

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Prof. Dr. A. Petschelt

Wurzelkanalanzahl und -länge eines mitteleuropäischen Patientenkollektivs

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt von
Martin Lindner
aus Lichtenfels

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg

Dekan: Prof. Dr. Dr. G. Lehnert

Referent: Prof. Dr. A. Petschelt

Tag der mündlichen Prüfung: 27. Juli 1993

*Gewidmet
meinen Eltern*

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Einleitung.....	6
2.	Literaturübersicht.....	7
2.1	Wurzelkanalanzahl bleibender Zähne.....	7
2.2	Zahn- und Wurzelkanallängen.....	9
2.3	Erforderliche Wurzelkanalaufbereitungsgrößen.....	11
3.	Fragestellung.....	13
4.	Patienten und Methoden.....	14
4.1	Patientenkollektiv.....	14
4.2	Datenerhebung.....	14
4.2.1	Struktur des Erhebungsbogens.....	14
4.2.2	Datenerfassung.....	16
4.2.3	Reliabilitätsprüfung.....	16
4.2.4	Plausibilitätsprüfung und Validität.....	17
4.3	Einordnung nach Sozial-Index.....	17
4.4	Statistische Methoden.....	18
5.	Ergebnisse.....	19
5.1	Allgemeine Charakteristika der Patientenkollektive.....	19
5.2	Häufigkeitsverteilung der endodontischen Behandlungen.....	19
5.3	Ergebnisse der Anamnese.....	25
5.3.1	Ursache der Wurzelbehandlung.....	25
5.3.2	Diagnose.....	25
5.3.3	Therapie.....	28
5.4	Ergebnisse der Wurzelkanalaufbereitung.....	28
5.4.1	Wurzelkanalanzahl.....	28
5.4.2	Aufbereitungslängen.....	32
5.4.3	Aufbereitungsgrößen.....	40
5.5	Ergebnisse der Reliabilitäts- und Validitätsprüfung.....	45

6.	Diskussion.....	46
6.1	Möglichkeiten und Grenzen der Datenerhebung.....	46
6.2	Diskussion der Ergebnisse.....	48
7.	Zusammenfassung.....	51
8.	Literaturverzeichnis.....	52

ANHANG

Tabellen und Diagramme.....	57
Danksagung.....	64
Lebenslauf.....	65

1. Einleitung

Die Tendenz zur Erhaltung karieszerstörter und marktoter Zähne hat sich in den letzten Jahren verstärkt. Die Gründe hierfür sind wohl darin zu suchen, daß solche Zähne noch wertvolle Dienste bei der Rehabilitation eines Gebisses leisten können, und daß es kostensparender ist, einen zerstörten Zahn wiederherzustellen, als einen aufwendigen Zahnersatz einzugliedern. Doch auch die zunehmende Erfolgssicherheit bei der systematischen Endodontiebehandlung mag dazu beigetragen haben.

Wovon hängen nun Erfolg und Mißerfolg in der Endodontie ab? Neben der nötigen Gewissenhaftigkeit des Behandlers in der Wahl seiner Methoden und Hilfsmittel ist auch eine genaue Kenntnis von der Morphologie des Wurzelkanalsystems nötig. Erst das Wissen um die Anatomie der Zähne ermöglicht eine vollständige Aufbereitung und dichte Abfüllung [51,52]. Die instrumentelle Beseitigung des infektiösen Kanalinhalt und die Säuberung der Kanalwände von infiziertem Dentin stellen wichtige Schritte in der endodontischen Therapie dar [48,49,68]. Eine rationelle Aufbereitung des Wurzelkanals erfordert daher einerseits ein exaktes Einhalten der Arbeitslänge und andererseits eine möglichst vollständige Erweiterung des Kanallumens unter Beseitigung der Unregelmäßigkeiten der Kanalwand [48,49]. Auch bei anamnestic ungünstigen Voraussetzungen kann eine kunstgerecht durchgeführte Wurzelkanalbehandlung - notfalls unter Zuhilfenahme chirurgischer Maßnahmen - zum Erfolg führen.

Aus diesem Grunde wurde eine prospektive Studie zur Identifikation von Prognosefaktoren bei endodontischen Behandlungen initiiert. Dazu wurden im Rahmen einer klinischen Querschnittsuntersuchung die Daten eines großen Patientengutes an der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Universität Erlangen-Nürnberg und der Abteilung für Zahnerhaltung der Universität Frankfurt mittels eines Fragebogens erfaßt und ausgewertet.

2. Literaturübersicht

2.1 Wurzelkanalanzahl bleibender Zähne

Beschäftigt man sich mit der Wurzelkanaltopographie, so geht aus den Untersuchungen von **HESS** 1917 [33] und **MEYER** 1960 [51] hervor, daß sich ein Wurzelkanal in zahlreiche Seiten- und Nebenkanäle verzweigen kann. Der Begriff "Wurzelkanal" müßte demnach durch die Bezeichnung "Wurzelkanalsystem" ersetzt werden.

Die Angaben zu Wurzelkanalanzahl und -konfiguration differieren in der Literatur teils erheblich. Tab. 1 bis 6 stellen die Angaben zur Wurzelkanalanzahl für die einzelnen Zahngruppen anhand der Literatur zusammen [6,12,22,33,36,57,62,86,87,90].

Untersucher	Zahnzahl	1 Kanal	2 Kanäle	3 Kanäle
CARNS und SKIDMORE (1973)	100	9%	85%	6%
GREEN (1973)	50	8%	92%	
PINEDA und KUTTLER (1972)	259	26,2%	73,3%	0,5%
VERTUCI (1984)	400	8%	87%	5%

Tab.1: Wurzelkanalanzahl oberer erster Prämolaren

Untersucher	Zahnzahl	1 Kanal	2 Kanäle	3 Kanäle
GREEN (1973)	50	72%	28%	
PINEDA und KUTTLER (1972)	282	55%	45%	
VERTUCCI (1984)	200	75 %	24%	1%

Tab. 2: Wurzelkanalanzahl oberer zweiter Prämolaren

Untersucher	Zahnzahl	1 Kanal	2 Kanäle	3 Kanäle
ZILLICH und DOWSON (1973)	1393	69,3%	22,7%	0,4%
GREEN (1973)	50	86%	14%	
PINEDA und KUTTLER (1972)	202	69,3%	29,8%	0,9%
VERTUCCI (1984)	400	70%	29,5%	0,5%

Tab. 3: Wurzelkanalanzahl unterer erster Prämolaren

Untersucher	Zahnzahl	1 Kanal	2 Kanäle	3 Kanäle
ZILLICH und DOWSON (1973)	938	84,5%	11,7%	0,4%
GREEN (1973)	50	92%	8%	
PINEDA und KUTTLER (1972)	250	98,8%	1,2%	
VERTUCCI (1984)	400	97,5%	2,5%	

Tab. 4: Wurzelkanalanzahl unterer zweiter Prämolaren

Untersucher	Zahnzahl	1 Kanal	2 Kanäle
NEAVERTH, KOTLER und KALTENBACH (1987)	228	26,8%	77,2%
GREEN (1973)	100	64%	36%
PINEDA und KUTTLER (1972)	262	39,3%	60,7%
VERTUCCI (1984)	100	45%	55%

Tab.5: Wurzelkanalanzahl oberer erster Molaren, mesiobukkale Wurzel

Untersucher	Zahnzahl	1 Kanal	2 Kanäle
GREEN (1973)	100	64%	36%
PINEDA und KUTTLER (1972)	294	64,6%	35,4%
VERTUCCI (1984)	100	71%	29%

Tab. 6: Wurzelkanalanzahl oberer zweiter Molaren, mesiobukkale Wurzel

2.2 Zahn- und Wurzelkanallängen

Im Rahmen der Wurzelkanalaufbereitung ist nicht nur das Wissen um die Wurzelkanalanzahl und um die Lage der Kanaleingänge wichtig, sondern auch um die Länge der einzelnen Zähne. So ist die Längenmessung des Wurzelkanals bei der Aufbereitung eine wichtige wenn nicht gar die wichtigste Forderung [29,45].

Wie **HARNDT** [29] anhand einer klinischen Studie mit 875 Wurzelkanalbehandlungen feststellt, lassen sich insbesondere die Angaben ausländischer Autoren zu Wurzelkanal- und Zahnlangen nur eingeschränkt auf mitteleuropäische Verhältnisse

Zahngruppe	Wurzelkanallängen (mm)		Zahnlängen (mm)		
	GULDENER	HARNDT	TRONSTAD	VERHOEVEN	
				Männer	Frauen
1. Oberkiefer					
+ 1 +	22	20,98	22,5	25,2	23,8
+ 2 +	23	20,9	22	23,6	22,5
+ 3 +	27	23,0	26,5	29,1	25,8
+ 4 b+	21	19,78	20,6	22,5	21,4
+ 4 p+		20,01			
+ 5 +	21	19,6	21,5	22,6	21,0
+ 6 mb+	21	21,5	20,8	21,9	21,1
+ 6 db+		19,5			
+ 6 pal+		20,2			
+ 7 mb+	21	19,4	20	21,5	20,8
+ 7 db+		19,73			
+ 7 pal+		19,87			
2. Unterkiefer					
- 1 -	22	17,87	20,7	22,6	21,0
- 2 -	22	17,4	21,7	24,1	22,4
- 3 -	23	21	25,6	28,4	25,3
- 4 -	22	20	21,6	24,0	22,5
- 5 -	22	20,5	21,5	23,4	22,3
- 6 mb -	21	19,88	21	22,1	21,1
- 6 ml -		19,8			
- 6 dis -		19,83			
- 7 mb -	21	19,05	20	21,8	20,6
- 7 ml -		19,14			
- 7 dis -		19,3			

Tab. 7: Vergleich der Wurzelkanallängen nach GULDENER [26] und HARNDT [29] mit den Angaben über Zahnlängen von TRONSTAD [83] und VERHOEVEN, VAN AKEN und VAN DER WEERDT [85].

projizieren. Dies sei zum einen auf die generell sehr kurzen Zahn­längen bei Ostasiaten und Überlängen bei Afrikanern zurückzuführen, zum anderen auf iatrogene Wurzelverkürzungen durch kieferorthopädische Behandlung. Wie Tabelle 7 zeigt, sind die Angaben zu Wurzelkanallängen von **HARNDT** [29] fast durchwegs kürzer als die Angaben der anderen genannten Autoren.

VERHOEVEN, VAN AKEN und **VAN DER WEERDT** [85] weisen in ihrer In-vitro-Studie nach, daß sich die Zahn­längen bei Männern und Frauen signifikant unterscheiden (s. Tab.7) [auch 64].

HARNDT [29] gibt mit Hilfe der Wurzelkanallängen Vorschläge für sog. Sicherheitstiefen, die der Behandler bei der Meßaufnahme einhalten sollte. Vorgaben zu Sicherheitstiefen wurden im deutschen Schrifttum zuvor schon von **KETTERL** [45] und **SCHUG-KÖSTERS** [71] vorgelegt (Abb. 1 und 2).

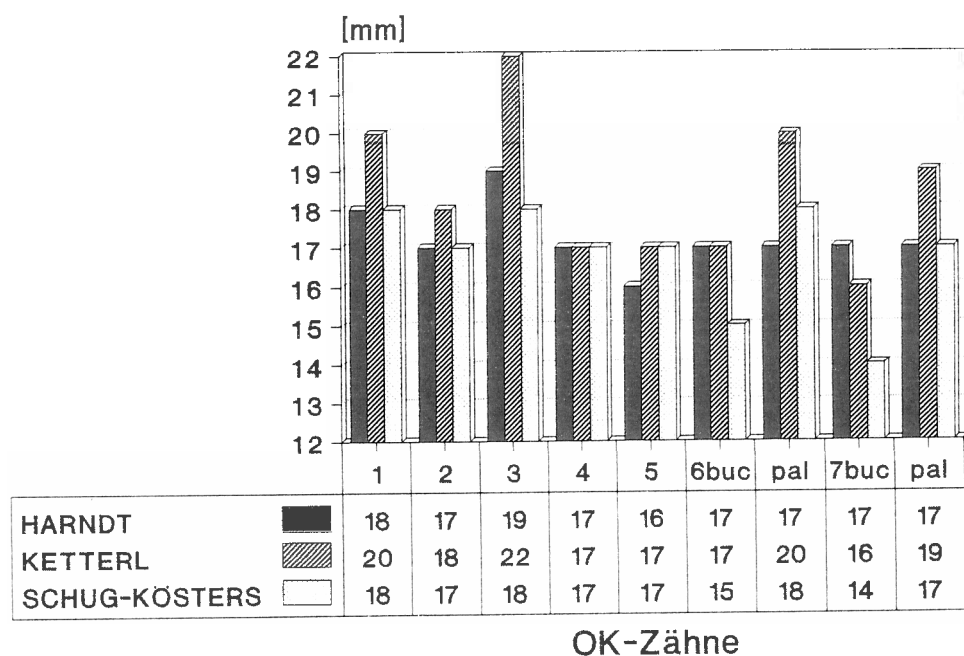


Abb. 1: Vorschläge für Sicherheitstiefen für den Oberkiefer nach SCHUG-KÖSTERS [71], KETTERL [45] und HARNDT [29].

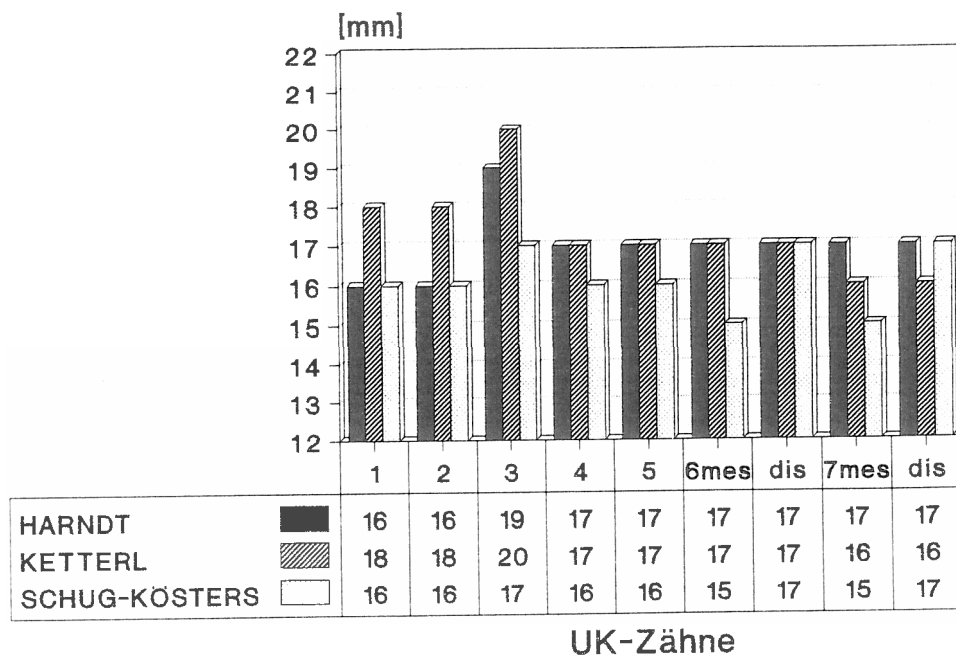


Abb. 2: Vorschläge für Sicherheitstiefen für den Unterkiefer nach SCHUG-KÖSTERS [71], KETTERL [45] und HARNDT [29].

2.3 Erforderliche Wurzelkanalaufbereitungsgrößen

Während die Aufbereitungstiefe klinisch sicher bestimmt werden kann, kann die Frage, wie weit ein Wurzelkanal aufbereitet werden muß, nicht eindeutig beantwortet werden [48,49], da Unregelmäßigkeiten der Kanalwand, Seitenkanälchen und Divertikel eine vollständige mechanische Aufbereitung unter Entfernung des gesamten Pulpengewebes unmöglich machen [51,52,68].

KRÖNCKE [48,49] nennt als einzigen klinisch faßbaren Bezugspunkt für die nötige Aufbereitungsgröße die Feststellung, mit welcher Instrumentengröße man beim Eindringen bis zur Arbeitstiefe erstmals straffen Wandkontakt erhält. **SCHANDERT** [68] untersuchte an oberen mittleren Schneidezähnen und oberen Eckzähnen, wie weit über diesen ersten straffen Wandkontakt hinaus aufbereitet werden muß, um im apikalen Abschnitt den größten Teil der Kanalhöhlräume

vollständig zu erfassen. Demnach seien bei Wurzelkanälen mit vorwiegend rundem Querschnitt vier Räumerstärken über den ersten Wandkontakt hinaus nötig, bei Zähnen mit ovalem bis schlitzförmigem Kanalquerschnitt mindestens fünf Räumerstärken.

Im Zuge einer Vereinheitlichung des Vorgehens bei der Wurzelkanalaufbereitung bemühten sich neuere Untersuchungen darum, die vorhandenen klinischen Erfahrungen auch quantitativ darzustellen. So geben **KASAHARA**, **YASUDA**, **YAMADA** und **MIYAZAWA** [39] sehr einfache, differenzierte Richtgrößen für die Aufbereitung an. Ähnliche Angaben machen **GUTMANN**, **DUMSHA** und **LOVDAHL** [28], sowie **TRONSTAD** [83] (Tab. 8).

Zahngruppe	Apikale Masterfeile		
	GUTMANN	KASAHARA	TRONSTAD
1. Oberkiefer			
mittlere Schneidezähne	35-60	60	70-90
seitliche Schneidezähne	25-40	60	60-80 (gerader Kanal) 35-45 (gekrümmter K.)
Eckzähne	30-50	60	50-70
erste Prämolaren	25-40	60 50	70-90 (1 Kanal) 35-70 (2 Kanäle) 35 (3 Kanäle)
zweite Prämolaren	25-40	60 50	60-90 (1 Kanal) 40-70 (2 Kanäle) 35 (2 Kanäle)
Molaren			
mb	25-40	60 50	35-60 (1 Kanal) 35-45 (2 Kanäle)
db	25-40	50	40-60
palatinal	25-50	60	80-100
2. Unterkiefer			
Schneidezähne	25-40	40	45-70 (1 Kanal) 35-50 (2 Kanäle)
Eckzähne	30-50	60	50-70
Prämolaren	30-50	60 50	50-70 (1 Kanal) 35-50 (2 Kanäle)
Molaren			
mb/ml	25-40	60 50	35-45 (1 Kanal) (2 Kanäle)
distal	25-50	60 50	60-80 (1 Kanal) 40-60 (2 Kanäle)

Tab. 8: Empfohlene ISO-Aufbereitungsgrößen (apikale Masterfeile) nach GUTMANN, DUMSHA und LOVDAHL (1988) [28], KASAHARA, YASUDA, YAMADA und MIYAZAWA (1991) [39] und TRONSTAD (1991) [83].

3. Fragestellung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, eine Zwischenevaluation der Ausgangsbefunde vorzunehmen, anhand derer unter anderem klinische Informationen zur Morphologie des Wurzelkanalsystems gewonnen werden können. Die Anforderungen an diese sog. Baseline-Erhebung [vgl. 8,79,80] waren:

1. Sammlung epidemiologischer Daten über die Ursachen endodontischer Eingriffe und zur Wurzelkanalanatomie.
2. Ermöglichung einer Korrelation zwischen Ausgangssituation und Prognose der Wurzelfüllung bzw. des Zahnes, um bei der Nachuntersuchung des gleichen Patientenkollektivs u.a. folgende Fragen beantworten zu können:
 - Besteht eine positive Korrelation zwischen dem Abstand der Wurzelfüllung vom Apex und dem Erfolg oder Mißerfolg ?
 - Ist die Prognose geschlechts- oder altersabhängig oder bei bestimmten Zahngruppen ungünstiger als bei anderen ?
3. Standardisierte Angaben in der Fachliteratur (Aufbereitungsempfehlungen, Angaben zu Wurzelkanallängen) [28,39,83] sollten für das untersuchte Patientenkollektiv geschlechtsspezifisch verifiziert oder modifiziert werden.
4. Die Angaben zur Wurzelkanallänge sollten als Grundlage dienen, statistisch abgeleitete Empfehlungen für sog. Sicherheitsmeßtiefen zu erarbeiten, die die folgenden Grundforderungen erfüllen sollten:
 - Die errechneten Sicherheitsmeßtiefen sollten in der Praxis so selten wie möglich die tatsächliche Zahnlänge überschreiten um ein Traumatisieren des periapikalen Mischgewebes zu vermeiden.
 - Der Abstand zum Apex nach koronal sollte möglichst gering sein, um im Sinne des Strahlenschutzes eine projektionsbedingte Wiederholung der Meßaufnahme zu umgehen.

