

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Klinik und Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
Direktor: Univ.-Prof. Dr. Dr. F. Bollmann

Zur Anwendungsreife des neuen Wurzelstiftsystems „OptiPost“

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

vorgelegt von
Schmiing, Tanja
aus Haren / Ems

2005

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

Dekan:

Univ.-Prof. Dr. H. Jürgens

1. Berichterstatter:

Herr em. Univ.-Prof. Dr. R. Maxkors

2. Berichterstatter:

Herr Prof. Dr. E. Schäfer

Tag der mündlichen Prüfung:

11.8.2005

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Klinik und Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
Direktor: Univ.-Prof. Dr. Dr. F. Bollmann

Referent: Herr em. Univ.-Prof. Dr. R. Marxkors
Koreferent: Herr Prof. Dr. E. Schäfer

ZUSAMMENFASSUNG

Tanja Schmiing

Zur Anwendungsreife des neuen Wurzelstiftsystems "OptiPost"

1997 wurde ein neu entwickeltes Wurzelstift-System, "OptiPost" genannt, auf den Markt gebracht. Das Besondere dieses Systems besteht darin, dass für die oberen und unteren Frontzähne sowie für die oberen und unteren Prämolaren jeweils ein spezieller konfektionierter Stift entwickelt wurde. Da für die mittleren und seitlichen unteren Schneidezähne der gleiche Stift vorgesehen ist, enthält das System neun unterschiedliche Stifte. Es handelt sich um gestufte Stifte, damit in den nach apikal konisch zulaufenden Lumina der Wurzelkanäle eine möglichst starke Friktion erreicht wird.

Da es sich um konfektionierte, passiv parallele Stifte handelt, sind jeweils zum Stift passende Kanalformer notwendig, die als diamantierte Schleifkörper gearbeitet sind. Zusätzlich zu den Stufenformern wurden für die Stifte, die aus vier zylindrischen Teilabschnitten bestehen, diamantierte Pilotschleifer geliefert.

Diese neuen Wurzelstiftaufbauten sollten unter den Bedingungen einer allgemeinen Zahnärztlichen Praxis auf ihre Anwendung geprüft werden.

In der Zeit von Juli 1997 bis April 1999 wurden 257 Stifte in 216 Zähne eingesetzt. Die Aufbereitung der Lumina verlief in der überwiegenden Zahl der Fälle unproblematisch. Allerdings stellte sich heraus, dass trotz der Pilotschleifer beim Versenken des Stufenformers in die Wurzeln der oberen Frontzähne und der unteren zweiten Prämolaren in der Endphase Hitzeentwicklungen auftraten, und zwar in folgender Häufigkeit: 15 mal von 24 beim oberen Eckzahn, 9 mal von 24 beim oberen mittleren Schneidezahn, 2 mal von 18 beim oberen seitlichen Schneidezahn und 2 mal von 27 beim unteren zweiten Prämolaren.

Die Hitzeentwicklung belästigt den Patienten und stört und verzögert den Behandlungsablauf, weil der Schleifprozess wiederholt wegen notwendiger Kühlungen unterbrochen werden muss. Auf Grund dieser Erfahrungen hat der Hersteller die diamantierten Pilotschleifer durch Vorbohrer aus Hartmetall (Wolfram-Karbid) ersetzt, welche die Form der diamantierten Stufenformer haben, allerdings geringfügig kleiner sind.

Die Retention der Stifte in den mit den Stufenbohrern ausgeformten Kanallumina kann man als sehr gut bezeichnen. Infolge einer geringen Spielpassung und der Dekompressionsnuten ließen sich alle Stifte beim Zementieren exakt in die Sollposition bringen.

Die Form des radikulären Teils der Wurzelstiftaufbauten wurde vor dem Zementieren röntgenologisch überprüft. Das Ergebnis war überzeugend. Alle Wurzelstifte erwiesen sich als der Wurzelmorphologie gut angepasst. Unerwünschte Schwächungen der Dentinwandstärken konnten nicht beobachtet werden. Die Form des koronarien Teils der Wurzelstiftaufbauten ist angesichts der Vielfalt individueller okklusaler Morphologien gut. Gelegentliche Schleifkorrekturen können nicht als Nachteil gewertet werden.

Tag der mündlichen Prüfung: 11.8.2005

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Ziel und Fragestellung der eigenen Untersuchung	3
3	Literaturübersicht zum Thema	4
4	Material und Methode	8
4.1	Die Wurzelstiftaufbauten	8
4.2	Das Instrumentarium	10
4.3	Vorversuche	12
4.4	Behandlungsablauf am Patienten	15
4.5	Klinische Erprobung der Wurzelstiftaufbauten für	18
4.5.1	Obere zentrale Incisivi	18
4.5.2	Obere laterale Incisivi	21
4.5.3	Obere Canini	24
4.5.4	Obere erste Prämolaren	27
4.5.5	Obere zweite Prämolaren	30
4.5.6	Untere Incisivi	33
4.5.7	Untere Canini	36
4.5.8	Untere erste Prämolaren	39
4.5.9	Untere zweite Prämolaren	42
4.5.10	Sonderfälle	45
5	Ergebnisse	47
6	Diskussion	52
7	Zusammenfassung	62
8	Literaturverzeichnis	64
9	Lebenslauf	70
10	Danksagung	71

1 Einleitung

Als 1975, gerichtlich erstritten, Zahnersatz als Sachleistung deklariert wurde, **musste** die Krankenkasse notwendigen und zweckmäßigen Zahnersatz bezuschussen. Es folgte ein Prothetik-Boom, in dessen Gefolge sich das Behandlungsinstrumentarium, die Werkstoffe und die Fertigungstechniken im Labor rasant entwickelten. So ergaben sich auf der einen Seite, der zahnmedizinischen, immer feinere, verbesserte Möglichkeiten, Defekte zu kompensieren, und auf der anderen Seite, auf Seiten der Patienten, wuchs der Glaube an die Omnipotenz der Technik. Ihre Denkweise war: „Was soll ich mich zurückhalten, wenn mir Süßigkeiten so gut schmecken. Wenn ein Schaden entsteht, dann wird er eben behoben.“

Auch in der Zahnerhaltung blieb die Entwicklung nicht stehen. Sie verlief weniger spektakulär, aber stetig. In drei Bereichen wurde der Fortschritt besonders deutlich, in der adhäsiven Füllungstechnik, in der Wurzelkanalbehandlung und in der Kariesprophylaxe. Und, beeinflusst durch die Ergebnisse der Prophylaxe in den Nachbarländern Schweiz, Holland, Schweden und Norwegen, setzte allmählich bei den Patienten wie bei den Zahnärzten ein Umdenken ein. Man kam zu der Erkenntnis, dass im Allgemeinen das Original besser ist als der Ersatz. Die Ehrfurcht vor natürlicher gesunder Zahnschubstanz setzte sich durch. *Bezüglich der Kariesbehandlung galt als Leitlinie „minimal invasiv“, bezüglich der Zahnerhaltung galt als Maxime „keine Extraktion“, wenn der pulpatote Zahn durch eine exakte Wurzelkanalbehandlung erhalten werden kann.* Bezüglich der Stabilisierung wurzelkanalbehandelter Zähne durch Wurzelstifte haben sich die therapeutischen Ansätze jedoch geändert. Früher hieß es: „Ein pulpatoter wurzelkanalbehandelter Zahn muss durch einen Wurzelstift stabilisiert werden.“ Diese Forderung kann heute so allgemein nicht mehr aufrechterhalten werden. Es gilt zu differenzieren, wieviel natürliche Zahnschubstanz von der klinischen Krone noch vorhanden ist. Ist eine zentrale Zugangskavität zirkulär von stabilen Kronenwänden umgeben, kann der Kern mittels Adhäsivtechnik durch geeignete Kompositmaterialien direkt aufgebaut werden [8, 59].

Fehlt aber die natürliche Hartschubstanz der klinischen Krone weitgehend oder ganz, dann werden Wurzelstiftaufbauten notwendig, auf denen künstliche Kronen einen sicheren Halt finden [10, 62].

Wurzelstiftaufbauten sind insofern ein Bindeglied zwischen Endodontie und Prothetik, als der radikuläre Anteil fest im Wurzelkern verankert wird, während auf dem koronalen Teil die künstliche Krone fixiert wird.

Wurzelstiftaufbauten sind keineswegs problemlos. Lockerungen der Stifte im Wurzelkanal, Brüche der Stifte, Perforationen der Wurzeln, Wurzelsprengungen, Wurzelfrakturen können zu partiellen oder totalen Misserfolgen führen.

Diese resultieren fast ausnahmslos aus dem Umstand, dass es schwierig ist, in einem konischen Lumen einen Stift dauerhaft fest zu verankern. Diese Vorgaben erklären, warum das Thema Wurzelstifte über Jahrzehnte aktuell geblieben ist, und warum die Vorschläge für die Nutzung des Lumens im Hinblick auf eine dauerhafte Verankerung des Stiftes darinnen so zahlreich sind [12, 15, 18, 20, 29, 30, 31].

2 Ziel und Fragestellung der eigenen Untersuchung

Aus der aufgezeigten Problematik erklären sich die Bemühungen, das Thema Stiftverankerung weiterhin zu bearbeiten und nach besseren Lösungen zu suchen. Als Ergebnis solcher Bestrebungen wurde von MARXKORS, D., MARXKORS, R., und NEUMEYER, St. vorgeschlagen, das konische Lumen abschnittsweise in parallele Segmente umzuformen und den so geschaffenen Raum mit formkongruenten Stufenstiften auszufüllen [33,34]. Prima vista ist ein solches Verfahren bezüglich des Haltes sehr erfolgversprechend, bezüglich der Vielgestaltigkeit der Querschnittsformen der Wurzeln aber auch risikoreich. Natürlich waren sich die Autoren dieses Problems bewusst. Um aber ein viel versprechendes Prinzip für die unterschiedlichen Zähne des Gebisses nutzbar zu machen, haben sie jeweils für die ein- und zweiwurzeligen Zähne spezielle Stifte entwickelt, deren Form und Dimensionen den Lumina der Wurzeln der unterschiedlichen Zahntypen entsprechen. So ergaben sich neun verschiedene Stifte, die folgenden Zähnen zuzuordnen sind: oberen mittleren Schneidezähnen, oberen seitlichen Schneidezähnen, oberen Eckzähnen, oberen ersten Prämolaren, oberen zweiten Prämolaren, unteren Schneidezähnen, unteren Eckzähnen, unteren ersten Prämolaren und unteren zweiten Prämolaren.

Über klinische Erfahrungen lagen bisher nur Einzelberichte vor, keine Ergebnisse über Feldstudien. Es war daher das Ziel dieser Arbeit zu untersuchen, wie sich das System unter den Bedingungen der Praxis handhaben und anwenden lässt.

3 Literaturübersicht zum Thema

Noch in den 50er Jahren des 20. Jahrhundert war bei der Behandlung von pulpatoten Zähnen, die mit Hilfe von Stiften, die im Wurzelkanal verankert wurden, von Stiftkronen die Rede. Dieser Begriff entsprach durchaus dem Sachverhalt, weil Stift und Krone eine Einheit bildeten. Es handelte sich in der ersten Hälfte des 20. Jahrhundert fast ausschließlich um die Richmondkrone, eine Stiftkrone mit Vollring oder, exakter formuliert, eine Krone mit Stiftkappe. Auf die Kappe, die nach labial entsprechend dem Verlauf des Gingivalsaumes abgeschrägt verläuft, wird eine Porzellan-Langstiftfacette passender Form und Farbe aufgeschliffen und befestigt, und zwar in der Weise, dass eine individuell modellierte Rückenplatte in Metall gegossen und auf die Kappe aufgelötet wurde. In diesem Metallrücken wird die Facette durch Zementieren und Vernieten der Krampons befestigt [22]. Naturgemäß ließ sich der Ring nicht gänzlich in der Zahnfleischfurchen unterbringen, ohne parodontale Reizungen zu verursachen. Folglich blieben auch ästhetische Wünsche offen. Zur Minderung der parodontalen Reizungen durch die aus Blech gelöteten und direkt am Patienten zugeschnittenen und angepassten Ringe, deren Exaktheit begrenzt waren, wurden die Ringkappen indirekt hergestellt, indem sie nach Abformung des Stumpfes und Modellherstellung in Wachs modelliert und gegossen wurden. Die Gusskappen waren zwar genauer, das ästhetische Problem aber blieb bestehen [48]. Dieses wurde erst, zumindest näherungsweise, dadurch gelöst, dass man auf den Vollring verzichtete und nur einen Halbring anfertigte, der bei Stiftkronen für obere Frontzähne palatinal lag [23]. Durch den Halbring sollten die funktionellen Kräfte, die auf die Palatinalfläche oberer Frontzähne auftreffen, auf den gesamten Stumpf übertragen werden.

Wenngleich die Präzision und die Ästhetik verbessert wurden, so hafteten den Stiftkronen noch immer erhebliche Nachteile an. Eine defekte Krone lässt sich praktisch nicht korrigieren oder erneuern. Man müsste die Stiftkrone in ihrer Gesamtheit aus der Wurzel entfernen, was mit großen Gefahren für die Wurzel verbunden ist. Ein weiterer Nachteil offenbart sich dann, wenn eine Stiftkrone als Brückenanker dienen soll. In den meisten Fällen bestehen Disparallelitäten z.B. zwischen präparierten Zähnen im Seitenzahnbereich und dem Richtungsverlauf der Wurzelkanäle von Frontzähnen.

Angesichts solcher Schwierigkeiten war die Trennung von Stift und Krone absolut folgerichtig [48]. Die Stifte müssen allerdings mit einem Aufbau versehen sein, der einem für die Aufnahme einer Krone präparierten Zahn entspricht, damit eine Krone darauf Halt findet. Man sprach daher nicht mehr

von Stiftkronen, sondern von Wurzelstiftaufbauten. Die Fragestellungen, die sich um diese Therapiemittel ranken, sind zahlreich. Sie beziehen sich auf die Länge der Stifte, auf ihre Form und Stärke, auf den Halt im Wurzelkanal durch (mechanische) Friktion und Zement sowie um das Stiftmaterial. Und nicht zuletzt geht es um den behandlingstechnischen Aufwand.

Länge: Was die Länge des Stiftes im Kanal anbetrifft, so besteht weitgehend Einigkeit darüber, dass der Stift $\frac{2}{3}$ des Wurzelkanals ausfüllen sollte oder wenigstens so lang sein sollte wie die klinische Krone [2, 19, 22, 53]. Apikal sollte die Wurzelfüllung in einer Länge von 3-5 mm unangetastet bleiben [19, 41, 43, 53]. Diese Forderungen sind im Hinblick auf die Hebelverhältnisse sehr plausibel, allein, sie lassen sich nicht immer erfüllen. Der Grund dafür liegt in der ungünstigen Relation der Wurzellänge zur Kronenlänge. Bei zahlreichen oberen mittleren Schneidezähnen z. B. ist die Krone annähernd so lang wie die Wurzel. Belässt man nur drei mm der apikalen Wurzelfüllung, dann ist der Stift kürzer als die Krone.

Form: Bezüglich der Form der Stifte gibt es in der Literatur die unterschiedlichsten Vorschläge. Alle Vorschläge resultieren aus der Fragestellung, wie man in einem konischen Kanallumen Stifte möglichst fest verankern kann, ohne die Wurzel selbst zu gefährden. Als Ergebnis der einschlägigen Überlegungen resultiert gewissermaßen ein Kernsatz: „Stift und Stiftbett müssen in vollem Umfang übereinstimmen“ [22, 35, 41, 48]. Daraus folgt, dass man individuelle Stifte anfertigt. Die Vorgehensweise war in der Zeit vor der „Silikonära“ sehr mühsam. Mit einem halbindividuellen Stift und Wachs wurde das Kanallumen abgeformt [23]. Geschickte Zahnärzte modellierten auch den Aufbau direkt im Munde des Patienten, wenn die Okklusionsverhältnisse es zuließen, dass der Stift den Wachsaufbau etwa 1 cm überragt, damit er als Gussstift dienen kann. Im Labor wird dann der Stiftaufbau in toto in Metall gegossen. Es versteht sich von selbst, dass der Aufbau am Patienten nachgeschliffen werden musste.

Wird der Aufbau nicht im Munde modelliert, wird über der Stift-Wachs-Abformung des Kanallumens ein Kupferring-Kerr Abdruck genommen und darüber eine Gesamtabformung, früher mit Abdruckgips [23], später mit einem festen Silikon. Natürlich muss auch der Gegenkiefer abgeformt werden. Sofern die Modelle nicht an Hand einer ausreichenden Bezahnung einander zugeordnet werden können, muss mit Hilfe von Registrierschablonen eine Kieferrelationsbestimmung vorgenommen werden. Im zahntechnischen Labor kann dann der Stiftaufbau exakt in den Zahnbogen und korrekt zu den Antagonisten

hergestellt werden.

Als die Silikone bezüglich ihrer Qualität und Verarbeitungstechniken verbessert worden waren, wurde die Abformung des Kanallumens und des Gesamtkiefers mit Hilfe der Doppelmischtechnik in einem Schritt vorgenommen. Das Kanallumen wurde mittels Lentulo mit dünn- bis mittelfließendem Material gefüllt, unmittelbar danach wurde der Löffel mit knetbarem Silikon nachgeschoben [35]. Die Anfertigung des Wurzelstiftaufbaues erfolgte wiederum im Labor.

Die unterschiedlichen Vorgehensweisen „direkte“ Herstellung des Wurzelstiftes nach Wachsabformung und „indirekte“ Herstellung über ein Modell vom Kanallumen provoziert naturgemäß die Frage, welches Verfahren zu den besseren Ergebnissen führt. HERZOG, M. und CZIRJAK, K. haben diese Frage nach umfangreichen experimentellen Studien wie folgt beantwortet: Bei indirekten Stiften ist der Spalt durchschnittlich 150 µm größer als bei direkten Stiften [17].

Angesichts der Umständlichkeit der Herstellung indirekter Stiftaufbauten und relativen Ungenauigkeiten fehlt es nicht an Versuchen, präfabrizierte genormte Stifte zu entwickeln. Zu genormten Stiften gehören naturgemäß genormte Vorbohrer. Sofern die konfektionierten Stifte parallel passiv sind, erreicht man in konischen Lumina immer nur auf einer Teilstrecke die geforderte Übereinstimmung von Stift und Stiftbett. Natürlich werden Stifte verschiedener Stärke angeboten. Wird in der Absicht, im apikalen Drittel eine Perforation zu vermeiden, ein dünner Stift verwendet, kommt auf Grund der nur geringen kongruenten Fläche auch nur ein geringer mechanischer Halt zustande. Verwendet man einen dickeren Stift, so muss dieser, um der Gefahr einer Perforation zu entgehen, entsprechend kürzer sein. So ergibt sich in der Regel kaum eine größere Friktionsfläche [33, 41].

Bei den dünneren passiv-parallelen Stiften besteht einerseits die Gefahr der Lockerung und andererseits die Gefahr des Stiftbruchs. Bei den dickeren passiv-parallelen Stiften ist die Gefahr des Bruches wesentlich geringer, die Gefahr der Lockerung besteht aber auch bei diesen.

Die bei parallel passiven Stiften offen bleibenden Erweiterungen werden mit dem zum Einsetzen verwendeten Zement aufgefüllt. Das kann insbesondere bei dünnen Stiften von Nachteil sein, indem sie mangels eigener Stabilität die auf die Krone einwirkenden Kräfte auf den Zement übertragen. Der Zement ist solchen Kräften auf Dauer nicht gewachsen, er zerbröseln. Es kommt zum Bruch oder zur Lockerung des Stiftes [49].

Die begrenzte Festigkeit des Zementes führt auch zu der Forderung, dass der Aufbau fugenfrei dem Zahnstumpf aufsitzen muss. Dickere Zementschichten zwischen Stumpf und Aufbau halten auch hier den einwirkenden Kräften nicht

Stand, so dass nach allmählicher Zerbröselung ein Spalt entsteht, wodurch es im Querschnitt des Stiftes zu vermehrten Spannungen kommt, die infolge Materialermüdung zum Bruch führt [22, 41, 48].

Bei den Stiffaufbauten ist auch untersucht worden, welche Zusammenhänge zwischen den Rauigkeiten der Kanalwände und der Stiftoberfläche bestehen. NERGIZ u. a. haben sich in besonderer Weise mit dieser Thematik beschäftigt [39, 40]. Die umfangreichen Untersuchungen wurden mit genormten konischen Stiften durchgeführt. Als Befestigungsmittel wurde der Zinkoxidphosphatzement Tenet verwendet. Die geringsten Abzugskräfte (218 N) ergaben sich, wenn glatte Stifte in glattwandige Kanäle zementiert wurden. Die Rautiefe der glattwandigen Stifte betrug ca. 2 μm , die der glatten Kanalwand ca. 5 μm . Sandgestrahlte Stifte wiesen eine Rautiefe von ca. 13 μm auf, die mit einem diamantierten Instrument bearbeiteten Kanalwände eine Rautiefe von ca. 21 μm . Wurden die Stifte sandgestrahlt und die Kanalwände mit Diamanten aufgeraut, erhöhten sich die Abzugskräfte auf 836 N; das ist das 3,8 fache.

