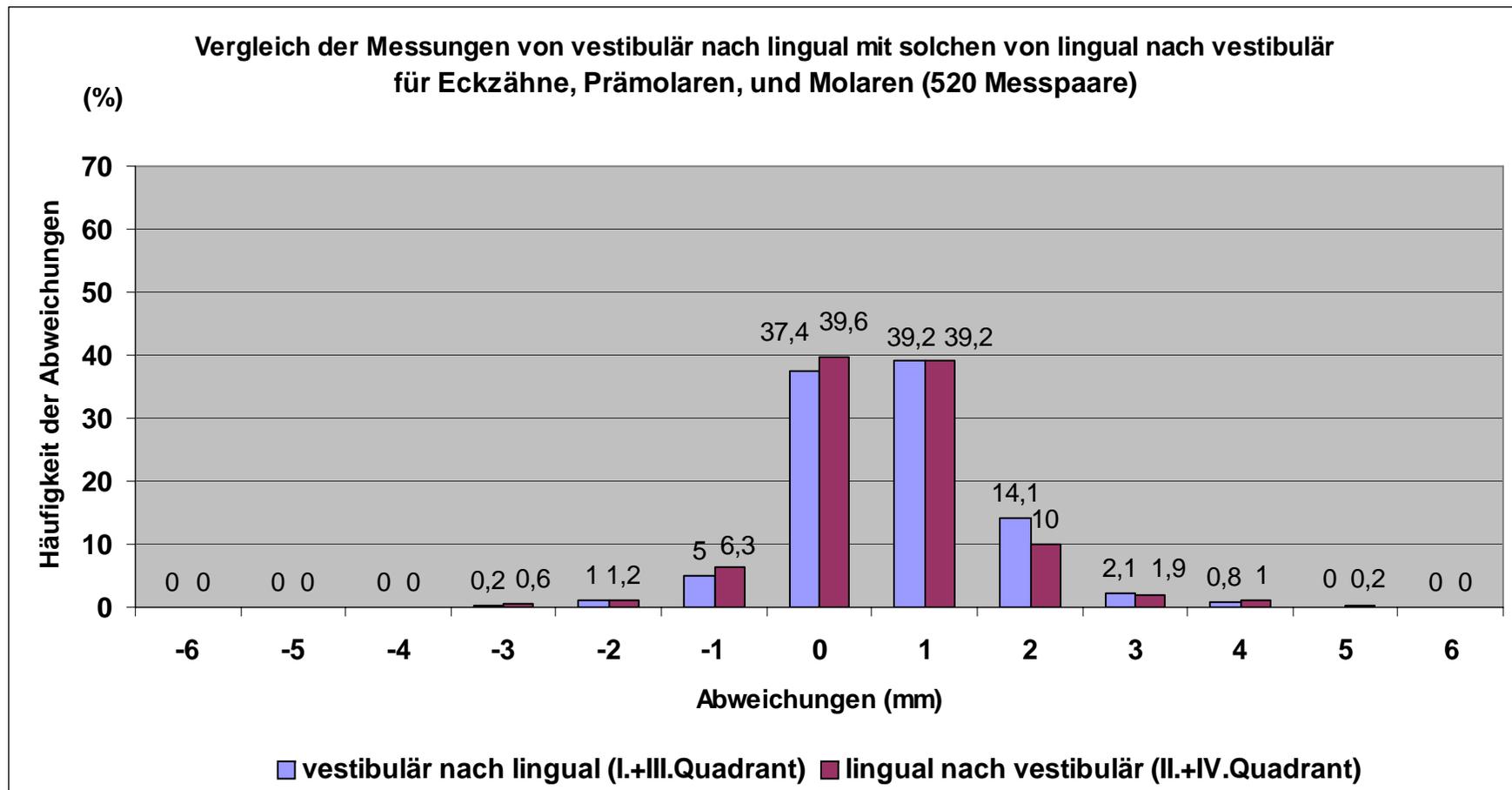


Abb. 18: Vergleich der Messungen von vestibulär nach lingual mit solchen von lingual nach vestibulär an Eckzähnen, Prämolaren und Molaren (520 Messpaare)

6. DISKUSSION

6.1. Reproduzierbarkeit der Messungen mit GI/30-Sonde

Die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse mit der neuen GI/30-Sonde wurde mit Hilfe von Messwiederholungen in zwei unabhängigen Sitzungen an Patienten mit chronischer Parodontitis bestimmt. Der mit der neuen Sonde in der klinischen Anwendung gefundene intraindividuelle Messfehler für alle Zähne ($\pm 0,53$ mm) stimmt weitgehend mit demjenigen anderer manueller Sonden überein. In früheren Studien ergaben sich abhängig vom Untersucher mittlere intraindividuelle Standardabweichungen von $\pm 0,46$ bis $0,77$ mm für die Michigan-Sonde (OSBORN ET AL., 1990), Messfehler von $\pm 0,60$ mm für die Merritt-B-Sonde (QUIRYNEN ET AL., 1993) und solche von $\pm 0,65$ mm für die PC 12 Handsonde (BECHERER ET AL., 1993). Bei Messwiederholungen im Abstand von durchschnittlich 21 Tagen zeigte die neue Sonde einen sehr hohen Anteil von Messpaaren (94%), die um weniger oder genau ± 1 mm differierten. Diese Ergebnisse entsprechen den Resultaten von BECHERER und Mitarbeitern (1993), die für die PC12-Sonde 95,5 % Übereinstimmung (Differenz ≤ 1 mm) bei Messwiederholungen nach 7 Tagen fanden.

Eine Voraussetzung für die Vergleichbarkeit dieser Studien mit der vorliegenden Untersuchung war, dass überall Patienten mit leichten bis mittelschweren Parodontitiden mit überwiegend flachen mittleren Sondierungstiefen von 3,0 bis 3,4 mm untersucht wurden. Bei höherem Entzündungsgrad und schwereren Verlaufsformen mit Sondierungstiefen oberhalb 6 mm wurden 5 – 6 mal so hohe Abweichungen registriert (OSBORN ET AL., 1992).

Die Tatsache, dass frühere Ergebnisse relativ gut mit den vorliegenden Befunden übereinstimmen, lässt vermuten, dass potentielle Veränderungen im Parodontalstatus zwischen den hier dokumentierten Wiederholungsmessungen als vernachlässigbar gering eingeschätzt werden können, obwohl hier der Abstand zwischen Wiederholungsmessungen 21 Tage im Vergleich zu 7 Tage in früheren Studien betrug.

Da die Sondierungsmessungen je nach Lokalisation im Schwierigkeitsgrad ihrer Durchführbarkeit variieren und deshalb unterschiedliche Messfehler erwartet werden können (WATTS ET AL., 1987; GRUBER ET AL., 1991; BECHERER ET AL., 1993), wurden die vorliegenden Ergebnisse getrennt nach Zahngruppen, d.h. Zahnstellung und Morphologie, ausgewertet. Dabei zeigte sich, dass die Messwerte mit der neuen GI/30-Sonde an Schneidezähnen am besten reproduzierbar waren (siehe Tabelle 3 und Abbildung 10). Diese höhere Messgenauigkeit im Bereich der Schneidezähne kann man dadurch erklären, dass die Zugänglichkeit und Eindringbarkeit im Approximalbereich aufgrund der vestibulo-oralen Zahnbreite nicht eingeschränkt ist, wobei davon ausgegangen wird, dass der Fundus der parodontalen Tasche senkrecht unter dem Approximalkontakt zu finden ist.

Der mittlere Messfehler war in den vorliegenden Studien bei Schneidezähnen mit $\pm 0,45$ mm ausserdem statistisch signifikant niedriger ($p < 0,05$) als bei Molaren ($\pm 0,67$ mm) (siehe Tabelle 3 und Abbildung 10). Wahrscheinlich wurden Messfehler der Sondierungen an Approximalkontakten von Molaren durch den vorgegebenen 30 Grad Einführwinkel der neuen GI/30-Sonde nur unvollständig korrigiert oder es haben sich andere nicht kontrollierbare Einflüsse auf die Messgenauigkeit in dieser Zahnregion ausgewirkt. Eine relativ hohe Streuung der Messwerte im Molarengebiet erklärt sich eventuell dadurch, dass approximale Taschen durch die besondere Morphologie der Molaren schwerer zugänglich sind und ein vertikales und achsgerechtes Eindringen der Sonde hier im Vergleich zu Frontzähnen eingeschränkt ist. Deshalb fanden wir zufällige große Messfehler von ± 2 mm wahrscheinlich infolge Schräghaltens der Sonde häufiger im Molarengebiet und bei Zähnen mit Lücken oder endständigen Zähnen (9,1 % bzw. 8,9 %) als bei allen Zähnen (5 %), da Lücken und endständige Zähne vorwiegend im schwerer zugänglichen Seitenzahnggebiet zu finden sind.