4. Patienten und Methoden

4.1 Patientenkollektiv

Seit November 1989 werden alle Wurzelkanalbehandlungen an den Universitäten Erlangen und Frankfurt mit Hilfe eines Dokumentationssystems erfaßt. Bis März 1992 wurden bei 1930 Patienten, 1112 Männer (57,6%) und 818 Frauen (42,2%), die sich in den Studentenkursen behandeln ließen, 4563 Wurzelkanalbehandlungen an 2315 Zähnen durchgeführt.

Das Durchschnittsalter der Patienten lag zum Zeitpunkt der Behandlung bei 36,8 Jahren. Der größere Teil der Patienten (60,7%) wurde in Erlangen behandelt.

4.2 Datenerhebung

4.2.1 Struktur des Erhebungsbogens

Instrument der Datenerhebung ist ein Fragebogen, der in die vier Abschnitte "Anamnese", "Wurzelaufbereitung", "Wurzelfüllung" und "Zwischenfälle" gegliedert wurde (Anhang: Abb.3). Zusätzlich wurden Name und Vornamen des Patienten, Behandlungsdatum und soziodemographische Daten (Geburtsdatum, Geschlecht) erhoben. Bei der Verarbeitung der personenbezogenen Daten wurden die Kriterien des Datenschutzes gewahrt.

Unter "Anamnese" fallen Angaben zu den Ursachen der Wurzelkanalbehandlung, zu Diagnose, Therapie und zum Röntgenbefund. Darüberhinaus werden Angaben zur Sensibilität und zur Perkussion des Zahnes erhoben. Aufgrund der Problematik der klinischen Diagnostik im Bereich der Endodontie wurden als Entscheidungshilfe einfache, der derzeitigen Lehrmeinung entsprechende Kriterien genutzt (so z.B.

- bei infizierter Nekrose ("Gangrän"): jaucheähnlicher Geruch,
- bei "steriler" Nekrose: trockener Wurzelkanal,
- bei retrograder Pulpitis: evtl. aktive, bis zum Apex reichende Zahnfleischtasche, etc.)

Der Abschnitt "Wurzelkanalaufbereitung" beschäftigt sich mit Angaben zur Wurzelkanalzahl, zur Aufbereitungslänge und -größe, zur Spülung, sowie zu den verwendeten medikamentösen Einlagen. Die Beurteilung der Kanalzahl erfolgte rein visuell (klinisch und röntgenologisch). Somit können keine detaillierten Informationen zu Kanalkonfigurationen angegeben werden. Zur Bestimmung der Wurzelkanallänge wurden Röntgenmeßaufnahmen nach der Halbwinkeltechnik angefertigt. Hierzu wurden Wurzelkanalinstrumente (mindestens ISO 20) mit Stahl-Stoppem oder abgeknickte Silberstifte in den Wurzelkanal eingebracht. Der koronale Meßpunkt war die Schneidekante bei Front- und Eckzähnen, und im Seitenzahnbereich der dem jeweiligen Kanal nächstliegende Höcker. Abweichungen hiervon wurden dokumentiert und bei der Auswertung berücksichtigt. Die Wurzelkanallänge bei Behandlung durch Studenten wurde von Assistenten festgelegt. Die Meßaufnahme wurde wiederholt, sobald die Instrumentenspitze mehr als 5 mm vom röntgenologischen Apex entfernt war.

Fragen nach der Sitzungszahl, Trocknungsmodus, Wurzelfülltechnik, und -material, sowie die Beurteilung der Füllung im Röntgenbild bilden den Abschnitt "Wurzelfüllung". Die Variable "Abstand der Wurzelfüllung vom Apex" wurde im weiteren zur Berechnung der Wurzelkanallänge herangezogen ("Wurzelkanallänge" = "Aufbereitungslänge" + "Abstand der Wurzelfüllung vom Apex").

Der Abschnitt "Zwischenfälle" wurde in "Via falsa" und "Instrumentenfraktur" untergliedert.

Die Konzeption des Bogens ermöglicht es somit, primo formulierte Hypothesen und Fragestellungen bei der Nachuntersuchung der Patienten auf ihre Richtigkeit hin zu kontrollieren. Z.B.:

- Ist der Erfolg einer Wurzelkanalbehandlung von der Diagnose abhängig?
- Ist die Prognose altersabhängig?
- Können Wurzelfüllrevisionen einen Langzeiterfolg erbringen?

4.2.2 Datenerfassung

Aufgrund der Datenmenge und -vielfalt konnte die Erhebung nicht ohne die Mitarbeit der Studenten der Behandlungskurse durchgeführt werden. So mußte für jeden Zahn an dem endodontische Maßnahmen durchgeführt wurden als Bestandteil der Kursleistung ein Erhebungsbogen ausgefüllt werden. Die EDV-Erfassung der Datensätze erfolgte im Anschluß zur Fehlerreduktion durch einen einzelnen Untersucher. Zur Reduktion von Übertragungsfehlern bei der statistischen Weiterverarbeitung wurde eine programmierte Eingabemaske (Clipper 5.0) mit Plausibilitätsprüfung während der Eingabe verwendet.

4.2.3 Reliabilitätsprüfung

Inter- wie intraindividuelle Unterschiede in der Befunderhebung und -aufzeichnung können niemals vollständig ausgeschlossen, jedoch durch eine geeignete Kalibrierung auf ein erträgliches Maß reduziert werden [53,54]. Obwohl im vorliegenden Fall keine Kalibrierung im eigentlichen Sinne durchgeführt wurde, wurde versucht, die Forderung nach bestmöglicher Übereinstimmung der "Versuchsleiter" bereits vor Erhebungsbeginn zu gewährleisten. Dazu wurde die mündliche Abstimmung der Behandler in entsprechenden Vorlesungen durch schriftliche Anweisungen ergänzt, in denen interpretationsabhängige Befunde exakt festgelegt wurden. Die in Frankfurt erhobenen Daten wurden von den aufsichthabenden Assistenten kontrolliert und gegengezeichnet.

Eine Übereinstimmung zwischen den einzelnen Behandelern ("Versuchsleitern") zu erzielen, erscheint umso wichtiger, als bereits verschiedene Autoren nachwiesen, daß auch nach sorgfältiger Festlegung von Normen für die Befunderhebung noch beträchtliche Abweichungen vorkommen [20,21,65,66,76,77]. Dies gilt in besonderem Maße für die Interpretation von Röntgenbildern. Die sorgfältige Standardisierung der Diagnosekriterien, Untersuchungsbedingungen und Aufzeichnungsverfahren, wie sie auch schon **MÖLLER** und **POULSEN** [54] 1973 im Bereich der Kariesdiagnostik forderten, scheint aber im vorliegenden Fall gewährleistet.

Anhand einer randomisierten Stichprobe wurde im Rahmen der Vorversuche die Test-Retest-Reliabilität bestimmt: dazu wurden 25 Erhebungsbögen im Wiederholungstest erneut ausgefüllt und mit der Ersterhebung verglichen (SPSS-Befehl "randomize"). Auf dem gleichen Weg erfolgte die Auswahl von 100 Erhebungsbögen zum Nachweis der sog. "Inter-examiner-Reliabilität" bei 85 Behandelern. Die Kontrolle wurde von einem einzelnen Untersucher vorgenommen.

4.2.4 Plausibilitätsprüfung und Validität

Vor der statistischen Weiterverarbeitung wurden die ermittelten Befunddaten einer Plausibilitätskontrolle unterzogen. Zur Gewährleistung von Inhaltsgültigkeit und Kriteriumsgültigkeit [89] wurden die Angaben der obigen 100 Erhebungsbögen mit den Behandlungsunterlagen - Patientenkarten und Testatblättern - verglichen. Bei dieser Gelegenheit wurden zur Validitätsprüfung anhand der beigelegten Röntgenbilder die Länge der Wurzelfüllung in mm, der Abstand der Wurzelfüllung vom Apex in mm sowie anhand diagnostischer Röntgenbilder der Röntgenbefund vor Behandlungsbeginn bestimmt und anschließend mit den Angaben verglichen (Inter-Rater-Reliabilität).

4.3 Einordnung nach Sozial-Index

Anhand der Berufsangabe wurde für eine randomisierte Stichprobe von 100 Patienten eine Einteilung der sozialen Schichtzugehörigkeit nach **KLEINING** und **MOORE** [47] vorgenommen. Dabei wurden die Patienten in die Kategorien "obere Schichten", "mittlere und untere Mittelschicht" und "untere Schichten" eingeteilt. Diese Aufteilung ermöglicht einen Vergleich zur Schichtabhängigkeit in Korrelation zu DMF-Werten (Karies als wichtigste ätiologische Vorstufe endodontischer Erkrankungen).

4.4 Statistische Methoden

Die statistische Auswertung der erhobenen Daten erfolgte auf einem IBM kompatiblen PC unter Verwendung des Statistikprogramms SPSS/PC V 3.1 (Statistical Package for the Social Sciences).

Neben deskriptiven Auswertungen wurde zum Vergleich von Mittelwerten für normalverteilte Parameter der Student's t-Test für unabhängige Stichproben benutzt. Für die Berechnung der Sicherheitsmeßtiefen (Kap. 5.4.2) wurden einfache und doppelte Standardabweichung sowie Perzentile herangezogen. Für intervallskalierte Daten (Intra- und Inter-examiner-Reliabilität) wurde der Korrelationskoeffizient Pearson's r berechnet.

5. Ergebnisse

5.1 Allgemeine Charakteristika der Patientenkollektive

Von den insgesamt 1930 Patienten wurden 1172 (60,7%) in Erlangen und 758 (39,3%) in Frankfurt behandelt. 1112 Patienten (57,6 %) waren Männer, 818 (42,4%) Frauen. Das Gesamtdurchschnittsalter lag zum Zeitpunkt der Behandlung bei 36,8 Jahren, wobei das Durchschnittsalter der Männer mit 37,5 Jahren signifikant höher war als das der Frauen mit 35,9 Jahren ($p < 0,05$). Die prozentuale Altersverteilung der Wurzelkanalbehandlungen bei Männern und Frauen ist in Abb. 4 dargestellt. Sie zeigt, daß das Behandlungsmaximum bei Frauen im Intervall zwischen 20 und 24 Jahren, bei Männern zwischen 25 und 29 Jahren liegt.

Die Zuordnung zur sozialen Schicht nach dem Sozial-Index nach **KLEINING** und **MOORE** [47] ergab für die 100 Patienten: 23 gehörten den oberen Schichten an, 20 der mittleren Mittelschicht, 22 der unteren Mittelschicht, 11 der oberen Unterschicht, sowie 14 den unteren Schichten. Bei 10 Patienten lagen keine Angaben zum Beruf vor. Der Anteil an Studenten liegt bei 22%.

5.2 Häufigkeitsverteilung der endodontischen Behandlungen

Von den 2315 wurzelbehandelten Zähnen (4563 Kanäle) befanden sich 57,6 % im Oberkiefer (dies entspricht 54,6 % aller Wurzelkanäle), 42,4 % (entsprechend 45,4 % der Wurzelkanäle) im Unterkiefer (Tab.9): **CASTAGNOLA** [13; vgl. auch 4,5,32,73] gab bereits 1950 eine Häufigkeitsverteilung bei endodontischen Behandlungen von 2:1 für Ober- und Unterkieferzähne an; **GÜLZOW** und **MAEGLIN** [27] fanden 1964, daß die DMF-Werte für Oberkieferzähne deutlich höher seien als für Unterkieferzähne.

Zähne			Kanäle		
2315	594	Frontzähne	600	4563	
	674	Prämolaren	944		
	1047	Molaren	3019		
57,6% OK 42,4% UK				54,6% OK 45,4% UK	

Tab. 9: Aufstellung der wurzelbehandelten Zähne und Kanäle nach Zahngruppen

Eine Gegenüberstellung der relativen Häufigkeitsverteilungen in Erlangen und Frankfurt ist in Abb. 5 dargestellt. Sie zeigt zum einen, daß der Prozentsatz an Wurzelkanalbehandlungen an Molaren in Erlangen höher war als in Frankfurt (außer Zahn 46). Darüberhinaus ist im Frankfurter Patientenkollektiv eine leichte relative Häufung der Wurzelkanalbehandlungen im I. und IV. Quadranten gegenüber der linken Patientenseite festzustellen.

Dieses auf die Händigkeit zurückzuführende Phänomen (analog zur Karies-epidemiologie [27,56,58,59]) scheint bei der Gegenüberstellung von männlichen und weiblichen Patienten (Abb. 6) bei Frauen deutlicher ausgeprägt; bei Sechs-Jahres-Molaren liegt das Maximum bei Frauen jeweils deutlich höher als bei Männern. Zahn 36 war bei beiden Geschlechtern mit 7,3 % (Männner) bzw. 8,1 % (Frauen) der am häufigsten behandelte Zahn.

Ein Vergleich der Häufigkeitsverteilung aller 2315 Zähne mit der von **SCHEFF** 1902 angegebenen Kariesfrequenzkurve [69] zeigt eine hohe Übereinstimmung (Abb. 7 und 8). Auch jüngere epidemiologische Studien, die DMF-Werte für Ober- und Unterkieferzähne angeben [27,58,59], weichen nur wenig ab.

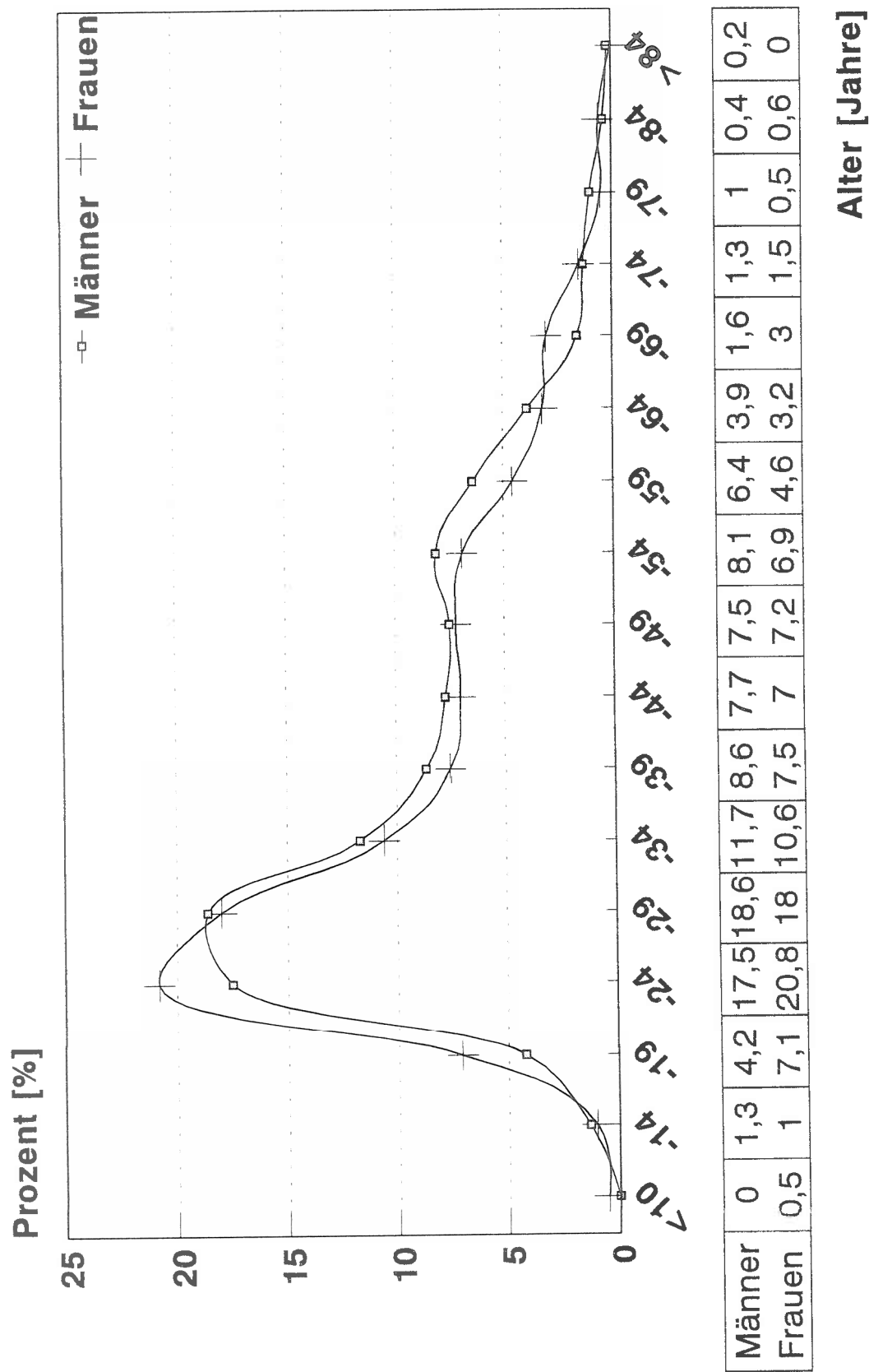


Abb. 4: Prozentuale Altersverteilung bei Männern und Frauen

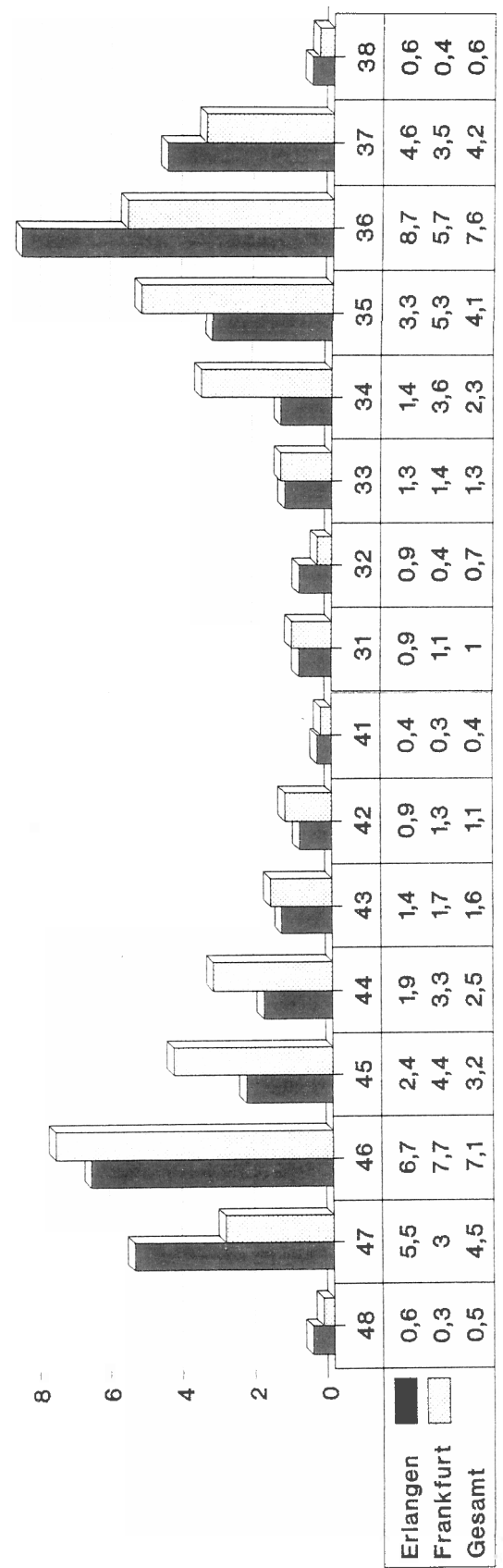
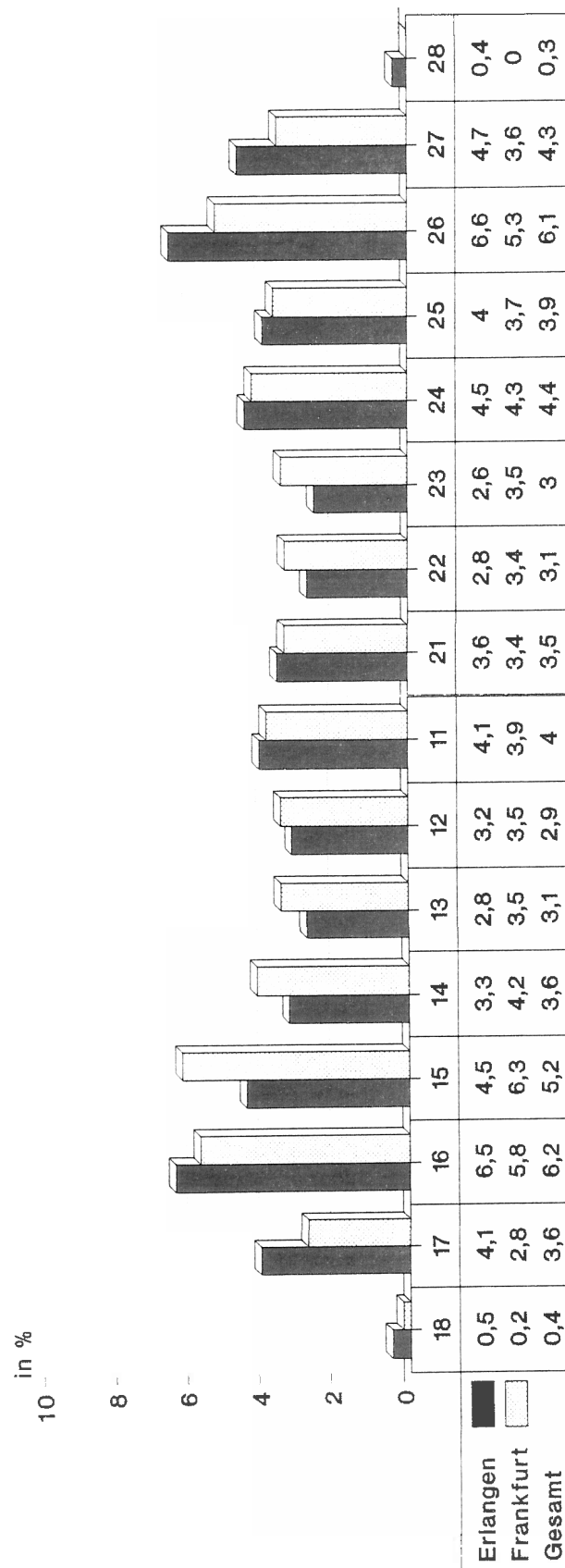