Wegen der doch relativ hohen Misserfolgsrate mit parallel-passiven Stiften wurden auch parallel-aktive Stifte entwickelt. Es handelt sich dabei um Stifte, die mit Gewinde versehen sind. In konischen Lumina sind solche Stifte zumeist nur mit wenigen Windungen im Dentin verankert. Das zervikal trichterförmig erweiterte Kanallumen wird mit Zement gefüllt. Dieser wird bei horizontaler Krafteinwirkung komprimiert. Als Folge davon entstehen im Metall die stärksten inneren Spannungen dort, wo der Stift das Dentin verlässt. Aufgrund der Kaltverformung kommt es zur Versprödung des Materials und schließlich zum Bruch mitten im Kanal [35, 52].

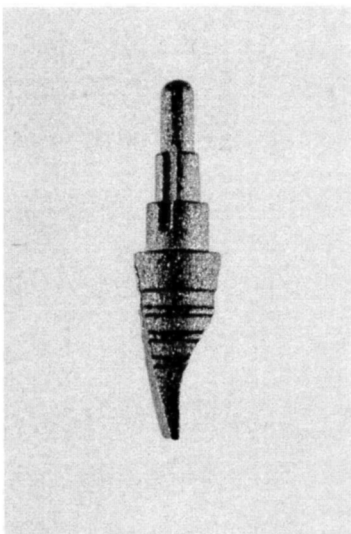
Von konfektionierten konisch-aktiven Stiften wird mehrheitlich abgeraten [34, 41, 42, 45, 52].

4 Material und Methode

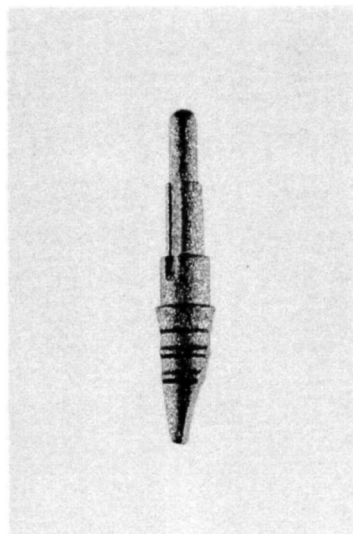
4.1 Die Wurzelstiftaufbauten

Gestufte Wurzelstifte werden seit 1997 unter der Bezeichnung OptiPost angeboten. Das Besondere dieses Systems besteht darin, dass nicht einige kürzere und längere, dünnere und dickere Wurzelstifte zur Auswahl stehen, sondern dass für alle Frontzähne und Prämolaren von Ober- und Unterkiefer spezielle Stifte angefertigt wurden. Es handelt sich um neun unterschiedliche Wurzelstiftaufbauten (Abb. 1 a bis i). Sie sind bestimmt für

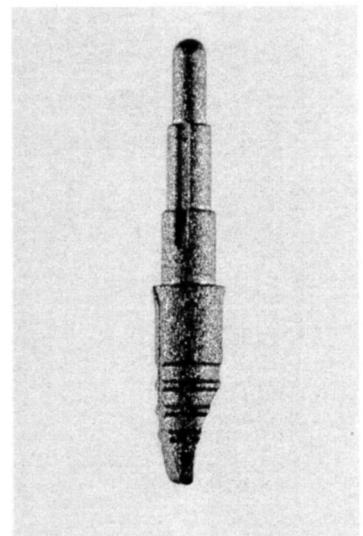
- a. Obere mittlere Incisivi
- b. Obere seitliche Incisivi
- c. Obere Canini
- d. Obere erste Prämolaren
- e. Obere zweite Prämolaren
- f. Untere Inzisivi (hier wird nicht unterschieden zwischen mittleren und seitlichen)
- g. Untere Canini
- h. Untere erste Prämolaren und
- i. Untere zweite Prämolaren (Abb. 1)



a



b



c

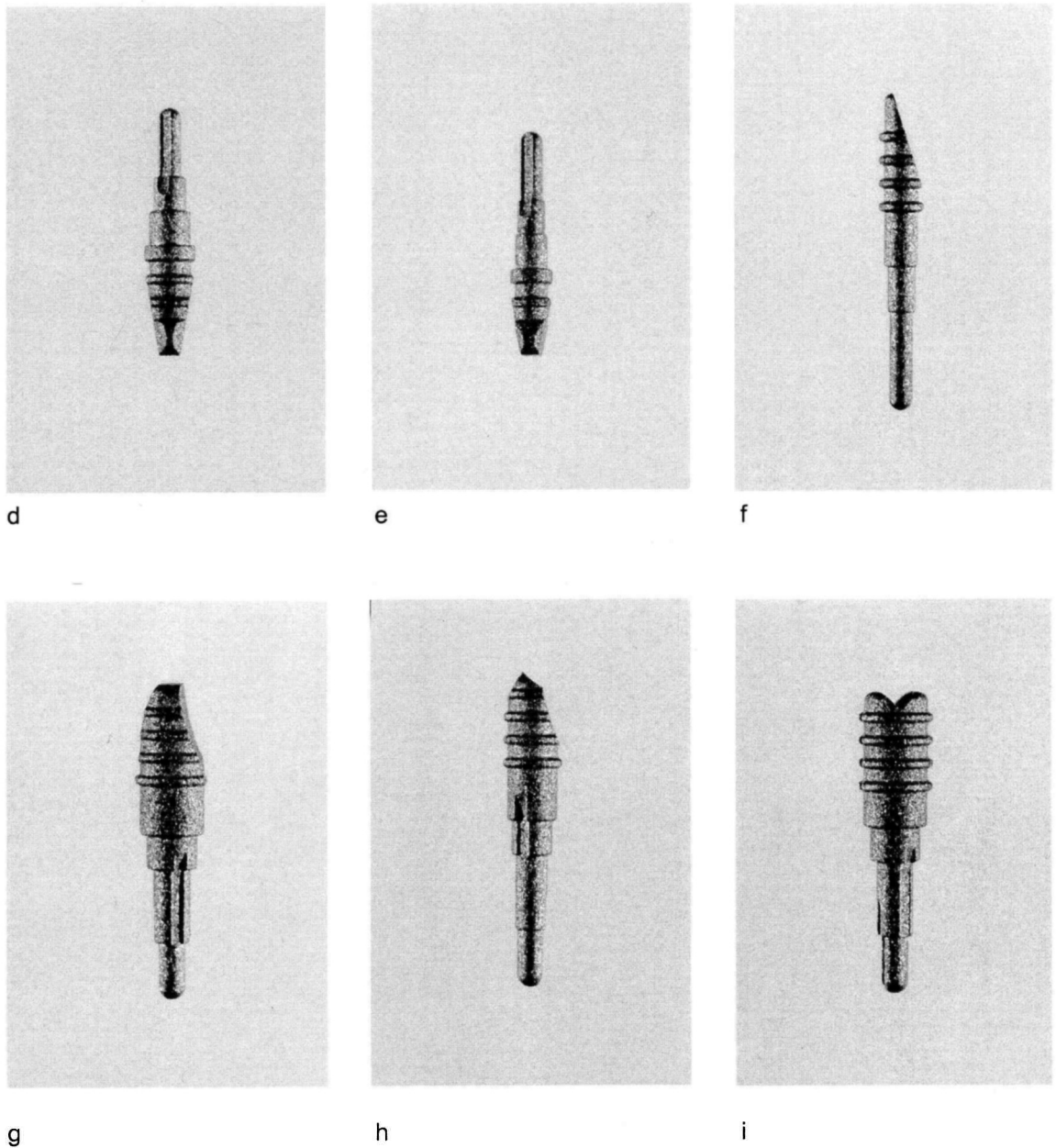


Abb. 1: Die neun Wurzelstiftaufbauten des OptiPost-Systems.

Die Werte für die Dimensionierung der Stifte wurden gewonnen durch Vermessung einer jeweils großen Zahl natürlicher, extrahierter, unversehrter Zähne der genannten Zahntypen [1, 33]. Bei der Festlegung der Maße der einzelnen zylindrischen Teilstücke bezüglich Durchmesser und Länge wurde sorgfältig darauf geachtet, dass die verbleibende Wandstärke an keiner Stelle geringer als 1 mm ist.

Auch die Werte für die Form und Größe der koronalen Teile der Wurzelstiftaufbauten resultieren aus der Vermessung natürlicher Zähne.

4.2 Das Instrumentarium

Für das Inserieren genormter konfektionierter Wurzelstifte benötigt man entsprechende Wurzelkanalformer. Zunächst muss in den oberen $\frac{2}{3}$ der Wurzel die Wurzelfüllung wieder entfernt werden. Dafür eignen sich die Erweiterer nach „Peeso“ (Firma Gebr. Brasseler). Beginnen muss man mit einem relativ großen Erweiterer, der, wenn möglich, im Querschnitt etwas stärker ist als die Wurzelfüllung, damit diese zerspannt und nicht herausgezogen wird. Anschließend sind Erweiterer kleineren Durchmessers einzusetzen. Der letzte sollte im Querschnitt etwas geringer sein als das apikale Segment des Wurzelstiftes.

Für die definitive Aufbereitung der Wurzelkanäle, durch welche für die Wurzelstifte die passenden Lumina geschaffen werden, wurden jeweils diamantierte gestufte Schleifkörper hergestellt (Abb. 2). Es zeigte sich jedoch, dass bei der Anwendung der Stufenformer für Stifte mit vier parallelen Abschnitten Probleme auftraten. Es musste ein zu starker Druck aufgewendet werden, wenn die vierte Stufe zu greifen beginnt. Die Folge war eine zu starke Erwärmung des Instrumentes und der Wurzel. Die Ursache ist wohl darin zusehen, dass bei diamantierten Schleifkörpern der Abtransport der Späne erschwert ist. Aus diesem Grunde wurden für die Wurzel der oberen Frontzähne, der unteren Eckzähne und der unteren Prämolaren jeweils diamantierte Pilotschleifer entwickelt. Deren Form ergibt sich zwangsläufig durch eine Hüllkurve, welche die zervikalen Ecken der zylindrischen Teilstücke des Wurzelstiftes miteinander verbindet (Abb. 3).

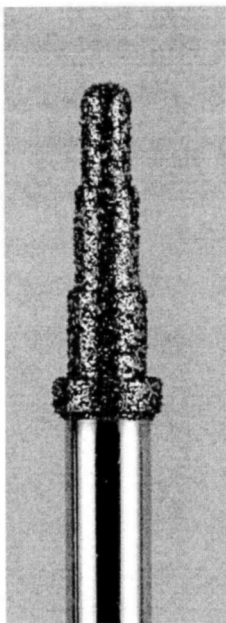
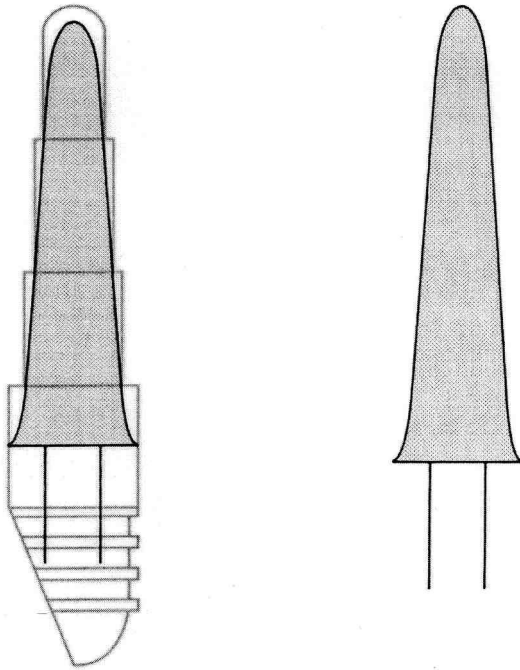


Abb. 2: Stufenformer für oberen Eckzahn



a

b

Abb. 3: Pilotschleifer:

a: Entwicklung

b: das fertige Instrument

Das Arbeiten mit diamantierten Wurzelkanalformern hat den Vorteil, dass die Kanalwände eine gewisse Rauigkeit aufweisen, was zu einer erheblich erhöhten Haftung des Stiftes nach dem Zementieren führt. Eingeschliffene Dekompressionsnuten sorgen dafür, dass der Zementüberschuss abfließen kann.

4.3 Vorversuche

Um sich mit dem Instrumentarium und den Behandlungsschritten vertraut zu machen, wurde das OptiPost-System zunächst an natürlichen extrahierten, wurzelkanalgefüllten Zähnen getestet. Die Vorversuche erstreckten sich auf je zwei Zähne der unterschiedlichen zehn Zahntypen. Zunächst wurde mit den empfohlenen Kanalerweiterern vom zervikalen Eingang her $\frac{2}{3}$ der Wurzelkanalfüllung entfernt. Sodann wurde bei den Zähnen 1, 2, 3 oben und 3, 4, 5 unten der Pilotschleifer in voller Länge in die Wurzel eingeführt. Abschließend wurde mit dem Wurzelkanalformer das Stiftbett präpariert. Alle Instrumente wurden im grünen Winkelstück bei 2000 bis 6000 Umdrehungen pro Minute getestet. Dabei zeigte sich, dass beim Arbeiten mit dem Stufenformer in einigen Fällen eine verhältnismäßig starke Hitzeentwicklung auftrat. Dies machte es notwendig, vermehrt intermittierend zu schleifen und in Abständen nach Herausnehmen des Stufenbohrers den Stumpf und das Instrument zu kühlen.

Alle Stifte fanden in den ihnen zugehörigen Stiftbetten einen guten mechanischen Halt. Bei eingesetztem Stift wurden die Wandstärken röntgenologisch kontrolliert. An keiner Stelle wurden Risikosituationen gefunden (Abb. 4).

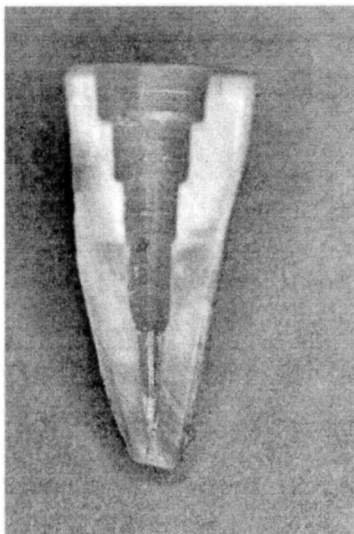


Abb. 4: Wurzel nach Präparation aufgeschnitten.

Bezüglich des Einsetzens der Wurzelstifte ergab sich naturgemäß die Frage, welcher Zement zu verwenden sei, Zinkphosphatzement oder Glas-Ionomer-Zement.

Die **Zinkphosphatzemente** sind seit Jahrzehnten das Standardmittel für das Einsetzen von Kronen- und Brückenarbeiten und Wurzelstiften. Es ist in allen Praxen vorhanden und Zahnärzte wie Hilfspersonal verfügen bezüglich der Verarbeitung und der Erfolgsaussichten über große Erfahrung. In abgebundenem Zustand ist die Klebekraft nur gering. Der Retentionseffekt entsteht durch ihre Härte. Die Härte kann sich aber nur dann positiv auswirken, wenn der Zement in einer gewissen Rauigkeit eine Verkeilung herbeiführt. Durch abziehende Kräfte müsste dann der Zement zertrümmert werden, ehe sich der Stift löst.

Die Festigkeit der Zinkphosphatzemente steigt mit zunehmendem Pulvergehalt der Mischung. Das vom Hersteller angegebene optimale Mischungsverhältnis muss daher stets exakt eingehalten werden.

Glas-Ionomer-Zemente wurden primär für die Füllungstherapie entwickelt, sie werden auch für das definitive Einsetzen von feststehendem Zahnersatz verwendet. Die Hauptkomponenten sind Silikatglas und Acrylsäurederivate. Das Abbindeverhalten wird durch Zugabe von Weinsäure optimiert.

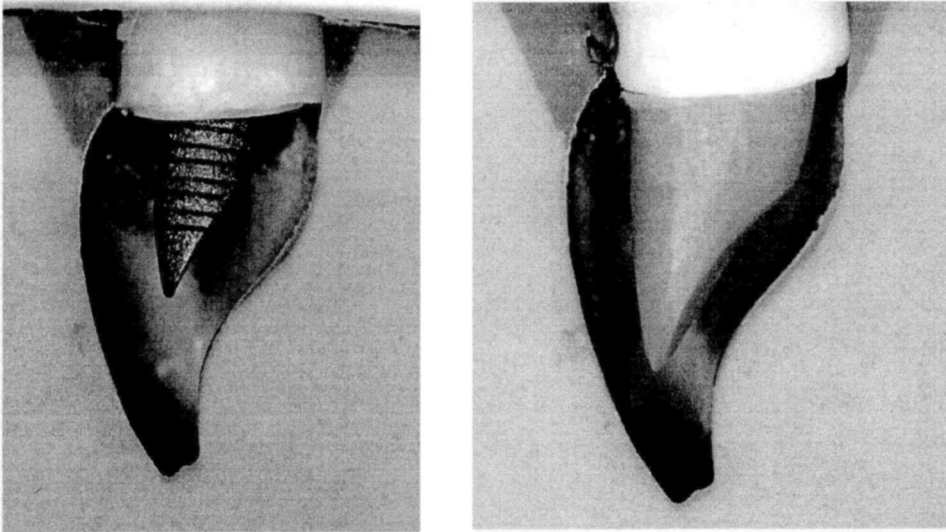
Die mechanischen Eigenschaften der Glas-Ionomer-Zemente sind denen der Zinkphosphatzemente vergleichbar bis überlegen [31]. Sie haften an Zahnhartsubstanz wie an oxidierten Metalloberflächen. Allerdings sind sie während der Abbindephase sehr empfindlich gegen Feuchtigkeit.

Nach Abwägen der Vor- und Nachteile haben wir uns entschlossen, beide Zemente zu verwenden, und zwar jeweils in der Hälfte der Fälle.

Verwendet wurde Zinkphosphatzement[®] der Firma Richter und Hoffmann und Ketac cem der Firma Espe[®].

Mit beiden Zementen ließen sich die Wurzelstifte problemlos in die Sollposition bringen.

Für das Individualisieren des koronalen Teils des Wurzelstiftaufbaus eignen sich Komposites mit möglichst hohem E-Modul. Verwendet wurde das Photopolymerisat Visio-Molar der Firma Espe (E-Modul = 14.000 MPa). Dieses Material wird in eine zugeschnittene Stripkrone gefüllt und in situ gebracht. Nach der Aushärtung entfernt man die Stripkrone und präpariert den Stumpf so, wie es für die Aufnahme der vorgesehenen Krone erforderlich ist (Abb. 5).



a

b

Abb. 5: Individualisierung des koronalen Aufbaus

- a. Die räumlichen Verhältnisse
- b. Der in das Raumangebot eingefügte Komposite-Aufbau.

Dabei ist mit Sorgfalt darauf zu achten, dass die Präparationsgrenze zirkulär wenigstens 2 mm apikal des Aufbaus liegt. Im Bereich dieser Zone muss die spätere Krone den Dentinstumpf umfassen (Abb. 6). Durch dieses als Ferrule (= Fassreifen), Design bezeichnete Präparationsprinzip entsteht ein stabilisierender Effekt für die Zahnwurzel, was sich positiv auf die Erfolgsdauer auswirkt [3, 16, 21, 32, 41, 42, 49].



Abb. 6: Präparation für Umfassung des Dentinstumpfes zervikal des Wurzelstiftaufbaues durch die definitive Krone.

4.4 Behandlungsablauf am Patienten

Nachdem sich die Handhabung der Instrumente und die empfohlene Vorgehensweise in den Vorversuchen als recht praktikabel erwiesen hatten, wurde am Patienten in gleicher Weise verfahren.

Voraussetzung für den Einsatz von OptiPosts war, dass bei dem zu versorgenden Zahn eine, röntgenologisch nachgewiesen, erfolgreiche endodontische Behandlung abgeschlossen war.

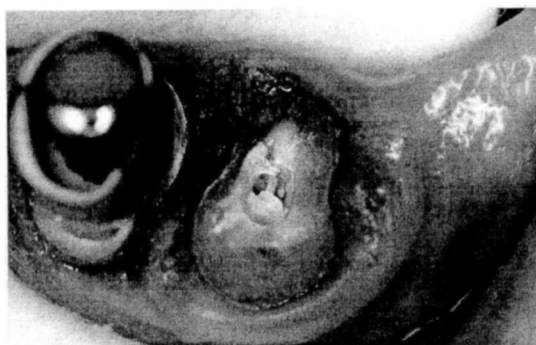
Beim Präparieren galt der Grundsatz, gesunde Hartschubstanz so weit wie möglich zu belassen und das Niveau des Stumpfes geringfügig oberhalb des Gingivalsaumens enden zu lassen. Das Wurzelfüllmaterial wird bis zur Arbeitslänge des jeweiligen Stufenformers entfernt (Abb. 7 a und b). Sofern Pilotschleifer vorgesehen sind, werden diese zur gezielten Vorerweiterung des Lumens im Wurzelkollagen in ihrer ganzen Länge versenkt (Abb. 7 c und d).

Mit dem Stufenformer wurde abschließend das Lumen des Kanals für den Formschluss mit dem Wurzelstift präpariert (Abb. 7 e und f). Dabei muss die Forderung erfüllt werden, dass durch die letzte Schleifstufe auf dem Stumpf ein Plateau entsteht, auf dem der Wurzelstiftaufbau spaltfrei aufliegt (Abb. 7 g) [22, 41, 42, 43, 44, 51].