Größere Abweichungen wiederholter Sondierungsmessungen von ± 3 mm wurden nur selten mit einer Häufigkeit von 1,2 % nur bei Prämolaren beobachtet. Die Ergebnisse anderer Autoren, die große Resultatsunterschiede von 3 mm und mehr bei 0,7 % (JANSSEN ET AL., 1987) oder 1,2 % (COPPES, 1972) aller Sondierungen mit einer druckkalibrierten Sonde fanden, stehen weitgehend im Einklang mit unserem Befund der neuen Messmethode.

Vergleicht man die vorliegenden Sondierungsmessungen im Frontzahn- und Molarengebiet, werden signifikante Zusammenhänge zwischen der Reproduzierbarkeit der Messergebnisse und den gemessenen mittleren Sondierungstiefen sichtbar (siehe Tabelle 3). Bei relativ geringen Sondierungstiefen im Frontzahnbereich (2,69 mm) waren Sondierungsmessungen besser reproduzierbar als im Molarengebiet, wo vergleichsweise größere Sondierungstiefen gemessen wurden (3,15 mm). Damit wird die schon früher beschriebene Assoziation zwischen Sondierungstiefe und Messgenauigkeit bestätigt (GOODSON ET AL., 1982; BADERSTEIN ET AL., 1984; FLEISS ET AL., 1991).

Im Gegensatz dazu postulierten ABBAS und Mitarbeiter (1982), dass die Sondierungstiefe bei schweren Verlaufsformen der Parodontitis mit 50%igem alveolären Knochenverlust keinen Einfluss auf die Reproduzierbarkeit von Sondierungsmessungen hat und die Blutungstendenz parodontaler Taschen in Bezug auf die Messgenauigkeit der Sondierungsergebnisse die wichtigste Rolle spielt.

Im Gegensatz zu unseren Erwartungen stellten wir bei Sondierungen an Zähnen mit Lücken oder an endständigen Zähnen mit der neuen obliquen Sonde eine höhere Streuung der Messwerte als an Zähnen mit Nachbarzähnen fest ($\pm 0,60$ mm gegenüber $\pm 0,51$ mm) (siehe Tabelle 3). Folglich zeigte die neue Sonde bei Sondierungen, die wegen Zahnlücken und endständigen Zähnen auch mit der herkömmlichen Sonde ungehindert durchgeführt werden konnten, keine Vorteile. Ein Grund dafür kann sein, dass endständige Zähne meist unabhängig von der Sonde schwerer erreichbar sind und Lücken vorwiegend im Seitenzahnggebiet zu finden sind.

Ausserdem fehlt bei Zähnen mit Lücken ebenso wie bei endständigen Zähnen die Leitschienenfunktion für die oblique Sonde. Das führt zwangsläufig zu einer größeren Variabilität der Ergebnisse.

6.2. Unterschiede zwischen Sondierungstiefenmessungen mit neuer Sonde und herkömmlicher Sonde

Bei vergleichenden Sondierungen approximaler Zahnflächen wurden mit der herkömmlichen orthograd skalierten Sonde im Mittel um 0,68 mm größere Sondierungstiefen für alle Zähne festgestellt als mit der neuen Sonde mit 30-Grad-Knickung und obliquer Skalierung (siehe Tabelle 4). Da alle Sondierungen generell zuerst mit der orthograden Sonde und danach mit der obliquen Sonde durchgeführt wurden, kann eine Deformation und Traumatisierung von Kollagenfasern (BECHERER ET AL., 1993) als Ursache für höhere Sondierungsmessungen mit der orthograden Sonde ausgeschlossen werden. Es ist jedoch denkbar, dass eine orthograde Sonde beim Sondieren mit vergleichbarem individuellem Druck tiefer über den Taschenboden hinaus ins Bindegewebe vordringen kann als die neue Sonde mit einem um 30 Grad abgewinkelten Sondenschaft.

Entgegen den Erwartungen fanden wir die geringsten mittleren positiven Abweichungen bzw. Messfehler zwischen orthograden und obliquen Sondierungsmessungen an den Molaren, Prämolaren und Eckzähnen (0,66 mm; 0,63 mm bzw. 0,67 mm) (siehe Tabelle 4), dagegen die höchste mittlere Abweichung an den Schneidezähnen (0,75 mm). Dementsprechend wurden kleine Abweichungen von + 1 mm am seltensten bei Molaren (33,9 %) gegenüber allen Zähnen (42,2 %) festgestellt (siehe Tabelle 5 sowie Abbildungen 11 und 12). Gleichzeitig wurden in diesen Studien besonders große Abweichungen der Messergebnisse von orthograder und obliquen Sonde (+ 2 mm) am häufigsten an Molaren (13,8 %) und Eckzähnen (13,0%) beobachtet. Diese Ergebnisse lassen nicht die Schlußfolgerung zu, dass Sondierungstiefen mit der neuen Sonde an schwer zugänglichen Zahnflächen im Molarengebiet genauer und zuverlässiger gemessen werden können als mit der herkömmlichen WHO-Sonde.

Daneben bestimmten wir den Messfehler der orthograden Sondierung, der sich im Winkel α widerspiegelt, den man aufgrund der anatomischen Verhältnisse zur Messung anwendet, unter der Voraussetzung, dass die neue oblique Sonde absolut richtige Sondierungstiefen liefert. Dabei ergab sich der kleinste Messfehler bei der Sondierung an Molaren (35,4 °) und der größte Messfehler bei der Sondierung an Schneidezähnen (38,5 °) und Zähnen mit Lücken und endständigen Zähnen (41,9 °) (Tabelle 4). Damit wird unsere ursprüngliche Voraussetzung, dass die neu entwickelte oblique Sonde Messfehler der orthograden Sondierung vollständig korrigiert, erheblich in Frage gestellt. Offensichtlich können Veränderungen der Sondenstellung in der Transversalebene nicht so stark wie erwartet zum Messfehler der orthograden Sondierung schwer zugänglicher Molaren beitragen.

Diese Ergebnisse decken sich teilweise mit den Befunden früherer Studien. WATTS und Mitarbeiter (1987) verglichen die intraindividuelle Messgenauigkeit und Zuverlässigkeit von Sondierungsmessungen einer druckkalibrierten Borodontic[®]-Sonde ohne und mit Anwendung einer Lehre zur Richtungsweisung und Auffindung anatomischer Orientierungspunkte. Die Lehre trug nur wenig zur allgemeinen Reproduzierbarkeit der Messergebnisse bei, obwohl ihre Anwendung die Variation der Messwerte an linguale Stellen an Molaren scheinbar verringerte.

Wenigstens zeigten sich verschiedene Trends. Messungen an schwer zugänglichen Zahnregionen, z. B. an linguale Stellen an Molaren, waren weniger gut reproduzierbar als Messungen in anderen Zahnregionen, z.B. an bukkale Stellen an allen anderen Zähnen ausser Molaren. Die Reproduzierbarkeit der Sondierungsmessungen ohne Anwendung einer Lehre war an schwer zugänglichen Zahngruppen am geringsten. Diese früheren Befunde rechtfertigen zumindest die vorliegenden Untersuchungen mit der neuen GI/30-Sonde mit einem um 30 Grad abgewinkelten Sondenchaft und lassen genauere Messergebnisse an Approximalkontakten im schwer zugänglichen Seitenzahnbereich erwarten. Ein entsprechender Nachweis konnte mit den vorliegenden Studien jedoch nicht erbracht werden.

Die neue oblique Sonde zeigte ausserdem keine Vorteile gegenüber der herkömmlichen Messmethode in Bezug auf die Frontzähne. Da der Zugang und das Eindringen an approximalen Stellen der Schneidezähne weniger eingeschränkt ist, erwarteten wir einen geringeren Messfehler der orthograden Sondierung an dieser Zahngruppe durch Schräghalten der Sonde. Tatsächlich haben wir einen relativ großen Messfehler bei der Sondierung an Schneidezähnen berechnet (38,5 °). Der Befund, dass 1 mm Abweichungen am häufigsten zwischen orthograder und obliquen Sondierung an Schneidezähnen beobachtet wurden (48 % gegenüber 42 % für alle Zähne) (siehe Tabelle 5), könnte mit einer größeren Variabilität der Sondierungen mit der obliquen Sonde zusammenhängen, die sich aus der fehlenden Leitschienenfunktion der Frontzähne für die oblique Sonde ergibt. Andererseits waren Messergebnisse mit der obliquen Sonde an Schneidezähnen im Vergleich zu anderen Zahngruppen am besten reproduzierbar (siehe Tabelle 3). Das spricht dafür, dass intraindividuelle Messfehler, die sich bei den vergleichenden Untersuchungen mit den verschiedenen Sonden zeigten, bei der intrapersonellen Kalibrierung wahrscheinlich durch Trainingseffekte mit der neuen Sonde reduziert wurden.