Abb. 5: Relative Häufigkeitsverteilung im Vergleich Erlangen-Frankfurt

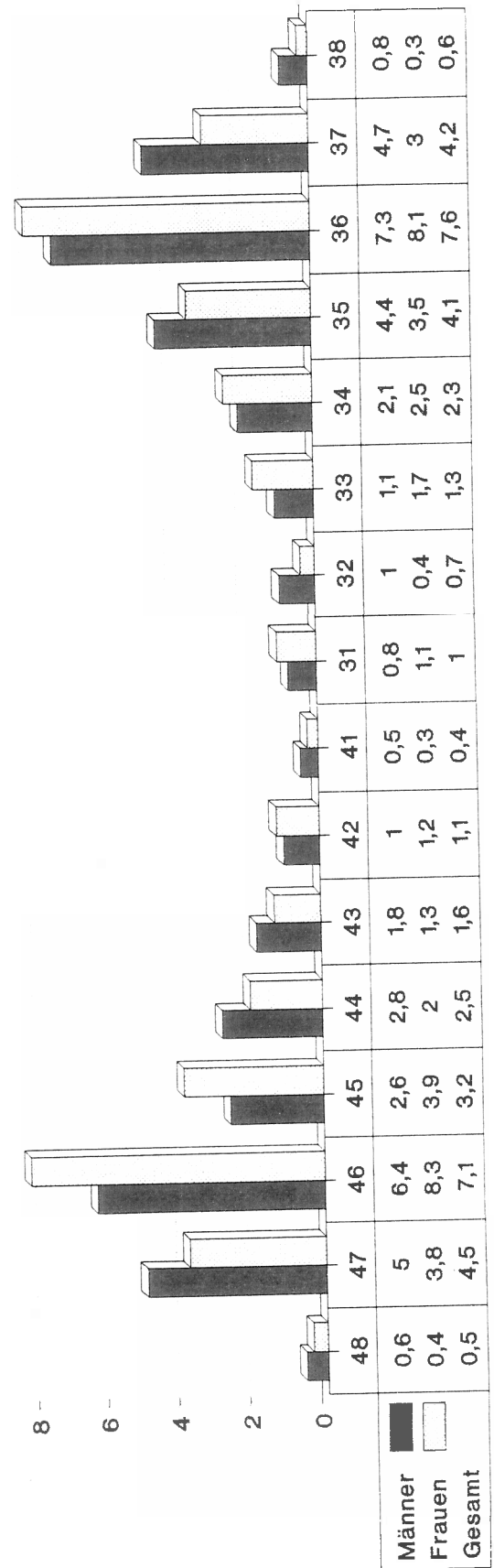
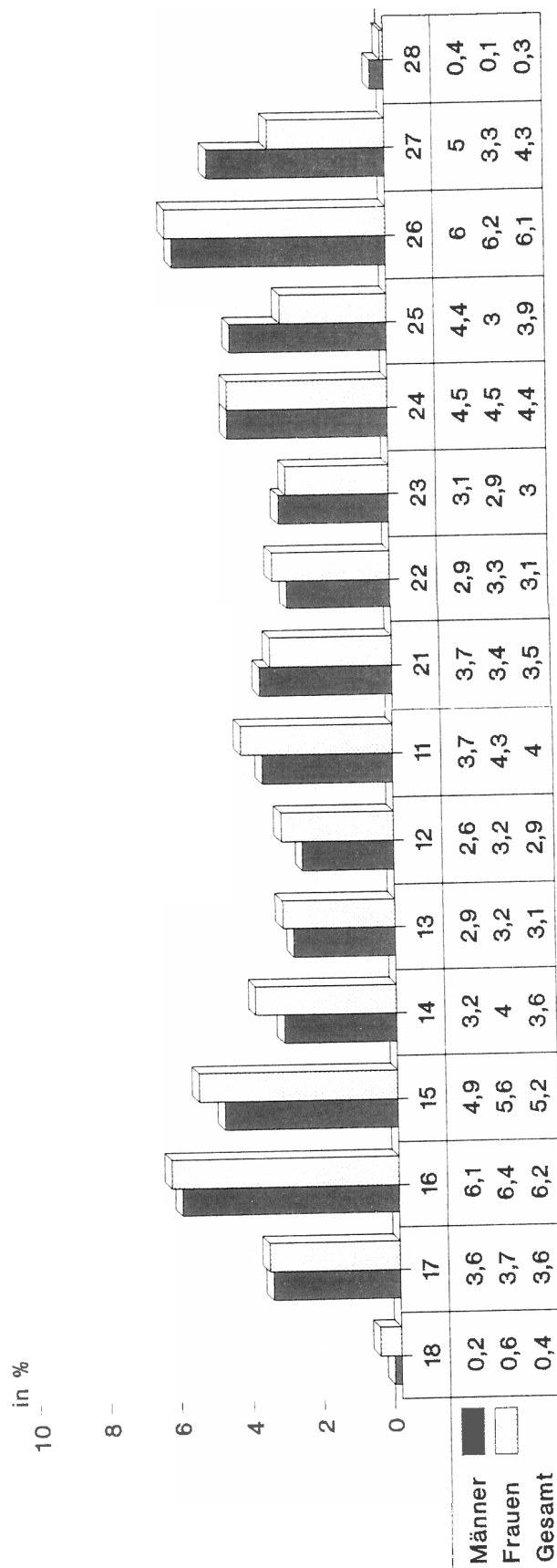


Abb. 6: Relative Häufigkeitsverteilung im Vergleich Männer-Frauen

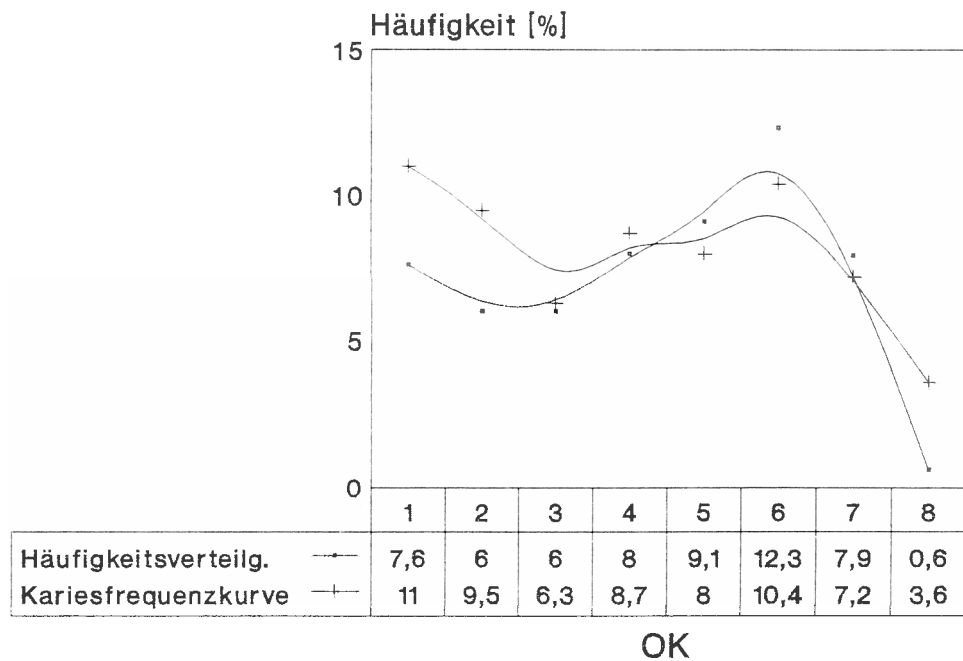


Abb. 7: Vergleich der Häufigkeitsverteilung bei Oberkieferzähnen mit der von SCHEFF [69] 1902 angegebenen Kariesfrequenzkurve

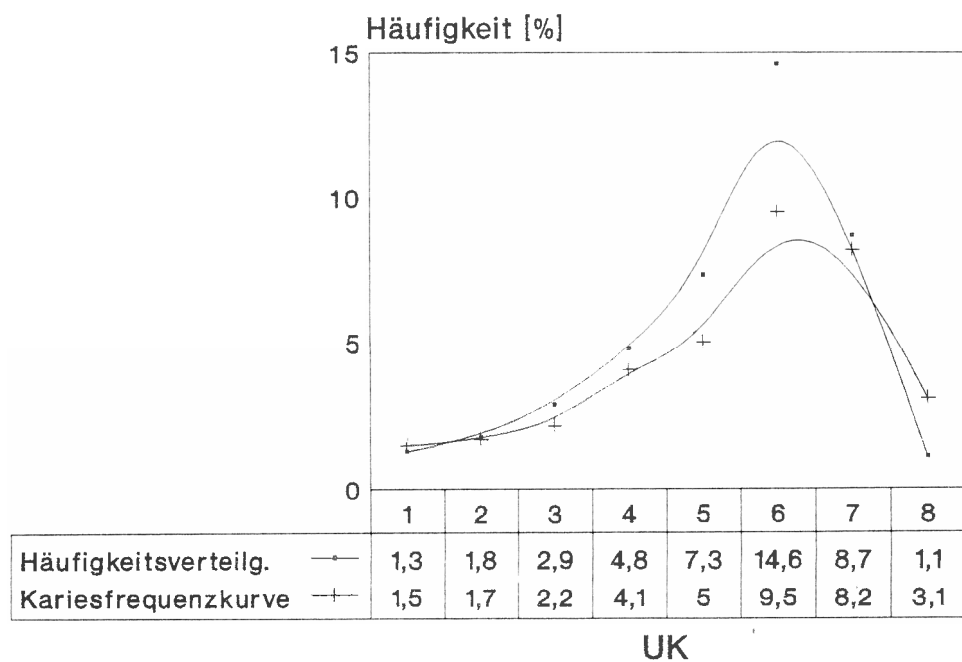


Abb. 8: Vergleich der Häufigkeitsverteilung bei Unterkieferzähnen mit der von SCHEFF 1902 [69] angegebenen Kariesfrequenzkurve

5.3 Ergebnisse der Anamnese

5.3.1 Ursache der Wurzelbehandlung

Hauptursache endodontischer Behandlungen waren in 36% der Fälle pulpitische Beschwerden, darauf folgen mit 32% Eröffnen der Pulpa im kariösen Dentin und akute apikale Parodontitiden mit 10%. Traumen mit Pulpabeteiligung hatten einen Anteil von 5%, retrograde Pulpitiden 0,5%. In den restlichen Fällen war die Ursache aufgrund der Vorbehandlung im zahnärztlichen Notdienst nicht eruierbar. In 24% der Fälle war vor Behandlungsbeginn keine Röntgenaufnahme vorhanden. In 191 Fällen wurde aufgrund akuter, pulpitischer Beschwerden, in 205 Fällen aufgrund einer artifiziellen Eröffnung der Pulpa und in 15 Fällen aufgrund eines Traumas mit Pulpabeteiligung auf eine diagnostische Röntgenaufnahme verzichtet.

Abb. 9 und Tab. 10 zeigen eine Aufsplittung der Behandlungsursachen nach Zahngruppen (Oberkiefer-Front, OK-Prämolaren, OK-Molaren, Unterkiefer-Front, UK-Prämolaren und UK-Molaren); diese Vorgehensweise wurde im Folgenden für Diagnose und Therapie wiederholt (s. unten). Hierbei fiel auf, daß Traumen mit Pulpabeteiligung bei Oberkiefer-Frontzähnen in 15,1% der Fälle vorkamen.

5.3.2 Diagnose

Am häufigsten wurde die Diagnose "irreversible Pulpitis" gestellt (53,2%); in 27,6% wurde eine Gangrän diagnostiziert (Abb. 10 und Tab. 11). Die Aufteilung nach Zahngruppen zeigt, daß bei Frontzähnen die Diagnose der Gangrän deutlich überwiegt (40,5% im Oberkiefer bzw. 41,9% im Unterkiefer), während bei Prämolaren und Molaren Gangrän nur zwischen 19,6% und 26,7% ausmacht [vgl. 4,5,73,74,75,78].

Unter "sonstige Diagnosen" fallen u.a. "sterile" Nekrose, Pulpapolyp und retrograde Pulpitis.

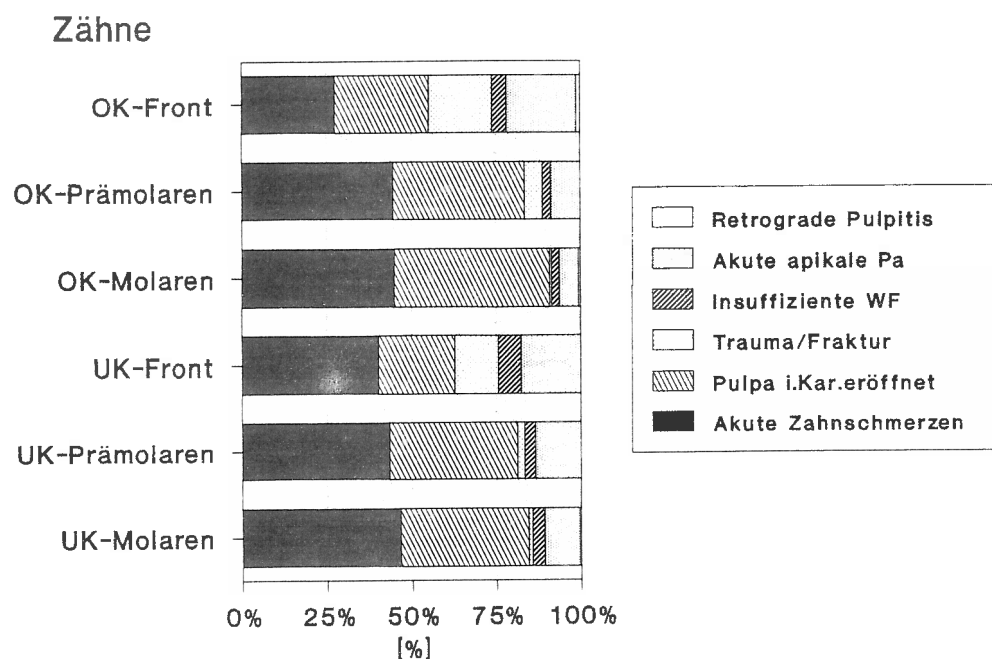


Abb. 9: Ursachen der Wurzelbehandlungen, auf Zahngruppen bezogen

	Akute Zahn-schmerz.	Pulpa im Kariösen eröffnet	Trauma / Fraktur	Insuffiz. WF	Akute apikale Pa	Retrograde Pulpitis
OK-Front	22,1%	22,4%	15,1%	3,5%	16,6%	1,0%
OK-Prämolaren	39,4%	34,4%	4,7%	2,2%	7,7%	0,0%
OK-Molaren	38,5%	39,2%	0,5%	1,9%	4,9%	0,5%
UK-Front	34,2%	19,2%	10,9%	5,8%	15,0%	0,0%
UK-Prämolaren	39,6%	34,3%	2,0%	2,9%	12,2%	0,0%
UK-Molaren	40,7%	32,9%	1,0%	3,1%	9,1%	0,4%
GESAMT	35,9%	31,8%	4,9%	2,9%	10,1%	0,4%

Tab. 10: Tabelle zu Abb. 9

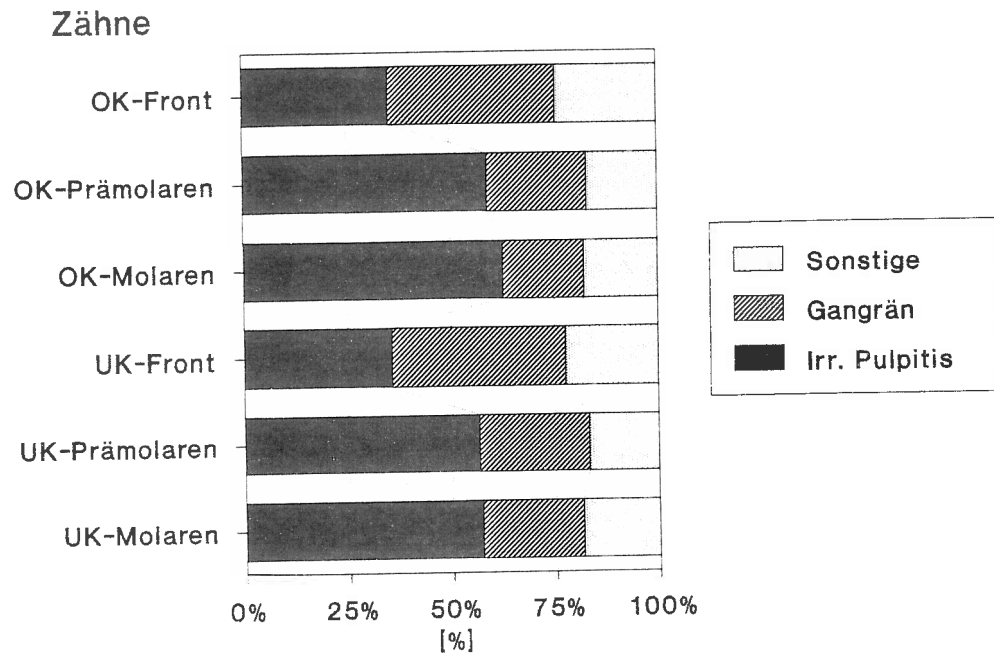


Abb. 10: Diagnosen, auf Zahngruppen bezogen

	Irreversible Pulpitis	Gangrän	Sonstige
OK-Front	35,1%	40,5%	24,4%
OK-Prämolaren	58,8%	24,1%	17,1%
OK-Molaren	62,6%	19,6%	17,8%
UK-Front	35,7%	41,9%	22,4%
UK-Prämolaren	56,6%	26,7%	16,7%
UK-Molaren	57,3%	24,3%	18,4%
GESAMT	53,2%	27,6%	19,2%

Tab. 11: Tabelle zu Abb. 10

5.3.3 Therapie

Entsprechend der Diagnose wurden in 57% der endodontischen Behandlungen Vitalexstirpationen durchgeführt, Gangränbehandlungen machten 30% aus. Wurzelkanalrevisionen stellen mit 10,5% die dritthäufigste Therapiemaßnahme dar. Vitalamputationen machten 1,5%, Mortalexstirpationen 1% aus (Abb. 11, Tab. 12).