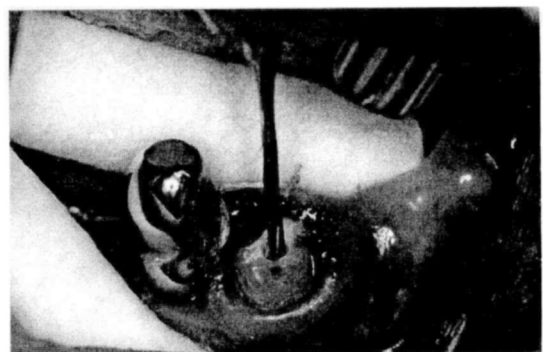
Vor dem Zementieren wurde bei platziertem Stift ein Röntgenbild angefertigt, um sicher zu sein, dass bei dem Ausschachten der Wurzel keine Risikosituation entstanden war.

Es folgten die Arbeitsschritte Zementieren, Individualisieren des koronalen Teils und die Präparation für die jeweils vorgesehene Krone.

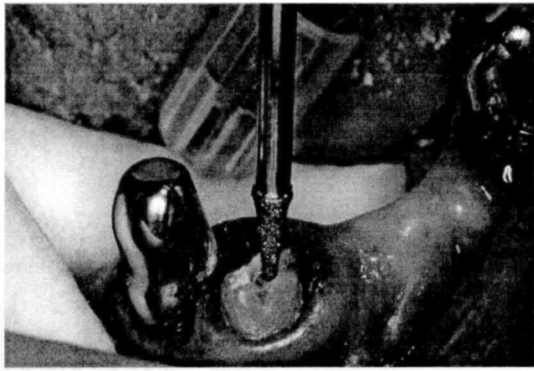
Für jeden mit einem OptiPost aufgebauten Zahn wurde der nachstehende Protokollbogen ausgefüllt.



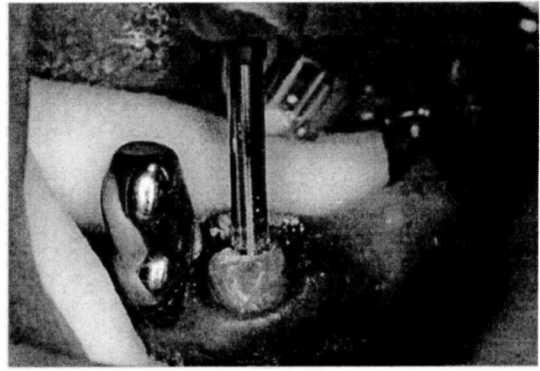
a



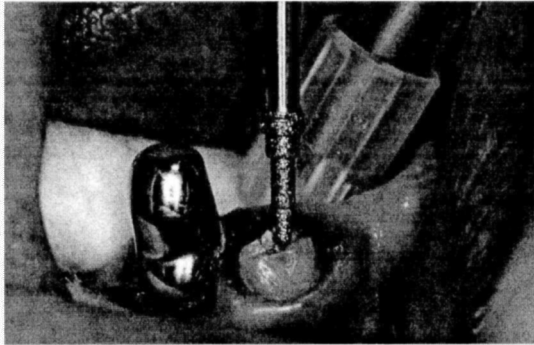
b



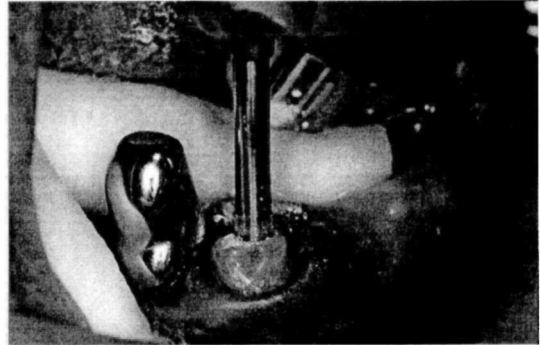
c



d



e



f



g

- Abb. 7: Klinisches Vorgehen bei der Versorgung einer Wurzel mit einem Wurzelstiftaufbau
- Der Befund: wurzelkanalgefüllter unterer Eckzahn mit fehlender klinischer Krone.
 - Entfernung der Wurzelfüllung bis zur Arbeitslänge des Stufenformers.
 - Vorerweiterung des Kanals mit dem Pilotschleifer.
 - Pilotschleifer in seiner ganzen Länge im Kanal versenkt.
 - Formung des Kanallumens mit dem Stufenformer
 - Stufenformer in ganzer Arbeitslänge im Kanal versenkt.
 - Wurzelstiftaufbau eingesetzt.

Auf der Grundlage der Erfahrungen an extrahierten Zähnen wurde folgender Fragebogen entworfen:

Fragebogen zur Anwendung des OptiPost-Wurzelstiftsystems

Patient: _____

behandelter Zahn: _____

verwendeter Stift: _____

Behandlungsablauf:

- Substanzabtrag Vorbohrer: gut unzureichend
- Substanzabtrag Stufenbohrer: gut unzureichend
- aufgewendeter Druck Vorbohrer: stark gering
- aufgewendeter Druck Stufenbohrer: stark gering
- Hitzeentwicklung Vorbohrer: stark gering
- Hitzeentwicklung Stufenbohrer: stark gering

Passgenauigkeit: Wurzelstift im Stiftbett:

- Friktion: gut unzureichend
- laterale Beweglichkeit im Stiftbett: stark gering
- vollständig in vorgeformtem Lumen versenkt: ja nein

Dimensionen Wurzelstift/Wurzelmorphologie:

- Länge Stift / Wurzel: $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ oder _____
- Wandschwächung? ja nein
- Via falsa? ja nein
- Apikale Füllung unversehrt? ja nein

Stift eingesetzt:

ja nein, Grund _____

• Zement: _____

• Aufbaumaterial: _____

Prothetische Nutzung:

4.5 Klinische Erprobung der Wurzelstiftaufbauten für

4.5.1 Obere zentrale Incisivi

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden 28 OptiPosts in mittlere Oberkieferschneidezähne eingesetzt.

Der Wurzelstift und das zum Stift zugehörige Instrumentarium, Pilotschleifer und Stufenformer, sind im Systemkasten farblich weiß markiert.

Pilotschleifer: Der Substanzabtrag der Pilotschleifer wurde in allen 28 Fällen als gut bewertet. Der zur Präparation aufgewendete Druck wurde als gering angegeben, Hitzeentwicklung während des Bohrens trat in keinem Fall auf. Der Pilotschleifer konnte in allen Fällen problemlos bis zur gesamten Arbeitslänge im Wurzeldentin versenkt werden.

Stufenformer: Der Substanzantrag des Stufenformers wurde nur in 19 Behandlungssituationen als gut bewertet; mit geringem Druck und dementsprechend geringer Hitzeentwicklung konnte der Stufenformer in seiner gesamten Länge im Wurzeldentin versenkt werden.

In 9 Fällen musste während der Präparation vermehrt Druck aufgewendet werden, begleitend trat deutliche Hitzeentwicklung auf. Der Substanzabtrag des Stufenformers erwies sich in diesen Fällen jedoch nicht während der gesamten Ausformung des Stiftbettes als reduziert, vielmehr traten die Faktoren verstärkter Druck und Hitzeentwicklung in allen Fällen ausschließlich im letzten Drittel des Bohrvorgangs auf, also dann, wenn der Stufenformer bereits zu 2/3 im Wurzeldentin versenkt war.

In diesen Fällen wurde die Stiftbettpräparation in verstärkt intermittierender Arbeitsweise fortgeführt. Zwischendurch wurde der Bohrer aus dem Kanal herausgenommen und gekühlt.

Passung radikulärer Teil: Alle 28 OptiPosts überzeugten durch eine gute Passgenauigkeit. Zur Überprüfung der Passgenauigkeit wurde der OptiPost unzementiert in den präparierten Zahnstumpf eingesetzt, manuell auf Beweglichkeit überprüft und anschließend geröntgt, um die Dimension des OptiPosts mit der individuellen Morphologie des Zahnes zu vergleichen. Alle 28 OptiPosts entsprachen in ihrer Länge etwa $\frac{2}{3}$ der Wurzellänge und zeigten sich in ihrer Dimension als der Wurzelmorphologie gut angepasst. Ungewollte Wurzelwandschwächungen waren in keinem der untersuchten Fälle

nachweisbar.

In allen 28 Fällen war die Friktion gut oder sogar sehr gut, denn überraschenderweise zeigte sich in 11 Fällen eine so deutliche Friktion der unzementiert ins Stiftbett eingesetzten OptiPosts, dass ein Herausziehen dieser Stifte aus dem Wurzelstumpf mit den Fingern nicht gelang, es musste eine Flachzange zu Hilfe genommen werden.

Da die Gefahr bestand, dass diese Stifte beim Einsetzen trotz der Dekompressionsnuten nicht exakt in die Sollposition gebracht werden konnten, wurde durch sanftes intermittierendes Nachpräparieren eine geringe „Spielpassung“ angestrebt, so dass der Stift mit den Fingern eingeschoben und herausgezogen werden konnte.

Passung koronaler Teil: Ein Beschleifen des koronalen Anteils vom OptiPost war in keinem Fall nötig, die Dimension dieses Stiftteiles ist so bemessen, dass er bei keinem der 28 Patienten die Okklusionsebene erreichte.

Zementierung: 12 der OptiPosts wurden mit Zinkphosphatzement eingesetzt, 16 mit Glas-Ionomer-Zement. Probleme traten nicht auf.

Individualisierung koronaler Teil: Beim Aufbau des Stumpfes und beim nachträglichen Präparieren ergaben sich keine Schwierigkeiten.

Prothetische Nutzung: 25 der so aufgebauten Zähne wurden mit Einzelkronen versehen, 3 dienten als Brückenpfeiler.

Nachkontrolle: Von den 28 mit OptiPosts versehenen Zähnen konnten 22 nachkontrolliert werden. Die jeweilige Tragedauer lag zwischen 68 und 47 Monaten. 21 dieser Zähne waren voll funktionstüchtig (Tabelle 1).

Optipost für obere mittlere Incisivi

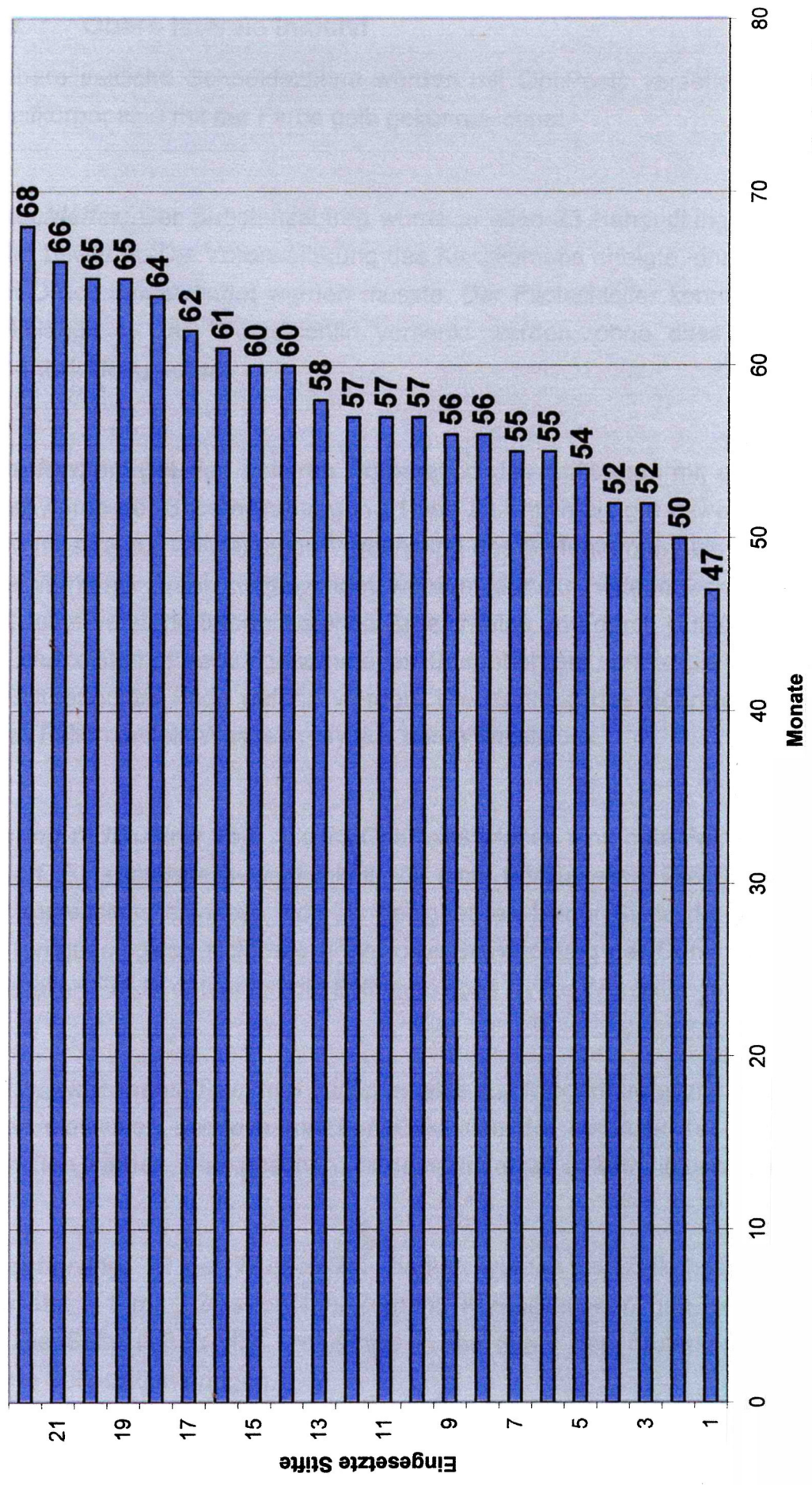


Tabelle 1

Optipost für obere mittlere Incisivi

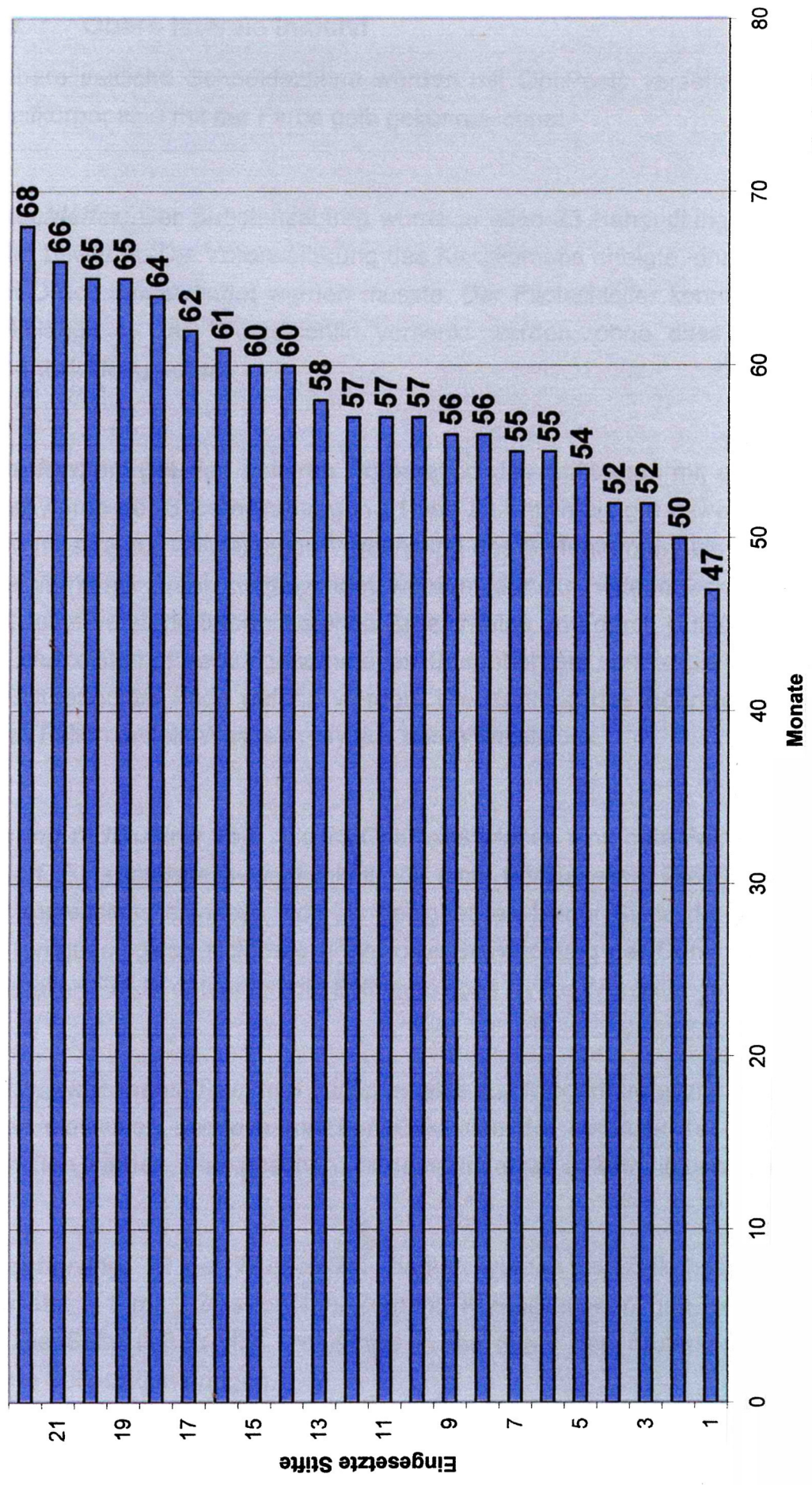


Tabelle 1

Individualisierung des koronalen Teils: Der Compositeaufbau auf dem koronalen Anteil bereitete keine Probleme.

Prothetische Nutzung: Die Wurzelstiftaufbauten dienten zwanzig Mal der Befestigung von Einzelkronen; in einem Falle wurde darauf eine Teleskopkrone gearbeitet. Zwei Stiftaufbauten wurden Bestandteil einer großen Brückenkonstruktion.

Nachkontrolle: 15 der 23 Wurzelstiftaufbauten konnten nachkontrolliert werden. 14 davon waren nach den angegebenen Zeiten voll funktionstüchtig. Ein Zahn musste nach 30 Monaten extrahiert werden (Tabelle 2).

Optipost für obere seitliche Incisivi

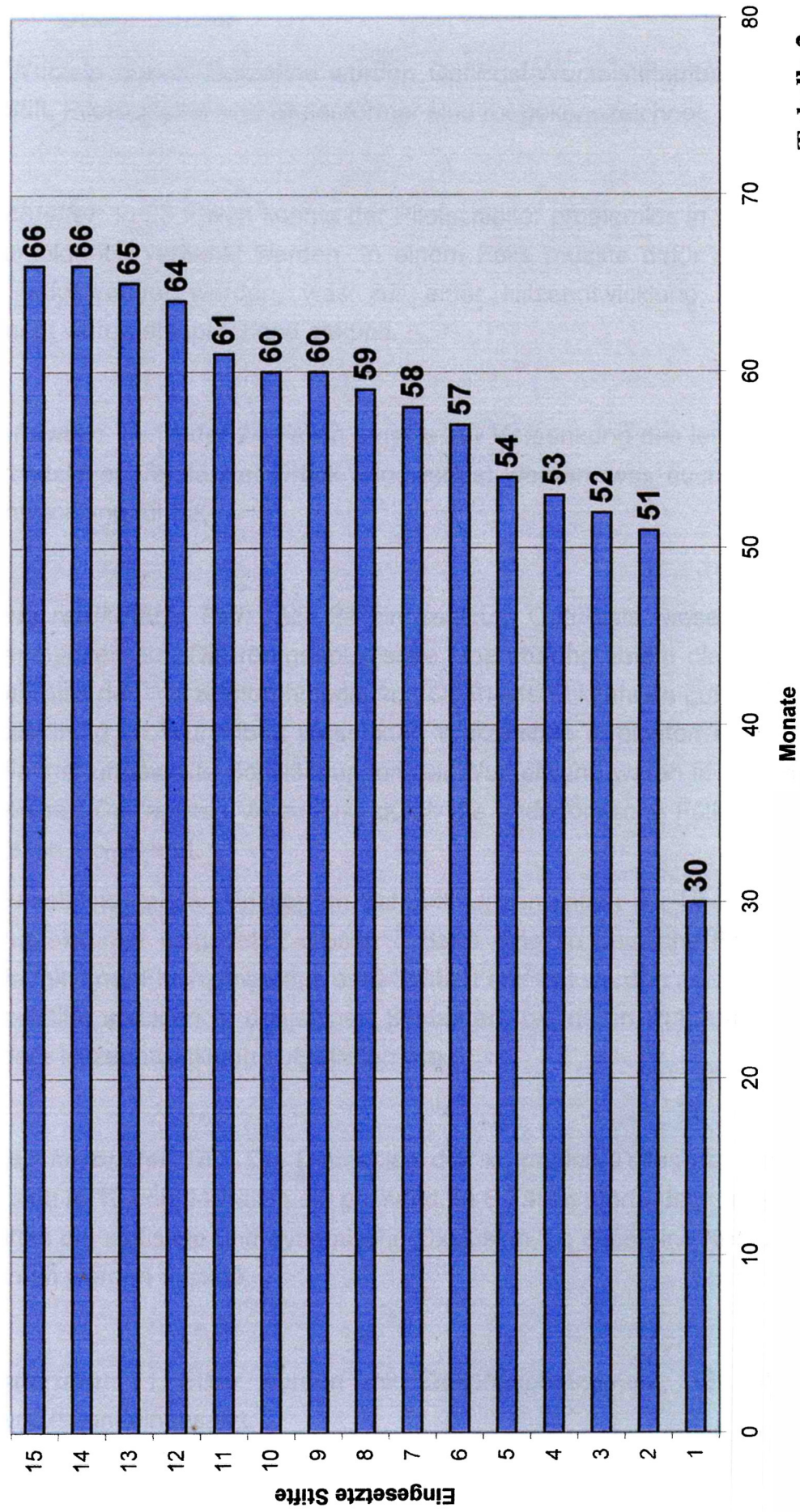


Tabelle 2

4.5.3 Obere Canini

In 24 Wurzeln oberer Eckzähne wurden OptiPost-Wurzelstiftaufbauten eingesetzt. Stift, Pilotschleifer und Stufenformer sind rot gekennzeichnet.