Keine wesentlichen Unterschiede zwischen orthograder und obliquen Sondierung liessen sich an Zähnen mit Lücken und endständigen Zähnen feststellen. Hier wurde in nahezu 50 % aller Messungen keine Abweichung zwischen orthograder und obliquen Sondierung registriert, dagegen an Zähnen mit Nachbarzähnen nur in 32 % aller Messungen keine Abweichung ($p < 0,001$) (siehe Tabelle 5 und Abbildung 16). Da gleichzeitig die mittlere Abweichung zwischen orthograder und obliquen Sondierung an Zähnen bei Lücken und endständigen Zähnen mit 0,52 mm deutlich geringer war als an Zähnen mit Nachbarzähnen (0,73 mm) (siehe Tabelle 4) ist anzunehmen, dass die Messungen mit beiden Sonden in Abhängigkeit von der individuell unterschiedlichen Mundöffnung und Erreichbarkeit endständiger Zähne gleich schwierig waren. Während für die orthograde Sondierung der höchste Messfehler an diesen Zahngruppen bestimmt wurde (41,9 °), kann gleichzeitig eine hohe Variabilität der Messergebnisse mit der obliquen Sonde erwartet werden, da bei Zähnen mit Lücken oder endständigen Zähnen die Leitschienenfunktion für die oblique Sonde ebenso wie bei Frontzähnen fehlt und bei unphysiologischen Lücken Zahnkippen auftreten können, die das Messen zusätzlich erschweren.

Ein neues und interessantes Ergebnis dieser Untersuchungen war, dass die Sondierungsrichtung (von vestibulär nach lingual oder umgekehrt) die Unterschiede zwischen orthograden und obliquen Sondierungsmessungen beeinflussen konnte. Die mittlere Abweichung zwischen der orthograden und obliquen Sondierung von approximalen Messstellen an Schneidezähnen betrug 0,63 mm bei der Messung von vestibulär nach lingual, jedoch 0,88 mm bei der Messung von lingual nach vestibulär. Deshalb scheint eine Sondierung von vestibulär nach lingual infolge besserer Erreichbarkeit approximaler Messstellen mit einem geringeren intraindividuellen Messfehler verbunden zu sein (siehe auch Abbildung 17). Hier stellt sich die Frage, ob sich der Einfluss der Sondierungsrichtung auf Abweichungen zwischen orthograder und obliquen Sondierung durch einen linkshändigen Untersucher anders darstellt als in der vorliegenden Untersuchung.

Keine statistisch signifikanten Unterschiede waren beim Vergleich der Messungen an Eckzähnen bis Molaren (I. und III. Quadrant) von vestibulär nach lingual mit denen von lingual nach vestibulär (II. und IV. Quadrant) festzustellen (siehe Abbildung 18). Das erscheint plausibel, da der Zugang zum Approximalraum im Seitenzahngebiet vom rechtshändigen Untersucher sowohl von oral als auch von vestibulär nicht unterschiedlich schwierig war.

6.3. Schlussfolgerungen

Früher hat man versucht, die Sondierungstechnik mit Hilfe von druckkalibrierten und elektronischen Sonden zu standardisieren und die Zuverlässigkeit der Messergebnisse zu verbessern. Jedoch konnten die Vorteile dieser Sonden, d.h. ein konstanter Sondierungsdruck und eine untersucherunabhängige Registrierung der Sondierungstiefen, die Reproduzierbarkeit von Sondierungsmessungen nicht erhöhen. Wegen des vergleichsweise komplizierten und kostenaufwendigen Verfahrens werden computergesteuerte automatische Sonden (z.B. Florida Probe und Peri Probe) heute nur für spezielle wissenschaftliche Untersuchungen eingesetzt (MEIJER UND LANGE, 1983; MÜLLER, 2001). In der klinischen Praxis werden dagegen starre, nichtdruckkalibrierte Parodontalsonden verwendet.

Um diese manuellen Sonden aus ergonomischer Sicht zu verbessern und insbesondere Messfehler der herkömmlichen orthograd markierten WHO-Sonde an schwer erreichbaren approximalen Zahnflächen im Seitenzahnggebiet zu reduzieren, entwickelten wir eine neue Sonde, deren Brauchbarkeit in den vorliegenden Studien getestet wurde.

Insgesamt gesehen zeigen die vorliegenden Untersuchungen, dass Sondierungsmessungen mit der neuen GI/30-Sonde an Patienten mit chronischer Parodontitis ebenso gut reproduzierbar sind wie mit konventionellen manuellen Sonden. Die Messgenauigkeit dieser Methode hängt von der Zahnstellung und –morphologie ab. Hierbei kann die Erreichbarkeit der Zähne und die Möglichkeit eines vertikalen achsgerichteten Eindringens der Sonde eine wichtige Rolle spielen.

MEIJER UND LANGE, (1983) wiesen daraufhin, dass ein individueller Druck und eine besondere Sondierungstechnik des Behandlers beim Sondieren mit manuellen Sonden die Ergebnisse der Sondierung entscheidend beeinflussen kann. Außerdem ist bekannt, dass ein mehrwöchiges Trainingsprogramm die Reproduzierbarkeit von Sondierungsmessungen erhöhen und interindividuelle Differenzen bei Messungen verschiedener Untersucher reduzieren kann (ABBAS ET AL., 1982; HAFFAJEE ET AL., 1983; BADERSTEN ET AL., 1984). In einem solchen Training können Behandler üben, die Sondierung an einer standardisierten Stelle vorzunehmen und eine standardisierte Richtung zum Eindringen der Sonde anzuwenden. Man kann sich vorstellen, dass auf diese Weise Fehlsondierungen aufgrund einer falschen visuellen Wahrnehmung, einer taktilen Fehleinschätzung des Taschenfundus durch den Untersucher (WATTS ET AL., 1987; BECHERER ET AL., 1993) und Messungen in irrtümlich falscher Sondierungsposition (WATTS ET AL., 1989) auf ein Minimum reduziert werden können. Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass der intraindividuelle Messfehler von Sondierungsmessungen trainierter Untersucher im wesentlichen auf zufällige Irrtümer zurückzuführen ist und ein individueller Untersucher, ein individueller Patient und die Zahnstellung nur zu 10 % zur gesamten Streuung beitragen (GROSSI ET AL., 1996b).

Diese Messfehler lassen sich nur mit Hilfe der beobachteten Vorkommenshäufigkeit von Unterschieden abschätzen und können nicht auf der Basis der Standardabweichung des Irrtums berechnet werden (JANSSEN ET AL., 1988).

In unseren vergleichenden Untersuchungen können wir keine Vorteile der neuen GI/30-Sonde gegenüber der herkömmlichen PAR-WHO-Sonde in Bezug auf die Messgenauigkeit beim Sondieren approximalen Zahnflächen im Molargebiet erkennen. Das lässt darauf schließen, dass hier registrierte Messfehler weniger auf eine irrtümlich falsche Sondierungsrichtung in Bezug auf den tatsächlichen Taschenfundus zurückzuführen sind und deshalb durch standardisiertes Eindringen der neuen Sonde in definierter Sondierungsrichtung nur teilweise korrigiert werden können. Unsere Ergebnisse sprechen ausserdem dafür, dass die neue und konventionelle Sonde für das Sondieren an Frontzähnen und an Zähnen mit Lücken und endständigen Zähnen gleich gut brauchbar sind. In Abhängigkeit von Rechts- oder Linkshändigkeit des Untersuchers kann im Frontzahnggebiet eine aus praktischen Gründen geeignete Sondierungsrichtung von vestibulär oder von oral den Messfehler minimieren.

Konventionelle klinische Parodontaldiagnostik, d.h. sowohl die Untersuchung der Sondierungstiefen als auch mittels Röntgenstatus, ermittelt den Entzündungsgrad und die bereits vorliegende Destruktion des Zahnhalteapparates. Es gibt aber keine klinischen Parameter, die in der Lage sind, eine aktive parodontale Läsion vor dem Attachmentverlust zu identifizieren. Auch das Bluten nach Sondieren kann weder bei unbehandelten Patienten noch bei Patienten im Recall parodontale pathogene Aktivität sicher prognostizieren (MÜLLER, 1996). Trotzdem sind Sondierungstiefenmessungen und das Bluten nach Sondieren im Recall diagnostische Kriterien für eine weiterführende Parodontalbehandlung (aufwendige chirurgische Verfahren und unter Umständen eine unterstützende Antibiotikatherapie). Deshalb ist eine höchstmögliche Reproduzierbarkeit und Zuverlässigkeit von Sondierungsmessungen Voraussetzung für eine richtige Parodontalbehandlung im Vergleich zu einer Über- und Unterbehandlung. Alle Versuche, die Sondierungstechnik mit Hilfe neu entwickelter Sonden zu standardisieren, haben wie auch die vorliegende Untersuchung nicht zu konstanteren Ergebnissen geführt.

Größtmögliche Sorgfalt beim Sondieren ist an schwer erreichbaren approximalen Zahnflächen im Seitenzahnbereich erforderlich, weil hier die Reproduzierbarkeit der Messungen gering ist. Trainingseffekte können sicher die Messgenauigkeit durch Anwendung eines standardisierten Sondierungsdrucks und Sondieren in standardisierter Richtung erhöhen. Zufällige untersucherabhängige Messfehler sind jedoch aus dem klinischen Alltag nicht wegzudenken.