Die Aufteilung nach Zahngruppen zeigt analog zur Diagnose die gegenüber Prämolaren und Molaren bei Frontzähnen deutlich erhöhte Häufigkeit von Gangränbehandlungen (43% bei Oberkieferfrontzähnen, 48% bei Unterkieferfrontzähnen (vgl. 5.3.2)).

5.4 Ergebnisse der Wurzelkanalaufbereitung

5.4.1 Wurzelkanalanzahl

Die Wurzelkanalanzahl wurde klinisch, also rein visuell, ohne Hilfsmittel bestimmt. Abweichungen gegenüber In-vitro-Studien [22,36,57,62,86,87,90] wurden daher in größerem Maße nur bei mesio-bukkalen Wurzeln oberer Molaren sowie bei distalen Wurzeln unterer Molaren beobachtet; hier kamen zwei Wurzelkanäle in einer Wurzel (Molaren mit vier Wurzelkanälen) gegenüber den Literaturangaben deutlich seltener vor.

Aus o.g. Gründen konnte keine Einteilung nach dem Vorbild von **WEINE** [88] vorgenommen werden, die Wurzelkanalzahl wurde lediglich nach dem klinischen und röntgenologischen Erscheinungsbild aufgelistet. Wie Abb. 12 zeigt, wurde am häufigsten beim unteren ersten Molar ein vierter Kanal aufgefunden (12%). Obere erste Prämolaren wiesen zu 93% zwei Wurzelkanäle auf, während bei oberen zweiten Prämolaren nur in 42,5% ein zweiter Wurzelkanal aufgefunden werden konnte.

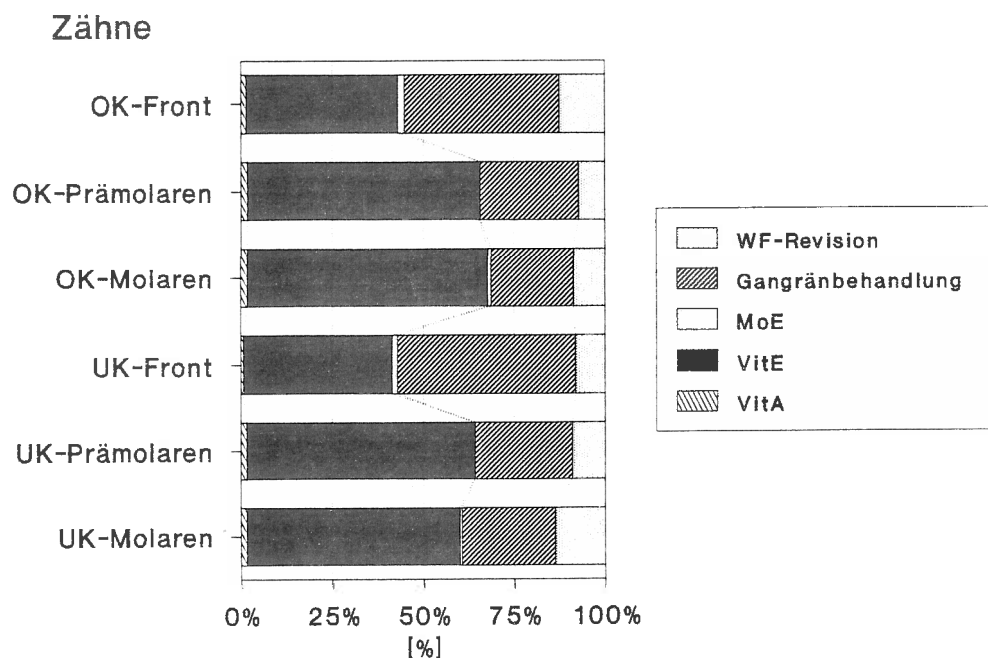


Abb. 11: Therapie, auf Zahngruppen bezogen

	VitA	VitE	MoE	Gangrän- behandlg.	WF- Revision
OK-Front	1,4%	41,5%	1,8%	42,6%	12,4%
OK-Prämolaren	1,8%	63,7%	0,3%	27,1%	7,2%
OK-Molaren	1,7%	66,2%	0,9%	22,7%	8,6%
UK-Front	0,7%	40,7%	1,5%	48,3%	8,1%
UK-Prämolaren	1,5%	62,5%	0,4%	26,8%	8,9%
UK-Molaren	1,6%	58,3%	0,5%	25,5%	13,7%
GESAMT	1,6%	57,0%	0,8%	30,1%	10,4%

Tab. 12: Tabelle zu Abb. 11

Kanalanzahl [%]

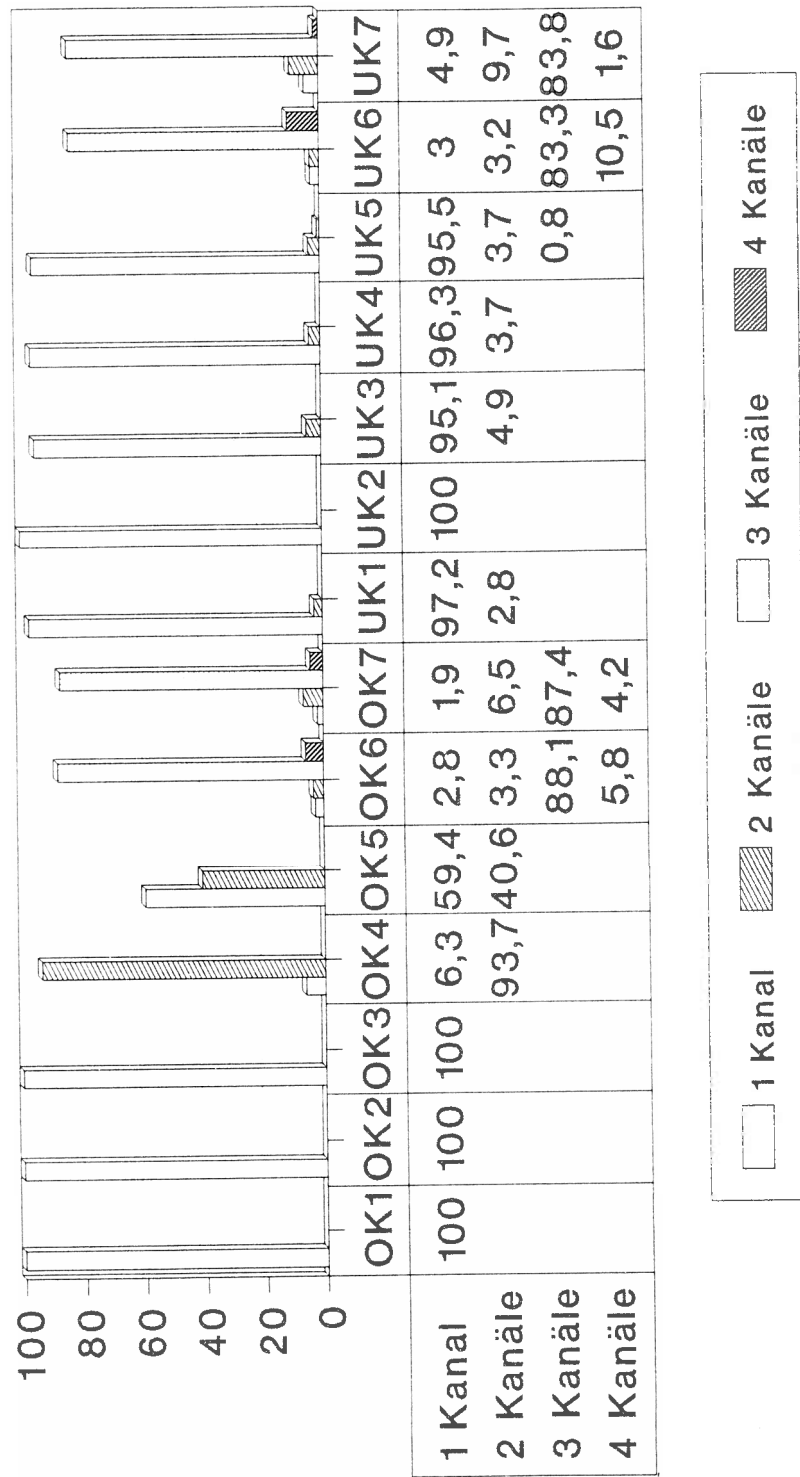


Abb. 12: Prozentuale Kanalanzahl

Wie **VERTUCCI** [87] angibt, wurden bislang bei Männern und Frauen noch keine Unterschiede bezüglich der Wurzelkanalanzahl festgestellt. Abb.13 zeigt jedoch, daß bei oberen zweiten Prämolaren klinisch deutliche Unterschiede festgestellt werden konnten. So wurde bei Männern mit 54% signifikant häufiger (Student t-Test, $p < 0,05$) ein zweiter Wurzelkanal gefunden als bei Frauen (27%). Hierbei wurden insgesamt 202 obere zweite Prämolaren untersucht (davon 120 männliche Patienten, 82 weibliche). Diesbezüglich sollte in Zukunft neben der Wurzelkanalzahl auch der Anzahl der Wurzeln oberer 5er bei Männern und Frauen in In-vitro-Untersuchungen vermehrt Aufmerksamkeit geschenkt werden.

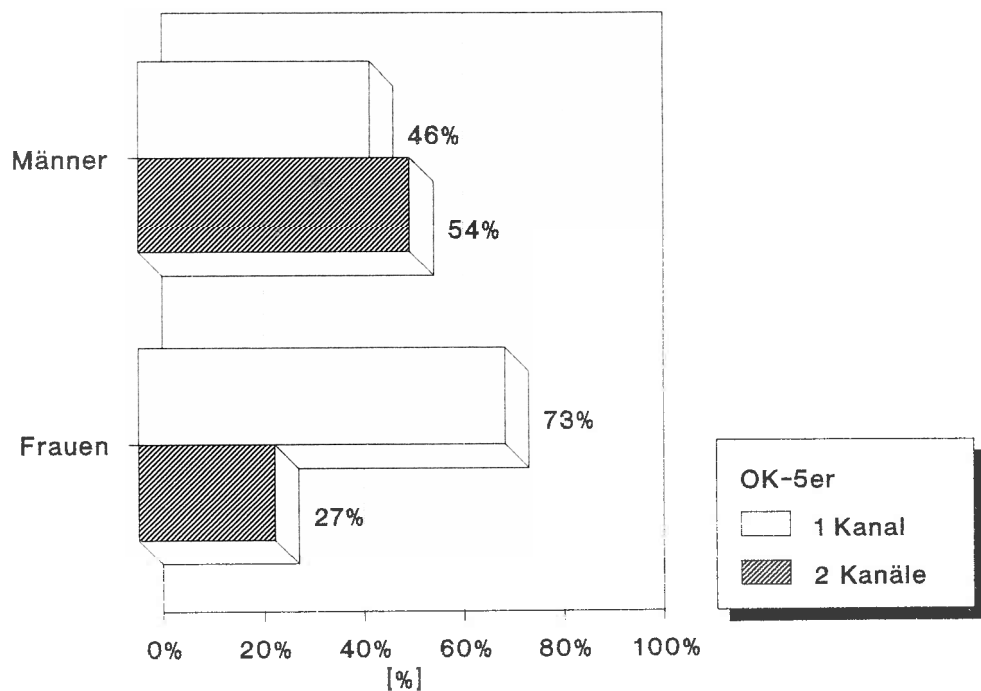


Abb. 13: Unterschiede in der Wurzelkanalzahl oberer zweiter Prämolaren bei Männern und Frauen

5.4.2 Aufbereitungslängen

Zur Bestimmung der Wurzelkanallängen wurden bei jedem Zahn die Parameter Aufbereitungslänge und Abstand der Wurzelfüllung vom Apex addiert und daraus Sicherheitsmeßtiefen abgeleitet. Tab. 13 (Anhang) zeigt eine Übersicht über die errechneten durchschnittlichen Kanallängen, Standardabweichung SD, Minimum, Maximum, Range und Fallzahl. Ein Vergleich der Daten mit Angaben aus dem neueren Schrifttum [82] erweist gute Übereinstimmung.

Es zeigt sich, daß insbesondere die Wurzelkanallängen oberer und unterer Canini stark streuen (bis zu 16 mm Unterschied). Dies ist zum einen auf die großen Längen zurückzuführen, die speziell bei Eckzähnen erreicht werden (bis zu 31 mm), zum anderen auf die teils äußerst starken Abrasionen, die in besonderem Maße bei ausgesprochener Front-Eckzahn-Führung in vivo auftreten können.

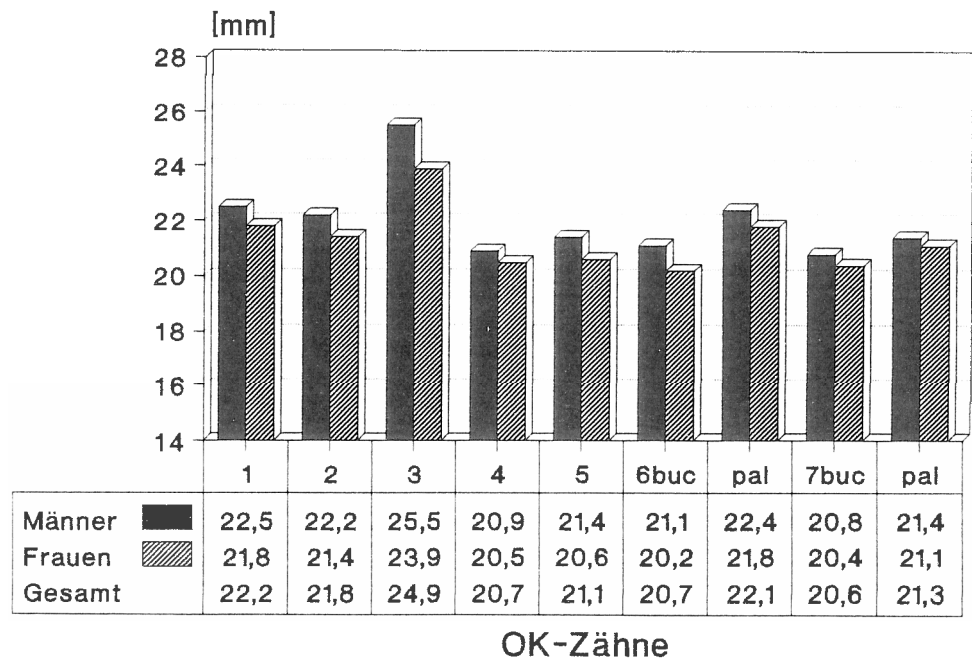


Abb. 14: Vergleich der durchschnittlichen Wurzelkanallängen bei Männern und Frauen im Oberkiefer

Wie mehrere Studien belegen, unterscheiden sich die Zahn­längen bei Männern und Frauen signifikant [64,85]. Aus diesem Grunde wurde die gleiche tabellarische Aufstellung zum einen für Männer (Anhang: Tab. 14), und zum anderen für Frauen (Anhang: Tab. 15) gemacht. Die Abb. 14 und 15 belegen, daß auch in der vorliegenden Arbeit die durchschnittlichen Wurzelkanallängen bei Männern generell länger sind als bei Frauen (aus Gründen der Übersichtlichkeit und weitestgehender Übereinstimmung der Werte wurden hier jeweils die Kanäle der einzelnen Prämolaren, die bukkalen Kanäle der oberen Molaren, sowie die mesialen Kanäle unterer Molaren zusammengefaßt).

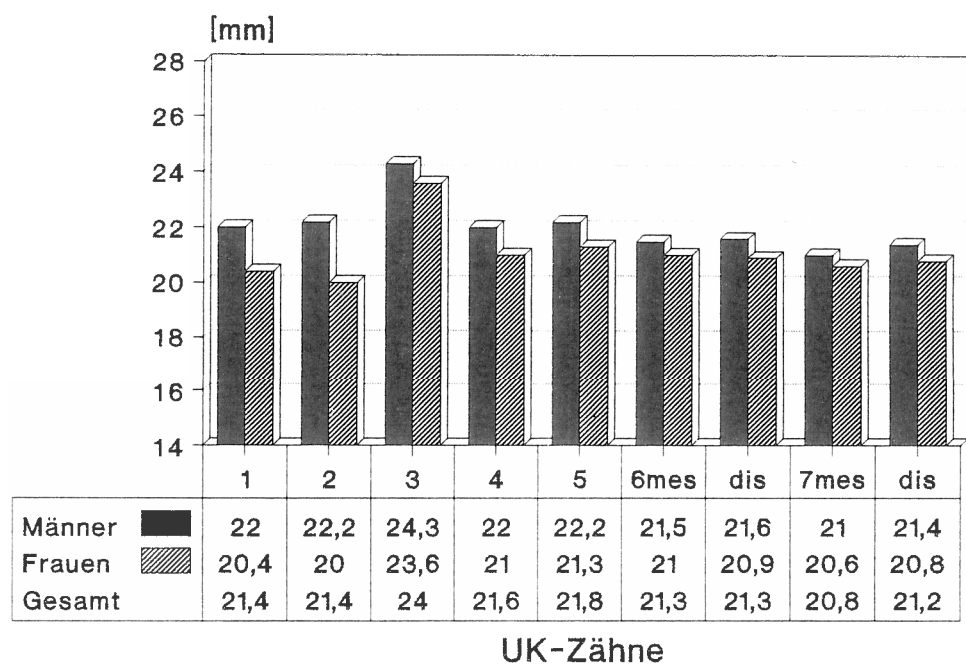


Abb. 15: Vergleich der durchschnittlichen Wurzelkanallängen bei Männern und Frauen im Unterkiefer

Auf der Grundlage dieser Daten wurden die Sicherheitsmeßtiefen berechnet. Da eine diagnostische Röntgenaufnahme vor Beginn endodontischer Maßnahmen Teil des standardisierten Ablauf jeder Wurzelbehandlung sein sollte, scheinen Angaben zu Sicherheitsmeßtiefen, die auf "Erfahrungswerten" basieren [45,71] nicht erforderlich.

Für Fälle, in denen ein diagnostisches Röntgenbild nicht angefertigt werden kann oder projektionsbedingt Verzerrungen aufweist, wurden zu diesem Zweck auf der Basis der kumulierten relativen Häufigkeit zunächst die einfache und die doppelte Standardabweichung der Wurzelkanallängen errechnet und vom Durchschnittswert subtrahiert. Abb. 16 zeigt, daß man unter Verwendung der Formel $x - 1SD$ (x = durchschnittliche Wurzelkanallänge, SD = Standardabweichung) nur in 84% der Zähne das apikale Desmodont schonen kann, bei $x - 2SD$ bereits bei 97,7% (Abb. 17 - 20 zeigen die errechneten Werte im Vergleich). Da die Wurzelkanallängen einzelner Zahngruppen stark streuen, ist die Berechnung der Sicherheitsmeßtiefe aus der zweifachen Standardabweichung zur Vermeidung häufiger Wiederholungen der Röntgenmeßaufnahme nicht uneingeschränkt empfehlenswert.