Pilotschleifer: In 23 Fällen konnte der Pilotschleifer problemlos in voller Länge ins Wurzeldentin versenkt werden. In einem Falle musste dafür ein erhöhter Druck angewendet werden, was zur einer Hitzeentwicklung führte. Das Instrument wurde entsprechend gekühlt.

Stufenformer: In 15 der 24 Fällen musste zur Versenkung des letzten Drittels des Arbeitsteiles verstärkter Druck angewendet werden, was auch wieder zur Hitzeentwicklung führte.

Passung radikulärer Teil: Alle 24 eingesetzten OptiPosts wiesen eine gute Passgenauigkeit auf. Die röntgenologische Überprüfung zeigte die Dimension der OptiPosts der Wurzelmorphologie von Oberkiefereckzähnen gut angepasst. Alle vollständig im Wurzelbett versenkten Wurzelstifte erreichten etwa $\frac{2}{3}$ der Wurzellänge; ungewollte Schwächungen der Wurzelwand waren in keinem Fall nachweisbar. Der apikale Verschluss durch die endodontische Füllung blieb in allen Fällen unversehrt.

Alle Wurzelstifte zeigten Friktion im Stiftbett. Unzementiert zur Überprüfung in den Wurzelstumpf eingesetzt, wiesen 5 Stifte eine so deutliche Friktion auf, dass sie mit einer Flachzange aus dem Stiftbett entfernt werden mussten. Diese 5 Wurzelstifte steckten in denjenigen Stiftbetten, bei deren Präparation keine besondere Hitzeentwicklung aufgetreten war.

Passung koronaler Teil: Die Dimension des koronalen Teiles der OptiPosts erwies sich in 19 von 24 Fällen als passend. In 5 Fällen störte der koronale Teil des Stiftes die statische und dynamische Okklusion, so dass eine Kürzung vorgenommen werden musste.

Zementierung: 11 Stifte wurden mit Zinkphosphatzement, 13 mit Glas-Ionomer-Zement eingesetzt.

Individualisierung koronaler Teil: Problemlos.

Prothetische Nutzung: 9 Einzelkronen, 4 Brückenpfeiler und 11 Teleskopkronen.

Nachkontrolle: 15 der 24 OptiPost-Wurzelstiftaufbauten konnten nachkontrolliert werden. Sie waren ausnahmslos voll funktionstüchtig, die ältesten 69 Monate, die jüngsten 47 Monate (Tabelle 3).

Optipost für obere Canini

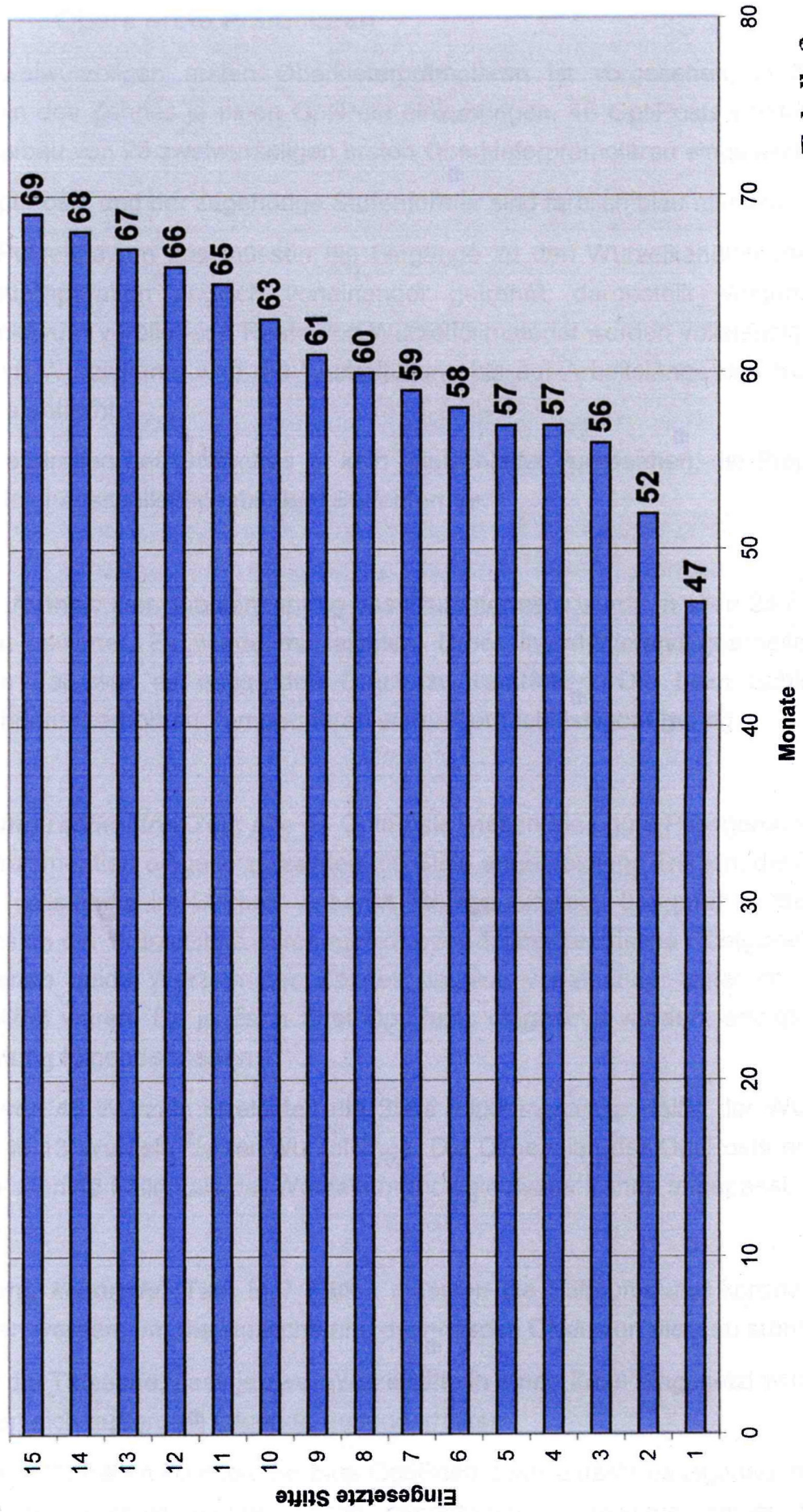


Tabelle 3

4.5.4 Obere erste Prämolaren

Bei zweiwurzigen ersten Oberkieferprämolaren ist vorgesehen, in beide Wurzeln des Zahnes je einen OptiPost einzubringen. 46 OptiPosts wurden für den Aufbau von 23 zweiwurzigen ersten Oberkieferprämolaren eingesetzt.

Die OptiPosts und der zugehörige Stufenformer sind farblich blau markiert.

Vom Pulpenkavum aus müssen die Eingänge zu den Wurzelkanälen vor der Stiftbettpräparation deutlich voneinander getrennt, dargestellt werden. Im Pulpenkavum verbliebene Reste von Wurzelfüllmaterial werden vollständig entfernt, im Wurzelkanal wird die Wurzelfüllung bis auf Arbeitslänge des Stufenformers entfernt.

Zur Präparation des Stiftbettes ist kein Pilotschleifer vorgesehen, die Präparation erfolgt ausschließlich mit dem Stufenformer.

Stufenformer: Der Substanzabtrag des Stufenformers wurde in allen 23 Fällen als gut bewertet. Es wurde mit leichtem Druck intermittierend gearbeitet, in keinem Fall war es nötig, den Druck zu verstärken. Die beim Schleifen entstandenen erhöhten Temperaturen waren vernachlässigbar gering.

Passung radikulärer Teil: Alle 46 OptiPosts wiesen eine gute Passgenauigkeit auf. Unzementiert eingesetzt, zeigten die Stifte angemessene Friktion, die Stifte waren vollständig im Stiftbett versenkt. Röntgenologisch überprüft wurde die Dimension der Wurzelstifte durch mesio- oder distoexzentrische Röntgenbilder, auf denen beide Wurzeln des Zahnes deutlich voneinander unterscheidbar abgebildet waren. Da je Zahn zwei OptiPosts eingesetzt wurden, erfolgte die Bewertung folgendermaßen:

In 33 von 46 Wurzeln erreichten die Stifte mindestens die Hälfte der Wurzellänge, in 13 Wurzeln $\frac{2}{3}$ der Wurzellänge. Die Dimension der OptiPosts erwies sich in allen 46 Fällen als der Wurzelmorphologie dieser Zähne angepasst.

Passung koronaler Teil: In 7 Fällen mussten die Stiftaufbauten koronal beschliffen werden, um die statische und dynamische Okklusion nicht zu stören.

Durch die Tatsache, dass je zwei Wurzelstifte in einen Zahn eingesetzt wurden, ergaben sich außerdem folgende Besonderheiten:

In 8 von 23 Fällen konnten die zwei OptiPosts zwar einzeln passgenau in ihre Stiftbetten versenkt werden, beim gleichzeitigen Einsetzen beider Stifte

behinderten sie sich aber gegenseitig. Die Stiftachsen konvergierten in 5 Fällen in der Weise, dass die apikalen Teile aneinander stießen. Nachdem jeweils der bukkale OptiPost entsprechend beschliffen worden war, konnten beide Stifte in die Sollposition gebracht werden.

In 3 Fällen standen die Wurzelstifte in ihren Stiftbetten so eng nebeneinander, dass die koronalen Teile an den Kontaktstelle beschliffen werden mussten.

Zementierung: Problemlos. 20 mit „Harvard“-Zement, 26 mit Ketac.

Individualisierung koronaler Teil: Ebenfalls problemlos.

Prothetische Nutzung: Drei der mit dem OptiPost-System aufgebauten ersten Prämolaren dienten als Brückenpfeiler, 15 wurden Einzelkronen versehen, 4 mit Langzeitprovisorien und einer mit einer Teleskopkrone.

Nachkontrolle: 18 Zähne konnten nachkontrolliert werden (Tabelle 4).

Optipost für obere erste Prämolaren

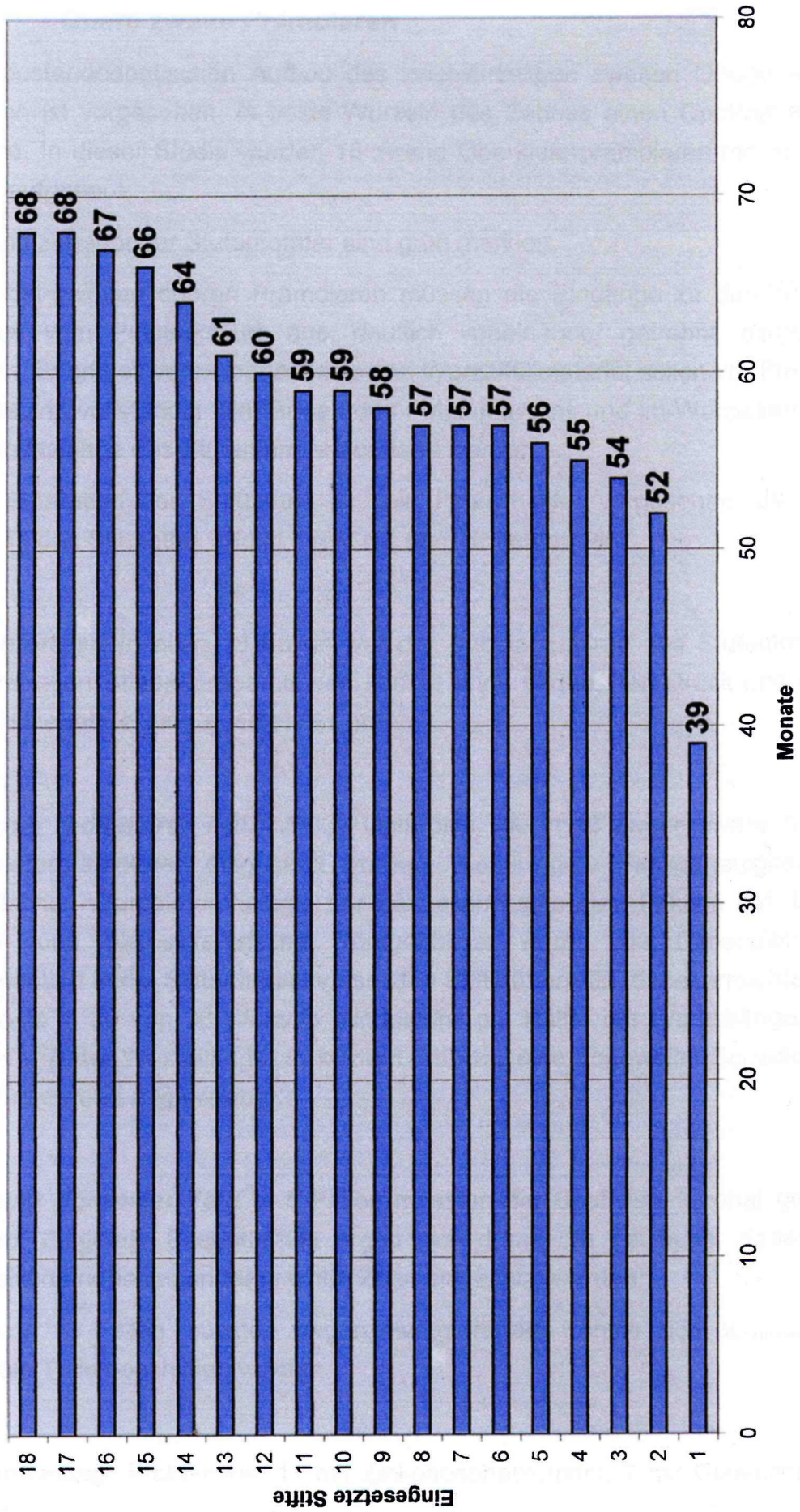


Tabelle 4

4.5.5 Obere zweite Prämolaren

Zum postendodontischen Aufbau des zweiwurzigen zweiten Oberkieferprämolaren ist vorgesehen, in beide Wurzeln des Zahnes einen OptiPost einzubringen. In dieser Studie wurden 18 zweite Oberkieferprämolaren mit 36 OptiPosts aufgebaut.

Stift und zugehöriger Stufenformer sind grün markiert.

Auch bei zweiten oberen Prämolaren müssen die Eingänge zu den Wurzelkanälen vom Pulpenkavum aus, deutlich voneinander getrennt, dargestellt werden. Eventuell verbliebene Reste von Wurzelfüllmaterial sollen vor Präparationsbeginn vollständig vom Boden des Pulpenkavums und im Wurzelkanal bis auf Arbeitslänge des Stufenformers entfernt werden.

Zur Präparation des Stiftbettes ist kein Pilotschleifer vorgesehen, die Ausformung des Stiftbettes erfolgt direkt mit dem Stufenformer.

Stufenformer: In allen 18 Fällen war der Substanzabtrag des Stufenformers gut. Bei allen Stiftbettpräparationen konnte ohne vermehrten Druck und somit ohne Hitzeentwicklung gearbeitet werden.

Passung radikulärer Teil: Alle 36 OptiPosts, die in 18 zweite zweiwurzige Oberkieferprämolaren eingesetzt wurden, wiesen gute Passgenauigkeit zur spezifischen Wurzelmorphologie der Zähne und eine gute Friktion auf. Durch mesio- und distoexzentrische Röntgenbilder wurde die Dimension der unzementiert in die Stiftbetten eingesetzten Stifte überprüft, dabei erreichten die OptiPosts in 30 von 36 Wurzeln mindestens die Hälfte der Wurzellänge, in 6 Wurzeln $\frac{2}{3}$ der Wurzellänge. In keinem Fall war eine ungewollte Schwächung der Wurzelwand nachweisbar.

Passung koronaler Teil: In 5 Fällen mussten die OptiPosts koronal gekürzt werden. Folgende Besonderheit ergab sich durch die Tatsache, dass zwei Wurzelstifte nebeneinander in einen Zahn eingesetzt wurden:

In 3 von 18 Fällen mussten wegen divergierender Kanäle sich behindernde koronale Teile beschliffen werden.

Zementierung: Problemlos. 11 mit Zinkphosphatzement, 7 mit Glas-Ionomer-Zement.

Individualisierung: des koronalen Teil: Ohne Komplikationen.

Prothetische Nutzung: 17 Einzelkronen, eine Krone für Klammer.

Nachkontrolle: 14 Zähne konnten nachkontrolliert werden (Tabelle 5).

Optipost für obere zweite Prämolaren

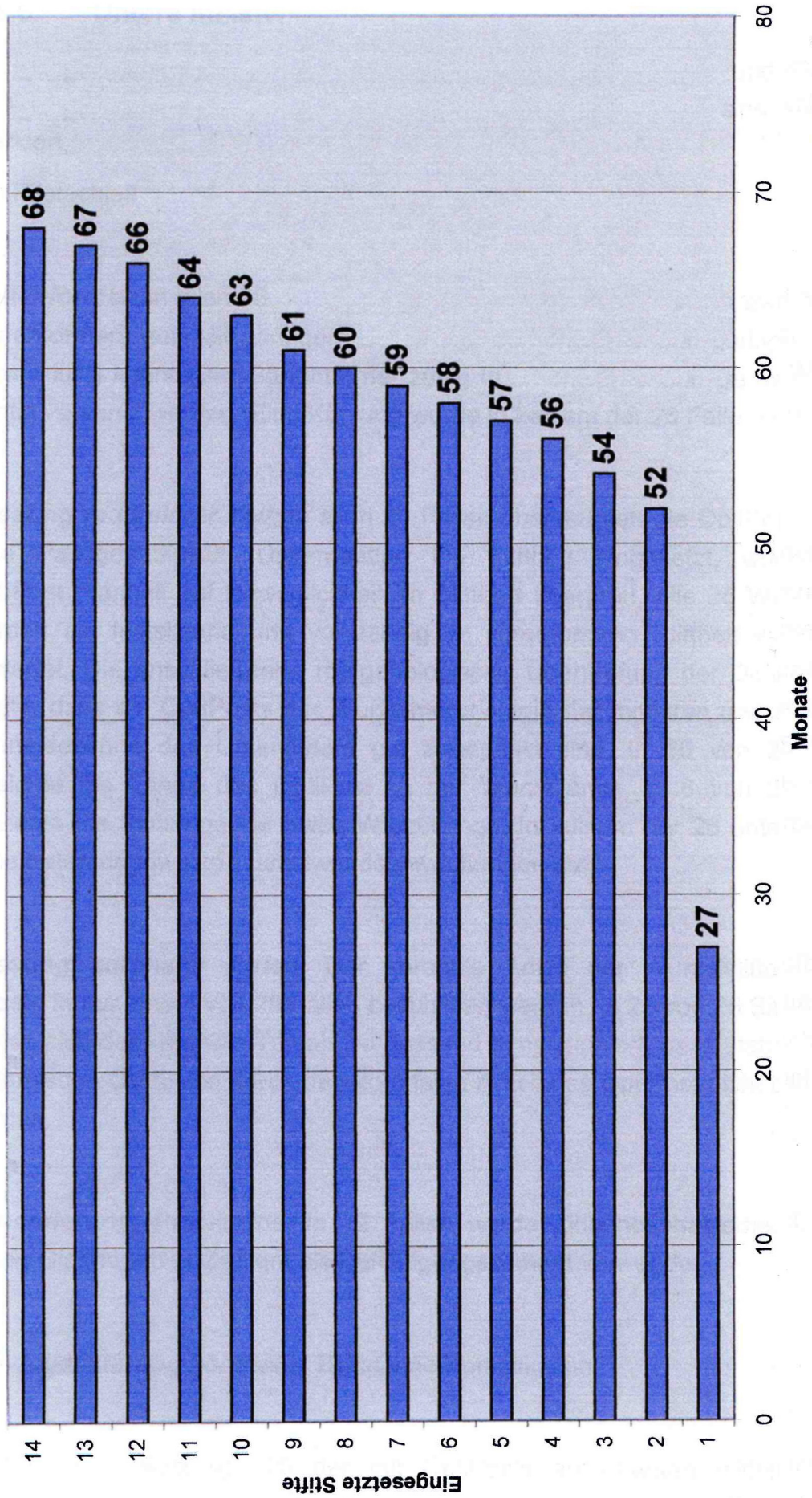


Tabelle 5

4.5.6 Untere Incisivi

26 OptiPosts wurden im Rahmen dieser Studie in mittlere und seitliche Unterkieferschneidezähne eingesetzt. Stift und Stiftformer sind schwarz markiert.