Viele verschiedene Faktoren, die die Reproduzierbarkeit von Sondierungstiefenmessungen beeinflussen, müssen wahrscheinlich im Gegensatz zu früheren Untersuchungsschwerpunkten im Kontext berücksichtigt werden. Ausserdem hängt die parodontale Diagnostik und richtige Parodontalbehandlung nicht ausschliesslich von der Sondierungstiefenmessung sondern auch von der Röntgendiagnostik und anderen klinischen Befunden sowie den Ergebnissen mikrobiologischer Tests ab.

7. ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchung der Sondierungstiefe gehört wie die Röntgenuntersuchung zur Basisdiagnostik bei Parodontalerkrankungen. In der vorliegenden Studie stellte sich die Frage, wie Messfehler beim Sondieren approximaler Zahnflächen mit der orthograd markierten PAR-Messsonde (WHO) vermieden werden können. Deshalb wurde eine neue Sonde entwickelt, die in dieser Arbeit getestet werden sollte.

Die neue Sonde besitzt ein herkömmliches Funktionsende (Mod. WHO-Markierung), mit dem alle orthograd zugänglichen Taschen (vestibulär, lingual) wie gewohnt sondiert werden können. Das neu entwickelte Funktionsende der PAR-Mess-Sonde P-WHO-GI/30 von KKD (Deutsches Patentamt G 91 11 044.0) hat einen um 30° zur Sondenachse abgelenkten Sondenteil mit entsprechender obliquer (schräger) Skalierung. Ein definiertes Einführen der Sonde in approximale Taschen im Winkel von 30° wird durch den Sondenteil vor der 30 ° Knickung ermöglicht, der parallel zur Zahnachse gehalten wird. So sollte bei gewohntem Sondenhandling die Messgenauigkeit erhöht werden.

1. Um die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse mit dem neu gestalteten Funktionsende der obliquen Sonde (GI/30) zu überprüfen, wurde eine intrapersonelle Kalibrierung an neun Patienten, zwei Männern (63-69 Jahre) und sieben Frauen (45-68 Jahre) durchgeführt. Es wurden jeweils 302 approximale Sondierungstiefen von demselben Behandler (Rechtshänder) in zwei unabhängigen Sitzungen im Abstand von durchschnittlich 21 Tagen gemessen.

Hierbei ergab sich in 53,6 % der Fälle keine Abweichung zwischen beiden Messungen und in 40,4 % aller Messungen fand sich eine 1 mm Abweichung, in 5,6 % der Fälle eine 2 mm Abweichung und in 0,4 % aller Messungen eine 3 mm Abweichung. Eine 1 mm Abweichung war am häufigsten bei Sondierungstiefenmessungen an Molaren (49,1%) festzustellen, eine 2 mm Abweichung ebenfalls an Molaren (9,1%) sowie an Zähnen mit Lücken und an endständigen Zähnen (8,9%), eine 3 mm Abweichung nur bei Prämolaren (1,2%).

Diese Messergebnisse zeigten einerseits eine gute Reproduzierbarkeit der Sondierungen mit der GI/30-Sonde und andererseits die Problematik des Schräghaltens der Sonde an approximalen Zahnflächen im Seitenzahnbereich. Es konnte auch mit der neuen Sonde noch eine Abweichung beim Sondieren an Molaren registriert werden. Die mittlere Abweichung zwischen wiederholten Messungen war bei Schneidezähnen mit $\pm 0,45$ mm statistisch signifikant niedriger ($p < 0,05$) als bei Molaren ($\pm 0,67$ mm).

Eine größere Abweichung fand sich auch zwischen zwei Messungen für Zähne mit Lücken und endständige Zähne als für Zähne bei Nachbarzähnen ($\pm 0,60$ mm gegenüber $\pm 0,51$ mm). Folglich zeigte die GI/30-Sonde für Tiefenmessungen, die wegen Zahnlücken und endständiger Zähne auch mit der herkömmlichen Sonde ungehindert durchgeführt werden konnten, keine Vorteile.

2. Für den Vergleich approximaler Sondierungstiefenmessungen mit der herkömmlichen orthograden und der neuen GI/30-Sonde wurden insgesamt 1548 proximale Sondierungstiefen an 44 Patienten mit der Diagnose Parodontitis mit beiden Sonden gemessen. Das durchschnittliche Alter aller Patienten betrug 54,2 Jahre (30-79 Jahre). Männer ($n = 15$) hatten ein durchschnittliches Alter von 54,3 Jahren (30-78 Jahre) und Frauen ($n = 29$) von 55,6 Jahren (30-79 Jahre).

Die mit der orthograden Sonde gemessenen Sondierungstiefen waren im Mittel um 0,68 mm größer als die mit der obliquen Sonde durchschnittlich gemessenen Tiefen, wobei sich für die Schneidezähne eine mittlere Abweichung von +0,75 mm und für die Eckzähne von +0,67 mm, für die Molaren von 0,66 mm und für die Prämolaren von +0,63 mm ergab. Am häufigsten liessen sich 2 mm Abweichungen zwischen den verschiedenen Sondierungen an Molaren (13,8 %) und Eckzähnen (13,0%) feststellen, 1mm Abweichungen am häufigsten bei Schneidezähnen (48%).

Die neue oblique Sonde zeigte im Vergleich zur orthograden Sonde im Gegensatz zu den Erwartungen keine statistisch signifikanten Verbesserungen hinsichtlich der Messgenauigkeit für Sondierungstiefen von aufgrund anatomischer Verhältnisse schwer zugänglichen approximalen Taschen im Molarengebiet.

Ebenso ergaben diese Studien keine Vorteile der obliquen Sonde gegenüber der herkömmlichen Messmethode in Bezug auf den Frontzahnbereich, da die vestibulo-orale Zahnbreite und damit auch die Eindringbarkeit im Approximalbereich die Messgenauigkeit weniger beeinflussen kann.

Bei der Messung approximaler Sondierungstiefen an Zähnen mit Lücken und endständigen Zähnen betrug die mittlere Abweichung zwischen der Messung mit orthograder und obliquen Sonde +0,52 mm, bei Zähnen mit Nachbarzähnen dagegen +0,73 mm. In 48,7 % aller Sondierungen an Zähnen mit Lücken und an endständigen Zähnen, jedoch nur in 32,2 % aller Fälle an Zähnen mit Nachbarzähnen, wurde keine Abweichung zwischen orthograder und obliquen Sonde beobachtet. Folglich ergaben sich keine nachweisbaren Unterschiede bezüglich der Messgenauigkeit der Sondierung zwischen orthograder und obliquen Sonde für Zähne mit Lücken und endständige Zähne.

Beim Vergleich der Messrichtungen betrug die mittlere Abweichung zwischen der orthograden und der obliquen Messung von approximalen Sondierungstiefen an Schneidezähnen +0,63 mm bei der Messung von vestibulär nach lingual, dagegen +0,88 mm bei der Messung von lingual nach vestibulär.

Dagegen waren keine statistisch signifikanten Unterschiede beim Vergleich der Messungen an Eckzähnen bis Molaren von vestibulär nach lingual mit denen von lingual nach vestibulär feststellbar.

Eine absolute Richtigkeit der obliquen Messung vorausgesetzt, war der Messfehler der orthograden Sondierung, der sich in dem Winkel α widerspiegelte, den man aufgrund der anatomischen Verhältnisse zur Messung anwendete, an Zähnen mit Lücken und endständigen Zähnen mit $41,9^\circ$ und an Schneidezähnen mit $38,5^\circ$ am größten und bei den Molaren mit $35,4^\circ$ am kleinsten. Diese Befunde entsprachen nicht den Erwartungen.

Insgesamt gesehen zeigen die vorliegenden Untersuchungen, dass Sondiermessungen mit der neuen GI/30-Sonde an Patienten mit chronischer Parodontitis ebenso gut reproduzierbar sind wie mit konventionellen manuellen Sonden. Die Messgenauigkeit dieser Methode hängt wie auch bei anderen Sonden von der Zahnstellung und –morphologie ab.

Da die Zugänglichkeit zum Approximalraum im Frontzahnggebiet weniger eingeschränkt ist und die Sondierung an Zähnen bei Lücken und Endständigkeit mit neuer und herkömmlicher Sonde gleich schwierig ist, können diese Zahngruppen weiter wie bisher mit der orthograd markierten Sonde gemessen werden.

In unseren vergleichenden Untersuchungen können wir keine Vorteile der neuen GI/30-Sonde gegenüber der herkömmlichen PAR-WHO-Sonde in Bezug auf die Messgenauigkeit beim Sondieren approximalen Zahnflächen im Molarenggebiet erkennen.

7.1. SUMMARY

Probing depth measurements as well as X-ray examination are part of the basic diagnosis assessing periodontal disease. In the present study a crucial question arised, how measurement errors of probing approximal areas with the orthograde marked PAR-probe (WHO) can be prevented. Therefore, a new probe was developed that should be tested in this study.

The new probe has a conventional functional end (mod. WHO-marking) for usual probing of all orthograde accessible pockets (vestibular and lingual). The newly developed functional end of the PAR-probe P-WHO-GI/30 of KKD (German patent office G91 11 044,0) has one part of the probe bent off by 30° with regard to the probe axis with corresponding oblique graduation. A defined insertion of the probe into approximal pockets at an angle of 30° is possible due to the part of the probe in front of the bent one, that is held parallelly to tooth axis. Thus the precision of measurement should be increased in case of usual probe handling.