Aus obigen Gründen wurden die Sicherheitsmeßtiefen nach der Formel (1) berechnet (Abb. 21 und 22), für die die Wahrscheinlichkeit, das periapikale Mischgewebe bei der Meßaufnahme zu verletzen, kleiner als 5% ist.

$$\text{Sicherheitsmeßtiefe (SMT)} = x - 1,65SD \quad (1)$$

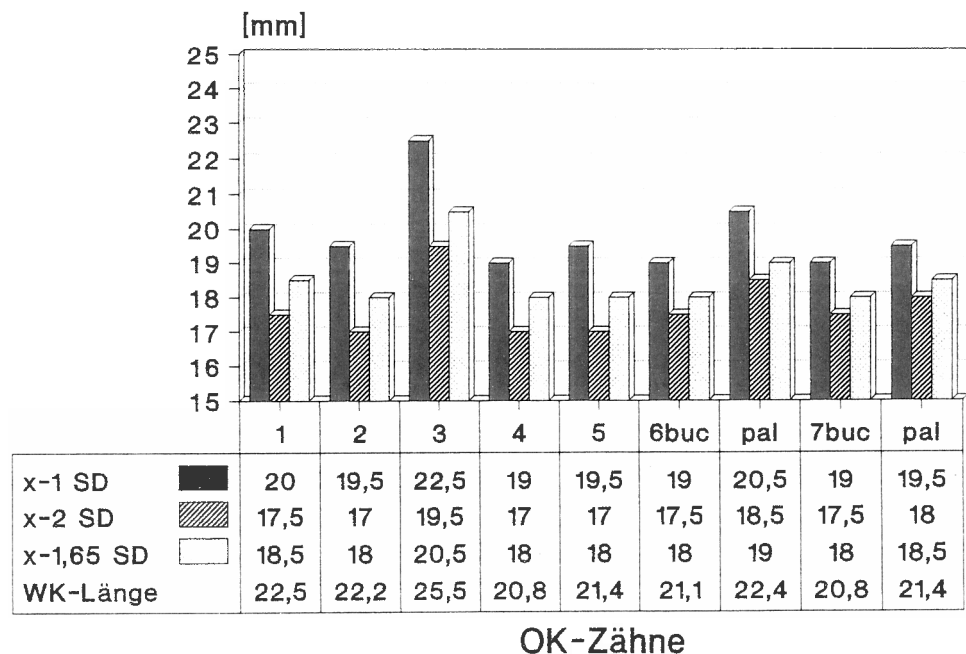


Abb. 17: Vergleich der errechneten Sicherheitsmeßtiefen im Oberkiefer bei Männern mit der Wurzelkanallänge

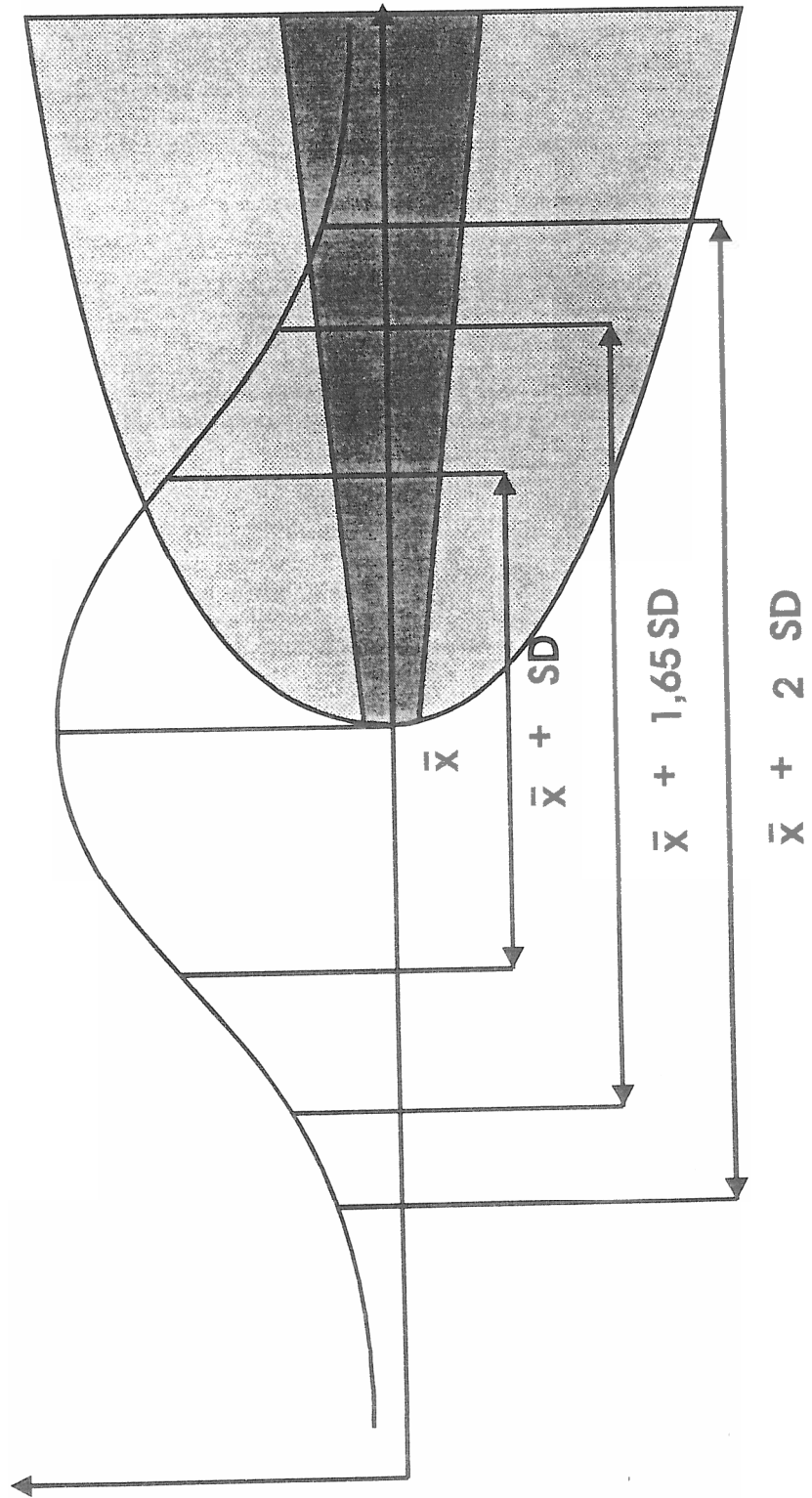


Abb. 16: Statistische Grundlagen zur Sicherheitsmeßtiefe

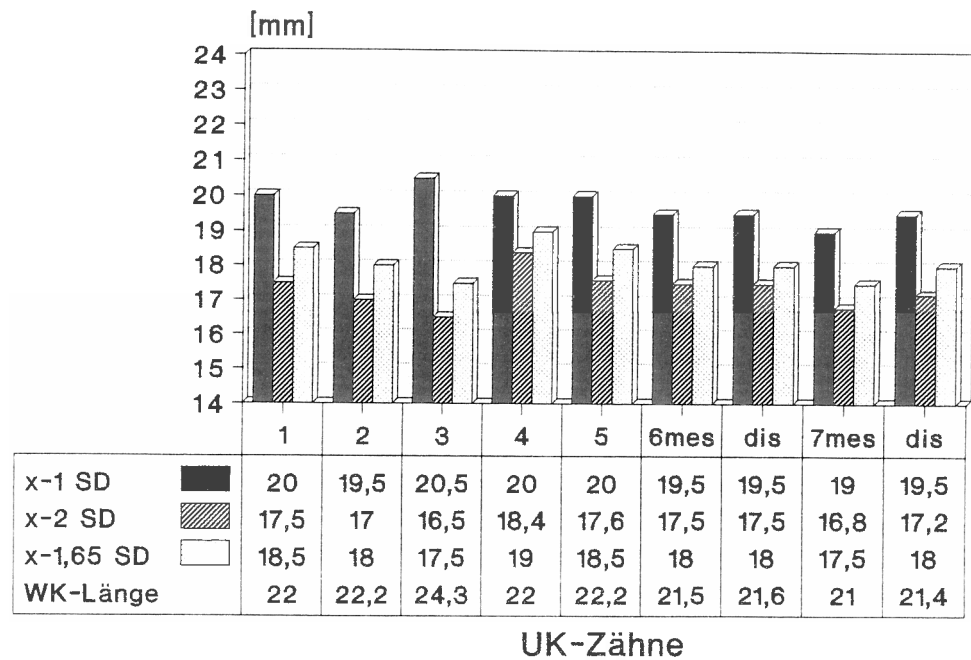


Abb. 18: Vergleich der errechneten Sicherheitsmeßtiefen im Unterkiefer bei Männern mit der Wurzelkanallänge

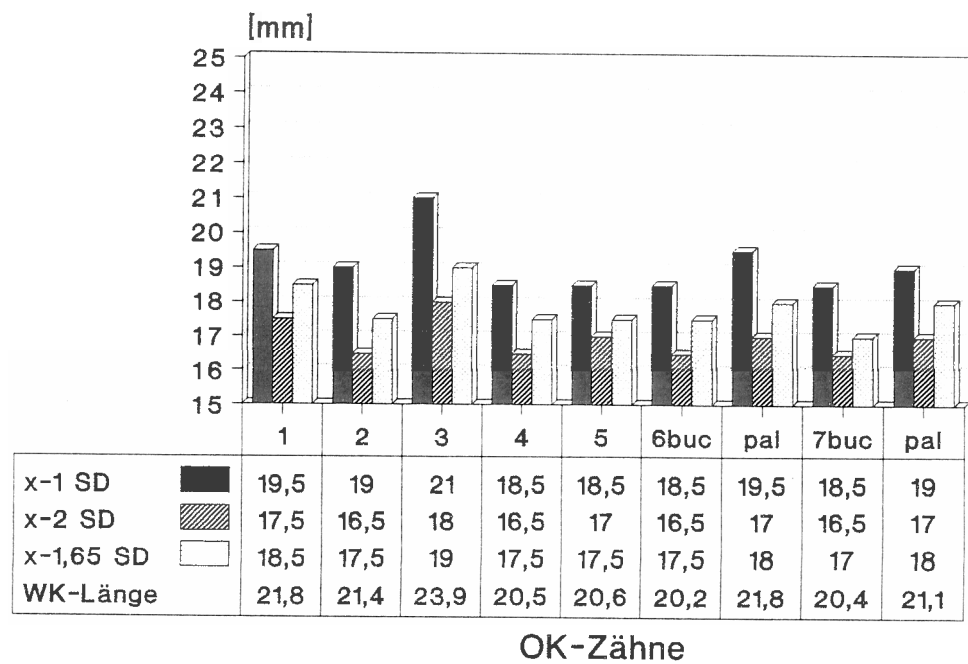


Abb. 19: Vergleich der errechneten Sicherheitsmeßtiefen im Oberkiefer bei Frauen mit der Wurzelkanallänge

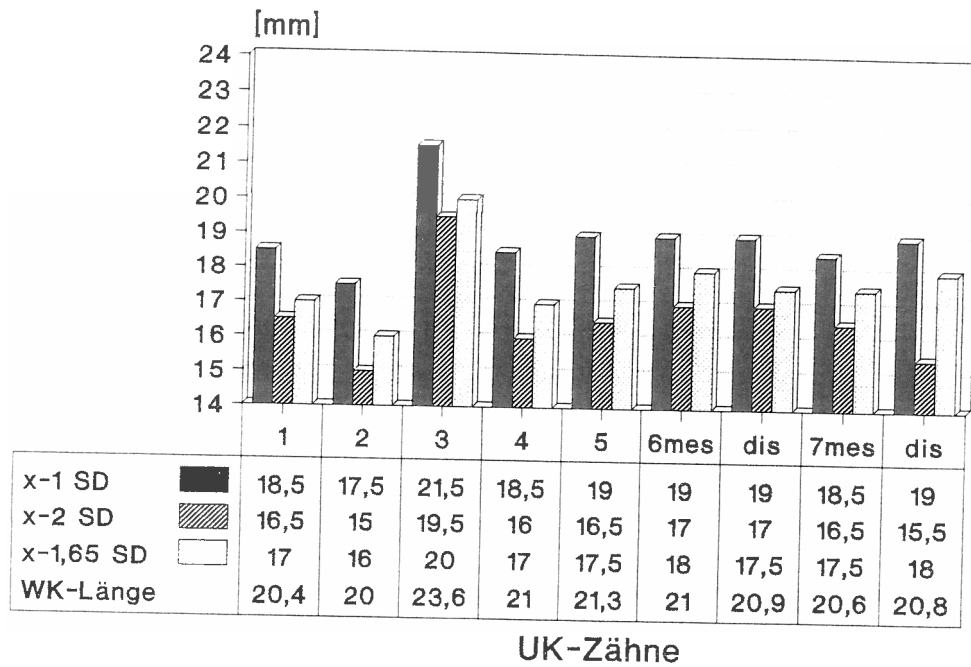


Abb. 20: Vergleich der errechneten Sicherheitsmeßtiefen im Unterkiefer bei Frauen mit der Wurzelkanallänge

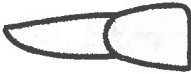
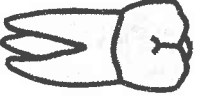
	1	2	3	4	5	6 buk	pal	7 buk	pal
									
Erlangen (1992)	18	18	m/w 21/19	18	18	18	18	18	18
Ketterl (1984)	20	18	22	17	17	17	20	16	19
Hamdt (1987)	18	17	19	17	16	17	17	17	17

Abb. 21: Sicherheitsmeßtiefen - Empfehlungen für den Oberkiefer

(m = männlich, w = weiblich)

	1	2	3	4	5	6 mes	dis	7 mes	dis
									
Erlangen (1992)	18	m/w 18/16	19	18	m/w 18/17	18	18	17	18
Ketterl (1984)	18	18	20	17	17	17	17	16	16
Hamdt (1987)	16	16	19	17	17	17	17	17	17

Abb. 22: Sicherheitsmeßtiefen - Empfehlungen für den Unterkiefer
(m = männlich, w = weiblich)

5.4.3 Aufbereitungsgrößen

Neben der Wurzelkanalanzahl und der Wurzelkanallänge wurde bei der statistischen Auswertung der Wurzelkanalaufbereitung auch der Aufbereitungsgröße besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Tab. 16 (Anhang) zeigt die auf Zahngruppen bezogene durchschnittliche Aufbereitungsgröße (ISO), Standardabweichung, Minimum, Maximum, Range und Fallzahl. Ein Vergleich der praktizierten Aufbereitungsgrößen zwischen Erlangen und Frankfurt (Anhang: Tab. 17) zeigt, daß in den klinischen Kursen in Frankfurt im Durchschnitt bis zu zwei ISO-Größen weniger weit aufbereitet wurde als in Erlangen (v.a. bei palatinalen Kanälen oberer Molaren, sowie bei Unterkieferprämolaren und distalen Kanälen unterer Molaren). Bukkale Kanäle oberer Molaren sowie mesiale Kanäle unterer Molaren wurden annähernd gleich groß aufbereitet. Die Abb. 23 und 24 zeigen die vergleichsweise geringen Aufbereitungsgrößen bei Wurzeln mit zwei Wurzelkanälen sowie bei unteren Incisivi.

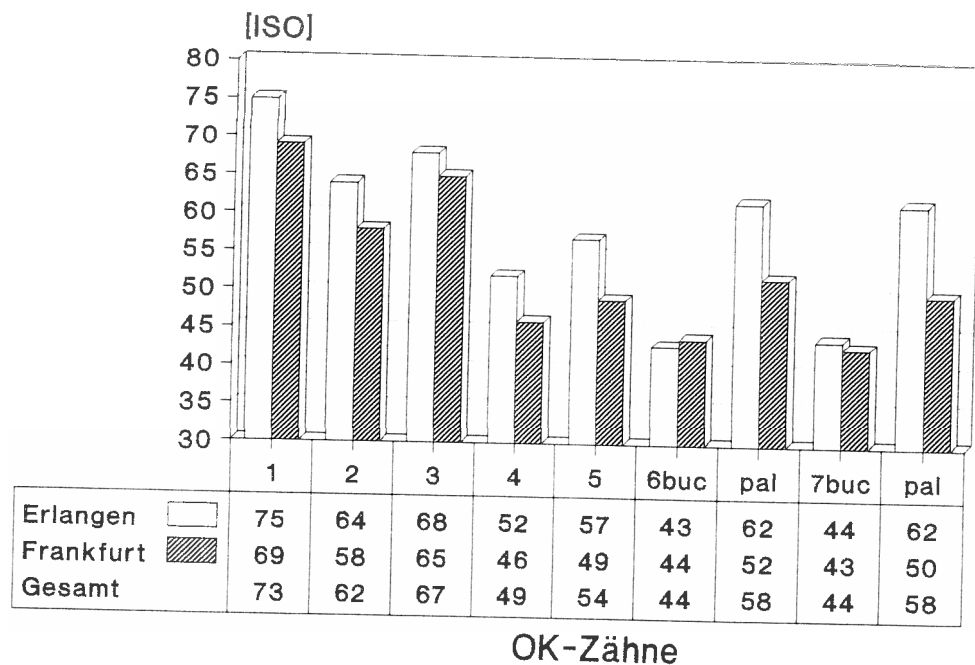


Abb. 23: Vergleich der durchschnittlichen ISO-Aufbereitungsgrößen zwischen Erlangen und Frankfurt im Oberkiefer

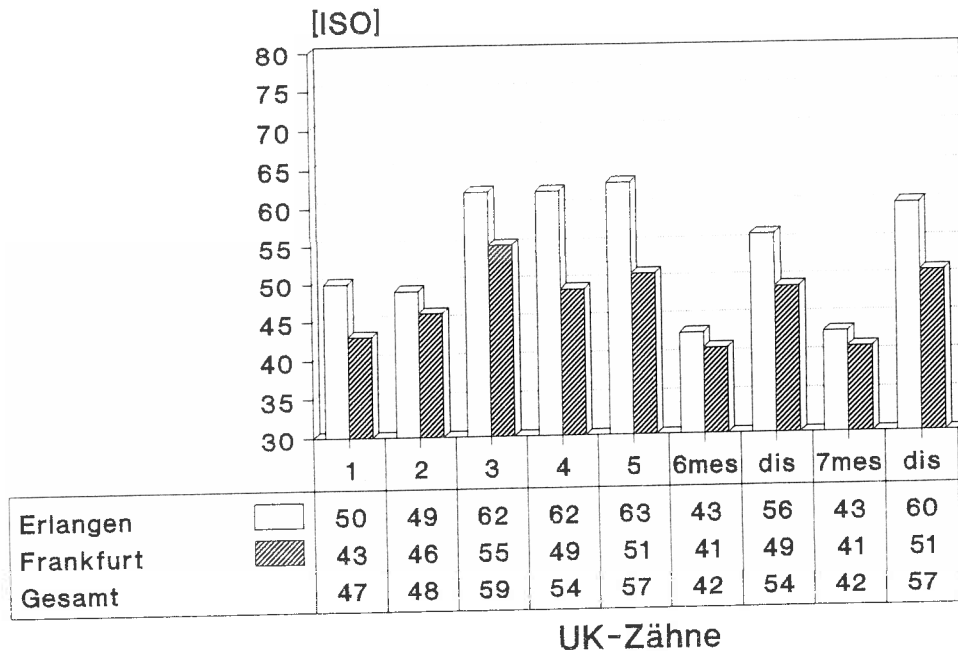


Abb. 24: Vergleich der durchschnittlichen ISO-Aufbereitungsgrößen zwischen Erlangen und Frankfurt im Unterkiefer

Der Forderung Rechnung tragend, Wurzelkanäle aufgrund der Bakterieneindringtiefe nach Pulpagangrän [63] größer aufzubereiten als bei irreversiblen Pulpitiden, wurden die durchschnittlichen Aufbereitungsgrößen in Abhängigkeit von der Therapie aufgeteilt (Abb. 25 und 26, Anhang: Tab. 18). Es zeigte sich erwartungsgemäß, daß bei Gangränbehandlungen durchschnittlich weiter aufbereitet wurde als bei Vitalexstirpationen. Bei Zähnen mit relativ geringen Fallzahlen (v.a. Unterkiefer-2er und 3er) ließ sich eine größere Aufbereitung nicht signifikant darstellen.

Die Abb. 27 bis 30 zeigen die Aufbereitungsgrößen bei Vitalexstirpation und Gangränbehandlung nach den Universitäten Erlangen und Frankfurt getrennt.