Ein Pilotschleifer wird nicht benötigt.

Stufenformer: In allen 26 Behandlungssituationen war der Substanzabtrag des Stufenformers gut. Mit geringem Druck und dementsprechend geringer Hitzeentwicklung konnte der Stufenformer zügig in seiner Gesamtlänge im Wurzelstift versenkt werden. Eine Kühlung wurde in keinem der 26 Fälle nötig.

Passung radikulärer Teil: In allen 26 Fällen überzeugten die OptiPosts durch gute Passgenauigkeit. Unzementiert ins Stiftbett eingesetzt, wurden die OptiPost manuell auf Beweglichkeit im Stiftbett überprüft, alle 26 Wurzelstifte wurden als festsitzend und vollständig im vorgeformten Stiftbett versenkbar bewertet. Die anschließende röntgenologische Überprüfung der Dimensionen zeigte, dass die OptiPosts der Wurzelmorphologie der mittleren und seitlichen Schneidezähne des Unterkiefers gut angepasst sind. In 20 von 26 Fällen erreichte die Länge des OptiPost $\frac{2}{3}$ der Wurzellänge, in 6 von 26 Fällen erreichte die Stiftlänge die halbe Wurzellänge. In keinem der 26 untersuchten Fälle traten ungewollte Wurzelwandschwächungen auf.

Passung koronaler Anteil: Der koronale Anteil der Wurzelstiftaufbauten musste in nur einem von 26 Fällen beschliffen werden, in 25 von 26 Situationen erwies sich der koronale Teil als so passend dimensioniert, dass statische und dynamische Okklusion durch den koronalen Anteil des OptiPost nicht behindert wurden.

Zementierung: Problemlos. In 12 Fällen wurde Zinkphosphatzement, in 14 Fällen Glas-Ionomer-Zement als Befestigungszement verwendet.

Individualisierung koronaler Teil: Ohne Komplikation.

Prothetische Nutzung: 20 der mit OptiPosts aufgebauten mittleren und seitlichen Unterkieferschneidezähne wurden postoperativ mit Einzelkronen

versorgt. In 6 Fällen dienten sie als Brückenpfeiler.

Nachkontrolle: 19 von 26 OptiPosts konnten nachkontrolliert werden. Im Zeitraum von 67 bis 47 Monaten trat kein Fall von Stiftlockerung oder Stiftbruch auf (Tabelle 6).

Optipost für untere Incisivi

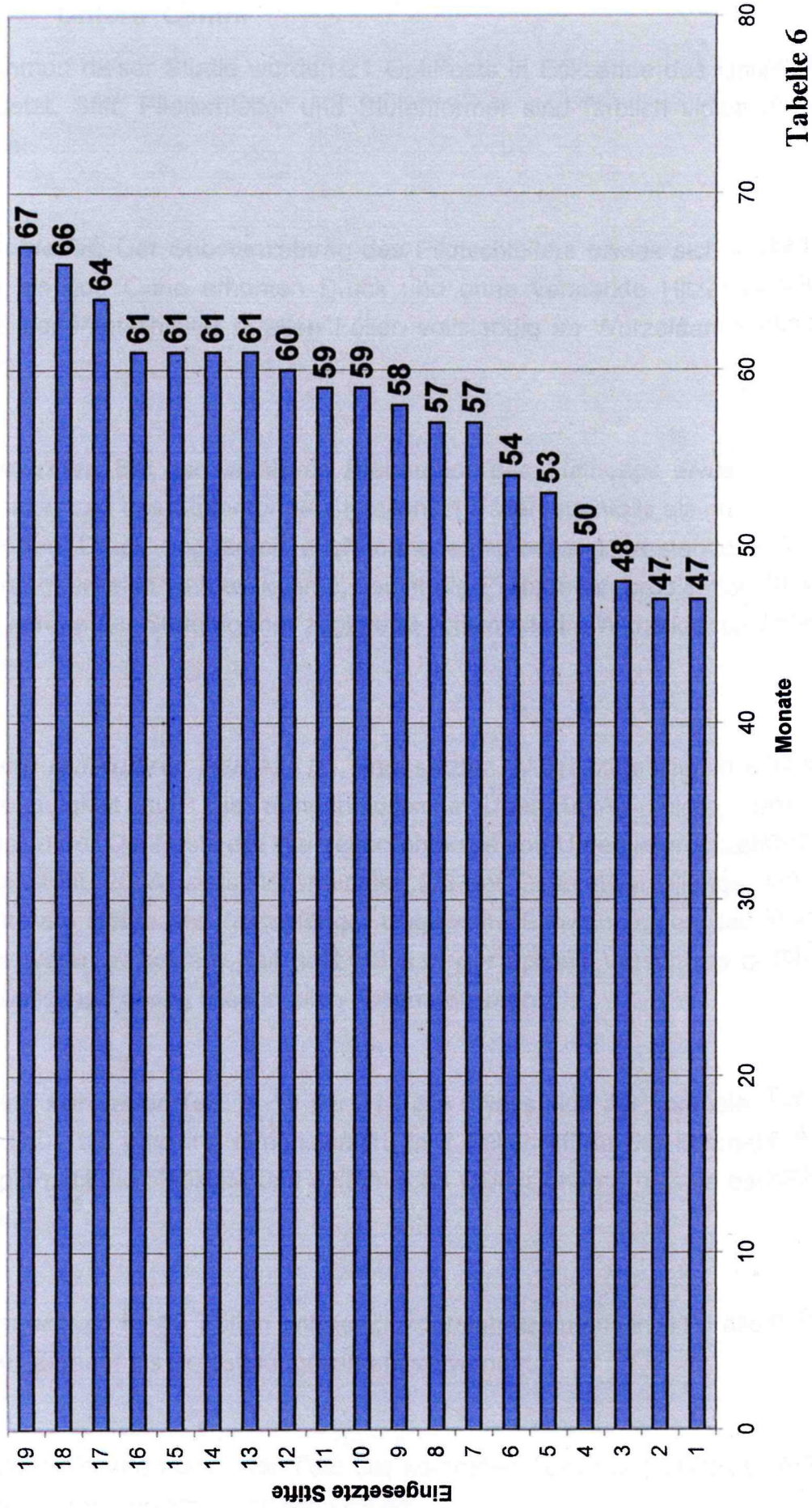


Tabelle 6

4.5.7 Untere Canini

Im Rahmen dieser Studie wurden 21 OptiPosts in Eckzähne des Unterkiefers eingesetzt. Stift, Pilotschleifer und Stufenformer sind farblich violett gekennzeichnet.

Pilotschleifer: Der Substanzabtrag des Pilotschleifers erwies sich in allen 21 Fällen als gut. Ohne erhöhten Druck und ohne verstärkte Hitzeentwicklung konnte der Pilotschleifer in allen Fällen vollständig im Wurzeldentin versenkt werden.

Stufenformer: Bei der definitiven Präparation des Stiftbettes erwies sich der Substanzabtrag des Stufenformers in allen 21 Fällen ebenfalls als gut. Da ohne vermehrten Druck und somit auch ohne entsprechend verstärkte Hitzeentwicklung gearbeitet werden konnte, verlief die Präparation problemlos. In allen Fällen konnte der Stufenformer zügig und vollständig im Wurzeldentin versenkt werden.

Passung radikulärer Teil: Alle 21 eingesetzten Wurzelstifte wiesen eine gute Passgenauigkeit auf. Die röntgenologische Überprüfung zeigte, dass die Dimension der OptiPosts der Wurzelmorphologie von Unterkiefereckzähnen gut angepasst ist. 20 Wurzelstifte erreichten 2/3 der Gesamtwurzellänge, ein Stift erreichte die Hälfte der Wurzellänge. Ungewollte Schwächungen des Wurzeldentins waren in keinem Fall nachweisbar; der apikale Verschluss durch die endodontische Füllung blieb in allen Fällen unversehrt.

Passung koronaler Teil: In 19 der 21 Fälle erwies sich der koronale Teil des Stiftaufbaus als passend dimensioniert, in 2 Fällen störte der koronale Anteil des OptiPosts die statische und dynamische Okklusion und musste beschliffen werden.

Zementierung: In 10 Fällen wurde Zinkphosphatzement, in 11 Fällen Glas-Ionomer-Zement als Befestigungszement verwendet.

Individualisierung koronaler Teil: Die koronalen Teile der OptiPosts wurden mit Visio Molar problemlos individualisiert.

Prothetische Nutzung: Im Zuge der prothetischen Weiterversorgung wurden auf den mit OptiPost aufgebauten Unterkiefereckzähnen 10 Einzelkronen, 4 Brückenversorgungen und 7 Teleskopkronen eingegliedert.

Nachkontrolle: 17 der 21 mit OptiPosts aufgebauten Zähne konnten nachkontrolliert werden. Im Zeitraum von 69 – 53 Monaten waren sie voll funktionsfähig (Tabelle 7).

Optipost für untere Canini

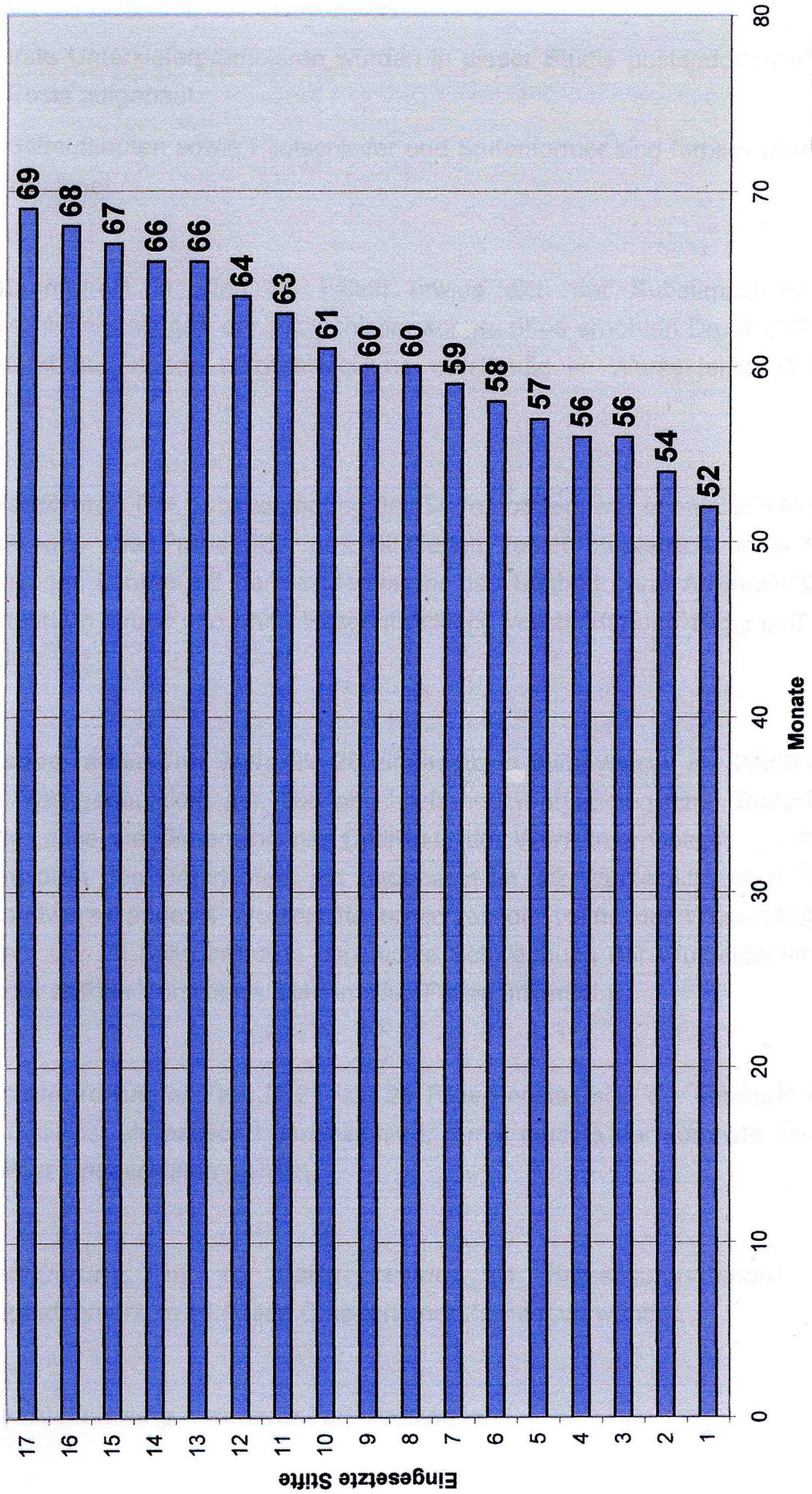


Tabelle 7

4.5.8 Untere erste Prämolaren

26 erste Unterkieferprämolaren wurden in dieser Studie postendodontisch mit OptiPosts aufgebaut.

Die Stiftaufbauten sowie Pilotschleifer und Stufenformer sind farblich braun gekennzeichnet.

Pilotschleifer: In allen 26 Fällen erwies sich der Substanzabtrag des Pilotschleifers als gut, der Pilotschleifer konnte ohne erhöhten Druck und ohne verstärkt auftretende Hitzeentwicklung vollständig im Wurzeldentin versenkt werden.

Stufenformer: Der Substanzabtrag des Stufenformers war ebenfalls in allen 26 Fällen gut. Die Präparation des Stiftbettes verlief problemlos, in allen 26 Situationen konnte mit dem Stufenformer das Stiftbett ohne Anwendung von vermehrtem Druck und ohne Hitzeentwicklung vollständig und zügig präpariert werden.

Passung radikulärer Teil: Alle 26 eingesetzten Stifte wiesen im Stiftbett eine gute Passgenauigkeit auf. Die anschließende röntgenologische Überprüfung zeigte, dass die Dimension der OptiPosts der Wurzelmorphologie der ersten Prämolaren des Unterkiefers gut angepasst ist. 22 Wurzelstifte etwa $\frac{2}{3}$ der Gesamtwurzellänge, 4 Wurzelstifte erreichten die Hälfte der Wurzellänge. In keinem der 26 Fälle trat eine ungewollte Schwächung der Wurzeldentinwand auf, der apikale Verschluss blieb in allen Fällen unversehrt.

Passung koronaler Teil: In 21 von 26 Fällen erwies sich der koronale Anteil des OptiPost als passend dimensioniert, 5-mal musste der koronale Teil des OptiPost eingeschliffen werden.

Zementierung: In 15 Fällen wurde als Befestigungszement Zinkphosphatzement, in 11 Fällen Glas-Ionomer-Zement verwendet.

Individualisierung koronaler Teil: Problemlos.

Prothetische Nutzung: Auf den aufgebauten ersten Unterkieferprämolaren wurden 19 Einzelkronen, 3 Teleskopkronen, 3 Langzeitprovisorien und eine Brückenkonstruktion eingegliedert.

Nachkontrolle: 18 der 26 Zähne konnten nachuntersucht werden. Sie waren allesamt voll in Funktion (Tabelle 8).

Optipost für untere erste Prämolaren

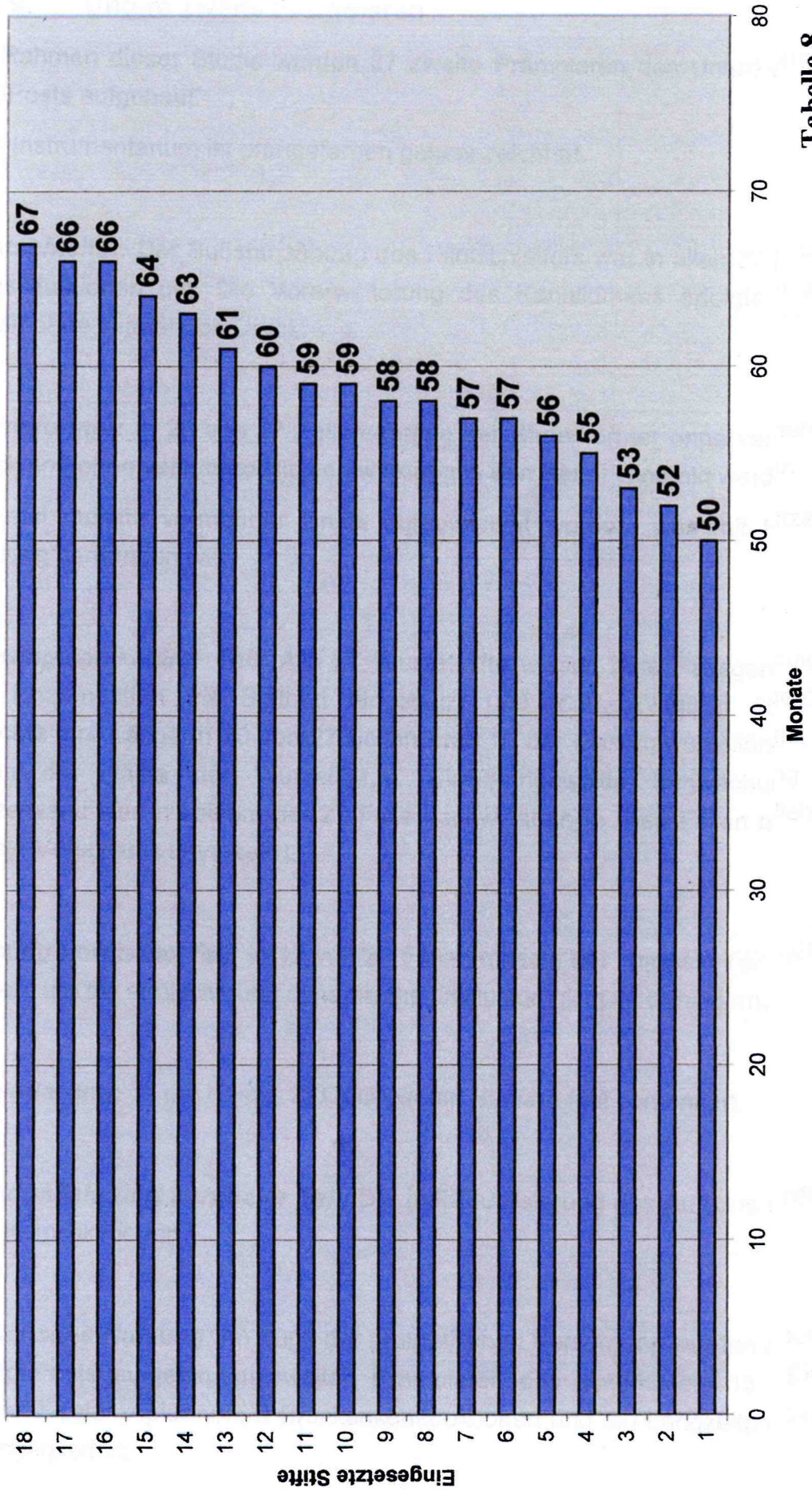


Tabelle 8

4.5.9 Untere zweite Prämolaren

Im Rahmen dieser Studie wurden 27 zweite Prämolaren des Unterkiefers mit OptiPosts aufgebaut.

Das Instrumentarium ist orangefarben gekennzeichnet.

Pilotschleifer: Der Substanzabtrag des Pilotschleifers war in allen 27 Behandlungssituationen gut. Die Vorerweiterung des Kanallumens erfolgte in allen Fällen ohne verstärkten Druck.

Stufenformer: In 25 von 27 Fällen konnte der Stufenformer ohne vermehrten Druck und ohne verstärkte Hitzeentwicklung in den Kanal versenkt werden.

Zweimal musste vermehrter Druck aufgewendet werden, was mit Hitzeentwicklung verbunden war.

Passung radikulärer Teil: Alle 27 Wurzelstifte wiesen gute Passgenauigkeit auf. Unzementiert ins Stiftbett eingesetzt und röntgenologisch überprüft, erreichte ihre Länge in 20 von 27 Fällen etwa $\frac{2}{3}$ der Gesamtwurzellänge, in 7 Fällen die Hälfte der Wurzellänge. Eine ungewollte Schwächung der Wurzelwand war in keinem der 27 Fälle nachweisbar, in allen Fällen blieb der apikale Verschluss unversehrt.

Passung koronaler Teil: In 12 von 27 Fällen musste der koronale Teil gekürzt werden, um die statische und dynamische Okklusion nicht zu behindern.

Zementierung: 14 mit Ketac, 13 OptiPost mit Harvard fest zementiert.

Individualisierung koronaler Teil: Die Individualisierung des Aufbaus erfolgte ohne Komplikationen.

Prothetische Nutzung: Im Zuge der prothetischen Versorgung wurden auf den mit OptiPosts aufgebauten zweiten Prämolaren des Unterkiefers 18 Einzelkronen, 2 Teleskopkronen, 6 Brückenkonstruktionen und ein Langzeitprovisorium eingegliedert.