1. In order to test the measurements with the newly shaped functional end of the oblique probe (GI/30), an intrapersonal calibration was performed with nine patients, two men (63 – 69 years) and seven women (45 – 68 years). Each time 302 approximal probing depths were detected in two independent meetings with an interval of average 21 days.

In 53.6% of cases this resulted in no variation between both measurements, and in 40.4% of all measurements there was a 1 mm variation, in 5.6% of cases a 2 mm variation and in 0.4% of measurements a 3 mm variation. 1 mm variation was found most frequently during probing depth measurements at molars (49.1%), 2 mm variation at molars too (9.1%) as well as at teeth with gaps and terminal teeth (8.9%) and 3 mm variation only at premolars.

These results demonstrated a good reproducibility of probing depth measurements by means of the GI/30 probe and moreover problems due to oblique position of the probe at approximal sites of lateral teeth.

Using the new probe a variation was still registered during probing of the molars. Mean variation between repeated measurements at incisors was significantly lower than at molars (± 0.45 mm versus ± 0.67 mm; $p < 0.05$).

The difference between recordings for teeth with gaps and terminal teeth was found to be greater than for neighbouring teeth (± 0.60 mm versus ± 0.51 mm). Consequently, GI/30 probe offered no advantages regarding to those depth measurements that could be performed unhindered too using conventional probe because of gaps and terminal teeth.

2. In order to compare approximal probing depth measurements using conventional orthograde and new GI/30 probe a total of 1548 approximal probing depths were detected using both probes and 44 patients with chronic periodontitis. The mean age of all patients amounted to 54.2 years (range 30 – 79 years). Men ($n=15$) had a mean age of 54.3 years (range 30 – 78 years) and women ($n=29$) of 55.6 years (range 30 – 79 years).

The mean probing depths measured by the orthograde probe were by 0.68 mm greater than the corresponding depth values measured by the oblique probe. In this case the mean variation was + 0.75 mm at incisors, + 0.67 mm at canine teeth, + 0.66 mm at molars and 0.63 mm at premolars, respectively. Most frequently 2 mm variations were recorded between different probe measurements at molars (13.8%) and canine teeth (13.0%) whereas 1 mm variations were measured most frequently at incisors (48%).

Unexpectedly, the use of a new oblique probe didn't lead to any significant improvement concerning probing measurement precision at approximal pockets of molars that are difficult to access because of topography. These studies didn't result in any advantages of the oblique probe in comparison with conventional probe too concerning anterior teeth, because the vestibular-oral tooth width and the ability to insert can have lower impact on the accuracy of measurements in approximal positions.

Recordings of approximal probe depths at teeth with gaps and terminal teeth resulted in mean difference between orthograde and oblique probe of + 0.52 mm, whereas this difference amounted to + 0.73 mm at teeth with neighbouring teeth. No difference between orthograde and oblique probe were observed in 48.7% of all measurements at teeth with gaps and terminal teeth, however only in 32.2% of cases at teeth with neighbouring teeth. Thus, no differences concerning the accuracy of measurements between orthograde and oblique probe were proved for teeth with gaps and terminal teeth.

If measurement direction of approximal probing depths was compared, mean variation between orthograde and oblique measurement amounted to + 0.63 mm at incisors measured from vestibular towards lingual, however + 0.88 mm measured from lingual towards vestibular. No significant differences were found when comparing recordings at canine teeth towards molars if measured from vestibular towards lingual and lingual towards vestibular.

On condition that oblique measurement was absolutely correct, probing error of orthograde method reflected by angle α that was used for measurements because of topography, was greatest at teeth with gaps and terminal teeth and at incisors (41.9° resp. 38.5°) and lowest at molars (35.4°). These results were unexpected.

Altogether these studies demonstrate that reproducibility of probing depth measurements using new GI/30 probe and patients with chronic periodontitis is comparable to that of recordings using conventional manual probes. The accuracy of measurement using the new GI/30 probe depends on tooth position and morphology similar to other probes.

Since the accessibility to approximal sites at anterior teeth is less limited and probing at teeth with gaps and terminal teeth is equally difficult using new or conventional probes, these tooth groups can be detected as usual by means of orthograde marked probe.

In this work, no advantages of new GI/30 probe in comparison with conventional PAR-WHO probe can be recognized concerning accuracy of probing depth measurements of approximal sites at molar area.

8. LITERATURVERZEICHNIS

- [1] ABBAS, F., HART, A.A.M., OOSTING, J., VAN DER VELDEN, U.:
Effect of training and probing force on the reproducibility of pocket depth measurements.
J. Periodont. Res. 17, 226-234 (1982)
- [2] AHMED, WATTS, T.L.P., WILSON, R.F. :
An investigation of the validity of attachment level measurements with an automated periodontal probe.
J.Clin.Periodontol.23, 452-455 (1996)
- [3] AINAMO J., BARMES D. E., BEAGRIE B.G., CUTRESS T.W., MARTIN J., SARDO-INFIRRI J.
Development of the World Health Organization (WHO) Community Periodontal Index of Treatment Needs (CPITN).
Int.Dent.J. 35: 285 (1985)
- [4] ARMITAGE, G. C.:
Development of a Classification System for Periodontal Diseases and Conditions.
Ann. Periodontol. 4, 1-6 (1999)
- [5] ATASSI, F., NEWMAN, H.N., BULMAN, J.S.:
Probe tine diameter and probing depth.
J.Clin.Periodontol.19, 301-304 (1992)
- [6] BADERSTEN, A., NILVEUS, R., EGELBERG, J.:
Reproducibility of probing attachment level measurements.
J. Clin. Periodontol. 11, 475-485 (1984)
- [7] BARENDREGT, D.S., VAN DER VELDEN, U., REIKER, J., LOOS, B.G.:
Clinical evaluation of the tine shape of 3 periodontal probes using 2 probing forces.
J.Clin.Periodontol.23, 397-402 (1996)

- [8] BECHERER, C.F., RATEITSCHAK, K.H., HEFTI, A.F.:
Vergleichende Sondierung mit einer elektronischen und einer manuellen Parodontalsonde.
Schweiz. Mschr. Zahnmed. 103, 715-721 (1993)
- [9] BECKER, W., BECKER, B.E., OCHSENBEIN, C., KERRY, G., CAFFESSE, R., MORRISON, E.C., PRICHARD, J.:
A longitudinal study comparing scaling, osseous surgery and modified Widman procedures. Results after one year.
J. Periodont. 59, 351-365 (1988)
- [10] BROWN, L.F., BRUNELLE, J.A., und KINGMAN, A.:
Periodontal status in the United States 1988-91: Prevalence, extent, and demographic variation.
J.Periodontol.65, 316 (1994)
- [11] BURT, B.A.:
Periodontitis and aging: Reviewing recent evidence
J.Am.Dent.Assoc.125, 273 (1994)
- [12] CHAMBERLAIN, A.D., RENVERT, S., GARRETT, S., NILVEUS, R., EGELBERG, J.:
Significance of probing force for evaluation of healing following periodontal therapy.
J. Clin. Periodontol. 12, 306-311 (1985)
- [13] COPPES, L.:
Routine-Sulcus-Diepte metingen in de parodontologie. Het belang-debetrou-waarheid-de toepassing.
Thesis, Amsterdam University 1972
- [14] Deutsches Patentamt:
Gebrauchsmusterstelle Az. G 91 11 044.0 (1991)

- [15] ERPENSTEIN, H.:
Befunderhebung.
In: Ketterl, W. (Hrsg.): Parodontologie. Praxis der Zahnheilkunde. Bd.
4. 2. Aufl.
Urban & Schwarzenberg, München Wien Baltimore 1990
- [16] FLEISS, J.L., MANN, J., PAIK, M., GOULTCHIN, J., CHILTON, N.W.:
A study of inter- and intra-examiner reliability of pocket depth and at-
tachment level.
J.Periodont.Res.26, 122-128 (1991)
- [17] GARNICK, J.J., KEAGLE, J., SEARLE, J.R., KING, G.E., Thompson,
W.O.:
Gingival resistance to probing forces (II.) the effect of inflammation and
pressure on probe displacement in Beagle dog gingivitis.
J.Periodontol.60, 498-505 (1989)
- [18] GENCO, R.J., GROSSI, S.G.:
Is estrogen deficiency a risk factor for periodontal disease?
Compend.Contin.Educ.Dent.Suppl.22, 23-29 (1998)
- [19] GIBBS, C.H., HIRSCHFELD, J.W., LEE, J.G., LOW, S.B., MAGNUS-
SON, I., THOUSAND, R.R., YERNENI, P., CLARK, W.B.:
Description and clinical evaluation of a new computerized periodontal
probe - the Florida Probe.
J. Clin. Periodontol. 15, 137-144 (1988)
- [20] GOODSON, J.M., TANNER, A.C.R., HAFFAJEE, A.D., SORNBER-
GER, G.C., SOCRANSKY, S.S.:
Patterns of progression and regression of advanced destructive perio-
dontal disease.
J. Clin. Periodontol. 9, 472-481 (1982)
- [21] GOODSON, J.M.:
Clinical measurements of periodontitis.
J. Clin. Periodontol. 13, 446-455 (1986)