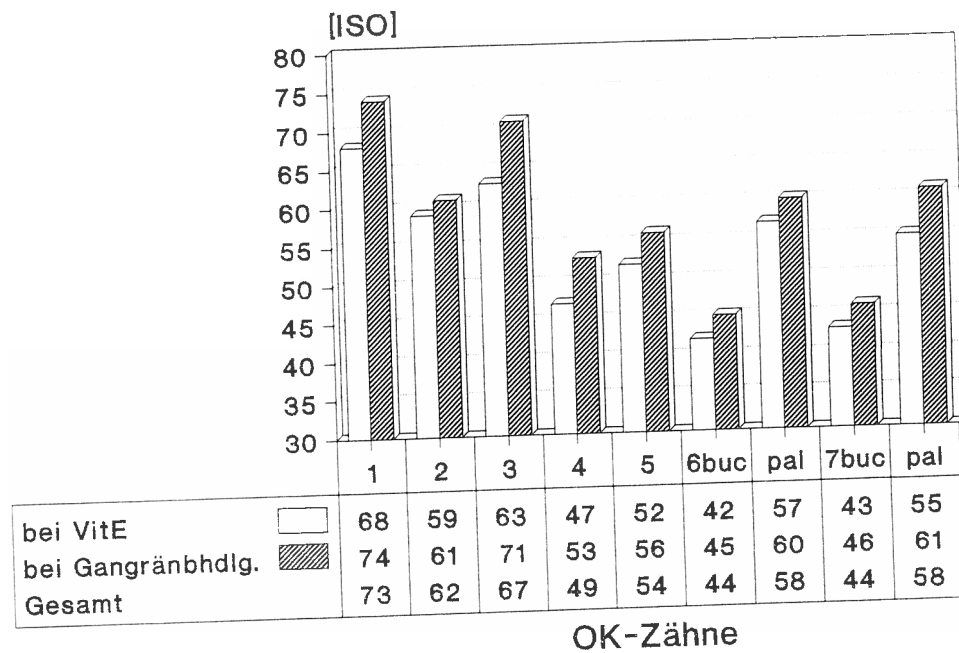


Abb. 25: Vergleich der durchschnittlichen ISO-Aufbereitungsgrößen bei Vitalexstirpation und Gangränbehandlung im Oberkiefer

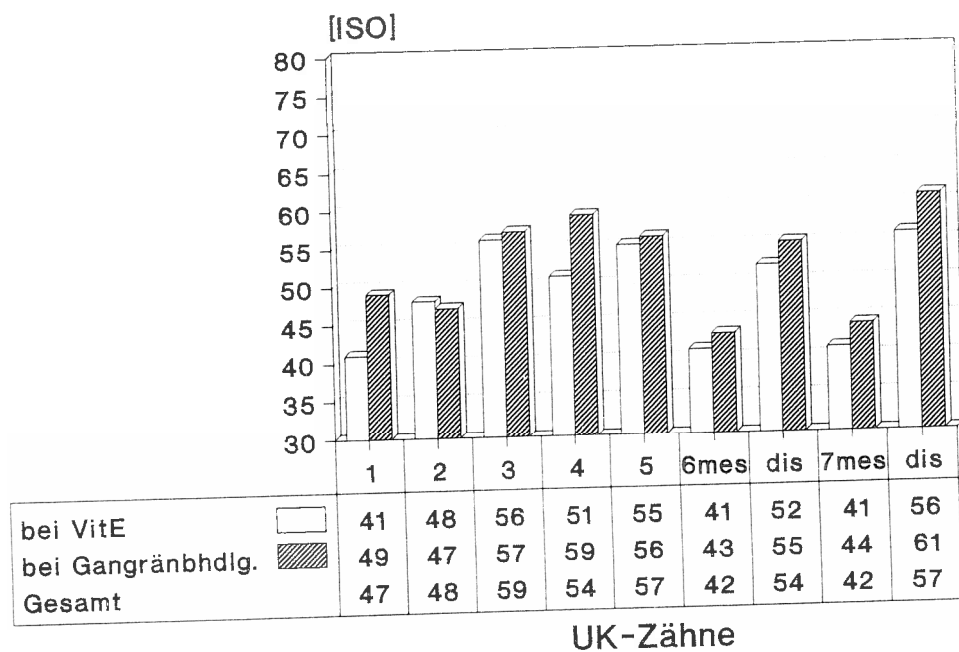


Abb. 26: Vergleich der durchschnittlichen ISO-Aufbereitungsgrößen bei Vitalexstirpation und Gangränbehandlung im Unterkiefer

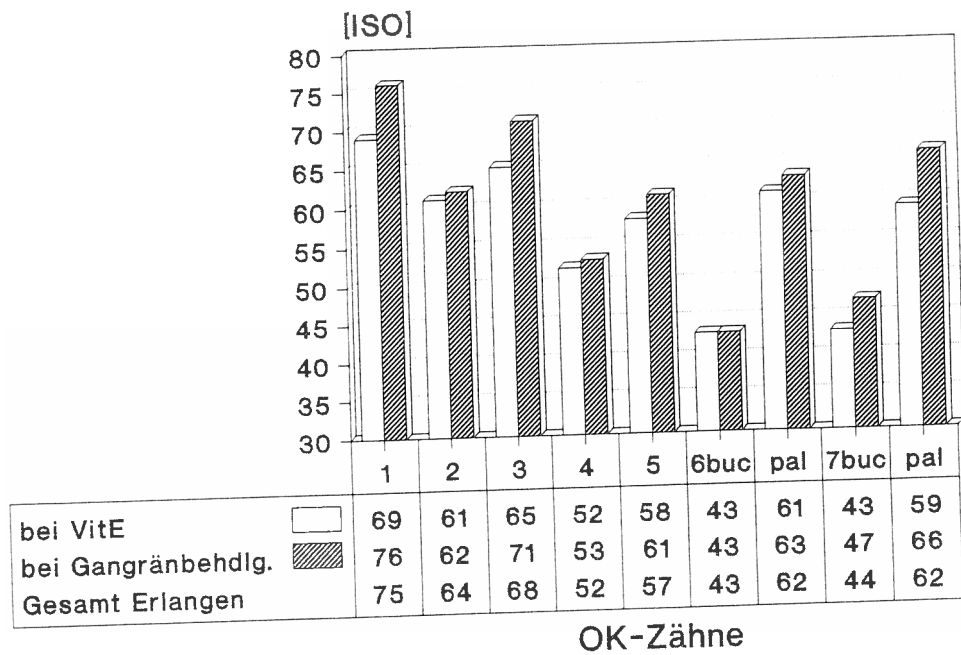


Abb. 27: Durchschnittliche ISO-Aufbereitungsgrößen in Erlangen im Vergleich VitE/Gangränbehandlung im Oberkiefer

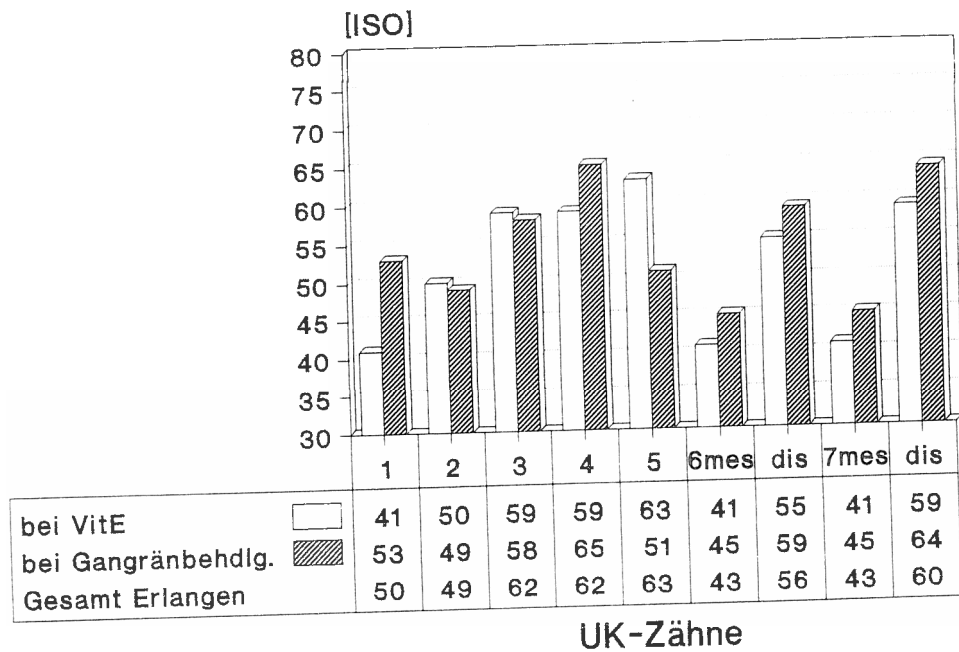


Abb. 28: Durchschnittliche ISO-Aufbereitungsgrößen in Erlangen im Vergleich VitE/Gangränbehandlung im Unterkiefer

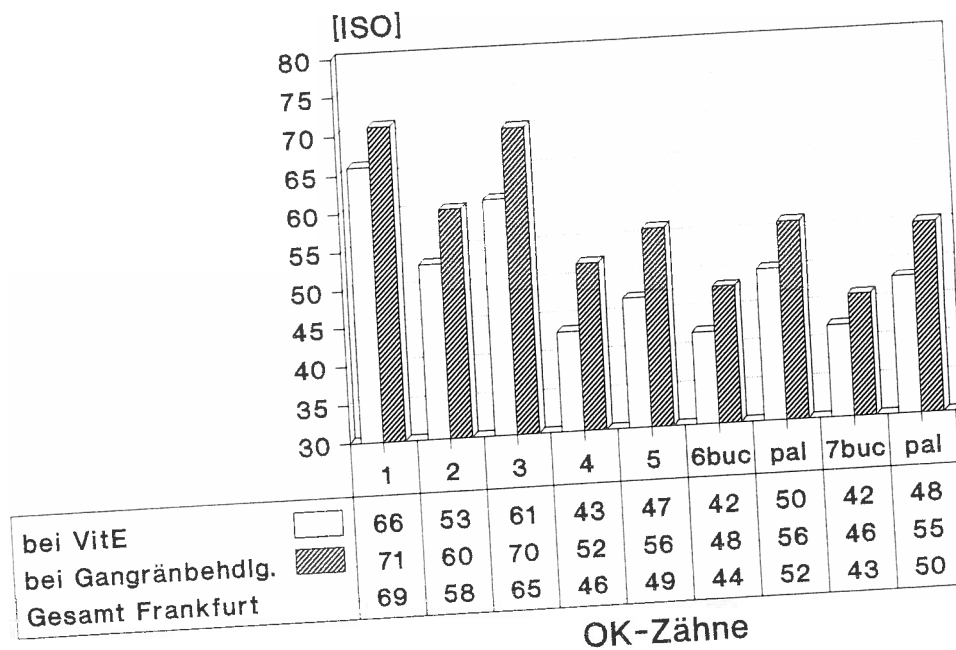


Abb. 29: Durchschnittliche ISO-Aufbereitungsgrößen in Frankfurt im Vergleich VitE/Gangränbehandlung im Oberkiefer

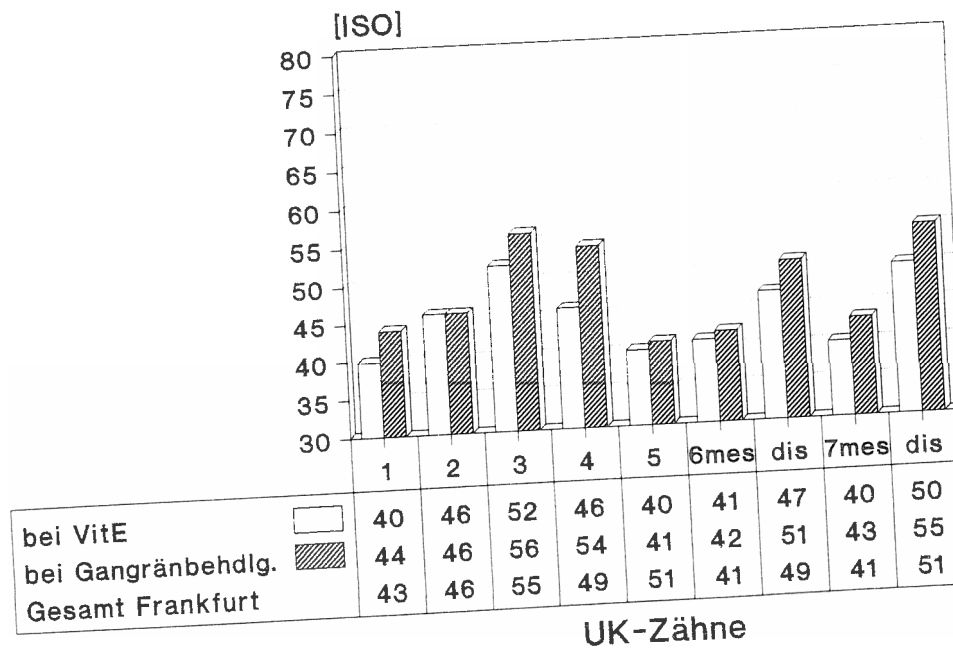


Abb. 30: Durchschnittliche ISO-Aufbereitungsgrößen in Frankfurt im Vergleich VitE/Gangränbehandlung im Unterkiefer

5.5 Ergebnisse der Reliabilitäts- und der Validitätsprüfung

Durch den Vergleich von 100 Meß- und Kontrollaufnahmen mit den Angaben der Erhebungsbögen konnte hohe Reliabilität und Validität festgestellt werden. Der Vergleich der Daten für die mesiobukkalen Wurzelkanallängen zwischen Studenten ("Versuchsleitern") und Nachuntersucher ergab einen Korrelationskoeffizienten (PEARSON) von $r = 0,97$. Die entsprechenden Werte für die Gesamtlängen distobukkal ($r = 0,97$), mesiolingual ($r = 0,95$) und distolingual/palatinal ($r = 0,96$) waren ähnlich hoch. Die Überprüfung des Röntgenbefundes ergab $r = 0,96$ [vgl. 53,65,66].

Die Überprüfung der Test-Retest-Reliabilität von 20 Untersuchern erbrachte folgende Ergebnisse:

Ursache der Wurzelbehandlung:	$r = 1,00$
Diagnose:	$r = 1,00$
Therapie:	$r = 0,89$
Röntgenbefund:	$r = 1,00$
Gesamtlängen mesiobukkal:	$r = 0,99$
ISO-Größen mesiobukkal:	$r = 0,73$
Gesamtsitzungszahl:	$r = 0,97$.

6. Diskussion

6.1 Möglichkeiten und Grenzen der Datenerhebung

Die Hauptproblematik epidemiologischer Studien liegt einerseits in den Problemstellungen der ausreichenden Kalibrierung sowie der Validität und Reliabilität der angegebenen Daten, andererseits - wird Bevölkerungsrepräsentativität angestrebt - in der zu erreichenden Fallzahl. Da bei dieser Studie aufgrund der Datenmenge auf die Mitarbeit von Studenten nicht verzichtet werden konnte, mußte auf Reliabilitätskontrollen besonderes Augenmerk gelegt werden. Die hohe Test-Retest-Reliabilität des Dokumentationsbogens belegt, daß die Antwortkategorien eindeutig formuliert und durch die entsprechenden schriftlichen Anweisungen klar gegeneinander abgegrenzt waren. Bei der Interpretation von Röntgenbildern hinsichtlich pathologischer Veränderungen wurden nur geringe Übereinstimmungen zwischen verschiedenen Untersuchern bzw. zwischen verschiedenen Zeitpunkten und einem Untersucher beobachtet [20,21,65,66]. Im Gegensatz hierzu ist die Übereinstimmung der Wurzelkanallängenbestimmung zwischen dem Nachuntersucher und den Angaben in den Dokumentationsbögen als sehr gut zu bewerten. Dennoch ist die röntgenologische Wurzelkanallängenbestimmung [vgl. 17,67], wie sie hier durchgeführt wurde, sicher nicht fehlerfrei, da die Halbwinkeltechnik nach der Isometrieregeln von **CIESZYNSKI** [76,78] bekanntlich mit weit größeren Projektionsfehlern behaftet ist [17,18,67,77] als die Parallel- oder die Rechtwinkeltechnik.

Da bei der Bestimmung der Wurzelkanallänge im Röntgenbild sich stets ein Instrument bekannter Länge im Wurzelkanal befand, war die nötige Aufbereitungslänge mit Hilfe eines Dreisatzes zu berechnen; d.h. allein die kurze Strecke vom Ende der Wurzelfüllung bis zum Apex, die erst auf der Röntgenkontrollaufnahme beurteilt wurde, unterliegt einem Projektionsfehler, der somit auf die Gesamtlänge berechnet als gering eingeschätzt werden kann. Die hohe Inter-Rater-Reliabilität bei der Bestimmung der Kanallänge dürfte darauf zurückzuführen sein, daß das Kriterium, den röntgenologischen Apex zu bestimmen, wenig fehleranfällig ist. Die gute Übereinstimmung der Meßergebnisse mit den von

TRONSTAD 1991 [83] angegebenen Zahnlangen scheint dies zu bestätigen. Dabei muß darauf hingewiesen werden, daß bei der Messung der Aufbereitungslängen der palatinalen Wurzeln oberer Molaren häufig der mesiobukkale Höcker als Bezugspunkt fungiert. Diese Fälle wurden bei der Auswertung berücksichtigt.

Vergleicht man die errechneten Sicherheitsmeßtiefen (Anhang: Tab. 14, 15) bei unteren Canini, so fällt auf, daß bei Männern kürzere Werte angegeben wurden als bei Frauen, obwohl die durchschnittliche Wurzelkanallänge bei Männern größer ist. Dies ist auf die erheblich größere Streuung der entsprechenden Meßwerte bei Männern zurückzuführen. Daher sollte bei der Wahl der Berechnungsmethode dem klinischen Erscheinungsbild Rechnung getragen und vor allem Abrasionen (s.o.) Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Der hohe Anteil an Studenten am Patientenkollektiv (22%) erklärt sich aus der Tatsache, daß ein Großteil der Studierenden nicht unmittelbar aus den Universitätsstädten Erlangen oder Frankfurt kommt, sondern aus dem weiteren Einzugsbereich, und somit i.a. kein langjähriges Vertrauensverhältnis zu einem ortsansässigen niedergelassenen Zahnarzt bestehen dürfte.

Da die klinische Diagnose im Bereich der Endodontie bekanntermaßen problematisch ist, beschränkte man sich auf die einfachen, der Lehrmeinung entsprechenden Zuordnungen. Die klinische Einschätzung kann jedoch nicht die Exaktheit einer histologischen Diagnosestellung aufwiegen. Ähnliches gilt für die Methodik bei der Bestimmung der Wurzelkanalanzahl und -form. Die klinisch-röntgenologische Bestimmung bietet zwar nicht die Informationsweite einer In-vitro-Studie, ist aber frei von iatrogenen Fehlereinflüssen und Projektionsproblemen.

Der Erhebungsbogen als Instrument der Datenerfassung stellt somit bei einer großen Anzahl an Behandlungen eine Dokumentationssystem dar, das sich der gegebenen Methodik entsprechend modifizieren läßt.

6.2 Diskussion der Ergebnisse

Angesichts der Neigung im anglo-amerikanischen Schrifttum, mehr und mehr Schritte bei der endodontischen Behandlung zu standardisieren, obliegt es dem kritischen Beobachter, den Sinn solcher exakt quantifizierter Empfehlungen zu hinterfragen. Die Fragen, die sich stellen, sind:

1. Sind genaue Aufbereitungsempfehlungen, wie sie von **GUTMANN**, **DUMSHA** und **LOVDAHL** [28], **KASAHARA** et al. [39] oder **TRONSTAD** [83] gemacht wurden, für das Vorgehen des Praktikers von Relevanz ?
2. Ist analog dazu die tabellarische Zusammenstellung von Sicherheitstiefen wie sie hier präsentiert wurde ein klinisch sinnvolles, einsetzbares Instrument ?

Vergleicht man die durchschnittlichen ISO-Aufbereitungsgrößen dieser Studie mit den Empfehlungen der Literatur [23,28,39,40,41,42], so fällt auf, daß relativ zu den Angaben von **KASAHARA** et al. [39] und **GUTMANN** et al. [28] keine bemerkenswerten Abweichungen bestehen; die Empfehlungen von **TRONSTAD** [83] liegen jedoch deutlich darüber.

Hält man sich die Variabilität der Morphologie bleibender Zähne vor Augen, wie sie seit **MEYER** 1960 [51,52] bekannt ist, und bedenkt die Forderung nach größerer Aufbereitung bei Gangränbehandlung (basierend auf der hohen Bakterieneindringtiefe in die Wurzelwand) [63], so kommen Zweifel an der Notwendigkeit solch differenzierter Empfehlungen auf. Wesentlich mehr Spielraum bleibt dagegen demjenigen Behandler, der sich an die Grundempfehlung von **KRÖNCKE** [48,49,68] hält, runde Kanäle mindestens vier Größen über den ersten strammen Wandkontakt hinaus aufzubereiten, ovale Kanäle mindestens fünf Größen darüber hinaus.

Auch mit der Angabe von Sicherheitstiefen für die Röntgenmeßaufnahme wird eine Standardisierung vorgenommen. Bei der Röntgenmeßaufnahme darf das apikale

Gewebe auf keinen Fall mit infiziertem Material aus dem Wurzelkanal kontaminiert werden. Aus diesem Grund empfiehlt **KETTERL** [45], die minimalen Zahnlängen als Maß für die sog. Sicherheitsmeßtiefe zu wählen, falls die Aufnahme ohne vorheriges diagnostisches Röntgenbild oder OPG angefertigt wird. In etwa einem Viertel der Fälle lag keine diagnostische Aufnahme vor der Röntgenmeßaufnahme vor, weshalb eine aktuelle Berechnung der Sicherheitsmeßtiefen gerechtfertigt ist. Als Ziel der Berechnung wurde formuliert, das apikale Gewebe möglichst selten zu traumatisieren aber gleichzeitig die Notwendigkeit einer zweiten Meßaufnahme mit korrigierten Meßtiefen so gering wie möglich zu halten. Bei der Definition der Sicherheitsmeßtiefe auf der Grundlage von Extremwerten kann das Ergebnis stark von der tatsächlichen Verteilung abweichen. Nach der Formel $(1) \times - 1,65SD$ wurde der Berechnung für die gaußverteilten Wurzelkanallängen eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% zugrunde gelegt; d.h. man toleriert in 5% der Fälle, den Apex bei der Meßaufnahme mit dem Meßinstrument zu überschreiten, reduziert jedoch andererseits im Sinne des Strahlenschutzes die Notwendigkeit, die Meßaufnahme zu wiederholen.

Da **DUMMER, MCGINN** und **REES** [15, vgl. auch 40,41,42] belegen, daß der physiologische Apex zwischen 0,1 und 2,7 mm koronal des röntgenologischen Apex liegen kann (am häufigsten und deutlichsten ist dieses Phänomen bei unteren zweiten Prämolaren und distalen Wurzeln unterer Molaren [40,41,42]), kann man in Erwägung ziehen, die angegebenen Sicherheitstiefen zur Schonung des periapikalen Mischgewebes selektiv nach folgender Formel (2) zu verkürzen:

$$SMT \text{ (Sicherheitstiefe)} = (x - 1,65SD) - n \text{ mm} \quad (0,1 < n < 2,7) \quad (2)$$

Obige Angaben zum Abstand der Konstriktion vom Apex lassen sich auf Zahngruppen bezogen nicht eindeutig standardisieren. Angesichts der relativ großen Varianz der Wurzelkanallängen muß auch darauf hingewiesen werden, daß die Anwendung dieser Formel häufig eine Wiederholung der Meßaufnahme erzwingen würde.

Wendet man den Blick den in der Literatur gemachten Angaben zu Kanalzahlen zu, so fällt einem unter den In-vitro-Studien besonders die von **VERTUCCI, SEELIG** und **GILLIS** [86] ins Auge. Angesichts der Tatsache, daß diese Studie an genau 200 oberen zweiten Prämolaren durchgeführt wurde, erkennt man die Nachteile der In-vitro-Studie gegenüber der klinischen Studie: will man Parametern wie Geschlecht,

Alter und Rasse der Patienten Aufmerksamkeit schenken, so ist ein gegenüber der klinischen Studie weitaus höherer apparativer Aufwand bei der Gewinnung extrahierter Zähne nötig. So geben auch **NEAVERTH, KOTLER** und **KALTENBACH** [57] an, daß bisher noch nicht von Unterschieden in der Wurzelkanalzahl bei Männern und Frauen berichtet worden sei. Für die vorliegende Stichprobe lassen sich hinsichtlich der Wurzelkanalanzahl zwar im allgemeinen auch keine geschlechtsspezifischen Unterschiede nachweisen, der zweite Oberkieferprämolare jedoch weist bei Männern signifikant häufiger einen zweiten Kanal auf. Demgegenüber bieten histologische Schnitte durch das Wurzelkanalsystem detailliertere Angaben zur Zahnmorphologie gegenüber der In-vivo-Studie, bei der eine Klassifizierung der Wurzelkanäle nach dem Vorbild von **WEINE** [88] klinisch unmöglich ist.

Die Untersuchungsergebnisse legen weitergehende Forschungen im Rahmen einer In-vitro-Studie nahe, in der neben der Wurzelkanalanzahl auch die Wurzelzahl und Kanalkonfigurationen oberer zweiter Prämolaren in Abhängigkeit vom Geschlecht untersucht werden sollte, wobei neben dem Geschlecht zumindest das Alter des Patienten, dem der Zahn extrahiert wurde, dokumentiert werden sollte.

Im Gegensatz zur Literatur [4,55] wurden in der vorliegenden Stichprobe im Verhältnis zur Grundgesamtheit [53] deutlich weniger Frauen als Männer behandelt. Da Frauen außerdem stärker von Karies betroffen sind [53] als Männer, spricht das für die Hypothese, daß Frauen aufgrund einer größeren Körper- und Symptomsensibilität eher zum Zahnarzt gehen als Männer. Unterstützt wird diese Hypothese durch das signifikant niedrigere durchschnittliche Alter zum Zeitpunkt der Behandlung bei Frauen. Entsprechend den ungünstigeren DMF-T-Werten bei unteren Sozialgruppen müßte man annehmen, daß entsprechend auch ein höherer Behandlungsbedarf hinsichtlich endodontischer Versorgung besteht [53]. Auf der Grundlage dieser Stichprobe läßt sich die Tendenz ableiten, daß die tatsächliche Behandlungshäufigkeit in der Oberschicht stärker ausgeprägt ist. Ähnlich dem Kariessanierungsgrad läßt sich somit ein sozialschichtspezifischer Einfluß des Gesundheitsbewußtseins hinsichtlich des Erhalts der eigenen Zähne durch endodontische Behandlung erkennen.

7. Zusammenfassung

Im Rahmen einer klinischen Querschnittsuntersuchung wurden geschlechtsbezogene Daten zur Wurzelkanalanatomie erhoben und ausgewertet. Die Wurzelkanallängenbestimmung erfolgte röntgenologisch, alle weiteren Daten wurden klinisch erfaßt. Insgesamt wurden im Rahmen der Datenerhebung 4563 Wurzelkanalbehandlungen bei 1930 Patienten (58% Männer, 42% Frauen) untersucht. Dies führte zu folgenden Ergebnissen:

- Das Behandlungsmaximum liegt bei Frauen im Intervall zwischen 20 und 24 Jahren, bei Männern zwischen 25 und 29.
- Mit Ausnahme der zweiten Prämolaren im Oberkiefer stimmt die Zahl der Wurzelkanäle mit den Angaben in der Literatur überein. Der zweite Oberkieferprämolare hatte bei Männern signifikant häufiger einen zweiten Wurzelkanal als bei Frauen (t-Test: $p < 0,05$).
- Die mittleren Zahnängen entsprechen dem Schrifttum, lediglich die Kanallängen der unteren Eckzähne waren 2mm kürzer.

Es wurden Sicherheitsmeßtiefen berechnet, bei denen die Wahrscheinlichkeit, das periapikale Parodont bei der Röntgenmeßaufnahme zu verletzen, kleiner als 5% ist. Die in Abb. 21 und Abb. 22 (s. S. 38/39) zusammengestellten Werte für Sicherheitsmeßtiefen tragen bei fehlender diagnostischer Röntgenaufnahme dazu bei, die Anzahl der Röntgenmeßaufnahmen so gering wie möglich zu halten und dennoch den Apex so selten wie möglich zu überschreiten.

8. Literaturverzeichnis

1. Adenubi, J.O. und Rule, D.C.: Success rate for root fillings in young patients. *Brit Dent J* 141, 237 (1976).
2. Apt, H., Dyrna, G., Nitzsche, W. und Völker, J.: Mathematisch-statistische Aussagekraft klinisch-röntgenologischer Nachuntersuchungen wurzelbehandelter Zähne. *Zahn Mund Kieferheilkd* 63, 819 (1975).
3. Apt, H., Dyrna, G., Nitzsche, W. und Völker, J.: Ergebnisse und Konsequenzen klinisch-röntgenologischer Nachuntersuchungen wurzelbehandelter Zähne. *Stomatol DDR* 26, 743 (1976).
4. Barbakow, F.H., Cleaton-Jones, P. und Friedman, D.: An evaluation of 566 cases of root canal therapy in general dental practice. 1. Diagnostic criteria and treatment details. *J Endod* 6, 456 (1980).
5. Barbakow, F.H., Cleaton-Jones, P. und Friedman, D.: An evaluation of 566 cases of root canal therapy in general dental practice. 2. Postoperative observations. *J Endod* 6, 485 (1980).
6. Basting, G.: Anatomie und Behandlung der Wurzelkanäle. *Quint Zahnärztl Lit* 9, 1 (1986).
7. Bender, I.B., Seltzer, S. und Soltanoff, W.: Endodontic success-A reappraisal of criteria. *Oral Surg* 24, 780 (1966).
8. Bjorndahl, A.M., Henderson, W.G., Skidmore, A.E. und Kellner, F.H.: Anatomic measurements of human teeth extracted from males between the ages of 17 and 21 years. *Oral Surg* 38, 791 (1974).
9. Böse, W.: Untersuchungsergebnisse einer zehnjährigen Nachkontrolle endodontisch versorgter Zähne. *Zahnarzt* 28, 783 (1984).
10. Briseno, B. und Wichert, H.: *Moderne Wurzelkanalbehandlung*, Neumeier Verlag, Amberg 1990.
11. Caldwell, J.L.: Change in working length following instrumentation of molar canals. *Oral Surg* 41, 114 (1976).
12. Carns, E.J. und Skidmore, A.E.: Configurations and deviations of root canals of maxillary first premolars. *Oral Surg* 36, 880 (1973).
13. Castagnola, L.: 1000 Fälle von Gangränbehandlung nach der Walkhoffschen Methode aus dem statistischen Material der Konservierenden Abteilung. *Schweiz Mschr Zahnheilk* 60, 1033 (1950).
14. Driak, F., Schönbauer, F.: *Theorie und Praxis der Wurzelbehandlung*. Brüder Hollinek Verlag, Wien 1955.
15. Dummer, P.M.H., McGinn, J.H., Rees, D.G.: The position and topography of the apical constriction and apical foramen. *Int Endod J* 17, 192 (1984).
16. Fechter, B.: Ergebnisse von mehreren Tausend in der freien Praxis nach wissenschaftlich anerkannten Methoden durchgeführten Wurzelbehandlungen. *Dtsch Zahnärztl Z* 10, 1677 (1955).

17. Forsberg, J.: Radiographic reproduction of endodontic "working length" comparing the paralleling and the bisecting-angle techniques. *Oral Surg* 64, 353 (1987).
18. Fuhrmann, A.: Die Anwendung der Paralleltechnik für Meßaufnahmen in der Endodontie. *Quint Zahnärztl Lit* 9, 1 (1986).
19. Gharevi, N.T.: Ergebnisse endodontischer Maßnahmen. Eine Nachuntersuchung. *Zahnärztl Welt* 97, 39 (1988).
20. Goldman, M., Pearson, A. und Dargenta, N.: Reliability of radiographic interpretations. *Oral Surg* 38, 287 (1974).
21. Goldman, M., Pearson, A. und Dargenta, N.: Endodontic success - who's reading the radiograph? *Oral Surg* 33, 432 (1972).
22. Green, D.: Morphology of the pulp cavity. *Oral Surg* 8, 743 (1955).
23. Grossman, L.I., Oliet, S. und Del Rio, C.E.: *Endodontic Practice*. Lea & Febiger, Philadelphia, 11th edition 1988.
24. Guignard, J.L. und Holz, J.: Etude statistique sur le contrôle à long terme des traitements radiculaires de 194 lésions périapicales radiovisibles. *Schweiz Mschr Zahnheilk* 95, 290 (1985).
25. Guldener, P.: *Endodontie: Wurzelkanalaufbereitung und -füllung*. Schweiz Mschr Zahnheilk 99, 1019 (1989).
26. Guldener, P. und Langeland, K.: *Endodontologie*. Thieme Verlag, Stuttgart (1982).
27. Gülzow, H.-J. und Maeglin, B.: Über die symmetrische Verteilung der Zahnkaries und deren Bedeutung für kariesstatistische Untersuchungen. *Schweiz Mschr Zahnheilk* 74, 315 (1964).
28. Gutmann, J.L., Dumsha, T.C. und Lovdahl, P.E.: *Problemlösungen in der Endodontie*. Hanser Verlag, München 1991.
29. Harndt, R.: Wurzelkanallängen. *Dtsch Zahnärztl Z* 42, 747 (1987).
30. Held, M., Staecker, W. und Bartsch, J.: Die Wurzelkanalfüllung und ihre Bedeutung zur Erfolgsbewertung in der Zahnheilkunde. *Stomatol DDR* 35, 166 (1985).
31. Heling, B. und Kischinsky, D.: Factors affecting successful endodontic therapy. *J Brit Endod Soc* 12, 83 (1979).
32. Hellwig, E., Klimek, J. und Ahrens, G.: Dreijährige Erfolgskontrolle von Wurzelbehandlungen aus studentischen Behandlungskursen. *Dtsch Zahnärztl Z* 37, 949 (1982).
33. Hess, W.: Zur Anatomie der Wurzelkanäle des menschlichen Gebisses. *Schweiz Mschr Zahnheilk* 27, 1 (1917).
34. Hession, R.W.: Endodontic morphology. I. An alternative method of study. *Oral Surg* 44, 456 (1977).

35. Hession, R.W.: Endodontic morphology. II. A radiographic analysis. *Oral Surg* 44, 610 (1977).
36. Hession, R.W.: Endodontic morphology. III. Canal preparation. *Oral Surg* 44, 775 (1977).
37. Hession, R.W.: Endodontic morphology. IV. A comparative study. *Oral Surg* 44, 915 (1977).
38. Ingle, J.I. und Taintor, J.F.: Endodontics. Lea & Febiger, Philadelphia, 3rd edition 1985.
39. Kasahara, E., Yasuda, E., Yamada, H. und Miyazawa, A.: An Evaluation of Guidelines for the Apical Enlargement of Maxillary Premolars. *J Endod* 17, 1 (1991).
40. Kerekes, K. und Tronstad, L.: Morphometric observations on the root canals of human molars. *J Endod* 3, 114 (1977).
41. Kerekes, K. und Tronstad, L.: Morphometric observations on root canals of human anterior teeth. *J Endod* 3, 24 (1977).
42. Kerekes, K. und Tronstad, L.: Morphometric observations on root canals of human premolars. *J Endod* 3, 74 (1977).
43. Kerekes, K. und Tronstad, L.: Long-term results of endodontic treatment performed with a standardized technique. *J Endod* 5, 83 (1979).
44. Keszthelyi, S.: Wichtigkeit der Einmessung der bei Wurzelkanalbehandlungen verwendeten Instrumente. *Zahnärztl Welt* 66, 377 (1965).
45. Ketterl, W.: Endodontie. Hüthig Verlag, Heidelberg 1984.
46. Ketterl, W. Endodontie. In: Ketterl, W. (Hrsg.): Praxis der Zahnheilkunde. Urban & Schwarzenberg, München 1987.
47. Kleining, G. und Moore, H.: Soziale Selbsteinstufung (SSE). *Kölner Z Soziol Sozialpsych* 20, 502 (1968).
48. Kröncke, A.: Der Wurzelkanal nach der mechanischen Aufbereitung. *Dtsch Zahnärztl Z* 30, 321 (1975).
49. Kröncke, A.: Die Aufbereitung des Wurzelkanals als Voraussetzung für die Applikation des Füllungsmaterials. *Dtsch Zahnärztl Z* 36, 201 (1981).
50. Lange, G. und Glockmann, I.: Bewertung der Wurzelkanalfüllung im Röntgenbild. *Stomatol DDR* 40, 250 (1990).
51. Meyer, W.: Die anatomischen Grundlagen der Wurzelbehandlung. *Dtsch Zahnärztl Z* 15, 777 (1960).
52. Meyer, W. und Scheele, E.: Die Anatomie der Wurzelkanäle. *Dtsch Zahnärztl Z* 9, 497 (1954).
53. Micheelis, W. und Bauch, J.: Mundgesundheitszustand und -verhalten in der Bundesrepublik Deutschland. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln 1991.

54. Möller, I.J., Poulsen, S.: A standardized system for diagnosing, recording and analyzing dental caries data. *Scand J Dent Res* 81, 1 (1973).
55. Molven, O.: The apical level of root fillings. *Acta Odontol Scand* 34, 89 (1976).
56. Naujoks, R.: Zweck und Bedeutung epidemiologischer Untersuchungen in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. *Dtsch Zahnärztl Z* 35, 255 (1980).
57. Neaverth, E.J., Kotler, L.M. und Kaltenbach, R.F.: Clinical investigation (in vivo) of endodontically treated maxillary first molars. *J Endod* 13, 506 (1987).
58. Patz, J. und Naujoks, R.: Morbidität und Versorgung der Zähne in der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland. *Dtsch Zahnärztl Z* 35, 259 (1980).
59. Patz, J., Naujoks, R. und Debes, G.: Zum Vergleich kariesepidemiologischer Untersuchungen an verschiedenen alten Probandengruppen. *Dtsch Zahnärztl Z* 26, 2 (1971).
60. Petschelt, A.: Endodontie: Maschinell-manuell? Die Aufbereitung und Spülung des Wurzelkanals. *Dtsch Zahnärztl Z* 44, 407 (1989).
61. Pilz, W., Plathner, C.-H. und Taatz, H.: Grundlagen der Kariologie und Endodontie. Hanser Verlag, München, 3. Auflage 1979.
62. Pineda, F. und Kuttler, Y.: Mesiodistal and buccolingual roentgenographic investigation of 7275 root canals. *Oral Surg* 33, 101 (1972).
63. Poertzel, E. und Petschelt, A.: Bakterien in der Wurzelwand bei Pulpagangrän. *Dtsch Zahnärztl Z* 41, 772 (1986).
64. Potter, R.H.Y.: Univariate versus multivariate differences in tooth size according to sex. *J Dent Res* 51, 716 (1972).
65. Reit, C. und Grondahl, H.G.: Application of statistical decision theory to radiographic diagnosis of endodontically treated teeth. *Scand J Dent Res* 91, 213 (1983).
66. Reit, C. und Hollender, L.: Radiographic evaluation of endodontic therapy and the influence of observer variation. *Scand J Dent Res* 91, 205 (1983).
67. Sadowski, W.: Eine einfache Methode der röntgenologischen Wurzelkanallängenbestimmung. *Stomatol DDR* 37, 608 (1987).
68. Schandert, F.: Untersuchungen über die Aufbereitung von Wurzelkanälen mit Kerrerweiterern. *Med Diss*, Erlangen 1973.
69. Scheff, J.: Handbuch der Zahnheilkunde. Wien, 2. Auflage 1903.
70. Schmalz, G.: Die Wurzelkanalbehandlung - klinische Erfolge. *Dtsch Zahnärztl Z* 45, 251 (1990).
71. Schug-Kösters, M.: Die Behandlung der Pulpa und des apikalen Parodonts. Berlinische Verlagsanstalt, Berlin, 2. Auflage 1966.
72. Seltzer, S. und Bender, J.B.: Factors affecting successful repair after root canal therapy. *J Am Dent Ass* 67, 651 (1963).

73. Sieben, R. und Kremers, L.: Kritische Betrachtung der endodontischen Behandlungen im Jahre 1975 durch Studenten der ZMK-Klinik Mainz. Dtsch Zahnärztl Z 34, 153 (1979).
74. Sjogren, U., Hagglund, B., Sundqvist, G. und Wing, K.: Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. J Endod 16, 498 (1990).
75. Sobarzo-Navarro, V., Rastl, B., Quistorp-Promper, M., Hadicke, W.D. und Nolden, R.: Langzeiterfahrungen mit systematischer Endodontie im Klinikbetrieb. Dtsch Zahnärztl Z 43, 272 (1988).
76. Sonnabend, E.: Zum Röntgenbefund im Rahmen der Endodontie. Dtsch Zahnärztl Z 30, 313 (1975).
77. Sonnabend, E.: Fehler bei der Projektion intraoraler Röntgenaufnahmen. Dtsch Zahnärztl Z 29, 301 (1974).
78. Storms, J.L.: Factors that influence the success of endodontic treatment. J Can Dent Ass 35, 83 (1969).
79. Strindberg, L.Z.: The dependance of the results of pulp therapy on certain factors. Acta Odontol Scand 14: Suppl 21 (1956).
80. Swartz, D.B., Skidmore, A.E. und Griffin, J.A.J.: Twenty years of endodontic success and failure. J Endod 9, 198 (1983).
81. Thoden van Velzen, S.K., Duivenvoorden, H.J. und Schuurs, A.H.B.: Probabilities of success and failure in endodontic treatment: A Bayesian approach. Oral Surg 52, 85 (1981).
82. Thoden van Velzen, S.K., Genet, J.M., Kersten, H.W., Moorer, W.R. und Wesselink, P.R.: Endodontie. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln 1988.
83. Tronstad, L.: Clinical Endodontics. Thieme Verlag, New York 1991.
84. Ullmann, K.: Die topographische Anatomie der Zahnhartsubstanzgewebe in Abhängigkeit vom Lebensalter. Med Diss, Berlin 1972.
85. Verhoeven, J.W., Aken, J.van und Weerdt, G.P.van der: The length of teeth. Oral Surg 48, 193 (1979).
86. Vertucci, F., Seelig, A. und Gillis, R.: Root canal morphology of maxillary second premolars. Oral Surg 38, 456 (1974).
87. Vertucci, F.J.: Root canal anatomy of the human permanent teeth. Oral Surg 58, 589 (1984).
88. Weine, F.S.: Endodontic Therapy. Mosby, St. Louis, 3. Auflage 1982
89. Wittenberg, R.: Grundlagen computerunterstützter Datenanalyse. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1991.
90. Zillich, R. und Dowson, J.: Root canal morphology of mandibular first and second premolars. Oral Surg 36, 738 (1973).

Anhang Tabellen und Diagramme

Erhebungsbogen Endodontie

1 Stadt 2 Bz.-Nr. 3 Datum der WB
 4 Name, Vorname: 5 geb.:
 7 Zahn 8 Geschlecht ☐ 9 Abstammung ☐
 1 männlich 2 weiblich 1 Mitteleuropäer 2 Afro-Amerikaner 3 Asiate 4 Sonstige:.....

Anamnese

10 Ursache der WB ☐

- 1 akute Zahnschmerzen (Pulpitis)
- 2 Pulpa im Kariösen eröffnet
- 3 akute apikale Parodontitis
- 5 Trauma: Fraktur
- 6 Trauma: Luxation, Intrusion, Kontusion
- 7 retrograde Pulpitis
- 8 insuffiziente WF
- 9 unbekannt

11 Schmerzen vor Behandlung ☐

- 2 nein
- 3 gering
- 4 stark

12 Sensibilitätsprobe (Kälte) ☐

- 1 positiv
- 2 negativ
- 3 unsicher

13 Art ☐

- 1 CO, 2 Provotest* 3

14 Sensibilitätsprobe (elektr.) ☐

- 1 positiv
- 2 negativ
- 3 unsicher

15 Perkussion ☐

- 1 positiv
- 2 negativ
- 3 positiv und aufbeimpfundlich

16 Diagnose (Trep.-Befund) ☐

- 1 irreversible Pulpitis
- 2 Gangrän
- 3 Nekrose ("steril")
- 4 Pulpapoly
- 5 retrograde Pulpitis (akut)
- 6 unbekannt

17 Röntgen-Befund (vor WB) ☐

- 1 o.B.
- 2 kein Röntgen-Bild vorhanden
- 3 apikal verbreiteter Pa-Spalt (bis 2 mm)
- 4 apikale Aufhellung
- 5 Verdachtsdiagnose radikuläre Zyste
- 6 nicht abgeschlossenes Wurzelwachstum
- 7 Resorption der Wurzel

18 Therapie ☐

- 1 VitA
- 2 VitE
- 3 MoE
- 4 Gangränbehandlung
- 6 WF-Revision

WK-Aufbereitung

19 Kofferdam ☐

- 1 ja
- 2 nein
- 3 ja, Aufbau nötig

20 Zahl der Wurzelkanäle ☐

21 Atypisch ? ☐

- 1 ja; Grund:.....
- 2 nein

22-53 Länge/Aufbereitung

1.mb 2.db 3.ml 4.dl/pal

Röntgenolog. 1..... 2..... 3..... 4.....

WK-Quer. 1..... 2..... 3..... 4.....

Größe ISO 1..... 2..... 3..... 4.....

Technik 1..... 2..... 3..... 4.....

Bezugspunkt 1..... 2..... 3..... 4.....

Obstruktion ? 1..... 2..... 3..... 4.....

Querschnitt-Code

- 1 rund
- 2 elliptisch
- 3 ampullenförmig
- 4 hantelförmig
- 5 bananenförmig

Technik-Code

- 1 konventionell
- 2 Stepback
- 3 maschinell
- 4 Komb. Hand-maschinell

Obstruktion-Code

- 1 Verkalkungen
- 2 Instrumentenfraktur
- 3 Stifte, Schrauben, Anker
- 4 WF-Material

54 Wurzelkanalspülung

- 1 H₂O₂
- 2 NaOCl
- 3 Kombination 1+2
- 4 Zitronensäure + 1+2
- 5 unbekannt

55 Medikamentöse Einlagen bis zur definitiven WF

- 2 nein
- 3 Calxyl
- 4 CHKM
- 5 ED 84
- 6 Gangrän Merz
- 7 Jodoformpaste
- 8 Ledermix
- 9 Sonstige:.....

56 Beschwerden nach Aufbereiten

- 1 ja
- 2 nein

Wurzelfüllung

57 Zahl der Sitzungen ☐

58 Trocknung vor Abfüllen ☐

- 1 mit Alkohol
- 2 ohne Alkohol, mit Papierspitz
- 3 ohne Alkohol, mit Watte
- 4 Probleme beim Trocknen (Blutung, etc.)

59 WF-Technik

- 1 konv. Zentralstiftmethode
- 2 Laterale Kondensation
- 3 therm. Lateralkondensation
- 4 Vertikale Kondensation
- 5 Mc Spadden
- 6 Injektionsgutapercha 70°C
- 7 umgekehrte Lateralkondensation
- 8 Ultraschall

60 WF-Material ☐

- 1 AH26
- 2 Diaket
- 3 N2
- 4 Endomethasone
- 5 Hermetic
- 6 Tubliseal
- 7 GLZ-Zement
- 8 Phosphatzement
- 9

61 WK-Stifte ☐

- 1 Gutapercha (ungeordnet)
- 2 Gutapercha (geordnet)
- 3 keine
- 4 Titan
- 5 Silber
- 6 Kunststoff
- 7 Gold
- 9 Stab.-Stifte:.....

62-69 Wurzelfüllung

1.mb 2.db 3.ml 4.dl/pal

mm vor Röntgen-Apex 1..... 2..... 3..... 4.....

Überstopft ? 1..... 2..... 3..... 4.....

70 Blasen in WF im Röntgen ☐

- 2 nein
- 3 koronal oder Mitte
- 4 apikales Drittel

71 Beschwerden nach der WF ☐

- 2 nein
- 3 gering
- 4 stark

72 WSR ☐

- 1 vor WF geplant
- 2 nein
- 3 ja, ungeplant
- 4 WF intraoperatione
- 5 transdentale Fixation
- 6 retrograde WF nötig (Material:.....)

73 Definitive Versorgung ☐

- 1 Amalgamfüllung
- 2 Inlay/Onlay
- 3 Krone
- 4 Stützbau-Krone
- 5 Okkl. Reparaturfüllung
- 6 KST-/Keramik-Inlay
- 7 Kunststoff-Füllung
- 8 Cernet-Füllung

74 Behandler ☐

- 1 Student 1.Kurs
- 2 Student 2.Kurs
- 3 ZA

Zwischenfälle

75 Via falsa ☐

- 3 im apikalen Drittel
 - 4 im mittleren Drittel
 - 5 im koronalen Drittel
 - 6 im Pulpakavum/-boden
- (Versorgung der via falsa:

76 Instrumentenfraktur ☐

- 3 im apikalen Drittel (Instr. verbleibt)
- 4 im mittleren Drittel (Instr. verbleibt)
- 5 im koronalen Drittel (Instr. verbleibt)
- 6 im apikalen Drittel (Instr. entfernt)
- 7 im mittleren Drittel (Instr. entfernt)
- 8 im koronalen Drittel (Instr. entfernt)

Abb. 3: Der Erhebungsbogen

	Mean [mm]	SD	x - 1SD [mm]	x - 2SD [mm]	x - 1,65SD [mm]	Min [mm]	Max [mm]	Cases
OK-1	22,2	2,3	19,9	17,5	19,2	15	28	126
OK-2	21,8	2,5	19,3	16,8	18,5	16	28	112
OK-3	24,9	3,0	21,9	18,9	21,0	15	31	103
OK-4 buc	20,7	1,8	18,9	17,1	18,4	16	24	134
pal	20,7	1,9	18,8	17,0	18,3	17	25	123
OK-5 buc	21,1	2,0	19,1	17,1	18,6	17	28	158
pal	21,1	2,1	19,0	16,9	18,4	16	26	68
OK-6 buc	20,7	1,9	18,8	17,0	18,3	15	26	406
pal	22,1	2,2	19,9	17,7	19,3	16	27	203
OK-7 buc	20,6	1,6	19,0	17,4	18,5	17	24	246
pal	21,3	1,8	19,5	17,6	18,9	17	26	122
UK-1	21,4	2,2	19,2	17,1	18,6	17	25	22
UK-2	21,4	2,7	18,7	16,1	18,0	16	26	33
UK-3	24,0	3,3	20,7	17,4	19,7	15	30	50
UK-4	21,6	2,1	19,5	17,3	18,8	15	28	79
UK-5	21,8	2,3	19,5	17,2	18,8	16	27	118
UK-6 mes	21,3	2,0	19,3	17,3	18,7	15	28	443
dis	21,3	2,1	19,2	17,1	18,6	15	27	221
UK-7 mes	20,8	2,2	18,6	16,4	18,0	15	27	272
dis	21,2	2,0	19,2	17,2	18,6	15	27	128

Tab. 13: Gesamtaufstellung der durchschnittlichen Wurzelkanallängen

	Mean [mm]	SD	x - 1SD [mm]	x - 2SD [mm]	x - 1,65SD [mm]	Min [mm]	Max [mm]	Cases
OK-1	22,5		20,0	17,5	18,4	15	28	72
OK-2	22,2	2,5	19,6	17,0	17,9	16	28	61
OK-3	25,5	2,6	22,6	19,7	20,7	15	31	63
OK-4 buc	20,8	2,9	19,1	17,4	17,9	16	24	74
pal	20,9	1,8	18,8	16,8	17,6	17	25	69
OK-5 buc	21,5	2,0	19,5	17,5	18,1	17	28	94
pal	21,2	2,0	19,1	17,0	17,7	16	26	49
OK-6 buc	21,1	2,1	19,3	17,5	18,0	16	26	228
pal	22,4	1,9	20,4	18,4	19,1	17	27	111
OK-7 buc	20,8	2,0	19,2	17,6	18,2	17	25	159
pal	21,4	1,6	19,7	18,0	18,5	17	26	79
UK-1	22,0	2,2	19,8	17,6	18,4	20	25	13
UK-2	22,2	2,5	19,7	17,2	18,1	17	26	21
UK-3	24,3	4,0	20,3	16,3	17,7	15	30	28
UK-4	22,0	1,8	20,2	18,4	19,0	19	28	47
UK-5	22,2	2,3	19,9	17,6	18,5	16	27	59
UK-6 mes	21,5	2,0	19,5	17,5	18,2	15	26	241
dis	21,6	2,1	19,5	17,4	18,1	16	26	123
UK-7 mes	21,0	2,1	18,9	16,8	17,5	15	27	172
dis	21,4	2,1	19,3	17,2	18,0	17	25	82

Tab. 14: Durchschnittliche Wurzelkanallängen bei Männern

	Mean [mm]	SD	x - 1SD [mm]	x - 2SD [mm]	x - 1,6SD [mm]	Min [mm]	Max [mm]	Cases
OK-1	21,8		19,7	17,6	18,3	15	28	50
OK-2	21,4	2,2	19,0	16,6	17,5	16	26	49
OK-3	23,9	2,4	21,0	18,0	19,0	18	29	39
OK-4 buc	20,5	3,0	18,6	16,7	17,4	16	24	59
pal	20,5	1,9	18,8	17,1	17,7	17	25	53
OK-5 buc	20,6	1,7	18,8	17,1	17,7	17	24	60
pal	20,7	1,8	18,7	16,7	17,4	17	23	17
OK-6 buc	20,2	2,0	18,4	16,7	17,3	15	25	176
pal	21,8	1,8	19,4	17,0	17,8	17	27	91
OK-7 buc	20,4	2,4	18,5	16,5	17,2	17	24	83
pal	21,1	2,0	19,1	17,1	17,8	17	26	41
UK-1	20,4	1,9	18,5	16,5	17,2	17	23	9
UK-2	20,0	2,4	17,6	15,1	16,0	16	26	12
UK-3	23,6	2,2	21,4	19,3	20,0	18	28	22
UK-4	21,0	2,5	18,5	16,0	16,8	15	24	30
UK-5	21,3	2,4	19,0	16,7	17,4	18	25	55
UK-6 mes	21,0	1,9	19,1	17,2	17,8	16	26	200
dis	20,9	2,0	18,9	16,9	17,6	17	27	96
UK-7 mes	20,6	2,0	18,6	16,7	17,4	16	26	87
dis	20,8	1,8	19,0	15,5	17,9	18	25	42

Tab. 15: Durchschnittliche Wurzelkanallängen bei Frauen

	Mean	SD	Min [mm]	Max [mm]	Range	Cases
OK-1	73	19,0	30	140	110	154
OK-2	62	14,6	35	120	85	126
OK-3	67	14,9	40	120	80	134
OK-4 buc	49	11,4	30	120	90	170
pal	49	12,4	30	120	90	160
OK-5 buc	54	12,9	20	100	80	193
pal	51	10,5	30	80	50	84
OK-6 mb	42	8,7	20	70	50	249
db	45	9,2	30	80	50	246
pal	58	12,1	30	110	80	250
OK-7 mb	44	11,0	20	90	70	168
db	45	9,2	20	90	70	154
pal	58	14,5	35	110	75	161
UK-1	47	12,6	35	60	25	27
UK-2	48	7,8	30	60	30	38
UK-3	59	11,9	35	110	75	64
UK-4	54	12,2	30	110	80	103
UK-5	57	13,3	30	100	70	155
UK-6 mb	42	9,6	25	90	65	301
ml	43	8,9	25	80	55	289
distal	54	12,7	20	90	70	295
UK-7 mb	43	11,6	20	120	100	172
ml	41	8,7	20	70	50	149
distal	57	12,3	20	90	70	162

Tab. 16: Gesamtaufstellung der durchschnittlichen ISO-Aufbereitungsgrößen

	Erlangen			Frankfurt		
	Mean [ISO]	SD	Cases	Mean [ISO]	SD	Cases
OK-1	75	19,1	95	69	18,3	59
OK-2	64	14,4	74	58	14,3	52
OK-3	69	14,7	72	65	15,0	62
OK-4 buc	52	12,6	98	46	8,2	72
pal	52	13,7	95	45	8,2	65
OK-5 buc	59	13,1	105	49	10,8	88
pal	53	11,3	44	49	9,0	40
OK-6 mb	41	9,4	163	43	6,8	86
db	45	9,6	160	45	8,3	86
pal	62	11,5	163	52	10,4	87
OK-7 mb	44	12,3	114	43	7,3	54
db	45	10,3	103	43	6,1	51
pal	62	14,7	108	50	10,0	53
UK-1	50	16,0	15	43	4,0	12
UK-2	49	8,1	23	46	7,0	15
UK-3	62	12,6	36	55	9,6	28
UK-4	62	12,8	41	49	8,7	62
UK-5	63	13,2	75	51	10,7	80
UK-6 mb	43	10,8	190	41	6,9	111
ml	43	13,2	183	42	10,2	112
distal	56	9,9	181	49	6,9	108
UK-7 mb	44	12,7	117	42	9,0	55
ml	42	12,2	111	40	10,3	51
distal	60	9,0	106	51	10,1	12

Tab. 17: Vergleich der durchschnittlichen ISO-Aufbereitungsgrößen
zwischen Erlangen und Frankfurt

	VitE			Gangrän- behandlung		
	Mean [ISO]	SD	Cases	Mean [ISO]	SD	Cases
OK-1	68	17,1	62	74	18,9	69
OK-2	59	13,5	51	61	14,5	51
OK-3	63	13,0	56	71	16,3	54
OK-4 buc	48	8,3	107	52	15,3	47
pal	47	8,8	101	54	18,2	44
OK-5 buc	52	12,6	124	59	13,6	48
pal	51	10,9	62	53	8,0	16
OK-6 mb	41	8,2	158	43	9,7	55
db	44	8,6	157	46	9,8	55
pal	57	11,3	214	60	12,1	56
OK-7 mb	42	9,7	119	45	11,9	36
db	43	7,8	112	47	9,7	32
pal	55	11,9	113	61	15,3	35
UK-1	41	2,8	10	49	13,9	13
UK-2	48	6,4	17	47	9,4	18
UK-3	56	7,1	24	57	10,2	31
UK-4	51	10,0	56	59	14,5	56
UK-5	55	11,6	105	56	13,7	38
UK-6 mb	41	7,8	173	43	10,6	75
ml	41	7,5	168	44	10,4	74
distal	52	10,9	172	55	14,5	71
UK-7 mb	42	11,8	107	46	11,3	48
ml	40	7,8	94	43	9,6	40
distal	56	10,9	102	61	14,7	44

Tab. 18: Vergleich der durchschnittlichen ISO-Aufbereitungsgrößen
bei Vitalexstirpation bzw. Gangränbehandlung

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. A. Petschelt für die Überlassung des Themas und für die mir zu jeder Zeit gewährte Beratung und Hilfe bei der Durchführung dieser Arbeit danken.

Ferner danke ich Herrn Dr. K.-H. Kunzelmann für die jederzeit gute Betreuung.

Darüberhinaus danke ich all denen, die mit Rat und persönlicher Unterstützung an der Entstehung dieser Arbeit mitgeholfen haben.

Lebenslauf

12.12. 1968	geboren in Lichtenfels als drittes Kind des Notars Dr. Horst Lindner und der Hausfrau Luise Lindner, geb. Ströbel
1974 - 1976	Besuch der Volksschule III in Lichtenfels
1976 - 1978	Besuch der Grundschule I Lauf an der Pegnitz
1978 - 1987	Besuch des staatl. Gymnasiums Lauf a. d. Pegnitz
26.06. 1987	Abitur
1987	Ableistung des Grundwehrdienstes; vorzeitige Entlassung zur Aufnahme des Studiums der Zahnheilkunde
1987 - 1992	Studium der Zahnheilkunde an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
28.07. 1988	naturwissenschaftlich-zahnärztliche Vorprüfung
19.04. 1990	zahnärztliche Vorprüfung
21.12. 1992	zahnärztliche Prüfung
02-03 /93	wiss. Mitarbeiter an der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Universität Erlangen-Nürnberg
seit 04 /93	Restgrundwehrdienst als Stabsarzt der Bundeswehr