Nachkontrolle: 19 von 27 konnten nachkontrolliert werden. Sie waren voll funktionstüchtig (Tabelle 9).

Optipost für untere zweite Prämolaren

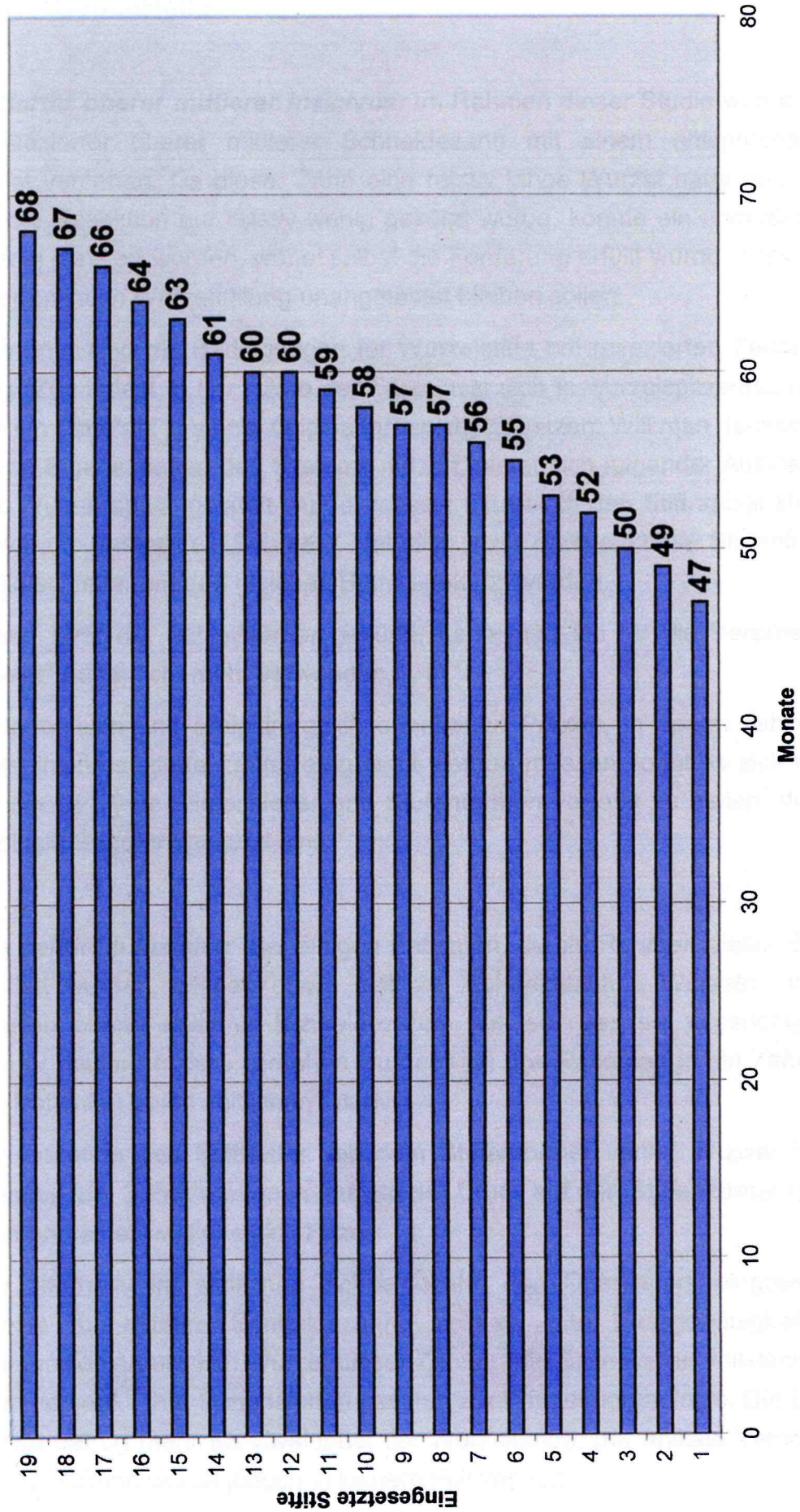


Tabelle 9

4.5.10 Sonderfälle

Resezierter oberer mittlerer Inzicivus: Im Rahmen dieser Studie wurde auch ein resezierter oberer mittlerer Schneidezahn mit einem entsprechenden OptiPost versehen. Da dieser Zahn eine relativ lange Wurzel hatte und diese durch die Resektion nur relativ wenig gekürzt wurde, konnte ein normaler Stift mit Erfolg platziert werden, wobei selbst die Forderung erfüllt wurde, dass 3 – 4 mm der apikalen Wurzelfüllung unangetastet bleiben sollen.

Nicht immer sind die Bedingungen für Wurzelstifte bei resezierten Zähnen so günstig. Zumindest in der Hälfte der Fälle lässt sich in wurzelspitzenresezierte Zähne ein OptiPost in seiner Originalform nicht einsetzen. Will man dennoch die positiven Eigenschaften des Systems nutzen, bietet sich folgender Ausweg an: Da die Wurzel apikal gekürzt wurde, müsste man auch den Stift apikal kürzen, und zwar um das apikale Segment. Natürlich muss dann auch der Stufenformer und Pilotschleifer um den gleichen Betrag gekürzt werden.

Hat man aber die Schleifkörper gekürzt, kann man sie für die Verarbeitung „normaler“ Stifte nicht mehr verwenden.

In endodontisch und oralchirurgisch orientierten Praxen, in denen zahlreiche wurzelspitzenresezierte Zähne aufgebaut werden müssen, lohnt es sich dann, einen zweiten Satz Pilotschleifer und Stufenformen vorrätig zu halten, die um das apikale Segment gekürzt sind.

Obere seitliche Inzisivi: Bei einigen Patienten, die im Rahmen dieser Studie behandelt wurden, wiesen obere seitliche Schneidezähne Wurzeln in der Dimension oberer mittlerer Schneidezähne auf, so dass sie folgerichtig mit Stiften für mittlere Inzisivi versehen wurden, bei drei Patienten je ein Zahn, bei einem Patienten beide seitlichen Inzisivi.

Die Präparation des Stiftbettes mit dem Stufenformer verlief in zwei Fällen problemlos, bei 3 Präparationen musste der Druck auf den Stufenformer erhöht werden und es entwickelte sich Hitze.

Alle 5 alternativ im seitlichen Schneidezahn des Oberkiefers eingesetzten OptiPosts für mittlere Schneidezähne zeigten gute Passgenauigkeit zur überdimensioniert starken Wurzel dieser Zähne. Alle Stifte waren vollständig im Stiftbett versenkt, ihre Dimensionen passten zur Wurzelmorphologie. Die Länge der Stifte betrug mehr als Zweidrittel der Wurzellänge, der apikale Verschluss der Wurzelfüllung wurde jedoch in keinem Fall verletzt.

Der koronale Teil musste in allen fünf Fällen beschliffen werden.

Drei der so aufgebauten Zähne wurden mit Einzelkronen versehen, zwei dienten als Brückenpfeiler.

Obere erste Prämolaren: Da drei obere erste Prämolaren besonders grazile Wurzeln aufwiesen, wurden die Stifte für obere zweite Prämolaren verwendet, was komplikationslos zu guten Ergebnissen führte.

Vier obere erste Prämolaren hatten nur eine Wurzel. In diese Wurzel wurde der Stift für untere erste Prämolaren eingesetzt. Bei der Aufbereitung des Lumens wurde natürlich auch der für untere erste Prämolaren vorgesehene Pilotschleifer eingesetzt. Weder beim Pilotschleifer noch beim Stufenformer, musste ein verstärkter Druck aufgewendet werden. Die Passung des radikulären Teils war in allen vier Fällen gut, der koronale Teil musste in zwei Fällen gekürzt werden. Die weiteren Schritte waren Routine.

5 Ergebnisse

Es war das Ziel dieser Arbeit, das neue Wurzelstiftsystem OptiPost, auf seine Praktikabilität im Alltag, im Routinebetrieb einer „normalen Praxis mit unterschiedlicher Klientel“ zu testen.

Die dabei gemachten Erfahrungen basieren auf der Verarbeitung von 273 OptiPost-Wurzelstiftaufbauten, die in der Zeit von Juni 1997 bis April 1999 eingesetzt wurden.

Obwohl diese Studie nicht als prospektive Langzeitstudie angelegt war, konnten im März 2003 über 157 der mit OptiPost versorgten Zähnen Informationen gewonnen werden.

Somit können neben den Aussagen über den Behandlungsablauf auch erste Erfahrungen über eine bestimmte Erfolgsdauer mitgeteilt werden.

Praktikabilität: Die Handhabung aller Systemkomponenten unter den Bedingungen des alltäglichen Gebrauchs in der zahnärztlichen Praxis kann als einfach und sicher und somit als gut bewertet werden.

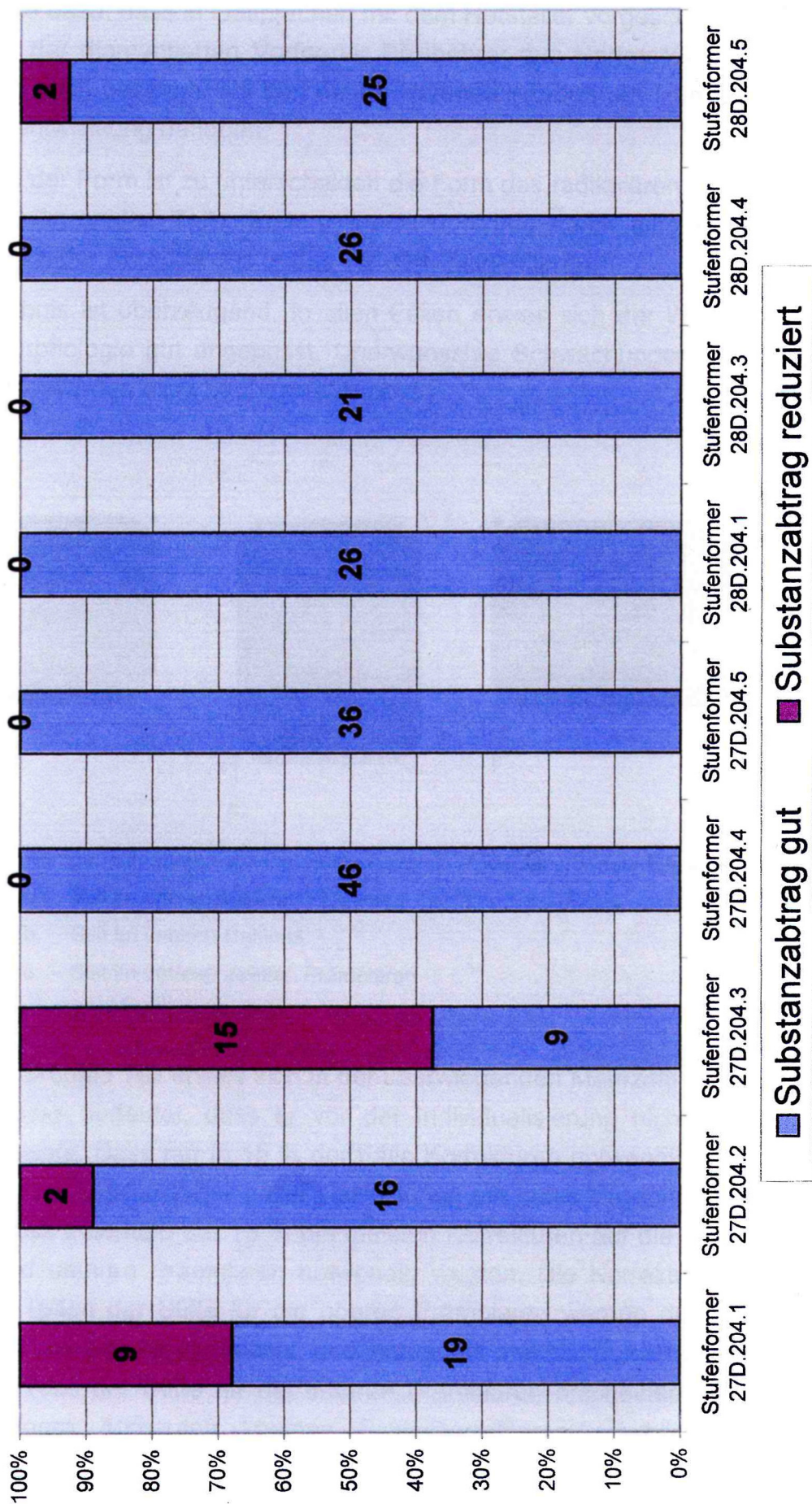
Durch die farbliche Kennzeichnung aller Wurzelstifte und der dazugehörigen Instrumente können Verwechslungen der Komponenten trotz des komplexen Systemkastens ausgeschlossen werden. Es nimmt daher nicht wunder, dass Helferinnen und Behandler im Arbeitsalltag die OptiPosts nicht nach den komplizierten Nummerierungen des Systemkastens benennen, sondern nach der Farbcodierung, z.B. bitte „OptiPost gelb“ oder bitte „OptiPost weiß“.

Auf Grund der ähnlichen Form der Stufenformer für obere erste Prämolaren und obere zweite Prämolaren ist beim Einsortieren besondere Aufmerksamkeit gefordert.

Alle Teile des Systems sind hygienefähig, leicht und schnell zu säubern, zu desinfizieren und zu sterilisieren.

Bei der Schaffung des Stiftbettes stellte sich die Entstehung von zu hohen Schleiftemperaturen beim Arbeiten mit dem Stufenformer als ein negatives Faktum heraus. Es trat auf bei oberen mittleren Schneidezähnen in 9 von 28 Fällen, bei oberen seitlichen Schneidezähnen in 2 von 23 Fällen, bei oberen Canini in 15 von 24 Fällen und bei unteren zweiten Prämolaren in 2 von 27 Fällen (Tabelle 10).

Substanzabtrag der Stufenformer



■ Substanzabtrag gut ■ Substanzabtrag reduziert

Tabelle 10

Dies führte dazu, dass in Gesprächen mit dem Hersteller vorgeschlagen wurde, an Stelle der diamantierten Vorformer Pilotbohrer aus Hartmetall zu fertigen, was dann auch geschah. Mit den neuen Hartmetallvorbohrern ist das Problem der Hitzeentwicklung behoben.

Bezüglich der Form ist zu unterscheiden die Form des radikulären Teils und die Form des koronalen Teils. Erstere wurde überprüft durch eine Röntgenaufnahme nach der Anprobe des Stiftes vor dem Zementieren.

Das Ergebnis ist überzeugend. In allen Fällen erwies sich der Wurzelstift der Wurzelmorphologie gut angepasst. Unerwünschte Schwächungen der Dentinwandstärke wurden nicht beobachtet (Abb. 8).

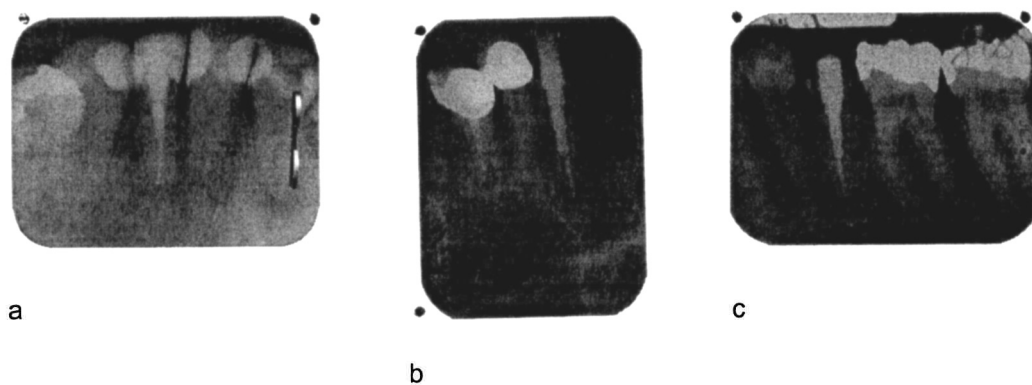


Abb. 8: Röntgenaufnahmen von OptiPost-Wurzelstiftaufbauten vor dem Einzementieren

- a. Stift im oberen mittleren Incisivus
- b. Stift im unteren Caninus
- c. Stift im unteren zweiten Prämolaren

Auch der koronale Teil erwies sich in der überwiegenden Mehrzahl (~ 84 %) als passend, was bedeutet, dass er vor der Individualisierung nicht beschliffen werden musste. Dass nur in 15 % der Fälle Korrekturen notwendig wurden, ist angesichts der Vielfalt individueller Okklusionen ein gutes Ergebnis. Allerdings fällt auf, dass innerhalb der 15 % die meisten Korrekturen auf die Stifte für die oberen und unteren Prämolaren notwendig werden. Die Korrekturen an den koronalen Teilen der Stifte für die oberen Prämolaren werden durch konvergierende Wurzelkanäle verursacht, und sind somit praktisch unvermeidbar. Die koronalen Teile der Stifte für die unteren Prämolaren erscheinen zu massiv, durch kleinere Aufbauten könnten Schleifkorrekturen erheblich reduziert werden.

Erfolgsdauer: Wenn man von den in „besonderen Fällen“ verarbeiteten OptiPost absieht (16 Stifte in 13 Zähnen), dann wurden 257 Stifte in 216 Zähne eingesetzt.

Bei den Nachkontrollen wurden Informationen über 189 Stifte in 157 Zähnen gewonnen. In Prozenten ausgedrückt bedeutet dies, dass 73,5 % der eingesetzten Stifte in 72,1 % der Zähne nachkontrolliert wurden.

Das Ergebnis der Nachkontrolle: kein Misserfolg durch Stiftlockerung oder Stiftbruch und kein Misserfolg durch Wurzelfraktur. Dieses Ergebnis ist besonders positiv zu werten, wenn man die Dauer der Funktionstüchtigkeit in die Betrachtung einbezieht. 85 Stifte in 71 Zähne hatten zum Zeitpunkt der Kontrolle die Fünf-Jahresgrenze, die als eine positive Zeitmarke für die Erfolgsbeurteilung gilt, erreicht oder überschritten, das sind 45 %.

39 % der Stifte erreichten 4,5 Jahre oder mehr, 16 % 4 Jahre oder mehr.

Von 11 weiteren Zähnen wurde die Information gewonnen, dass sie extrahiert werden mussten:

- ein oberer mittlerer Schneidezahn nach 62 Monaten
- ein oberer seitlicher Schneidezahn nach 30 Monaten
- ein oberer erster Prämolare nach 39 Monaten
- ein weiterer oberer Prämolare nach 57 Monaten
- ein oberer zweiter Prämolare nach 27 Monaten
- ein unterer Schneidezahn nach 54 Monaten.
- zwei untere Schneidezähne nach 61 Monaten
- ein unterer Eckzahn nach 56 Monaten
- ein unterer erster Prämolare nach 58 Monaten
- ein unterer zweiter Prämolare nach 63 Monaten.

Die Ursache für die Extraktion bestand in keinem Falle in der Tatsache, dass die Zähne mit OptiPosts versorgt worden waren, sondern in fortgeschrittenen Parodontopathien.

Dies lässt sich wie folgt erklären. Oft genug steht man trotz intensiver Bemühungen am Ende der parodontalen Vorbehandlung vor der Frage: Extraktion oder temporäres Belassen. Wenn dann Materialien und Methoden zur Verfügung stehen, die bezüglich des Behandlungsaufwandes und somit der Kosten das Risiko mindern, dann entschließt man sich umso eher – auch im Einvernehmen mit den Patienten – für den temporären Erhalt.

In der Gerontoprothetik ist solches Vorgehen oft von erfolgsrelevanter Bedeutung. Da im Alter das Adaptieren von Zahnersatz in starkem Maße vermindert ist, sollten Veränderungen in der Mundhöhle immer nur kleinen Ausmaßes sein. In der Realisierung dieses Prinzips hat an der Schwelle zur

Zahnlosigkeit die Aufbauprothese eine besondere Indikation. Aufbauprothesen werden jeweils schrittweise erweitert. Das ist nur möglich, wenn noch Zähne vorhanden sind, an denen sie primär verankert werden. In solchem Therapiekonzepten sind Zähne, die noch über Jahre helfen, den gleitenden Übergang zur totalen Prothese zu ermöglichen, von großem Wert.

Da Misserfolge durch die Behandlung mit OptiPosts nicht aufgetreten sind, konnte auch keine Überlebenswahrscheinlichkeit oder Erfolgswahrscheinlichkeit mit Hilfe der Statistik nach Kaplan-Meier ermittelt werden. Die Zielfrage hätte ausschließlich auf die OptiPosts gerichtet sein müssen, da aber bei diesen keine Veränderungen eingetreten sind, gab der Test keine Auskunft.

Es wurde dargestellt, dass der umständliche und aufwändige Herstellungsprozess individueller Wurzelstifte zu der Entwicklung konfektionierter Wurzelstifte geführt hat. Beim OptiPost handelt es sich um ein konfektioniertes System und die Anwendung ist einfach und wirtschaftlich.