- [22] GROSSI, S.G., ZAMBON, J.J., HO, A.W., KOCH, G., DUNFORD, R.G., MACHTEI, E.E., NORDERYD, O.M. and GENCO R.J.:
Assessment of risk for periodontal disease. I. Risk indicators for attachment loss.
J.Periodontol.65(3), 260-267 (1994)
- [23] GROSSI, S.G., SKREPCINSKI, F.B., DE CARO, T., ZAMBON, J.J., CUMMINS, D., GENCO, R.J.:
Response to periodontal therapy in diabetics and smokers.
J.Periodontol.67(10 Suppl), 1094-1102 (1996a)
- [24] GROSSI, S.G., DUNFORD, R.G., HO, A., KOCH, G., MACHTEI, E.E., GENCO, R.J.:
Sources of error for periodontal probing measurements.
J.Periodontol.Res.31(5), 330-336 (1996b)
- [25] GROSSI, S.G.:
Effect of estrogen supplementation on periodontal disease.
Compend.Contin.Educ.Dent.Suppl.22, 30-36 (1998)
- [26] GROSSI, S.G.:
Treatment of periodontal disease and control of diabetes: an assessment of the evidence and need for future research.
Ann.Periodontol.6(1), 138-145 (2001)
- [27] GRUBER, I., HAN, Y., SONNABEND, E.:
Vergleichende Untersuchungen über die Meßwerte verschiedener Parodontometer.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 46, 665-667 (1991)
- [28] HAFFAJEE, A.D., SOCRANSKY, S.S., GOODSON, J.M.:
Comparison of different data analyses for detecting changes in attachment level.
J.Clin.Periodontol.10, 298-310 (1983)

- [29] HASSELL, T.M., GERMANN, M.A., SAXER, V.P.:
Periodontal probing: interinvestigator discrepancies and correlation
between probing force and recording depth.
Helv. Odontol. Acta 17, 38-43 (1973)
- [30] HEIDEMANN, D.:
Parodontologie
Urban & Schwarzenberg, München, Wien, Baltimore (1997)
- [31] HOFFMANN T., WERNEBURG K., WIEDEMANN B.:
Querschnittsstudie zu potentiellen Risikoindikatoren der marginalen
Parodontitis
DFZ 11: 54-59 (1999)
- [32] HÜTTEMANN, R.W., KAUER, M., SCHWARZ, J.:
Exakte Messung approximaler Parodontal-Taschen.
Phillip J. 10, 173-175 (1993)
- [33] HÜTTEMANN, R.W., KAUER, M.:
Exakte Messung nicht mehr dem Zufall überlassen.
DEZ 1, 39 (1994)
- [34] JANSSEN, P.T.M., FABER, J.A.J., VAN PALENSTEIN HELDERMAN,
W.H.:
Non-Gaussian distribution of differences between duplicate probing
depth measurements.
J. Clin. Periodontol. 14, 345-349 (1987)
- [35] JANSSEN, P.T.M., DRAYER, A., FABER, J.A.J., VAN PALENSTEIN
HELDERMAN, W.H.:
Accuracy of repeated single versus averages of repeated duplicates of
probing depth measurements.
J. Clin. Periodontol. 15, 569-574 (1988)
- [36] JOERVØE-STORM P.-M., NOLDEN R.:
Parodontitis – Diagnostik und Therapie
ZMK 3 : 2-7 (2000)

- [37] JEFFCOAT, M.K., JEFFCOAT, R.L., JENS, S.C., CAPTAIN, K.:
A new periodontal probe with automated cemento-enamel junction detection.
J. Clin. Periodontol. 13, 276-280 (1986)
- [38] KAEGLE, J.G., GARNICK, J.J., SEARLE, J.R., MORSE, P.K.:
Gingival resistance to probing forces.
J. Periodontol. 60, 167-171 (1989)
- [39] KALKWARF, K.L., KALDAHL, W.B., PATIL, K.D.:
Comparison of manual and pressure-controlled periodontal probing.
J. Am. Dent. Assoc. 57, 467-472 (1986)
- [40] KARIM, M., BIREK, P., McCULLOCH, C.A.G.:
Controlled force measurements of gingival attachment level made with the Toronto automated probe using electronic guidance.
J. Clin. Periodontol. 16, 594-600 (1990)
- [41] Kentzler Kaschner Dental GmbH:
Produktinformation: KKD mf Meßsonde.
Eilwangen/Jagst 3/1992
- [42] KETTERL, W.:
Parodontologie.
Urban & Schwarzenberg, München 1990
- [43] KNOWLES, J.W., BURGETT, F.G., NISSLE, R.R., SHICK, R.A., MORRISON, E.C., RAMFJORD, S.P.:
Results of periodontal treatment related to pocket depth and attachment level.
J. Periodont. 50, 225-233 (1979)
- [44] KORNMAN, K.S., CRANE, A., WANG, H.Y., DI GIOVINE, F.S., NEWMAN, M.G., PIRK, F.W.I, WILSON, T.G., HIGGINBOTTOM, F.L. and DUFF, G.W.
The interleukin-1 genotype as a severity factor in adult periodontal disease.
J.Clin.Periodontol. 24, 72-77 (1997)

- [45] LINDHE, J. and NYMAN, St.:
The role of occlusion in periodontal disease and the biological rationale for splinting in treatment of periodontitis.
Oral.Sci.Rev.10,11 (1977)
- [46] LISTGARTEN, M.A.:
Structure of the microbial flora associated with periodontal health and disease.
J.Periodontol.47, 1 (1976)
- [47] LISTGARTEN, M.A.:
Periodontal probing: What does it mean?
J. Clin. Periodontol. 7, 165-176 (1980)
- [48] LISTGARTEN, M.A.:
Pathogenesis of periodontitis.
J.Clin.Periodontol. 13, 418-430 (1986)
- [49] LISTGARTEN, M.A.:
The structure of dental plaque.
Periodontology 2000 5, 52 (1994)
- [50] LOCKER, D., LEAKE, J.L.:
Risk indicators and risk markers for periodontal disease experience in older adults living independently in Ontario, Canada.
J.Dent.Res.72, 9 (1993)
- [51] LÖE, H., ANERUD A., BOYSEN H., MORRISON E.:
Natural history of periodontal disease in man. Rapid, moderate and no loss of attachment in Sri Lanka laborers 14 to 46 years of age.
J.Clin.Periodontol.13, 431-440 (1986)
- [52] MACHTEI, E.E., DUNFORD, R., HAUSMANN, E., GROSSI, S.G., POWELL J., CUMMINS, D., ZAMBON J.J., GENCO R.J.
Longitudinal study of prognostic factors in established periodontitis patients.
J.Clin.Periodontol.24(2), 102-109 (1997)

- [53] MAGNUSSON, I., FULLER, W.W., HEINS, P.J., RAU, C.F., GIBBS, C.H., MARKS, R.G., AND CLARK, W.B.:
Correlation between electronic and visual readings of pocket depths with a newly developed constant force probe.
J.Clin.Periodontol.15, 180-184 (1988)
- [54] MEIJER, E., LANGE, D.E.:
Untersuchungen über individuelle Unterschiede bei parodontalen Taschenmessungen mit einer druckkalibrierten Sonde.
Dtsch. zahnärztl. Z. 38, 866-869 (1983)
- [55] MOMBELLI, A., GRAF, H.:
Depth-force patterns in periodontal probing.
J. Clin. Periodontol. 13, 126-130 (1986)
- [56] MOMBELLI, A., MÜHLE, T., FRIGG, R.:
Depth-force patterns of periodontal probing. Attachment-gain in relation to probing force.
J.Clin.Periodontol.19, 295-300 (1992a)
- [57] MOMBELLI, A.:
Verbessern neue diagnostische Tests die Differentialdiagnose und Therapie der Parodontitis?
Schweiz. Monatsschr. Zahnmed. 102, 163-171 (1992b)
- [58] MONTEIRO DA SILVA, A.M., OAKLEY, D.A., NEWMAN, H.N., NOHL F.S., LLOYD, H.M.:
Psychosocial factors and adult onset rapidly progressive periodontitis.
J.Clin.Periodontol. 23(8), 789-794 (1996)
- [59] MOORE, W.E.C.:
Microbiology of periodontal disease.
J. Periodont. Res. 22, 335-341 (1987)
- [60] MÜLLER, H.-P.:
Klinische Untersuchung von Patienten mit Parodontopathien.
Dentalforum 1, 9-14 (1996)

