

Lößnitzgymnasium

Steinbachstraße 21

01445 Radebeul

**Von den ersten Versuchen
einer antimikrobiellen Therapie
zur modernen Endodontologie**

Alena Zeitler

Miriam Heyduck

Paula Arnold

Begleitlehrer: Frau Kahrs

Abgabedatum: 16.07.2012

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort.....	S.	1
2	Einleitung.....	S.	XX
2.1	Aufbau des Zahnes.....	S.	XX
3	<u>Literaturauswertung</u>	S.	XX
3.1	<i>Zahnerhaltung– Die Erhaltung von Funktion und Ästhetik im Wandel der Zeit....</i>	S.	XX
3.1.1	Altersbedingte Veränderungen an den Zähnen.....	S.	x
3.1.2	Karies und Parodontitis apicalis.....	S.	x
3.1.3	Zahnschmuck und kulturelle Zahnformveränderung.....	S.	x
3.1.4	Bedeutung der Zähne für die Gesundheit des menschlichen Organismus	S.	x
3.1.5	Prophylaxe und Zahnreinigung	S.	XX
3.1.6	Zahnersatz - die schlechtere Alternative	S.	XX
3.2	Die Entdeckung der pathobiologischen Grundlagen der Zahnmedizin.....	S.	XX
3.2.1	Erste Erklärungsversuche: Dämonen und Zahnwürmer.....	S.	XX
3.2.2	Mikroskopie und Entdeckung der Bakterien.....	S.	XX
3.2.3	Anatomische Forschung zur Darstellung der Vielfalt des Wurzelkanalsystems	S.	XX
3.2.4	Zahnentwicklung und Störungen.....	S.	XX
3.2.5	Röntgentechnik zur Diagnostik und Erfolgskontrolle.....	S.	XX
3.3	<i>Methoden der Zahnerhaltung von der Antike zur Gegenwart.....</i>	S.	XX
3.3.1	Das Trepanieren und Ausbrennen der Zähne.....	S.	XX
3.3.2	Das Abtöten der Pulpa - Devitalisationsverfahren.....	S.	XX
3.3.3	Das Exstirpieren und die Wurzelkanalaufbereitung.....	S.	XX
3.3.4	Anästhesieverfahren.....	S.	XX
3.3.5	Aseptik und Desinfektion.....	S.	XX
3.3.6	Arbeiten mit Lupe und Dentalmikroskop.....	S.	XX
3.3.7	Regenerative Verfahren der Zahnerhaltung.....	S.	XX
4	<u>Eigenanteil</u>	S.	XX
4.1	Einleitung.....	S.	XX

4.2	Zielstellung.....		
4.3	Material und Methode.....	S.	XX
4.4	Ergebnisse.....	S.	XX
4.5	Auswertung und Diskussion.....	S.	XX
4.6	Schlussfolgerung.....	S.	XX
5	Zusammenfassung.....	S.	XX
6	Anhang.....	S.	XX
6.1	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	S.	XX
6.2	Literaturverzeichnis.....	S.	XX
6.3	Internetquellenverzeichnis.....	S.	XX
6.4	Erklärung.....	S.	XX

.

1 Vorwort

Auf der Suche nach unserem Facharbeitsthema wurden wir auf eine alte Methode der Zahnbehandlung aufmerksam, mit der früher versucht wurde, erkrankte Zähne zu erhalten. Das sogenannte „Ausbrennen der Zähne“ ließ eher an Folter als an eine zahnmedizinische Behandlung denken. Neugierig gemacht, begaben wir uns auf die Suche nach den medizinhistorischen Hintergründen einer solchen Therapie und stießen auf alte wissenschaftliche Erkenntnisse, die auf heutige moderne zahnmedizinische Behandlungsmethoden unmittelbaren Einfluss hatten.

Martialisch, schmerzhaft, Behandlungsmethoden mit ungewissem Ausgang für das Leben des Patienten erschienen uns als eine mögliche Ursache für eine allgemein bekannte und noch heute weit verbreitete Angst insbesondere vor Wurzelkanalbehandlungen. Anhand einer Befragung einer definierten Stichprobe an möglichen Patienten sollte die These überprüft werden. Während wir an unserem Thema arbeiteten, hatten wir mit keinen größeren Problemen zu kämpfen. Wir arbeiteten zuverlässig im Team und hielten unsere selbst gewählten inhaltlichen und zeitlichen Vorgaben ein. Als besonderer Vorteil erwies sich die Tatsache, dass wir mit unserer Arbeit schon frühzeitig angefangen hatten - so ließ sich auch verschmerzen, dass ein Mitglied der Gruppe für drei Wochen im Ausland war.

Unsere wesentliche Motivation war - neben der Freude an der Gruppenarbeit - das Ziel, mit unserer Facharbeit erste Erfahrungen zu sammeln im wissenschaftlichen, systematischen Arbeiten. Diese Facharbeit wäre ohne die Hilfe von Dipl.-Stom. Michael Arnold nicht möglich gewesen. Als Zahnarzt mit der Spezialisierung auf Wurzelkanalbehandlung stand er uns beratend zur Seite. So durften wir jederzeit auf seine umfangreiche Fachliteratur zugreifen. Besonders informativ war der gemeinsame Besuch des dentalhistorischen Museum in Zschadraß, das sich auf dem Gelände einer ehemaligen psychiatrischen Anstalt befindet. Zahlreiche historisch wertvolle Exponate wurden uns dankenswerter Weise vom Museumsleiter Herrn Andreas Haesler vorgestellt und zur Dokumentation für die Studienarbeit zur Verfügung gestellt.

Darüber hinaus möchten wir uns bei unserer Begleitlehrerin Frau Kahrs für ihre kompetente Betreuung der Studienarbeit herzlich bedanken.

2 Einleitung

*„Die einzige Methode, gesund zu bleiben, besteht darin,
zu essen, was man nicht mag,
zu trinken, was man verabscheut,
und zu tun, was man lieber nicht täte.“*

Mark Twain (1835-1910)¹

Die Menschheit strebt seit Anbeginn nach einem langen, gesunden und glücklichen Leben, unabhängig von Alter oder Wohlstand. Manche Lebensgewohnheiten und Genusswünsche stehen mitunter nicht im Einklang mit den erwünschten Zielen. Insbesondere der Zustand der Zähne ist häufig ein Abbild für den Gesundheitszustand des Gesamtorganismus. Die Erhaltung der natürlichen Zähne stand bereits vor mehr als 2000 Jahren im Mittelpunkt der medizinischen Heilkunst. Der Erhalt menschlicher Zähne hatte nicht allein eine funktionelle Bedeutung, sondern diente auch als Spiegelbild von Gesundheit und Leistungsfähigkeit. Erkrankungen an den Zähnen konnten noch bis vor etwa 150 Jahren tödlich enden. Ursachen waren einerseits die mangelhafte Kenntnis über die Ursachen der Erkrankung und andererseits das Fehlen geeigneter Therapieverfahren und -hilfsmittel.

Die heutige Fachdisziplin der Endodontologie versteht sich als ein Teilgebiet der Zahnmedizin und erforscht Erkrankungen des Endodonts sowie pathologische Zusammenhänge zum Gesamtorganismus mit der Zielstellung, natürliche Zähne und die Gesundheit des Menschen zu erhalten. Mit dem Endodont, das aus dem Griechischen abgeleitet "das sich im Zahn Befindende" bedeutet, wird der sogenannte Pulpa-Dentin-Komplex bezeichnet.

Mit der Zunahme des Lebensalters der Menschen, besteht für die Endodontologie die Aufgabe, Grundlagen dafür zu schaffen, dass natürliche Zähne funktionell und ästhetisch bis in das hohe Lebensalter erhalten bleiben können. Eine endodontische Behandlung beginnt

¹ <http://www.zitate.de/kategorie/Gesundheit/>, 25.05.12

bereits mit dem Entfernen des kariös zerstörten Dentins und dem Versuch, eine mikrobiell besiedelte Pulpa am Leben² zu erhalten. Ist dies nicht mehr möglich, so erfolgt die Entfernung des krankhaften Gewebes innerhalb des Wurzelkanalsystems und die Eliminierung der vorhandenen Mikroorganismen. Dies erfolgt heute sowohl mechanisch als auch chemisch durch den Einsatz verschiedener Desinfektionsmittel und Medikamente. Während früher die vollständige und zumeist schmerzhafteste Extraktion das einzige Therapieverfahren für zerstörte oder kranke Zähne darstellte, wurden über den Verlauf von mehreren Jahrhunderten immer neue Verfahren entwickelt, die es möglich machten, Zähne mit großem Zerstörungsgrad funktionell zu erhalten.

Aberglaube, Scharlatanerie und Kurpfuscherei waren vor allem im Mittelalter weit verbreitet. Es bestand die Aufgabe der sich neu entwickelnden wissenschaftlich basierten Zahnmedizin, die empirisch ermittelten Erfahrungen einer experimentellen Probe zu unterziehen und den Erfolg der Therapie zu beweisen. Gleichzeitig musste eine Abgrenzung zu den weit verbreiteten Badern, Barbieren und Wundärzten erfolgen, die noch bis in das 19. Jahrhundert Zahnschmerzen ohne grundlegende Ausbildung behandelten und sich als Kurpfuscher betätigten.

Mit dem Wissenszuwachs über die Zusammenhänge von Bakterien und der kariösen Zerstörung natürlicher Zahnhartsubstanz, veränderte sich auch langsam das Gesundheitsbewusstsein und das –verhalten der Bevölkerung. Schwarze Zähne, Serienextraktionen und frühzeitiger Zahnverlust sollten der Vergangenheit angehören. Statt einer kosten- und zeitaufwändigen Nachsorge, traten Bemühungen in den Vordergrund, Karies- und Folgeerkrankungen vorzubeugen.

Zahnerhaltende Therapien erhielten einen höheren Stellenwert und damit auch die Notwendigkeit, einer erfolgreichen Wurzelkanalbehandlung. Als Erfolg galt, dass ein wurzelkanalbehandelter Zahn schmerzfrei erhalten blieb. Die Erhaltung der Funktion stand im Vordergrund. Heute wird jedoch nur dann von einem Erfolg gesprochen, wenn der behandelte Zahn nicht nur schmerzfrei, sondern auch entzündungsfrei erhalten werden konnte.

Korrekte Wurzelkanalbehandlungen sind allerdings sehr aufwändig, weshalb in den letzten Jahrzehnten viele Weiterentwicklungen an Methoden, Materialien und Instrumenten erfolgten, um die Qualität und die Quantität zu verbessern.

² auch vital genannt

Unsere Literaturrecherche beginnt bei den ersten nachweislich durchgeführten Methoden der Zahnbehandlung, bei welchen die Bakterien unbeabsichtigt abgetötet wurden und verfolgen die Entwicklung der antimikrobiellen Therapie bis zu den aktuellen Methoden der Endodontie³. Ebenso beleuchten wir den Stand der Technik⁴ und die Schmerzbelastung der Patienten⁵. Unser Eigenanteil erforscht darüber hinaus die Zusammenhänge von Angst, Schmerz und verwendeter Methodik und Technik während der heute praktizierten Wurzelkanalbehandlung⁶.

2.1 Aufbau des Zahnes

Um ein Grundverständnis für unser Thema zu bilden, ist die Kenntnis vom Grundaufbau des Zahnes wichtig und wird nachfolgend vorgestellt (siehe Abbildung 1 im Anhang).

Das menschliche Gebiss eines Erwachsenen besteht aus 32 Zähnen, die sich im Ober- und Unterkiefer mit jeweils 16 Zähnen in 4 Schneidezähne, 2 Eckzähne, 4 Prämolaren und 6 Molaren aufteilen. Variationen ergeben sich dann, wenn Weisheitszähne nicht oder nur teilweise angelegt wurden oder Zahnüber- oder -unterzahl besteht.

Der menschliche Zahn besteht aus Schmelz, Dentin, Pulpa und Wurzelzement und wird seiner äußeren Form nach in Krone und Wurzel unterteilt. Die Zahnkrone umfasst den Teil des Zahnes, der mit Schmelz bedeckt ist. Die Wurzel ist etwa 1,5 mal so lang wie die Zahnkrone und verankert den Zahn im Ober- oder Unterkiefer.

Bei menschlichen Zähnen werden einwurzlige von zwei- und mehrwurzligen Zähnen unterschieden. Frontzähne haben meist eine Wurzel, können aber insbesondere im Unterkiefer zwei Wurzelkanäle aufweisen. Erste Prämolaren im Oberkiefer verfügen häufig über zwei Wurzeln und zweite Prämolaren im Oberkiefer und die des Unterkiefer sind meist mit einer Wurzel im Alveolarknochen verankert. Auch hier werden trotz einwurzliger Anatomie häufig mehr als ein Wurzelkanal aufgefunden. Im Gegensatz dazu haben die Oberkiefermolaren häufig drei Wurzeln aber mindestens vier Wurzelkanäle. Die Molaren des Unterkiefer haben

³ siehe 3.3

⁴ siehe 3.2

⁵ siehe 3.3.4

⁶ siehe 4.

meist zwei Wurzeln mit mindestens 3 und nicht selten vier Wurzelkanälen. In der Anzahl der Wurzeln und der Anzahl der Wurzelkanäle gibt es jedoch je nach Zahngruppe aber auch je nach territorialer Herkunft starke Unterschiede. So verfügen insbesondere Asiaten häufig nur über einwurzlige Molaren im Ober- und Unterkiefer.

Der Schmelz

Der Zahnschmelz, lat. Enamelum, ist das mit 300-430 VH⁷ härteste menschliche Material und besteht zu 95%-98% aus anorganischen Bestandteilen, dem Hydroxylapatit⁸. Der kristalline Anteil des Schmelzes besteht zum Großteil aus Kalzium und Phosphor und zusätzlichen Spurenelementen. Die Stärke des Schmelzmantels beträgt im kautragenden Bereich 2-3 mm und im Übergang zur Wurzel weniger als 1 mm. Der Zahnschmelz schützt das darunter liegende knochenähnliche Dentin vor Abrieb, mikrobieller Besiedlung sowie thermischen und chemischen Reizen.

Das Dentin

Das Dentin hat einen knochenähnlichen Charakter, ist gelblich und bildet den Hauptbestandteil des Zahnes. Das Dentin besteht vorwiegend aus Kollagenfasern mit Interzellulärsubstanzen und wird durch spezialisierte Pulpazellen, den Odontoblasten, gebildet. Solange das Pulpagewebe im Inneren des Zahnes erhalten bleibt, wird neues Dentin produziert. Dabei „wächst“ das Dentin nicht nach außen, sondern nach innen und verkleinert den Hohlraum in der Wurzel. Innerhalb des Dentins verlaufen radiär Dentinkanälchen. Ursprung dieser Kanälchen sind die Odontoblasten mit ihren Fortsätzen, die für die Dentinbildung innerhalb der Pulpa verantwortlich sind.

Die Pulpa

Das Pulpagewebe ist ein lockeres, spezialisiertes Bindegewebe und besteht aus Zellen, einer interzellulären Grundsubstanz mit retikulären und kollagenen Fasern, Blutgefäßen und Nervphasern⁹. In der Phase der Zahnentwicklung produzieren die Pulpazellen das Dentin der Krone und der Wurzel. Aufgrund der genetischen Informationen und der Lage sind die Odontoblasten für die Größe des Zahnes, die Form und Anzahl der Wurzeln verantwortlich. Die Pulpa befindet sich im Inneren des Zahnes und wird allgemein unterteilt in die

⁷ VH=Vickers-Härte

⁸ Vgl. Radlanski (2011), S. 199-242

⁹ Vgl. Schroeder (2000) zit. n. Klimm (2003), S 18

Kronenpulpa und Wurzelpulpa. Die Pulpa produziert über die gesamte Lebenszeit Dentin und führt innerhalb der Wurzel zur Herausbildung eines Wurzelkanalsystems.

Jeder pathologische Reiz auf den Zahn führt zu einer erhöhten Dentinproduktion und ist Teil der Abwehrleistung der Pulpa. Je älter der Zahn oder je stärker ein pathologischer Reiz auf einen Zahn einwirkt, desto kleiner und verzweigter wird das Wurzelkanalsystem. Je geringer die Masse des Pulpagewebes wird, desto weniger leistungsfähig ist sie, um sich gegen Bakterien zur Wehr setzen zu können.

Im Fall einer tiefen Karies reagiert die Pulpa mit einer Entzündungsreaktion, um Bakterien abwehren zu können. Im Rahmen dieser Entzündungsreaktion können Schmerzen auftreten. Ist das Gleichgewicht zwischen Angriff der Bakterien und Abwehr der Pulpa gestört, so kann die Pulpa teilweise oder vollständig absterben. Innerhalb des Wurzelkanalsystems und bis tief in das Dentin folgt eine mikrobielle Infektion. An allen Austrittspunkten, den sogenannten apikalen Foramen und pulpodesmodontalen Seitenkanälchen entlang der Wurzeloberfläche wird eine solche mikrobielle Infektion durch die Körperabwehr registriert und sofort abgewehrt. Verläuft dieser Entzündungsprozess langsam, so kann dieser ohne Schmerzen stattfinden. Bei schnellen Verläufen oder bei einer geschwächten Abwehrleistung können begleitend Schmerzen, Schwellung und Fieber auftreten.^{10 11}

Das Zement

Das Zement, ein mineralisiertes Bindegewebe, bedeckt das gesamte Wurzeldentin und stellt eine wichtige Grundlage für die elastische Verankerung des Zahnes im Knochen dar. Zwischen dem Zement auf der Wurzeloberfläche und dem Alveolarknochen erstreckt sich ein dichter Faserapparat, der zum Zahnfleischrand durch Epithelzellen den Zugang von Bakterien aus der Mundhöhle abwehrt. Dieser Zahnhalteapparat, auch Parodontium genannt, ist in der Lage, starke Kaukräfte aufzunehmen und Überbelastungen der Zähne durch seine Elastizität zu vermindern. Mit dem Parodontium ist es dem Zahn auch möglich, seine Position zu ändern. Durch die lebenslange Veränderung des Gesichtsschädels und des Alveolarknochens ist eine Lageveränderung der Zähne nötig und möglich. Diese biologisch flexible Integration/Verankerung des Zahnes stellt den grundlegenden Unterschied zu einem künstlichen Implantat dar, das im Gegensatz zu einem natürlichen Zahn fest und unverrückbar mit dem Knochen verbunden ist.

¹⁰ <http://www.zahnaufbau.de/zahn.html>, 26.05.2012

¹¹ Vgl. Klimm (2003), S. 121

3 Literaturlauswertung

3.1 Zahnerhaltung - die Erhaltung von Funktion und Ästhetik im Wandel der Zeit

3.1.1 Altersbedingte Veränderungen an den Zähnen

Die demografische Forschung hat nachgewiesen, dass die durchschnittliche Lebenserwartung in Europa von der Antike bis zur Gegenwart zugenommen hat. Wesentliche Ursachen sind die Verringerung der Säuglingssterblichkeit und die deutlich Verringerung kriegerischer Auseinandersetzungen. Die Verbesserung der medizinischen Versorgung und der hygienischen Bedingungen haben der Entstehung und Ausbreitung von Seuchen entgegengewirkt¹².

Durch die verringerten Geburtenraten in Deutschland steigt der Anteil älterer Menschen an der Gesamtbevölkerung. Während der höhere Anteil älterer Menschen in der Gesellschaft vor allem einen größeren Bedarf an ärztlicher Versorgung nach sich zieht, führt die allgemeine Zunahme des durchschnittlichen Lebensalters auf etwa 80 Jahre in Deutschland zu größeren Anforderungen an die Zahnmedizin, dazu beizutragen, dass natürliche Zähne länger als in der Vergangenheit erhalten bleiben können. Zähne unterliegen einem ständigen Verschleiß. Es wird der physiologische von dem unphysiologischen Verbrauch natürlicher Zahnhartsubstanz unterschieden.

Je höher das Lebensalter steigt, umso mehr nimmt der Verbrauch an Zahnhartsubstanz zu. Der natürliche Verschleiß erfolgt über mechanische Reibungskräfte. Der Zusatz von Säuren begünstigt bei gleichzeitiger Nahrungszerkleinerung den Abtrag. Durch die Veränderung der Nahrungsgewohnheiten hat sich der Abrieb der Zahnhartsubstanz über die Jahrhunderte geändert. Weichere Kost und feingemahlene Mehl führen im Gegensatz zu der Nahrung in der Frühgeschichte der Menschheit kaum noch zu einem Substanzverlust. Vor allem zuckerhaltige Softgetränke oder fruchtsäurehaltige Getränke demineralisieren den

12

<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/LaenderRegionen/Internationales/Land/G20/TabelleBevoelkerung.html>, 10.Juli.2012

Zahnschmelz und ermöglichen einerseits einen stärkeren Verschleiß aber vor allem ein erleichtertes Eindringen von Mikroorganismen und die Ausbildung von Karies¹³.

Der unphysiologische Verschleiß kann darüber hinaus durch Zähneknirschen und Pressen als Folge beruflichen Stresses erfolgen. Neben dem erhöhten Abrieb sind vor allem Risse im Zahnschmelz und im Dentin zu beobachten, die das Eindringen von Mikroorganismen erleichtern. Ein zu häufiges einseitiges Beißen und die Ausbildung sogenannter Ussuren (z.B. durch Pfeifenmundstücken oder Nadeln bei Näherinnen, (siehe Abbildung 2 im Anhang) aber auch die unsachgemäße Anwendung von Zahnbürste mit einer stark abrasiven Zahnpasta sind Ursachen für die Schädigung von Zahnschmelz und Wurzeldentin.

Das Alter spielt aber auch bei anderen Faktoren eine wichtige Rolle. So haben zum Beispiel Kinder und Jugendliche durch einen oft erhöhten Süßigkeitenkonsum bei gleichzeitig noch gering mineralisiertem Zahnschmelz und mangelhafter Mundhygiene eine höhere Gefährdung für einen Kariesbefall. Bei Jugendlichen sind die Zähne eher den jeweiligen Schönheitsidealen unterworfen, welche teilweise schädlich sein können^{14 15}.

Den äußeren Einflüssen auf den Zahn wirkt der Schutz- und Umbauprozess des Zahnes im Verlauf der Alterung entgegen. Mit dem Durchbruch des Zahnes in die Mundhöhle erfolgt die sogenannte sekundäre Reifung des Zahnschmelzes. Durch eine fortwährende Mineralisation über den natürlichen Speichel und zusätzlich natürlich aufgenommene Fluoride über das Trinkwasser und die Nahrung nimmt die Härte des Zahnschmelzes zu¹⁶.

Gleichzeitig verändert sich das Dentin mit zunehmendem Alter. Die Dentinkanälchen werden kleiner und die Anzahl nimmt durch eine sogenannte Sklerosierung ab. Darüber hinaus verengt die Pulpa den Wurzelkanal durch ständige Neuanlagerung von sekundärem und tertiärem Dentin und versucht einerseits dem erhöhten Substanzabtrag entgegenzuwirken und andererseits dem Eindringen der Bakterien eine größere mechanische und biologische Barriere entgegen zu stellen. Je höher der Verschleiß oder die auf den Zahn einwirkenden Reize und Belastungen desto stärker schreitet deshalb die Verengung des Wurzelkanalsystems voran¹⁷

¹³ Vgl. Koçkapan (2012), S. 113-128

¹⁴ http://www.zfz.de/online_magazin/zahnverschleiss.html, 13.02.2012

¹⁵ siehe 3.1.4

¹⁶ Vgl. Klimm (1997), S. 175

¹⁷ Vgl. Radlanski (2011), S. 282

3.1.2 Karies und Parodontitis apicalis

Zahnkaries ist ein örtlicher pathologischer Vorgang bakteriellen Ursprungs, der mit fortschreitender Demineralisation der Zahnhartsubstanzen einhergeht. Die kariösen Kavitäten sind Ergebnis der Zerstörung und fehlenden Widerstandsfähigkeit gegen Kaudruck¹⁸. Erstmals wurde Karies an menschlichen Zähnen in der Jungsteinzeit vor ca. 7500 Jahren nachgewiesen. In einer Untersuchung von 500 Skeletten aus den Jahren um herum 2500 v. Chr. von ägyptischer Aristokraten in den Grabkammern bei den Pyramiden von Gise konnte ein starker Kariesbefall festgestellt werden¹⁹. Als Ursache wurde die Verfeinerung der Nahrung diskutiert. Durch die Umstellung auf Sesshaftigkeit und den Getreideanbau enthielt die Nahrung viel mehr Zucker und Stärke²⁰. Der Wandel und die Wirkung der Veränderung in den Ernährungsgewohnheiten konnte sehr deutlich in einer epidemiologischen Studie des ehemaligen Schlesiens deutlich gemacht werden. Während die Kariesfrequenz von etwa 20% in der Zeit von 900 v. Chr. bis 1200 n. Chr. stabil blieb, kam es ab dem 18. Jahrhundert zu einem sprunghaften Anstieg der Karies auf 50% und ab dem 20. Jahrhundert auf knapp 90% der Bevölkerung. Die industrielle Herstellung von Saccharose begünstigte die Verbreitung der Karies zu einer Zivilisationskrankheit. Als weitere Faktoren werden der geringere Anteil an kauzwingender Kost, die die Speichelbildung und Selbstreinigung fördern diskutiert. Auch die häufigeren Malzeiten und die geringeren Anteile an karieshemmenden Bestandteilen in der Nahrung haben zur Verbreitung der Karies beigetragen.

Die Ursache der Entstehung von Karies sind Bakterien. Sie produzieren saure Stoffwechselprodukte welche zur Schmelzkavitation, d. h. zur Lochbildung durch den Zahnschmelz aufgrund der Demineralisation führen. Ist der Zahnschmelz durchdrungen, kommt es zur Auflösung von Dentinmineralen²¹ und zum Eindringen in die mit Odontoblastenfortsätzen gefüllten Dentinkanälchen. Je stärker die mikrobielle Invasion desto größer fällt die Reizantwort in der Pulpa mit erhöhter Durchblutung, Antransport von Entzündungszellen, Dentinproduktion und Reizweiterleitung aus. Sobald die Bakterien das

¹⁸ http://sylvester.bth.rwth-aachen.de/dissertationen/2001/122/01_122.pdf, 11.07.2012

¹⁹ Vgl. Hoffmann-Axthelm (1985), S. 14-21

²⁰ Vgl. Carrada (2000), S. 25

²¹ Dentalmineralien sind Kalzium und Phosphat

Dentin erreicht haben, treten schneller und nachhaltiger reizgebundene und reizüberdauernde Schmerzen auf.²² Im Ergebnis einer tiefen bis zur Pulpa reichenden Karies kann die Pulpa im Inneren des Zahnes absterben und dient den Mikroorganismen als Substrat für den Stoffwechsel. Die Parodontitis apicalis ist an die bakterielle Kontamination der Pulpa gebunden²³. Die Entzündungsreaktion am Ende der Wurzelspitze geht mit einem Knochenabbau einher, damit körpereigene Abwehrzellen in großer Anzahl zur Verfügung stehen können, Mikroorganismen und deren Stoffwechselprodukte abwehren können. Der Entzündungsprozess kann langsam, das heißt chronisch oder schnell verlaufen und wird in diesem Fall als "akut" bezeichnet. Im Rahmen des Entzündungsprozesses können Schmerzen, Schwellungen des Knochens und der umliegenden Weichteile auftreten. Epidemiologische Untersuchungen weisen nach, dass mit der Karieszunahme auch eine anteilige Zunahme an Wurzelkanalbehandlungen zu verzeichnen ist.

Das Erkennen der Ursache der Karies gelang erst mit der Entdeckung der Bakterien. *Hippocrates*, geboren 456 v. Chr., empfahl, lediglich gelockerte Zähne zu entfernen und feste Zähne trotz Vorhandensein einer kariösen Höhle zu erhalten. Während der Schmerz durch das sogenannte Brennen behandelt wurde, erfolgte die Behandlung der Karies lediglich mit unterschiedlichen Zahnpulvern. Als wirksames Zahnpulver wurde beispielsweise Asche aus einem gebrannten Hasenkopf und zusätzlich drei Mäusen eingesetzt²⁴. Erst *Scribonius*, 43 n. Chr., rät, den schadhafte Anteil des Zahnes mit Hilfe eines scharfen Meisels zu entfernen²⁵. Noch in das 18. Jahrhundert hinein wurde die Karies als Beinfraß bezeichnet. Ohne die tatsächliche Ursache zu kennen, orientierte man sich bei der Behandlung an den äußeren Merkmalen und den Beschwerden der Patienten. Der Beginn einer Karies wurde in sogenannten Schmutzflecken vermutet, die sich ausbreiten und den Zahn bis zu seinem Nerven schrittweise zerstören. Somit wird es verständlich, warum die Behandlung lediglich auf die bewusst wahrgenommene Beschwerdelage des Patienten orientiert war. Im Mittelalter erfolgte die Schmerzbeseitigung und Behandlung der Karies mit Brenneisen, Säuren und Kräutern. Nach dieser Art der Reinigung empfiehlt der im 15. Jahrhundert lebende Anatom *Arculanus* erstmals die Höhle mit Goldblättchen aufzufüllen²⁶. Mit der Verfeinerung der Hilfsmittel gelang es 1531 *de Vigo*, Trepanbohrer und Feilen für die Zähne zu nutzen und

²² Vgl. Klimm (2003), S. 115 ff.

²³ Vgl. Klimm (2003), S. 121 ff.

²⁴ Vgl. Carabelli (1844), S. 6

²⁵ Vgl. Carabelli (1844), S. 12

²⁶ Vgl. Carabelli (1844), S. 31

mechanisch kariös zerstörte Anteile des Zahnes zu entfernen, bevor der Zahn mit Goldblättchen aufgefüllt wurde. Auch die von *Fauchard* weiterentwickelten Hilfsinstrumente wurden ausschließlich mit der Hand betrieben²⁷. Erste rotierende und maschinell angetriebene Bohrer wurden frühestens im 19. Jahrhundert entwickelt (siehe Abbildung 3 im Anhang). Mit der Einführung eines über drei bewegliche, gelenkige Verindungen geführtes Doriot-Gestänge konnte erstmals in hoher Umdrehungszahl Zahnschmelz und Dentin rotierend entfernt werden und wurde erst durch die luftdruckbetriebenen Turbinen in den 70iger Jahren des 20. Jahrhunderts endgültig abgelöst. Die im 19. Jahrhundert eingeführte Präparationsregel "extention for prevention" konnte schrittweise im 20. und 21. Jahrhundert abgeändert werden. Auf der Grundlage histologischer Untersuchungen der Karies wurde ermittelt, dass nur der oberflächliche Anteil des demineralisierten Dentins auch bakteriell infiziert ist²⁸. Die darunter liegenden Schichten erweichten Dentins sind durch moderne Verfahren als Schutzschicht und Grenzzone zur Pulpa erhaltbar. Voraussetzung für das sogenannte minimalinvasive Entfernen der Karies waren die verbesserten Sichtverhältnisse, die Nutzung optischer Vergrößerungshilfen und kleinere Hilfsinstrumente. Die aktuelle Forschung ist darauf gerichtet, kariöses pulpanahes Dentin zu desinfizieren und zu erhalten, so dass der geschädigte Zahn nicht zusätzlich geschwächt wird oder die Pulpa aufgrund zu tiefer Kariesentfernung eröffnet und schließlich entfernt werden muss. Ein weiterer Forschungsbereich in der medizinischen Bakteriologie und Immunologie richtet sich auf Untersuchungen zur Immunisierung gegen die kariesverursachenden Bakterien. Tierexperimentelle Studien und erste Ergebnisse beim Menschen liegen bereits vor und lassen die Wirksamkeit einer solchen Immunisierung erkennen. Aufgrund der möglichen drastischen Nebenwirkungen, wie z. B. Autoimmunerkrankungen des Herzmuskelgewebe, der Nieren und schwere Reizungen des Zahnfleisches ist in absehbarer Zeit mit keiner Anwendung des Impfstoffs für die breite Bevölkerung zu rechnen²⁹.

3.1.3 Zahnschmuck und kulturelle Zahnformveränderungen

²⁷ Vgl. Fauchard (1733), S. 67-73

²⁸ Vgl. Klimm (1997), S. 133-137

²⁹ Vgl. Weiger In: Sanderink u.a. (2004), S. 321-333

Das Bestreben, Zähne zu erhalten hat nicht nur allein den Hintergrund der Erhaltung der biologischen Funktionen. Vielmehr geht es auch um Fragen der Sexualität, der Macht und des Wohlstandes. Damit haben die Zähne auch eine ästhetische Funktion mit kulturellem Hintergrund.

Allein in Europa sind noch heute deutliche Unterschiede im Bewusstsein für die Erhaltung natürlicher Zähne erkennbar. Während es in den hochentwickelten und industrialisierten, modernen Städten für Erwachsene undenkbar wäre, im sichtbaren Frontzahnbereich einen fehlenden oder zerstörten Zahn nicht zu ersetzen, gehört das Lächeln mit großen Zahnlücken im ländlichen, süd- und osteuropäischen Raum noch heute zum gesellschaftlichen Alltag.

Diese an der äußeren Form und dem klinischen Erscheinungsbild orientierte Funktion unterliegt ständigen Einflüssen und Veränderungen.

Zu den frühesten Kulturen, die sich vor allem religiösen und rituellen Zahnschmucks bedienten, zählten die Mayas (2500v.Chr.-300/900 n.Chr.). Während ihrer Zeremonien ritzen sie sich die Haut oder färbten ihre Zähne schwarz. Die Mayas verzierten ihre Zähne für kultische Zwecke. Dafür präparierten sie Kavitäten oder Aushöhlungen im Zahn mit Hilfe eines harten Röhrchens aus Jade und stanzen den Zahnschmelz kreisförmig aus. In diese Einlagefläche (meist in den oberen und unteren Schneidezähnen) wurden kunstvoll geschnittene Steininlays mit Zement befestigt. Die Mayas veränderten auch die äußere Form der Zähne durch das Feilen der Schneidekanten. So sind heute über fünfzig verschiedene Muster bekannt, jedes davon ist versehen mit einer religiösen Bedeutung.³⁰

Auch im Japanischen Kaiserreich des 17. Jahrhunderts waren Zähne Ausdruck der sexuellen Identität. So färbten sich beispielsweise japanische Ehefrauen ihre Zähne schwarz als Symbol für die ewige Treue zum Partner. Hinter diesem Ritual steht das japanische Sprichwort „*So wie die Farbe Schwarz nie ändert, so bricht nie das intime Band der Ehe.*“³¹

Heutige indigene Völker verändern die Zähne aus religiösen Gründen, als Zeichen der Stammeszugehörigkeit oder um ihre potentiellen Gegner abzuschrecken. So gibt es zum Beispiel einige südamerikanische Indios, die sich ihre Zähne anspitzen, um damit den

³⁰ Vgl. Ring (1997), S. 15-16

³¹ Vgl. Ring (1997), S. 93

gefürchteten Piranhas ähnlicher zu sehen. In der Nähe von Australien lebt der Stamm der Mbotgoten Um zu einem privilegierteren Teil ihrer Gesellschaft gehören zu können, müssen sich die Frauen den rechten der mittleren Schneidezähne ausschlagen.

Ein weiteres Beispiel ist der Stamm der Montagnards, die in einer Gebirgsregion in der Nähe von Vietnam leben. Bei ihnen gelten normale Zähne als hundeähnlich und damit als hässlich. Daher werden Pubertierenden die oberen Schneidezähne ausgeschlagen oder gänzlich abgefeilt, während man die Zähne der unteren Zahnreihe anspitzt.

Ebenfalls aus ästhetischen Gründen ziehen sich die Bewohner in einigen Bergdörfern in Taiwan die Backenzähne; sie empfinden vorstehende Schneidezähne als schön. Genauso wie seinerzeit die Mayas gibt es auch heute noch Eingeborene in Malaysia, die ihre Zähne mit Inlays aus Messingdrahtstücken und Halbedelsteinen verschönern wollen.

Im Gegensatz dazu empfinden die Fulani aus dem Sudan strahlendweiße Zähne als besonders attraktiv. Zur Hervorhebung schwärzen sie sich die Lippen und Augenpartie.³² Das Aufhellern der Zähne hat eine lange Tradition von der Antike bis zur Gegenwart. Wurden zu Zeiten des römischen Imperiums vor allem salzhaltige Pulver zur Reinigung und Aufhellung benutzt, werden aktuell peroxidhaltige Präparate angewendet. Bei zu aggressiven Verfahren können jedoch irreparable Schäden hervorgerufen werden. Insbesondere nach dem sogenannten internen Bleichen mit Wasserstoffperoxid können entzündliche Prozesse ausgelöst werden, die zur Resorption von Teilen der Zahnwurzel führen³³.

Auch in den modernen Industriestaaten werden Zähne äußerlich so verändert, dass sie den ästhetischen und kulturellen Bedürfnissen entsprechen. Als Zeichen des Wohlstandes wurden in manchen osteuropäischen Ländern teilweise gesunde Zahnkronen im sichtbaren Bereich der Oberkieferfront mit goldfarbenen Kronen bestückt (siehe Abbildung 2 im Anhang). Auch die nach Entfernung der Karies verbliebenen Zahnhartsubstanzdefekte in der Oberkieferfront wurden nicht selten mit Goldinlays restauriert statt mit einem zahnfarbenen Kunststoff. Goldlegierungen waren in Osteuropa nach dem zweiten Weltkrieg Mangelware. Das Präsentieren eines Goldinlays im sichtbaren Bereich hatte einerseits Schmuckcharakter und andererseits sollte in manchen Fällen die Zugehörigkeit zum wirtschaftlichen Wohlstand demonstriert werden.

³² Vgl. Ring (1997), S. 23

³³ Vgl. Klimm (2003), S. 329

Seit den 90iger Jahren hat sich der Zahnschmuck als ein Schönheitsaccessoire etabliert. So gibt es eine facettenreiche Auswahl an Zahnschmuck.

Im Gegensatz zu den Naturvölkern sind heute Form- und Farbveränderungen der Zähne durch moderne Techniken und Hilfsmittel ohne Verlust der Zahnhartsubstanz möglich.

Zahnschmuck kann mit Hilfe der sogenannten Säure-Ätz-Technik mit dünnfließendem Kunststoff dauerhaft befestigt werden. Um das jugendliche eines Lächeln zu betonen, lassen sich Fotomodells die zentralen oberen Schneidezähne künstlich mit farblich nicht unterscheidbaren Kunststoffen verlängern. Zu dunkle oder gedrehte Zähne können durch das Aufkleben von keramischen Verblendschalen kosmetisch korrigiert und den aktuellen Schönheitsidealen angepasst werden.

3.1.4 Bedeutung der Zähne für die Gesundheit des menschlichen Organismus

Das Alte Testament (ca. 1000 v.Chr.) enthält Hinweise auf die Zahngesundheit. Im Hohelied Salomos findet man folgendes Zitat: „*Deine Zähne sind wie eine Herde geschorener Schafe, die aus der Schwemme kommt; alle haben Zwillinge, und keines unter ihnen ist unfruchtbar*“.³⁴ Gesunde Zähne galten damals als ein Zeichen von Schönheit und Stärke, beim Verlust dieser galt man als gebrechlich, alt und schwach³⁵.

Ähnlich wie beim Pferdehandel wurde auch zu Zeiten des Menschenhandels der Zustand des Gebisses geprüft, um den Gesundheitszustand abschätzen zu können.

Akute Entzündungen der Pulpa und des Zahnhalteapparates können das Allgemeinbefinden deutlich herabsetzen. Schwellungen, Rötung und Schmerz sind die äußerlich erkennbaren Zeichen einer Entzündung, die zu einer allgemeinen Mattigkeit und zu erhöhter Körpertemperatur führen können. Meist sind die angrenzenden Lymphknoten mit beteiligt und sind vergrößert tastbar³⁶. Im Blut sind die Entzündungsparameter auch messbar über das sogenannte c-reaktive Protein (CRP)³⁷.

³⁴ Vgl. Ring (1997), S. 29

³⁵ Vgl. Höfel (2012), S. 12-13

³⁶ Vgl. Klimm(2003), S. 161

³⁷ http://de.wikipedia.org/wiki/C-reaktives_Protein, 08.07.2012

In den letzten Jahrhunderten wurde sehr intensiv über die Bedeutung der erkrankten Zähne für den Gesamtorganismus diskutiert. Die meisten Berichte basieren auf medizinischen Einzelfallberichten wie sie bereits seit *Fauchard* im Jahr 1733 notiert wurden. So wurden Spontanheilungen für jahrelange psychische Erkrankungen, Gelenkschmerzen, Erblindung und viele weitere organische Beschwerden nach der Entfernung der in Verdacht stehenden Zähne beschrieben³⁸.

Die Hoffnung und Sehnsüchte nach einfachen Erklärungen für ungeklärte Ursachen komplexer Erkrankungen wurden auf diese Weise durch zufällige Begebenheiten, die sich jedoch nicht wiederholen ließen, befriedigt.

Noch bis in die 70-iger Jahre des letzten Jahrhunderts erfolgten auf der Suche nach der Ursache organischer Erkrankungen Serienextraktionen von Zähnen, die als "Herd" verantwortlich gemacht wurden³⁹. Obwohl es den Befürwortern einer "Herdtheorie" bis heute nicht gelungen ist, einen wissenschaftlichen Nachweis dieser Theorie zu erbringen, gibt es immernoch überzeugte Verfechter solcher Theorien, die teilweise katastrophalen Folgen für den Patienten haben können. Eine antibakterielle Wurzelkanalbehandlung lehnen noch immer die Verfechter dieser Theorie entschieden ab⁴⁰.

Während einer akuten Phase einer Entzündung als Folge eines infizierten Wurzelkanalsystems können Bakterien auch außerhalb der Wurzel nachgewiesen werden. Ungeklärt ist bislang, ob das Auftreten einer akuten Entzündung und außerhalb der Wurzel auftretende Bakterien ein Zeichen verminderter Körperabwehr oder Folge der gesteigerten Virulenz der Bakterien ist⁴¹.

In der chronischen Phase einer Entzündungsreaktion besteht zeitweise ein Gleichgewicht zwischen den Entzündungsreizen (Mikroorganismen und Stoffwechselprodukte) und der Abwehr des Körpers. Damit eine optimale Abwehr der Mikroorganismen erfolgen kann, wird der Knochen von den körpereigenen Zellen an den Austrittsstellen des nekrotischen Wurzelkanalsystems abgebaut. In Abhängigkeit zum Grad der Infektion und zur Dauer der Infektion kann es zusätzlich zur Auflösung⁴² des Wurzelzements und des Wurzelzements

³⁸ Vgl. Fauchard (1733), S. 270 ff.

³⁹ Vgl. Murray (2002), S. 143-154

⁴⁰ <http://www.mkg-schwabing.de/fachbereiche/herddiagnostik/hintergrund.html>, 02.07.2012

⁴¹ Vgl. Weiger In: Sanderink u.a. (2004), S. 414-424

⁴² Auflösung entspricht der Resorption

kommen. Die erhöhte örtliche Durchblutung ermöglicht den Antransport von Abwehrzellen und führt zur Ausbildung eines stark durchbluteten Granulationsgewebes. Während man noch vor Jahren davon ausgegangen ist, dass dieses Gewebe frei von lebenden Mikroorganismen ist, weiß man heute aufgrund verbesserter Nachweismethoden, dass Bakterien auch außerhalb der infizierten Wurzel auftreten können⁴³. Im Fall der schmerzfreien chronischen Entzündung lassen sich bislang außerhalb der Wurzel befindliche Bakterien nur innerhalb von Phagozyten nachweisen, so dass ein spontanes Eindringen in den Blutkreislauf nicht nachgewiesen werden kann⁴⁴.

Im Rahmen einer Wurzelkanalbehandlung einer chronischen Infektion kann das Gleichgewicht durch das Überpressen von mikrobiell infizierten Gewebeanteilen in das umliegende Entzündungsgewebe gestört werden. Bakterien aus dem Wurzelkanalsystem werden damit in den Blutkreislauf eindringen. Die Folgen einer solchen Bakteriämie sind bislang nur unzureichend erforscht. Diskutiert werden mögliche Komplikationen bei Patienten mit Herzklappendefekten, Herzkranzgefäßverengungen, immungeschwächten Patienten nach Organ-Transplantation.

Funktionelle Störungen

Nicht nur der schadhafte Zahn sondern auch der Verlust von Zähnen kann einen erheblichen Einfluss auf die Gesundheit des Menschen haben. So kann sich einerseits mit dem Verlust der Zähne das Kauverhalten ändern. Wird die Nahrung nicht mehr optimal zerkleinert und mit Speichel für die Verdauung im Magen vorbereitet, kann dies zu Folgeerkrankungen führen. Eine Reizung der Magenschleimhaut durch Überbelastungen und erhöhter Säureproduktion kann langfristig die Ausbildung von Geschwüren begünstigen. Die Aufnahme von Vitaminen wird gestört, so dass auch die Abwehrleistung des Körpers geschwächt werden kann.

Mit dem Verlust von Zähnen oder einer Fehlstellung ändert sich ebenso die Kraftverteilung in der Muskulatur von Gesicht, Hals und Schulter. In der Folge kann eine körperliche Fehlhaltung herausbilden (siehe Abbildung 4 im Anhang) und hat damit Auswirkungen auf die Wirbelsäule und auf das Becken. Die Ursache der Schmerzen einer verspannten Hals-,

⁴³ Vgl. Weiger In: Sanderink u.a. (2004), S. 423

⁴⁴ Vgl. Debelian u.a. (1998), S. 281-287

Schulter- oder Rückenmuskulatur kann leicht übersehen werden und begünstigt das weitere Fortschreiten einer sogenannten Cranio-Mandibulären-Dysfunktion (CMD)⁴⁵.

3.1.5 Prophylaxe und Zahnreinigung

Erste Formen der Zahnreinigung bestanden bereits 3000 v. Chr. darin, auf einem faserhaltigen Stöckchen zu kauen⁴⁶. Bereits die Römer verfügten über erste Kenntnisse zur Dentalhygiene. Diese wurden ihnen von der weit vorangeschrittenen griechischen Kultur übermittelt. So riet *Diokles von Karystos*: „*Jeden Morgen und Abend sollst du mit den Fingern dein Zahnfleisch und die Zähne mit fein pulverisierter Minze abreiben, innen und außen, um Speisereste zu entfernen.*“ Erste Zahnbürsten fanden etwa 1500 v. Chr. in China Anwendung⁴⁷.

Dem im 18. Jahrhundert lebenden holländischen Arzt *Peter Forest* fiel der Zusammenhang zwischen Zuckerkonsum und Karies bei Apothekern auf. Die häufige Verkostung der gesüßten Mixturen führte zu stark kariösen Zähnen⁴⁸.

Wird die Zahnreinigung vernachlässigt, sind die Zähne anfälliger für Karies oder einer Erkrankungen des Zahnhalteapparates. Zur Vorbeugung dient die sog. Prophylaxe. Erste Hinweise auf eine erfolgreiche Gruppenprophylaxe boten die epidemiologischen Zahlen aus den westlichen Industrieländern mit einem drastischen Kariesrückgang bei 4-17jährigen zwischen 28% und 65%⁴⁹.

Die moderne Kariesprophylaxe basiert auf den vier Säulen: Ernährungslenkung, Mundhygiene, Fluoridierung und Fissurenversiegelung⁵⁰. Sie unterteilt sich in Individual- und Gruppenprophylaxe. Im Rahmen der Gruppenprophylaxe werden bereits Kindern in Tagesstätten spielerisch die richtige Pflege der Zähne nahe gebracht und auf falsche Ernährungsgewohnheiten mit erhöhtem Zuckerverbrauch aufmerksam gemacht.⁵¹

⁴⁵ <http://cmd-dachverband.de/>, 10.07.2012

⁴⁶ <http://de.wikipedia.org/wiki/Zahnbürste>, 13.06.2012

⁴⁷ Vgl. Topoll In: Ketterl (1993), S. 263

⁴⁸ Vgl. Carabelli (1844), S. 131

⁴⁹ Vgl. Klimm“ (1997), S. 34

⁵⁰ Vgl. Klimm (1997), S. 175

⁵¹ [http://de.wikipedia.org/wiki/Prophylaxe_\(Zahnmedizin\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Prophylaxe_(Zahnmedizin)), 25.03.2012

In der Individualprophylaxe unterziehen sich vermehrt seit dem 21. Jahrhundert Erwachsene einer professionellen Zahnreinigung (PZR) zum Schutz ihrer Zähne. Anlässlich einer solchen PZR entfernt der Zahnarzt oder eine speziell ausgebildete zahnärztliche Assistenz schonend weiche Beläge, Zahnstein und Verfärbungen auf Oberflächen und Zahnzwischenräumen. Es erfolgt eine individuelle Mundhygieneberatung und eine regelmäßige Kontrolle aller 3- 6 Monate.⁵²

3.1.6 Zahnersatz - die schlechtere Alternative

Es gibt in der Zahnmedizin mehrere unterschiedliche Möglichkeiten, nicht mehr erhaltungsfähige Zähne durch künstlichen Zahnersatz zu ersetzen. Man unterscheidet zwischen dem festsitzenden, herausnehmbaren und kombinierbar festsitzend bzw. herausnehmbaren Zahnersatz.

Aufgrund fehlender Kenntnis über die Möglichkeiten der Zahnerhaltung und dem Bedürfnis, einen fehlenden Zahn zu ersetzen, wurden bereits vor mehr als 2000 Jahren, künstliche Zähne im Mund des Patienten wieder befestigt. In einer Grabstätte um 300 v. Chr. bei Sidon wurden an einem weiblichen Schädel zwei Zähne mit einem Golddraht an den Nachbarzähnen befestigt aufgefunden⁵³.

Eigene Zähne wurden nach Verlust wieder in den Knochen eingesetzt aber auch Zähne von Verstorbenen kamen zum Einsatz⁵⁴. Der Ersatz aller Zähne im Ober- und Unterkiefer oder die Anfertigung erster Teilprothesen wurde durch *Fauchard* im 18. Jahrhundert beschrieben.

Noch heute werden Zahnlücken mit verschiedenen herausnehmbaren oder festsitzenden Konstruktionen ersetzt. Für festsitzenden Zahnersatz müssen die zur Zahnlücke angrenzenden Zähne zur Verankerung des Zahnersatzes erheblich beschliffen werden. Dabei ist mit dem zusätzlichen Risiko einer Zahnnerventzündung oder der Tatsache, dass die Halteelemente der herausnehmbaren Apparaturen das verbleibende Restzahngebiss schädigen, zu rechnen. Insbesondere Kronenränder stellen ein erhebliches Risiko für die Ausbildung einer sogenannten Sekundärkaries dar, da eine vollständige und dauerhaft biologisch dichte Barriere nicht gewährleistet werden kann.

⁵² <http://www.zeit.de/wissen/gesundheit/2010-08/professionelle-zahnreinigung>, 25.03.2012

⁵³ Vgl. Sudhoff (1921), S. 33

⁵⁴ Vgl. Carabelli (1844) S. 35

Weitere Nachteile herausnehmbarer Zahnersatzmaterialien können die gestörte funktionelle Belastung oder die sprachliche Einschränkung sein.

Aktuell besteht die Möglichkeit, zerstörte Zähne mit industriell vorgefertigten schraubenähnlichen metallischen oder keramischen Körpern (Implantat) zu ersetzen. Diese werden unter aseptischen Bedingungen operativ in den Knochen nach einer Vorbohrung eingeschraubt. Nach einer Einheilungszeit von etwa 4-6 Monaten werden die Implantate chirurgisch freigelegt und sie können dann als künstliche Wurzeln für aufzuschraubende künstliche Zähne benutzt werden⁵⁵. Zwischen dem Knochen und dem Implantat besteht eine feste Verbindung und kein elastischer Halteapparat.

Doch trotz der zweckerfüllenden Vorteile, welches ein festsitzendes Implantat bietet, ergeben sich mehrere mögliche Probleme.

1. Am Übergang von Implantat zur Schleimhaut besteht im Gegensatz zum natürlichen Zahn kein schützendes Verbindungsepithel, das das Eindringen von Mikroorganismen verhindert. Implantate weisen deshalb häufig am Zahnfleischrand Entzündungen mit einem Knochenabbau auf, bleiben jedoch weiterhin fest im Knochen verankert. Damit wird der tatsächliche Entzündungsgrad des Implantats verschleiert. In der Literatur liegt die Komplikationshäufigkeit nur bei 10%⁵⁶.
2. Während der Operation und der Bohrung für das Implantat können u.a. starke Blutungen durch Gefäßverletzungen oder Nervverletzungen⁵⁷ auftreten, ebenso wie basale⁵⁸ und linguale⁵⁹ Knochendurchbrüche, die den dauerhaften Verbleib eines Implantats beeinträchtigen. Insbesondere im Oberkiefer muss im Seitenzahnbereich die angrenzende Kieferhöhle mit Knochenersatzmaterial zur Implantataufnahme vorbereitet werden.
3. Bei einer engen Zahnlücken werden mit unter die angrenzenden Zahnwurzeln während der Bohrung des Implantatbetts beschädigt.
4. Mit der Entzündung eines Implantats können angrenzende Strukturen mit betroffen sein. So kann eine bakterielle Infektion eines Implantats zu einer Entzündung des Knochens und angrenzender Nerven beitragen.

⁵⁵ Vgl. Hoffmann-Axthelm (1995), S. 810

⁵⁶ Vgl. Radlanski (2011), S. 112

⁵⁷ Vgl. Pilz (1985), S. 97

⁵⁸ am Grund/ an der Basis liegend

⁵⁹ die der Zunge zugewandte Fläche der Zähne

5. Die Verbindung zwischen dem Implantat und der aufgeschraubten Konstruktion kann sich durch die jahrelange Belastung lockern oder sogar brechen. In solchen Fällen muss im Einzelfall ein Implantat komplett aus dem Knochen heraus gefräst werden.
6. Aufgrund der starren Verbindung zwischen Knochen und Implantat besteht keine Pufferzone für Kaudruckbelastungen. Eine Überbelastung kann nicht ausgeglichen werden, so dass entweder Brüche der Aufbaumaterialialen oder der Zähne im gegenüberliegenden Kiefer zu beobachten sind.
7. Mit dem normalen Alterungsprozess findet eine weitere Veränderung des Mittelgesichtes und des Unterkiefers statt. Bislang liegen noch keine Erkenntnisse vor, welchen Einfluss Implantate auf diese Veränderung mit sich bringen.
8. Aus ästhetischer Sicht können vor allem im Frontzahnbereich Probleme auftreten. Wenn in der Ausgangssituation wenig Knochen zur Verfügung stand, kommt es nach wenigen Jahren bereits zur teilweisen Freilegung des Implantats. Im Gegensatz zu einem natürlichen Zahn könnte bei einem Zahnfleischrückgang die künstliche Krone der neuen Situation angepasst werden. Bei Implantaten müssen aufwändige kosmetische Operationen oder der Ersatz eines bestehenden Implantats erfolgen.

In jedem Fall ist der Zahnersatz nicht gleichwertig gegenüber den natürlichen Zähnen. Solange ein natürlicher Zahn erhaltungsfähig ist, sollte selbst bei aufwändiger Therapie der Erhalt angestrebt werden.

3.2 Die Entdeckung pathobiologischen Grundlagen der Zahnmedizin

3.2.1 Erste Erklärungsversuche: Dämonen und Zahnwürmer

Die Medizin in der Frühzeit unterscheidet sich ohne Frage grundlegend von dem heutigen Stand der Erkenntnisse. Auf der Suche nach einer Erklärung für die Entstehung der Karies und der damit häufig in Verbindung stehenden Schmerzen wurden Würmer vermutet (siehe Abbildung 5a und b). Der faulige Geruch aus manchem Mund und der Grad der Zerstörung der Zähne führte zu der Annahme, dass ähnliche Prozesse ablaufen müssen wie bei einer Verwesung. Zu Beginn der ersten Behandlungsversuche gab es auch noch keinen detaillierten

Kenntnisstand zum anatomischen Aufbau des Zahnes, so dass es auch möglich ist, dass die Wahrnehmung eines Zahnwurmes auch eine einfache Verwechslung mit der gallertigen strangförmigen Pulpa sein konnte.

Dabei ist die Wurmtheorie wahrscheinlich die älteste aller Theorien über den Grund von Zahnschmerz und der Krankheit im Mundraum⁶⁰. Es wurde angenommen, dass Würmer Schmerzen durch Nagen und Bohren verursachen. Diese Idee existierte schon in der ersten Hälfte des zweiten vorchristlichen Jahrtausends⁶¹ und wird der mesopotamischen Heilkunde zugerechnet⁶². Das früheste Zeugnis und damit die älteste, noch erhaltene schriftliche Überlieferung des Zahnwurms entstand in dem Kulturkreis Mesopotamien⁶³. Die Tontafel stammt aus dem Gebiet Nippur, dem heutigen Nuffar im Staat Irak und wurde in der Zeit von 1800 v. Chr.⁶⁴ hergestellt. Wahrscheinlich war diese Tontafel eine Art medizinisches Apothekenbüchlein, in welchem verschiedene Heilmittel gegen häufige Krankheiten zu finden waren.

Ein weiterer Fund stammt aus Ägypten. Die beiden Tontafeln gehörten zur Bibliothek des Assyrerkönigs Assurbanipal in Ägypten und wurde ebenfalls etwa um 1800 v. Chr. verfasst. Auf den Tontafeln befinden sich Beschwörungen für den Sohn des Königs, damit er seine Zahnschmerzen verlieren möge. Weiterhin kann man aus ihnen die ersten Grundlagen für die Bestätigung des Zahnwurms wiederfinden.

Deutsche Übersetzung: *„Der Gott Anu existierte und [.] Als Anu den Himmel erschuf, der Himmel die Erde erschuf, die Erde die Flüsse erschuf, die Flüsse die Gräben erschufen, die Gräben den Sumpf erschufen, der Sumpf den Wurm erschuf, ging der Wurm zu Samas und weinte. Vor (dem Gott) Ea fließen seine Tränen. ‚Was gibst du mir zu essen, was gibst du mir zu schlürfen?‘ ‚Ich gebe dir eine reife Feige, Aprikosen- und Apfelsaft.‘ ‚Was soll ich denn mit der reifen Feige und mit dem Aprikosen- und Apfelsaft? Hebe mich (lieber) hoch! Laß mich zwischen den Zähnen und dem Zahnfleisch wohnen! Das Blut der Zähne will ich schlürfen und die*

⁶⁰ <http://de.wikipedia.org/wiki/Zahnwurm>, 03.03.2012

⁶¹ Vgl. Hoffmann-Axthelm (1985), S. 35

⁶² Vgl. Lässig u.a. (1983), S. 16

⁶³ ebenda

⁶⁴ Vgl. Hoffmann-Axthelm (1985), S. 35

Zahnwurzel im Zahnfleisch will ich benagen. Mach fest den (Tür)pflöck und packe den Fuß!’ ,Weil du das gesagt hast, o Wurm, möge (der Gott) Ea dich mit seiner starken Hand schlagen!’“ (Ausschnitt) ⁶⁵

Der Glaube an den Zahnwurm war weit verbreitet und besonders intensiv in Asien und Amerika ausgeprägt⁶⁶. Es wurden auch Darstellungen in der russischen Volkszahnmedizin gefunden. Vor allem in Regionen mit landwirtschaftlicher Produktion verbreitete sich Wurmtheorie besonders leicht und nachhaltig. Verfaulendes Obst enthält nicht selten Würmer aber auch im Erdboden, in Pflanzen und in verwesendem Fleisch werden durch Würmer verursachte Gänge und Hohlräume beobachtet. Der Zusammenhang mit dem Verfall des Zahnes und dem Zahnwurm war daher naheliegend. Diese Annahme konnte sich bis in das 19. Jahrhundert erhalten.

Eine weitere Vorstellung ging von unheilbringenden Dämonen aus. Diese Theorie stammt aus der Zeit des Animismus, „da man die ganze Umgebung mit Lebewesen und mit Geistern erfüllt dachte“⁶⁷. Dabei wurden verschiedene Dämonen für äußere und innere Erkrankungen verantwortlich gemacht. Rituale wurden zur Vertreibung der Dämonen durchgeführt. Noch heute werden Krankheiten und Schmerzen durch Medizinmänner, Heiler und Schamanen nach alten, überlieferten Ritualen bspw. in Peru behandelt. Das Prinzip besteht in der Stärkung der Selbstheilungskräfte⁶⁸.

Etwa 400 Jahre v. Chr. ging *Hippokrates* als der Begründer der Lehre von den Körpersäften davon aus, dass neben der Zahnschmelze und einem Schleim vor allem die Art der Nahrung eine wichtige Rolle zur Kariesentstehung beiträgt. Schließlich erkennt *Aristoteles* (384-322 v. Chr.) die schädigende Wirkung des Zuckers in getrockneten Feigen als kariesbegünstigenden Faktor.

Die erste wissenschaftliche Theorie zur Entstehung der Karies und Folgeerkrankungen stammt von *W. D. Miller* (1853-1907). 1889 veröffentlichte er seine Untersuchungen in seinem Werk: „Die Mikroorganismen der Mundhöhle“. Grundlage für die Erkenntnisse von *Miller* war die Nutzung des Lichtmikroskops. Erste Zusammenhänge zwischen einer bakteriellen Ursache und der Entwicklung der Karies erkannte schon 1847 der Dresdner Arzt

⁶⁵ Vgl. Hoffmann-Axthelm (1985), S. 36

⁶⁶ http://epub.uni-regensburg.de/10806/1/Dissertation_Hubmann.pdf, 05.03.2012

⁶⁷ Vgl. Holzmann (2001), S. 20

⁶⁸ <http://de.wikipedia.org/wiki/Schamane>, 03.05.2012

Robert Ficinus. Die kugel- oder bohnenförmigen Mikroorganismen nannte er “Denticola”⁶⁹.

3.2.2 Mikroskopie und Entdeckung der Bakterien

Der Brillenschleifer *Hans Janssen* aus Middelburg in Holland soll bereits im Jahr 1595 das erste Mikroskop hergestellt haben. Es bestand aus drei gegeneinander verschiebbaren Röhren mit eingesetzten Linsen mit einer Gesamtlänge von etwa 45 cm. Die Vergrößerungsleistung lag zwischen 3- und 9-fach. Wenige Jahre später entwickelte 1610 *Galileo Galilei* ein Mikroskop mit einem Okular und einem Objektiv und verwendete dazu eine Zerstreuungslinse und eine Sammellinse und 9 Jahre später stellte *Johannes Kepler* ein Mikroskop mit zwei Sammellinsen vor⁷⁰.

1665 entdeckte der Mathematiker, Chemiker, Physiker und Erfinder *Robert Hooke* (1635-1703) in einer Korkscheibe bei 60-facher Vergrößerung die Zellen. *Hooke* arbeitete als einer der ersten mit einer Öllampe, die zwar nicht im Mikroskop integriert war, deren Licht aber durch eine Wasserkugel auf die Sammellinse gebündelt werden konnte (siehe Abbildung 6 im Anhang).⁷¹

1683 erforschte der holländische Eichmeister, Feldmesser, Kaufmann und Tuchhändler *Antonie van Leeuwenhoek* seinen Zahnbelag. Dabei fand er heraus, dass in seinem Mund “mehr Lebewesen als Menschen in den Niederlanden” lebten. Diese Lebewesen taufte er „animalcula“⁷². Im Teichwasser fand er „Dierkens“⁷³ und zeichnete seine Funde detailgetreu nach. Er entdeckte während dieser Untersuchungen die Bakterien. Um die Bedeutung dieses Fundes oder die Lebensweise der Bakterien machte sich der Forscher allerdings keine Gedanken. *Leeuwenhoek* baute Teleskope mit bis zu einer 270-fachen Vergrößerung. Die Lichtquelle war integriert und er benutzte nur eine Linse anstatt mehrerer, welche zusätzlich geschmolzen statt geschliffen waren (siehe Abbildung 7 im Anhang). Die Art und Weise der

⁶⁹ Vgl. Klimm (1997), S. 51

⁷⁰ <http://www.endodontie-sachsen.de/resources/Neue+M%C3%B6glichkeiten+durch+mikroskopunterst%C3%BCtzt+zahnbehandlung.pdf>, S. 57-67, Abrufdatum: 12.07.2012

⁷¹ Vgl. Gloede (1986), S. 31

⁷² Vgl. Gloede (1986), S. 39 ff.

⁷³ Vgl. Gloede (1986), S. 39 ff.

Linsenherstellung hielt *Leeuwenhoek* aber geheim, so dass Bakterien erst im 19. Jahrhundert wieder neu entdeckt wurden.⁷⁴

Zur Wende vom 17. zum 18. Jahrhundert fügte der Optiker *John Marshall* den Objektstisch in das Teleskop ein, wodurch die Durchleuchtung des Objektes erleichtert wurde (siehe Abbildung 8 im Anhang).⁷⁵

1743 formte der Feinmechaniker *John Cuff* das Mikroskop komplett um. Er erfand die feststehende Stativsäule, deren Tubus zu Beginn mit einer Schraube, und einige Jahre später noch präziser mit Zahnrad und Zahnstange bewegt wurde (siehe Abbildung 9 im Anhang). Damit war erstmals eine Feinjustierung der Vergrößerung ohne Veränderung der Bildauflösung möglich. Grundaufbau sowie Funktionsweise entsprachen insgesamt einem heutigen Lichtmikroskop.⁷⁶

1838/39 begründeten *Matthias Jakob Schleiden* und *Theodor Schwann* die Zellentheorie: Zellen galten nun als Grundbausteine jedes Organismus. Da Zellen nur unter dem Mikroskop sichtbar sind, wurden weitere Forschungen ohne dieses Hilfsmittel unmöglich. Wurden die Mikroskope früher immer von einzelnen Forschern selbst gebaut, so begann ab Mitte des 19. Jahrhunderts in speziellen Unternehmen (z.B.: Zeiss, Jena (siehe Abbildung 10 im Anhang)) die industrielle Fertigung, um die nun steigende Nachfrage zu befriedigen.⁷⁷

1876 fand *Robert Koch* Milzbranderreger in Organen nachweislich an Milzbrand verstorbener Tiere. Damit beweist er, dass bestimmte Bakterientypen Erreger bestimmter Infektionskrankheiten sind und widerlegt damit die bisherige Annahme, dass Gerüche von Gräbern, Kloaken, Jauchegruben und feuchten Böden Krankheiten verbreiten.⁷⁸ *Koch* wird damit zum Begründer der Bakteriologie, deren Ziel es ist, ursächliche Erreger für bestimmte Krankheiten zu finden⁷⁹. Mit diesen Grundlagen wurde die medizinische Krankheits- und Seuchenbekämpfung erstmals möglich und durch *Kochs* Beweis veränderte sich auch die

⁷⁴ Vgl. Gloede (1986), S. 39 ff.

⁷⁵ Vgl. Gloede (1986), S. 31

⁷⁶ Vgl. Gloede (1986), S. 84

⁷⁷ http://tecfa.unige.ch/perso/staf/notari/arbeitsbl_liestal/zellenlehre/mikroskop_geschichte_i.doc, 18.2.2012

⁷⁸ Vgl. Mochmann & Köhler (1984), S.14

⁷⁹ siehe 3.2.5

Hygiene und Desinfektion grundlegend.⁸⁰ Speichelbakterien wurden erstmals von *Miller* als Ursache für Karies erkannt, so dass eine erste wissenschaftlich fundierte Theorie zur Kariesentstehung aufgestellt werden konnte.

Die Berliner Wissenschaftler *Ernst Ruska* und *Bodo von Borries* meldeten 1932 das Transmissionselektronenmikroskop (REM) zum Patent an (siehe Abbildung 11 im Anhang).⁸¹ Die Grundlagen der Funktionsweise eines REM stimmen mit denen eines Lichtmikroskops überein. Anstatt einer Lichtquelle wird eine Elektronenquelle genutzt. Die Elektronen werden in einem elektrischen Feld beschleunigt und anschließend durch Elektronenlinsen abgelenkt und auf das zu untersuchende Objekt fokussiert. Danach passieren die Elektronen zwei Objektspulen, bevor ebenfalls ein Zwischenbild innerhalb der einfachen Brennweite entsteht. Nach dem Zwischenbild streuen sich die Elektronenwellen wieder und werden durch die erneute Ablenkung bei den Projektionsspulen auf einen Leuchtschirm projiziert, auf dem dann das Bild zu sehen ist.⁸² Die maximale Vergrößerung von 1:1000000 wird durch die viel kleinere Wellenlänge der Elektronen erreicht. Nun werden Einzelheiten sichtbar, die innerhalb der Zellorgane auf Molekülebene liegen.⁸³ Erst mit dieser neuen Technik gelang es, in die Molekularbiologie vorzudringen. Die Wechselwirkung von Mikroorganismen, der Mechanismus des Stoffwechsels und die Möglichkeit der Beeinflussung von Mikroorganismen konnten erstmals untersucht werden. Insbesondere das REM wird aktuell in der zahnmedizinischen Forschung verwendet, um endodontische Therapieverfahren auf die Wirksamkeit hin zu überprüfen⁸⁴.

3.2.3 Anatomische Forschung zur Darstellung der Vielfalt des Wurzelkanalsystems

In der Zahnmedizinischen Forschung wurden über die letzten Jahrzehnte verschiedene Methoden zur Darstellung der Anatomie des Wurzelkanalsystems entwickelt. Erst mit einer ausreichenden Kenntnis über die Zusammensetzung und den Aufbau der Feinstrukturen des Zahnes lassen sich neue diagnostische und therapeutische Verfahren entwickeln.

⁸⁰ Vgl. Gloede (1986), S. 132

⁸¹ Vgl. Gloede (1986), S. 31

⁸² Vgl. Bossek (2008), S. 115

⁸³ Vgl. Gloede (1986), S. 180

⁸⁴ Vgl. Metzger, S. 697-702

Noch im 18. Jahrhundert glaubte man, dass das Wurzelkanalsystem lediglich aus einem Kanal in der Form eines “Röhrchen” bestehen würde⁸⁵. Dementsprechend war das zur Verfügung stehende Instrumentarium völlig ungeeignet für die beabsichtigte mechanische Reinigung des Wurzelkanalsystems. Die Vorstellung über die kleinen Dimensionen in der Anatomie des Zahnes und die Konsequenzen aus den ersten Erkenntnisse aus der Mikrobiologie von *Miller* begannen sich erst langsam durchzusetzen.

Die ersten anatomischen Untersuchungen an menschlichen Zähnen erfolgten nur an der äußeren Form der Zähne. Die Beschreibungen waren daher auch nur auf die Form, die Länge und die äußerlich erkennbaren Abweichungen in der Wurzelform und –anzahl beschränkt. 1489 fertigte *Leonardo da Vinci* anatomische Studien zur äußeren Form der menschlichen Zähne an^{86 87}

Später wurden für Studien Schliffpräparate angefertigt. Dazu wurden die Zähne entweder längs oder quer in Scheibchen zerlegt und unter Anwendung von Lupen oder Mikroskopen untersucht. Die erste umfassende Darstellung wurde 1831 von *Georg Carabelli* im “Systematischen Handbuch der Zahnheilkunde” vorgestellt⁸⁸. Anhand dieser Modelle konnten die unterschiedlichen Dimensionen, der Verlauf und eine Alterungsabhängigkeit in der Ausprägung des Wurzelkanalsystems erkannt werden.

Grundsätzliche entwickelten sich zwei verschiedene Arten anatomischer Forschung, die von der Entwicklung neuer Techniken und Hilfsmittel abhängig war. Zu Beginn der anatomischen Forschung war es erforderlich, ähnlich wie bei der Sektion, das zu untersuchende Objekt zu zerteilen. Die einzelnen Fragmente gaben dann nur einen Ausschnitt der tatsächlichen Anatomie wieder. Andere Verfahren waren die sogenannte Korrosionsmethode und die Ausgussmethode. Dazu wurde in das Wurzelkanalsystem flüssige Metalle oder Wachse eingebracht und danach das umliegende Zahnhartgewebe durch Säuren aufgelöst. Zurück blieb ein dreidimensionaler Abdruck des komplexen Wurzelkanalsystems⁸⁹.

Unter mikroskopischer Sicht wurden dann die Details beschrieben. Anfang des 20. Jahrhunderts beschrieb *Werner Spalteholt* auf dem XXIV. Kongress für Innere Medizin in Wiesbaden 1907 erstmals die Herstellung sogenannter transparenter Präparate von ganzen

⁸⁵ Vgl. Richter (1797), S. 134

⁸⁶ Vgl. Morawetz (2001), S. 64

⁸⁷ www.zm-online.de/m5a.htm?/zm/3_01/pages2/hist1.htm, 09.06.2012

⁸⁸ Vgl. Carabelli (1844), S. 207-230

⁸⁹ Vgl. Baumann (1995), S. 11

Tierkörpern, Körperteilen und Organen⁹⁰. Hohlräume wurden dabei farblich markiert, so dass diese durch das transparente Objekt hindurch in alle Richtungen dreidimensional zu sehen waren.

Erste umfassende Untersuchungen zur Anatomie des Wurzelkanalsystems erfolgten auf der Grundlage einer abgewandelten Form der Transparenzmethode im Rahmen einer Habilitationsschrift durch *Walter Hess* im Jahr 1917⁹¹. Erstmals wurde der altersbedingte Umbau des Wurzelkanalsystems nachgewiesen. Keine homogenen konischen Röhren, sondern ein System aus vielen miteinander in Beziehung stehenden Kanälchen und Verästelungen konnten durch *Hess* dargestellt werden. Diese Erkenntnisse beflügelte nicht nur das wissenschaftliche Interesse. Mit dieser Arbeit wurde nachgewiesen, dass die vorangegangenen Therapieverfahren zur Reinigung des Wurzelkanalsystems untauglich waren. Neuen Ideen für Therapieverfahren konnten sich herausbilden und konnten anhand dieser Transparenzmethode auf Wirksamkeit überprüft werden. Noch heute findet diese Methode Anwendung für wissenschaftliche Untersuchungen (siehe Abbildung 12 im Anhang)⁹².

Mit diesen destruktiven Verfahren blieb die anatomische Forschung jedoch immer nur auf bereits entfernte Zähne begrenzt. Ziel der aktuellen Forschung ist es aber, die äußeren Einflüsse auf die Zähne, das Wurzelkanalsystem und das umliegende Gewebe am Lebenden beurteilen zu können. Die Möglichkeit für Untersuchungen am Lebenden bildete die Entdeckung der Röntgenstrahlen im Jahr 1895 durch *Wilhelm Conrad Röntgen*⁹³. Die neue Strahlung nannte *Röntgen X-Strahlen* und erkannte, dass diese Strahlen feste Körper durchdringen konnten. Auf einem fluoreszierenden Hintergrund ließen sich Bilder darstellen. Röntgenbilder sind heute in der Medizin unverzichtbar.

Mit dieser Röntgentechnik wurde es möglich, am Patienten oder am extrahierten Zahn Untersuchungen zur Anatomie durchzuführen, ohne den Zahn zerstören zu müssen. Die neueste Entwicklung der Röntgentechnik erlaubt sogar, Zähne dreidimensional zu röntgen. Dabei handelt es sich um eine spezielle Art der Computertomographie, die bereits seit einigen

⁹⁰ Vgl. Spalteholz (1911), S. 3

⁹¹ Vgl. Hess (1917)

⁹² Vgl. Sert (2011), S. 109-17

⁹³ Vgl. Röntgen (1895), S. 1-10

Jahren in der Medizin Anwendung findet. Die dentale Digitale Volumentomographie (DVT) ermöglicht komplizierte anatomische oder pathologische Strukturen dreidimensional zu analysieren⁹⁴. Mehrere anatomische Studien anhand vorliegender DVT-Aufnahmen wurden seit dem Erreichen der Praxisreife der Technologie vorgestellt. Die hinreichende Genauigkeit für anatomische Studien muss jedoch noch einer umfassenden Prüfung unterzogen werden. Insbesondere Verwacklungsartefakte durch den Patienten während der Aufnahme, die etwa 7 Sekunden andauert, minimieren die technisch mögliche Auflösung von 0,125 mm.

Für wissenschaftliche Untersuchungen an extrahierten Zähnen und Objekten eignet sich besonders gut die hochauflösende Mikro-Tomographie. Mit einer Auflösung von 0,016 mm können kleinste endodontische Hohlräume dargestellt werden, die ansonsten nur unter Sicht mit einem stark vergrößernden Lichtmikroskop sichtbar wären⁹⁵. Mit Hilfe eines Computers und der zugehörigen Rekonstruktionssoftware können dann die Daten dreidimensional ausgewertet werden (siehe Abbildung 13 im Anhang).

3.2.4 Zahnentwicklung und Störungen

Erst nach der Entwicklung leistungsfähiger Lichtmikroskope und der Möglichkeit zur Durchführung von Sektionen an Leichen konnte die Zahnentwicklung systematisch untersucht und dokumentiert werden. In der Antike ging *Aristoteles* noch davon aus, dass Frauen weniger Zähne als Männer besäßen⁹⁶. Im Mittelalter glaubte man Berichten, wonach Zähne fortwährend nachwachsen könnten⁹⁷.

Die Zahnentwicklung erfolgt etwa nach dem 40. Tag nach der Befruchtung der Eizelle, also im 2. Entwicklungsmonat der Embryos. Als erstes werden die 20 Milchzähne ausgebildet, später die bleibenden Ersatz- und Zuwachszähne. Der Zahnwechsel (Abbildung 17 siehe Anhang) von Milch- zu bleibenden Zähnen beginnt ca. ab dem 6. Lebensjahr und endet etwa im 14. Lebensjahr. In der Mundhöhle sind dann 28 Zähne erkennbar, während die vier endständigen Weisheitszähne erst in den nachfolgenden 4-5 Jahren ganz oder nur teilweise sich in der Zahnreihe einstellen⁹⁸.

⁹⁴ Vgl. Mozzo (1998), S. 1558-1564

⁹⁵ Vgl. Peters (2000) S. 1405-1409

⁹⁶ Vgl. Morawetz (2001), S. 64

⁹⁷ Vgl. Fauchard (1733), S. 300-305

⁹⁸ Vgl. Radlanski (2011), S. 121-172

Im Rahmen der Zahnentwicklung wird aus der sogenannten *Hertwigschen Epithelscheide*⁹⁹ die Wurzel des Zahnes geformt. In dieser Phase der Entwicklung wird die Anzahl der Wurzeln und damit indirekt die Anzahl der Wurzelkanäle festgelegt. Der genaue Steuerungsmechanismus ist bis heute noch nicht aufgeklärt und erfordert wissenschaftliche Untersuchungen auf molekularbiologischer Ebene.

Das in die Wurzel eingeschlossene Gewebe, später Pulpagewebe, wird über kleinste Blut- und Nervengefäßstränge versorgt. Während der Herausbildung der Wurzel bleiben diese Versorgungsstränge erhalten und werden nur in das neu produzierte Wurzelkollagen eingeschlossen. Damit entstehen einerseits die an der Wurzelspitze häufig zu beobachtenden feinen Aufteilungen, das sogenannte apikale Delta und entlang der Wurzel Seitenkanäle, die eine Verbindung der Pulpa bis zum Zahnhalteapparat ermöglichen¹⁰⁰ (siehe Abbildung 14 im Anhang).

Störungen während der Zahnentwicklung können jederzeit auftreten, haben unterschiedliche Ursachen, sind jedoch selten. Es werden allgemein Anomalien in der Anzahl und dem Aufbau der Zähne unterschieden¹⁰¹. Die Abweichung von der Norm kann spezielle pathologische Problemstellungen hervorrufen. Sie kann aber auch ein Hinweis auf andere Erkrankungen im Organismus darstellen. So können beispielsweise die zweiten seitlichen Schneidezähne vollständig fehlen oder auch ein Meiodens¹⁰² zwischen den beiden zentralen oberen Schneidezähnen angelegt sein. Eine weitere entwicklungsbedingte Störung kann während der Zahnentwicklung auftreten und zu einer Einstülpung des Schmelzepithels führen¹⁰³. Diese Einstülpung, welche äußerlich nur punktförmig in Erscheinung treten kann, wird häufig übersehen, kann jedoch trotz Kariesfreiheit zu einer bakteriellen Infektion der Pulpa führen¹⁰⁴.

Bedeutungsvoll für die Diagnostik und Therapie sind die Formveränderungen der Zähne. So können beispielsweise 2 Zähne über nur eine Wurzel und einen Wurzelkanal miteinander verbunden sein. Weitere Störungen während der Zahnentwicklung können an der

⁹⁹ Nach Ausbildung der Zahnkrone treffen das innere und äußere Schmelzepithel aufeinander und bilden die Epithelscheide. Das weitere Wachstum bildet eine Art Manschette und formt die Zahnwurzel. Vgl. „Orale Struktur- und Entwicklungsbiologie“ (2011), S. 173

¹⁰⁰ Vgl. Radlanski (2011), S. 176

¹⁰¹ Vgl. Schroeder (1997), S. 5

¹⁰² Vgl. Radlanski (2011), S. 6

¹⁰³ Vgl. Radlanski (2011), S. 13

¹⁰⁴ Vgl. Hülsmann I. Hülsmann & Schäfer (2007), S. 521 ff.

Zahnhartsubstanz beobachtet werden. Man unterscheidet hier die angeborenen von den erworbenen Störungen. Bei den genetisch bedingten Entwicklungsstörungen führen die Fehlentwicklungen am Schmelz und am Dentin zu Folgeerkrankungen der Pulpa.

Erworbene Defekte können Hinweise auf Stoffwechselerkrankungen, Infektionen oder Unfallgeschehen geben. Dies kann die Folge von Verletzungen und Traumata bei Unfällen sein oder auch die Folge von Infektionskrankheiten. Der Mangel an Vitamin D führt zu einer typischen Lageveränderung der Zähne und zu möglichen Zahnhartsubstanzfehlbildungen aufgrund der Mineralisationsstörung des Knochens. Weiterhin ist es auch möglich, dass Antibiotika eine Zahnverfärbung bewirken und somit die natürliche Farbentwicklung der Zähne gestört werden kann. So führen beispielsweise Tetracyclin-Einlagerungen zu einer dauerhaften graugelbbraunlichen Zahnverfärbung¹⁰⁵.

3.2.5 Röntgentechnik zur Diagnostik und Erfolgskontrolle

Mit der Entdeckung der Röntgenstrahlen im Jahr 1895 durch *Wilhelm Conrad Röntgen*¹⁰⁶ bestand erstmals die Möglichkeit, Körper oder Objekte zu untersuchen, ohne sie zerlegen zu müssen. Die neue Strahlung wurde von *Conrad Röntgen* X-Strahlen genannt und er erkannte, dass diese Strahlen feste Körper durchdringen konnten.

Eine der ersten Röntgenaufnahmen stammt von einer Hand mit einem Ring. Die damalige Belichtungszeit mit Röntgenstrahlen war noch so hoch, dass die Gewebe an den Folgen der Bestrahlung zerstört wurden. Die Folgen der Röntgenaufnahmen traten jedoch erst Wochen später auf, so dass der Zusammenhang nicht gleich bemerkt wurde. Erst später wurden die Zusammenhänge zwischen Strahlungsintensität und gesundheitsgefährdender Folgeerkrankungen wie z. B. Tumoren erkannt. Die Entdeckung und Bedeutung der Radioaktivität erfolgte erst im Jahr 1898 durch *Marie Curie*.

Die Röntgentechnik ist für die Erkennung und Behandlung von Erkrankungen im Kiefer-Gesichtsbereich von großer Bedeutung. So kann man z.B. schon frühzeitig Karies erkennen und die Entscheidung für eine sogenannte invasive oder nichtinvasive Therapie treffen.

¹⁰⁵ Vgl. Schroeder (1997), S. 73

¹⁰⁶ Vgl. Roentgen (1895), S. 1-10

Erkrankungen innerhalb des Knochens ließen sich bis zur Entdeckung der Röntgenstrahlen nur dann ermitteln, wenn der Patient Beschwerden wahrgenommen hatte. Schmerzen, die Schwellung des Knochens oder der Eiteraustritt aus einem Fistelkanal waren die möglichen Zeichen für eine Erkrankung der Pulpa. Mit der Röntgenaufnahme ließ sich der Entzündungsprozess im Fall eines bakteriell infizierten Wurzelkanalsystems im Knochen darstellen. In dem Bereich der erhöhten Abwehrleistung ist der Knochen weniger mineralisiert und deshalb besser für Röntgenstrahlen durchlässig als gesunder Knochen. In der Auswertung von Röntgenaufnahmen wird deshalb von „Aufhellungen“ und „Verschattungen“ gesprochen.

Gleichzeitig konnte durch die Anfertigung von Röntgenaufnahmen der mögliche Heilungsprozess durch vergleichende Aufnahmen verfolgt werden. Damit ergab sich erstmals die Chance eine Erfolgskontrolle der zahnärztlichen Therapie auf hohem Niveau durchführen zu können. Im Gegensatz zur Erfolgskontrolle ohne Röntgentechnik konnte nicht nur der funktionelle Erhalt des Zahnes geprüft werden, sondern der Heilungsprozess bis zur angestrebten Wiederherstellung des gesunden Ausgangszustandes mitverfolgt werden.

Aktuell wird das Ergebnis einer Wurzelkanalbehandlung nur dann als Erfolg gewertet, wenn der Patient ohne Beschwerden ist und auf dem Röntgenbild keine Entzündungszeichen erkennbar sind¹⁰⁷. Hintergrund ist das Wissen, dass chronische Entzündungen über viele Jahre für den Patienten ohne Beschwerden fortbestehen können¹⁰⁸.

Für die zahnärztliche Diagnostik stehen die Einzelzahnaufnahme, die Bissflügelaufnahme, die Mehrschichtaufnahme für den gesamten Ober- und Unterkiefer als Orthopantomogramm (OPTG) und die dentale Digitale Volumen Tomographie (DVT) zur Verfügung. Lediglich die DVT-Aufnahmen ermöglichen eine dreidimensionale Diagnostik. Die diagnostische Sicherheit nimmt mit dem Einsatz der DVT-Technik zu, da Überlagerungen von krankhaften Befunden deutlich verringert werden¹⁰⁹.

3.3 Methoden der Wurzelkanalbehandlung von der Antike zur Gegenwart

Die Behandlung erkrankter Zähne hatte bereits in der Geschichte Bedeutung für das

¹⁰⁷ http://www.andreas-filippi.ch/pdfs/Wurzelspitzenresektion_quintessenz.pdf, 13.05.2012

¹⁰⁸ Vgl. Klimm (2011), S. 162

¹⁰⁹ Vgl. Schulze u.a. (2009), S. 490-496

Überleben des Einzelnen. *Fauchard* beschrieb noch 1733, dass Menschen an den Folgen von infizierten Wurzelkanälen und der daraus folgenden Entzündung gestorben sind.

Starke Entzündungen und Schmerzen verminderten nicht nur die allgemeine Lebensqualität sondern führten teilweise sogar zur gesellschaftlichen Ächtung. 200 Jahre vor Christus lässt sich der erste Fund eines wurzelkanalbehandelten Zahnes nachweisen. In einem seitlichen oberen Schneidezahn befand sich ein etwa 2,5 mm langes Stück Bronzedraht. Auch wenn dieses Fundstück kein Beweis für einen bewussten Versuch einer Wurzelkanalbehandlung darstellt, ist es doch ein Hinweis darauf, dass sehr frühzeitig Versuche unternommen wurden, die Ursachen einer Zahnerkrankung zu behandeln.

3.3.1 Ausbrennen und Trepanieren der Zähne

Das Ausbrennen der Zähne

Das Ausbrennen wurde schon in der Zeit vor Christus zur Behandlung von Zähnen angewendet. Es wurde genutzt, um den Zahnschmerz langfristig zu mindern und das Voranschreiten der Karies zu verhindern. Schon in der Antike (ca. 460-370 vor Christus) empfahl *Hippocrates* diese Technik. Er riet, dass man fest sitzende Zähne, die schmerzten und die durch den Zahnwurm angefressen seien, mit der Methode des Ausbrennen behandelt werden sollte. Bei lockeren Zähnen dagegen half diese Technik seiner Meinung nach nicht mehr. Deshalb schlug er vor, dass lockere Zähne besser sofort gezogen werden sollten, damit angrenzende Zähne nicht auch noch durch den Zahnwurm angegriffen werden könnten. Auch das entzündete Zahnfleisch wurde mit glühendem Kupfer, Eisen oder Gold ausgebrannt. Anschließend wurde ein Gemisch aus Butter und Rosenöl aufgetragen¹¹⁰. Somit versuchte man eine Zahnextraktion¹¹¹ zu vermeiden.

Über die Jahrhunderte erfolgte eine Weiterentwicklung der Methode des Brennens. So verwendete *Hali Abbas*, der im Jahr 994 nach Christus lebte, beispielsweise glühende Nadeln.

Im Mittelalter galten *Brunus von Longobucco* und *Theodor von Cervia* (ca. 1298) als führende „Spezialisten“ des Brennens. Weiterhin führten sie Räucherungen mit Bilsenkraut und Porrisamen durch, um Zahnwürmer zu vertreiben. Nachdem man die Würmer

¹¹⁰ Vgl. Zene-Atrdney (1530) Seite unbekannt

¹¹¹ Zahnextraktion ist das Herausziehen eines Zahnes, gleichbedeutend Zahnentfernung

ausgeräuchert hatte, nutzte man die Methode des Ausbrennens sowie ein Ätzverfahren mit scharfen Substanzen¹¹². Das Ziel dieser Behandlung war aber weniger den Zahn zu erhalten, sondern ihn so schnell wie möglich zu lockern, damit er von selbst heraus fällt.

Ab 1620 versorgte man den Mundraum der Patienten mit einigen Tropfen „Vitridöhl“¹¹³, um die vermeintlich störenden Zahnwürmer abzutöten. Danach wurden das entzündete Zahnfleisch und die schwarzen Flecken auf den Zähnen, welche man Fäulnisflecken nannte, weggebrannt. Schließlich füllte man noch die dadurch entstandenen Höhlen in den Zähnen mit Gold aus¹¹⁴. Die führenden Ärzte dieser Zeit waren unter anderem *Zvinger*, welcher um 1610 lebte und *Fabricius Aquapendente*, der in der Zeit vor 1619 als Zahnarzt tätig war.

1656¹¹⁵ bohrte man erstmals den Zahn mit kleinen Bohrern auf, um ihn danach auszubrennen.

Das Brennen der Zähne erreicht 1756 seinen Höhepunkt, da es zu diesem Zeitpunkt einen großen Entwicklungsschub gab. Die Verbreitung der wissenschaftlichen Erkenntnisse gelang durch die neuen Möglichkeiten der zunehmenden Anzahl an Buchdruckereien¹¹⁶. In den Memoiren von *Philipp Pfaff* ist eine umfangreiche, zu dieser Zeit moderne Methodenbeschreibung zu finden.

Das Ausbrennen diente unter anderem dem Aufhalten der Karies. Diese „Fäulnis“ erkenne man an den schwarzen Flecken, die sich auf den Zähnen bildeten. Der gemeine Mann nannte diese nur „Brand“. Auch bei Abnutzung der Zähne wurde das Ausbrennen empfohlen. Diese Abnutzung entstehe zum Beispiel bei Tabakrauchern, die die Tabakpfeife eingeklemmt zwischen ihren Zähnen hielten. Dadurch entstehe eine kleine Höhle und wenn man nicht sofort mit dem Ausbrennen beginne, könne es schnell passieren, dass der Zahn zerstört werde. Schließlich kam man zu dem Schluss, dass eigentlich alle Zähne, „an denen sich kleine Risse, Höhlen und sich ein Anlass zur Karies befindet“ gebrannt werden könnten¹¹⁷. *Philipp Pfaff* beschrieb, dass sich ansonsten unerträgliche Schmerzen, Entzündungen und Geschwüre bilden würden.

¹¹² Vgl. Carabelli (1844), S. 28

¹¹³ Vitridöhl wird heute Vitriol genannt und ist der Name für kristallwasserhaltige Sulfate zweiwertiger Metalle. Es wird genutzt als Desinfektionsmittel, zur Holzimprägnierung, sowie zur Konservierung von Tierhäuten etc.
<http://de.wikipedia.org/wiki/Vitriole>, 03.04.2012

¹¹⁴ Vgl. Carabelli (1844), S. 42

¹¹⁵ Vgl. Carabelli (1844), S. 47

¹¹⁶ Vgl. Morawetz (2001), S. 64

¹¹⁷ Vgl. Pfaff (1756), S. 115

Das Ausbrennen der Zähne erfolgte in nachfolgend beschriebener Abfolge:

Es wurde der zu behandelnde Zahn mit Baumwolle ausgetrocknet. Danach wählte der Arzt ein Instrument aus, das in der Größe zu der Ausdehnung kariösen Höhle des Zahnes passte (siehe Abbildung 15 im Anhang).

Das Instrument aus Metall wurde im Anschluss erwärmt, ohne es zum Glühen zu bringen. Das heiße Instrument wurde dann wiederholt in die Karies geführt bis zum Boden der Kavität.¹¹⁸

Oftmals jedoch wurde der Zahn auch offen gelassen, weil zum Beispiel dem Patienten das Geld für eine Auffüllung nicht zur Verfügung stand. Daraufhin wurde empfohlen, dass die Kavität regelmäßig gesäubert werden müsse, damit der Patient nicht „mit einem üblen Geruch zur Last werden“ würde¹¹⁹. Man erkannte jedoch schon, dass auch die Gefahr bestand, dass sich die Kavität bei unzureichender Reinigung erweitern und der Fäulnisprozess weiter fortschreiten könne.

Obwohl man annahm, den vermeintlichen Zahnwurm auszubrennen, hatte man tatsächlich Erfolg. Man tötete ungewollt die oberflächlichen pathogenen Bakterien und tötete das schmerzverursachende und entzündete Nervengewebe ab, so dass der Zahn schmerzfrei weiterhin in Funktion bleiben konnte.

Bis in das 19. Jahrhundert fand die Methode des sogenannten *Cauterium actuale* Anwendung und wurde in Lehrbüchern beschrieben. *Linderer* beschreibt noch 1834 die Methode ausführlich. Als Zielstellungen hebt er hervor: die Karies abzutöten, den Nerv zu zerstören und die Blutung zu stillen.¹²⁰ Er empfahl dazu den Nervkanal freizulegen, um dann mit einem glühenden Brenneisen in den Wurzelkanal einzudringen. Aufgrund der Größe und der kleinen Dimension der Wurzelkanäle der seitlichen Molaren, gab er zu bedenken, dass das Ausbrennen nur unvollständig gelingt. Die von ihm vorgestellten Brenneisen sind deutlich graziler gestaltet, so dass ein Eindringen in den Wurzelkanal möglich wurde. Die kugelförmige Erweiterung der Brenneisen hatte die Funktion der Wärmespeicherung und diente gleichzeitig als Widerstand, damit das glühende Instrument nicht über die Wurzelspitze hinaus geführt werden konnte (siehe Abbildung 16 siehe Anhang).

¹¹⁸ Vgl. Pfaff (1756), S. 117

¹¹⁹ Vgl. Pfaff (1756), S. 121

¹²⁰ Vgl. Linderer (1834), S. 85-92

Den Erfolg des Abötens durch das Ausbrennen empfiehlt er durch einen Test mit kalten oder heißen Flüssigkeiten durchzuführen. Empfindet der Patient noch Schmerzen während des Tests, muss das Ausbrennen wiederholt werden.

Damit der Patient während des Zahn Brennens keine zusätzlichen Verletzungen durch Kontakt mit dem Brenneisen an angrenzenden Geweben des Mundes erleidet, wird das Fixieren des Patienten und das Abhalten der Wange und Zunge empfohlen. So heißt es: "Es ist immer gut, wenn man in diesem Fall einen Gehülfen hat, der die Hände des Patienten halten kann; denn sehr häufig fahren sie mit denselben nach der Hand des Zahnarztes, um sie fort zu reißen..."

Heute wird die Methode des Ausbrennens nicht mehr angewendet. In einigen Entwicklungsländern jedoch, in denen medizinisches Fachwissen noch zu wenig verbreitet ist und die Technik zur Umsetzung der modernen Zahnmedizin fehlt, wird auch heute noch teilweise auf das Ausbrennen zurück gegriffen.

Bereits fünfhundert Jahre vor der Hochphase des Ausbrennens empfahl der griechische Arzt und Anatom *Galenos von Pergamon* (*129 oder 131-†199, 201 oder 216 n. Christus) das Verfahren der Trepanation.¹²¹

Trepanation der Zähne

Das Wort „trepanieren“ leitet sich von dem lateinischen Wort „trepanum“ und dem griechischen Wort „trupanon“ für Bohrer ab. Bei der Trepanation geht es darum, geschlossene Körperhöhlen (z.B. das Pulpakavum oder den knöchernen Schädel) zu eröffnen. So wurden bereits 10.000 v. Chr. in Nutafien Schädeldecken oder Kieferhöhlen mit dem Ziel der Schmerzbeseitigung trepaniert. Mit dieser Vorgehensweise wurden Eiterabfluss und Druckentlastung der entzündete Region gewährleistet.

Die Trepanation eines Zahnes wurde erstmals von *Archigenes von Syrien* (98-117 . Chr.) empfohlen¹²². Dabei kamen sogenannte manuell angetriebene Drillbohrer zum Einsatz. Der Bohrer wurde an den schwarzen Verfärbungen des schmerzenden Zahnes angesetzt und dann in das Innere des Zahnes vorgetrieben. Ohne Kenntnis der Anatomie des Zahnes wurde damit

¹²¹ Vgl. Lilley (1976), S. 67-70

¹²² Vgl. Linderer (1848), S. 112

die Pulpakammer eröffnet und eine Druckentlastung im Fall einer akuten Entzündung des Periost herbeigeführt¹²³. Nach dem man den Zahn aufgebohrt hatte, folgte ein lockerer Verschluss aus Watte, Wachs oder Holz, damit sich keine Speisereste oder Beläge einlagern konnten.

Die von *Hippocrates* formulierte Erkenntnis “ubi pus, ibi evacua”, d.h. “dort wo Eiter ist, dort entleere ihn”, hat bis heute Gültigkeit. Die Trepanation der Pulpakammer erfolgt heute mit hohtourigen, wassergekühlten Diamantbohrern und gilt als notzahnärztlicher Eingriff zur Beseitigung akuter Schmerzen an Zähnen mit nekrotischer¹²⁴ Pulpa. Die Ursache der Beschwerden wird mit dieser Art der Therapie nicht beseitigt. Man spricht auch von einer sogenannten “symptomatischen Therapie”, also einer lediglich auf die Folgen einer Erkrankung ausgerichteten Therapie. Der Zeitpunkt vom notzahnärztlichen Eingriff einer Trepanation bis zur ursachenbezogenen Therapie muss kurzfristig innerhalb von 1-2 Tagen erfolgen, da sonst eine starke und in das Dentin tiefe Besiedlung durch die in der Mundhöhle befindlichen Mikroorganismen erfolgt¹²⁵.

3.3.2 Das Abtöten der Pulpa – Devitalisationsverfahren

Auf der Suche nach weniger schmerzhaften Verfahren, die Pulpa abzutöten, wurden verschiedene Präparate am schmerzenden Zahn angewendet und auf die Wirksamkeit getestet. Als das sogenannte "Kauterium potentiale" wurden bereits durch *Hali Abbas* etwa im 10. Jahrhundert stark ätzende Mittel empfohlen. Es wurde beobachtet, dass das Eintröpfeln von Arsenik in einen kariösen Zahn eine schmerzlindernde Wirkung erzielte.¹²⁶ In den nachfolgenden Jahrhunderten geriet diese Technik in Vergessenheit und wurde erst mit Beginn des 19. Jahrhunderts durch *Spooner* im Jahr 1836 wiederentdeckt.¹²⁷ Es begann eine Kontroverse um den Einsatz von Devitalisationsmitteln. Zum einen erfreuen sie sich immer größerer Beliebtheit, da auf scheinbar einfache Weise, Schmerzen beseitigt werden konnten. Zum anderen wurden in zunehmender Weise Komplikationen beobachtet, die zu einer vollständigen Ablehnung des Einsatzes von Devitalisationsmitteln führte. Das Verschlucken von arsenhaltigen Präparaten führte in Einzelfällen zu schweren Vergiftungen, zum Teil mit

¹²³ Vgl. Michel (1993), S. 12

¹²⁴ nekrotisch = abgestorben

¹²⁵ Vgl. Klimm (2011), S. 282

¹²⁶ Michel K. (1993) S.17

¹²⁷ ebenda S. 47

Todesfolge. Es werden vor allem Komplikationen an den umliegenden Geweben beobachtet. Abgestorbenes Zahnfleischränder und Nekrosen im angrenzenden Knochengewebe wurden in der Vergangenheit bis in die Gegenwart beschrieben.

Früher bestanden diese chemischen Mittel aus Arsen-(III)-Oxyd (z. B. Causticin®) oder Holundermark-Ätzstoff. Beide Inhaltsstoffe sind heute aus toxikologischen Gründen nicht mehr erhältlich. Aktuell noch immer für den Zahnarzt zugängliche Präparate bestehen zu 46% aus Paraformaldehyd und aus 37% Lidocainhydrochlorid (z.B. Toxavit®). Auch bei diesen Präparaten treten schwerwiegende Nebenwirkungen auf.¹²⁸ Devitalisationsverfahren finden in der modernen Endodontologie keine Anwendung, da für den Patienten zu große Gefahren bestehen und geeignetere Verfahren existieren, schmerzende Zähne zu behandeln.¹²⁹

3.3.3 Das Exstirpieren und die Wurzelkanalaufbereitung¹³⁰

Als Folge der ausschließlich symptomatisch ausgerichteten Therapie und dem Mangel an geeigneten Betäubungsmitteln, entwickelte sich die Technik der Entfernung der nicht mehr erhaltungsfähigen Pulpa erst sehr spät. Ziel war es bis in das 19. Jahrhundert, das lebende und schmerzverursachende Gewebe abzutöten, um den schmerzfreien Zahn anschließend mit unterschiedlichsten Materialien zu verfüllen.

Im ersten Jahrhundert nach Chr. soll *Plinius* das Stochern in und um einem erkrankten Zahn als eine erfolgreiche Methode zur Heilung von Zahnschmerzen empfohlen haben. Von einer Entfernung des Pulpagewebes kann nach dieser Beschreibung nicht ausgegangen werden. Es wurde wahrscheinlich nur die kariös durchweichte Pulpakammer mit dem Hilfsmittel eröffnet und die Grundlage für eine Druckentlastung herbei geführt.

¹²⁸ Vgl. Bartel u.a. In: Hülsmann & Schäfer (2007), S. 129 ff.

¹²⁹ <http://www.med-college.hu/de/wiki/artikel.php?id=306&lan=1%202.3.2012#3>, 02.03.2012

¹³⁰ Exstirpieren = ausschneiden/entwurzeln <http://www.zeno.org/Brockhaus-1911/A/Exstirpation>, 01.03.2012

Eine erste Empfehlung, Wurzelkanäle zu reinigen findet sich in den Beschreibungen von *Falcucci* (1357-1411). Er empfiehlt, feine Nadeln mit in schmerzlindernden Substanzen getränkten Wollfäden zu umwickeln und in die Wurzelkanäle einzuführen.¹³¹

Erst 1824 gab es Empfehlungen von *Delmond*, die Pulpa vollständig mit selbst hergestellten dünnen Instrumenten zu entfernen.¹³² Die ersten Instrumente, die geeignet waren, Wurzelkanäle zu reinigen und Pulpagewebe zu entfernen, waren die von *Edward Maynard* im Jahr 1838. Er nutzte feinen Uhrfederstahl, feilte ihn und brachte Einkerbungen an, so dass Dentin und Weichgewebe entfernt werden konnten.¹³³ In den folgenden Jahren wurden immer weiter verfeinerte Hilfsmittel entworfen, um die Reinigung der Wurzelkanäle zu ermöglichen. Die Erkenntnis, das abgestorbene oder auch noch lebende Gewebe vollständig entfernen zu müssen, setzte sich erst mit den anatomischen Forschungen von *Fischer* (1912) und *Hess* (1917) im 19. Jahrhundert durch.¹³⁴

In der aktuellen Endodontie werden standartisiert hergestellte hochflexible Instrumente aus Edelstahl und Nickel-Titan-Legierungen genutzt, Wurzelkanalsysteme mechanisch zu erweitern, damit diese zusätzlich chemisch gereinigt und desinfiziert werden können. Die mechanische Erweiterung stellt damit den Zugang zu den kleinsten Verästelungen des Wurzelkanalsystems dar, ermöglicht erst eine Abtötung von pathogenen Mikroorganismen und schafft die Grundlage für einen nachfolgenden bakteriendichten Verschluss.

3.3.4 Anästhesieverfahren

Die Anästhesieverfahren, zur totalen Betäubung des Organismus, sind so vielfältig und alt wie der Schmerz. Auf einer babylonischen Tonscherbe (2250 v. Chr., gefunden in Nippur), wurden Hinweise gefunden, dass Bilsenkrautsamen und Gummimasse bei Zahnschmerzen angewandt wurden. Tausend Jahre später (1200 v. Chr.) benutzte *Aeskulap*, der griechische Gott der Medizin, dem Mythos nach, einen Trank namens "Nepenthe", um schmerzfrei Zähne zu extirpieren. 550 v. Chr. steht in den indischen Schriften Susruta, dass Bilsenkraut und Hanf betäuben. *Herodot* berichtete 450 v. Chr., dass die Skythen Haschisch gegen Schmerzen

¹³¹ Vgl. Hülsmann (1996), S. 98

¹³² Vgl. Grossmann (1971), S. 999-1001

¹³³ Vgl. Metzger (2010), S. 102

¹³⁴ Vgl. Metzger (2010), S. 105

inhalierten. Der chinesische Chirurg *Pien Ch'iao* benutzte für Operationen 55 v. Chr. in Wein vermischten Hanf.¹³⁵

Im Jahre 880 wurde im Bamberger Antidotarium¹³⁶ ein "Schlafschwamm" erwähnt. Ein Baumschwamm wurde in eine Mischung aus „Opium, Hyoscyamin¹³⁷, Maulbeersaft, Salat, Schierling, Mandragora¹³⁸ und Efeu“¹³⁹ getaucht und anschließend getrocknet. Erneut befeuchtet sollten betäubende Dämpfe aufsteigen. Nebenwirkungen waren vor allem Asphyxie¹⁴⁰ und der Tod des Patienten. 1200 hat *Herzog von Lucca* diesen „Schlafschwamm“ überarbeitet und benutzt nur noch „Opium, Schierling, Bilsenkraut und Mandragora“¹⁴¹. Zum Beenden des betäubten Zustandes seines Patienten nutzte er einen Baumschwamm mit Weinessig. 1275 entdeckte *Raymundus Lullius* das süße Vitriol¹⁴² dessen anästhesierende Wirkung 1540 von *Paracelsus* festgestellt wurde.¹⁴³

1589 kochte *Giambattista Della Porta* verschiedene Drogen und ließ seine Patienten den entstandenen Dampf inhalieren. 1646 erfand *Marco Aurelio Severino* die Analgesie: Er betäubt den Schmerz mit einer Mischung aus Eisstückchen und Schnee wobei das Berührungsempfinden erhalten blieb. 1730 benannte *W. G. Frobenius* das süße Vitriol in Ether um.¹⁴⁴

1806 gelang es *Friedrich A. W. Sertürner*, den anästhesierenden Wirkstoff Morphin aus Opium zu extrahieren. Im Januar 1842 wurde Miss Hobbie schmerzlos ein Zahn exstirpiert, nachdem ihr Ether verabreicht wurde. Zwei Jahre später gelang am 11. Dezember das Gleiche bei Horace Wells nach einer Dosis Lachgas. 1860 extrahierte *Albert Niemann* aus den Kokablättern das Kokain. 1863 benutzte *G. Q. Colton* reines Stickoxyd bei Zahnoperationen. In New York wurde 1884 zur Betäubung während einer Unterkieferzahnoperation eine

¹³⁵ <http://www-user.uni-bremen.de/~d02q/antike.htm>, 28.02.2012

¹³⁶ Antidotarium = Verzeichnis von Gegengiften, Duden (2006), S. 190

¹³⁷ Hyoscyamin = Bestandteil von Nachtschattengewächsen, Duden (2006), S. 518

¹³⁸ Mandragora = Alraune, Duden (2006), S. 665

¹³⁹ <http://www-user.uni-bremen.de/~d02q/mittel.htm>, 28.02.2012

¹⁴⁰ Asphyxie = Atemstillstand, Duden (2006), S. 200

¹⁴¹ <http://www-user.uni-bremen.de/~d02q/mittel.htm>, 28.02.2012

¹⁴² süßes Vitriol = Zink, Eisen oder Kupfersulfat, Duden (2006), S. 1089

¹⁴³ <http://www-user.uni-bremen.de/~d02q/mittel.htm>, 28.02.2012

¹⁴⁴ <http://www-user.uni-bremen.de/~d02q/neuzeit.htm>, 28.02.2012

Kokainlösung verwendet.¹⁴⁵ In den nachfolgenden Jahrzehnten wurden nur weitere Schmerzmittel eingeführt, die Methoden jedoch nicht grundlegend verändert, sondern nur noch technisch verbessert.¹⁴⁶

Heute wird zumeist die Lokalanästhesie bei Zahnoperationen durchgeführt, eine örtlich beschränkte Nervenblockade, wobei das Bewusstsein nicht weiter beeinträchtigt wird. Die eingesetzten Mittel können dabei verschieden sein. Als neues Verfahren wird die intraligamentäre Anästhesie eingesetzt, bei der die Betäubung lokal auf einen Zahn begrenzt werden kann.¹⁴⁷

3.3.5 Aseptik und Desinfektion

Obwohl sich die Begriffe Aseptik und Antisepsis sehr ähnlich anhören, besteht dennoch ein Unterschied zwischen ihnen. Antisepsis ist griechisch und bedeutet so viel wie „gegen Fäulnis“. Sie beschreibt die Eliminierung oder Abtötung von Mikroorganismen auf lebenden Geweben.

Die Aseptik bezeichnet die Gesamtheit der Maßnahmen, die zur Erzielung von keimfreieren oder keimreduzierteren Bedingungen beitragen.

Eine dieser Maßnahmen ist die Desinfektion.

Bei Anwendung der Desinfektion zielt man auf die Vernichtung von Krankheitserregern und das Vorbeugen der Entstehung dieser ab. Durch diese Keimreduktion verkleinert man ebenso das Risiko einer Infektion. Ein optimales Desinfektionsmittel sollte bestimmte Kriterien erfüllen: Es sollte wasserlöslich sein, unschädlich für Mensch und Tier, eine gute Umweltverträglichkeit aufweisen, ebenso eine geringe Material-Aggressivität. Hinzu kommt das sichere Abtöten der Mikroorganismen, eine kurze Einwirkzeit bei geringer Konzentration, hohe Stabilität gegenüber Luft, Kälte, Hitze und eine geringe Geruchsbelastung.¹⁴⁸

¹⁴⁵ <http://www-user.uni-bremen.de/~d02q/19jhd.htm>, 28.02.2012

¹⁴⁶ <http://www-user.uni-bremen.de/~d02q/20jhd.htm>, 28.02.2012

¹⁴⁷ <http://www.iww.de/zr/allgemeine-zahnheilkunde/allgemeine-zahnheilkunde-intraligamentaere-anaesthesie-vorteile-bei-extraktionen-und-bei-der-zahnerhaltung-f12544>, 01.03.2012

¹⁴⁸ <http://www.zahnaufbau.de/zahn.html>, 26.05.2012

Zahlreiche Desinfektionsmittel wurden auf Wirksamkeit für die Wurzelkanalbehandlung seit der Einführung einer wissenschaftlich basierten Zahnmedizin getestet. Aktuell finden Natriumhypochlorid und Chlorhexidindigluconat eine breite Anwendung mit guten Ergebnissen.¹⁴⁹

Im Gegensatz zur Desinfektion ist das Ziel der Sterilisation die vollständige Eliminierung von pathogenen Keimen. Eine vollständige Keimfreiheit ist realistisch betrachtet am Menschen jedoch nicht möglich, da Haut und Schleimhaut nie vollständig sterilisiert werden können, ohne dass dabei ihre biogenetischen Eigenschaften zerstört werden.¹⁵⁰

Die Methoden der Aseptik finden auch bei Wurzelkanalbehandlungen Anwendung. Man versucht so steril wie möglich zu arbeiten, damit keine Keime zusätzlich in das Wurzelkanalsystem gelangen.

Um so ein aseptisches Arbeiten zu gewährleisten, wurde der sog. Kofferdam erfunden. 1865 wurde dieser erstmals in New York City von *S.C. Barnum* vorgestellt. Es handelt sich dabei um einen Spanngummi, der aus einem dünnen Latextuch besteht. Für Latex Allergiker werden Latex-freie Materialien verwendet. Dieser Gummi wird mit einer Klammer (oder Zahnseide) am Zahn gehalten. Der Kofferdam verhindert den Speichelzutritt während der Wurzelkanalbehandlung, da der Speichel Bakterien enthält, die eine Infektionsgefahr darstellen. Somit wird der Zahn von der Mundhöhle isoliert, wodurch ein trockenes, sauberes und übersichtliches Arbeitsfeld entsteht. Dieses bietet die Möglichkeit eines aseptischen Arbeitens und dem Schutz des Weichgewebes. Zudem schützt der Kofferdam den Patienten während der Wurzelkanalbehandlung vor dem Verschlucken von Spüllösungen und dem Aspirationen von Hilfsmitteln und Füllungsmaterialien. Leider wird diese grundlegend wichtige Technik des Kofferdams noch immer nicht bei jeder Wurzelkanalbehandlung angewendet, da das Verfahren an den Universitäten noch nicht ausreichend gelehrt und gefördert wird. Ebenso erschweren veraltete Richtlinien der gesetzlichen Krankenversicherung die generelle Anwendung. Bei zu häufiger Anwendung muss der

¹⁴⁹ Vgl. Baumann www.dget.de/downloads/dgendo_chronik.doc S. 14, Abrufdatum: 10.7.2012

¹⁵⁰ http://www.imikro.uni-rostock.de/Doku/Lehre/VBiomedtechnik/V_Biomechanik_Desinf_Sterilisation.pdf, 01.05.2012

Vertragszahnarzt im Rahmen einer sogenannten Wirtschaftlichkeitsprüfung sogar Geld zurück zahlen und bekommt für die Anwendung des Kofferdam kein Honorar.

3.3.6 Arbeiten mit Lupe und Dentalmikroskop

Lupenbrille und Dentalmikroskop werden als optische Vergrößerungshilfen in der Zahnmedizin genutzt. Diese sind sowohl für Zahnarzt, als auch Patienten sehr wichtig, da sie ein präzises und zahnschonendes Arbeiten ermöglichen. Sie verbessern die Diagnostik- und Therapiemöglichkeiten vor allem bei Wurzelkanalbehandlungen und minimalinvasiven Behandlungen.

Für den Dentalbereich werden unterschiedliche Lupenbrille in 1,5 - 6facher Vergrößerung angeboten. Diese unterscheiden sich erheblich in der Leistungsfähigkeit und den Anschaffungskosten. Es werden allgemein Kopfbandlupen, Lupen Galilei'scher und Kepler'scher Bauart unterschieden. Während die Galilei'schen Lupen vor allem für den Einsatz während der Prophylaxe geeignet sind, werden die Kepler'schern Lupenbrillen für die Diagnostik und den allgemeinen zahnärztlichen Einsatz empfohlen.

Lupenbrillen sind gegenüber dem Dentalmikroskop kostengünstiger in der Anschaffung, jedoch für die Wurzelkanalbehandlung weniger geeignet da die Vergrößerung zu gering ist, um ausreichend Details erkennen zu können. Stark vergrößernde Lupenbrillen haben ein höheres Eigengewicht und sind bei langem Tragen für die Halsmuskulatur anstrengend und begünstigen damit eine frühzeitige Ermüdung.

Die erstmalige Nutzung eines Mikroskops im Rahmen einer zahnärztlichen Behandlung wurde bereits 1934 von *Kamrin* beschrieben.¹⁵¹ Vordergründiges Ziel des Einsatzes zu diesem Zeitpunkt war es, die Diagnostik zu verbessern. 1975 beschreibt *Baumann*, dass des Mikroskop nicht nur für die Diagnostik sondern auch für die zahnärztliche Therapie sehr gut geeignet ist.¹⁵² Erneut vergingen mehrere Jahrzehnte bis erstmalig Anfang 1990 das Dentalmikroskop vor allem von amerikanischen Endodontologen genutzt wurde. Als Grund für die langsame Akzeptanz wurde die mangelnde Ausbildung an den Universitäten

¹⁵¹ Vgl. "The use of the microscope in oral diagnosis" (1934), S. 76

¹⁵² Vgl. *Baumann* (1975), S. 33-34.

ermittelt.¹⁵³ Erst ab 1995 kam es in Deutschland zu einer ersten Verbreitung und Anwendung von Mikroskopen in der Zahnmedizin. Forschungs- und Fortbildungsaufenthalte in den USA waren die Ursache für die Wiederentdeckung der Möglichkeiten mit einem Mikroskop.¹⁵⁴ Das Dentalmikroskop ermöglicht eine bis zu 30-fache Vergrößerung. Das Mikroskop wird an einem Boden-, Decken- oder Wandstativ befestigt, so dass der Zahnarzt körperlich entlastet am Patienten arbeiten kann. Zu den weiteren Vorteilen des Mikroskops zählen die schattenfreie Ausleuchtung der Mundhöhle in großer Helligkeit, eine variable Vergrößerung und die Möglichkeit der Befunddokumentation mit Foto und Video. Eine Mitbeobachtung kann jederzeit für die Assistenz über Monitore ermöglicht werden. Dies dient der besseren Übersicht, einer Optimierung der Assistenz, einer praxisorientierten Demonstration zur Aus- und Fortbildung und ebenso zur Information und Motivation des Patienten. Diese übertragenen Bilder sind von hoher Qualität und dazu variabel vergrößerbar. So wird die 3-fache Vergrößerung zur Präparation der Zugangskavität genutzt, die 16-fache Vergrößerung dient der Inspektion des Pulpakavums und dem Auffinden von Wurzelkanalgängen. Mit Hilfe der 24-30-fachen Vergrößerung werden frakturierte Wurzelkanalinstrumente entfernt.

Im Jahr 2002 wurden erstmalig Studenten der Zahnmedizin im Universitätsklinikum Dresden am Dentalmikroskop ausgebildet.¹⁵⁵ Seitdem gibt es kaum noch eine Universität, die kein Dentalmikroskop zur Verfügung hat. Die systematische Ausbildung der Studenten steht jedoch noch immer am Anfang, so dass auch in Deutschland nur mit einer sehr verzögerten Verbreitung der Anwendung des Dentalmikroskops zu rechnen ist. Nach Schätzungen der Industrie gibt es derzeit in Deutschland nur etwa 300-500 von 68000 praktizierenden Zahnärzten¹⁵⁶, die mit einem Mikroskop am Patienten arbeiten.

3.3.7 Regenerative Verfahren der Zahnerhaltung

Ein noch vergleichsweise neuer Teil der Biomedizin ist die „Regenerative Medizin“ (lateinisch: *regeneratio* = Neuentstehung). Ziel ist die vollständige Heilung von

¹⁵³ Vgl. Selden (2002), S. 206-207

¹⁵⁴ Vgl. Beer & Mayerhöfer (1995), S. 1437-1450

¹⁵⁵ Vgl. Klimm (2003), S. 189-190

¹⁵⁶ KZBV Jahrbuch 2010: <http://www.praxisbewertung-praxisberatung.com/aktuelles/KZBVJahrbuch2010.pdf>, 23.06.2012

Erkrankungen, indem man die in ihren Funktionen gestörte Zellen, Gewebe und Organe wiederherstellt. Dafür nutzt man entweder den biologischen Ersatz z.B. durch gezüchtete Gewebe oder auch die körpereigenen Regenerations- und Reparaturprozesse, welche man anregt.¹⁵⁷

Eine Möglichkeit der regenerativen Verfahren ergibt sich aus der Gentechnologie. Diese ist eine Wissenschaft, die sich mit den Methoden zur Isolierung und Charakterisierung von genetischem Material auseinandersetzt. Dazu werden körpereigene Stammzellen genutzt, um unterschiedliche Körperzellen produzieren können. Die praktische Umsetzung der Erkenntnisse, die aus der Gentechnologie gewonnen wurden, nennt man „Gentechnik“. In der Zahnmedizin sind sehr gute Bedingungen für die Gentechnik gegeben. Die Mundhöhle ist gut zugänglich und es existiert ausreichend Gewebe, ebenso wie adulte Stammzellen.

Stammzellen konnten erstmals vor 12 Jahren aus der Pulpa von entfernten Weisheitszähnen erfolgreich isoliert werden. Diese Zellen können dann genutzt werden für die Herstellung von Knochenzellen, Knorpelzellen oder sogar Pulpazellen, die ein neues Dentin produzieren können. Seit etwa 5 Jahren gelingt es wiederholt einigen Endodontie-Spezialisten, pulpatote Zähne bei Jugendlichen und Kindern zu regenerieren. Voraussetzung ist ein aseptischer Zugang zum Zahn unter Kofferdam und eine gründliche Reinigung und Desinfektion mit Natriumhypochlorid (NaOCl), um die abgestorbene Pulpa vollständig zu entfernen und Bakterien innerhalb des Wurzelkanals abzutöten. Die Wurzelkanalwände werden im Anschluss durch Ethylendiamintetraessigsäure (EDTA) gesäubert von Auflagerungen und Schmierschichten. Nach abgeschlossener Desinfektion wird das an der Wurzelspitze liegende Weichgewebe zur Blutung angeregt, so dass der gesamte Wurzelkanal mit Blut gefüllt ist. Dieses Blutkoagel dient im Anschluss den an der Wurzelspitze natürlicherweise liegenden Stammzellen zum erneuten Einwachsen in den Wurzelkanal. Es bildet sich im Anschluss ein neues Pulpagewebe, das in der Lage ist, Dentin zu produzieren. Damit kann das durch die vorangegangene Nekrose der Pulpa gestoppte Wurzelwachstum weiter fortgesetzt werden und der Erhalt des betroffenen Zahnes ermöglicht werden.¹⁵⁸

Aktuelle Forschungen richten sich auf die Herstellung künstlicher Gewebe zum Einwachsen der Stammzellen. Langzeitergebnisse liegen keine vor, so dass sich über den dauerhaften Erfolg noch keine Aussage treffen lässt.

¹⁵⁷ http://de.wikipedia.org/wiki/Regenerative_Medizin, 25.05.2012

¹⁵⁸ Vgl. Galler (2011), S. 427-435

Darüber hinaus sind Experimente bekannt, bei denen versucht wird komplette Zähne neu zu produzieren und als Ersatz für nicht mehr erhaltungsfähige Zähne zu verwenden. Der mögliche Erfolg wird jedoch als sehr fraglich beurteilt.¹⁵⁹

¹⁵⁹ Vgl. Radlanski (2011), S. 184 ff.

4 Eigenanteil

4.1 Einleitung

Im Gespräch mit Erwachsenen und in Internet-Diskussionsforen wurde deutlich, dass die Frage nach dem Verlauf einer Wurzelbehandlung häufig zu einem spontanen Erfahrungsaustausch negativer und teilweise betont leidvoller Erlebnisse führt.

Aus dem Literaturstudium wurde deutlich, dass

1. es einen Zusammenhang zwischen dem vergrößerten Betrachten und dem Erkenntniszuwachs über kleinere Strukturen, kleinste Wurzelkanäle und Verzweigungen, die mit bloßem Auge nicht vollständig zu erkennen sind, geben muss.
2. ein aseptischer Zugang als Voraussetzung für eine sichere und erfolgreiche Wurzelkanalbehandlung anzusehen ist. Im Speichel des Menschen befinden sich pathogene Mikroorganismen. Während der Wurzelkanalbehandlung können über den Speichel am Rand vom Zahn erneut Bakterien eindringen und den Erfolg der Behandlung beeinträchtigen.
3. es wichtig ist, die Sicherheit des Patienten zu gewährleisten, so dass keine Komplikationen auftreten können. Um das Verschlucken von Desinfektionslösungen, Füllungsmaterialien und Hilfsmitteln, wie z. B. Aufbereitungsinstrumenten zu vermeiden, wird der Einsatz von Kofferdam seit mehr als 150 Jahren empfohlen.

4.2 Zielstellung

Mit der Befragung einer Gruppe von Erwachsenen nahezu gleichen Alters sollten die aktuellen Erfahrungen und Erlebnisse mit Wurzelkanalbehandlungen ermittelt werden. Insbesondere sollte ermittelt werden, inwieweit der Kofferdam als Basis für eine antibakterielle Therapie Anwendung gefunden hat. Gleichzeitig bestand das Ziel, die Häufigkeit der Nutzung moderner Hilfsmittel wie die der Lupe und des Dentalmikroskop zu ermitteln. Anhand der Befragung sollte darüber hinaus der Zusammenhang von Erfolg, Schmerz und Anwendung fortschrittlicher Hilfsmittel geprüft werden. Weiterhin sollte geklärt werden, ob eine Behandlungswiederholung ihre primäre Ursache darin hat, dass ein Patient nachhaltig vor einer Wurzelkanalbehandlung Angst empfindet. Es wurden zwei Thesen aufgestellt:

These 1: Alle Behandlungen mit ausschließlich fortschrittlichen Hilfsmitteln (Kofferdam, Lupe und Mikroskop) erfolgten nach dem Jahr 2000, da davon ausgegangen wird, dass jene Technik vor diesem Zeitpunkt noch nicht ausgereift war.

These 2: Wenn die Behandlung mit fortschrittlichen Hilfsmitteln durchgeführt wurde, so war diese erfolgreich und musste nicht wiederholt werden.

4.3 Material und Methode

Als Stichprobe für die Untersuchung wurden die Eltern der Klassenstufen 9-11 des Lößnitzgymnasium Radebeul festgelegt. Die genaue Anzahl der zu Befragenden sollte über das Sekretariat der Schulleitung ermittelt werden. Einer Schätzung der stellvertretenden Schulleiterin nach, besuchen ca. 250 Schüler die Klassen 9-11. Die aufgestellten Thesen und Fragestellungen sollten anhand eines Fragekataloges (siehe Fragebogen Nr. 18 im Anhang) überprüft werden. Der Fragebogen wurde der Schulleitung zur Genehmigung der Befragung vorgestellt. Die Genehmigung wurde für eine anonyme Befragung erteilt. Angaben zu Name, Geschlecht, Alter und Familienstand wurden deshalb nicht erhoben. Von den 250 gedruckten Bögen, kamen 222 mit jeweils 2 Fragebögen pro Familie zur Verteilung. Die Verteilung der Blätter erfolgte direkt an die Schüler innerhalb der Schule. Während die Verteilung an die Klassenstufe 11 durch die Mitglieder der Studiengruppe erfolgte, übernahmen die Klassenlehrer der Stufen 9 und 10 in Zusammenarbeit mit der Begleitlehrerin der Studienarbeit die Verteilung an die Schüler. Vom Zeitpunkt der Ausgabe der Fragebögen am 15.3.2012 bis zur Rückgabe wurden 3 Wochen festgelegt, um eine schnelle Auswertung der Daten ermöglichen zu können. Eine einmalige Erinnerung aller befragten Familien erfolgte über die Schüler nach Ablauf der Hälfte der Frist. Alle innerhalb der festgelegten Frist zurück gegebenen Fragebögen wurden in die Auswertung einbezogen. Um die erhaltenen Ergebnisse leichter auswerten zu können, wurden die Befragten in drei Gruppen unterteilt. Gruppe A beschränkte sich auf den Zeitraum von 2003 bis 2012, Gruppe B auf den Zeitraum zwischen 1992 und 2002 und unter Gruppe C fielen alle Behandlungen, die vor 1992 durchgeführt wurden.

4.4 Ergebnisse

Von den 444 Fragebögen kamen 101 Rückmeldungen innerhalb der angegebenen Frist zurück und konnte in der Auswertung berücksichtigt werden. Das entspricht einem Anteil von 22,75%. An 48 Befragten von den 101 eingehenden Rückmeldungen wurde mindestens eine Wurzelkanalbehandlung durchgeführt. Dies entsprach einer Quote von 47,52%.

Die Anzahl der Wurzelkanalbehandlungen nahm unter den Befragten in den letzten 30 Jahren deutlich zu (siehe Diagramm 1 im Anhang). Im Vergleich zu den Vorjahren verdoppelte sich die Anzahl der Behandlungen in den letzten 10 Jahren. Obwohl mit der Anzahl der Behandlungen auch die Anzahl der Patienten mit Angst zunahm, so blieb sie im Verhältnis zu der Anzahl der Patienten bei durchschnittlich 65% nahezu gleich.

35 von 48 Wurzelkanalbehandlungen fanden weder mit Lupe oder Mikroskop noch mit Kofferdam statt. Im Jahresvergleich wird dagegen deutlich, dass der Anteil der Befragten ohne Verwendung von fortschrittlichen Hilfsmitteln von über 90% in den letzten 10 Jahren auf knapp 40 % gesunken ist.

Von den 48 Wurzelkanalbehandlungen wurden nach Einschätzung der Befragten 36 erfolgreich abgeschlossen. Die Misserfolgsquote lag damit bei durchschnittlich 25 %. Die Misserfolge scheinen in einem Zusammenhang mit den verwendeten Hilfsmitteln zu stehen. So waren bei den Behandlungen ohne Kofferdam und Vergrößerungshilfen die meisten Misserfolge mit 33,4% zu verzeichnen. Wurden Kofferdam und optische Vergrößerung angewendet, sanken die Misserfolge auf 20% (siehe Diagramm 2 im Anhang). Wurden lediglich die Befragten ab dem Jahr 2000 einbezogen, verringerte sich die Misserfolgsquote auf 18%. Bei der Anwendung des Dentalmikroskops wurden keine Misserfolge angegeben.

Von den Befragten war die Anzahl der Patienten mit einer Wurzelkanalbehandlung ohne Hilfsmittel und der Gruppe mit Lupenbrille nahezu gleich. Die Angst vor einer Wurzelkanalbehandlung lag in der Gruppe unter Behandlung mit dem Hilfsmittel Lupenbrille um 25% höher. Dagegen lag die Schmerzerfahrung um 20% niedriger als in der Gruppe ohne Anwendung von fortschrittlichen Hilfsmitteln (siehe Diagramm 3 im Anhang). Wurden fortschrittliche Hilfsmittel während der Wurzelkanalbehandlung angewendet, so

fanden diese zu 79% erst nach dem Jahr 2000 statt (siehe Diagramm 4 im Anhang). Behandlungen unter Sicht mit einem Dentalmikroskop fanden nach den Angaben der Befragten erst nach 2000 statt.

4.5 Auswertung und Diskussion

Um die Erfahrungen von bereits wurzelkanalbehandelten Patienten zu ermitteln, hat sich die Umfrage zur Untersuchung der aufgestellten Thesen grundsätzlich bewährt. Vorteil dieser Methode ist die direkte und präzise Fragestellung in Verbindung mit vergleichbaren Antwortmöglichkeiten. Eine Umfrage in Form eines Fragebogens schien auch deshalb geeignet, weil sie den Befragten die zeitliche Entscheidung zur Beantwortung der Fragen selbst überließ. Durch die schematische Struktur des Fragebogens wurde dessen Auswertung erleichtert.

Die Umfrage anhand von Fragebögen erwies sich jedoch auch als problembehaftet. Von den 444 verteilten Fragebögen kamen nur 101 ausgefüllte Fragebögen innerhalb der festgelegten Rückgabefrist zurück. Mit der hohen drop-out-Rate verlor die Studie an Aussagekraft. Mit dieser geringen Rücklaufmenge ließen sich keine repräsentativen Ergebnisse ermitteln. Weiterhin war es aus datenschutzrechtlichen Gründen nicht möglich, die genaue Anzahl der Eltern der Klassenstufen 9-11 festzustellen, so dass die genaue Zahl der Stichprobe unbekannt blieb.

Die Anzahl auswertbarer Rückinformationen verringerte sich zusätzlich aufgrund fehlerhafter oder unzureichender Angaben.

Die Verteilung der Fragebögen über die Schüler an die zu untersuchende Gruppe der Eltern erwies sich als kostengünstige Variante. Besser geeignet erscheint jedoch die postalische Zustellung der Fragebögen mit einem frankierten Rücksendeumschlag. Die Anonymität der Befragten wäre damit erhalten geblieben. Der Zeitpunkt und die Art der Befragung hätte jedoch für die gesamte Gruppe der Befragten auf gleichem Niveau unter Minimierung der Fehler beginnen können. Das vereinzelt Ausfüllen der Bögen durch Schüler, statt durch die Eltern, hätte dadurch vermieden werden können. Die Rücklaufinformation wäre unter diesen Umständen vermutlich höher, auch wenn die Kosten durch den Versand der Fragebögen gestiegen wären.

Einige der Erziehungsberechtigten, welche sich schon einer Wurzelkanalbehandlung unterzogen hatten, konnten sich nicht mehr an alle Einzelheiten, wie z. B. verwendete Technik oder das Behandlungsjahr erinnern. Mancher Befragte wusste nicht, dass Zahnärzte mit Lupenbrille oder Dentalmikroskop behandeln. Andere konnten sich nicht erinnern, ob es sich um eine Lupe oder ein Mikroskop während der Behandlung gehandelt habe. Eine exemplarische bildhafte Darstellung kann vermutlich das Entscheidungs- und Erinnerungsverhalten der Befragten erleichtern, so dass fehlerhafte Angaben weiter vermindert werden können.

Die Form und der Inhalt der Fragebögen waren klar strukturiert und gestaltet, so dass fehlerhafte oder inhaltlich falsche Angaben durch Verständnisschwierigkeiten gering gehalten werden konnten.

Die absolute Anzahl der Wurzelkanalbehandlungen nahm unter den Befragten im Laufe der Zeit zu. Der Zuwachs an Wurzelkanalbehandlungen in der untersuchten Gruppe ist jedoch nicht repräsentativ für die Gesamtbevölkerung, da es sich nur um die Gruppe der Eltern von der 9.-11. Klassen handelte.

Obwohl die absolute Anzahl der Angstpatienten zugenommen hat, blieb sie in Relation zu der Gesamtzahl der Befragten mit durchschnittlich 65% gleich. Möglicherweise ist der geringfügige Anstieg der Angstpatienten damit zu begründen, dass voran gegangene schmerzhaft Erfahrungen und prägende Gespräche mit Bekannten verunsicherten und die Angst vor einer Behandlung steigerten. Der Zuwachs in der nahezu gleichen Altersgruppe der Patienten lässt sich möglicherweise auch mit der verstärkten Nutzung von Erfahrungsberichten aus dem Internet erklären.

Der Anteil der Befragten mit schmerzhaften Erfahrungen, bei Behandlungen vor zwanzig Jahren, lag durchschnittlich 12 % höher als bei den nach 1992 durchgeführten Behandlungen. Normalerweise verblassen die Erinnerungen an die Vergangenheit. Nur besonders einprägsame Erinnerungen bestehen lange fort. Schmerzhaft Behandlungen könnten aber auch über einen längeren Zeitraum verwechselt werden mit anderen negativen, schmerzhaften Erfahrungen beim Zahnarzt und vermeintlich mit dem Zeitpunkt der allgemein als schmerzhaft bekannten Wurzelkanalbehandlung in einen Zusammenhang gebracht worden sein.

Die in der These 1 aufgestellte Behauptung, dass alle Behandlungen mit fortschrittlichen Hilfsmitteln erst nach dem Jahr 2000 stattfanden, konnte nicht bestätigt werden. Die Lupenbrille als auch der Kofferdam wurden bei den Befragten bereits vor dem Jahr 2000 angewendet. Der Anteil hat jedoch ab dem Jahr 2000 deutlich zugenommen. 79% der Behandlungen mit fortschrittlichen Hilfsmitteln fanden erst nach dem Jahr 2000 statt. In der These wurde der Zeitpunkt mit dem Kriterium der Praxisreife kombiniert. Der enorme Zuwachs der Anwendung ab dem Jahr 2000 könnte seine Ursache in der Praxisreife haben. Andere Ursachen könnten mögliche Änderungen im Gebühren- und Abrechnungsrecht oder vermehrte Fortbildungsangebote für die Zahnärzte sein.

Die in der These 2 formulierte Behauptung, dass mit der Anwendung fortschrittlicher Hilfsmittel die Wurzelkanalbehandlungen immer erfolgreich verlaufen, konnte nicht bestätigt werden.

Während bei den wenigen Behandlungsfällen unter Sicht mit dem Mikroskop keine Misserfolge auftraten, so waren trotz Anwendung von Kofferdam und Lupenbrille Misserfolge zu verzeichnen. Im Vergleich zu der Gruppe ohne Nutzung der fortschrittlichen Hilfsmittel fielen die Misserfolge mit 20 % geringer als in der Gruppe ohne Hilfsmittel mit 33% aus. Aufgrund der zu kleinen Stichprobe ließen sich keine weitergehenden Auswertungen vornehmen. So wäre beispielsweise von Interesse gewesen, welche Bedeutung der Kofferdam als Grundlage für eine aseptische Therapie im Vergleich zu den einzelnen Gruppen mit und ohne Hilfsmittel für den Erfolg der Therapie gebracht hätte.

Anhand dieser Studie kann davon ausgegangen werden, dass zusätzlich zu fortschrittlichen Hilfsmitteln weitere Faktoren eine wichtige Rolle für den Erfolg einer Wurzelkanalbehandlung haben.

4.6 Schlussfolgerungen

Für eine statistische Auswertung muss die gewählte Stichprobe eindeutig zu bestimmen sein. Darüber hinaus sollte zur Beurteilung der Erfahrungen mit Wurzelkanalbehandlungen die Stichprobe erweitert werden. Erweitert man die Stichprobe beispielsweise auf die Klassen 5-12, steht einem ein größeres Altersspektrum an betroffenen Eltern für die Auswertung zur Verfügung.

Weiterhin wäre die Ermittlung von objektiven Daten zum Erfolg der Wurzelkanalbehandlungen hilfreich, so dass man diese nachfolgend mit den

subjektiven Aussagen der Befragten vergleichen könnte. Es ist davon auszugehen, dass nicht jede als Erfolg gewertete Wurzelkanalbehandlung auch tatsächlich erfolgreich verlaufen ist, da chronische Entzündungen ohne Kontrollröntgen vom Patienten aufgrund fehlender Schmerzen nicht wahrgenommen werden können. In diesem Fall müsste auf zahnärztliche Unterlagen zur Kontrolle des Therapieergebnisses zurückgegriffen werden.

Auch wäre die Ausweitung der Befragung innerhalb der zuvor gestellten Zielstellung auf Zahnärzte denkbar, wodurch man die Gründe für die Nicht- oder mangelnde Anwendung von Kofferdam, Lupe und Mikroskop besser ermitteln könnte. In gleichem Maße müssten die Universitäten in Deutschland befragt werden, inwieweit einheitliche moderne Ausbildungsprogramme existieren. Es ist zwar bekannt, dass in den letzten 5 Jahren in nahezu allen Universitätskliniken einzelne Dentalmikroskope für die Ausbildung zur Verfügung stehen, jedoch fehlen möglicherweise Lehrkonzepte für eine breite Anwendung. Der tatsächliche Stand der Ausbildung müsste für weitergehende Untersuchungen ermittelt werden, damit die Gründe für die langsame Verbreitung moderner Hilfsmittel in der Endodontie ermittelt werden können.

Aus dem Literaturstudium und den ermittelten Antworten der Befragten ließ sich erkennen, dass mit der Nutzung neuer technischer Hilfsmittel das Wissen und die Erkenntnisse in der Endodontologie sich verbessert haben. Nach den Umfrageergebnissen scheint ein direkter Zusammenhang zu bestehen. Eine tiefere epidemiologische Analyse ist auf der Grundlage vorliegender Erkenntnisse dieser Studienarbeit deshalb zu empfehlen.

5 Zusammenfassung

Die Anforderungen an die Zahnmedizin, natürliche Zähne dauerhaft zu erhalten, sind durch die Zunahme der durchschnittlichen Lebenserwartung in Europa immer größer geworden. Heutzutage versuchen Zahnärzte dazu beizutragen, den natürlichen Zahn so lange wie möglich zu erhalten, weil jeder prothetische Ersatz des natürlichen Zahnes den Eigenschaften nur nahe kommt, jedoch niemals gleichwertig ist. Zähne unterliegen dem natürlichen Verschleiß. Dadurch können das Dentin und der Zahnschmelz geschädigt werden, so dass der Schutz des Zahnes gegen Mikroorganismen geringer wird. Entscheidend ist der Zeitpunkt der Zerstörung, da in jungen Jahren der Zahn schneller durch Mikroorganismen zerstört werden kann als im fortgeschrittenen Alter. Weiterhin verändert sich im fortschreitenden Alter des

Patienten das Wurzelkanalsystem durch die ständigen Reize und Belastungen. Vor allem wirkt die Zivilisationskrankheit Karies, die durch die Umstellung der Essgewohnheiten auf zucker- und stärkehaltige Lebensmittel und die häufigen Mahlzeiten immer mehr zum Problem wird, negativ auf den Zahn ein, da dieser durch den Stoffwechsel der Bakterien geschädigt wird.

Von der Vergangenheit bis heute haben die Zähne nicht nur einen funktionellen Wert für die Zerkleinerung der Nahrung sondern darüber hinaus auch eine ästhetische, kulturelle und psychische Bedeutung, so dass der Wunsch des Patienten nach Erhaltung der Zähne trotz moderner Möglichkeiten des Zahnersatzes erhalten geblieben ist.

Bereits frühzeitig wurde die Notwendigkeit der Zahnpflege erkannt. Aufgrund mangelnder Kenntnis über die Ursachen der Karies und Folgeerkrankungen, waren die Empfehlungen und angewendeten Hilfsmittel zur Zahnpflege meist völlig ungeeignet. Heute gehört es zum zahnärztlichen Alltag, dass Patienten im Rahmen der sogenannten Kariesprophylaxe eine umfassende Aufklärung zur Mundhygiene erhalten und eine regelmäßige professionelle Zahnreinigung.

Zwischen der Gesundheit des Menschen und der Gesundheit der Zähne wurden in der Vergangenheit und Gegenwart Wechselbeziehungen entdeckt. Während in der Vergangenheit mystische Erklärungen im Vordergrund standen, gelang es erst mit der Entdeckung der anatomischen und pathobiologischen Grundlagen mit speziellen und aufwändigen Nachweisverfahren, die Auswirkungen von mikrobiellen Infektionen nachzuweisen. Über etwa 4000 Jahre der Menschheitsgeschichte bis in das 19. Jahrhundert konnte sich der Glaube an Zahnwürmer als Ursache für Zahnschmerzen erhalten. Ebenso lange versuchte man durch das Brennen der Zähne und Wurzelkanäle mit glühenden Eisen die vermeintliche Ursache zu bekämpfen. Obwohl schon einige Jahrzehnte seit der Entwicklung des Mikroskops und der Entdeckung der Bakterien vergangen waren, mussten noch viele Jahre vergehen, bis der Aberglaube den ersten wissenschaftlichen Erkenntnissen weichen musste.

Während die akuten Entzündungen an den Zähnen nachweislich zu einer Verschlechterung des Allgemeinzustandes führen, besteht bis heute noch keine Klarheit darüber, in welchem Ausmaß chronische Entzündungen eine Gefahr für den Menschen darstellen.

Fehlentwicklungen und Deutungen um sogenannte Herdtheorien gab es in der Vergangenheit und gibt es noch immer in der Gegenwart. Die Entfernung von "verdächtigen" Zähnen erfolgte in dem Glauben, einen "streuenden Herd" zu beseitigen. Immer dann, wenn

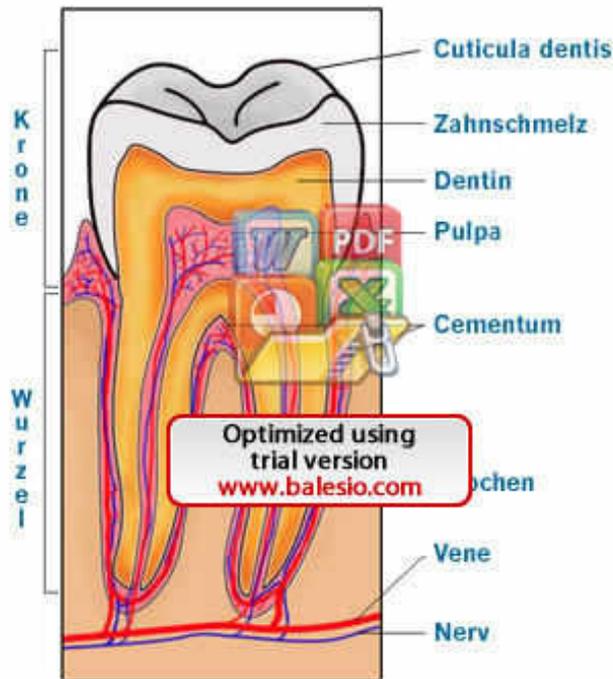
schlüssige Erklärungen für pathologische Prozesse fehlen, besteht schnell die Gefahr, für voreilige Schlussfolgerungen. Derartigen Fehleinschätzungen kann nur mit großer Hingabe mit wissenschaftlicher Grundlagenforschung begegnet werden. Diese benötigt in der Vergangenheit und in der Gegenwart Zeit, Engagement und die notwendigen technischen Voraussetzungen.

Ähnlich scheint es sich mit der Anwendung des Kofferdam und der Verwendung optischer Vergrößerungen zu verhalten. Bereits Mitte des 19. Jahrhunderts wurde die Notwendigkeit für die Anwendung des Kofferdam während der Wurzelkanalbehandlung und Füllungstherapie erkannt und gelehrt. Auch das Dentalmikroskop war bereits seit Anfang des 20. Jahrhunderts bekannt. Trotz allem hat es nach den ersten Ergebnissen dieser Studienarbeit erst in den letzten 10 Jahren ein erstes Umdenken zu einer vermehrten Anwendung dieser Hilfsmittel gegeben.

Die technische Entwicklung und die wissenschaftliche Erkenntnis scheinen wichtige Grundlagen für Veränderungen in der Medizin zu sein. Darüber hinaus besteht der Verdacht, dass die Weitergabe der Erkenntnisse über die Lehre von Studenten und der bereits ausgebildeten Zahnmediziner noch immer sehr viel Zeit benötigt, bis die Erkenntnisse am Patienten eingesetzt werden.

6 Anhang

6.1 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau des Zahnes

URL:

<http://images.search.conduit.com/ImagePreview/?q=aufbau%20zahn&ctid=CT2269050&searchsource=1&start=0&pos=5> [Abrufdatum: 05.05.2012]

Abbildung 2: Einkerbung am Zahn 11 und 41 durch das Festhalten von Nadeln

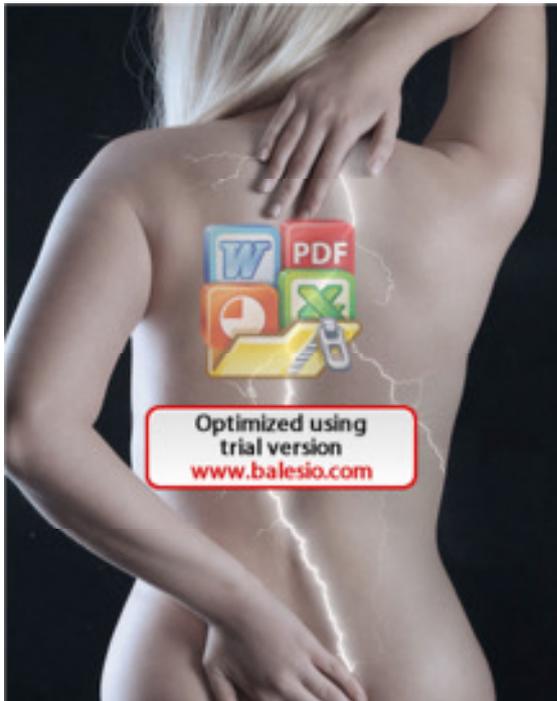
Foto: Zahnarztpraxis Arnold 2012

Abbildung 3: Erste zahnärztliche Handbohrer aus dem 19. Jahrhundert.



Mit freundlicher Genehmigung Zahnhistorisches Museum; Zschadrass

Abbildung 4: Schiefstellung der Wirbelsäule



URL: http://www.forkeundmeyer.de/resources/Fotolia_26719417_XS.jpg [Abrufdatum: 02.06.2012]

Abbildung 5a: Zahnwurm



URL: http://www.arentowicz.de/images/zahnwurm_v3.jpg [Abrufdatum: 02.06.2012]

Abbildung 5b: Die entfernte strangförmige und teilnekrotische Pulpa kann ohne vergrößerte Betrachtung den Eindruck eines wurmartigen Gebildes vermitteln. Vergrößerung: 8x



Foto: Zahnarztpraxis Arnold

Abbildungen Mikroskope

Abbildung 6



Abbildung 7



Abbildung 8



Abbildung 9



Abbildung 10

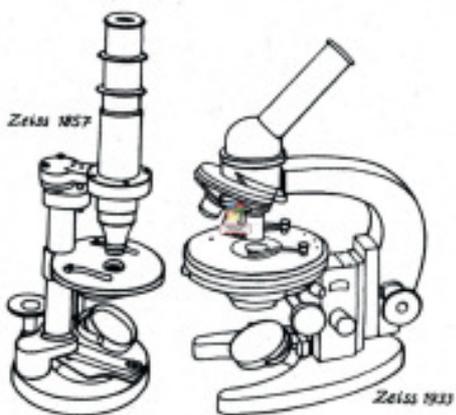


Abbildung 11

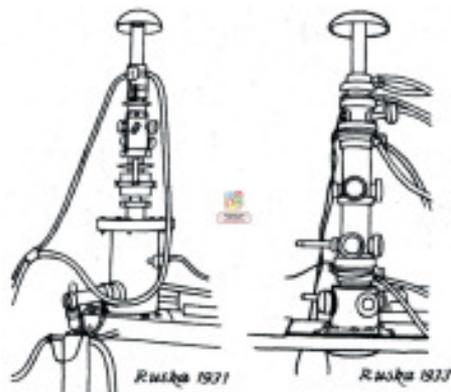
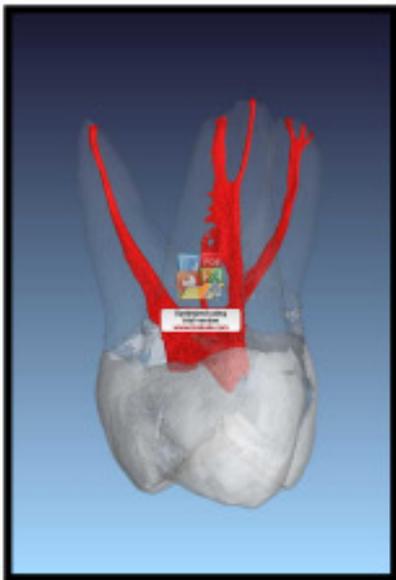


Abbildung 12: Transparenter oberer erster Molar nach vorangegangener Farbinfiltration. Die rot angefärbten Bereiche markieren die Ausdehnung des Wurzelkanalsystems.



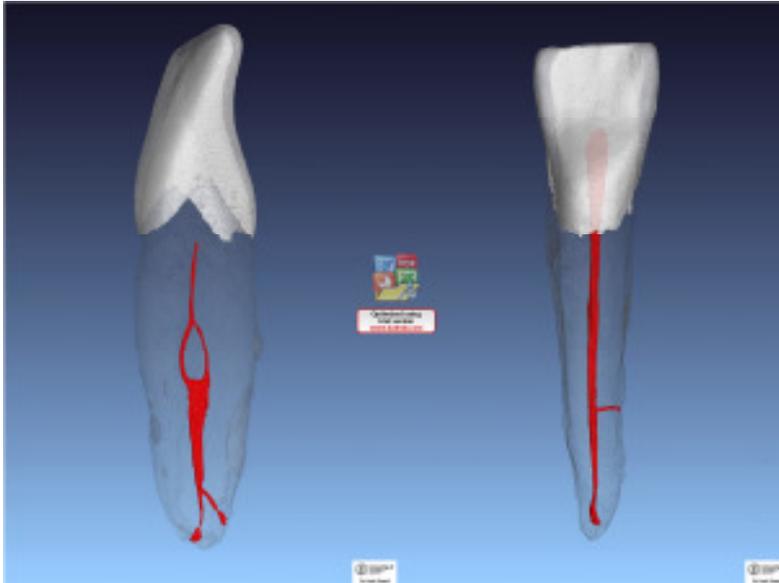
Mit freundlicher Genehmigung Dr. Holm Reuver, Neustadt

Abbildung 13: Dreidimensional rekonstruierter Zahn nach mikrotomographischer Aufnahme. Die rote Markierung stellt die Ausdehnung des Wurzelkanalsystems dar.



Mit freundlicher Genehmigung Dr. Frank Paque´; Universität Zürich.

Abbildung 14: Dreidimensional rekonstruierter Unterkiefer-Schneidezahn mit einer Wurzelkanalaufteilung am Ende der Wurzelspitze (apikales Delta) und einem Seitenkanal (rechtes Bild).



Mit freundlicher Genehmigung Dr. Paque´, Universität Zürich.

Abbildung 15: Brenneisen.



Mit freundlicher Genehmigung Zahnhistorisches Museum, Zschadrass

Abbildung 16: Brenneisen in unterschiedlichen Dimensionen für Wurzelkanäle.



Aus: Linderers Zahnoperationen. 1834; Tafel 10

Abbildung 17: „Wechselgebiss“ oder „Zahnwechsel“



URL: <http://www.opti-dent.ch/Upload/Bilder/Zahnwechsel.jpg> [Abrufdatum: 02.06.2012]

Nr. 18 Fragebogen

Diese Umfrage ist anonymisiert und behandelt das Thema des Vorhandenseins der Angst vor einer Wurzelkanalbehandlung. Kreuzen Sie bitte die zutreffende Antwort an. Vielen Dank für Ihre Unterstützung bei unserer Studienarbeit.

erster Erziehungsberechtigter:

- 1.) Wurde bei Ihnen bereits ein Zahn wurzelkanalbehandelt? (falls nein, ist das weitere Beantworten der Umfrage nicht nötig)
ja nein
- 2.) Wann fand die Behandlung statt? (grober Zeitraum genügt)
→
- 3.) Haben Sie Angst vor eine Wurzelkanalbehandlung?
ja nein
- 4.) Wovor haben Sie bei der Wurzelkanalbehandlung Angst:
- Spritzen
- Blut
- Schmerzen
- Bohren
- Sonstiges:
- 5.) War diese Wurzelkanalbehandlung schmerzhaft?
ja nein
- 6.) War die Behandlung erfolgreich?
ja nein
- 7.) Musste die Behandlung wiederholt werden? – Wie oft?
ja (Mal) nein
- 8.) Wurde bei der Behandlung ein Kofferdam (Gummituch über den Mund) verwendet?
ja nein
- 9.) Wurde bei der Wurzelkanalbehandlung ein Mikroskop oder eine Lupenbrille verwendet?
Mikroskop Lupenbrille

Diese Umfrage ist anonymisiert und behandelt das Thema des Vorhandenseins der Angst vor einer Wurzelkanalbehandlung. Kreuzen Sie bitte die zutreffende Antwort an. Vielen Dank für Ihre Unterstützung bei unserer Studienarbeit.

zweiter Erziehungsberechtigter:

- 1.) Wurde bei Ihnen bereits ein Zahn wurzelkanalbehandelt? (falls nein, ist das weitere Beantworten der Umfrage nicht nötig)
ja nein
- 2.) Wann fand die Behandlung statt? (grober Zeitraum genügt)
→
- 3.) Haben Sie Angst vor eine Wurzelkanalbehandlung?
ja nein
- 4.) Wovor haben Sie bei der Wurzelkanalbehandlung Angst:
- Spritzen
- Blut
- Schmerzen
- Bohren
- Sonstiges:
- 5.) War diese Wurzelkanalbehandlung schmerzhaft?
ja nein
- 6.) War die Behandlung erfolgreich?
ja nein
- 7.) Musste die Behandlung wiederholt werden? – Wie oft?
ja (Mal) nein
- 8.) Wurde bei der Behandlung ein Kofferdam (Gummituch über den Mund) verwendet?
ja nein
- 9.) Wurde bei der Wurzelkanalbehandlung ein Mikroskop oder eine Lupenbrille verwendet?
Mikroskop Lupenbrille

Diagramm 1: Anzahl der Wurzelkanalbehandlungen

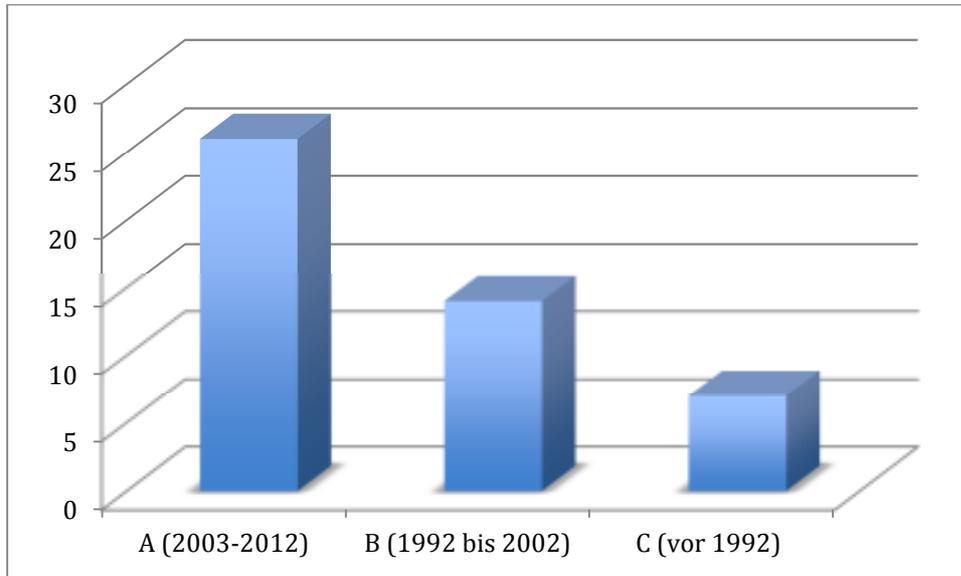


Diagramm 2: Misserfolge mit und ohne Hilfsmittel

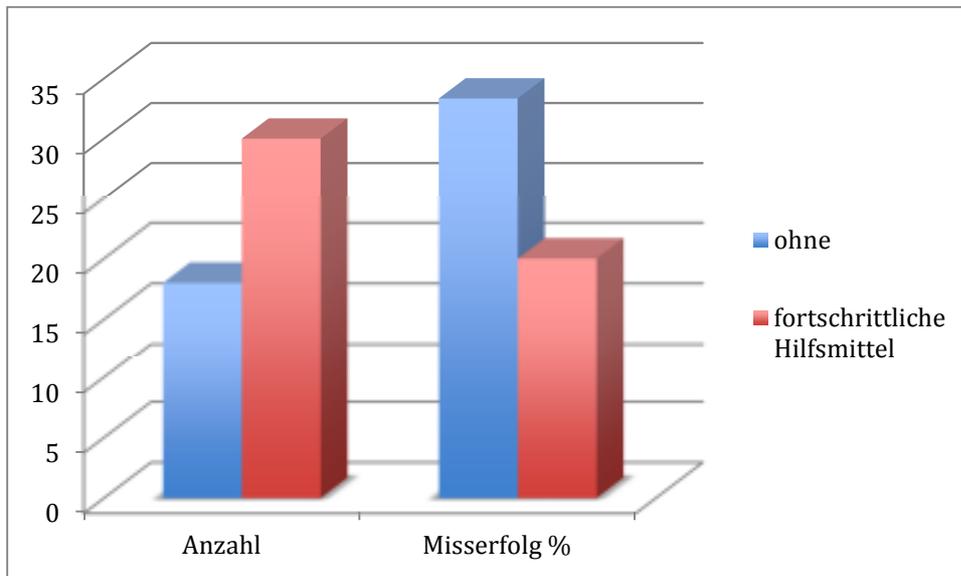


Diagramm 3: Verhältnis von Angst und Schmerzempfinden mit und ohne Lupenbrille

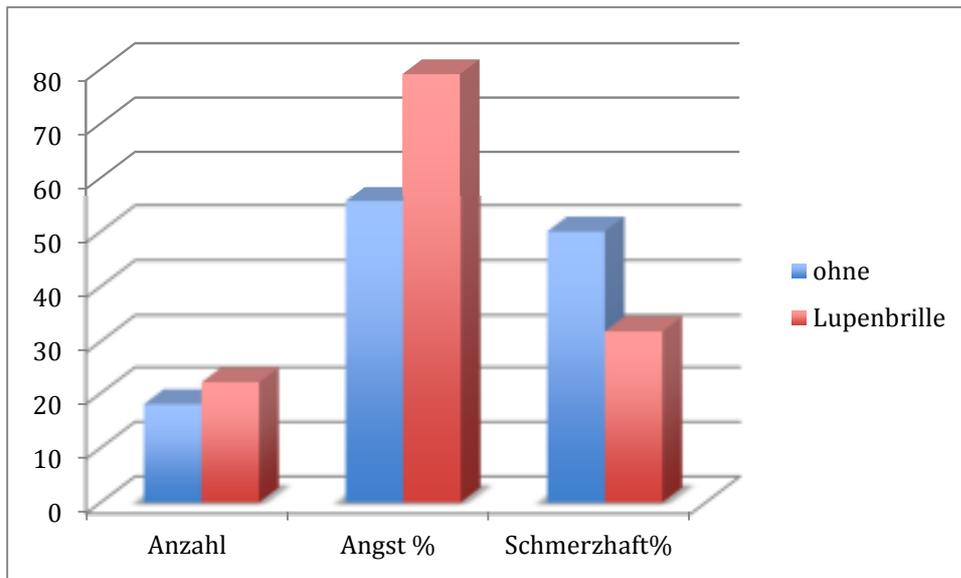
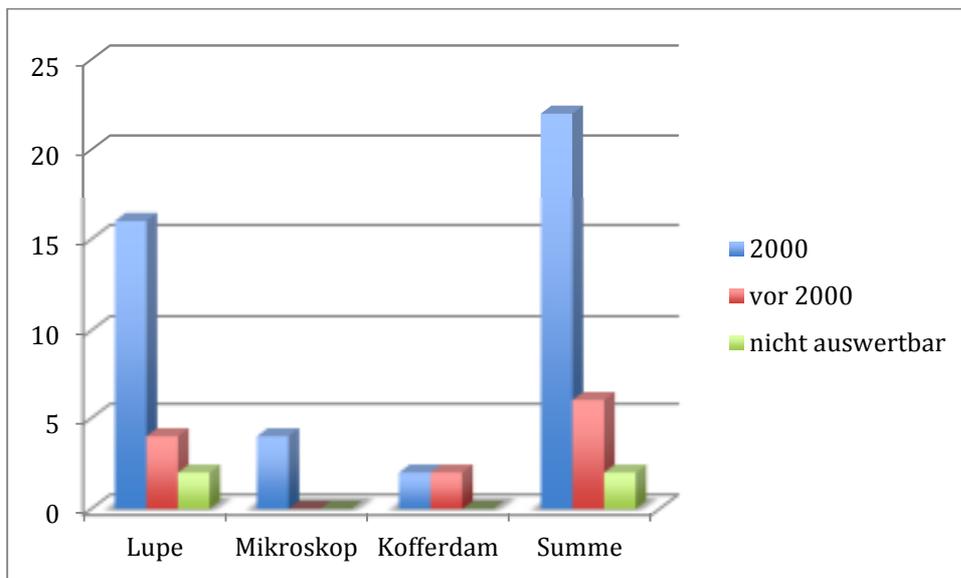


Diagramm 4: Anwendung fortschrittlicher Hilfsmittel



6.2 Literaturverzeichnis

- Arnold, M. Neue Möglichkeiten durch mikroskopunterstützte Zahnbehandlung. DFZ 2009: 57-67
- Autor unbekannt. Zene-Artzney um 1530 verfasst, 1533 gedruckt von Peter Jordan
- Baumann, Michael A. „Die räumliche Darstellung des Endodonts“. München, Wien, Mainz: Carl Hanser Verlag, 1995
- Baumann, R. „Was bietet das Operationsmikroskop dem Zahnarzt?“ Leipzig: Quintessenz, 1975; 26: 33-34
- Baumann, R. „Endodontie und Operationsmikroskop.“ Leipzig: Quintessenz, 1975; 26: 55-58
- Beer R, Mayerhöfer G. „Fortschritte in der Endodontie – □Die operationsmikroskopgestützte Wurzelkanalbehandlung“. Quintessenz, 1995; 46: 1437-1450
- Bossek, Dr. Hubert [u.a.]. Physik Sachsen 11 Grundkurs. Hg.Prof. Dr. habil. Loth. M. / Dr. G-D. Schm. Berlin/Frankfurt a. M.: Schulbuchverlag DUDEN PAETEC, 2008
- Carabelli, G. Systematisches Handbuch der Zahnheilkunde. Erster Band, Wien: Braumüller & Seidel, 1844
- Carabelli, G. Geschichtliche Übersicht der Zahnheilkunde. Zweiter Band, Wien: Braumüller & Seidel, 1844
- Carrada, Giovanni. Die Vorgeschichte. München: Bertelsmann, 2000.
- Debelian, G.J. & Olsen, I. & Tronstad, L. Anaerobic bacteremia and fungemia in patients undergoing endodontic therapy: an overview. Oslo: Ann Periodontol, 1998 Jul;3(1):281-7
- Debelian, G.J. & Olsen, I. & Tronstad, L. Bacteremia in conjunction with endodontic therapy. Endod Dent Traumatol. Oslo: Ann Periodontol, 1995 Jun;11(3):142-9.
- Dudenredaktion. DUDEN Band 1. Die deutsche Rechtschreibung. 24. Auflage. Mannheim: Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, 2006

- Europäische Gesellschaft für Endodontologie: Qualitätsrichtlinien endodontischer Behandlungen. *Endodontie* 2006; 15: 387
- Fauchard, P. Französischer Zahnarzt oder Tractat von den Zähnen. Berlin: Johannes Andreas Rüdigers, 1733
- Gloede, Wolfgang. Vom Lesestein zum Elektronenmikroskop. Berlin: VEB Verlag Technik, 1968
- Hess, W. Zur Anatomie der Wurzelkanäle des menschlichen Gebisses mit Berücksichtigung der feineren Verzweigungen am Foramen apicale. Habilitationsschrift. Zürich: 1917
- Hoffmann-Axthelm, W. Die Geschichte der Zahnheilkunde. Teil 2. Berlin: Quintessenz Berlin, 1985
- Holzmann, Verena „Ich beswer dich wurm und wyrmin...“: Formen und Typen altdeutscher Zaubersprüche und Segen. Bern, Berlin, Bruxelles, Frankfurt am Main, New York, Oxford, Wien: Verlag Lang, Peter Bern, 2001
- Hülsmann, M. & Schäfer, E. Probleme in der Endodontie - Prävention, Identifikation und Management. Berlin: Quintessenz Berlin, 2007
- Kamrin, BB. „The use of the microscope in oral diagnosis.“ *Dental Cosmos* 1934; 76: 7
- Klimm, W. Endodontologie: Grundlagen und Praxis. 1. Auflage. Dresden, Leipzig: Deutscher Zahnärzte Verlag, 2003
- Klimm, W. Endodontologie: Lehrbuch für Studium und Beruf. 2. Auflage. Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag, 2011
- Klimm, W. Kariologie: Ein Leitfaden für Studierende und Zahnärzte. Hansa, München, Wien: Deutscher Zahnärzte Verlag, 1997
- Koçkapan, C. Die Struktur des Wurzelkambiums. Berlin: Quintessenz Berlin, 2012; 21:113-128
- Lilley, J.D. Endodontic instrumentation before 1800. *Int Endod J* 1976; 9:67-70
- Lässig, Heinz E. und Müller, Rainer A. „Die Zahnheilkunde in Kunst und Kulturgeschichte“. Köln: Chapman & Hall GmbH, 1983

Linderer, J. „Lehre von den gesamten Zahnoperationen nach den besten Quellen und eigener vierzigjähriger Erfahrung.“ Berlin: August Hirschwald Verlag, 1834

Metzger, Z. & Teperovich, E. & Cohen, R. & Zary, R. & Paqué, F. & Hülsmann, M. The self-adjusting file (SAF). 2010 Apr;36(4):697-702

Miller, W.D. Die Mikroorganismen der Mundhöhle. Die örtlichen und allgemeinen Erkrankungen, welche durch dieselben hervorgerufen werden. Leipzig: Thieme, 1889

Mochmann, H. Köhler, W. Meilensteine der Bakteriologie, Von den Entdeckungen und Entdeckern aus den Gründerjahren der Medizinischen Mikrobiologie. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag, 1984

Morawetz, T. Wenn der Zanwurm bohrt. zm 2001: 64

Mozzo, P. & Procacci, C. & Tacconi, A. & Martini, P.T. & Andreis, I.A. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. Eur Radiol. 1998;8(9):1558-64.

Murray, C.A. & Saunders, W.P. Wurzelkanalbehandlung und Gesundheit- Eine Literaturübersicht. Endodontie 2002; 2:143-154

Peters, O.A. & Laib, A. & Rügsegger, P. & Barbakow, F. Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. J Dent Res. 2000 Jun;79(6):1405-9

Pilz, Wolfgang „Praxis der Zahnerhaltung und oralen Prävention“. Leipzig: Mühlhäuser Druckverlag, 1985

Radlanski, R.J. Orale Struktur- und Entwicklungsbiologie. Berlin: Quintessenz Berlin, 2011

Richter, A.G. Anfangsgründe der Wundarzneikunst. Vierter Band. Göttingen: Johann Christian Dieterich, 1797

Ring, Malvin E. Geschichte der Zahnmedizin. Könenmann, Köln 1997

Röntgen, W.C. Ueber eine neue Art von Strahlen. Würzburg: Physik.- medic. Gesellschaft, 1895

- Sanderink R. & Weiger R. Curriculum Orale Mikrobiologie und Immunologie. Berlin: Quintessenz Berlin, 2004
- Schröder, Hubert E. Pathobiologie oraler Strukturen. Zähne/Pulpa/Parodont. 3. Auflage. Basel: Karger, 1996
- Schroeder, Hubert E. Orale Strukturbiologie. Stuttgart: Thieme, 2000
- Schulze, R. & Haßfeld, S. & Schulze, D. Dentale Volumetomographie. Berlin: Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift 2009; 64:490-496
- Selden, H.S. „The dental-operating microscope and its slow □accaptance.“ J Endod, 2002; 28: 206-207
- Sert, S. & Sahinkesen, G. & Topçu, F.T. & Eroğlu, S.E. & Oktay, E.A. Root canal configurations of third molar teeth. A comparison with first and second molars in the Turkish population. Aust Endod J. 2011 Dec;37(3):109-17
- Spalteholz, W. Über das Durchsichtigmachen von menschlichen und tierischen Präparaten. Leipzig: S. Hirzel Verlag, 1911
- Sudhoff, K. Geschichte der Zahnheilkunde. Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1921
- Topoll, H.H. Prophylaxe marginaler Parodontopathien. 113. Auflage. München : Urban & Schwarzenberg, 1993
- Weeber, Karl-Wilhelm. Alltag im alten Rom- Das Leben in der Stadt. 7. Auflage. Lengerich: Patmos Verlag GmbH & Co. KG, 2003

6.3 Internetquellenverzeichnis

URL: <http://www.zahnlabor.de/artikel-822.htm> [Abrufdatum: 02.03.2012]

URL: <http://www.naturheilpraxis-hollmann.de/Zahnherde.htm> [Abrufdatum: 02.03.2012]

URL: http://www.onmeda.de/zahnmedizin/mutter_kind/zahntwicklung.html [Abrufdatum: 02.03.2012]

URL: <http://www.ekinda.de/infos/heilsames/18-tu-dir-gut-zahnpflege/33-bedeutung-der-zaehne.html> [Abrufdatum: 12.03.2012]

URL: <http://www.onmeda.de/ratgeber/baby/zaehne-stoerungen-der-zahntwicklung-16945-3.html> [Abrufdatum: 02.03.2012]

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Zahnwurm> [Abrufdatum: 03.03.2012]

URL: http://epub.uni-regensburg.de/10806/1/Dissertation_Hubmann.pdf [Abrufdatum: 05.03.2012]

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Pulpitis> [Abrufdatum: 02.03.2012]

URL: <http://www.kindergesundheit-info.de/fuer-eltern/gesundheitsrisiken/b/gesunde-zaehne/die-entwicklung-der-zaehne/> [Abrufdatum: 23.05.2012]

URL: http://www.zfz.de/online_magazin/zahnverschleiss.html [Abrufdatum: 13.02.2012]

URL: <http://www.wissenschaft.de/wissenschaft/news/262660.html> [Abrufdatum: 18.05.2012]

URL: <http://www-user.uni-bremen.de/~d02q/antike.htm> [Abrufdatum: 28.02.2012]

URL: <http://www-user.uni-bremen.de/~d02q/mittel.htm> [Abrufdatum: 28.02.2012]

URL: <http://www-user.uni-bremen.de/~d02q/neuzeit.htm> [Abrufdatum: 28.02.2012]

URL: <http://www-user.uni-bremen.de/~d02q/19jhd.htm> [Abrufdatum: 28.02.2012]

URL: <http://www-user.uni-bremen.de/~d02q/20jhd.htm> [Abrufdatum: 28.02.2012]

URL: <http://www.iww.de/zr/allgemeine-zahnheilkunde/allgemeine-zahnheilkunde-intraligamentare-anaesthesie-vorteile-bei-extraktionen-und-bei-der-zahnerhaltung-f12544>

[Abrufdatum: 01.03.2012]

URL: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0257-1006767> (Untersuchungen über die Aetiologie der Wundinfektionskrankheiten) [Abrufdatum: 17.02.2012]

URL: <http://www.netdokter.de/Gesund-Leben/Zaehne/Fuellungen+Co/Wurzelkanalbehandlung-6032.html> [Abrufdatum: 08.03.2012]

URL: <http://www.netdokter.de/Gesund-Leben/Zaehne/Fuellungen+Co/Wurzelkanalbehandlung-6032.html> [Abrufdatum: 08.03.2012]

URL: <http://www.zahnaufbau.de/zahn.html> [Abrufdatum: 26.05.2012]

URL: http://www.imikro.uni-rostock.de/Doku/Lehre/VBiomedtechnik/V_Biomechanik_Desinf_Sterilisation.pdf

[Abrufdatum: 01.05.2012]

URL: http://www.imikro.uni-rostock.de/Doku/Lehre/VBiomedtechnik/V_Biomechanik_Desinf_Sterilisation.pdf

[Abrufdatum: 24.05.2012]

URL: [http://de.wikipedia.org/wiki/Prophylaxe_\(Zahnmedizin\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Prophylaxe_(Zahnmedizin)) [Abrufdatum: 25.03.2012]

URL: <http://www.zeit.de/wissen/gesundheit/2010-08/professionelle-zahnreinigung>

[Abrufdatum: 25.03.2012]

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Zahnschmuck> [Abrufdatum: 04.03.1012]

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Zahnaufhellung> [Abrufdatum: 01.04.1012]

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Galenos> [Abrufdatum: 27.05.2012] URL:

http://word.office.live.com/wv/WordView.aspx?FBsrc=http%3A%2F%2Fwww.facebook.com%2Fattachments%2Fdoc_preview.php%3Fmid%3Did.281834845246586%26id%3Dd3192333b389d38cbfd476973d1a161d%26metadata&access_token=100002391120500%3AAQDDxcGUU_y2SNjT&title=Ausbrennen%2C+trepanieren%2C+%C3%A4tzen [Abrufdatum:

18.03.1012]

URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Regenerative_Medizin [Abrufdatum: 25.05.2012]

URL: http://www.standhartinger.de/Gesundezaehne_Parodontologie_3.php?adresse=leistung&sub=Gesunde&nav_content=4 [Abrufdatum: 25.05.2012]

URL: <http://www.zahnforum.org/ftopic38.html> [Abrufdatum: 28.02.1012]

URL: <http://www.zahnforum.org/ftopic222.html> [Abrufdatum: 03.03.2012]

URL: <http://www.zahnforum.org/ftopic177.html> [Abrufdatum: 03.03.2012]

6.4 Eigenständigkeitserklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die Facharbeit ohne fremde Hilfe angefertigt und nur die im Literatur- und Quellenverzeichnis angeführten Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

01445 Radebeul

Datum

Namen