Es versteht sich aber von selbst, dass Zeit- und Kostenersparnis für sich allein genommen noch kein positives Kriterium ist, wenn es um die Behandlung kranker Menschen geht. Bezüglich der Therapie geht es in erster Linie darum, befundadäquat die richtige Lösung zu wählen. Liegt ein Befund vor, für den es nur eine Therapie gibt, die Zeit und Kosten fordert, dann muss diese ausgeführt werden. Gibt es aber für einen Befund differentialtherapeutisch mehrere gleichwertige Lösungen, dann hat die wirtschaftlichere logischerweise Vorteile. Unter diesen Gesichtspunkten bedeutet das OptiPost-System eine echte Bereicherung der restaurativen Therapiemittel.

6 Diskussion

Stift und Stiftbett: Die meisten Autoren, die sich mit Wurzelstiften beschäftigt haben, fordern die Übereinstimmung von Stift und Stiftbett, und zwar im gesamten Umfang [22, 35, 41, 48]. Dieser ist in den meisten Fällen nur mit individuellen Stiften zu erreichen.

Der radikuläre Teil der individuellen Wurzelstifte lässt sich direkt oder indirekt herstellen. Direkt heißt: das Kanallumen wird mit Wachs dargestellt, das direkt in Metall überführt wird. Indirekt heißt: Abformung des Wurzellumens, Herstellung eines Modells im zahntechnischen Labor und Anfertigung des Stiftes auf dem Modell. Naturgemäß ergibt sich hier die Frage, welche Stifte die größere Passgenauigkeit haben.

Nach den Untersuchungen von HERZOG, M. und CZIRJAK, K. [17] sind die individuellen Stifte ungenauer als die direkten. Für die direkten Stifte ergab sich ein durchschnittlicher Spalt von 87 plus/minus 14 μm , für die indirekten Stifte ergab sich ein durchschnittlicher Spalt von 248 plus/minus 115 μm . Summarisch betrachtet, sind demnach die direkten Stifte um 160 μm genauer als die indirekten. Wenn man aber die Streubreiten in den Vergleich einbezieht, dann ist der ungenaueste direkte Stift mit 101 μm Spaltbreite noch um ca. 30 μm genauer als der genaueste indirekte Stift mit 133 μm . Damit kommt die Überlegenheit der direkten Stifte über die indirekten bezüglich der Genauigkeit deutlich zum Ausdruck. Aber damit nicht genug: absolut gesehen, stimmen die ungenauesten indirekten Stifte mit einer Spaltbreite von ca. 360 μm bedenklich.

Angesichts solcher Fakten fragt man sich, wieso es dennoch bei den individuellen Stiften zu der Abkehr von den direkten Stiften und der Hinwendung zu den indirekten gekommen ist? Man muss wohl zur Beantwortung dieser Frage mehrere Gründe anführen. Zum Stiftaufbau gehört nicht nur der radikuläre Teil, sondern auch der Aufbau. Für das Abformen des Wurzellumens mit Wachs und das Modellieren eines Stiftaufbaues im Munde bedarf es nicht nur einer gewissen Geschicklichkeit des Behandlers sondern auch eines geeigneten Befundes, was bedeutet, dass eine gesicherte Okklusion vorliegt. Ist das nicht der Fall, führt ein freies Modellieren nur per Zufall zum Erfolg. Ferner lag es seit der 70er Jahre des letzten Jahrhunderts im Trend der Zeit, Arbeitsschritte, die im zahntechnischen Labor durchgeführt werden können, auch dorthin zu verlegen, um so die Arbeitszeit am Patienten zu verkürzen.

Retention: Bei den individuellen Stiften gibt es ein folgendes Problem. Beim Ausschachten des Wurzelkanals mit maschinell angetriebenen Kanalerweiterern bleibt eine glatte bis sehr glatte Kanalwand zurück. Für die Abformung - direkt oder indirekt - ist das vorteilhaft, wenn nicht sogar notwendig. Für den Halt ist die glatte Wandung aber von Nachteil. Nach NERGIS u. a. nimmt der Widerstand gegen Abzugskräfte um mehr als das Doppelte zu, wenn die Kanalwände aufgeraut werden [39, 40]. Die Frage für die Praxis bleibt offen, wie das geschehen soll. Erfolgt die Aufrauung vor der Abformung, wird die direkte Abformung erschwert; bei der indirekten Abformung mit Silikonen wird die Rautiefe leicht abgeschwächt auf das Modell übertragen [36]. Bei der dann folgenden Wachsmodellation im Modell muss eine stärkere Isolation vorgenommen werden, was die Ungenauigkeit erhöht. Erfolgt die Abformung vor dem Einsetzen, wird der Spalt zwischen Stift und Kanalwand ebenfalls größer.

Die geforderte Übereinstimmung von Stift und Stiftbett ist, wie dargestellt, mit individuellen Stiften am ehesten zu erreichen. Trotzdem ist damit der dauerhaft feste Halt noch nicht garantiert, weil dieser auch abhängig ist vom Konvergenzwinkel des konischen Lumens. Es versteht sich von selbst, dass unter sonst gleichen Voraussetzungen die Bedingungen für den Halt umso günstiger sind, je kleiner der Konvergenzwinkel ist.

Als günstig ist bei den individuellen Stiften zu werten, dass kein Rotationsschutz notwendig wird, weil die Kanäle praktisch in keinem Fall kreisrunde Querschnittsformen haben. Sollte dies ausnahmsweise doch einmal der Fall sein, müsste eine kleine Hilfskavität angelegt werden [22].

Kraftübertragung: Der Übergang von den Ringstiftkappen zu den ringfreien Stiftaufbauten erfolgte zunächst nur zögernd, weil man befürchtete, dass die Kraftübertragung ungenügend sei und es vermehrt zu Frakturen kommen würde. Diese Zweifel wurden durch die Arbeiten SCHMEIßNERS zerstreut [48, 49]. Er führte folgende Experimente durch: Wurzelstiftaufbauten mit zirkulärer Ringstiftkappe und Wurzelstiftaufbauten ohne zirkuläre Stumpfumsfassung - jeweils mit getrennt aufgesetzten Kronen - wurden auf den Palatinalflächen der Kronen im Winkel von 45° bis zum Bruch belastet. Dabei zeigte es sich, dass die Versorgungen mit den ringfreien Stiftaufbauten im Mittel um 10 Kp stärker belastet werden konnten, bis der Bruch eintrat, als die Versorgungen mit den zirkulär umfassenden Stiftaufbauten. Es muss jedoch betont werden, dass die Stümpfe mit den ringfreien Stiftaufbauten nach dem Einzementieren der

Stiftaufbauten nachpräpariert wurden, und zwar dergestalt, dass eine Stufenpräparation um ca. 2 mm weiter zervikal lag als das Plateau des Stumpfes, so dass die nachfolgend aufgesetzte Krone den Dentinstumpf in einer Zone von etwa 2 mm Breite umfasste. Bemerkenswert waren die Verläufe der Bruchlinien, die vorwiegend als Schrägfraktur bukkal zervikal gelegen waren. Bei den Ringstiftkappen gingen die Brüche vom Kanaleingang aus, bei den ringfreien Konstruktionen von der Präparationsgrenze palatinal.

In weiteren Versuchen ging SCHMEIßNER der Frage nach, wie sich Wurzelstiftaufbauten bei unterschiedlicher Präparationsgestaltung verhalten [50]. Wiederum wurden Stiftaufbaukonstruktionen mit sekundär aufgesetzter Krone belastet. Bei der einen Hälfte von 60 Proben wurde die endgültige Präparation erst nach dem Einzementieren vorgenommen, und zwar wiederum in der Weise, dass zirkulär eine Stufe angelegt wurde, die ca. 2 mm weiter zervikal unter dem Plateau des Dentinstumpfes lag. Folglich lagen Kronenrand und die Basis des Aufbaues nicht auf gleicher Ebene, während bei der zweiten Hälfte der Proben Aufbau und Krone niveaugleich endeten. Auch bei diesen Experimenten wurden die Konstruktionen palatinal unter einem Winkel von 45° bis zum Bruch belastet. Als Ergebnis stellte sich heraus, dass die Konstruktionen mit Niveaugleichheit von Kronenrand und Aufbau im Mittel um 25 % deutlich geringer belastbar waren als die Konstruktionen mit nachträglich in den Sulkus gingivae verlagerten Stufen.

Die Umfassung des Dentinstumpfes durch die Krone gehört seitdem zum Standard der Versorgung pulpatoter Zähne mit Wurzelstiftaufbauten. Sie wird in jüngerer Zeit auch für jene Fälle empfohlen, in denen Aufbauten ohne Metallstifte aus Compositen hergestellt werden. Im angloamerikanischen nennt man diese Umfassung „ferrule“ (= Fassreifen) [8, 58].

Konfektionierter Wurzelstift: Parallel zu den Wurzelstiftaufbauten ohne Voll- oder Halbring wurden auch genormte Stifte entwickelt, passive wie aktive. Als einen der Hauptgründe für die Entwicklung dieser konfektionierten Stiftsysteme nennt NOLDEN [41] den aufwändigen Herstellungsprozess der individuellen Wurzelstiftaufbauten. Er zeigt aber auch die Gefahren und die Schwächen der konfektionierten Stifte auf. Bei allen zylindrischen Stiften ergeben sich, da die Lumina nicht rund sind sondern oval oder in irgendeiner anderen Weise vom runden Querschnitt abweichen, Hohlräume, die vom Zement ausgefüllt werden, der für ihn ein nicht mundbeständiges Füllmittel ist. Der Nachteil, dass bei trichterförmig erweiterten Lumina im zervikalen Bereich größere Hohlräume ausgefüllt werden, hält er für besonders risikoreich, wenn der Stift keine ausreichende Stabilität aufweist. Es kann dann zum Verbiegen nach dem

„Nagelzieheffekt“ kommen [41, 42].

Zylindrisch aktive Stifte erzeugen in Abhängigkeit vom Gewinde erhebliche Kerbspannungen [42]. NOLDEN macht auf eine weitere Gefahr, die von diesen Stiften ausgeht, aufmerksam: Ein Zementpolster unter dem Stift kann beim Einschrauben zur Wurzelsprengung führen [42].

Bei konisch passiven Stiften ergibt sich in konischen Lumina naturgemäß eine flächenhaft größere Übereinstimmung zwischen Stift und Stiftbett als bei zylindrisch passiven Stiften. Bei gleicher Größe der Kontaktflächen zwischen Stift und Wurzelwand ist die Retention der zylindrischen Stifte erheblich größer als die der konischen.

Bei den Stiften geht es aber nicht nur um die Retention, sondern auch um die Kraftübertragung in vertikaler Richtung. QUACK [45] hat mit Hilfe metallischer Dehnungsmessstreifen, die an einwurzligen menschlichen Zähnen bei Stiftverankerungs-Maßnahmen auftretenden Wurzeldehnungen quantitativ bestimmt. Die Messungen erfolgten auf der Wurzeloberfläche, etwa 3 bis 4 mm unterhalb der Schmelz-Zementgrenze. Die höchsten Belastungen bzw., Verformungen wurden beim Einzementieren konischer Schrauben gefunden. Bei Stiften mit Zementabzugsrillen wurde eine deutlich entlastende Wirkung festgestellt. NOLDEN resümierte: Den zylindrischen Stiften muss als Vorteil zugestanden werden, dass axial einwirkende Kräfte nicht wie bei konischen Stiften auf die Kanalwand übertragen, sondern in Richtung Zahnachse weitergeleitet werden [42]. Wegen der möglichen Aufdehnung der Wurzel wird vor allem bei konischen Stiften eine spaltfreie Auflage der Basis des Aufbaues auf den Dentinstumpf gefordert [45].

Welches Bild ergibt sich nun für das Wurzelstiftsystem OptiPost im Spiegel der Kriterien, die in der Literatur auf der Basis experimenteller Studien und klinischer Erhebungen zur Beurteilung von Wurzelstiften erarbeitet wurden?

Übereinstimmung von Stift und Stiftbett: Die beste Übereinstimmung von Stift und Stiftbett wurde bei den individuellen Stiften gefunden, bei denen allerdings zwischen direkten und indirekten unterschieden werden muss, weil die direkten wesentlich genauer sind als die indirekten. Vergleicht man den konfektionierten gestuften Stift (OptiPost) mit den individuellen, so kann man davon ausgehen, dass die Übereinstimmung von Stift und Stiftbett gleich gut ist, selbst wenn in Ausnahmefällen bei ausgeprägt ovalem oder brillenförmigem Querschnitt kleinste Nischen auf kürzester Strecke verbleiben, die möglicherweise auch von individuellen Stiften nicht erfasst werden.

Vergleicht man die Größe der Kontaktfläche, so ergibt beim gestuften Stift die Summe der Oberflächen der einzelnen Zylinder, durch welche alle konischen Flächen umgeformt wurden, eine etwa gleich große Oberfläche wie beim individuellen Stift in Kegelform.

Im Vergleich mit den parallel-passiven Stiften sind die kongruenten Flächen bei den gestuften Stiften erheblich größer. Das Gleiche gilt für den Vergleich mit konfektionierten parallel-aktiven Stifte.

Retention: Nach NOLDEN [41] ist die Retention konisch-passiver Stifte geringer als die der parallel-passiven Stifte. Eine solche Aussage setzt natürlich jeweils gleich große Kontaktflächen voraus. Andererseits ergibt sich aber auf Grund der konischen Form der Wurzel, dass parallel-passive Stifte im Allgemeinen geringere Kontaktflächen haben als konisch-passive Stifte. Somit ist es folgerichtig, wenn man versucht, in der zur Verfügung stehenden konischen Hohlform möglichst große parallele Kontaktflächen zu schaffen. Durch den Stufenstift mit parallelen Segmenten wird dies erreicht (Abb. 9).



Abb. 9: OptiPost und individueller Wurzelstiftaufbau für oberen zentralen Incisivus im Vergleich.

Das Vorhandensein paralleler Flächen allein entscheidet aber noch nicht über das Maß der Retention. Von großem Einfluss auf die Retention ist die Rauigkeit der Oberflächen von Stift und Dentinwand in Verbindung mit dem zum Einsetzen verwendeten Zement. Die Arbeiten von NERGIS et al. geben darüber Auskunft [39, 40]. Ein sandgestrahlter Stift mit einer Rautiefe von ca. 12

µm weist im glattwandigen Dentinbett eine 2,4 fach größere Retention auf als ein glatter Stift ($R = \text{ca. } 2 \text{ µm}$). Durch Aufrauung auch der Dentinwand von ca. $4,5 \text{ µm}$ nach maschineller Erweiterung auf ca. 20 µm durch Bearbeitung mit einem Diamanten erhöht sich die Retention auf das Vierfache. Die besten Konditionen für eine gute Retention durch konventionelle Befestigung mit Zementen sind also sandgestrahlte Stifte und mit Diamanten aufgeraute Dentinwände. Diese Voraussetzungen sind beim OptiPost System erfüllt.

Die Schaffung des als vorteilhaft erkannten Stiftbettes: Beim OptiPost-System handelt es sich um konfektionierte parallel-passive Stifte. Folglich muss das Stiftbett mit Vorbohrern geschaffen werden. Hierbei ergaben sich durchaus größere Schwierigkeiten als bei den einfachen parallel-passiven Stiften, weil bei bestimmten Zähnen zu hohe Schleiftemperaturen auftraten. Im Einzelnen war das der Fall bei 9 von 28 oberen mittleren Schneidezähnen, bei 2 von 18 oberen seitlichen Schneidezähnen, bei 15 von 24 oberen Eckzähnen und bei 2 von 27 unteren zweiten Prämolaren.

Der Abtrag von Zahnhartsubstanz, speziell von Dentin, durch diamantierte Schleifkörper ist abhängig von vielen Faktoren, z.B. von der Körnung - ob grob, fein, scharf oder abgestumpft -, von der Umdrehungszahl, mit der gearbeitet wird, sowie vom Schleifen mit und ohne Wasserkühlung. Beeinflusst wird der Abrieb vor allem auch durch die Geometrie der zu beschleifenden Fläche, ob diese flach, konvex oder konkav ist, weil die Effektivität auch abhängig ist vom Abtransport der Späne. Dieser Abtransport ist beim Schleifen im Wurzelkanal besonders schwierig, weil der Schleifkörper allseitig von der Dentinwand, also von der zu beschleifenden Fläche umgeben ist und keine Hohlräume vorhanden sind, welche die Späne aufnehmen und keine Hohlsysteme bestehen, durch welche die Späne von der Arbeitsfront weggeführt werden. So kommt es zum Stau der Späne, der umso dichter ist, je mehr und je größere zylindrische Segmente die Schleifkörper aufweisen. Das ist der Grund, warum beim Aufbereiten der Lumina der Wurzeln der oberen Frontzähne und der unteren zweiten Prämolaren doch zum Teil erhebliche, den Patienten belästigende und den Behandlungsablauf störende Hitzeentwicklung auftrat.

Dieser einzige Nachteil des OptiPost-Systems wurde mit dem Hersteller eingehend erörtert, der daraufhin Vorbohrer aus Hartmetall (Wolfram-Karbid) in der Form der Diamant-Stufenformer produzierte. Von letzteren unterscheiden sie sich nur dadurch, dass sie in ganz geringem Maße kleiner sind als die Diamant-Stufenschleifer (Abb. 10).

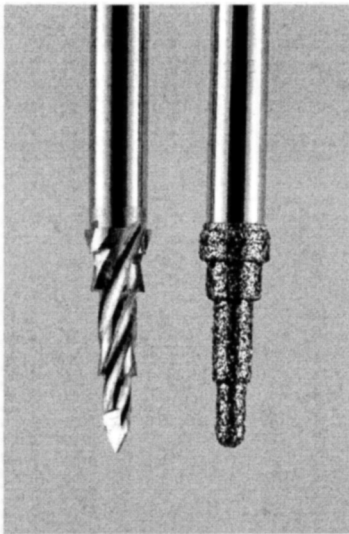


Abb. 10: Der Hartmetall-Pilotbohrer (für untere Eckzähne) in der Form des Stufenformers, nur geringfügig kleiner.

Infolge der günstigen Schneidengeometrie der Hartmetall-Vorbohrer ist der Abtransport der Späne bestens geregelt, so dass bei richtiger Handhabung mit den empfohlenen niedrigen Drehzahlen und geringer Kraftanwendung praktisch jede Hitzeentwicklung entfällt. Nach der Vorformung mit dem Hartmetallbohrer lässt sich der entsprechende Stift noch nicht einführen, weil das Lumen noch ganz geringfügig zu eng ist. Mit dem Diamant-Stufenformer wird dann die definitive Weite des Lumens und vor allem die notwendige Rauigkeit der Dentinwände geschaffen. Bei diesem letzten Präparationsschnitt ist der Substanzabrieb so gering, dass keine Wärmeentwicklung auftritt.

Es wurde beschrieben, dass die aktuelle Friktion bei der ersten Anprobe des Stiftes unmittelbar nach der Ausformung des Kanallumens mit dem Stufenformer in einigen Fällen so stark war, dass er mit den Fingern nicht wieder herausgezogen werden konnte. Dieses Phänomen gibt Anlass zu folgenden Überlegungen.

Aus der Werkstoffkunde ist bekannt, dass Kronen, die spaltfrei dem Stumpf aufsitzen, beim Zementieren nicht in die Sollposition gebracht werden können. Sie werden um einen bestimmten Betrag in der Vertikalen versetzt. Die Größe dieses Betrages hängt ab vom Konvergenzwinkel des Stumpfes und der Dicke der Zementschicht. Je kleiner der Konvergenzwinkel, umso größer ist bei gleicher Schichtstärke des Zementes die vertikale Versetzung. Ist der Konvergenzwinkel gleich Null, was bedeutet, dass der Stumpf insgesamt parallelwandig ist, lässt sich die Krone überhaupt nicht einsetzen.

Bei den OptiPosts ist es das Prinzip des Systems, dass der Stift in allen Bereichen parallel ist. Er lässt sich nur einsetzen, wenn das Stiftbett um die Zementschicht zu groß ist. Wenn der Wurzelstift bei der Anprobe eine solche starke Friktion aufweist, dass man ihn mit den Fingern nicht wieder herausziehen kann, ist zu befürchten, dass der Platz für den Zement nicht ausreicht, um den Wurzelstift in die Sollposition zu bringen. Es war auffallend, dass bei der Arbeit am Patienten eine zu starke Friktion nur bei solchen Stiften auftrat, die vier zylindrische Segmente aufweisen und bei denen das Präparieren ihrer Stiftbetten nicht zur Hitzeentwicklung führte. Dieses Faktum lässt sich wie folgt erklären. Bei Hitzeentwicklung musste intermittierend geschliffen werden. Dabei ist es wohl kaum möglich, das Instrument x-mal in exakt gleicher Achsenrichtung in den Kanal einzuführen. Durch die kleinen Abweichungen entsteht die notwendige „Spielpassung“. Entsteht beim Schleifen keine Hitze, wird kaum intermittierend gearbeitet, so dass man die „Spielpassung“ noch herbeiführen muss.

Die Frage, warum man den auch für den Befestigungszement notwendigen Platzbedarf nicht gleich definitiv mit dem Hartmetallbohrer schafft, wird beantwortet durch die Ergebnisse von Abzugsversuchen [39,40], nach denen die Retention auf das mehr als Vierfache gesteigert wird, wenn nicht nur die Oberfläche der Stifte, sondern auch die Kanalwände aufgeraut werden. Aus diesen Gründen wird der diamantierte Stufenformer unerlässlich, und zwar mit definierten Dimensionen.