- [61] MÜLLER, H.-P.:
Parodontologie
Thieme-Verlag, Stuttgart, New York (2001)
- [62] OLIVER, R.C. and TERVONEN, T.:
Diabetes – a risk factor for periodontitis in adults?
J.Periodontol.65, 530 (1994)
- [63] OSBORN, J.B., STOLTENBERG, J.L., HUSO, B.A., AEPPLI, D.M.,
PIHLSTROM, B.:
Comparison of measurement variability using a standard and constant
force periodontal probe.
J.Periodontol.61, 497-503 (1990)
- [64] OSBORN, J.B., STOLTENBERG, J.L., HUSO, B.A., AEPPLI, D.M.,
PIHLSTRÖM, B.L.:
Comparison of measurement variability in subjects with moderate pe-
riodontitis using a conventional and a constant force periodontal probe.
J. Periodont. 63, 283-284 (1992)
- [65] PAGE, R.C., SCHROEDER, H.E.:
Pathogenesis of inflammatory periodontal disease. A summary of cur-
rent work.
Lab. Invest. 33, 235-239 (1976)
- [66] PAGE, R.C., SCHROEDER, H.E.:
Periodontitis in man and other animals.
Karger, Basel 1982
- [67] PAGE, R.C.:
The role of inflammatory mediators in the pathogenesis of periodontal
disease.
J. Periodont. Res. 26, 230-242 (1991)
- [68] PASLER, F.A.:
Zahnärztliche Radiologie.
Thieme, Stuttgart New York 1981

- [69] PHILSTRÖM, B.L., ORTIZ-CAMPOS, C., McHUGH, R.B.:
A randomized four-year study of periodontal therapy.
J. Periodont. 52, 227-242 (1981)
- [70] PLAGMANN, H.-Chr.:
Diagnostische Methoden bei Parodontalerkrankungen. Eine kritische
Betrachtung und Forderungen für die Zukunft,
Dtsch. Zahnärztl. Z. 42, 394-397 (1987)
- [71] PLAGMANN, H.-Chr.:
Epidemiologie der entzündlichen marginalen Parodontopathien.
In: Plagmann, H.-C.: Lehrbuch der Parodontologie S. 267 Hauser,
München, Wien (1998)
- [72] QUIRYNEN, M., CALLENS, A., VAN STEENBERGHE, D., NYS, M.:
Clinical evaluation of a constant force electronic probe.
J. Periodont. 64, 35-39 (1993)
- [73] REINHARDT, R.A., McDONALD, T.L., BOLTON, R.W., DU BOIS, L.M.,
KALDAHL, W.B.:
IgG subclasses in gingival crevicular fluid from active versus stable
periodontal sites.
J. Periodont. 60, 44-50 (1989)
- [74] RICHTER, E.-J.:
Die Bedeutung der Versuchsbedingungen im wissenschaftlichen Expe-
riment, dargestellt am Beispiel der Zahnbeweglichkeit.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 40, 404-409 (1985)
- [75] ROBINSON, P.J., VITEK, R.M.:
The relationship between gingival inflammation and resistance to probe
penetration.
J. Periodont. Res. 14, 239-243 (1979)
- [76] SHIP, J.A., BECK J.D.:
Ten-year longitudinal study of periodontal attachment loss in healthy
adults.
Oral.Surg.Oral.Med.Oral.Pathol. 81(3), 281 (1996)

- [77] SIMONS, P., WATTS, T.:
Validity of a hinged constant force probe and a similar, immobilised probe in untreated periodontal disease.
J. Clin. Periodontol. 14, 581-587 (1987)
- [78] SLOTS, J., EMRICH, L.J., GENCO, R.J., ROSLING, B.G.:
Relationship between some subgingival bacteria and periodontal pocket depth and gain or loss of periodontal attachment after treatment of adult periodontitis.
J. Clin. Periodontol. 12, 540-552 (1985)
- [79] SLOTS, J., BRAGD, L., WIKSTRÖM, M., DAHLEN, G.:
The occurrence of *Actinobacillus actinomycetemcomitans*, *Bacteroides gingivalis* and *Bacteroides intermedius* in destructive periodontal disease in adults.
J. Clin. Periodontol. 13, 570-577 (1986)
- [80] SOCRANSKY, S.S., HAFFAJEE, A.D.:
The bacterial etiology of destructive periodontal disease: current concepts.
J.Periodontol.63; 322-331 (1992)
- [81] SOCRANSKY, S.S., HAFFAJEE, A.D.:
Evidence of bacterial etiology: a historical perspective
In: Socransky, S.S., Haffajee, A.D. (Hersg.) Microbiology and immunology of periodontal diseases.
Periodontol. 2000 5, 7-25 (1994)
- [82] SOCRANSKY, S.S., HAFFAJEE, A.D., CUGINI, M.A., SMITH, C., KENT, R.L.:
Microbial complexes in subgingival plaque.
J.Clin.Periodontol.25, 134-44 (1998)
- [83] STRELETZ, E., TOPOLL, H.H., HUCKE, H.-P., LANGE, D.E.:
Die diagnostische Sicherheit von OPG und Röntgenstatus in bezug auf den intraoperativen Befund.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 44, 382-386 (1989)

- [84] SUZUKI, J.B.:
Diagnostik und Einteilung von Parodontalerkrankungen.
In: Bral, M. (Hrsg.): Dental-Report 1988/III. Aktuelle Probleme in der Zahnmedizin. Fortschritte in der Parodontologie.
Medica, Stuttgart Wien Zürich Amsterdam 1988
- [85] TOPOLL, H.H., STRELETZ, E., HUCKE, H.P., LANGE, D.E.:
Furkationsdiagnostik. Ein Vergleich der Aussagekraft von OPG, Röntgenstatus und intraoperativem Befund.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 43, 705-708 (1988)
- [86] VAN DER VELDEN, U., DE VRIES, J.H.:
Introduction of a new periodontal probe: the pressure probe.
J. Clin. Periodontol. 5, 188-197 (1978)
- [87] VAN DER VELDEN, U.:
Probing force and the relationship of the probe tip to the periodontal tissues.
J.Clin.Periodontol.6, 106-114 (1979)
- [88] VAN DER VELDEN, U.:
Influence of periodontal health on probing depth and bleeding tendency.
J. Clin. Periodontol. 7, 129-139 (1980)
- [89] VAN DER VELDEN, U., DE VRIES, J.H.:
The influence of probing force on the reproducibility of pocket depth measurements.
J. Clin. Periodontol. 7, 414-420 (1980)
- [90] VAN DER VELDEN, U., JANSEN, J.:
Microscopic evaluation of pocket depth measurements performed with six different probing forces in dogs.
J. Clin. Periodontol. 8, 107-116 (1981)

- [91] VAN DER VELDEN, U.:
Periodontal probing: Clinical and histological investigations. (Thesis).
Amsterdam, Amsterdam University (1981)
- [92] VON WOWERN, N., KLAUSEN, B., KOLLERUP, G.:
Osteoporosis: a risk factor in periodontal disease.
J.Periodontol.65(12), 1134-1138 (1994)
- [93] WAGNER, B.:
Das Instrument bestimmt die Zahnarzt-Haltung.
Zahnärztl. Mitt. Nr. 24, 56-57 (1992)
- [94] WALSH, T.F., SAXBY, M.S.:
Inter- und intra-examiner variability using standard and constant force
periodontal probes.
J. Clin. Periodontol. 16, 140-143 (1989)
- [95] WATTS, T.L.P.:
Constant force probing with and without a stent in untreated periodon-
tal disease: the clinical reproducibility problem and possible sources of
error.
J. Clin. Periodontol. 14, 407-411 (1987)
- [96] WATTS, T.L.P.:
Probing site configuration in patients with untreated periodontitis. A
study of horizontal positional error.
J. Clin. Periodontol. 16, 529-533 (1989)
- [97] WEGENER O.H.:
Ganzkörper-Computer-Tomographie.
2. Auflage, Blackwell Wissenschaft, Berlin 65-70 (1992)
- [98] WENNSTRÖM, J.L.:
What is a clinically healthy periodontium?
Proceedings of the Conference Periodontology Today.
Karger, Basel 1988

- [99] WHO (World Health Organization):
Epidemiology, etiology and prevention of periodontal diseases.
Tech. Rep. Ser. No. 621, WHO, Geneva 1978
- [100] ZAPPA, U., SIMONA, C., GRAF, H.:
Episodenhafte Progression der Parodontitis - Histologische Charakteristika.
Parodontologie 2, 25-36 (1991)

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



URKUNDE

über die Eintragung des umstehenden Gebrauchsmusters

Die Schutzfähigkeit und die Neuheit des Gegenstandes
sind vom Deutschen Patentamt nicht geprüft.

DEUTSCHES PATENTAMT



Das Gebrauchsmuster ist mit folgenden Angaben in die Gebrauchsmusterrolle eingetragen worden:

Rollnummer G 90 12 869.9

Hauptklasse A61C 19/04

Anmeldetag 10.09.90

Eintragungstag 20.12.90

**Bekanntmachung
im Patentblatt** 07.02.91

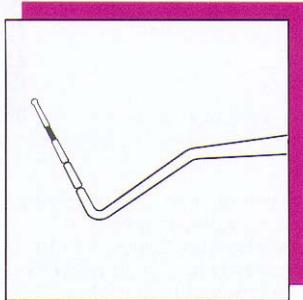
Bezeichnung des Gegenstandes
Parodontal-Sonde

Name und Wohnsitz des Inhabers
Kauer, Martin, 6305 Buseck, DE

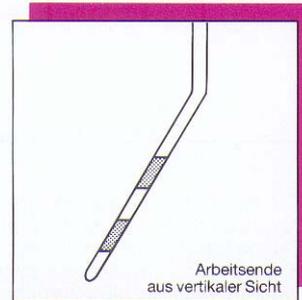
LBE Interesse an Lizenzvergabe unverbindlich erklärt

KKD *mf* Meßsonde

KKD *microfin* Parodontometer – doppelendig –
zur Messung approximaler Taschentiefen



P-WHO-GI/30
Best.-Nr. 12843
nach Dr. R. W. Hüttemann
und M. Kauer
ZZMK Uni Gießen
(Deutsches Patentamt
G 91 11 044.0)



Bei dem neu entwickelten Funktionsende (Fig. 1) der PAR-Meßsonde P-WHO-GI/30 von KKD wird ein vertikaler Abstand der Markierungen von 2 mm durch definiertes Einführen der Sonde in approximale Taschen im Winkel von 30° bei entsprechender schräger Skalenmarkierungen ermöglicht!

Anhand des Sondenschafts vor der 30°-Knickung, welcher parallel zur Zahnachse verläuft, sowie anhand der entsprechenden Markierungen, welche bei richtiger Stellung horizontal verlaufen, ist der Einführwinkel leicht nachzuvollziehen.

Mit dem herkömmlich skalierten Funktionsende (Mod. WHO-Markierung) können alle orthograd zugänglichen Taschen (vestibulär, lingual) wie gewohnt sondiert werden.

Insgesamt bleibt das gewohnte Handling von PAR-Meßsonden erhalten.

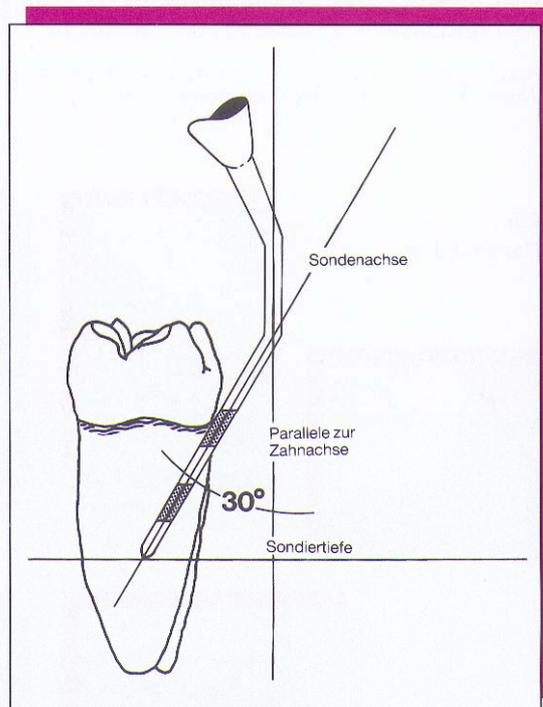


Fig. 1

KKD *microfin*

ein Instrumentenprogramm, das keine Wünsche offen läßt!

**KENTZLER
KASCHNER
DENTAL**

KENTZLER KASCHNER DENTAL GMBH D-7090 Ellwangen/ Jagst
Mühlgraben 36, 36a, Postfach 1255, Telefon 07961/3028, Telefax 07961/52031, Telex 74542 epk d

KKD *mf* Meßsonde

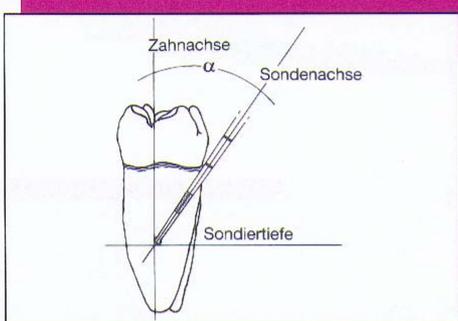


Fig. 2
Die Messung parodontaler Taschen führt im Approximalbereich zu Meßfehlern, da die Sonde bei vorhandenem Nachbarzahn bzw. Brückenglied unwillkürlich schräg gehalten werden muß. Bei herkömmlichen, orthograd markierten PAR-Meßsonden (in Fig. 2 eine P-CP/WHO-Sonde) wird folglich ein zu hoher Wert abgelesen.

Bei Vergleichsmessungen wurde festgestellt, daß der Fehler im Mittel ca. 20% beträgt, was einem Winkel α von ca. 34° entspricht (siehe Fig. 2).

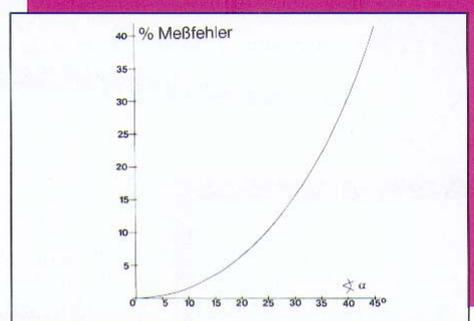


Fig. 3
Die Graphik (Fig. 3) verdeutlicht die Abhängigkeit dieses Meß- bzw. „Ablese“-fehlers vom Winkel α , in welchem die Sonde schräg zur Zahnachse gehalten wird. Der abgelesene Wert steht im Verhältnis zur tatsächlichen Tiefe wie $1 / \cosinus \alpha$ ($\times 100 - 100 =$ Meßfehler in %).

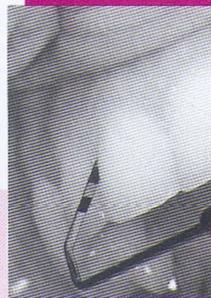
Zur Handhabung:



I. Quadrant



Frontzahnbereich palatinal



Frontzahnbereich vestibulär



II. Quadrant



IV. Quadrant



III. Quadrant

**KENTZLER
KASCHNER
DENTAL**

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre:

Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig, ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.

Gießen, 6. August 2007

(Martin Kauer)

Danksagung

Bei Herrn Prof. Dr. Hans-Joachim Oehmke möchte ich mich für die Überlassung des Themas und seine fachliche Betreuung und seine stetige Diskussionsbereitschaft herzlich bedanken.

Vor allem gilt mein Dank auch Herrn Dr. Rolf W. Hüttemann für die Themenstellung und sein Engagement bei der Realisierung des Projektes "Oblique Sonde" und seine Unterstützung bei dem "DGZMK-Förderpreis" 1990 in Baden-Baden.

Ich danke der Firma "Kentzler-Kaschner-Dental GmbH" in Ellwangen / Jagst und insbesondere Herrn Joseph Schwarz für die essentielle Hilfe bei der Produktion der Parodontalsonde "P-WHO-GI/30".

Außerdem danke ich Herrn Heinrich Bethge und Frau Ulrike Siepmann für ihre Beratung und das Bemühen bei der Herstellung der schwierigen Photographien.

Schließlich danke ich Herrn Reginald Schramm für die Unterstützung und Beratung bei der statistischen Auswertung.

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Martin Kauer
Licher Str. 2
35418 Buseck-Oppenrod

13.05.1964 geboren in Lich (Oberhessen)

23.12.1999 verheiratet mit Simone Kauer geb. Nettelbeck

2 Kinder:

Maja (*25.06.1999)

Elias (*07.07.2005)

Schule:

1970 - 1971 Grundschule in Oppenrod

1971 - 1974 Goetheschule in Großen-Buseck

1974 - 1980 IGS "Busecker Tal" in Großen-Buseck

1980 - 1983 Gesamtschule Gießen-Ost in Gießen

1983 Abitur

Bundeswehr:

04.07.1983 - Sanitätsbataillon in Marburg mit Ausbildung zum Sanitäts-
30.09.1985 unteroffizier in München

Studium:

WS 1985/86	Beginn des Studiums der Zahnheilkunde an der Justus-Liebig-Universität in Gießen
1986	Naturwissenschaftliche Vorprüfung
1988	Zahnärztliche Vorprüfung
1990	Zahnärztliche Prüfung
20.12.1990	Approbation als Zahnarzt

Beruf:

01.03.1991	Vorbereitungsassistent in der Zahnarztpraxis Dr. med. dent. J. Schupp, Fernwald
Februar/März 1993	Ehrenamtliche Tätigkeit in Cuiaba, Bundesstaat Mato Grosso, Brasilien für die "Aktionsgemeinschaft Zahnarzthilfe Brasilien / Baden-Baden e.V."
seit Juli 1993	Selbständiger niedergelassener Zahnarzt in Großen-Buseck
1997 – 2000	Nebenberuflicher Lehrauftrag an der Kaufmännischen Berufsschule in Bad-Nauheim für die Landes Zahnärztekammer Hessen (LZKH) sowie
seit 1999	an der Julius-Leber-Schule in Frankfurt / M.
2002	Weiterbildung „Implantologie“ (Kammerzertifikat der LZKH)
2003	Weiterbildung „Parodontologie“ (Tätigkeitsschwerpunkt; registriert bei der LZKH)