Wurzeldehnungen: QUACK fand die stärksten Wurzeldehnungen beim Einzementieren konischer Schrauben. Bei Stiften mit Zementabflusrrillen wurde eine deutliche Entlastung festgestellt. Bei den OptiPost Wurzelstiften ist für den Zementabfluss in doppelter Weise gesorgt, einerseits durch Abflusrrillen und andererseits durch die Spielpassung. Somit sind Wurzeldehnungen nicht zu befürchten, schon gar keine Wurzelsprengungen, wie sie von NOLDEN als Manko der konisch-aktiven Stifte beschrieben werden, wenn sich wegen fehlender Abflussmöglichkeiten vor dem Stifte ein Zementpolster bildet.

Eine weitere Ursache für Wurzeldehnungen sehen NOLDEN und QUACK in der Kraftübertragung von konisch-passiven Stiften auf die Seitenwände der Wurzeln. Sie fordern daher eine exakte Auflage des Aufbaues auf den zervikalen Querschnitt der Wurzel. Beim OptiPost ist dieses Problem in bester Weise gelöst, indem das zervikal gelegene Segment die Basis des Aufbaues ist. Außerdem sind die übrigen Segmente Garant für eine axiale Kraftübertragung.

Stabilität der Stifte: Als Stärke der Stifte für obere Schneidezähne hält SCHMEIßNER [48] einen Durchmesser von 1,2 bis 1,5 für angemessen. Das untere Limit z. B. bei unteren Schneidezähnen sei 1 mm im Durchmesser. Außerdem, so fordert SCHMEIßNER, müssten die Stifte parallelwandig sein. Weiterhin setzt er voraus, dass angussfähige Stifte verwendet werden, woraus man folgern kann, dass er sich darüber im Klaren ist, dass mit solch dünnen Stiften in konischen Lumina keine ausreichende Übereinstimmung von Stift und Stiftbett zu erreichen ist, sondern dass der zervikale trichterförmige Eingang durch Anguss aufgefüllt werden muss. Bleibt aber eine Verstärkung durch Anguss aus, dann sind die genannten Stiftstärken zu gering. Ein paar einfache Rechnungen machen diesen Einwand deutlich. Bei einem Durchmesser von 1 mm beträgt der Querschnitt $0,785 \text{ mm}^2$. Das ist so wenig, dass die Gefahr der Verbiegung im Sinne des Nagelzieheffektes (NOLDEN) groß ist. Bei Stiften mit einem Durchmesser von 1,2 mm vergrößert sich der Querschnitt auf das 1,44 fache, bei Stiften von 1,5 mm Durchmesser auf das 2,2 fache. Die Querschnitte wachsen somit von $0,785 \text{ mm}^2$ ($\varnothing = 1,0 \text{ mm}$), auf $1,13 \text{ mm}^2$ ($\varnothing = 1,2 \text{ mm}$), auf $1,825 \text{ mm}^2$ ($\varnothing = 1,5 \text{ mm}$). Selbst letzterer Wert ist noch immer gering. Erst bei einem Stiftdurchmesser von 2 mm ergibt sich ein Querschnitt von $3,14 \text{ mm}^2$, was das Vierfache eines 1,0 mm Stiftes bedeutet. Ein 3 mm-Stift hat einen Neunfachen Querschnitt des 1 mm-Stiftes.

Diesen Werten seien die Maße des OptiPost-Stiftes für den mittleren oberen Schneidezahn gegenübergestellt. Dieser Stift besteht aus vier Stufen, deren Durchmesser 1,4 mm (apikale Stufe), 1,8 mm, 2,5 mm und 3,5 mm (zervikale Stufe) betragen. Die entsprechenden Werte für den Stufenstift seitlicher oberer Schneidezähne sind 1,2 mm, 1,5 mm, 2 mm und 2,5 mm. Für den Stufenstift des oberen Eckzahnes betragen die Werte 1,4 mm, 1,8 mm, 2,2 mm und 3 mm.

Die Formung des Stiftbettes für konfektionierte Stifte muss noch einmal kritisch unter der Fragestellung betrachtet werden, ob dabei Schädigungen der Wurzeln auftreten. Negative Auswirkungen durch Stiftbettformer für parallel passive Stifte sind nicht bekannt. Anders verhält es sich bei Stiftbettformern für parallel-aktive Wurzelstifte. NOLDEN beschreibt Kerbspannungen und Spannungsrisse durch die Gewindeschneider. Beim OptiPost-System muss die Wärmeentwicklung durch den diamantierten Vorbohrer als Nachteil gewertet werden. Diese Schwachstelle im primären System wurde durch einen Hartmetallvorbohrer ausgemerzt. Da dieser „vor Kopf“ schneidet, entstehen keine Kräfte, die auf die Seitenwände einwirken. Die zurückbleibenden winkligen Stufen werden wandseitig durch den diamantierten Stiftbettformer „entschärft“.

Die Umfassung des Dentinstumpfes durch die spätere Krone (ferrule) bis etwa 2 mm unter das Plateau des Stumpfes nach Stufenpräparation oder Hohlkehlpäparation (chamfer) gehört in allen Fällen zur Methode der Versorgung.

7 Zusammenfassung

Von der Firma Gebr. Brasseler wurde 1997 ein neu entwickeltes Wurzelstift-System, „OptiPost“ genannt, auf den Markt gebracht. Das Besondere an diesem System besteht darin, dass für die oberen und unteren Front- und Eckzähne sowie für die oberen und unteren Prämolaren jeweils ein spezieller konfektionierter Stift entwickelt wurde. Da für die mittleren und seitlichen unteren Schneidezähne der gleiche Stift vorgesehen ist, enthält das System neun unterschiedliche Stifte. Es handelt sich um gestufte Stifte, damit in den nach apikal konisch zulaufenden Lumina der Wurzelkanäle eine möglichst starke Friktion erreicht wird.

Bezüglich der klinischen Nutzung dieses Systems in der täglichen Praxis wurden folgende Vorteile genannt: Optimierter Behandlungsablauf, optimale Retention, optimale Form, sowie Zeit- und Kostenersparnis.

Da es sich um konfektionierte, passiv parallele Stifte handelt, sind jeweils zum Stift passende Kanalformer notwendig, die als diamantierte Schleifkörper gearbeitet sind. Zusätzlich zu den Stufenformern wurden für die Stifte, die aus vier zylindrischen Teilabschnitten bestehen, diamantierte Pilotschleifer geliefert.

Diese neuen Wurzelstiftaufbauten sollten unter den Bedingungen einer allgemeinen Zahnärztlichen Praxis auf ihre Anwendung geprüft werden.

In der Zeit von Juli 1997 bis April 1999 wurden 257 Stifte in 216 Zähne eingesetzt. Die Aufbereitung der Lumina verlief in der überwiegenden Zahl der Fälle unproblematisch. Allerdings stellte sich heraus, dass trotz der Pilotschleifer beim Versenken des Stufenformers in die Wurzeln der oberen Frontzähne und der unteren zweiten Prämolaren in der Endphase Hitzeentwicklungen auftraten, und zwar in folgender Häufigkeit: 15 mal von 24 beim oberen Eckzahn, 9 mal von 24 beim oberen mittleren Schneidezahn, 2 mal von 18 beim oberen seitlichen Schneidezahn und 2 mal von 27 beim unteren zweiten Prämolaren.

Die Hitzeentwicklung belästigt den Patienten und stört und verzögert den Behandlungsablauf, weil der Schleifprozess wiederholt wegen notwendiger Kühlungen unterbrochen werden muss. Auf Grund dieser Erfahrungen, die auch an anderen Stellen gemacht wurden, hat die Firma Gebr. Brasseler die diamantierten Pilotschleifer durch Vorbohrer aus Hartmetall (Wolfram-Karbid) ersetzt, welche die Form der diamantierten Stufenformer haben, allerdings geringfügig kleiner sind.

Die Retention der Stifte in den mit den Stufenbohrern ausgeformten Kanallumina kann man als sehr gut bezeichnen. Infolge einer geringen Spielpassung und der Dekompressionsnuten ließen sich alle Stifte beim Zementieren exakt in die Sollposition bringen.

Die Form des radikulären Teils der Wurzelstifte wurde vor dem Zementieren röntgenologisch überprüft. Das Ergebnis war überzeugend. Alle Wurzelstifte erwiesen sich als der Wurzelmorphologie gut angepasst. Unerwünschte Schwächungen der Dentinwandstärken konnten nicht beobachtet werden. Die Form

des koronalen Teils der Wurzelstiftaufbauten ist angesichts der Vielfalt individueller okklusaler Morphologien gut. Gelegentliche Schleifkorrekturen können nicht als Nachteil gewertet werden.

8 Literaturverzeichnis

1. **Ahlers, H.:**
OptiPost – ein optimiertes Wurzelstiftsystem. Untersuchungen an unteren Frontzähnen und Prämolaren.
Med Diss, Münster 1998
2. **Attin, T., Hellwig, E., Hilgers, R.-D.:**
Der Einfluss verstärkender Wurzelstifte auf die Frakturanfälligkeit endodontisch versorgter Zähne.
Dtsch Zahnärztl Z 49, 586 - 589 (1994)
3. **Barkholder, R.A., Radke, R., Abbasi J.:**
Effect of metal collars on resistance of endodontically treated teeth to root fracture.
J Prosthet Dent 61, 676 (1989)
4. **Bawendi, B., Nolden, R.:**
Stiftverankerter Zahnersatz und Forderungen an die Wurzelfüllung (I-II).
Zahnärztl Welt 85, 989 ff, 1045 – 1050 (1976)
5. **Brauner, H., Hofmann, M.:**
Korrosionsuntersuchungen an Stiftaufbauten.
Dtsch Zahnärztl Z 40, 1132 - 1136 (1985)
6. **Brauner, H.:**
Elektrochemische Korrosionsmessung an Stiftaufbauten.
Dtsch Zahnärztl Z 41, 1009 - 1014 (1986)
7. **Brauner, H.:**
Zum Einfluss des Befestigungszementes auf die Korrosion mit Kronen versorgter Stiftaufbauten.
Dtsch Zahnärztl Z 43, 434 - 437 (1988)
8. **Cathro, P.R., Chandler, N.R., Hood, J.A.:**
Impact resistance of crowned endodontically treated central incisors with internal composite cores.
Endod Dent Traumatol 12, 124 (1996)
9. **Courtade, G.L., Timmermanns, J.J.:**
Stiftverankerungen in der konservierenden und prothetischen Zahnheilkunde.
Quintessenz-Verlag, Berlin 1979
10. **Creugers, N.H.J., Mentink, A.G.B., Kayser, A.F.:**
An analysis of durability data on post and core restorations.
J Dent 21, 281 (1993).
11. **Eichner, K.:**
Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung. Band 2.
Hüthig Verlag, Heidelberg 1981

24. **Kappert, H.F., Schreck, U., Prünste, H., Barucha, A., Erpelding, E., Banholzer, M.:**
Prüfung von Metall-Kunststoff-Verbundsystemen durch Scher-, Biege- und axialen Zugversuch.
Dtsch Zahnärztl Z 44, 879 - 881 (1989)
25. **Kerekes K., Tornstad L.:**
Morphometric observations on root canals of human anterior teeth.
J Endodont 3, 24 – 29 (1977)
26. **Kerekes, K., Tronstad, L.:**
Morphometric observations on root canals of human premolars.
J Endodont 3, 74 - 79 (1977)
27. **Kern, M., Knode, H.:**
Stiftkernaufbauten aus In-Ceram - Direkte und indirekte Methode.
Quintessenz Zahntech 17, 917 – 925 (1991)
28. **Kern, M., Pleimes, A.W., Strup, J.R.:**
Bruchfestigkeit metallischer und vollkeramischer Stiftkernaufbauten.
Dtsch Zahnärztl Z 50, 451 – 453 (1995)
29. **Klosson, D.:**
Experimentelle Untersuchungen zur Kongruenz von Wurzellumina und genormten Wurzelsystemen.
Med Diss, Münster 1977
30. **Kordaß, B., Diedrichs, G., Böttger, H., Stüttgen, U.:**
Das Titronic-K-Ankersystem - Eine rationelle Methode zur prothetischen Restauration endodontisch behandelter Zähne.
Quintessenz 42, 567 - 574 (1991)
31. **Kurer, P.F.:**
The Finlock System.
Quintessence Int 15, 179 - 187 (1984)
32. **Magura, M.E., Kafraway, A.H., Brown, C.E. Jr., Newton, C.W.:**
Human saliva coronal microleakage in obturated root canals – an in vitro study.
J Endodont 17, 324 (1991)
33. **Marxkors, D.:**
OptiPost – ein optimiertes Wurzelstiftsystem -
Med Diss, Münster 1999
34. **Marxkors, R., Marxkors, D., Neumeyer, St., Ahlers, H.:**
OptiPost – ein optimiertes Wurzelstiftsystem.
Quintessenz 48, 261 – 278 (1997)

24. **Kappert, H.F., Schreck, U., Prünste, H., Barucha, A., Erpelding, E., Banholzer, M.:**
Prüfung von Metall-Kunststoff-Verbundsystemen durch Scher-, Biege- und axialen Zugversuch.
Dtsch Zahnärztl Z 44, 879 - 881 (1989)
25. **Kerekes K., Tornstad L.:**
Morphometric observations on root canals of human anterior teeth.
J Endodont 3, 24 – 29 (1977)
26. **Kerekes, K., Tronstad, L.:**
Morphometric observations on root canals of human premolars.
J Endodont 3, 74 - 79 (1977)
27. **Kern, M., Knode, H.:**
Stiftkernaufbauten aus In-Ceram - Direkte und indirekte Methode.
Quintessenz Zahntech 17, 917 – 925 (1991)
28. **Kern, M., Pleimes, A.W., Strup, J.R.:**
Bruchfestigkeit metallischer und vollkeramischer Stiftkernaufbauten.
Dtsch Zahnärztl Z 50, 451 – 453 (1995)
29. **Klosson, D.:**
Experimentelle Untersuchungen zur Kongruenz von Wurzellumina und genormten Wurzelsystemen.
Med Diss, Münster 1977
30. **Kordaß, B., Diedrichs, G., Böttger, H., Stüttgen, U.:**
Das Titronic-K-Ankersystem - Eine rationelle Methode zur prothetischen Restauration endodontisch behandelter Zähne.
Quintessenz 42, 567 - 574 (1991)
31. **Kurer, P.F.:**
The Finlock System.
Quintessence Int 15, 179 - 187 (1984)
32. **Magura, M.E., Kafraway, A.H., Brown, C.E. Jr., Newton, C.W.:**
Human saliva coronal microleakage in obturated root canals – an in vitro study.
J Endodont 17, 324 (1991)
33. **Marxkors, D.:**
OptiPost – ein optimiertes Wurzelstiftsystem -
Med Diss, Münster 1999
34. **Marxkors, R., Marxkors, D., Neumeyer, St., Ahlers, H.:**
OptiPost – ein optimiertes Wurzelstiftsystem.
Quintessenz 48, 261 – 278 (1997)

35. **Marxkors, R., Danger, K.-H.:**
Form- und funktionsgerechtes Präparieren – Betrachtungen zum Einsatz rotierender Dentalinstrumente.
Carl Hanser Verlag, München – Wien 1998
36. **Marxkors, R.:**
Lehrbuch der zahnärztlichen Prothetik. 3. überarbeitete und erweiterte Auflage.
Deutscher zahnärztliche Verlag, DÄV / Hanser, Köln – München 2000
37. **Marxkors, R., Meiners, H.:**
Taschenbuch der Zahnärztlichen Werkstoffkunde.
Carl Hanser Verlag, München 1982
38. **Milot, P., Stein, R.S.:**
Root fracture in endodontically treated teeth related to post selection and crown design.
J Prosthet Dent 68, 428 (1992)
39. **Nergiz, I., Platzer, U.:**
Haftfestigkeit von Wurzelstiften bei Befestigung mit Glaspolyalkenoatzement in konditionierten Wurzelkanälen.
Dtsch Zahnärztl Z 47, 708 - 710 (1992)
40. **Nergiz, I., Schmage, P., Platzer, U.:**
Abzugskraftmessungen bei Wurzelstiften mit verschiedenen Oberflächen.
Dtsch Zahnärztl Z 48, 661 - 664 (1993)
41. **Nolden, R.:**
Die stiftverankerte Krone aus der Sicht der Zahnerhaltung.
Dtsch Zahnärztl Z 40, 1083 – 1088 (1985)
42. **Nolden, R., Quack, W.:**
Die Verformung von Zahnwurzeln unter verschiedenen Methoden der Stiftverankerung.
Dtsch Zahnärztl Z 41, 783 – 785 (1986)
43. **Paul, S.J., Schärer, P.:**
Plastische Aufbauten in der Kronen- und Brückenprothetik.
Quintessenz 47, 1519 - 1531 (1996)
44. **Portell, F.R., Bernier, W.E., Lorton, L et al.:**
The effect of immediate versus delayed dowel space preparation of the integrity of the apical seal.
J Endodont 8, 154 (1982)
45. **Quack, W.:**
Umfangsveränderungen von Zahnwurzeln durch Einfügen unterschiedlicher Wurzelstifte. Eine Untersuchung an natürlichen Zähnen mit Hilfe von metallischen Dehnungsmessstreifen (DMS).
Med. Diss, Bonn 1985

46. **Reeh, E.S., Messer, H.H., Douglas, W.H.:**
Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures.
J Endodont 15, 512 (1989)
47. **Schmage, P., Nergiz, I., Platzer, U.:**
Messungen der Zementfuge bei Wurzelstiften mit verschiedenen Oberflächen.
Dtsch Zahnärztl Z 47, 785 – 788 (1992)
48. **Schmeißner, H.:**
Nachuntersuchungen und experimentelle Untersuchungen von Stift - Kronen mit und ohne zirkuläre Stumpfumsfassung.
Dtsch Zahnärztl Z 27, 535 - 539 (1972)
49. **Schmeißner, H.:**
Über das Verhalten von Stiftaufbauten mit und ohne zirkuläre Stumpfumsfassung im Belastungsexperiment.
Dtsch Zahnärztl Z 32, 701 - 703 (1977)
50. **Schmeißner, H.:**
Zur Belastbarkeit gegossener Stiftaufbauten in Abhängigkeit unterschiedlicher Präparationsgestaltung.
Dtsch Zahnärztl Z 34, 744 - 747 (1979)
51. **Schmeißner, H.:**
Vergleichende Belastungsversuche an Stumpfaufbauten mit unverschraubbarer und verschraubbarer Stiftverankerung.
Dtsch Zahnärztl Z 38, 163 – 166 (1983)
52. **Schmeißner, H.:**
Die stiftverankerte Krone aus prothetischer Sicht.
Dtsch Zahnärztl Z 40, 1089 - 1093 (1985)
53. **Shillingburg, H.T., Kessler, J.C., Wilson, E.L.:**
Root dimensions and dowel size.
J Can Dent Assoc 48, 43 - 49 (1982)
54. **Shillingburg, H.T., Kessler, J.C.:**
Restauration von wurzelbehandelten Zähnen.
Quintessenz-Verlag, Berlin 1982
55. **Spang, H.:**
Das Radix-Anker-System (I und II).
Quintessenz 26, (1) 33 - 37, (2) 55 - 62 (1975)
56. **Stiefenhofer, A., Stark, H., Hackhofer, Th.:**
Biomechanische Untersuchungen von Stiftaufbauten mit Hilfe der Finiten-Elemente-Analyse.
Dtsch Zahnärztl Z 49, 711 - 715 (1994)

57. **Strub, J.R., Türp, J.C., Blatz, M.B., Heydecke, G.:**
Vorbehandlung. Aufbau vitaler und avitaler Pfeilerzähne. In: Praxis der Zahnheilkunde. Festsitzender Zahnersatz. Prothetik. Band I., S. 277 – 299. Quintessenz-Verlag, Berlin 1999
58. **Torbjörner, A., Karlsson, S., Ödmann, P.A.:**
Survival rate and failure characteristics for two post designs. J Prosthet Dent 73, 439 (1995).
59. **Weigl, P., Heidemann, D.:**
Restaurative Therapie des endodontisch behandelten Zahnes. In: Endodontie. Heidemann, D. (Hrsg.). S. 242 – 274. Urban & Fischer Verlag, München-Jena 2001
60. **Weis, J.:**
Ferrule effect und biologic width. Dental Magazin 15, 90 - 91 (1997)
61. **Yaman, P., Zillich, R.M.:**
Restoring the endodontically treated birooted premolar – the effect of endodontic and post preparation on width of root dentin. J Mich Dent Assoc 68, 79 – 81 (1986)
62. **Zillich, R.M., Corcoran, J.F.:**
Average maximum post lengths in endodontically treated teeth. J Prosthet Dent 60, 489 - 490 (1984)
63. **Zumstein, T.A., Strub, J.:**
Die Haftung von drei Befestigungszementen bei verschiedener Oberflächenrauheit des Dentins. Dtsch Zahnärztl Z 37, 16 (1982)

10 Danksagung

Herrn Professor em. Dr. R. Marxkors herzlichen Dank für die Überlassung des Themas und die jederzeit hilfreiche Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit.