

Aus der Abteilung Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
(Prof. Dr. med. Dr. med. dent. H. Schliephake)
im Zentrum Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

Bewertung endoskopischer Verfahren in der Oralchirurgie nach 15 Jahren Anwendung

INAUGURAL – DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
für Zahnheilkunde
der Medizinischen Fakultät der
Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

Víctor Beltrán

aus

Temuco, Chile

Göttingen 2015

Dekan: Prof. Dr. rer. nat. H. K. Kroemer

I. Berichterstatter/in: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. W. Engelke

II. Berichterstatter/in: Prof. Dr. med. M. Canis

III. Berichterstatter/in: Prof. Dr. med. M. Oppermann

Tag der mündlichen Prüfung: 12. April 2016

Inhalte der vorliegenden Promotionsschrift waren Grundlage für folgende Veröffentlichungen:

Engelke W, Fuentes R, Beltrán V (2013): Endoscopically assisted removal of a lingually displaced third molar adjacent to the inferior alveolar nerve. J Craniofac Surg 24, 2171-2174

Engelke W, Beltrán V, Cantín M, Choi EJ, Navarro P, Fuentes R (2014): Removal of impacted mandibular third molars using an inward fragmentation technique (IFT) - Method and first results. J Craniomaxillofac Surg 42, 213-219

Engelke W, Lazzarini M, Stühmer W, Beltrán V: Support Immersion Endoscopy in Post-Extraction Alveolar Bone Chambers: A New Window for Microscopic Bone Imaging In Vivo. PLoS One 2015 Dec 29;10(12):e0145767. doi:10.1371/journal.pone.0145767. eCollection 2015

Engelke W, Beltrán V: Endoskopische Verfahren in der minimal invasiven Oralchirurgie. Endo-Press Verlag, Tuttlingen 2014

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	VI
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	IX
1 Entwicklung der Endoskopie in der dentoalveolären Chirurgie	1
1.1 Historische Entwicklung	1
1.2 Endoskopische Prozeduren am bezahnten Kieferabschnitt.....	8
1.3 Endoskopische Prozeduren während und nach der Zahntfernung	13
1.4 Endoskopische Prozeduren am unbezahnten Kieferabschnitt.....	16
1.5 Zielsetzung der Arbeit	19
2 Material und Methoden	21
2.1 Patientenkollektiv und Selektion der Kohorten	21
2.2 Endoskopische Untersuchungstechniken	25
2.3 Aufbereitung der endoskopischen Bilddaten	31
2.4 Befunderhebung für die diagnostische Alveoloskopie.....	32
2.5 Endoskopisch assistierte Zahntfernung	34
2.5.1 Präoperative Befunderhebung.....	34
2.5.2 Ablauf der endoskopisch assistierten Enukleation (EAE)	35
2.6 Endoskopische Mikromorphometrie	38
2.7 Statistische Auswertung	41
3 Resultate	43
3.1 Art und Verteilung der endoskopischen Eingriffe	43
3.1.1 Verteilung der endoskopischen Prozeduren auf die Gesamtgruppe (Kohorte).....	43
3.1.2 Alter und Geschlechtsverteilung	43
3.1.3 Lokalisation.....	46
3.2 Alveoloskopische Befunde.....	48
3.2.1 Beschreibung der alveoloskopischen Befunde mittels Stützendoskopie .	48
3.2.2 Verteilung der Befunde im Zahnbogen	52
3.2.3 Lokalisation der Befunde in der Alveole	53

3.3	Evaluierung der endoskopisch assistierten Eukleation	55
3.4	Mikromorphometrische Untersuchung	60
4	Diskussion	63
4.1	Zur Entwicklung der oralen Endoskopie an der UMG	63
4.2	Bedeutung alveoloskopischer Befunde	66
4.3	Klinische Aspekte der endoskopisch assistierten Wurzelentfernung	69
4.4	Mikromorphologische Aspekte	75
4.5	Schlussfolgerungen	79
5	Zusammenfassung.....	80
6	Anhang	83
6.1	Unterlagen zur ethischen Begutachtung.....	83
7	Literaturverzeichnis.....	85

Abkürzungsverzeichnis

A	Apexpunkt
DVT	Digitaler Volumentomograph
EAE	Endoskopisch assistierte Eukleation
F	Furkationspunkt
F'	Projektion des Furkationspunktes auf die Längsachse
FA	Abstand der Furkation vom Apexpunkt
FH	Furkationshöhe
FvI	Fläche von Interesse
GF	Gesamte selektierte Knochenfläche
GQF	Gefäßquerschnittsfläche
IFT	Interne Fragmentierungstechnik
K	Kohorte
KG	Knochengrenze
KG'	Schnittpunkt von Längsachse und Knochengrenze
KH	Knochenhöhe
KI	Konfidenzintervall
LA	Längsachse des Zahnes
MAV	Mund-Antrum-Verbindung
n	Anzahl
NF-SIE	Nahfeld-Stützzimmersionendoskopie
NMF	Nicht mineralisierte Fläche
O	Okklusalpunkt
OP	Operation
SA	Subgruppe A

SB	Subgruppe B
SC	Subgruppe C
SE	Stützendoskopie
SIE	Stützzimmersionsendoskopie
ZMK	Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ausstattung und Blickfeld der Endoskope.....	2
Abbildung 2: Verschiedene Blickwinkel der Endoskope und schematische Darstellung einer endoskopischen Kontrolle während der transalveolären Ablösung der Schneider`schen Membran.....	3
Abbildung 3: Endoskop mit einem Blickwinkel von 70 Grad.....	4
Abbildung 4: Modifikationen eines medizinischen Endoskops für die Verwendung mit verschiedenen paradontalen Instrumenten.....	4
Abbildung 5: Endoskopische Ausrüstung nach Bahcall und Barss (2003).....	5
Abbildung 6: Für die Visualisierung von anatomischen Strukturen in der Oralchirurgie und der Implantologie verwendete Endoskope.....	7
Abbildung 7: Position des Endoskops während der Trepanation in einer endodontischen Behandlung.....	9
Abbildung 8: Querschnitt durch das Endoskop von Ozawa	11
Abbildung 9: a) Mikrochirurgische Visualisierung des Operationsfeldes.....	14
Abbildung 10: Endoskopisch assistierte Zahnentfernung nach Engelke et al. (2013).....	15
Abbildung 11: Einsatz des Endoskops und Diodenlasers am Tunneleingang von Sennhenn-Kirchner und Engelke (2006).....	18

Abbildung 12 : Endoskope und Stützschäfte.....	25
Abbildung 13: Starres Endoskop mit 2.7 mm Durchmesser und 30° Blickwinkel.....	26
Abbildung 14: Stützendoskopisch assistierte Wurzelseparation bei der Entfernung eines unteren dritten Molaren.....	27
Abbildung 15: Stützendoskopische Vermessung einer Extraktionsalveole.....	27
Abbildung 16: Prinzip der Stützzimmersionsendoskopie am Kiefermodell	28
Abbildung 17: Stützzimmersionsendoskopie: Untersuchung einer Extraktionsalveole	29
Abbildung 18: Nahfeld Stützzimmersionsendoskopie (NF-SIE).....	30
Abbildung 19: Arbeitsposition des chirurgischen Teams bei einem oralchirurgischen Eingriff an der UMG.....	30
Abbildung 20: Bestimmung der Knochenhöhe und Furkationshöhe modifiziert nach Engelke et al. (2014).....	35
Abbildung 21: Endoskopische Mikromorphometrie.....	39
Abbildung 22: A: NF- SIE einer Implantatkavität vor Bildbearbeitung	39
Abbildung 23: Mikromorphometrische Bildauswertung	41
Abbildung 24: Altersverteilung der Patienten mit Alveoloskopien	44
Abbildung 25: Altersverteilung der Patienten mit Implantoskopien	45
Abbildung 26: Verteilung der Alveoloskopien in Bezug auf die Zahnregionen	47
Abbildung 27: Verteilung der Implantoskopien auf die Zahnregionen	48
Abbildung 28: Knochendefekt, festgestellt an der bukkalen Alveolenwand	49
Abbildung 29: Fenestration der bukkalen Alveolenwand	49

Abbildung 30: Perforation der lingualen Knochenwand der Alveole	50
Abbildung 31: Fraktur der bukkalen Alveolenwand	50
Abbildung 32: Identifizierung eines Wurzelfragments in der Apikalregion der Alveole	51
Abbildung 33: Identifizierung eines apikalen Granuloms an der Alveole.	51
Abbildung 34: Mund-Antrumverbindung	52
Abbildung 35: Freiliegender N.alveolaris inferior in der Alveole	52
Abbildung 36: Beschreibung von endoskopisch assistierten Eingriffen und anatomischen Parameten von Weisheitszähnen	55
Abbildung 37: Endoskopische Mikromorphometrie einer Extraktionsalveole (links) und einer Implantatkavität (rechts)	61
Abbildung 38: Quantitative Analyse der nicht - mineralisierten Knochenfläche (NMF) und Gefäßquerschnittsfläche (GKF) als Prozentsatz der Gesamtfläche.....	62

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Darstellung der Selektionskriterien der verschiedenen Subgruppen	22
Tabelle 2: Diagnostische Befunderhebung	33
Tabelle 3: Ablauf der endoskopisch assistierten Eukleation (EAE), die EAE wurde in 10 verschiedene Schritte unterteilt	37
Tabelle 4: Vorgehen bei der endoskopischen Mikromorphometrie	40
Tabelle 5: Altersverteilung der Patienten mit Alveoloskopien	43
Tabelle 6 : Altersverteilung der Patienten mit Implantoskopien	44
Tabelle 7: Geschlechtsverteilung der Eingriffe	45

Tabelle 8 : Lokalisation der Alveoloskopien im Bereich des Zahnbogens.....	46
Tabelle 9 : Verteilung der Befunde im Zahnbogen	52
Tabelle 10: Lokalisation der Befunde in der Alveole	53
Tabelle 11: Verteilung der alveoloskopischen Befunde auf Patienten und Zahnregionen	54
Tabelle 12: Messungen in einer retrospektiven Kohorte von 10 Patienten zur Evaluierung der endoskopisch assistierten E nukleation	56
Tabelle 13: Anatomische Faktoren und Anzahl der operativen Teilschritte	57
Tabelle 14: Spezielle intraoperative Befunde	57
Tabelle 15: Darstellung der verschiedenen Falldokumentationen der definierten Teilschritte	60

1 Entwicklung der Endoskopie in der dentoalveolären Chirurgie

1.1 Historische Entwicklung

In einem Übersichtsartikel zur Endoskopie in der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie formulierte Neff (2013, S. 241): „Unter dem Aspekt der notwendigen Weiterentwicklung unseres Faches auf Augenhöhe bleibt allerdings dringend zu hoffen, dass sich die Endoskopie in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie analog zu unseren Nachbardisziplinen als Standard auf breitem Niveau etablieren wird und nicht nur als spezialisierte Technik von einer Minderheit von Zentren praktiziert wird“. In diesem Sinne hat sich die fortschreitende Entwicklung der dentoalveolären endoskopischen Chirurgie als ein ausgezeichnetes Werkzeug für die Diagnose und die Unterstützung von verschiedensten Eingriffen herausgestellt (Beltrán et al. 2012; Neff 2013). Im Folgenden soll daher ein Überblick über die Entwicklung der Endoskopie in der dentoalveolären Chirurgie bis heute gegeben werden.

In der Vergangenheit wurden mehrere Versuche unternommen, die Endoskopie in verschiedenen Bereichen der Zahnmedizin einzusetzen: Tornes et al. (1977) berichten von endoskopischen Untersuchungstechniken in der Oralchirurgie. Die norwegische Gruppe benutzte starre Endoskope von 4 mm mit 0- und 70-Grad-Blickwinkeln für verschiedene Anwendungen in der Mund- und Kieferchirurgie (siehe Abb. 1) wie Antroskopie, endoskopische Kontrolle von Osteotomien, Visualisierung von kritischen anatomischen Strukturen der Kieferhöhle und endoskopische Untersuchungen von zystischen Prozessen.

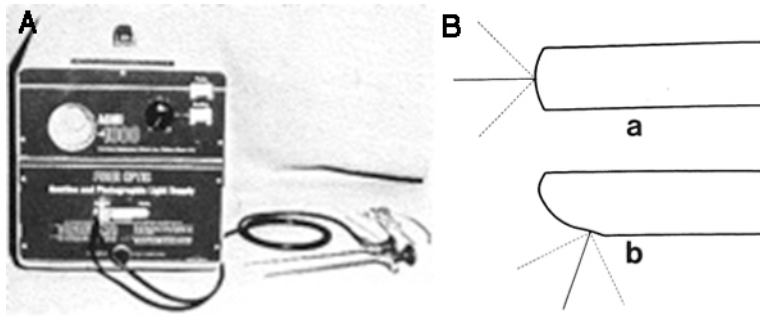


Abbildung 1 A. Ausstattung und **B.** Blickfeld der Endoskope, die von Tornes et al. (1977, S. 438) benutzt wurden, beide mit einem Durchmesser von a) 4 mm (Storz) und b) mit 0°- bis 70°- Winkeln

Detsch et al. (1979) empfahlen die Endoskopie als ein nützliches Hilfsmittel für die Diagnosestellung in der endodontischen, nicht-chirurgischen Therapie. Auf die gleiche Art haben Marshall et al. (1981) einige Anwendungen von Endoskopen während der Diagnostik und der Therapie von Wurzelbehandlungen beschrieben. Jahre später beschrieben Held et al. (1996) die erste Anwendung von Endoskopen als unterstützendes Werkzeug in der periradikulären Chirurgie (siehe Abb. 2a), parallel dazu benutzten Engelke und Deckwer (1997) zum ersten Mal starre Endoskope mit 70°-, 90°- und 120°- Blickwinkeln für die Kontrolle des subantralen Raumes bei der Augmentation des Kieferhöhlenbodens (siehe Abb. 2b).

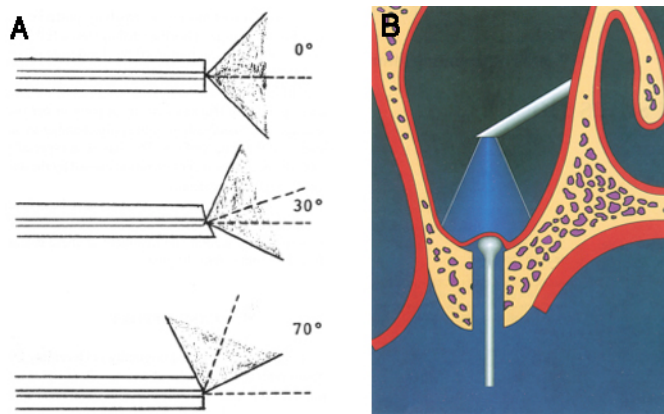


Abbildung 2 A. Verschiedene Blickwinkel der Endoskope, die von Held et al. (1996, S. 328) für die periradikuläre Chirurgie benutzt wurden. Von oben nach unten sind Blickfelder von 0, 30 und 70 Grad dargestellt; B. Schematische Darstellung einer endoskopischen Kontrolle während der transalveolären Ablösung der Schneider'schen Membran, durchgeführt mittels Antroskopie und starren Endoskopen von 70°, 90° und 120° von Engelke und Deckwer (1997, S. 528)

García et al. (1998) werteten die Verwendung des Endoskops bei der Untersuchung von Kieferzysten nach einer Zystektomie aus, Ozawa et al. (1999) berichteten von der Verwendung flexibler Endoskope mit integriertem Spülsystem, die eine Beobachtung des parodontalen Sulkus ermöglicht.

Bahcall et al. (1999) verfeinerten die endoskopische Technik für den endodontischen Eingriff. Lambrecht (2000, S. 267) formulierte: "In die Kieferhöhle dislozierte Zähne oder Wurzeln werden sofort mit endoskopischer Technik entfernt". Auch Wiltfang et al. (2000) beschrieben den antroskopischen Einsatz von Endoskopen, um eine optimale Sicht auf das Operationsfeld und eine genaue Platzierung der Implantatkomponenten während des Anhebens des Kieferhöhlenbodens zu ermöglichen. Bahcall und Barss (2001) beschrieben verschiedene Anwendungen der flexiblen Endoskope während der Wurzelkanalbehandlung und ein Jahr später publizierten von Arx et al. (2002) technische Details zur diagnostischen Anwendung des Endoskops während eines endodontisch-chirurgischen Eingriffs (siehe Abb. 3).

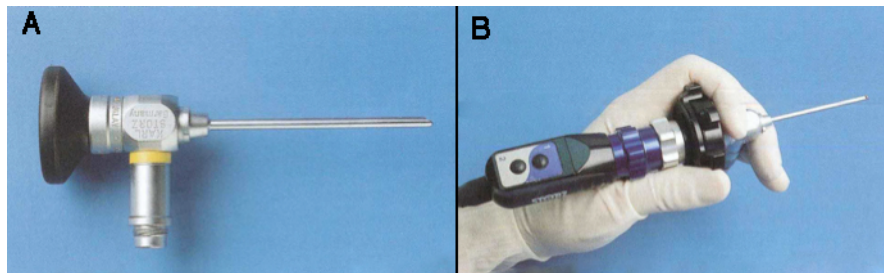


Abbildung 3 **A.** Endoskop mit einem Blickwinkel von 70 Grad, das von Arx et al. (2002, S. 256) für die diagnostische Anwendung während einer Wurzelspitzenresektion verwendeten; **B.** Unten befindet sich der Verbindungsstecker für das Lichtleitkabel. Führung des Endoskops mit aufgesetzter Kamera zur korrekten Einstellung des Operationsfeldes

Engelke (2002) berichtete von einer Visualisierung intraossärer Strukturen unter hoher Vergrößerung während der Vorbereitung von Implantatkavitäten. Er wendete dabei die Immersionsendoskopie mit starren Endoskopen an, die an eine Stützspülvorrichtung gekoppelt waren. Stambaugh et al. (2002) publizierten die Entwicklung eines flexiblen Endoskops mit kleinem Durchmesser und integriertem Spülsystem für die Untersuchung von Zahnfleischtaschen. Sie benutzten diese Technologie mit Erfolg bei der Identifizierung und der Beurteilung von harten und weichen Zahnbelägen sowie bei der Lokalisierung von Wurzelkaries und Zahnsteinablagerungen (siehe Abb. 4).

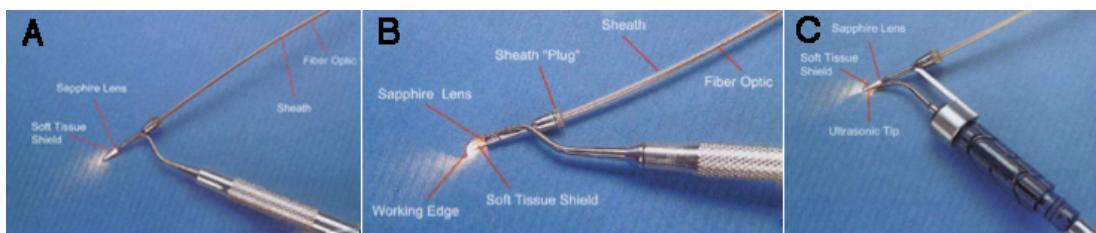


Abbildung 4 Modifikationen eines medizinischen Endoskops für die Verwendung mit verschiedenen paradontalen Instrumenten (Stambaugh et al. 2002, S. 376): **A.** Modifizierte Sonde zur Verwendung mit einem zahnärztlichen Endoskop; **B.** Modifizierte Kurette zur Verwendung mit einem zahnärztlichen Endoskop; **C.** Modifizierter Ultraschallscaler zur Verwendung mit einem zahnärztlichen Endoskop

Seit dem Jahr 2003 lässt sich eine wichtige Entwicklung in der dentoalveolären Chirurgie beobachten, die sich auf die mikroskopische Beobachtung von Knochenstrukturen bezieht. Verschiedene internationale Arbeitsgruppen wie Engelke et al. (2003) berichteten, dass ein minimal-invasiver, lateraler Zugang zur Kieferhöhle mit Hilfe von Mikroinstrumenten für die Bildung eines subantralen Tunnels mit endoskopischer Unterstützung möglich ist. Während der intraoperativen Diagnostik in der periradikulären Chirurgie benutzten von Arx et al. (2003) erfolgreich starre Endoskope von 3 mm Durchmesser und 70°-Winkeln; Bahcall und Barss (2003) berichteten von der Verwendung einer Auswahl von Endoskop-Optiken für die periradikuläre Chirurgie und die nicht-operative endodontische Behandlung (siehe Abb. 5). Dabei seien Optiken von 2,7 mm und 70°-Winkel laut diesen Autoren in der periradikulären Chirurgie von besonderem Interesse. Außerdem beschrieben in demselben Jahr Ozawa et al. (2003) die Verwendung eines flexiblen Endoskops mit kleinem Durchmesser und einem integrierten inneren Spülsystem für die Kürettage von periapikalen Prozessen.

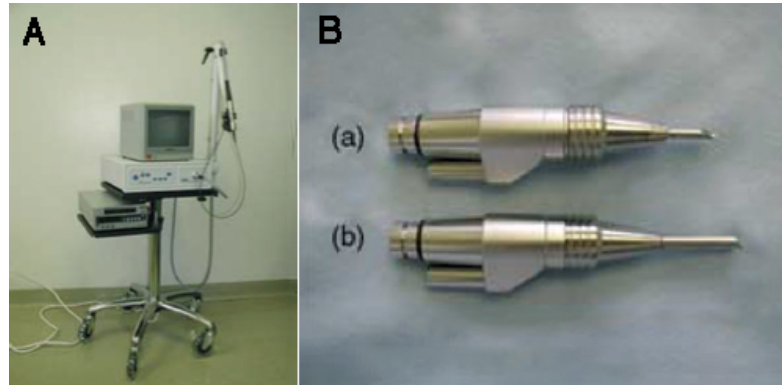


Abbildung 5 Endoskopische Ausrüstung für die Behandlung während der endodontischen Chirurgie (Bahcall und Barss 2003, S. 442, S. 443): **A.** Monitor und endoskopisches System (JEMED, St. Louis, MO); **B.** (a) Endoskop mit Spitzendurchmesser von 2,7 mm, 70°, 3 cm (b) Endoskop mit Spitzendurchmesser 4 mm, 30°, 4 cm Länge

Geibel (2006) entwickelte ein Mikro-Endoskop, das aus einem flexiblen System mit Außendurchmessern von 1,0 mm sowie von 0,34 mm besteht und gut für verschiedene Anwendungen in der operativen und parodontalen Oralchirurgie geeignet ist. Außerdem wurden weiterhin flexible Endoskope mit integriertem Spülsystem verwendet, um die Entfernung von bakterieller subgingivaler Plaque und die Visualisierung der Wurzeloberfläche während der parodontalen, nicht chirurgischen Therapie von tiefen Taschen (Geisinger et al. 2007) zu optimieren.

Engelke und Galle (2008) berichteten in einer Auswertung über 5 Jahre von einer Vielzahl endoskopischer Verfahren in der Implantologie. Den Autoren zufolge habe die Stütz- sowie die Stützzimmersionsendoskopie keine wesentlichen Nebenwirkungen, vielmehr liefere sie wertvolle Daten bei der minimal-invasiven Platzierung von Implantaten. Schleier et al. (2008) verwendeten starre Endoskope für die Platzierung von Implantaten unter antroskopischer Kontrolle, um die minimal-invasive transalveoläre Augmentation zu verbessern und Schäden an der Sinusmembran während der Operation zu diagnostizieren. Juodzbaly et al. (2008) beschrieben die Verwendung der Immersionsendoskopie, um Alveolardefekte in verschiedenen Kieferbereichen nach einer Extraktion zu diagnostizieren. Taschieri et al. (2008) benutzten für die periradikuläre Chirurgie entweder ein starres Endoskop oder ein Operationsmikroskop und beobachteten dabei, dass beide Methoden einen vergleichbaren Einfluss auf das Resultat endodontisch-chirurgischer Maßnahmen haben.

Moshonov et al. (2009) berichteten, dass die Verwendung von flexiblen Endoskopen von 0,9 mm und 0,55 mm nicht nur für die Beobachtung und die präoperative Diagnose, sondern auch für die aktive endodontische Behandlung in Betracht gezogen werden kann. Kahairi et al. (2010) berichteten von der endoskopisch assistierten Enukleation radikulärer Zysten, Nestal Zibo und Miller (2011) beschrieben in ähnlicher Weise die Enukleation einer großvolumigen Unterkieferzyste mit endoskopischer Unterstützung unter Wahrung der Integrität des beteiligten N. alveolaris inferior. Nahlieli et al. (2011) publizierten die Verwendung von semi-flexiblen endoskopischen Systemen mit kleinem Durchmesser und integriertem Spülsystem für einige Indikationen in der Oralchirurgie und Implantologie, wie zum Beispiel die Visualisierung der Alveole direkt nach der

Extraktion oder während der Vorbereitung der Implantatregionen in enger Lagebeziehung zur Sinusmembran.

Vor einiger Zeit beschrieben Engelke et al. (2011) erstmalig die Entfernung von Weisheitszähnen durch einen okklusalen alveolären Zugang unter Vergrößerung durch den kombinierten Einsatz von Mikroskop und starrem 2,7 mm - Endoskop. Darüber hinaus wurde über die Verwendung von verschiedenen starren Endoskopen zur Visualisierung von anatomischen Strukturen bei unterschiedlichen Indikationen in der Oralchirurgie berichtet (Beltrán et al. 2012). Aufgrund dieser verbesserten intra-alveolären Visualisierung publizierten Iwai et al. (2012a) über die Verwendung von starren 2.7 mm - Endoskopen mit Stützschaft, um einen verlagerten Weisheitszahn über die Extraktionsalveole zu entfernen. So konnte ein sekundärer operativer Zugang vermieden werden (siehe Abb. 6).

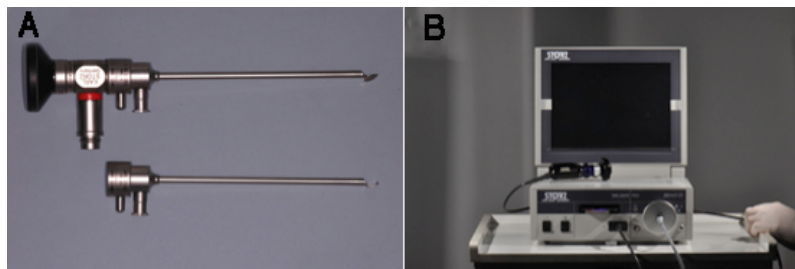


Abbildung 6 Für die Visualisierung von anatomischen Strukturen in der Oralchirurgie und der Implantologie verwendete Endoskope (Beltrán et al. 2012, S.e2): **A.** Für die Stützendoskopie (SE) wird ein Endoskop von 2,7 mm Durchmesser mit Stützpülschaft verwendet; **B.** Mobile endoskopische Einheit mit Endoskop, Monitor, Lichtquelle und Archivierungssystem (Karl Storz, Tuttlingen, Deutschland)

Zuletzt beschrieben Hernández-Alfaro und Guijarro-Martínez (2012) die endoskopisch assistierte Tunnelierung bei Kortikotomien im Oberkiefer. Engelke et al. (2013) beschrieben die Entfernung lingual verlagelter Weisheitszähne mit enger Lagebeziehung zum N. alveolaris inferior unter endoskopischer Assistenz mittels interner Fragmentierung.

1.2 Endoskopische Prozeduren am bezahnten

Kieferabschnitt

Die endoskopische Visualisierung des zahntragenden Kieferabschnittes kann über vier verschiedene Zugänge durchgeführt werden: Den äußeren Anteil der Zahnkrone, das Innere der Krone, d.h. über die Pulpenkammer; den Sulcus oder die Zahnfleischtasche und den periapikalen Bereich. Man muss dabei berücksichtigen, dass der Sulcus bzw. die Zahnfleischtasche und der äußere Abschnitt der Krone die einzigen natürlichen Zugänge sind, wo eine Perforation nicht obligatorisch durchgeführt werden muss, um die visualisierte Struktur zu erreichen. Für den Zugang zur Pulpenkammer und zu den Wurzelkanälen ist es notwendig, eine okklusale Trepanation in der Krone durchzuführen. Für den periapikalen Zugang muss ein Lappen gebildet und eine Osteotomie durchgeführt werden, um an die Apikalregion der Wurzel zu gelangen oder eine periapikale Zyste zu entfernen.

Die externe Visualisierung der Krone, d.h. die Untersuchung der Restaurationsränder durch ein stark vergrößerndes Endoskop, wurde zuerst von L'Estrange et al. (1991) beschrieben. Später definierten Engelke und Capobianco (2004a) die Visualisierung der Zahnkrone durch starre Endoskope zur Erkennung von kariösen Läsionen oder Zahnschmelzpathologien als „Koronoskopie“.

Für den endoskopischen Zugang durch die Pulpenkammer ist eine Trepanation erforderlich, die es ermöglicht, das Endoskop bis zum Eingang der Wurzelkanäle einzuführen oder aber vom Eingang der Trepanation aus, aus der Distanz zu betrachten (siehe Abb. 7).

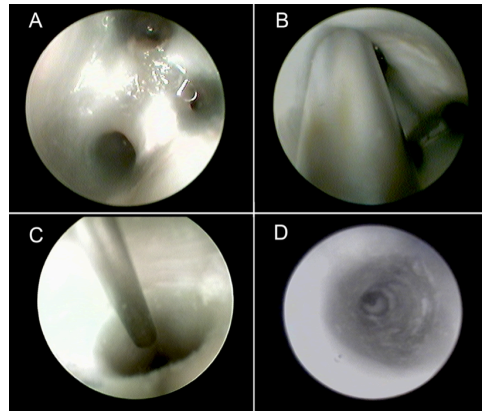


Abbildung 7 Endoskopische Visualisierung der Wurzelkanäle durch verschiedene starre und flexible optische Systeme aus einer okklusalen Perspektive (modifiziert nach Engelke et al. 2015a, S. 3237, S. 3238): **A.** Visualisierung durch eine starre Optik von 2,7 mm auf Distanz; **B.** Positionierung einer Optik von 1,9 mm am Wurzelkanaleingang, kontrolliert mit einer starren Optik von 2,7 mm; **C.** Visualisierung des Inneren des Wurzelkanals mit einer 1,9 mm - Optik und Kontrolle des Eingangs in die Kanaltiefe durch eine flexible 0,5 mm Optik; **D.** Visualisierung der Apikalregion mit 0,5 mm - Optik

Held et al. (1996) erwähnten, dass die Visualisierung der Pulpenkammer mithilfe von abgewinkelten starren Endoskopen von 0-, 30- oder 70- Grad bei der Identifizierung der Eingänge der Wurzelkanäle helfe. Dies sei besonders nützlich in Fällen fortgeschrittener Obliteration der Kammer, verursacht durch die Abscheidung von sekundärem und tertiärem Dentin. In diesem Zusammenhang beschrieben Bahcall und Barss (2001) eine neue Methode einer vergrößernden intrakanalikulären Untersuchung mit einem flexiblen Endoskop von 0,7 mm, das dem Endontologen einen Blick auf die Morphologie und die Präparation des Wurzelkanals ermöglicht. Sie hilft dabei, Frakturen, sekundäre Kanäle und das restliche Pulpagewebe zu identifizieren. Engelke und Capobianco (2004a) definierten die interne endoskopische Visualisierung der Pulpakammer und der Wurzelkanäle mit Endoskopen von 1,9 mm und 2,7 mm Durchmesser als „Pulposkopie“. Dabei liefern die starren Endoskope entweder eine Übersicht über die Pulpa oder sie werden auf eine kurze Distanz zu den Wurzelkanaleingängen eingestellt. Die Verfasser empfahlen die Pulposkopie zur Identifizierung der Wurzelkanaleingänge und zur

Evaluierung von Frakturen sowie bei endodontischen Behandlungen, z.B. bei einer Verschmutzung durch Blutungen oder wenn eine mikroskopische Beobachtung nicht möglich ist. Geibel (2006) benutzte ein Mikro-Endoskop, bestehend aus einem flexiblen System und einem äußeren Durchmesser von 1,0 mm sowie 0,34 mm für die Pulposkopie. Auch Weinstein et al. (2010) vertraten die Auffassung, dass die Verwendung von Endoskopen als vergrößerndes Hilfsmittel während der Untersuchung der Pulpakammer nützlich sei.

Für den direkten endoskopischen Zugang über den Sulcus oder die Zahnfleischtasche ist es nötig, Endoskope mit kleinerem Durchmesser zu verwenden. Stambaugh (2002) berichtete von der Verwendung eines modifizierten medizinischen Endoskops mit ingerierter Spülung, um dem Kliniker beim Debridement und der Wurzelglättung zu helfen. Das zahnärztliche Endoskop liefert während der Entfernung von Biofilmresten eine indirekte Visualisierung der Wurzeloberfläche in Echtzeit. Im selben Jahr berichteten Stambaugh et al. (2002) von Modifikationen des flexiblen Endoskops in Kombination mit Ultraschall, Parodontalsonden und Standardküretten bei der Wurzelglättung. Ferner beschrieben die Autoren die Beurteilung von endoskopischen Befunden in der Zahnfleischtasche. In diesem Zusammenhang berichteten auch Michaud et al. (2007), dass die Verwendung des Endoskops als Ergänzung zur Therapie der Wurzelglättung und -kürettage eine signifikante Verbesserung bei der Entfernung von Zahnstein auf mehrwurzeligen Zähnen bewirke. Erst kürzlich haben Harrel et al. (2013) von einem video-endoskopisch assistierten parodontalchirurgischen Eingriff mit minimal-invasivem Einsatz berichtet.

Über die Entwicklung der Endoskopie in der endodontischen Chirurgie haben Held et al. (1996) schon publiziert. Sie sehen die Endoskopie als ergänzendes Verfahren zur endodontischen Chirurgie bei Ober- und Unterkiefermolaren. Dabei heben sie die Verbesserung der Visualisierung von Wurzelspitzen sowie eine bessere Sicht auf die apikale Präparation hervor. Weitere Vorteile sehen sie in der Betrachtung der Resektionsquerschnitte vor, während und nach der Platzierung des Füllstoffes. Zudem ermöglicht dieses Verfahren die Erkennung von Extravasation des Füllwerkstoffes sowie die Erkennung von Wurzelfrakturen und die medizin-rechtliche Dokumentation. Auf die gleiche Weise verfeinerten Bahcall et al. (1999) die

endoskopische Technik für die endodontische Chirurgie und berichteten, dass die Endoskopie dem Chirurgen eine außergewöhnlich gute Sicht und Benutzerfreundlichkeit biete. Jahre später beschrieben von Arx et al. (2002) eine Reihe von technischen Aspekten und diagnostischen Anwendungen des Endoskops während der endodontischen Chirurgie.

Bahcall und Barss (2003) berichteten von der Verwendung des Endoskops von 2,7 mm Durchmesser, 70 Grad Blickwinkel und 3 cm Länge für die Visualisierung in der endodontischen Chirurgie. Wegen der Problematik bei der Verschmutzung der Optik empfahlen sie eine präzise Hämostase des OP-Feldes vor der Platzierung des Endoskops.

Ozawa et al. (2003) berichteten über die Entwicklung eines neuen Fibroskops von 1,0 mm Durchmesser, in das ein Spülsystem integriert ist (siehe Abb. 8). Es wurde nicht nur für die Inspektion der Wurzelspitzen und der bloßen Wurzeloberflächen verwendet, sondern auch für die Untersuchung der Oberfläche des Resektionsquerschnittes, für die Präparation der Kavität und für die Kontrolle der Platzierung des Füllmaterials während der endodontischen Chirurgie. Im gleichen Jahr berichteten von Arx et al. (2003) von der Verwendung eines starren Endoskops von 3 mm Durchmesser und 70 Grad-Winkel während eines periradikulären chirurgischen Eingriffs. Sie beschrieben detailliert die endoskopische Visualisierung von kritischen Parametern wie die Identifikation eines Isthmus von sekundären Kanälen, den Verschluss von Spaltbildungen und die Entstehung von Rissen oder „Chipping“.

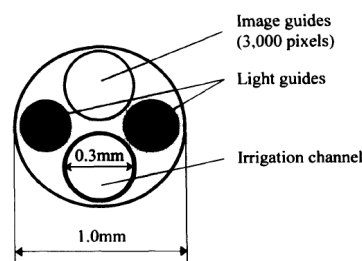


Abbildung 8 Querschnitt durch das Endoskop von Ozawa et al. (2003, S. 315): Das Fibroskop besteht aus Bildfasern (3000 Pixel), einem Lichtleiter und einem Wasserspülkanal (innerer Durchmesser: 0,3 mm)

In einer späteren Untersuchung berichtete von Arx (2005) über die Frequenz und die Art von „Isthmus - Kanälen“ bei vorderen Molaren, die durch endoskopische Inspektion während der periradikulären Chirurgie durch starre Endoskope von 3 mm Durchmesser und 30°- Winkeln festgestellt wurden.

Als Hilfsmittel bei einer konventionellen periradikulären Chirurgie verwendeten Taschieri et al. (2007) ein starres Endoskop von 3 mm Durchmesser und 6 cm Länge mit 70°- Winkel und betonten die Notwendigkeit einer wiederholten Reinigung der Endoskoplinsse bei Blutungen. Krastl und Filipi (2008) berichteten, dass sich die Verwendung von starren Endoskopen von 3 mm Durchmesser, 10 cm Länge und 70°- Winkel als nützlich bei der Diagnose und Behandlung in der periradikulären Chirurgie herausgestellt habe, wobei sie die Benutzerfreundlichkeit und die hohe erreichbare Vergrößerung hervorhoben. Außerdem erwähnten die Autoren, dass die Anwendung von Endoskopen in spezialisierten Zentren bei der Lösung schwieriger Fälle helfen könne.

Später berichteten von Arx et al. (2010) vom Einsatz des Endoskops bei der Erkennung von Rissen im Dentin nach einer Wurzelspitzenresektion. Sie führten auch eine endoskopische Evaluierung der Wurzelquerschnittsfläche nach Wurzelspitzenresektion zur Diagnose von Dentinspalten und Bruchlinien durch. Iwai et al. (2012b) berichteten von der Verwendung eines in Vollfarbe gedruckten, dreidimensionalen Modells zum Training in der endoskopischen periradikulären Chirurgie von Molaren mit zystischen Läsionen. Blahuta und Stanko (2012) beschrieben die Verwendung von Endoskopen und Mikroskopen sowie mikrochirurgischen Instrumenten in der periradikulären Chirurgie mit dem Ziel, das operative Trauma und den Knochenverlust im Vergleich zur konventionellen periradikulären Chirurgie zu verringern.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass bezüglich der Wurzelspitzenresektion die Verwendung des Endoskops in der Literatur und demzufolge auch in der klinisch-praktischen Anwendung ein etabliertes Instrumentarium darstellt. Dabei ist eine klare Präferenz für ein bestimmtes System noch nicht erkennbar.

1.3 Endoskopische Prozeduren während und nach der Zahntfernung

Endoskopische Systeme sind in der Literatur als Instrument für die endoskopische Kontrolle und die endoskopische Assistenz von unterschiedlich komplexen Eingriffen zur Zahntfernung bekannt. So beschrieben Juodzbaly et al. (2008) die Verwendung der Stützmersionsendoskopie als eine effiziente Methode für die Evaluierung der Morphologie der Alveolen nach einer Extraktion. Die endoskopische Evaluierung wurde mit Hilfe von starren Endoskopen von 2,7 mm und Stützschaft unmittelbar nach der Extraktion aus einer okklusalen Perspektive durchgeführt. Auf diese Weise konnten die Dimensionen und die Integrität der Alveolenwände und eventuelle Knochenläsionen der Alveolen nach der Extraktion, wie Fenestrationsen, apikale Granulome und paradontale Verletzungen identifiziert werden.

Engelke und Galle (2008) beschrieben die endoskopische Routineuntersuchung der Alveolenwände nach der Extraktion mittels Immersionsendoskopie. Die Methode erlaubt die Diagnose von strukturellen Anomalien und Defekten der alveolären Knochenwand, die Prüfung der Apikalregion, die Identifizierung von Granulomen oder Fremdkörpern nach der Wurzelbehandlung und die Revision verbliebener Wurzelreste. Außerdem berichteten sie, dass bei Blutungen der kleinen Gefäße der Alveolenwände unmittelbar nach der Extraktion die Beobachtung mittels der Immersionstechnik nicht gestört wird. Nahiehli et al. (2011) berichteten ebenfalls über die Visualisierung von Fenestrationsen der kortikalen Wände in der Tiefe der Alveole nach der Zahntfernung mittels semiflexiblen Endoskopen mit kleinem Durchmesser und einem integrierten internen Spülsystem.

Engelke et al. (2011) hingegen beschrieben einen Ansatz aus einer okklusalen Perspektive mit einem Minilappen, assistiert durch Operationsmikroskop und Stützendoskop (SE) während der Entfernung unterer Weisheitszähne (siehe Abb. 9). Die Autoren präparierten eine interne Kavität im Weisheitszahn, die eine nach einwärts gerichtete Fragmentierung und Entfernung der Krone ermöglicht. Die Entfernung der Wurzeln erfolgte ebenfalls durch Mobilisierung der einzelnen

Wurzelanteile in den Hohlraum der Alveole. Der Erhalt der bukkalen Knochenwand wurde hierdurch weitgehend ermöglicht. Die intra-operative Visualisierung durch Operationsmikroskop im gut zugänglichen Teil und Endoskopie in der Tiefe der Alveole wurde im Sinne einer mikro/endoskopisch assistierten Technik in allen Operationsschritten eingesetzt.

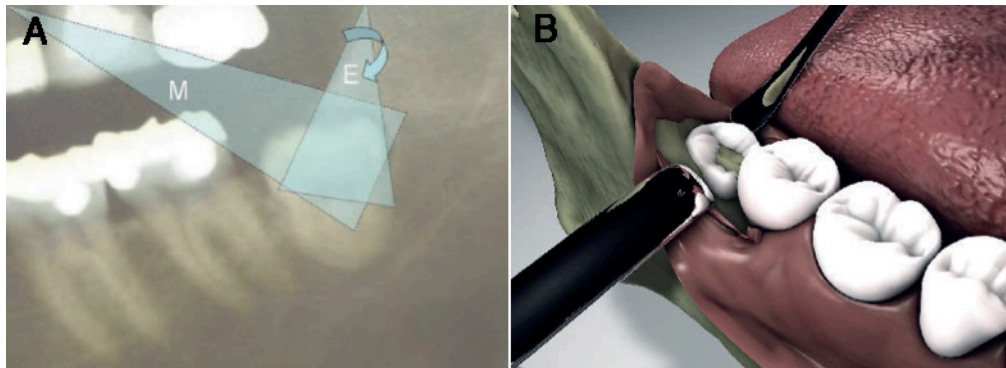


Abbildung 9 Mikrochirurgische Visualisierung des Operationsfeldes (Engelke et al. 2011, S. 417): **A.** Einblick mit Mikroskop oder Lupenbrille von lateral anterior und Einblick mit Stützendoskop von posterior superior; **B.** Okklusaler Zugang

Engelke et al. (2012) berichteten auch von einer endoskopisch assistierten Wurzelfragmentierung für die lappenlose Entfernung von Prämolaren, Eckzähnen und oberen Schneidezähnen. Die Operationsschritte bestehen aus einer Erweiterung des Wurzelkanals, einer mesiodistalen Wurzeltrennung und der selektiven Entfernung der apikalen Wurzelfragmente. Wenn erforderlich, erfolgt die Beobachtung des Operationsfeldes immer aus einer okklusalen Perspektive mit starren Endoskopen mit 2,7 mm Durchmesser und 30- und 70-Grad- Blickwinkeln.

Während der alveolären Inspektion nach der endoskopisch assistierten Zahnentfernung wurde auch die verbesserte Visualisierung von kritischen neurovaskulären Strukturen wie dem N. alveolaris inferior mit Stützzimmersionstechnik aus kurzer Distanz beschrieben (Beltrán et al. 2012). Außerdem berichteten die Autoren über die Beobachtung von vaskulären Elementen *in-vivo* in Knochenkavitäten des Unterkiefers.

Engelke et al. (2014) haben die Technik der endoskopisch assistierten internen Fragmentierung eingesetzt, um partiell impaktierte untere Weisheitszähne zu entfernen und eine laterale Osteotomie zu vermeiden. Außer der Erhaltung von mehr als 90 Prozent der bukkalen Knochenhöhe nach der Zahnentfernung, wurde über eine reduzierte postoperative Morbidität berichtet, ohne dass dabei eine Erhöhung des Risikos von Verletzungen des N. alveolaris inferior oder des N. lingualis aufgetreten wäre. Außerdem beschrieben sie den Fall eines lingual verlagerten unteren Weisheitszahnes in enger Lagebeziehung zum N. alveolaris inferior, der mittels eines endoskopisch assistierten lappenlosen Verfahrens mit minimalem Trauma versorgt werden konnte (Engelke et al. 2013) (siehe Abb. 10). Die Technik wurde auch für die Entfernung eines horizontal in den Unterkiefer impaktierten Prämolaren über einen ausschließlich okklusal - alveolären Zugang beschrieben (Engelke und Beltrán 2014).

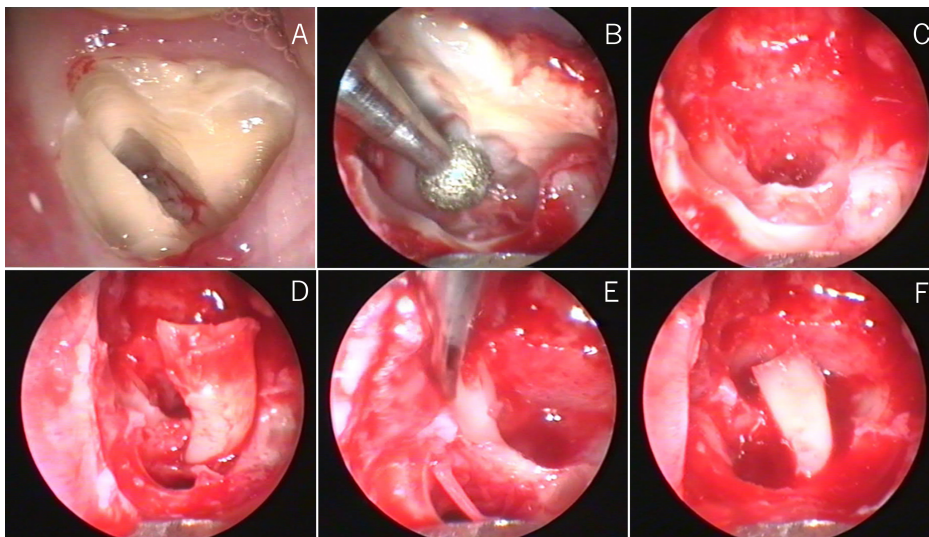


Abbildung 10 Endoskopisch assistierte Zahnentfernung (Engelke et al. 2013, S. 2173): **A.** Odontosektion; **B.** Raumschaffende zentrale Kavität; **C.** Furkationsbereich nach Entfernung der mesiobukkalen Wurzel; **D.** Entfernung der distalen Wurzel; **E.** Identifizierung der lingualen Wurzel; **F.** Entfernung der distalen Wurzel

In der Vergangenheit wurde die Verwendung von Endoskopen als Visualisierungs- und Hilfsmittel bei der Entfernung ektopischer Zähne im Mund- und Kieferbereich beschrieben (Funderburg 1992). Jahre später berichteten Suarez-Cunqueiro et al. (2003)

über die Verwendung von Endoskopen als visuellem Hilfsmittel für die Extraktion von Weisheitszähnen in ektopischer Position. Endoskopische Verfahren wurden auch bei der Entfernung von ektopischen Zähnen im Nasenboden mittels eines transnasalen Zuganges (Kim et al. 2003, Clementini et al. 2012) sowie bei der Entfernung ektopischer Molaren eingesetzt, die den ostio-meatalen Komplex der Kieferhöhle verlegten - und zwar ebenfalls mittels eines transnasalen endoskopischen Zuganges (Hasbini et al. 2001, Lamb et al. 2009). Bei der Entfernung eines ektopischen Zahnes am Kieferhöhlendach wurde die Entfernung antroskopisch unterstützt (Viterbo et al. 2013).

Darüber hinaus wurde über die Verwendung von Endoskopen als Hilfsmittel bei der Behandlung von Komplikationen nach der Zahnentfernung berichtet. In diesem Zusammenhang haben Iwai et al. (2012a) kürzlich von einem minimalinvasiven endoskopischen Zugang über die Alveole zur Entfernung eines in die Kieferhöhle deplatzierten Weisheitszahns publiziert. Vor kurzem wurde auch über die systematische, minimal invasive Entfernung der Wurzelreste von Weisheitszähnen im linguale Raum via Endoskopie berichtet. Dabei wurde die kurze Eingriffsdauer und die Sicherheit des Verfahrens betont (Huang et al. 2015).

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Endoskopie insbesondere bei der Entfernung von atypisch verlagerten Zähnen sowie bei der Weisheitszahnentfernung umfangreich eingesetzt wird und bei der Behandlung von Komplikationen verlagerten Wurzelreste ihren Platz hat.

1.4 Endoskopische Prozeduren am unbezahnten

Kieferabschnitt

Skouteris (1988) berichtete von der Verwendung flexibler Endoskope als Hilfsmittel zur intraoperativen Evaluierung bei der Marsupialisation und Kürettage einer großen follikulären Zyste am Oberkiefer, die in Bezug zu gefährdeten anatomischen Strukturen steht.

Auch Sembronio et al. (2009) berichteten über die endoskopisch assistierte Enukleation einer großen odontogenen Keratozyste am Unterkiefer. Die Endoskopie erlaubte eine präzise Beurteilung des Operationsfeldes in schwer zugänglichen Bereichen und die Verbesserung der kompletten Entfernung der zystischen Läsion. Außerdem wurde eine genaue Ablösung der Zyste vom N. alveolaris inferior erreicht. Nach 3 Jahren zeigte der Fall keine Rezidive auf Basis der radiologischen und klinischen Kontrollen.

Kim et al. (2012) berichteten von der Enukleation einer Dermoidzyste im Unterkieferbereich mittels eines endoskopisch assistierten intraoralen Zuganges. Sie stellten fest, dass die endoskopische Entfernung technisch einfach sei, das Zugangstrauma minimalisiert und eine bessere Erhaltung der benachbarten Strukturen ermöglicht werde.

Ähnliches berichteten Re et al. (2011) von pädiatrischen Fällen mit umfangreichen Läsionen am Ober- oder Unterkiefer (Franco et al. 2009), die vorteilhaft durch endoskopisch assistierte Enukleation und Kürettage entfernt wurden.

Auch der Einsatz von Implantaten ohne Lappenbildung wurde endoskopisch kontrolliert. Die Technik erwies sich als eine einfache und zeitsparende Methode bei der Platzierung von Implantaten im teilbezahnten, atrophischen Unterkiefer (Engelke und Galle 2008) und erlaubte eine genaue Inspektion der Knochenkavitäten und der verwendeten Implantatkomponenten, wie z. B. den Verschlusschrauben und der Suprastruktur. Engelke und Capobianco (2004b) beschrieben auch die verschiedenen Optionen für die endoskopisch assistierte parakrestale Tunnelierung im teilweise oder vollständig unbezahnten Unterkiefer, wofür sie starre Endoskope mit 30- und 70-Grad- Winkelung mit Metallstützen empfehlen. Sennhenn-Kirchner und Engelke (2006) berichteten von der systematischen Anwendung einer minimal-invasiven Therapie bei der Behandlung peri-implantärer Infektionen unter endoskopischer Kontrolle (siehe Abb. 11).

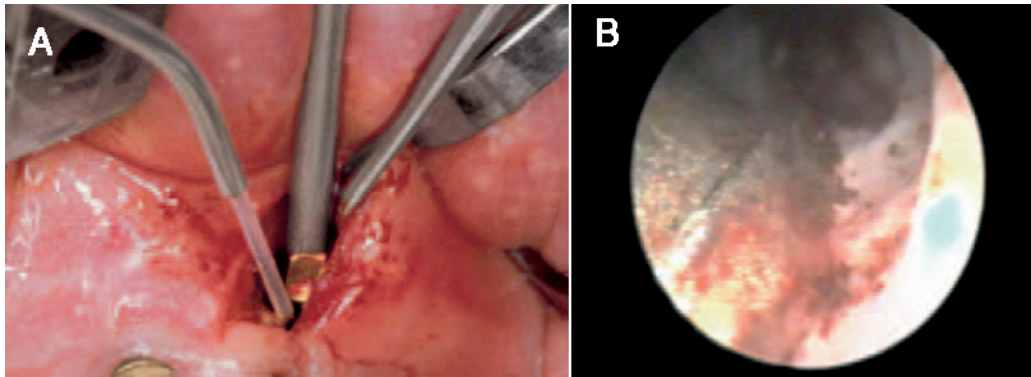


Abbildung 11 **A.** Einsatz des Endoskops und Diodenlasers am Tunneleingang (Sennhenn-Kirchner und Engelke 2006, S. 191): Beide Instrumente werden bis zum betroffenen Implantat vorgeschoben; **B.** Endoskopische Darstellung des periimplantären Granulationsgewebes im präparierten mukoperiostalen Tunnel

Erst kürzlich beschrieben Engelke und Beltrán (2014) die parakrestale Tunnelierung im unbezahnten, atrophischen Unterkiefer, um die Einführung von starren Barrieren zu ermöglichen und Schäden an kritischen, neurovaskulären Strukturen, wie dem N. mentalis zu vermeiden.

Die Verwendung von starren Endoskopen mit kleinem Durchmesser für die Evaluierung der Implantatkavitäten mittels Immersionstechnik wurde zuerst von Engelke (2002) publiziert. Die Technik ermöglicht eine stark vergrößerte Visualisierung der Knochenstrukturen des Kiefers.

Die meisten Autoren berichteten, dass die Vorteile von endoskopischen Systemen bei der Anwendung im zahnlosen Kieferabschnitt in der starken Vergrößerung des ansonsten ohne Lappenbildung unzugänglichen Operationsfeldes bestehen. Überdies gelingt es mit diesen Systemen über weniger invasive Zugangswege, an geschlossene oder schwer zugängliche Knochenkavitäten zu gelangen. Zusätzlich ist es durch endoskopische Systeme mit integriertem Innenspülsystem oder mittels Immersionsendoskopie möglich, die Art der Knochenstruktur (Nahiehli et al. 2011, Beltrán et al. 2012) und die Aktivität der vaskulären Elemente in Knochenkavitäten zu identifizieren (Engelke und Galle 2008, Beltrán et al. 2012).

1.5 Zielsetzung der Arbeit

Im ersten Teil der Arbeit soll eine Übersicht der endoskopischen Eingriffe im dentoalveolären Bereich an der UMG in den vergangenen 15 Jahren gegeben werden.

Die folgenden Fragen sollen beantwortet werden:

Welche Eingriffe wurden mit welcher Häufigkeit durchgeführt?

Wie ist die Alters- und Geschlechtsverteilung der Eingriffe?

Bestehen Unterschiede in der Lokalisation der Eingriffe in den verschiedenen Kieferregionen?

Nullhypothese: Frequenz von Alveoloskopien und Implantoskopien im anterioren und posterioren Kieferabschnitt unterscheiden sich nicht.

Im zweiten Teil der Arbeit soll an einem ausgewählten Teil des Gesamtkollektivs der alveoloskopischen Eingriffe eine Übersicht über die intraoperativen Befunde gegeben werden:

Dabei soll die Art und Häufigkeit der erhobenen Befunde klassifiziert, deskriptiv dargestellt und an klinischen Fällen beschrieben werden. Es sollen folgende Fragen beantwortet werden:

Sind intraalveoläre Befunde oder Strukturmerkmale der Alveolenwand bei der Endoskopie dominierend?

Nullhypothese: Die Frequenz von Befunden der Alveolenwände (laterale Befunde) und des Alveoleninhalts (im apikalen Bereich) unterscheiden sich nicht.

Hängt die Frequenz von pathologischen Befunden von der Lokalisation im Kieferkamm (Zahnregion) ab?

Nullhypothese: Die Häufigkeiten der pathologischen Befunde im anterioren und posterioren Abschnitt unterscheiden sich nicht.

Im dritten Teil der Arbeit sollen die endoskopisch dokumentierten Behandlungsschritte bei der endoskopisch assistierten Wurzelentfernung dritter Molaren in Abhängigkeit von der Anatomie der Zähne untersucht und an Fallbeispielen beschrieben werden.

Dabei soll untersucht werden, ob eine Abhängigkeit der Anzahl typischer Teilschritte der Operation von anatomischen Parametern besteht.

Nullhypothese:

Die Parameter Furkationshöhe, Knochenhöhe und Abstand Furkation - Apex weisen keine Unterschiede in der Anzahl von operativen Teilschritten auf.

Im vierten Teil der Arbeit soll die Anwendung der Nahfeld- Stützzimmersion bei der mikromorphologischen Analyse der Extraktionsalveolen und Implantatkavitäten beschrieben werden. Dabei sollen folgende Fragen beantwortet werden:

Unterscheiden sich Extraktionsalveolen und Implantatkavitäten hinsichtlich der Anzahl der Knochenkanäle und der relativen Fläche an mineralisiertem Gewebe?

Nullhypothesen: Die Anzahl von Knochengefäßen und der relative Flächenanteil von mineralisiertem Gewebe an der Oberfläche von Alveolen und Implantatkavitäten unterscheiden sich nicht.

2 Material und Methoden

2.1 Patientenkollektiv und Selektion der Kohorten

In der Zeit zwischen Oktober 1997 und Oktober 2012 wurden am ZMK - Zentrum der UMG - insgesamt 2707 endoskopische Eingriffe im dentoalveolären Bereich mit Anwendung des Endoskops durchgeführt.

Insgesamt wurden 1201 Patienten (572 Männer, 629 Frauen) mit einem Durchschnittsalter von 51, 21 Jahren (15 - 88 Jahre) operiert.

Die endoskopischen Untersuchungen wurden mit speziell dafür entwickelten starren Stützschaften in verschiedenen Bereichen des zahntragenden Kiefers von okklusal durchgeführt. Aus dieser **Gesamtheit (Kohorte)** wurden verschiedene Subgruppen entsprechend den in Tab.1 dargestellten Selektionskriterien für diese Arbeit ausgewählt:

Subgruppe (A) zur **Routinebefunderhebung** mit videodokumentierter Stützendoskopie unmittelbar nach Zahnextraktion.

Subgruppe (B) für **endoskopisch assistierte Eingriffe** mittels videodokumentierter Enukleation von unteren Weisheitszähnen.

Subgruppe (C) zur **mikromorphometrischen Analyse** von Extraktionsalveolen und Implantatkavitäten im Vergleich, bestehend aus videodokumentierter Nahfeld-Stützzimmersionsendoskopie.

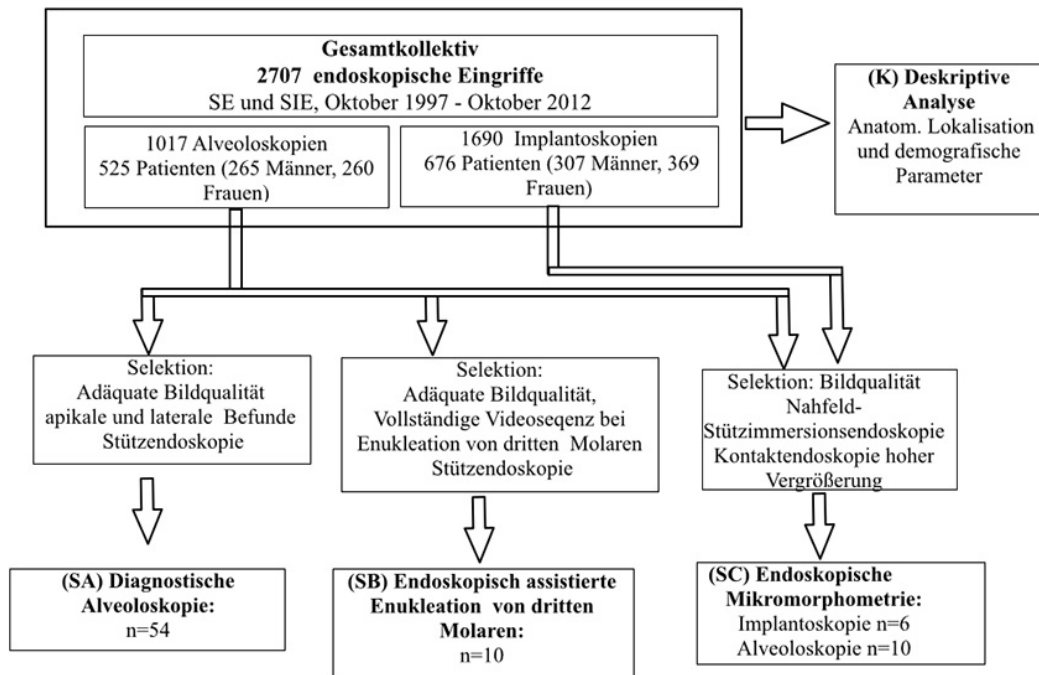


Tabelle 1 Darstellung der Selektionskriterien der verschiedenen Subgruppen

Die Gesamtheit der endoskopischen Eingriffe (**Kohorte**) wurde nach folgenden Kriterien analysiert:

- Das Gesamtkollektiv mit Eingriffen an der Alveole (Alveoloskopie) bzw. der Implantatkavität (Implantoskopie) wurde bezüglich Anzahl der Patienten, Geschlechterverteilung und Durchschnittsalter beschrieben
- Die Aufschlüsselung der Eingriffe erfolgte in Alterskohorten (unter 20-Jährige, 20- bis 39-Jährige, 40- bis 64-Jährige, über 65-Jährige) und geschlechtsspezifisch getrennt nach Alveoloskopien und Implantoskopien
- Diese endoskopischen Eingriffe wurden nach dem Ort der Durchführung im Bereich des Zahnbogens weiter aufgeschlüsselt: In den anterioren (Schneidezähne, Eckzähne und ersten Prämolaren) und in den posterioren Bereich (Molaren und zweiten Prämolaren) - und zwar wieder getrennt nach Alveoloskopien und Implantoskopien

Für die **Subgruppe A** wurden folgende Einschlusskriterien festgelegt:

- Verfügbarkeit der Original-Videoaufzeichnungen im Archiv der Klinik für MKG- Chirurgie
- Ausreichend hohe Qualität und mindestens SVHS-Auflösung ohne Unschärfe, inadäquate Einstellung oder relevante technische Mängel der Bildaufzeichnung
- Übersicht von okklusal über die Alveole auf Basis der Stützendoskopie (SE)
- Alveoloskopien von Alveolen bleibender Zähne ohne Fehlbildungen der Kieferbasis
- Visualisierung des apikalen Bereichs und der Alveolenwände möglich
- Fehlen von gröberen Verunreinigungen durch Blutungen, Koagel, Detritus oder andere Verschmutzung

Auf Basis dieser Parameter wurden 54 Video-Alveoloskopien bei 35 Patienten (15 Männer, 20 Frauen) mit einem Durchschnittsalter von 42,17 +/- 19,77 Jahren (20-83 Jahre) ausgewählt. Für jede Alveole wurden 2 Befunderhebungen durchgeführt (siehe 2.4) Insgesamt wurden also 108 Befunde erhoben. Es handelte sich um 15 Oberkiefermolaren, 23 Unterkiefermolaren, 6 Oberkieferprämolaren, 2 Unterkieferprämolaren, 2 Oberkiefer Eckzähne, 2 Unterkiefer Eckzähne, 3 Oberkieferschneidezähne und einen Unterkieferschneidezahn.

Für die **Subgruppe B**, die dentoalveoläre endoskopisch assistierte Chirurgie, wurden folgende Einschlusskriterien festgelegt:

- Endoskopisch assistierte dokumentierte Eingriffe an unteren Weisheitszähnen mittels okklusalen Zuganges ohne laterale Osteotomie
- Vorliegende Video-Endoskopien von angemessener Qualität und Auflösung ohne Störfaktoren wie Unschärfe, Einstellungsmängel und technische Fehler, stärkere Blutung oder Verschmutzung

- Darstellung der Wurzelentfernung vom Beginn bis zur Endkontrolle der sauberen Alveole
- Vorhandensein von mindestens einem präoperativen Panorama-Röntgenbild oder DVT
- Darstellung aller Strukturen der zervikalen, mittleren und apikalen Regionen der Alveolenwände

Hier wurden 10 Patienten, 5 Männer und 5 Frauen, mit einem Durchschnittsalter von 31,20 +/- 11,62 Jahren (20 - 50 Jahre) eingeschlossen. Es handelte sich um 6 rechte und 4 linke untere Weisheitszähne.

Für die **Subgruppe C** (mikromorphometrische Analyse) wurden folgende Einschlusskriterien definiert:

- Vorhandene Nahfeld-Stützmersionsendoskopie (NF-SIE)
- Vorliegen von Bildsequenzen der Apikalregion von Alveolen oder der Implantatskavitäten ohne Bewegungsartefakte, die eine quantitative Analyse mittels der Software Image J ermöglichen

Auf Basis dieser Kriterien wurden 10 Alveoloskopien und 6 Implantoskopien identifiziert. Die Alveoloskopien von Extraktionsalveolen wurden bei 9 Patienten (3 Männer, 6 Frauen, mit einem Durchschnittsalter von 48 +/- 19,24 Jahren, 26-83 Jahre) durchgeführt. Es handelte sich um 2 Oberkiefermolaren, 5 Unterkiefermolaren, 2 Unterkiefereckzähne und 1 Unterkieferschneidezahn. Die 6 Implantatskavitäten wurden bei 5 Patienten, (1 Mann, 4 Frauen, mit einem Durchschnittsalter von 54,50 +/- 26,17 Jahren, 18-76 Jahre alt) durchgeführt. Dabei wurden 2 Kavitäten im anterioren Unterkiefer und 4 Kavitäten im anterioren Oberkiefer einbezogen.

2.2 Endoskopische Untersuchungstechniken

Die endoskopische Ausrüstung für die Untersuchungen dieser Arbeit bestand aus starren Storz-Hopkins-Endoskopen verschiedenen Durchmessers mit integrierten Stützspülschäften aus Metall (Karl Storz, Tuttlingen, Deutschland) (Abb. 12). Die Endoskope wurden an eine Storz-Untersuchungseinheit B 487 und eine Xenon-Lichtquelle mit einer 300 W-Leistung von 6000 K. gekoppelt (Karl Storz, Tuttlingen, Deutschland). Der natürliche Zugang zur Alveole von okklusal nach der Extraktion erlaubt, dass das Endoskop mit dem Spatel des Stützschafes an der zervikalen Knochengrenze der Alveole oder interapproximal aufgesetzt werden kann. Von dort erhält man eine vollständige Übersicht über die Knochenwände und den apikalen Abschnitt.

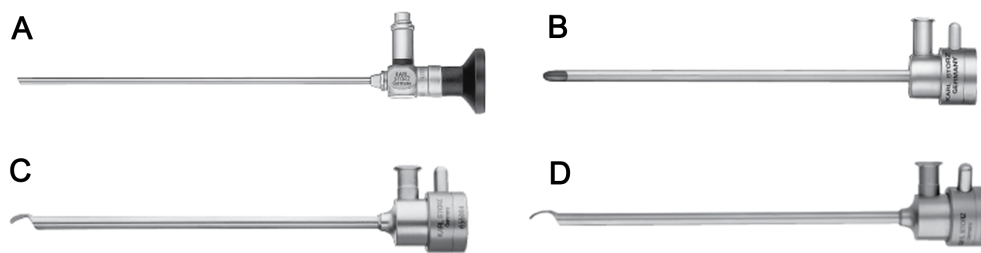


Abbildung 12 Endoskope und Stützschäfte (Engelke und Beltrán 2014, S. 44, S. 45):
A. HOPKINS® Vorausblick-Optik 30° und 70°, Ø 2,7 mm, Länge 11 cm, mit eingebauter Fiberglas-Lichtleitung; **B.** Optikschaf n. ENGELKE, mit LUER-Lock-Spülanschluss, mit distalem Schnabel (Aufsicht); **C.** und **D.** Stützspülschäfte nach Engelke mit kleinem (C) und großem (D) Spatel

Stützendoskopie (SE)

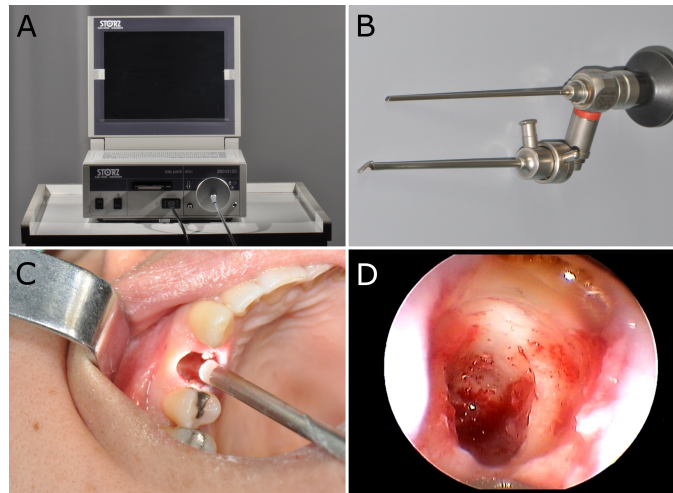


Abbildung 13 A. Monitor und B. Starres Endoskop mit 2,7 mm Durchmesser und 30°- Blickwinkel; C. Inspektion einer Alveole mittels Stützendoskopie; D. Endoskopisches Bild bei stützendoskopischer Untersuchung einer Alveole (Alveoloskopie)

Für die Stützendoskopie (SE) wurden Endoskope von 1,9 mm und 2,7 mm und Optiken mit 30- und 70-Grad- Blickwinkel eingesetzt. Bei der Stützendoskopie wird die Endoskopoptik in einen Stützspülschaft eingesetzt und verriegelt. Der Stützspülschaft ist an der Spitze schaufel- oder spatelartig gestaltet. Er hat die Funktion, eine Platzierung des Endoskopes in der unmittelbaren Nähe des Operationsfeldes mit präziser Abstandhaltung zu gewährleisten. Die spatel- oder schaufelförmige Gestalt ermöglicht es, dass er gleichzeitig als Geweberetraktor dienen kann. Ein Ensemble aus Endoskopoptik und Stützschaft wird als Stützendoskop bezeichnet. In der Abb. 13 wird die Positionierung des Stützendoskopes im marginalen Bereich einer Extraktionsalveole gezeigt (Alveoloskopie).

Bei der Stützendoskopie wird die Spülfunktion zur Reinigung des Endoskopsichtfensters benutzt, so kann während der Stützendoskopie über den Spülkanal des Stützschaftes intermittierend Flüssigkeit abgegeben werden, eine

dauerhafte Spülung ist hier jedoch nicht vorgesehen. Die Stützendoskopie erfolgt in der Regel mit einem Abstand von 5 - 15 mm. Die Stützendoskopie liefert eine Bildgebung im Sinne der Übersichtsbeobachtung während der diagnostischen Befunderhebung. Beim endoskopisch assistierten Operieren liefert das Stützendoskop ein kontinuierliches Monitoring des Operationsfeldes, an dessen Rand es abgestützt wird. Abb. 14 zeigt die Präparation des Furkationsbereiches zur Separation der Wurzeln, sie erfolgt schonend mit diamantbesetzten Kugelfräsen, die auch in der kraniofazialen Chirurgie eingesetzt werden. In der Abb. 15 erkennt man den stützendoskopischen Befund nach vollständiger Entfernung der Wurzeln eines dritten Molaren mittels Einwärtsfragmentierungstechnik.

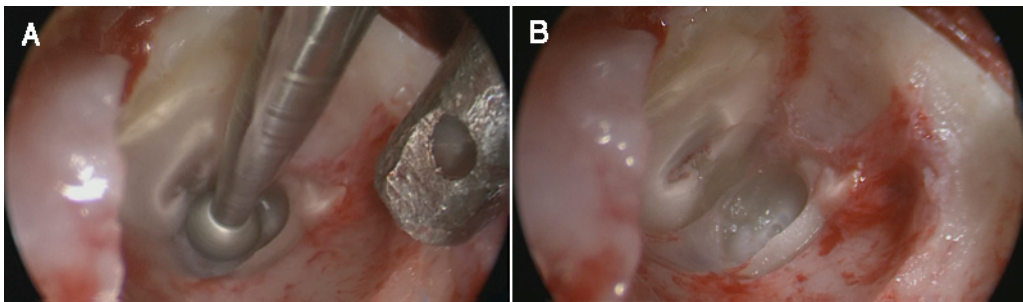


Abbildung 14 Stützendoskopisch assistierte Wurzelseparation bei der Entfernung eines unteren dritten Molaren: **A.** Interradikuläre Trennung mit Hilfe eines Diamantbohrers; **B.** Zustand nach der vollständigen radikulären Trennung

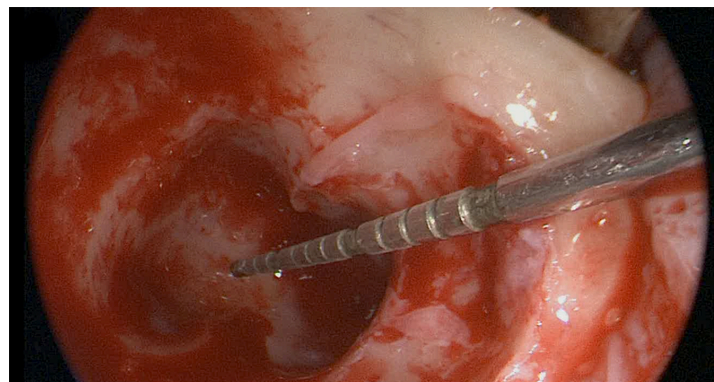


Abbildung 15 Stützendoskopische Vermessung einer Extraktionsalveole

Stützimmersionsendoskopie (SIE)

Bei der Stützimmersionsendoskopie (SIE) wird mittels einer kontinuierlichen Flüssigkeitsabgabe durch den Stütz-Spülschaft in der unmittelbaren Umgebung des Endoskopes eine Beobachtung in einem flüssigkeitsgefüllten Medium ermöglicht. Diese Technik setzt voraus, dass das Stützendoskop in eine Immersionskammer eingesetzt wird, aus der die Immersionflüssigkeit nur langsam abfließen kann. Wird eine Extraktionsalveole als Immersionskammer verwendet, so kann durch Anwendung einer Abdämmung z.B. mit einem Gazetupfer das Abfließen der Immersionsflüssigkeit reduziert werden (Abb. 16). Der erforderliche Flüssigkeitsstrom bei der Immersionstechnik ist vom Grad der Blutung und Verschmutzung abhängig. Es können auch Unterbrechungen der Spülung erfolgen, wenn das Immersionsmedium sauber ist und eine klare Beobachtung des Situs zulässt. Das Immersionsmedium ist in der Regel physiologische Kochsalzlösung. Es muss während der Anwendung möglichst frei von Grenzflächen und Blasenbildung sein, um eine präzise Beobachtung der darunter liegenden Strukturen zu ermöglichen (Abb. 17). Die Stützimmersionsendoskopie wird für Übersichtszwecke mit Spateln einer Länge von ca. 5 mm durchgeführt. Die verwendeten Stützelemente können je nach Untersuchungszweck variieren. Mithilfe eines starken Spülstrahls (*high flow irrigation* oder HF - Spülung) lassen sich auch relativ stark blutende Strukturen untersuchen.

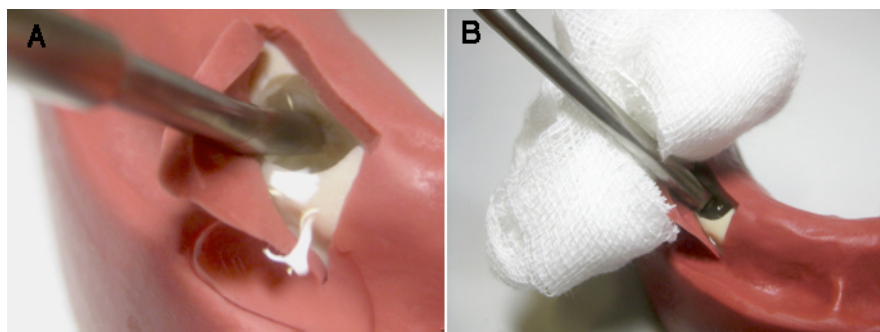


Abbildung 16 Prinzip der Stützimmersionsendoskopie am Kiefermodell: **A.** Stützendoskop unter Immersion in einer Knochenkavität; **B.** Abdämmung einer Alveole mit eingeschnittenem Gazetupfer

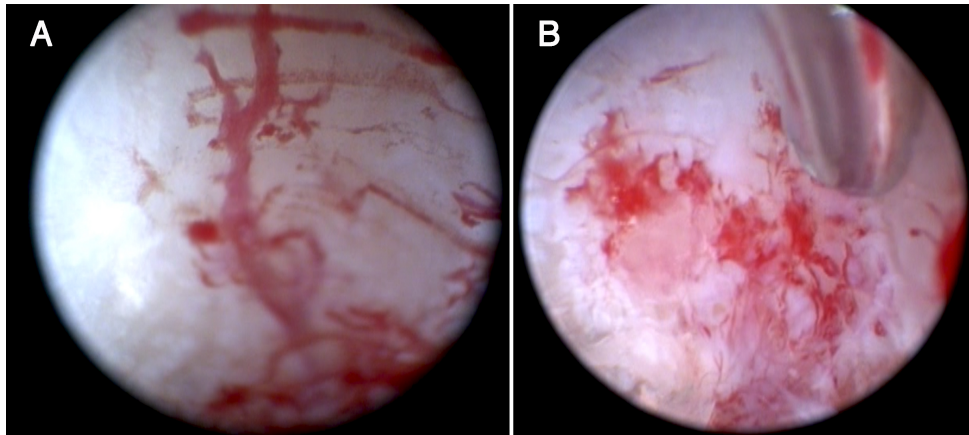


Abbildung 17 Stützmersionsendoskopie: Untersuchung einer Extraktionsalveole: **A.** Gefäßzeichnung der Alveolenwand in der Übersicht; **B.** Ankylosezone mit blutenden Kapillaren im apikalen Abschnitt einer Extraktionsalveole

Die Nahfeld-Stützmersionsendoskopie (NF-SIE) ist eine spezielle Form der Stützmersionsendoskopie (Abb. 18), sie dient der Detailbetrachtung des zu untersuchenden Bereichs (Fläche von Interesse, FvI) mit dem Ziel einer späteren statischen oder dynamischen Bildanalyse und morphometrischen Auswertung. Sie erfolgt mit einem Stützspülschaft ohne Spatel, der einen unmittelbaren Kontakt des Immersionsendoskopes mit dem darunter gelegenen Situs ermöglicht. Dabei wird intendiert, durch möglichst starke Annäherung des Endoskopfensters an den Situs eine möglichst hohe Bildauflösung zu erzielen. Im vitalen Gewebe ist dabei die kontinuierliche Spülung während der Immersion überall dort notwendig, wo Blutungen eine Beobachtung erschweren würden. In Regionen ohne floride Blutungen reicht die Immersion ohne kontinuierlichen Flüssigkeitsstrom aus.

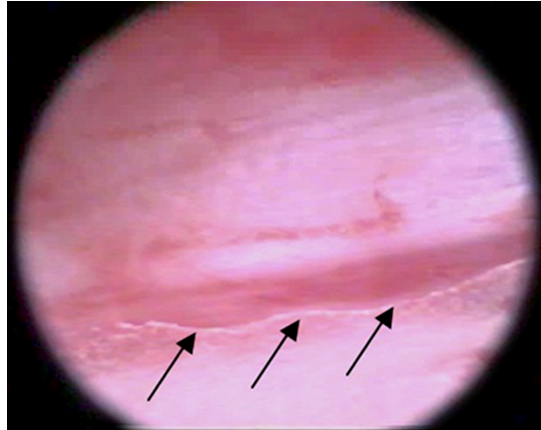


Abbildung 18 Nahfeld-Stützzimmersionsendoskopie (NF-SIE): Unmittelbare Aufsicht auf den freiliegenden N. alveolaris inferior nach Osteotomie eines unteren Weisheitszahnes, Pfeile zeigen die Knochengrenze des Nervenkanals (Beltrán et al. 2012, S. e3)

Die Arbeitsposition des Operationsteams ist in der Abb. 19 dargestellt. Der Chirurg befindet sich in einer 10 Uhr - Position vor dem Kopf des Patienten, die Assistenz in einer 14-Uhr - Position; Chirurg und Assistenz können das OP-Feld direkt auf dem Monitor beobachten. Endoskopisch assistierte Eingriffe werden mit der Eröffnung des OP- Feldes begonnen, nach Einsetzen des Stützendoskopes in den Situs erfolgt die Beobachtung des OP-Feldes über den Endoskopmonitor, der Operateur führt die Instrumente unter optischer Kontrolle auf dem Bildschirm.



Abbildung 19 Arbeitsposition des chirurgischen Teams bei einem oralchirurgischen Eingriff an der UMG

2.3 Aufbereitung der endoskopischen Bilddaten

Auswahl des Materials

Die Sichtung des Materials erfolgte auf der Basis der analogen SVHS-Videoaufzeichnungen. Dazu wurden die Videobänder mittels eines Videorekorders mit Farbmonitor (SVHS AG 7350, Panasonic Corporation) gesichtet. Die im Archiv vorhandenen Aufzeichnungen wurden nach den für die Subgruppen A, B und C festgelegten Kriterien ausgewählt. Zum Ausschluss kamen alle Aufzeichnungen mit unzureichender Bildqualität, inadäquater Einstellung und technischen Mängeln. Ebenso wurden ausgeschlossen für die Subgruppe A alle inkompletten Aufzeichnungen von Teilen der Alveolen, für die Subgruppe B alle Aufzeichnungen, bei denen der Operationsablauf unvollständig dokumentiert worden war.

Digitalisierung von analogem Videomaterial: Die selektierten analogen endoskopischen Bildaufzeichnungen auf VHS-Kassetten wurden mittels eines Videoaufnahmegerätes (USB 2.0 LogiLink VG0011) in digitalisierte Bilder umgewandelt. Das Gerät ist über ein Adapterkabel zwischen dem S-Video-Ausgang des Videorekorders (SVHS AG 7350, Panasonic Corporation) mit dem USB-Anschluss des Computers angeschlossen und ermöglicht so die Übertragung der Daten eines analogen Videos auf den Computer. Der Inhalt der Videobänder, die auf einem Videoaufnahmegerät abgespielt wurden, wurden auf den Computer Dell OPTIPLEX 780 (Dell USA) übertragen und mittels eines Videobearbeitungsprogramms (ArcSoft ShowBitz 3.5) - vom Betriebssystem Microsoft Windows XP unterstützt - digitalisiert. Zu diesem Zweck wurde das Band auf dem Videorekorder abgespielt und gleichzeitig in einem Fenster des Farbmonitors des Computers beobachtet. Durch die Bildcapture-Funktion des Bearbeitungsprogramms wurden die Sequenzen der einzelnen Bilder aufgezeichnet. Diese Bilder wurden ausgewählt und auf einem Wechselmedium (CD ROM, Zip-Disketten) gespeichert.

2.4 Befunderhebung für die diagnostische

Alveoloskopie

Für die selektierten und digitalisierten endoskopischen Bilddatensätze wurde in der Subgruppe A (Diagnostische Alveoloskopie) eine systematische Befunderhebung durchgeführt. Die Befunddokumentation war angelehnt an die Arbeiten von Juodsbalyz et al. (2008) sowie Engelke und Galle (2008). Die hier durchgeführte Befunderhebung erfolgte unter ausschließlicher Verwendung der Stützendoskopie in Übersichtsdarstellung vom Alveolenrand und unter Positionierung im Zentrum der Alveole für den apikalen Bereich. Unmittelbar nach der Extraktion wurden folgende Parameter erhoben:

a) Lateral im Bereich der Alveolenwände:

Defekt der zervikalen Knochenwand der Alveole

Fenestration der bukkalen Knochenwand

Perforation der lingualen alveolären Knochenwand

Fraktur der Alveolenwand

b) im apikalen Bereich:

Identifizierung von Wurzelfragmenten

Identifizierung eines apikalen Granuloms

Mund-Antrum-Verbindung (MAV)

Exposition des N. alveolaris inferior

Für jede Alveole wurden zwei Projektionen zur Befunderhebung - eine Projektion der Wandstrukturen und eine Projektion der apikalen Struktur - gesondert dokumentiert. Für jede einzelne Alveole wurde pro Untersuchungsregion nur der wichtigste Befund dokumentiert, im Ergebnisteil dargestellt und bezogen auf die Lokalisation im Zahnbogen statistisch ausgewertet.

Für jede Alveole ergeben sich also zwei Beobachtungen, die einerseits die Alveolenwände und andererseits den apikalen Bereich betreffen.

In der Tab. 2 wird beispielhaft die Beobachtung der Alveolenwände von einer Endoskopposition nahe des Alveolenrandes gezeigt. Dabei ist das Endoskop auf die gegenseitige Alveolenwand ausgerichtet (1). Bei Positionierung im Inneren der Alveole kann die apikale Region genau eingestellt und untersucht werden (2).

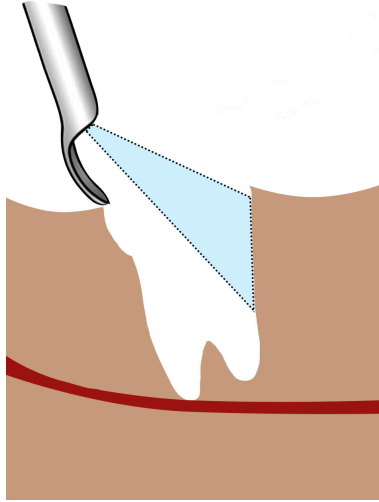
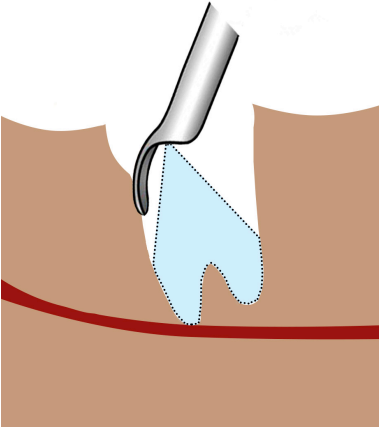
1. Endoskopposition lateral im Bereich der Alveolenwände	
2. Endoskopposition im apikalen Bereich	

Tabelle 2 Diagnostische Befunderhebung

2.5 Endoskopisch assistierte Zahnentfernung

In der Subgruppe B wurden endoskopisch assistierte Eingriffe bei unteren dritten Molaren untersucht. Dabei sollte der Schwerpunkt auf die Analyse der Teilschritte der endoskopisch assistierten Entfernung in Abhängigkeit von anatomischen Faktoren gelegt werden.

2.5.1 Präoperative Befunderhebung

Für die Evaluierung des chirurgischen Schwierigkeitsgrades bei der Entfernung unterer Weisheitszähne wurden verschiedene anatomische Aspekte analysiert.

Die Klassifizierungsparameter wurden ausschließlich deskriptiv verwendet.

Messungen des Kronen-Wurzel-Komplexes: Um die präoperative Höhe des Knochens (Knochenhöhe, KH) und die Lage der Furkation (Furkationshöhe, FH) zu bestimmen, wurden Panorama-Röntgenaufnahmen der Patienten, modifiziert nach Engelke et al. (2014, S. 4), vermessen (siehe Abb. 20).

Dazu wurde die Längsachse des Zahnes (LA) durch den Apexpunkt (A) der distalen Wurzel und die Mitte der Kronenoberfläche (mittlerer Okklusalkpunkt O) konstruiert. Die Zahnlänge wurde als Abstand des mittleren Okklusalkpunktes (O) vom Apexpunkt (A) auf der Längsachse (LA) des Zahnes bestimmt. Durch Fällen des Lotes vom Furkationspunkt (F) auf die Längsachse (LA) entsteht ein Schnittpunkt (F'), der zur Vermessung der Furkation dient. Dabei wurden F'-O als Furkationshöhe (FH) und F'-A als Abstand der Furkation vom Apexpunkt (FA) definiert.

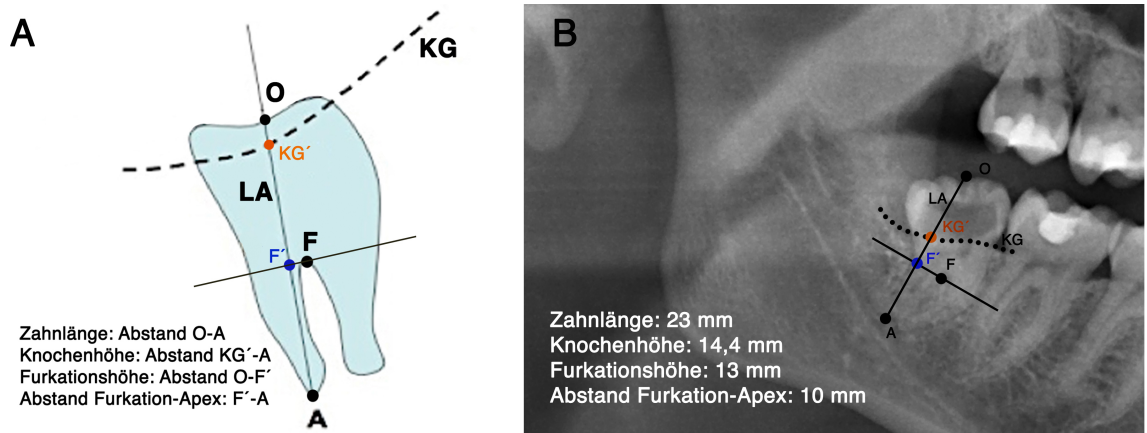
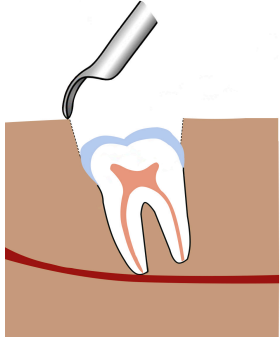
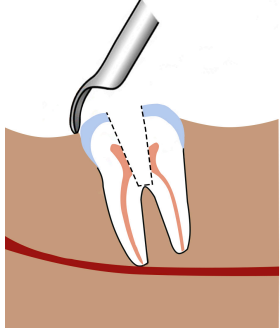
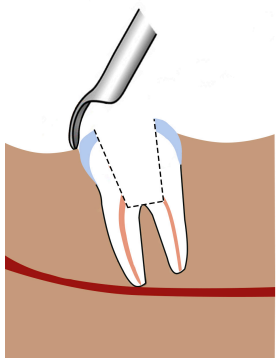
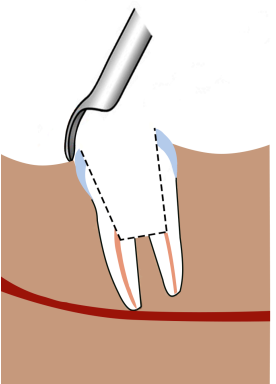
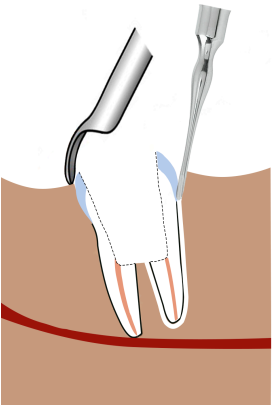
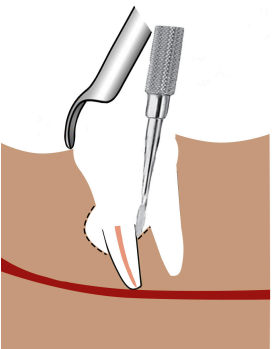


Abbildung 20 Bestimmung der Knochenhöhe und Furkationshöhe modifiziert von Engelke et al. (2014, S. 4)

2.5.2 Ablauf der endoskopisch assistierten Eukleation (EAE)

Um eine genaue Beschreibung des Operationsablaufes unter Stützendoskopie zu erhalten, wurde die EAE in 10 verschiedene Schritte unterteilt (Tab. 3).

1: Okklusale Exposition		Lokale Schleimhautablösung, okklusale Osteotomie zur vollständigen Exposition der okklusale gelegenen Kronenfläche bei durchgebrochenen Zähnen ggf. Dekoronation
2: Darstellung der Furkation		Präparation einer zentralen Kavität transpulpär in Richtung auf die Furkation

<p>3: Zugangserweiterung zur Furkation</p>		<p>Erweiterung des Zugangs auf ca. 1/3 des Zahnvolumens bis zur Furkation unter Entfernung der bukkalen und oralen Schmelzwände; orale Schmelzwände werden nur mit diamantierten Schleifkörpern (>3 mm) unter Schonung des Knochens durchtrennt</p>
<p>4: Interradikuläre Trennung</p>		<p>Vollständige Trennung der Wurzeln vorzugsweise in bukko-lingualer Richtung unter Einsatz eines Sets von Rosenbohrern im bukkalen und einem mindestens 3 mm großen diamantierten Schleifkörper bei lingualer Präparation</p>
<p>5: Mobilisierung koronoradikulärer Fragmente (IFT)</p>		<p>Entfernung großer koronoradikulärer Fragmente, Mikro-Luxatoren oder Mikro-Elevatoren nach dem Prinzip der einwärts gerichteten Mobilisierung (Inward fragmentation technique, IFT)</p>
<p>6: Interne Mikroosteotomie</p>		<p>Im Falle von Wurzelfraktur: Elektive Mikro-Osteotomie mittels Rosenbohrern oder Diamantfräsen mit kleinem Durchmesser unter endoskopischer Kontrolle, ggf. mit partieller Resektion von interradiikulärem Septum</p>

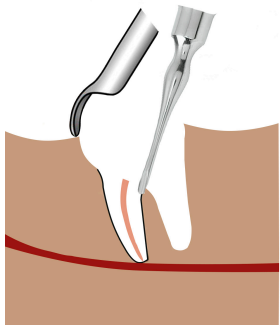
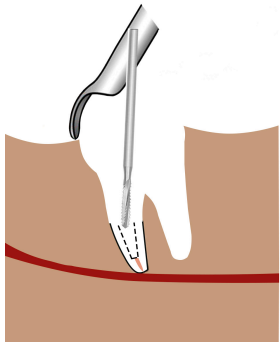
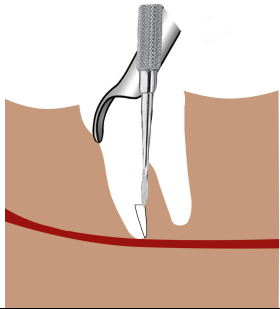
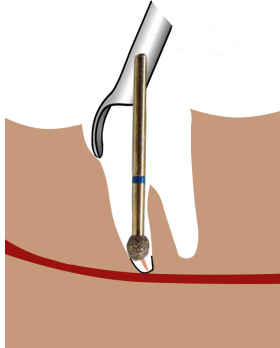
<p>7: Mobilisierung von Wurzelfragmenten (IFT)</p>		<p>Entfernung von Kleinfragmenten der Wurzel in einer der Alveolen oder unter Furkationsniveau nach dem Prinzip der Einwärtsfragmentierung</p>
<p>8: Intradikuläre Separation</p>		<p>Trennung von verschmolzenen oder ankylosierten Wurzelanteilen unter endoskopischer Sicht vom Lumen der Alveole aus.</p> <p>Orientierung durch Tiefensondierung, Verwendung von Diamantschleifkörpern in Nervennähe</p>
<p>9: Mobilisation von Kleinfragmenten</p>		<p>Entfernung von Minifragmenten, die nur an einer der Alveolen-Kortex-Wände adhären sind, mittels Mikroelvatoren</p>
<p>10: Lokalisierte Abtragung</p>		<p>Wurzelfragmentreduzierung mit runden Diamantfräsen verschiedener Größen mit intraalveolärer Platzierung des Stützendoskopes und kontinuierlicher Beobachtung</p>

Tabelle 3 Ablauf der endoskopisch assistierten Eukleation (EAE) (siehe Text)

Die endoskopisch assistierte Eukleation der Weisheitszähne wird unter Positionierung des Stützendoskopes auf der distalen Seite der Alveole durchgeführt. Nach lokaler Exposition wird eine zentrale Kavität angelegt, die bis in die Region der Furkation reicht. Dies ist unabhängig von der Lage des Zahnes. Von dort aus werden nach Erweiterung der Kavität die Wurzeln unter endoskopischer Sicht separiert, der Zahn in ein mesiales und ein distales koronoradikuläres Fragment getrennt und das mittlere Drittel der Krone einschließlich des furkationsnahen Wurzelanteils vollständig abgetragen, wobei eine Präparation nach lingual bei grazen Knochenwänden mithilfe einer diamantierten Fräse erfolgt, um eine sichere Schonung des N. lingualis zu gewährleisten (Tab. 3, Schritte 1-4). Koronoradikuläre Fragmente können jetzt nach dem Prinzip der Einwärtsfragmentierung mobilisiert und entfernt werden.

Bei ankylosierten Wurzeln erfolgt eine interne Mikroosteotomie vorzugsweise vom Septum ausgehend und im interseptalen Bereich. Bei komplexer Wurzelanatomie und verschmolzenen Wurzeln kann neben einer interradiikulären auch eine intraradiikuläre Trennung unter endoskopischer Sicht erfolgen. Die Tiefensondierung kann immer am erhaltenen bukkalen Knochenrand orientiert werden, fest ankylosierte Wurzelabschnitte werden dabei mit rotierenden Instrumenten abgetragen. Zur Mobilisierung können auch piezochirurgische Instrumente herangezogen werden (Tab. 3, Schritte 5-10)

Zur Auswertung der Kohorte wurden zwei Gruppen gebildet, eine Gruppe mit geringer Anzahl von Teilschritten (1-5) und eine Gruppe mit hoher Anzahl von Teilschritten (6-10).

2.6 Endoskopische Mikromorphometrie

In der Subgruppe C wurden Datensätze mit vorhandener Nahfeld-Stützzimmersendoskopie (NF-SIE) ausgewertet. Es wurden nur Datensätze verwendet, bei denen das Endoskopfenster an der tiefsten Stelle der Kavität (Alveole oder Implantatkavität) platziert worden war. In den Videodatensätzen

erfolgte die Aufnahme der Bildern unmittelbar nach dem Ende der Spülung, so dass die Oberfläche ohne Störung durch das Spülsystem (Kochsalzlösung) untersucht werden konnte. Der Ablauf ist in der Tab. 4 dargestellt. Die Abb. 21 zeigt a) eine Blutung aus Knochengefäßen, die eine Beurteilung des Gefäßquerschnittes unmöglich macht. Unmittelbar nach der Spülung ist kurzfristig der Gefäßquerschnitt ohne störende Überlagerung durch das ausfließende Blut zu erkennen (B). Diese Situation wird durch einen Screenshot dokumentiert und zur Bildanalyse verwendet.

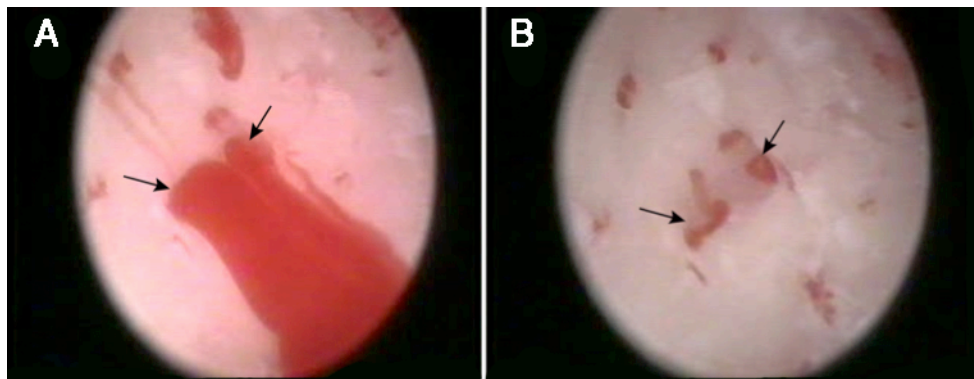


Abbildung 21 Endoskopische Mikromorphometrie: **A.** NF-SIE einer Alveole vor Spülung; Durch austretendes Blut keine Vermessung des Gefäßquerschnittes möglich; **B.** Situation unmittelbar nach Ende der Spülung: Gefäßkanäle klar erkennbar

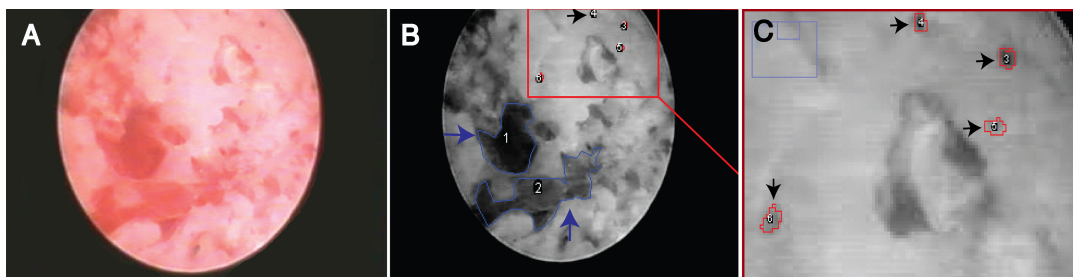


Abbildung 22 **A.** NF-SIE einer Implantatkavität vor Bildbearbeitung; **B.** Markierung der FvI; **C.** Markierung von Gefäßkanälen (schwarze Pfeile) bei maximaler Bildauflösung

Die Bilddateien wurden anschließend einer mikromorphometrischen Analyse unter Verwendung des Programms „Image J, V.1.49, National Institutes of Health Bethesda, MD, USA“ unterzogen (siehe Abb. 22). Das Vorgehen bei der Analyse der digitalisierten Sequenzen ist in der Tab. 4 beschrieben.

Bei der NF-SIE wird zunächst eine Übersichtsbetrachtung und die Auswahl der Fläche von Interesse (FvI) durchgeführt, welche unter Aktivierung der Spülfunktion während der Immersion gereinigt und für die Aufnahme eines Screenshots vorbereitet wird. Die Bildauswahl und die Anfertigung von Screenshots erfolgte offline. Zur besseren Visualisierung der Knochenstrukturen wurden im dritten Schritt die Screenshots in Graustufen mit verstärktem Kontrast und reduzierter Helligkeit umgewandelt, nicht mineralisierter Knochen und Gefäßkanäle markiert und deren Fläche mithilfe des Programms „Image J“ berechnet. Der Prozentsatz nicht-mineralisierter Knochenareale bzw. der Gefäßkanalquerschnitte wurde wie folgt berechnet: Nicht-mineralisierte Fläche (NMF) oder Gefäßquerschnittsfläche (GQF) multipliziert mit 100, geteilt durch die gesamte selektierte Knochenfläche (GF).

Endoskopisches Verfahren in vivo	Offline - Bildauswahl	Bildanalyse
1) SIE - Übersicht über die Knochenoberfläche (SIE auf große Distanz)	1) Auswahl der FvI in Zeitleiste	1) Optimierung des Kontrastes und der Helligkeit
2) Auswahl der Fläche von Interesse (FvI)	2) Kontrolle von blutenden Strukturen	2) Definition der totalen FvI
3) Spülung	3) Auswahl des Bildes mit minimalster Blutung	3) Manuelle Identifizierung der nicht-mineralisierten Flächen
4) Beobachtung der FvI	4) Screenshot	4) Identifizierung der Fläche der vaskulären Kanäle
5) Spülung	5) Gegenkontrolle (Effekt der Spülung)	5) Berechnung der Flächen
6) Wiederholung der Beobachtung der FvI	6) Wiederholung, falls nötig	6) Endbericht

Tabelle 4 Vorgehen bei der endoskopischen Mikromorphometrie

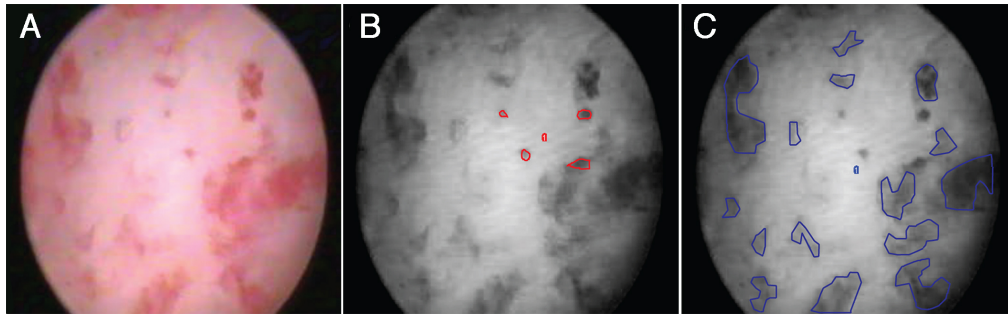


Abbildung 23 Mikromorphometrische Bildauswertung: **A.** Original Screenshot; **B.** Grauwert Darstellung mit selektierten Gefäßquerschnitten; **C.** Grauwertdarstellung mit selektierten Knochenflächen

Das Vorgehen bei der Darstellung von Gefäßquerschnittsflächen (GQF) und nicht-mineralisierten Knochenflächen (NMF) mittels „Image J“ Software wird in Abb. 23 dargestellt. Der digitalisierte Screenshot eines NF-SIE Videos (A), wurde in Graustufen umgewandelt, wobei der Kontrast verstärkt und die Helligkeit zur besseren Visualisierung der Knochenstrukturen reduziert wurde. Die gesamte Knochenfläche (A), die Gefäßkanäle (B) und der nicht-mineralisierte Knochen (C) wurden identifiziert und markiert. Mittels FvI Manager des Programms „Image J“ wurde die Fläche berechnet.

2.7 Statistische Auswertung

Die Tabellenkalkulationen und grafischen Darstellungen wurden mit Microsoft Excel 2013 (Microsoft Corporation, Redmond, USA) durchgeführt. Weitergehende statistische Auswertungen erfolgten mit dem Programm SPSS für Windows, Version 16.0 (SPSS, Chicago, USA).

Für die demografischen Parameter (Geschlecht, Alter) der Kohorte mit Eingriffen verschiedener anatomischer Lokalisation im Zahnbogen wurden deskriptive Statistiken erstellt; sie beinhalten bei kategoriellen Messwerten absolute und relative Häufigkeiten sowie 95%-Clopper-Pearson-Konfidenzintervalle und Chi-Quadrat-Test gegen eine 50%-ige Wahrscheinlichkeit und bei metrischen Messwerten Mittelwerte, Standardabweichung, Minimal- und Maximalwerte.

In Subgruppe A wurden die Lokalisation von Befunden im Zahnbogen sowie innerhalb der Alveole mittels absoluten und relativen Häufigkeiten sowie 95%-Clopper-Pearson-Konfidenzintervallen und Chi-Quadrat-Test gegen eine 50%-ige Wahrscheinlichkeit untersucht.

Bei der endoskopisch assistierten Eukleation der Subgruppe B wurden aus den tabellarisch erfassten Falldokumenten zwei Gruppen mit niedriger und hoher Anzahl von operativen Teilschritten gebildet, zwischen denen die Parameter Furkationshöhe, Abstand Furkation- Apex und Knochenhöhe verglichen wurden. Für die Daten der mikromorphometrischen Untersuchung (Subgruppe C) wurden die Gruppen Extraktionsalveolen und Implantatkavitäten hinsichtlich der Messwerte NMF GQF verglichen.

Sämtliche Messwerte wurden mittels Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung geprüft. Bei gegebener Normalverteilung wurde im Anschluss ein t-Test für unabhängige Stichproben verwendet. Im Falle fehlender Normalverteilung wurde der nicht parametrische Wilcoxon-Mann-Whitney-U-Test eingesetzt.

Das Signifikanzniveau wurde einheitlich auf 5% festgelegt.

3 Resultate

3.1 Art und Verteilung der endoskopischen Eingriffe

3.1.1 Verteilung der endoskopischen Prozeduren auf die Gesamtgruppe (Kohorte)

Von den 2707 registrierten endoskopischen Eingriffen im dentoalveolären Bereich entfielen 1017 auf Alveoloskopien, verteilt auf 525 Patienten (265 Männer, mittleres Alter 46,61 +/- 19,74 (18-87) Jahre und 260 Frauen, mittleres Alter 44,93 +/- 18,78 (18-88) Jahre. 1690 Eingriffe waren Endoskopien im Zusammenhang mit der Insertion von Implantaten (Implantoskopien) bei 676 Patienten (307 Männer, mittleres Alter 55,97 +/- 14,91 (15-87) Jahre und 369 Frauen, mittleres Alter 54,99 +/- 14,23 (16-88) Jahre.

3.1.2 Alter und Geschlechtsverteilung

Die Altersverteilung der Patienten mit Alveoloskopien geht aus Tab. 5 hervor und ist in Abb. 24 illustriert: Es fällt auf, dass nur wenige Patienten der Gruppe der unter 20-Jährigen zur Alveoloskopie vorgestellt wurden; in den Gruppen der Erwachsenen findet sich ein Maximum im Bereich der 40- bis 64-Jährigen mit 189 von 525 Patienten.

	Häufigkeit (%)	95%-Clopper-Pearson-KI
unter 20-Jährige	33/525 (6,28%)	4% - 9%
20- bis 39-Jährige	183/525 (34,86%)	31% - 39%
40- bis 64-Jährige	189 /525 (36%)	32% - 40%
über 65-Jährige	120/525 (22,86%)	10% - 27%

Tabelle 5 Altersverteilung der Patienten mit Alveoloskopien: Häufigkeiten und Kondifenzintervalle (KI)

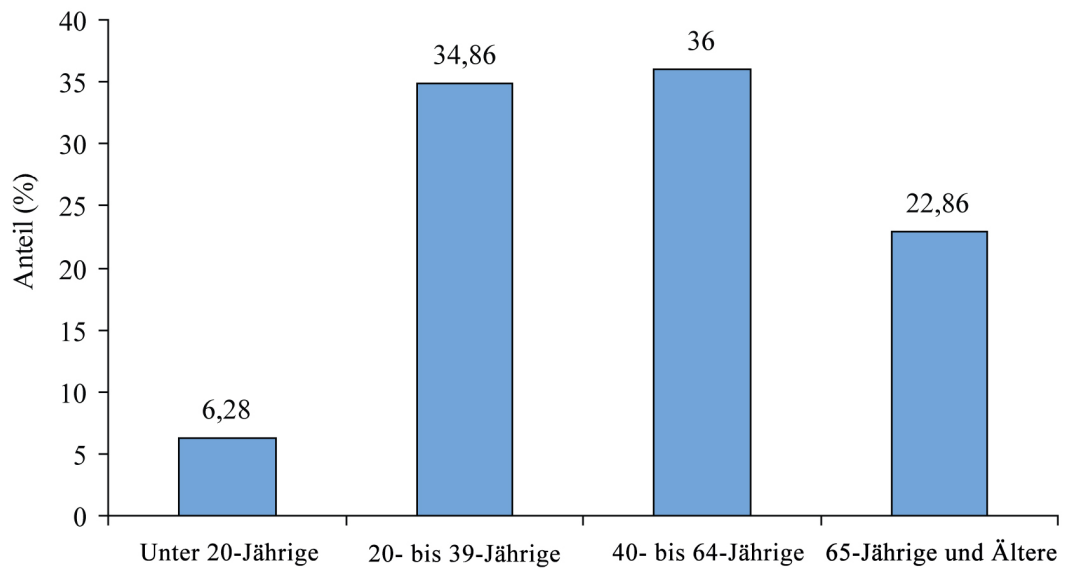


Abbildung 24 Altersverteilung der Patienten mit Alveoloskopien

	Häufigkeit (%)	95%-Clopper-Pearson-KI
unter 20-Jährige	16/676 (2,36%)	1% - 4%
20- bis 39-Jährige	74/676 (10,95%)	9% - 14%
40- bis 64-Jährige	390/676 (57,69%)	54% - 61%
über 65-Jährige	196/676 (28,99%)	26% - 33%

Tabelle 6 Altersverteilung der Patienten mit Implantoskopien: Häufigkeiten und Kondifenzintervalle (KI)

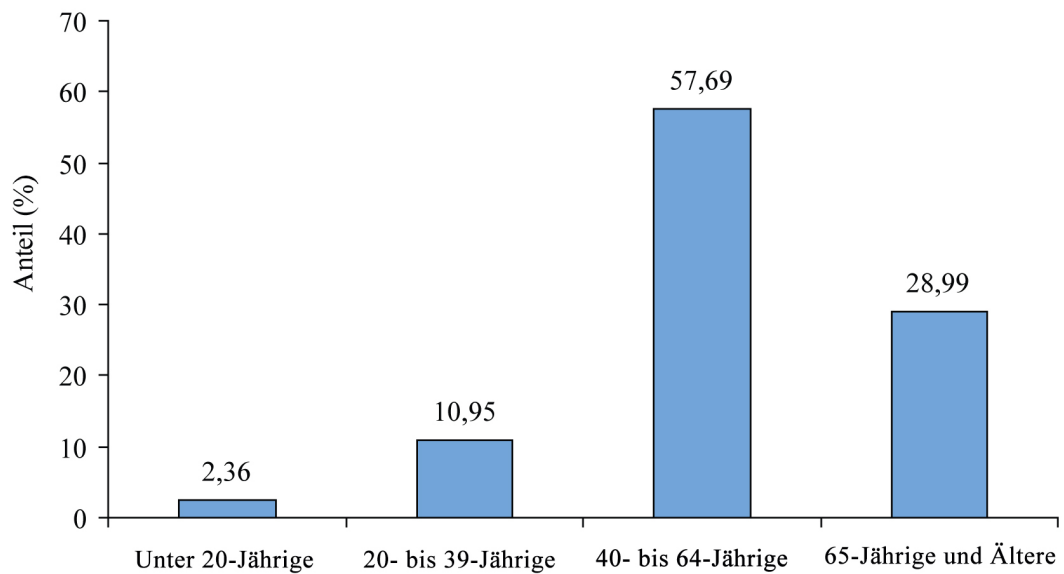


Abbildung 25 Altersverteilung der Patienten mit Implantoskopien

In der Gruppe der Patienten mit Implantoskopien ist noch deutlicher erkennbar, dass nur wenige jugendliche Patienten untersucht wurden, das Maximum liegt in der Gruppe zwischen 40 und 64 Jahren (Tab. 6, Abb. 25).

	Alveoloskopien		Implantoskopien	
	Häufigkeit (%)	95%-Clopper-Pearson-KI	Häufigkeit (%)	95%-Clopper-Pearson-KI
Männer	265/525 (50,47%)	46% - 55%	307/676 (45,41%)	42% - 49%
Frauen	260/525 (49,52%)	45% - 54%	369/676 (54,58%)	51% - 58%

Tabelle 7 Geschlechtsverteilung der Eingriffe: Häufigkeiten und Kondifenzintervalle (KI)

Die geschlechtsbezogene Stratifizierung der Patientenzahlen geht aus Tab.7 hervor: Es ergab sich eine signifikant größere Anzahl weiblicher Patienten bei Implantoskopien ($p=0,017$), nicht jedoch bei Alveoloskopien ($p=0,827$).

3.1.3 Lokalisation

Die endoskopischen Eingriffe wurden nach dem Ort der Durchführung im Bereich des Zahnbogens weiter aufgeschlüsselt. Die Eingriffszahlen in Abhängigkeit von der Lokalisation sind in den Abbildungen 26 und 27 dargestellt (Tab. 8). Es ergibt sich, dass die Alveoloskopien eine Verteilung mit Maxima im Bereich der Weisheitszähne aufweisen, die Implantoskopien hingegen zeigen Häufigkeitsmaxima im Bereich der Prämolaren und Eckzähne.

Dies lässt sich auch statistisch vergleichend am Zahlenmaterial belegen: Alveoloskopien wurden im posterioren Bereich signifikant häufiger durchgeführt ($p=0,000$) Deswegen kann festgestellt werden, dass die alveoloskopischen Eingriffe insbesondere im posterioren Bereich des Zahnbogens durchgeführt werden und somit im schwer zugänglichen Bereich der Mundhöhle eine verbesserte Visualisierung erlauben.

	Alveoloskopien		Implantoskopien	
	Häufigkeit (%)	95%-Clopper-Pearson-KI	Häufigkeit (%)	95%-Clopper-Pearson-KI
Anteriorer Bereich	321/1017 (31,56%)	29% - 35%	838/1690 (49,58%)	47% - 52%
Posteriorer Bereich	696/1017 (68,44%)	65% - 71%	852/1690 (50,41%)	48% - 53%

Tabelle 8 Lokalisation der Alveoloskopien im Bereich des Zahnbogens: Häufigkeiten und Kondifenzintervalle (KI)

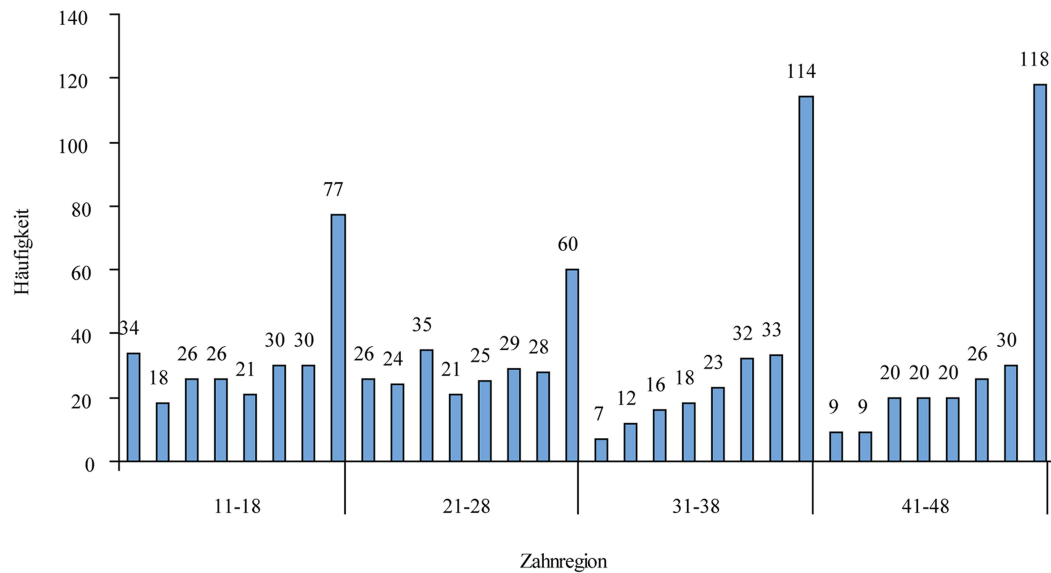


Abbildung 26: Verteilung der Alveoloskopien in Bezug auf die Zahnregionen

Bei Implantoskopien wurden ebenfalls die Eingriffsfrequenz im anterioren und posterioren Sektor verglichen. Hier ergaben sich keine signifikanten Unterschiede im Vergleich von anterioren und posterioren Bereich ($p=0,733$). Damit kann festgestellt werden, dass die Implantoskopien in beiden Bereichen des Zahnbogens in ähnlicher Häufigkeit angewendet werden.

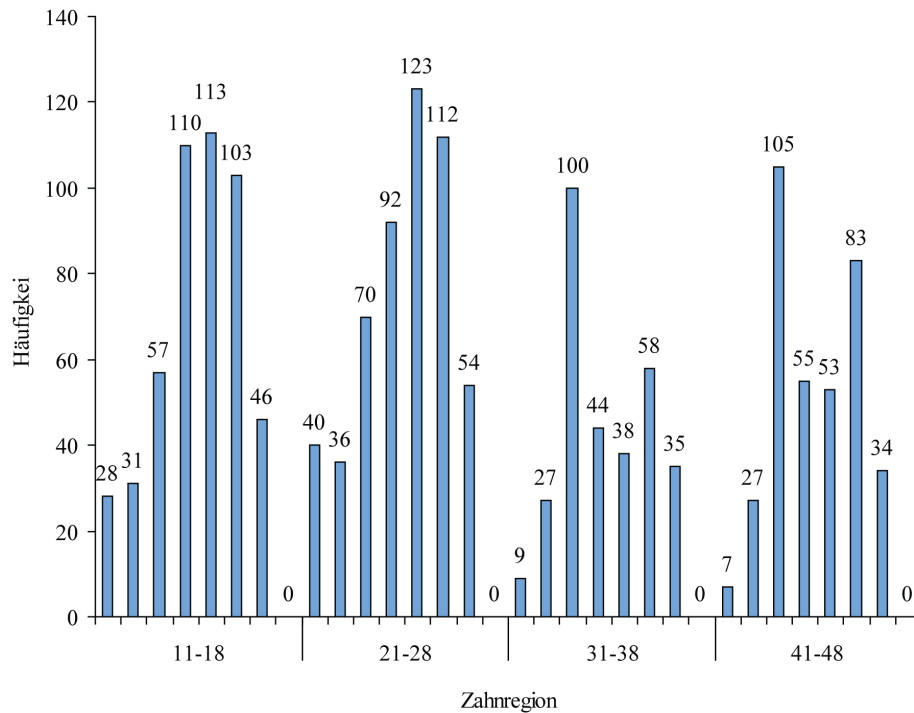


Abbildung 27: Verteilung der Implantoskopen auf die Zahnregionen

3.2 Alveoloskopische Befunde

3.2.1 Beschreibung der alveoloskopischen Befunde mittels Stützendoskopie

a) Lateral im Bereich der Alveolenwände:

Defekt der zervikalen Knochenwand der Alveole: Bei 10 Patienten (5 Männer, 5 Frauen) wurden 14 Defekte der alveolären Knochenwand festgestellt (8 Oberkiefermolaren, 1 oberer Eckzahn, 1 zentraler Schneidezahn, 1 Unterkieferprämolare, 1 oberer Prämolare und 2 Oberkiefermolaren);

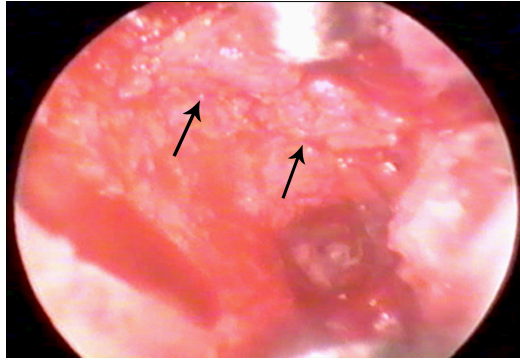


Abbildung 28 Knochendefekt, festgestellt an der bukkalen Alveolenwand 27 Patient Nr. 32

Fenestration der bukkalen Knochenwand: Bei 2 Patienten (2 Männer) wurden 2 bukkale Fenestrationsen festgestellt (1 lateraler oberer Schneidezahn, 1 oberer Prämolare);

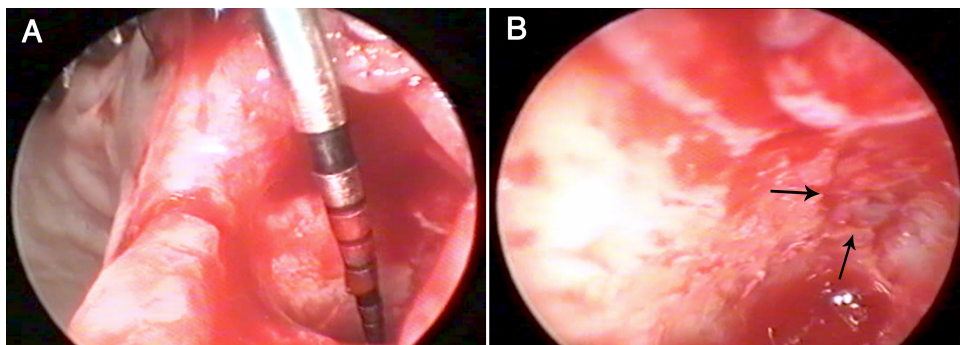


Abbildung 29 Fenestration der bukkalen Alveolenwand 22 Patient Nr. 8: **A.** Perspektive vom Eingang der Alveole aus mittels simultaner Sondierung; **B.** Visualisierung aus kurzer Distanz

Perforation der lingualen alveolären Knochenwand: Bei 4 Patienten (3 Frauen, 1 Mann) wurden 4 Perforationen der alveolären Knochenwand festgestellt (4 Unterkiefermolaren);

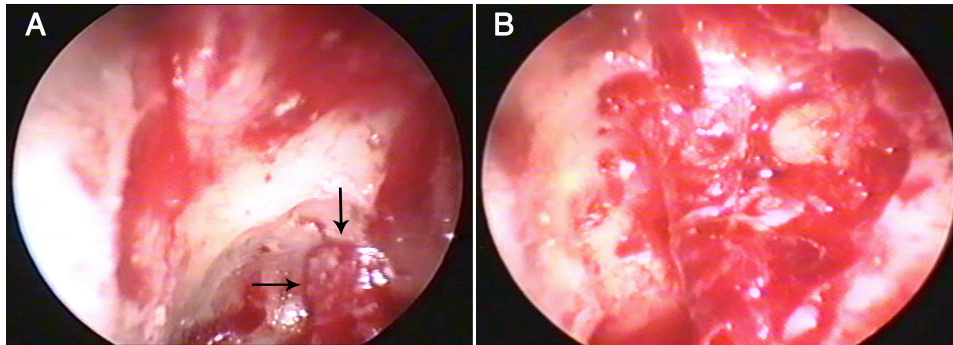


Abbildung 30 Perforation der lingualen Knochenwand der Alveole 38 Patient Nr. 33: **A.** Lokalisierung aus okklusaler Sicht am Eingang der Alveole und **B.** Perspektive der Perforation aus kurzer Distanz in der Tiefe der Alveole

Fraktur der Alveolenwand: Bei 2 Patienten (1 Mann, 1 Frau) wurden 2 Frakturen der Alveolenwand festgestellt (1 Oberkiefermolar und 1 Unterkiefermolar);

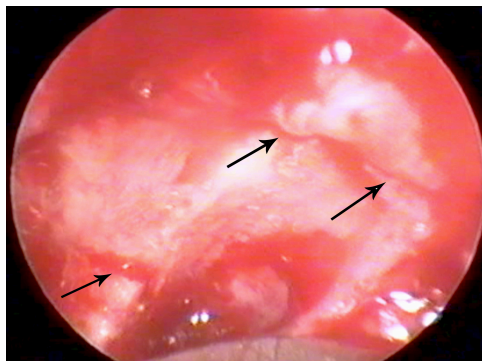


Abbildung 31 Fraktur der bukkalen Alveolenwand 28 Patient Nr. 14

b) im apikalen Bereich

Identifizierung von Wurzelfragmenten: Bei 9 Patienten (3 Frauen, 6 Männer) wurden 9 Wurzelfragmente festgestellt (1 Oberkiefermolar, 6 Unterkiefermolaren, 1 oberer Prämolare und 1 Unterkieferprämolare);

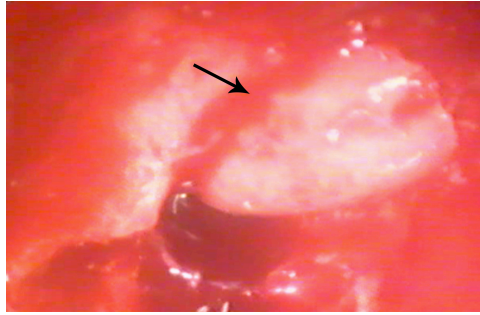


Abbildung 32 Identifizierung eines Wurzelfragments in der Apikalregion der Alveole 14 Patient Nr. 12

Identifizierung eines apikalen Granuloms: Bei 4 Patienten (2 Frauen, 2 Männer) wurden 4 apikale Granulome festgestellt (2 Oberkiefermolaren, 1 Unterkiefermolar, 1 oberer Prämolare);

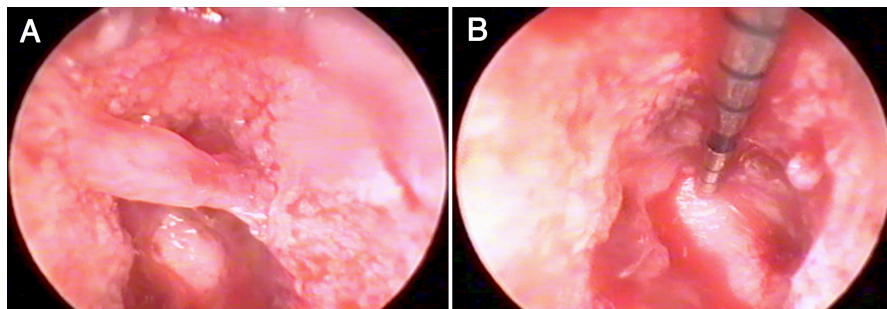


Abbildung 33 Identifizierung eines apikalen Granuloms der Alveole 25, Patient Nr. 11

Mund-Antrum-Verbindung (MAV): Bei 2 Patienten (1 Mann, 1 Frau) wurden 2 Mund-Antrum-Verbindungen festgestellt (1 Oberkiefermolar und 1 Oberkieferprämolare);

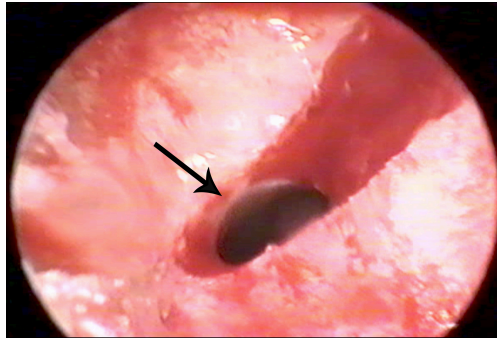


Abbildung 34 Mund-Antrum-Verbindung, Region 15, Patient Nr. 8

Exposition des N. alveolaris inferior: Bei 2 Patienten (2 Frauen) wurden zwei Expositionen des N. alveolaris inferior festgestellt (2 Unterkiefermolaren)

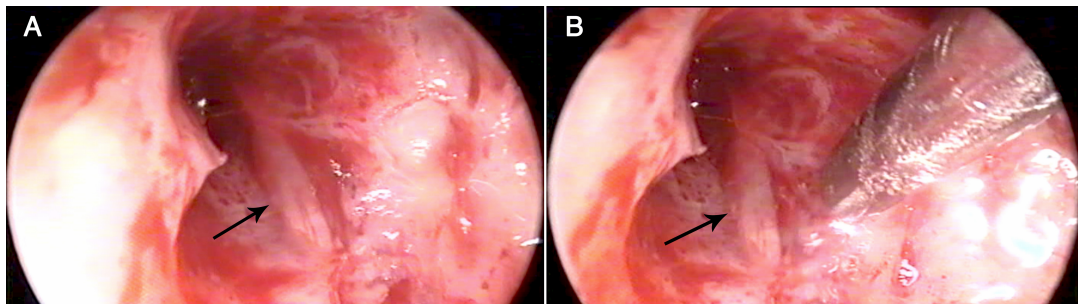


Abbildung 35 Freiliegender N. alveolaris inferior in der Alveole 48 (A) und Sondierung (B), Patient Nr.7

3.2.2 Verteilung der Befunde im Zahnbogen

	Häufigkeit der Befunde und Beobachtungen (%)	95%-Clopper-Pearson-KI
Anterior Bereich	4/20 (20%)	6% - 44%
Posterior Bereich	35/88 (39,77%)	29% - 51%
Gesamt	39/108 (36,11%)	27% - 46%

Tabelle 9: Absolute und relative Anzahl von pathologischen Befunden und klinischen Beobachtungen sowie Konfidenzintervalle nach Clopper-Pearson (KI) im Zahnbogen

Betrachtet man das Auftreten von pathologischen Befunden im Vergleich zur Gesamtzahl der Beobachtungen, so wurden im posterioren Bereich absolut und relativ zur Anzahl der Beobachtungen mehr pathologische Befunde beobachtet (Chi - Quadrat - Test, $p=0,000$) (Tab. 9). Auch hier wird deutlich, dass alveoloskopische Verfahren als diagnostische Grundlage für eine intraalveoläre Chirurgie verwendet werden können.

3.2.3 Lokalisation der Befunde in der Alveole

	Häufigkeit der Befunde (%)	95%-Clopper-Pearson-KI
Apikal/ Lumen	17/39 (43,58%)	28% - 60%
Laterale Wände	22/39 (56,41%)	40% - 72%

Tabelle 10 Lokalisation der Befunde in den Alveolen: Angezeigt werden die Häufigkeiten und die Konfidenzintervalle (KI) analog zu Tab. 9

Die Lokalisation der pathologischen Befunde in der Alveole ist in der Tab. 10 dargestellt. Hier ergaben sich keine signifikanten Unterschiede im Vergleich von pathologischen Befunden der Wandstrukturen und des apikalen Bereiches (Chi - Quadrat - Test, $p=0,423$). Die Alveoloskopie ist also in der Lage, in den schwer zugänglichen apikalen und im einfacher zugänglichen Wandbereich pathologische Befunde zu detektieren, wobei die Wandbefunde tendenziell häufiger auftreten.

Im Rahmen der alveoloskopischen Befunderhebung nach der Extraktion wurden 54 Alveolen befundet. Bei 29 von 54 Alveolen wurden 39 pathologische Befunde entsprechend der unter 2.3 beschriebenen Parameterliste festgestellt, die restlichen 25 Kavitäten waren unauffällig. Die Verteilung der Befunde auf Patienten und Kieferkammregionen sind in der Tabelle 11 dargestellt.

	Anzahl der Befunde	Anzahl der Patienten	Region
Defekt der zervikalen Knochenwand der Alveole	14	10	15 17 17 18 21 23 26 26 27 27 28 36 45 47
Fenestration der bukkalen Knochenwand	2	2	22 25
Perforation der lingualen alveolären Knochenwand	4	4	38 38 48 48
Fraktur der Alveolenwand	2	2	28 48
Identifizierung von Wurzelfragmenten	9	9	26 45 14 36 38 38 47 48 38
Identifizierung eines apikalen Granuloms	4	4	26 25 47 18
Mund-Antrum-Verbindung	2	2	15 18
Exposition des N. alveolaris inferior	2	2	48 48

Tabelle 11 Verteilung der alveoloskopischen Befunde auf Patienten und Zahnregionen

3.3 Evaluierung der endoskopisch assistierten

Enukleation

Die aus den Falldokumentationen ermittelten Messungen wurden in der Tabelle 12 zusammengestellt. Auf Basis der unter 2.4 definierten Teilschritte zur Beschreibung von endoskopisch assistierten Eingriffen wurden zwei Gruppen gebildet: Geringe Anzahl von Teilschritten (1-5), und hohe Anzahl von Teilschritten (6-10). Diese Gruppen wurden mit anatomischen Parametern korreliert, die die Komplexität der Zahnanatomie darstellen: Zahnlänge (mm), Knochenhöhe (mm), Furkationshöhe (mm) und Abstand Furkation - Apex. In der Abb. 36 sind die Mittelwerte der Parameter in den beiden Gruppen dargestellt: Es zeigt sich, dass Knochenhöhe und Zahnlänge in beiden Gruppen weitgehend identisch sind. In der Gruppe mit wenigen Teilschritten hingegen ist die Furkationshöhe geringer und der Abstand Apex-Furkation größer.

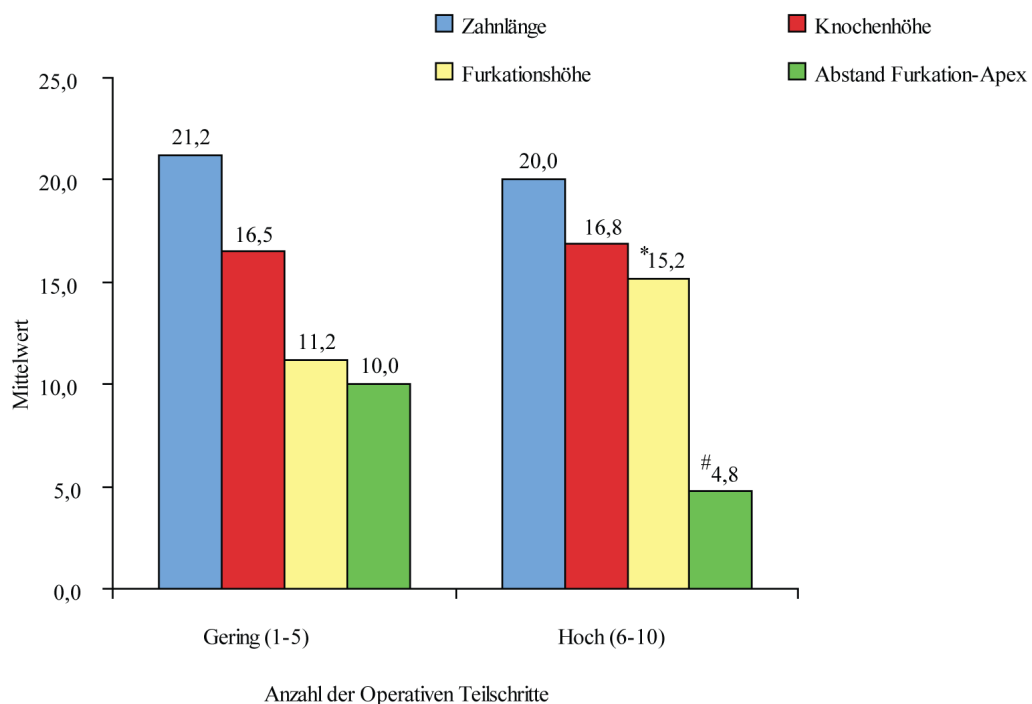


Abbildung 36 Beschreibung von endoskopisch assistierten Eingriffen und anatomischen Parametern von Weisheitszähnen

Patient Nummer	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
Geschlecht	Männlich	Weiblich	Männlich	Weiblich	Männlich	Weiblich	Männlich	Weiblich	Männlich	Weiblich	Männlich	Weiblich	Männlich	Weiblich	Männlich	Weiblich	Männlich	Weiblich	Männlich	Weiblich
Alter	28	44	20	44	20	25	20	44	20	20	26	48	20	48	50	48	29	22	29	22
Zahn	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	38	38	38	38	38	48
Anzahl der operativen Teilschritte	Gering	Hoch	Gering	Hoch	Gering	Hoch	Gering	Hoch	Gering	Hoch	Hoch	Hoch	Gering	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch	Gering
Zahnlänge (mm)	23	18,2	24	23,3	24	23	24	23	23	23	23	24	24	24	24	17	17,5	17	17	17
Knochenhöhe (mm)	21,5	17,5	17,3	20	17,3	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	18	18	18	18	15	17,5	15	17,5	15,5
Furkationshöhe (mm)	11,2	11,2	11	21	11	13	13	13	13	13	13	18,7	18,7	18,7	14	14	15	15	15	13,5
Abstand Furkation-Apex (mm)	11,8	7	13	2	13	10	10	10	10	10	10	5,3	5,3	5,3	3	3	2,5	2,5	2,5	3,5

Tabelle 12 Messungen in einer retrospektiven Kohorte von 10 Patienten zur Evaluierung der endoskopisch assistierten Eukleation

Diese Beobachtung ließ sich statistisch im Wilcoxon-Mann-Whitney-Test bestätigen, die beiden Gruppen unterschieden sich im Hinblick auf die Furkationshöhe signifikant, der Abstand Furkation - Apex zeigte eine Tendenz zu Unterschieden, Knochenhöhe und Zahnlänge hatten keinen Einfluss (Tab. 13).

Gruppenvergleich	anatomische Messwerte	P-Wert
Anzahl von Teilschritten	Zahnlänge (mm)	0,908
Anzahl von Teilschritten	Knochenhöhe (mm)	0,909
Anzahl von Teilschritten	Furkationshöhe (mm)	*0,040
Anzahl von Teilschritten	Abstand Furkation – Apex (mm)	0,087

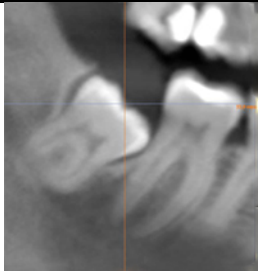
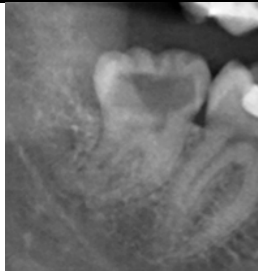

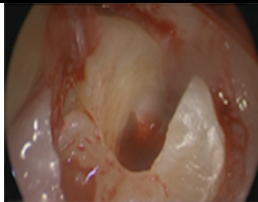
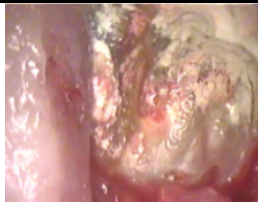
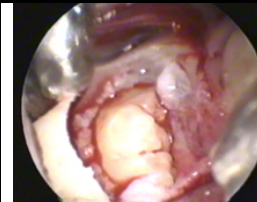
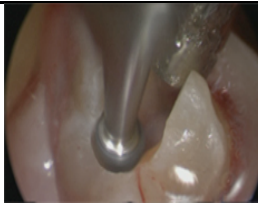
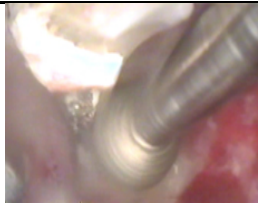
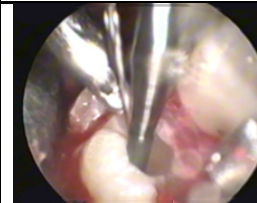
Tabelle 13 Anatomische Faktoren und Anzahl der operativen Teilschritte

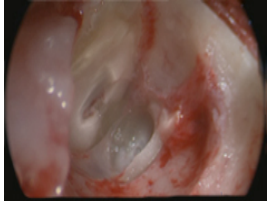
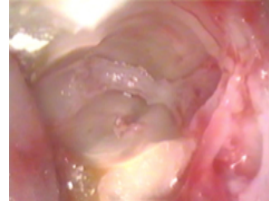



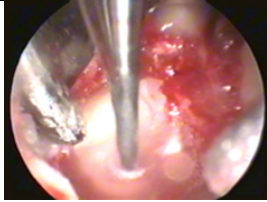
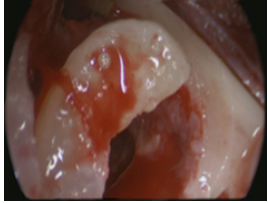



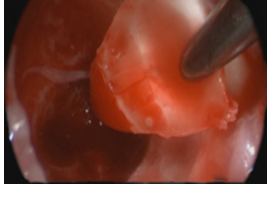
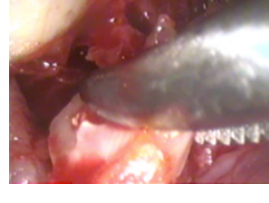
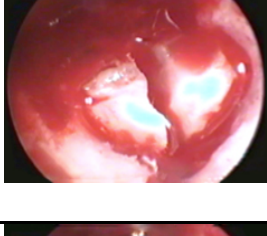
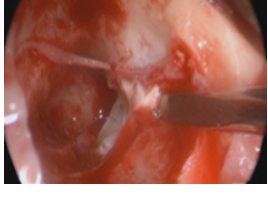

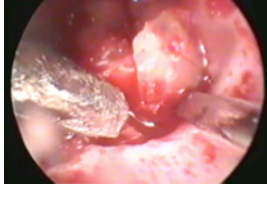
PatientenCode Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Freiliegender Alveolarnerv		x	x				x			
Linguale Per- foration			x			x	x	x		

Tabelle 14 Spezielle intraoperative Befunde

In der Tab. 14 sind spezielle Befunde zusammengefasst, die auf einen relativ schwierigen Operationsverlauf hinweisen. Diese führten mit Ausnahme einer temporären Sensibilitätsstörung bei einem Patienten nicht zu postoperativen Komplikationen.

In der Tab. 15 sind exemplarisch drei verschiedene Falldokumentationen hoher Komplexität mit Darstellung der oben definierten Teilschritte zusammengefasst. Dabei ist erkennbar, dass die Schritte 1-4 bei allen Patienten erforderlich waren. Der Schritt „Mobilisierung koronoradikulärer Fragmente“ war im Fall 3 nicht möglich, da der mesiale Anteil des Zahnes nicht mobilisiert werden konnte. Die interne Mikroosteotomie, die im Fall 1 nicht erforderlich war, musste in den Fällen 2 und 3 zur Mobilisation von Wurzelfragmenten erfolgen. Wurzelfragmente ließen sich im Fall 1 und 2 spontan entfernen, im Fall 3 war eine intraradikuläre Separation erforderlich, die i.d.R. eine zeitraubende Maßnahme darstellt. Es folgte in allen Fällen die Mobilisation von Kleinfragmenten, nur im 2. Fall war eine lokalisierte Abtragung von ankylotischen Zonen erforderlich (Schritt 10). Die Kontrollen zeigten in allen Fällen einwandfreie alveoläre anatomische Situationen.

Röntgenbefund			
1: Okklusale Exposition			
2: Darstellung der Furkation			

<p>3: Zugangserweiterung zur Furkation</p>			
<p>4: Interradikuläre Trennung</p>			
<p>5: Mobilisierung koronoradikulärer Fragmente (IFT)</p>			-----
<p>6: Interne Mikroosteotomie</p>	-----		
<p>7: Mobilisierung von Wurzelfragmenten (IFT)</p>			-----
<p>8: Intraradikuläre Separation</p>	-----	-----	
<p>9: Mobilisation von Kleinfragmenten</p>			


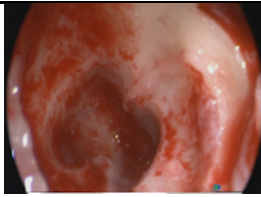
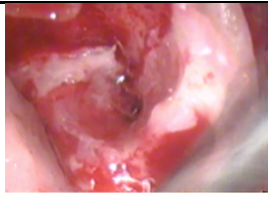
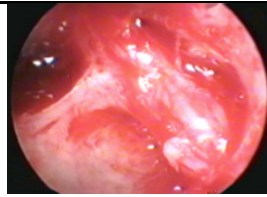
10: Lokalisierte Abtragung	-----		-----
Kontrolle der Alveole nach Extraktion			

Tabelle 15 Falldokumentation: Teilschritte komplexer endoskopisch assistierter Eukleationen

3.4 Mikromorphometrische Untersuchung

Ergebnisse der mikromorphometrischen Untersuchungen sind in der Abbildung 37 zusammenfassend beschrieben. Es handelt sich um Screenshots von Videoaufzeichnungen bei der Untersuchung einer Extraktionsalveole (links) und einer Implantatkavität (rechts, Reihe I). Zur besseren Visualisierung der Wandstrukturen wurde das Farbbild mittels des Programmes „Image J“ in eine Grauwertskala überführt und durch Reduktion der Helligkeit und Anhebung des Kontrastes eine bessere Abgrenzung der unterschiedlichen anatomischen Strukturen ermöglicht. (Reihe II) Durch Auswahl von repräsentativen Zonen unter höherer Vergrößerung wird die Bestimmung der Fläche von Knochengefäßkanälen ermöglicht (Reihe III, Pfeile). Analog werden die Zonen mineralisierten und nicht-mineralisierten Knochens manuell markiert und über „Image J“ als Prozentwert der Gesamtfläche angezeigt.

Nicht-mineralisierte Knochenareale und Gefäßkanäle werden konturiert und als prozentuale Werte des gesamten Beobachtungsbereichs vermessen. Für den Parameter nicht-mineralisierter Knochen wurde die Annahme der Normalverteilung überprüft (Shapiro-Wilk-Test) und die Auswertung erfolgte mittels t-Test für unabhängige Stichproben. Demgegenüber konnte die Querschnittsfläche der

Gefäßkanäle nicht als normalverteilt angesehen werden und entsprechend wurde der Mann-Whitney-U-Test verwendet.

In Abb. 38 sind die Ergebnisse grafisch dargestellt. Es ergibt sich für Implantatkavitäten ein deutlich größerer Anteil an nicht-mineralisierter Knochenzone (22,19%) im Vergleich zu den Alveolenwänden (9,46%). Bei den Gefäßquerschnittsflächen zeigte sich hingegen eine größere Fläche bei Extraktionsalveolen (1,81%) im Vergleich zu den Implantatkavitäten (0,58 %).

Die Ergebnisse zeigen, dass Alveolen als natürliche Oberflächenstruktur eine im Vergleich zu Implantatkavitäten stärker mineralisierte Oberfläche aufweisen, die als Kraftübertragung für den parodontalen Faserapparat dient. Demgegenüber hat das Implantatlagergewebe eine größere Variabilität der Wandstruktur aufzuweisen, die durch endoskopische Betrachtung jetzt einer präzisen intraoperativen Definition zugänglich ist.

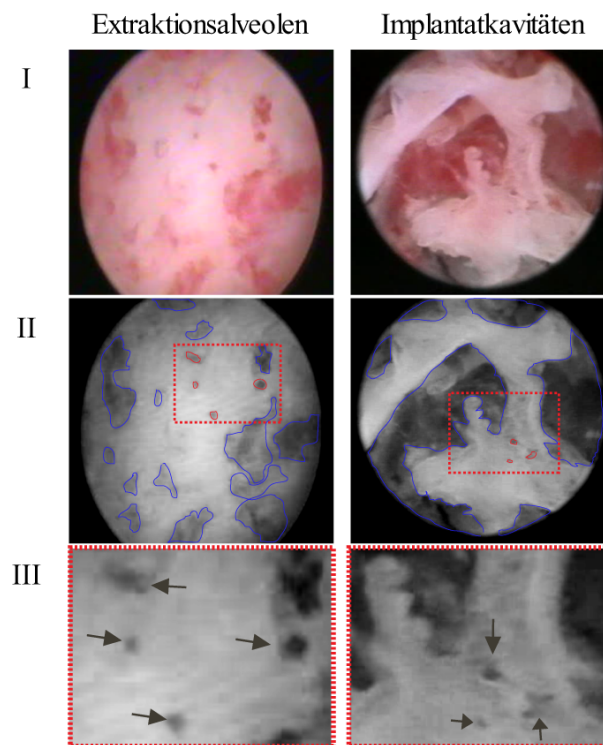


Abbildung 37 NF- SIE einer Extraktionsalveole und eines Implantatlagers im Vergleich. Oben: Original Screenshots eines Videos, Mitte: Grauwert-Darstellung zur Kontrastverbesserung mit Markierung der nicht mineralisierten Zone. Auswahl einer Anordnung der Fläche von Interesse (FvI) Unten: Querschnitte von Gefäßkanälen in der FvI (schwarze Pfeile)

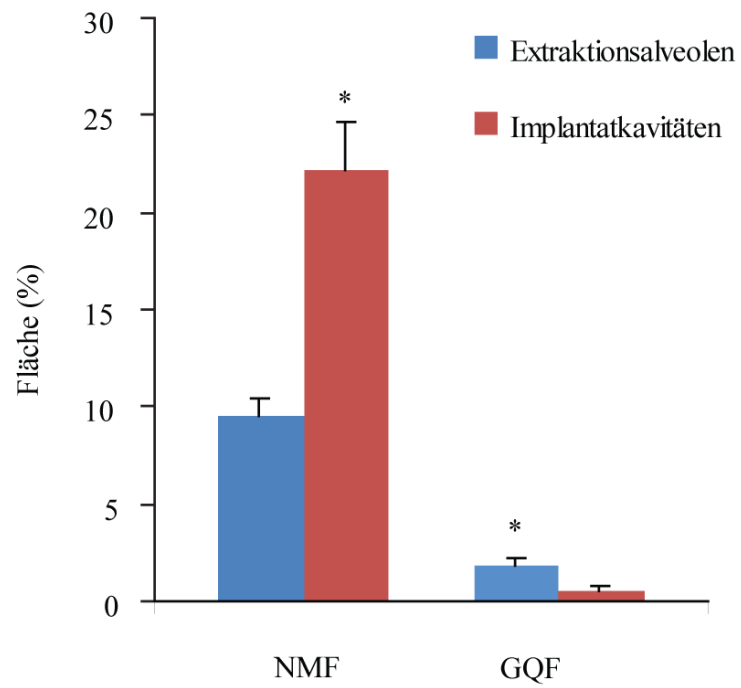


Abbildung 38 Vergleichende Analyse der Querschnittsflächen. Nicht mineralisierte Querschnittsfläche (NMF) und Gefäßquerschnittsfläche (GQF) bei Extraktionsalveolen und Implantatlager unterscheiden sich jeweils signifikant

4 Diskussion

4.1 Zur Entwicklung der oralen Endoskopie an der UMG

Seit den ersten Berichten über den Einsatz starrer endoskopischer Optiken in der Oralchirurgie (Tornes et al. 1977) sind bis heute verschiedene endoskopische Verfahren für die diagnostische Anwendung und als endoskopisch assistierte Behandlungsverfahren beschrieben worden, um einen minimal invasiven Zugang für die dentoalveoläre Chirurgie zu erzielen. Zunächst wurden Endoskope durch die norwegische Arbeitsgruppe um Tornes et al. (1977) als Mittel zu Qualitätskontrolle eingesetzt. Dies betraf die Kontrolle von Kieferzysten und andere kritische anatomische Strukturen. Die dazu verwendete Optik war die starre 4 mm Optik mit verschiedenen Blickwinkeln ohne weitere spezielle Ausrüstung. Die Anwendung dieser Optiken im Bereich der endodontischen Chirurgie wurde durch die Arbeitsgruppe von Held et al. (1996) in den USA und vor allem durch von Arx et al. (2002) in der Schweiz propagiert und kontinuierlich angewendet. Dabei berichten von Arx et al. (2003) erstmalig über eine systematische indirekte Visualisierung mittels der Videoendoskopie bei diagnostischen und endoskopisch assistierten Maßnahmen in diesem Bereich.

In dieser Phase der Entwicklung wurde an der UMG entsprechend der damaligen Abteilungsstruktur der Schwerpunkt auf die Untersuchung von Augmentationsverfahren der Kieferhöhle (Engelke und Deckwer 1997) sowie die Untersuchung von Implantatkavitäten (Engelke 2002) gelegt. Dabei erforderte die Untersuchung der Implantatkavitäten eine besondere Stützzimmersionstechnik, die auch erfolgreich an anderen Zentren nach der Zahnentfernung eingesetzt wurde (Juodsbalyz et al. 2008, Beltrán et al. 2012). In diesem Zusammenhang wurden auch mit semiflexible kleinere Optiken mit integrierter Spülung eingesetzt (Nahieli et al. 2011). Die Verwendung einer integrierten Spülung hat sich insbesondere bei der Untersuchung von Knochenkavitäten mit kleinerem Durchmesser bewährt.

Kürzlich berichteten Iwai et al. (2012a) und Huang et al. (2015) über den Einsatz von Endoskopen bei der Zahntfernung, um Wurzelfragmente in schwieriger Lokalisation in der Nähe der Kieferhöhle und im Mundbodenbereich zu identifizieren. Im Gegensatz zum Vorgehen an der UMG wurden endoskopische Maßnahmen von den genannten Autoren nur kasuistisch und nicht in der Routine eingesetzt.

Ähliches trifft für die anderen Arbeitsgruppen zu, die über endoskopische Verfahren vor allem im Zusammenhang von Kieferhöhlenbefunden bei der Augmentation berichten. So publizierten Wiltfang et al. (2000) über Spätfunde nach Kieferhöhlenaugmentation und Nkenke et al. (2002) über die endoskopische intraoperative Kontrolle der Schneider'schen Membran.

Über die Anwendung endoskopischer Techniken in der allgemeinen Zahnheilkunde und der dentoalveolären Chirurgie wird nur wenig berichtet. So konnte sich das Mikroendoskop von Geibel (2006) mit einem Durchmesser von 1 mm bisher nicht in größerem Umfang durchsetzen. Das mag daran gelegen haben, dass der kleine Durchmesser nur eine relativ schlechte Bildqualität zulässt, was eine diagnostische Anwendung deutlich einschränkt.

Die in der vorliegenden Untersuchung erhobenen Daten zeigen, dass die Endoskopie an der UMG mit den genannten starren Optiken (2,7 und 4 mm) in der Variante der Stützendoskopie neben der Anwendung in der Implantologie vor allem in der Exodontie ihren Platz gefunden hat. Dies mag an dem veränderten Schwerpunkt im klinischen Einsatz liegen, der nach der Auflösung der implantologisch orientierten Abteilung für Zahnärztliche Chirurgie zu einer Schwerpunktbildung im Bereich der minimalinvasiven Zahntfernung geführt hat. Ein wichtiger Punkt ist jedoch vor allem die Tatsache, dass die verwendeten optischen Systeme (Storz-Hopkins Stablinsen) eine heutigen Ansprüchen genügende Bildqualität liefern, die derjenigen von Operationsmikroskopen durchaus ebenbürtig ist. Somit ist eine präzise diagnostische Aussage im Bereich von Knochenkavitäten und Zahnalveolen ebenso möglich wie eine Verwendung in der endoskopisch assistierten Chirurgie.

Es fällt auf, dass die endoskopisch orientierte Arbeitsgruppe von Arx et. (2011) und Taschieri et al. (2008) ebenfalls mit den an der UMG verwendeten Optiken arbeiten

und über dreistellige Kohortengrößen von endoskopisch behandelten Patienten berichten, alle anderen Berichte sind entweder Einzelkasuistiken (Iwai et al. 2012a; Huang et al. 2015) oder berichten über Kohorten im kleinen zweistelligen Bereich (Taschieri et al. 2008; Joudzbalys et al 2008).

Neff (2013) berichtete kürzlich über die Anwendung der Endoskopie in verschiedenen Bereichen der MKG-Chirurgie und verwies auch auf die Erfahrungen an der UMG. Auch in dieser Publikation wird allerdings nicht deutlich, wieviele Behandlungszentren die genannten Verfahren inzwischen einsetzen und in welchem Umfang Spezialanwendungen oder Erfahrungen im Routineeinsatz in den bestimmten Bereichen vorliegen.

Demgegenüber wurde an der UMG die starre Endoskopie im dentoalveolären Rahmen bei implantologischen und dentoalveolären Eingriffen routinemäßig eingesetzt (Engelke und Galle 2008), wobei die Eingriffszahlen im vierstelligen Bereich liegen und sich als außerordentlich risikoarm bewährt haben. Verfahrensbedingte Komplikationen wie unmittelbar intraoperative Zwischenfälle oder eine Erhöhung postoperativer Komplikationen bei Implantaten oder Extraktionen wurden in der Untersuchung von Engelke und Galle (2008) nicht beobachtet. Aufgrund dieser Untersuchung war es nicht erforderlich, am vorliegenden Krankengut die Frage der Verfahrenssicherheit erneut aufzugreifen.

Die in der vorliegenden Arbeit erhobenen Eingriffszahlen bestätigen, dass an der UMG eine Anwendung der Endoskopie in der dentoalveolären Chirurgie als Routine gelten kann. Diese Routineanwendung war Voraussetzung dafür, dass eine methodische Weiterentwicklung in speziellen Bereichen stattgefunden hat, die sich in der mikroskopischen Knochenanalyse mittels Nahfeld - SIE und in der Entwicklung der IFT zur Eukleation von Zähnen niedergeschlagen hat.

Die statistische Analyse der Eingriffszahlen zeigt, dass alle Altersgruppen von Erwachsenen bei endoskopischen Eingriffen einbezogen wurden, wobei die Gruppe der unter 20 - Jährigen aus naheliegenden Gründen unterrepräsentiert ist. Sekundäreingriffe oder intraoperative Komplikationen wurden allerdings auch in dieser Gruppe nicht beobachtet.

Die statistische Auswertung zeigt darüber hinaus, dass die Endoskopie vor allem im Seitenzahnbereich eingesetzt wird. Dies erklärt schlüssig den Bedarf an einer verbesserten Visualisierung. Im anterioren Bereich kann statt der Endoskopie eine Behandlung unter dem Operationsmikroskop einfacher erfolgen, weiter distal und intraossär gelegen wird eine Einsicht mit Spiegel, Lupe oder Mikroskop zunehmend problematisch.

Es kann also festgehalten werden, dass die Eingriffszahlen an der UMG einerseits einen dentoalveolären Arbeitsschwerpunkt nachweisen, andererseits im Vergleich zu publizierten Daten anderer Arbeitsgruppen erstmalig eine Routineanwendung von endoskopischen Verfahren in der dentoalveolären Chirurgie erkennen lassen. Ferner kann ausweislich der Videodokumentation beobachtet werden, dass ausgehend von einer diagnostischen Anwendung mit zunehmender Anwendungshäufigkeit eine Tendenz zu endoskopisch assistierter Chirurgie zu beobachten ist. Dies ist mit flexiblen Systemen ohne Stützeinrichtung nur schwer möglich, da ein adäquater Arbeitsabstand ohne eine Stützvorrichtung nur schwer einzuhalten ist und im Kontaktmodus eine endoskopisch assistierte Chirurgie unmöglich ist.

4.2 Bedeutung alveoloskopischer Befunde

Die Beurteilung einer Alveole ist traditionell visuell. Dabei muss auf den Inhalt (z. B. Reste von Gewebe, Zysten, Granulationsgewebe) und auf die Struktur der Wände, insbesondere Defekte, eine mögliche Verbindung zur Kieferhöhle und freiliegende Nerven etc. geachtet werden. Außerdem ist die Beurteilung von Strukturdefiziten wie Knochenresorption oder parodontal bedingte Schäden bedeutsam.

Juodzbalyz et al. (2008) konnten den Wert der Stützzimmerskionsendoskopie für die Diagnostik von Extraktionsalveolen darstellen und zogen daraus den Schluss, dass die konventionelle Untersuchung in Kombination mit der SIE eine verbesserte und genauere Beurteilung der Ausdehnung und Stärke der bukkalen Alveolenwand sowie der Knochenqualität im Vergleich zu einer konventionellen Beurteilung ergibt. Damit

erweist sich die Stützendoskopie als ein Verfahren, das eine im Vergleich zur konventionellen Sondierung genauere diagnostische Beurteilung ermöglicht.

Methodisch gesehen ist die Befunderhebung in der Alveole durch die Stützendoskopie ohne kontinuierliche Immersion mit nur intermittierender Reinigung des Endoskopfensters von der Stützzimmersionsendoskopie zu unterscheiden, bei der eine kontinuierliche Beobachtung in einem transparenten flüssigen Medium angestrebt wird. Dies wurde in der Arbeit von Juodsbalyz et al. (2008) noch nicht ausreichend differenziert betrachtet.

Aus naheliegenden Gründen wird bei der klinischen Anwendung zunächst eine Stützendoskopie durchgeführt, die den Operateur zumeist in die Lage versetzt, die relevanten Befunde zu erheben. Nur bei stärkerer Blutung und der Beurteilung von kritischen Zonen der Alveole wird eine Immersion notwendig sein. Letztere erfordert im Vergleich zur einfachen Stützendoskopie deutlich mehr Erfahrung und eine intensive Ausbildung.

Da nur ein Bruchteil der endoskopischen Untersuchungen vollständig aufgezeichnet wurde und davon nur die qualitativ hochwertigen Videos ausgewählt wurden, konnte im Rahmen der Untersuchung nur eine Kohorte von 35 Patienten näher betrachtet werden. Es zeigte sich, dass die Mehrzahl der pathologischen Befunde die Wandstrukturen der Alveole betraf, die auf diese Weise differenziert werden konnten. Die Endoskopie hat hier im Vergleich zur bisherigen Technik (Sondierung und klinische Inspektion) einen wesentlichen Beitrag zur Qualitätssicherung in der dentoalveolären Chirurgie geleistet, wie bereits von Juodsbalyz et al. (2008) festgestellt wurde.

Die Feststellung und optionale Vermessung von Kieferkammdefekten hat in der Implantologie besonders im Hinblick auf eine frühzeitige augmentative Behandlung große Bedeutung (Elian et al. 2007). Durch eine routinemäßig angewendete SE kann der Zustand der Alveole und der daraus resultierende Behandlungsbedarf klar definiert werden. Dies gilt für alle Kieferabschnitte, wenngleich gerade bei der Entwicklung neuer Operationstechniken die intraoperative Qualitätssicherung besondere Bedeutung erlangt hat (Engelke et al. 2014). Die vorliegende Arbeit konnte zeigen, dass die verschiedenen Formen von alveolären Defektbildungen im

marginalen und bukkalen Bereich präzise durch intraoperative Bildgebung zu erfassen sind, wodurch eine wichtige Dokumentation der Ausgangsbefunde für eine spätere regenerative Behandlung gegeben ist. Dies dürfte zukünftig zu einer klareren Abgrenzung von iatrogenen und vorbestehenden parodontal bedingten strukturellen Schäden bei der Zahnentfernung beitragen. Auch Größe und Lage von Mund - Antrum- Verbindungen kann durch die SE so weit differenziert werden, dass verschiedene therapeutische Maßnahmen (Verschluss mittels Dehnungslappen versus Applikation von Biomaterialien ohne plastischen Verschluss) in ihrer Wertigkeit abhängig vom Ausgangsbefund beurteilt werden können.

Zum geringeren Teil bezogen sich die erhobenen Befunde auf den Inhalt der Alveole, wie z. B. Granulome, Fremdkörper, Zysten etc. Hier ist der unmittelbare therapeutische Nutzen der SE evident. Im Vergleich zur einfachen klinischen Inspektion können die Behandlungsmaßnahmen wie Kürettage oder Spülung direkt visuell überprüft werden und ggf. unter Sicht Reste pathologischen Gewebes entfernt werden. Es liegen nur vereinzelt Berichte vor, wie eine endoskopische Beobachtung die chirurgische Versorgung unterstützen kann (Engelke et al. 2015b). Allerdings ist absehbar, dass in dem Maß , in dem Wurzelseparation , *Socket shield* - Verfahren und Sofortimplantationen (Hürzeler et al. 2010) als Rehabilitationsverfahren nach der Zahnextraktion angewendet werden, eine differenziertere Betrachtung der Alveole immer wichtiger wird. Bereits jetzt wird durch die Befunde eine präzise Beurteilung konventioneller Maßnahmen wie Kürettage oder Fragmententfernung unterstützt.

Die statistische Auswertung der Befundkategorien zeigt, dass bisher bei der Anwendung an der UMG offensichtlich die Beurteilung der Wandstrukturen im Vergleich zu intraalveolären Befunden im Vordergrund stand.

Hinsichtlich der Qualität und Quantität von Alveolarwanddefekten werden erst dann sinnvolle Aussagen zu treffen sein, wenn einheitliche Prinzipien der Zahnentfernung angewendet werden, was in der Gesamtheit des retrospektiven Materials nicht vorausgesetzt werden konnte. Die Struktur einer Extraktionsalveole ist ein wesentlicher Faktor für den Erfolg oder Misserfolg einer nachfolgenden

Implantatbehandlung. Besonders in diesem Zusammenhang ist die endoskopische Befundbeschreibung ein wertvolles Instrument zur Qualitätssicherung.

Bei freiliegenden Nerven nach Weisheitszahnosteotomie ist der endoskopische Befund nach der Zahnentfernung auch von forensischer Bedeutung, wenn z.B. nach der Entfernung die Unversehrtheit des Gefäßnervenbündels bestätigt werden kann. Dies sollte mithilfe einer Immersionsendoskopie ohne Verwendung eines Stützschaftes erfolgen, da eine unmittelbare Abstützung in Nervnähe eine Gefährdung dieser Struktur bedeuten würde.

4.3 Klinische Aspekte der endoskopisch assistierten

Wurzelfernung

Die verbesserte Qualität der intraoperativen Bildgebung erlaubt dem Zahnarzt Wurzelfragmente und deren Lage in der Extraktionsalveole genau zu erkennen und zu bestimmen. Auf diese Weise kann die Anwendung von Luxationskräften beim Einsatz von Elevatoren wesentlich wirkungsvoller erfolgen. Dies ist auch mit einem deutlichen Zeitgewinn verbunden, der die bei der Präparation erforderliche längere Operationsdauer mehr als ausgleichen kann. Besonders bei komplexen Weisheitszähnen, deren Entfernung durch Luxation nach perikoronarer Osteotomie nicht einfach zu erzielen ist, ist die intraalveoläre Bildgebung ein wichtiger Faktor, der die Entfernung von Wurzelteilen nach allfälliger Fraktur beim Luxationsversuch unterstützt und vor allem vereinfacht, da eine weitere Eröffnung des Operationsfeldes durch Osteotomie, die aus Übersichtsgründen bei konventionellem Vorgehen notwendig ist, entfallen kann. Die Vergrößerung verbessert auch die Fähigkeit des Zahnarztes, zwischen Zahnstruktur und Alveolarknochen zu unterscheiden, was bei der Sektion der Zähne sowie bei der Entfernung nützlich ist, um eine anschließende Zangenextraktion von Teilen des Zahnes zu erleichtern.

Die Verwendung von Mikroskopen hat bereits die Fähigkeit des Zahnarztes verbessert, dentoalveoläre Extraktionen ohne größere Entfernung von

Alveolarknochen auszuführen, wobei möglicherweise das Trauma der Extraktionsstelle minimiert wird (Mamoun 2013). Kürzlich wurde die atraumatische, vertikale Extraktion mittels einer Wurzelverankerungsvorrichtung vorgestellt, die bei ein- und mehrwurzeligen Zähnen erfolgen kann (Muska et al. 2013). Trotzdem wurde bisher nur von wenigen Langzeitstudien berichtet und ankylosierte Wurzeln konnten mit dieser Technik nicht entfernt werden.

Grundsätzlich muss bei der Durchführung einer Weisheitszahnentfernung bedacht werden, dass jede Ausführung eines Mukoperiostlappens eine Osteoklastenaktivierung im Bereich des Alveolarfortsatzes auslöst, was zu Knochenverlust führt. Eine sulkuläre Inzision hingegen, die das paradontale Ligament betrifft, kann den Zustand der Gingiva gefährden. Dies führte zu verschiedenen Konzepten bei der Wahl des Zugangs zum Weisheitszahn durch Mukoperiostlappenbildung. Monaco et al. (2009) untersuchten den Einfluss von zwei verschiedenen Arten von Lappen auf die paradontale Vernarbung und postoperative Komplikationen nach der Entfernung von bilateralen Weisheitszähnen mit unvollständiger Wurzelbildung bei einer Gruppe junger Patienten und berichteten, dass nach drei Monaten die Sondierungstiefen auf die präoperativen Werte zurückkehrten, und dass nach sechs Monaten beide Lappenarten keinerlei Unterschiede in Bezug auf die paradontale Vernarbung oder Komplikationen aufwiesen. Auf der anderen Seite berichten Silva et al. (2011), dass beim Vergleich von zwei verschiedenen Lappenmodellen für die Operation des unteren Weisheitszahns signifikante Unterschiede in der Sondierungstiefe des zweiten Molaren bis zu 60 Tage postoperativ bestünden und empfahlen daher eine weniger invasive Inzisionstechnik.

Ein weiter wichtiger Aspekt ist die sichere Schonung des N. alveolaris inferior. Es wurden verschiedene minimalinvasive Techniken beschrieben, um den N. alveolaris inferior zu schützen, wie zum Beispiel die Koronektomie, in der nur die Zahnkrone entfernt, die Wurzel aber belassen wird (Progrel et al. 2004). Dolanmaz et al. (2009) berichteten von Koronektomien als einem Routineverfahren für eine Gruppe von Patienten mit unteren Weisheitszähnen in direktem Kontakt mit dem N. alveolaris inferior. Sie untersuchten prospektiv die Wurzelbewegung, wobei eine Durchschnittsbewegung von 3,4 mm nach 6 Monaten, 3,8 mm nach 12 Monaten und 4 mm nach bis zu 24 Monaten festgestellt wurde. Allerdings werden als allgemeine

Nachteile im Zusammenhang mit dieser Technik der Verlust von distalem Knochen am zweiten Molaren, die Bildung tiefer Zahnfleischtaschen, lokale Infektionen und gelegentlich vorübergehende Störungen der Sensibilität im Bereich des N. alveolaris inferior oder N. lingual genannt (Tolstunov et al. 2011).

Gülicher und Gerlach (2001) beobachteten einen signifikanten Zusammenhang zwischen operativen Maßnahmen in der Tiefe der Alveole, einer intraoperativen Eröffnung des Alveolarkanal und einer Sensibilitätsstörung des N. alveolaris inferior. Im Hinblick auf die vorliegende Untersuchung kann festgestellt werden, dass unter Anwendung der endoskopisch assistierten Eukleation von dritten Molaren die Arbeitstiefe in der Alveole von einem okklusalen Zugang aus in einer Tiefe von mehr als 20 mm liegt. Dies würde nach Gülicher und Gerlach (2001) ein erhebliches Risiko für den Alveolarnerven darstellen. Bei 3 der Patienten in unserer Untersuchung wurde dabei ein Freiliegen des Nervs intraoperativ stützendoskopisch bestätigt. Obwohl bei den beschriebenen Patienten in den Akten keine Hinweise auf Sensibilitätsstörungen vorlagen, sollte durch eine größere Fallzahl in Zukunft untersucht werden, ob durch das endoskopische Vorgehen Sensibilitätsstörungen bei Manipulationen in der Tiefe von Weisheitszahnalveolen sicher vermieden werden können.

Andere Autoren stellten fest, dass während der operativen Entfernung von dritten Molaren, die Anzahl und Morphologie der Wurzeln neben der Position, dem Parodontalspalt und der Relation zum zweiten Molaren einen wichtigen Einflussfaktor darstellen und eine Voraussage über den Schwierigkeitsgrad der Entfernung erlaubt (Carvalho und do Egito Vasconcelos 2011).

In diesem Zusammenhang stellen die in der vorliegenden Untersuchung durchgeführten Messungen der Wurzelmorphologie eine interessante Messgröße dar, die eine prognostische Aussage über die Anzahl von Teilschritten bei der Operation und die Komplexität der Wurzelentfernung erlaubt.

Bei der Entfernung von teilretinierten horizontal oder mesioangular impaktierten unteren Weisheitszähnen kann auch eine mesiodistale Odontosektion der Krone mit oder ohne Lappenbildung durchgeführt werden. Hier stellten sich signifikante Unterschiede für die postoperativen Parameter wie Schmerz bzw. Entzündung

während der ersten Tage nach dem Eingriff und für die Tiefe der Tasche nach einer Beobachtung von 3 Monaten heraus (Kim et al. 2011), die zu Ungunsten der Lappenbildung ausfielen.

Die Endoskopie kann als Hilfsmittel und unterstützendes Werkzeug bei Routineeingriffen an Weisheitszähnen verwendet werden (Beltrán et al. 2012; Engelke et al. 2014), da sie eine vergrößerte Visualisierung des Operationsfeldes sowie der kritischen anatomischen Strukturen während der Operation ermöglicht. Außerdem dient sie der korrekten Lokalisierung von Wurzelfragmenten und ist bei der präzisen Platzierung und Handhabung von Mikroinstrumenten in der Tiefe der Alveole nützlich.

Die Ausführung einer okklusalen endoskopisch unterstützten Entfernung von dritten Molaren erfordert die Verwendung einer Auswahl an Mikroinstrumenten, die simultan mit den starren Optiken von 2,7 oder 4 mm mit einer 30°- oder 70°-Winkelung benutzt werden können. Außerdem ist eine Auswahl an Saugern mit kleinem Durchmesser für das Absaugen in der Tiefe der Alveole nötig, um die präzise Identifizierung der dento-alveolären Strukturen unter Blutungen zu ermöglichen. Die Nutzung eines Stützschaftes hat den Vorteil, dass er die zerbrechliche Optik schützt; hauptsächlich dient der Stützschaft jedoch einer genauen Platzierung des Endoskops in verschiedenen intra-alveolären Perspektiven. In diesem Sinne konnten in dieser Untersuchung die verschiedenen Teilschritte der endoskopisch assistierten intra-alveolären Enukeation definiert werden.

Diese Teilschritte wurden in einer vorausgegangenen Untersuchung (Engelke et al. 2011) über ein kombiniert mikroskopisch / endoskopisch assistiertes Operationskonzept wie folgt definiert: a) Trepanation b) Schaffung eines internen Raumes c) Trennung der Krone d) Fragmentierung und Entfernung der Krone und e) Entfernung der Wurzeln. Allerdings können verschiedene Varianten der Wurzelmorphologie eine größere Komplexität des Eingriffs und die Anwendung von zusätzlichen Schritten während der intra-alveolären Operation zur Folge haben. Aus diesem Grund wurden einige zusätzliche spezifische Schritte hinzugefügt, die verschiedene Alternativen zur Wurzelentfernung (siehe Tab. 3) an unteren Weisheitszähnen mit unterschiedlicher anatomischer Komplexität ohne laterale

Osteotomie beschreiben. Zunächst wurden spezifische Messungen durchgeführt, die eine genauere Beschreibung der Wurzelmorphologie sowie eine Korrelation mit den Teilschritten erlauben, die die vollständige Entfernung von Wurzeln oder ihren Fragmenten bzw. Mikrofragmenten ermöglicht, die die Alveole vollständig oder teilweise besetzen.

Die verschiedenen Positionen der Impaktion, Impaktierungstiefe und der retromolare Raum, der dem unteren Weisheitszahn zur Verfügung steht, hatten keinen signifikativen Einfluss auf eine höhere Frequenz von intraoperativen Schritten. Wenn jedoch eine komplexe Wurzelanomalie auftrat, wie z.B. nach apikal verschobene Furkation, wurde eine signifikant höhere Frequenz an intraoperativen Schritten erkennbar. Dass dies bereits an einer relativ kleinen Subgruppe nachweisbar war, lässt den Rückschluss zu, dass dieser Faktor erhebliche Bedeutung für die Beurteilung der Komplexität einer Wurzelentfernung haben dürfte.

Ein signifikanter Zusammenhang ist insofern plausibel, da die endoskopisch assistierte, okklusale Technik immer einen primären Zugang von der Zahnoberfläche bis zur Furkationsstelle mithilfe eines rotierenden Instrumentes erfordert. Je länger der Weg zur Furkation und je komplexer die Wurzelanatomie, um so mehr intraoperative Schritte werden erforderlich, um die vollständige Wurzelentfernung zu ermöglichen. Im Fall von fusionierten Wurzeln ist die vollständige Dekoronation, interne Mikro-Osteotomie und die Entfernung von koronaradikulären Fragmenten die beste Option.

Kürzlich haben Nayyar et al. (2015) über eine Prävalenz von 11 - 37 % Wurzelresten nach der Extraktion berichtet. Während mehr Risiken in Bezug auf das Verbleiben von Wurzelfragmenten bestehen, kann in bestimmten Fällen ihr Verbleiben nicht in Verbindung mit Komplikationen gebracht werden. In diesem Zusammenhang berichteten Hürzeler et al. (2010), dass der Erhalt einer bukkalen Wurzellamelle vor dem Inserieren eines Implantats zum Erhalt der gingivalen alveolären Architektur der ästhetischen Zone beitragen würde. In der vorliegenden Untersuchung konnten durch die intraoperative endoskopische Beobachtung die meisten apikalen Wurzelfragmente zusammen mit dem Granulationsgewebe oder dem Zystengewebe optisch identifiziert und anschließend beseitigt werden. Dies ist gegenüber dem

klassischen Vorgehen, bei dem keine Sicht auf eine in der Regel blutverschmutzte Alveole besteht, ein wesentlicher methodischer Vorteil, insbesondere, da in einigen Fällen bei klassischem Vorgehen erhebliche Knochenabtragungen notwendig werden, um an ein Wurzelfragment zu gelangen (Nayyar et al. 2015). Bei der hier gezeigten endoskopisch assistierten Technik kann eine laterale Osteotomie weitgehend vermieden werden. Ein weiterer Vorteil der Technik ist im Fall der lingual dislozierten Weisheitszähne gegeben, die mögliche Schäden am N. lingualis und am N. alveolaris inferior (Engelke et al. 2013) bedingen oder auch zu einer Dislokation von Wurzelfragmenten in den lingualen Raum Anlass geben können. Dabei kann während einer Präparation im lingualen Bereich ebenso wie in Nervkanalnähe durch den Einsatz relativ groß dimensionierter diamantierter rotierender Instrumente eine Gefährdung der Nerven hinsichtlich einer versehentlichen Durchtrennung sicher ausgeschlossen werden (Engelke et al. 2011).

Wird bei der *lingual split* Technik ein breites Fenster von lingualem Knochen entfernt, so besteht ein hohes Risiko, den N. lingualis zu beschädigen (Pippi und Alvaro 2013). Deshalb ist in Fällen lingual verlagelter Weisheitszähne eine endoskopisch assistierte Eukleation besonders vorteilhaft, da ein bukkaler Knochenverlust vermieden und einem Frakturrisiko vorgebeugt wird. Bei bereits aufgetretener linguale Verlagerung von Wurzelfragmenten kann eine endoskopische Entfernung auf schnelle und sichere Art erfolgen (Huang et al. 2015).

In dieser Arbeit konnten die bei der Entfernung unterer Weisheitszähne gewonnenen Bilddaten erstmalig in eine systematische Beschreibung der Zahnwurzelentfernung unter optimierter Visualisierung überführt werden. Es zeigte sich, dass im ersten Schritt eine präzise Darstellung der Okklusalfäche des zu extrahierenden Zahnes die wichtigste Voraussetzung ist. Von hier aus kann dann nach Anlegen einer zentralen Kavität eine präzise Darstellung der Furkation erfolgen. Die übersichtliche Darstellung der Furkation ist von zentraler Bedeutung für den weiteren Fortgang der Eukleation. Nach unseren klinischen Beobachtungen lässt eine verschmolzene Wurzel mit tiefliegender Furkation Schwierigkeiten bei der Separation des Zahnes erwarten. Dies ließ sich am vorhandenen Zahlenmaterial signifikant nachweisen, und sollte bei nachfolgenden Studien an größerem Zahlenmaterial bestätigt werden.

Des Weiteren erscheint die transversale Lage des Zahnes im Kieferkamm ein Parameter, der zwar in dieser Arbeit noch nicht erfasst wurde, aber für weiterführende Untersuchungen interessant sein dürfte.

Ist die Darstellung der Furkation vollzogen, hängt das weitere Vorgehen und die Anzahl der Teilschritte von der individuellen anatomischen Situation ab. Hier werden die Nähe zum N. alveolaris inferior, die Krümmung der Wurzeln und ihre Ausrichtung sowie das Vorhandensein eines durchgehenden Parodontalspaltes weitere prognostische Parameter sein, die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung kasuistisch erfasst werden konnten. Für eine weitergehende prognostische Beurteilung bedarf es jedoch eines deutlich größeren Patientenkollektivs.

4.4 Mikromorphologische Aspekte

Die mikromorphologische Untersuchung der Alveole stellt im Vergleich zu bisherigen Verfahren, bei denen *In-vivo*-Beobachtungen zur Knochenmorphologie im Tierexperiment vermittels Titankammern beschrieben wurden, eine wesentliche methodische Erweiterung des diagnostischen Spektrums der Endoskopie dar. Erste Untersuchungen zur endoskopischen Untersuchung von Implantatkavitäten im Kiefer liegen mehr als zehn Jahre zurück (Engelke 2002).

Im Vergleich zur Kontaktendoskopie, die als Methode zur histologischen Beurteilung von Weichgewebsoberflächen eingesetzt wurde, ist bei der Stützzimmersendoskopie kein voller Kontakt zur Oberfläche gegeben. Das Endoskop befindet sich nur punktuell in Kontakt und wird von der Immersionsflüssigkeit umspült. Dieses transparente Medium kann sowohl zur Reinigung des Blickfeldes als auch ggf. zur Beurteilung der Hämodynamik verwendet werden. Im Falle von Extraktionsalveolen oder Implantatkavitäten bildet die kleine Kavität eine Immersionskammer, die durch kurze Spülvorgänge oder auch durch kontinuierliche Spülung die Voraussetzung für die Beobachtung der Knochenoberfläche schafft. Die gleichzeitige Verwendung von lokalen und intra-

arteriellen Druckmessungen könnte dabei ein interessantes Instrument zur hämodynamischen Analyse darstellen.

Gleichzeitig bildet die Extraktionsalveole prototypisch eine natürliche Knochenoberfläche, die in anderen Körperregionen ebenfalls mit derselben Methodik zu untersuchen wäre. Wegen der Häufigkeit von Zahnextraktionen könnte dieses diagnostische Fenster in der Medizin für die ganze Bandbreite osteologischer *In-vivo*-Untersuchungen einen neuen Zugang bieten. Für die Entwicklung von Knochenregeneraten kann die mikromorphologische Untersuchung in Kombination mit anderen bildgebenden Verfahren wie z. B. DVT als Basisuntersuchung dienen und eine multimodale Follow-up Studie unterstützen.

Das Programm „Image“ J ist ein weithin bekanntes und gebräuchliches Programm zur Bildverarbeitung in der Histomorphometrie. Dafür existieren verschiedene Plugins wie BoneJ, die eine computergestützte Auswertung der verschiedensten Parameter erlauben (Doubé et al. 2010). Für diese Untersuchungszwecke wurde „Image J 1.49“ verwendet, wobei in der Zukunft die Plugins für eine dynamische Untersuchung des Blutstroms verwendet werden könnten. Bereits mit der verwendeten Version ist es leicht möglich, das Gebiet, die Anzahl von Blutgefäßen und die nicht-mineralisierten Markanteile des Knochens zu bestimmen. In Zukunft könnten eventuell intravitale Färbungen (von Arx et al. 2003) oder Fluoreszenztechniken (Pautke et al. 2010) in die Untersuchung eingebunden werden.

Betrachtet man die Gefäßstruktur der Kortikalis, so ergaben sich ähnliche Befunde wie von Kingsmill et al. (2007) beschrieben, die die Fläche von Gefäßquerschnitten mithilfe der Rasterelektronenmikroskopie bestimmten. Die Autoren stellten fest, dass 3% der Kortikalisfläche von Gefäßen eingenommen wurde. Dieser Befund konnte durch die vorliegende Arbeit bestätigt werden. Dass in der Wandstruktur von Implantatkavitäten eine geringere Menge an Gefäßquerschnitten bestimmt wurde, könnte anatomische Gründe haben oder als Artefakt interpretiert werden; so könnte es z.B. durch den Bohrprozess zum Verschluss von Kanälen gekommen sein.

Der Durchmesser der beobachteten Gefäßkanäle liegt nach Dempster und Enlow (1959) zwischen 30 und 50 Mikra. Diese Größenordnung kann mittels der SIE klar dargestellt werden. Daraus können wir ableiten, dass die SIE als Grundlage für eine

mikromorphologische Untersuchung von vaskulären Strukturen geeignet ist. Dies wird durch die Verbesserung der digitalen Bildaufzeichnung nach HD - Standard derzeit noch weiterentwickelt werden können. Die Mikrostruktur von Implantatkavitäten wurde bisher auf der Basis von Knochenbiopsien und radiologischer Auswertung klassifiziert (de Oliveira et al. 2012). Mithilfe der SIE ist jetzt eine Untersuchung trabekulärer Strukturen des Knochens unmittelbar vor der Insertion von Implantaten möglich geworden. Damit sind zumindest an der Oberfläche von Implantaten dieselben Parameter messbar, die auch für eine systematische Untersuchung von histologischen Proben empfohlen werden, so dass darauf basierend eine Art von Scanning von Implantatkavitäten möglich wird. Die Dicke von Trabekeln (0,1mm) (de Oliveira et al. 2012) sowie die Anzahl von Trabekeln (Parfitt 1987) ist mit der SIE bestimmbar und mikromorphologisch auswertbar. Damit steht bereits jetzt ein zur radiologischen Untersuchung komplementäres Verfahren zur Verfügung.

Dies hat eine wichtige Bedeutung für die Bestimmung des Knochen-Implantatkontaktes, der bisher histologisch oder mithilfe von Mikro - CTs an Präparaten bestimmt wurde. Die mikromorphologische Untersuchung eröffnet unmittelbar vor der Insertion eine neue Perspektive für die Definition des Implantatlagers, um eine Prognose für verschiedene Belastungsformen stellen zu können. Eine relative Quantifizierung von Hartgewebe, Markräumen, Trabekelstruktur, Gefäßdichte und Gefäßart sowie Gehalt an Knochenersatzmaterial lässt sich so für eine spezifische Zone bestimmen.

Ihre Grenzen hat die Methode bezüglich der Einsicht in tiefere Gewebeschichten - hier ist die Endoskopie ungeeignet. Daneben ist die Güte des optischen Systems und die Bedingungen für die Beobachtung, d. h. der Verschmutzungsgrad der Kavität unter Umständen ein Faktor, der die Einsatzmöglichkeiten begrenzt. Absolute Messungen erfordern daneben zur Kalibrierung die Mitführung einer bekannten Referenzstruktur im Bildfenster .

Hinsichtlich der Sicherheit der Methode kann auf die vorhergehende Untersuchung von Engelke und Galle (2008) verwiesen werden. Im Rahmen von 595 Patientenuntersuchungen konnten keine methodenbedingten Probleme wie

Infektionen oder Zwischenfälle bei der Anwendung beobachtet werden, so dass die Untersuchung als für die Routine geeignet angesehen werden kann. Beltrán et al. (2012) konnten zeigen, dass die Knochenstruktur und -dichte auch eine veränderte Gefäßarchitektur aufweist. Diese Beobachtung ermöglicht einen interessanten Ansatz, den Reifungsgrad von zuvor transplantierten oder regenerierten Knochen zu bestimmen, und generell eine quantitative Beschreibung von alveolärem Knochen zu ermöglichen. Die hier vorgestellten Befunde sind das Resultat dieser kontinuierlichen Weiterentwicklung der Methode.

Die hier verwendeten starren Endoskope sind eine wichtige Voraussetzung für die hohe Bildqualität. Im Gegensatz dazu sind semiflexible Endoskope, wie sie z.B. von Nahieli et al. (2011) verwendet wurden, von deutlich schlechterer Bildqualität. Sie können zwar in sehr kleinen Kavitäten eingesetzt werden, bieten allerdings für die in der Regel mindestens 3 mm messenden Implantatkavitäten nicht die notwendige Bildauflösung zur mikromorphologischen Analyse. Mikromorphologische Untersuchungen benötigen somit die Größenordnung einer Zahnalveole, um dort eine 1,9 oder 2,7 mm Optik einbringen zu können. Dazu können wir bereits jetzt die Verwendung einer Vitalfärbung mit Methylenblau empfehlen, um wie in der periapikalen Chirurgie Weichgewebsstrukturen und Hartgewebe besser abgrenzen zu können. Damit könnte die Zielsetzung, ein *In-vivo*-Fenster zum menschlichen Knochen zu besitzen, durch die häufig stattfindenden Zahnentfernungen für viele Patienten die Möglichkeit ergeben, auch für medizinische Zwecke das optische Fenster diagnostisch zu nutzen.

Gerade im Zusammenhang mit der Bisphosphonat- assoziierten Knochennekrose ergeben sich völlig neue Perspektiven, wenn die von Pautke et al. (2010) beschriebene Fluoreszenzmikroskopie im geschlossenen Milieu infektionsgeschützt durchgeführt werden kann und somit auf ein großflächiges Abtragen von Gewebe aufgrund von Verdachtsfällen zugunsten eines gezielteren endoskopisch kontrollierten Vorgehens verzichtet werden könnte. Ähnliches gilt auch für die Diagnostik und Behandlung von Ostoradionekrosen. Vitalfärbung und Vitalfluoreszenz könnten genutzt werden, um verschiedene Knochenpathologien zu entdecken und besser zu behandeln.

Nutzt man also die Extraktionsalveole als ein Fenster zum menschlichen Knochen, so könnten seine Architektur, Statik sowie Hämodynamik ein neues diagnostisches Fenster darstellen, das mit nur geringem Aufwand in der zahnärztlichen Praxis zur Verfügung steht.

4.5 Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der Alveoloskopie an der UMG zeigen, dass die posteriore Region signifikant häufiger endoskopisch untersucht wird. Daraus kann gefolgert werden, dass der Schwerpunkt der weiteren Entwicklung auf dieser schwer zugänglichen Region liegt und bekannte Verfahren (Mikroskop) ergänzen bzw. ablösen wird. Einen besonderen Schwerpunkt wird dabei die Weisheitszahnoperation bei jüngeren und die Implantologie bei älteren Patienten bilden.

Die Stützendoskopie liefert sowohl gutes Bilddatenmaterial von den Alveolenwänden als auch von der Apikalregion, so dass ein einheitliches Konzept für die Untersuchung der Alveole *post extraktionem* gegeben ist, mit der auch Problemlösungen für die Entfernung von verbliebenen Wurzelresten unterstützt werden können.

Die Immersionsendoskopie bietet sich nach den vorliegenden Untersuchungen vor allem als Verfahren zur mikromorphometrischen Analyse des Alveolarknochens an. Sie bietet ein neues und interessantes *In-vivo*-Fenster zum menschlichen Knochen und kann Strukturen bis auf die zelluläre Ebene im Kontext verschiedenster Fragestellungen abbilden. In der vorliegenden Arbeit konnte das hohe Potential der SD-SIE erstmalig am Beispiel von nutritiven Knochengefäßen und histomorphometrischen Daten zum Gehalt nicht-mineralisierter Oberflächen dargestellt werden.

Die endoskopisch assistierte Zahnentfernung dritter Molaren konnte erstmals in einem zusammenhängenden systematischen Konzept beschrieben werden. Es

erlaubt, auch komplexe Fälle ausschließlich über einen okklusalen Zugang zu versorgen. Zentraler Punkt dabei ist die Identifizierung der Furkationsstelle sowie einzelner Wurzelfragmente in schwierig einsehbarer Position. Daran orientiert, können luxierende oder ablative Präparationsmaßnahmen im Inneren der Alveole mit ähnlicher Genauigkeit erfolgen wie bei der Präparation von Zahnkronen während einer restaurativen Zahnbehandlung. Dies hat erhebliche Konsequenzen für die Entwicklung einer minimalinvasiven Oralchirurgie.

5 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war eine Analyse der Entwicklung der Endoskopie im Bereich der dentoalveolären Chirurgie am Zentrum ZMK-Heilkunde der Universitätsmedizin Göttingen.

Zu diesem Zwecke wurden die im OP - Register verzeichneten endoskopischen Eingriffe der Jahre 1997-2012 ausgewählt. In dieser Gesamtgruppe (Kohorte) wurden demografische Parameter und die anatomische Lokalisation der Eingriffe ermittelt. Aus dem Archiv wurden videoendoskopische Aufzeichnungen für weitergehende Auswertungen ausgewählt. Beispielhaft wurden ausgewertet: Klinisch diagnostische Maßnahmen (Subgruppe A, Stützendoskopie, n=54), therapeutische Maßnahmen (Subgruppe B, endoskopisch assistierte Enukleation, Stützendoskopie, n=10) und mikromorphometrische Diagnostik (Subgruppe C, Nahfeld-Stützzimmersionsendoskopie, n=16).

Die analogen Videoaufzeichnungen wurden nach den Kriterien Vollständigkeit und Aufzeichnungsqualität ausgewählt und mithilfe eines Videobearbeitungsprogramms (ArcSoft ShowBiz 3.5) digitalisiert. Weitergehende quantitative Untersuchungen erfolgten mit dem Bildverarbeitungsprogramm „Image J“.

Es ergaben sich in der Gesamtgruppe (Kohorte) 1017 Alveoloskopien bei 525 Patienten und 1690 Implantoskopien bei 676 Patienten. Die Eingriffe waren am häufigsten in der Altersgruppe der 40-64- Jährigen mit 36% der Alveoloskopien und

57,69% der Implantoskopien. Implantoskopien wurden mit 54,5% signifikant häufiger bei Frauen durchgeführt ($p=0,019$), bei Alveoloskopien ergaben sich mit 49,5% Frauen keine signifikanten geschlechtsspezifischen Unterschiede.

Die am häufigsten untersuchte Region waren bei Alveoloskopien die dritten Molaren, bei Implantoskopien die Prämolaren / Eckzahnregion. Grundsätzlich fanden in den posterioren Regionen häufiger alveoloskopische ($p=0,000$) Eingriffe statt, für implantoskopische Eingriffe ergaben sich keine signifikanten Unterschiede ($p=0,733$).

Eine diagnostische Endoskopie (Stützendoskopie) wurde bei 54 Eingriffen an 35 Patienten ausgewertet, dabei fanden sich pathologische Befunde in den Alveolenwänden mit 14 zervikalen Defekten, 4 lingualen Perforationen, 2 Frakturen und 2 bukkalen Fenestrationsen. Im apikalen Bereich wurden 9 Wurzelfragmente, 4 Granulome, 2 Mund-Antrum-Verbindungen und 2 freiliegende Alveolarnerven identifiziert. Die lateralen und apikalen Bereiche der Alveolen unterschieden sich nicht signifikant hinsichtlich der Häufigkeit pathologischer Befunde ($p=0,423$). Im posterioren Bereich des Zahnbogens wurden absolut und relativ mehr pathologische Befunde beobachtet.

Bei der endoskopisch assistierten Chirurgie konnten 10 verschiedene Teilschritte bei der Entfernung von verlagerten dritten Molaren videoendoskopisch definiert werden. Daneben wurde eine neue quantitative Definition der Komplexität der Wurzelanatomie über die Lage der Furkation beschrieben. Eine größere Furkationshöhe war signifikant mit einer höheren Anzahl von operativen Teilschritten verbunden ($p=0,040$). Außerdem zeigte ein kleinerer Abstand Furkation - Apex eine Tendenz zu mehr operativen Teilschritten ($p=0,087$). Knochenhöhe und Zahnlänge hatten keinen erkennbaren Einfluss.

Die mikromorphometrische Analyse von Knochenoberflächen mittels Nahfeld-Stützzimmersionsendoskopie wurde erstmals quantitativ unter Verwendung des Programms „Image J“ beschrieben. Im Vergleich von repräsentativen Arealen der Implantatkavitäten und Extraktionsalveolen zeigt sich, dass Implantatkavitäten mit 22,19% einen signifikant höheren Anteil an nicht-mineralisierten Arealen aufweisen im Vergleich zu 9,46% bei Extraktionsalveolen. Hingegen ist die

Gefäßquerschnittsfläche bei Extraktionsalveolen mit 1,81% im Vergleich zu Implantakavitäten (0,58%) größer.

Schlussfolgernd kann man sagen, dass die Endoskopie als Routineverfahren an der UMG etabliert und dabei eine präzise intraalveoläre Diagnostik entwickelt wurde, die signifikant häufiger im posterioren Bereich genutzt wird. Die endoskopische Bildgebung erlaubte über eine präzise Visualisierung der Furkationsstelle die systematische Entfernung von Zahnwurzeln ohne laterale Osteotomie. Eine neue mikromorphometrische Untersuchungstechnik mit der NF-SIE hat erhebliches Potential als Fenster zur *In-vivo*-Histologie von Knochenstrukturen.

6 Anhang

6.1 Unterlagen zur ethischen Begutachtung

UNIVERSITÄTSMEDIZIN : UMG
GÖTTINGEN

Ethikkommission der Med. Fakultät, Von-Siebold-Straße 3, 37075 Göttingen

Medizinische Fakultät
Ethikkommission
Vorsitzender: Prof. Dr. Jürgen Brockmöller
Referentin
Regierungsrätin Doris Wettschereck
0551 / 39-8644 Telefon

Herrn
Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Wilfried Engelke
Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
Robert-Koch-Straße 40

Von-Siebold-Straße 3, 37075 Göttingen
Adresse
0551 / 39-6629 Telefon
0551 / 39-9536 Fax
ethik@med.uni-goettingen.de E-Mail
www.ethikkommission.med.uni-goettingen.de
14.10.2013 we - gö Datum

vorab per E-Mail: wengelke@med.uni-goettingen.de

Antragsnummer: 25/9/13 (bitte stets angeben)

Studientitel: Bewertung endoskopischer Verfahren in der Oralchirurgie nach 15 Jahren Anwendung

Antragsteller: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Wilfried Engelke, Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, UMG
Doktorand: Victor Beltrán Varas

Zur Begutachtung lagen vor:
Anschreiben vom 11.09.2013
Kurzprotokoll

Sehr geehrter Herr Prof. Dr. Engelke, sehr geehrte Damen und Herren,

Die Ethik-Kommission der Medizinischen Fakultät der Georg-August-Universität Göttingen hat den oben genannten Antrag in der Sitzung vom 24.09.2013 beraten.
Bei Berücksichtigung der unten aufgeführten Hinweise bestehen seitens der Ethikkommission keine ethischen oder rechtlichen Bedenken hinsichtlich des beantragten Studienvorhabens.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg bei der Durchführung des Forschungsprojektes!

Vor Studienbeginn bitten wir folgende Hinweise zu beachten:

- Datenschutz: Entsprechend den allgemeinen Vertragsbedingungen der UMG (AVB) ist die Forschung nur an anonymisierten Daten ohne gesonderte Einwilligung zulässig. Bitte ergänzen/ändern Sie Ihr Studienprotokoll unter diesem Passus dahingehend, dass die Daten, sobald es der Stand des Studienvorhabens gestattet, anonymisiert werden (§ 25 Abs. 4 NdsDSG; § 14 Abs.3 AVB)
Ergänzen Sie in diesem Passus ferner, dass die Daten nicht an Dritte weitergegeben werden.
- Die Genehmigung der Studie durch den Klinikdirektor sowie die Verschwiegenheitserklärung des Doktoranden sind zu den Studienunterlagen zu nehmen.

Bitte reichen Sie uns die endgültige Version des Studienprotokolls in 1facher Kopie zu unseren Unterlagen nach.

Unabhängig vom Beratungsergebnis macht die Ethik-Kommission darauf aufmerksam, dass die ethische und rechtliche Verantwortung für die Durchführung einer wissenschaftlichen Studie beim verantwortlichen Studienarzt und allen an der Studie beteiligten Ärzten liegt.

Alle Änderungen im Studienprotokoll müssen der Ethik-Kommission vorgelegt werden und dürfen erst nach der zustimmenden Bewertung umgesetzt werden.

Universitätsmedizin Göttingen, Georg-August-Universität Stiftung Öffentlichen Rechts Vorstand Prof. Dr. Heyo K. Kroemer (Forschung & Lehre, Sprecher des Vorstands)
Dr. Martin Siess (Krankenversorgung) Dr. Sebastian Freytag (Wirtschaftsführung & Administration) Sparkasse Göttingen (26050001) Kto: 448

Seite 2 zu Schreiben vom 14.10.2013 zu Studie 25/9/13

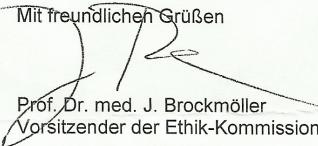
Über alle schwerwiegenden unerwarteten unerwünschten Ereignisse, die während der Studie auftreten und die Sicherheit der Studienteilnehmer oder die Durchführung der Studie beeinträchtigen könnten, muss die Ethik-Kommission unterrichtet werden.

Der Abschluss/Abbruch der Studie ist mitzuteilen und ein Abschlußbericht vorzulegen.

Auf die Einhaltung einschlägiger Gesetze und Rechtsvorschriften wird hingewiesen. Die nach Rechtslage notwendigen Unterrichtungen (u. A. Änderung des Studienprotokolls, Meldung von Zwischenfällen, neue Datenlage, Nachmeldung von Prüfzentren, Abschlussbericht) sind der Ethik-Kommission unverzüglich vorzulegen.

Die Ethik-Kommission bestätigt, dass sie auf Grundlage nationaler Gesetze, Vorschriften sowie der GCP/ICH-Richtlinie arbeitet.

Mit freundlichen Grüßen


Prof. Dr. med. J. Brockmöller
Vorsitzender der Ethik-Kommission

7 Literaturverzeichnis

Bahcall JK, Barss JT (2001): Fiberoptic endoscope usage for intracanal visualization. *J Endod* 27, 128-129

Bahcall J, Barss J (2003): Orasopic visualization technique for conventional and surgical endodontics. *Int Endod J* 36, 441-447

Bahcall JK, DiFiore PM, Poulakidas TK (1999): An endoscopic technique for endodontic surgery. *J Endod* 25, 132-135

Blahuta R, Stanko P (2012): The use of optical magnifying devices in periradicular microsurgery. *Bratisl Lek Listy* 113, 311-313

Beltrán V, Fuentes R, Engelke W (2012): Endoscopic visualization of anatomic structures as a support tool in oral surgery and implantology. *J Oral Maxillofac Surg* 70, e1-e6

Carvalho RW, do Egito Vasconcelos BC (2011): Assessment of factors associated with surgical difficulty during removal of impacted lower third molars. *J Oral Maxillofac Surg* 69, 2714-2721

Clementini M, Morlupi A, Agrestini C, DI Girolamo M, DI Girolamo S, Ottria L (2012): Endoscopic removal of supernumerary tooth from the nasal cavity of a child: a case report. *Oral Implantol (Rome)* 5, 21-25

de Oliveira RC, Leles CR, Lindh C, Ribeiro-Rotta RF (2012): Bone tissue microarchitectural characteristics at dental implant sites. Part 1: identification of clinical-related parameters. *Clin Oral Implants Res* 23, 981-986

Dempster WT, Enlow DH (1959): Patterns of vascular channels in the cortex of the human mandible. *Anat Rec* 135, 189-205

Detsch SG, Cunningham WT, Langloss JM (1979): Endoscopy as an aid to endodontic diagnosis. *J Endod* 5, 60-62

- Dolanmaz D, Yildirim G, Isik K, Kucuk K, Ozturk A (2009): A preferable technique for protecting the inferior alveolar nerve: coronectomy. *J Oral Maxillofac Surg* 67, 1234-1238
- Doube M, Kłosowski MM, Arganda-Carreras I, Cordelières FP, Dougherty RP, Jackson JS, Schmid B, Hutchinson JR, Shefelbine SJ (2010): BoneJ: Free and extensible bone image analysis in ImageJ. *Bone* 47, 1076-1079
- Elian N, Cho SC, Froum S, Smith RB, Tarnow DP (2007): A simplified socket classification and repair technique. *Pract Proced Aesthet Dent* 19, 99-104
- Engelke W, Deckwer I (1997): Endoscopically controlled sinus floor augmentation. A preliminary report. *Clin Oral Implants Res* 8, 527-531
- Engelke W, Capobianco M (2004a): Odontoskopie in der Zahnheilkunde. *ZWR* 113, 156-164
- Engelke W, Capobianco M (2004b): Endoskopische Verfahren in der oralen Implantologie. *Z Zahnärztl Impl* 20, 248-256
- Engelke W, Galle C (2008): Endoscopic Interventions in Oral Implantology A Report of 5 Years Clinical Experience. *Int J Odontostomat* 2, 153-161
- Engelke W, Beltrán V: Endoskopische Verfahren in der minimal invasiven Oralchirurgie. Endo-Press Verlag, Tuttlingen 2014
- Engelke W, Schwarzwäller W, Behnsen A, Jacobs HG (2003): Subantrosopic laterobasal sinus floor augmentation (SALSA): an up-to-5-year clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 18, 135-143
- Engelke W, Decco O, Rau MJ (2004): Minimalinvasive Augmentation des Unterkiefers mit einem mikrofixierten starren Formkörper. *ZWR-Das Deutsche Zahnärzteblatt* 113, 399-402
- Engelke W, Bierbaum J, Choi EJ (2011): Die mikrochirurgische entfernung unterer dritter molaren über einen okklusalen zugang. *Dtsch Zahnärztl Z* 66, 415-423
- Engelke W, Beltrán, Fuentes R, Decco O (2012): Endoscopically Assisted Root Splitting (EARS): Method and First Results. *Int J Odontostomat* 6, 313-316

- Engelke W, Fuentes R, Beltrán V (2013): Endoscopically assisted removal of a lingually displaced third molar adjacent to the inferior alveolar nerve. *J Craniofac Surg* 24, 2171-2174
- Engelke W, Beltrán V, Cantín M, Choi EJ, Navarro P, Fuentes R (2014): Removal of impacted mandibular third molars using an inward fragmentation technique (IFT) - Method and first results. *J Craniomaxillofac Surg* 42, 213-219
- Engelke W, Leiva C, Wagner G, Beltrán V (2015a): In vitro visualization of human endodontic structures using different endoscope systems. *Int J Clin Exp Med* 8, 3234-3240
- Engelke W, Beltrán V, Decco O, Valdivia-Gandur I, Navarro P, Fuentes R (2015b): Changes in morphology of alveolar buccal walls following atraumatic internal root fragmentation. *Int J Morphol* 33, 491-496
- Engelke WG (2002): In situ examination of implant sites with support immersion endoscopy. *Int J Oral Maxillofac Implants* 17, 703-706
- Franco A, Riscalá S, Kahoudji M, Croue A (2009): Endoscopic removal of a mandibular ameloblastic fibro-odontoma. *Rev Stomatol Chir Maxillofac* 110, 359-361
- Funderburg JC (1992): Endoscopic extraction of an ectopic third molar. *Mil Med* 157, 431-432
- Garcia AG, Rey JM, Prat PA (1998): Endoscopy of mandibular cysts after cystostomy: a preliminary report. *J Oral Maxillofac Surg* 56, 169-170
- Geibel MA (2006): Development of a new micro-endoscope for odontological application. *Eur J Med Res* 27, 123-127
- Geisinger ML, Mealey BL, Schoolfield J, Mellonig JT (2007): The effectiveness of subgingival scaling and root planing: an evaluation of therapy with and without the use of the periodontal endoscope. *J Periodontol* 78, 22-28

Gülicher D, Gerlach KL (2001): Sensory impairment of the lingual and inferior alveolar nerves following removal of impacted mandibular third molars. *Int J Oral Maxillofac Surg* 30, 306-312

Harrel SK, Wilson TG Jr, Rivera-Hidalgo F (2013): A videoscope for use in minimally invasive periodontal surgery. *J Clin Periodontol* 40, 868-874

Hasbini AS, Hadi U, Ghafari J (2001): Endoscopic removal of an ectopic third molar obstructing the osteomeatal complex. *Ear Nose Throat J* 80, 667-670

Held SA, Kao YH, Wells DW (1996): Endoscope--an endodontic application. *J Endod* 22, 327-329

Hernández-Alfaro F, Guijarro-Martínez R (2012): Endoscopically assisted tunnel approach for minimally invasive corticotomies: a preliminary report. *J Periodontol* 83, 574-580

Huang ZQ, Huang ZX, Wang YY, Hu WJ, Fan S, Zhang DM, Chen WL (2015): Removal of the residual roots of mandibular wisdom teeth in the lingual space of the mandible via endoscopy. *Int J Oral Maxillofac Surg* 44, 400-403

Hürzeler MB, Zuhr O, Schupbach P, Rebele SF, Emmanouilidis N, Fickl S (2010): The socket-shield technique: a proof-of-principle report. *J Clin Periodontol* 37, 855-862

Iwai T, Matsui Y, Hirota M, Tohnai I (2012a): Endoscopic removal of a maxillary third molar displaced into the maxillary sinus via the socket. *J Craniofac Surg* 23, e295-e296

Iwai T, Tamai N, Matsui Y, Tohnai I (2012b): Use of in-house, full-colour printed three-dimensional model for training in endoscopic periradicular surgery for molar radicular cyst. *Br J Oral Maxillofac Surg* 50, e41-e42

Juodzbaly G, Bojarskas S, Kubilius R, Wang HL (2008): Using the support immersion endoscope for socket assessment. *J Periodontol* 79, 64-71

Kahairi A, Ahmed Khan S, Amirozi A (2010): Endoscopic-assisted Enucleation of Radicular Cysts - A Case Report. *Malays J Med Sci* 17, 56-59

- Kim DH, Kim JM, Chae SW, Hwang SJ, Lee SH, Lee HM (2003): Endoscopic removal of an intranasal ectopic tooth. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 67, 79-81
- Kim HR, Choi BH, Engelke W, Serrano D, Xuan F, Mo DY (2011): A comparative study on the extractions of partially impacted mandibular third molars with or without a buccal flap: a prospective study. *J Oral Maxillofac Surg* 69, 966-970
- Kim JP, Park JJ, Jeon SY, Ahn SK, Hur DG, Kim DW, Park HW, Woo SH (2012): Endoscope-assisted intraoral resection of external dermoid cyst. *Head Neck* 34, 907-910
- Kingsmill VJ, Gray CM, Moles DR, Boyde A (2007): Cortical vascular canals in human mandible and other bones. *J Dent Res* 86, 368-372
- Krastl G, Filippi A (2008): Optische Vergrößerungshilfen im Rahmen periradikulärer Chirurgie. *Endodontie* 17, 123-131
- Lamb JF, Husein OF, Spiess AC (2009): Ectopic molar in the maxillary sinus precipitating a mucocele: a case report and literature review. *Ear Nose Throat J* 88, E6-E1
- Lambrecht JT (2000): Dento-alveolar surgery. *Mund Kiefer Gesichtschir* 4, 265-269
- L'Estrange PR, Karlsson SL, Odman P, Stegersjö G, Engström B (1991): Clinical evaluation of restoration margins by an endoscopic microscope. *Aust Dent J* 36, 415-420
- Mamoun J (2013): Use of high-magnification loupes or surgical operating microscope when performing dental extractions. *N Y State Dent J* 79, 28-33
- Marshall GW Jr, Lipsey MR, Heuer MA, Kot C, Smarz R, Epstein M (1981): An endodontic fiber endoscope for viewing instrumented root canals. *J Endod* 7, 85-88
- Michaud RM, Schoolfield J, Mellonig JT, Mealey BL (2007): The efficacy of subgingival calculus removal with endoscopy-aided scaling and root planing: a study on multirrooted teeth. *J Periodontol* 78, 2238-2245

- Monaco G, Daprile G, Tavernese L, Corinaldesi G, Marchetti C (2009): Mandibular third molar removal in young patients: an evaluation of 2 different flap designs. *J Oral Maxillofac Surg* 67, 15-21
- Moshonov J, Michaeli E, Nahlieli O (2009): Endoscopic root canal treatment. *Quintessence Int* 40, 739-744
- Muska E, Walter C, Knight A, Taneja P, Bulsara Y, Hahn M, Desai M, Dietrich T (2013): Atraumatic vertical tooth extraction: a proof of principle clinical study of a novel system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 116, e303-e310
- Nahlieli O, Moshonov J, Zagury A, Michaeli E, Casap N (2011): Endoscopic approach to dental implantology. *J Oral Maxillofac Surg* 69, 186-191
- Nayyar J, Clarke M, O'Sullivan M, Stassen LF (2015): Fractured root tips during dental extractions and retained root fragments. A clinical dilemma? *Br Dent J* 218, 285-290
- Neff A (2013): Endoskopische Verfahren in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. *Der MKG-Chirurg* 6, 233-244
- Nestal Zibo H, Miller E (2011): Endoscopically assisted enucleation of a large mandibular periapical cyst. *Stomatologija* 13, 128-131
- Nkenke E, Schlegel A, Schultze-Mosgau S, Neukam FW, Wiltfang J (2002): The endoscopically controlled osteotome sinus floor elevation: a preliminary prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 17, 557-566
- Ozawa T, Tsuchida M, Yamazaki Y, Arai T, Nakamura J (1999): Clinical application of a fiberscope for periodontal lesions: case reports. *Quintessence Int* 30, 615-622
- Ozawa T, Tsuchida M, Yamazaki Y, Arai T (2003): Minimally invasive periapical curettage of foreign materials in periapical lesions using a fiberscope. *Int Dent J* 53, 314-322
- Parfitt AM (1987): Trabecular bone architecture in the pathogenesis and prevention of fracture. *Am J Med* 82, 68-72

- Pautke C, Vogt S, Kreutzer K, Haczek C, Wexel G, Kolk A, Imhoff AB, Zitzelsberger H, Milz S, Tischer T (2010): Characterization of eight different tetracyclines: advances in fluorescence bone labeling. *J Anat* 217, 76-82
- Pippi R, Alvaro R (2013): Piezosurgery for the lingual split technique in mandibular third molar removal: a suggestion. *J Craniofac Surg* 24, 531-533
- Pogrel MA, Lee JS, Muff DF (2004): Coronectomy: a technique to protect the inferior alveolar nerve. *J Oral Maxillofac Surg* 62, 1447-1452
- Re M, Zizzi A, Aspriello SD, Stramazotti D, Rubini C, Procaccini M, Piemontese M (2011): Videoendoscopic assisted curettage of central giant cell granuloma of the maxilla in pediatric age. *Minerva Stomatol* 60, 321-325
- Schleier P, Bierfreund G, Schultze-Mosgau S, Moldenhauer F, Küpper H, Freilich M (2008): Simultaneous dental implant placement and endoscope-guided internal sinus floor elevation: 2-year post-loading outcomes. *Clin Oral Implants Res* 19, 1163-1170
- Sembronio S, Albiero AM, Zerman N, Costa F, Politi M (2009): Endoscopically assisted enucleation and curettage of large mandibular odontogenic keratocyst. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 107, 193-196
- Sennhenn-Kirchner S, Engelke W (2006): Minimalinvasive Therapie einer periimplantären Infektion unter endoskopisch kontrolliertem Einsatz von Diodenlaserlicht – Ein Fallbericht. *LaserZahnheilkunde* 3, 189-194
- Silva JL, Jardim EC, dos Santos PL, Pereira FP, Garcia Junior IR, Poi WR (2011): Comparative analysis of 2-flap designs for extraction of mandibular third molar. *J Craniofac Surg* 22, 1003-1007
- Skouteris CA (1988): Fiberoptic endoscopy of a marsupialized dentigerous cyst. *J Oral Maxillofac Surg* 46, 74-77
- Stambaugh RV (2002): A clinician's 3-year experience with perioscopy. *Compend Contin Educ Dent* 23, 1061-1070

Stambaugh RV, Myers G, Ebling W, Beckman B, Stambaugh K (2002): Endoscopic visualization of the submarginal gingiva dental sulcus and tooth root surfaces. *J Periodontol* 73, 374-382

Suarez-Cunqueiro MM, Schoen R, Schramm A, Gellrich NC, Schmelzeisen R (2003): Endoscopic approach to removal of an ectopic mandibular third molar. *Br J Oral Maxillofac Surg* 41, 340-342

Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Weinstein R (2007): Endoscopic periradicular surgery: a prospective clinical study. *Br J Oral Maxillofac Surg* 45, 242-244

Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Weinstein R (2008): Microscope versus endoscope in root-end management: a randomized controlled study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 37, 1022-1026

Tolstunov L, Javid B, Keyes L, Nattestad A (2011): Pericoronal ostectomy: an alternative surgical technique for management of mandibular third molars in close proximity to the inferior alveolar nerve. *J Oral Maxillofac Surg* 69, 1858-1866

Tornes K, Christensen O, Gilhuus-Moe O (1977): Endoscopic examination technic in jaw and oral surgery. *Nor Tannlaegeforen Tid* 87, 436-440

Viterbo S, Griffa A, Boffano P (2013): Endoscopic removal of an ectopic tooth in maxillary sinus. *J Craniofac Surg* 24, e46-e48

von Arx T, Hunenbart S, Buser D (2002): Endoscope- and video-assisted endodontic surgery. *Quintessence Int* 33, 255-259

von Arx T, Montagne D, Zwinggi C, Lussi A (2003): Diagnostic accuracy of endoscopy in periradicular surgery - a comparison with scanning electron microscopy. *Int Endod J* 36, 691-699

von Arx T (2005): Frequency and type of canal isthmuses in first molars detected by endoscopic inspection during periradicular surgery. *Int Endod J* 38, 160-168

von Arx T, Kunz R, Schneider AC, Bürgin W, Lussi A (2010): Detection of dentinal cracks after root-end resection: an ex vivo study comparing microscopy and endoscopy with scanning electron microscopy. *J Endod* 36, 1563-1568

von Arx T, Steiner RG, Tay FR (2011): Apical surgery: endoscopic findings at the resection level of 168 consecutively treated roots. *Int Endod J* 44, 290-302

Weinstein T, Rosano G, Del Fabbro M, Taschieri S (2010): Endodontic treatment of a geminated maxillary second molar using an endoscope as magnification device. *Int Endod J* 43, 443-450

Wiltfang J, Schultze-Mosgau S, Merten HA, Kessler P, Ludwig A, Engelke W (2000): Endoscopic and ultrasonographic evaluation of the maxillary sinus after combined sinus floor augmentation and implant insertion. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 89, 288-291

Lebenslauf

Ich, Víctor Beltrán Varas, wurde am 29.09.1982 in Temuco, Chile geboren. Meine Eltern Víctor Beltrán Reyes und María Luisa Varas sind beide chilenischer Nationalität und Lehrer von Beruf, meine Schwester ist Rechtsanwältin.

Im Dezember 1999 legte ich das chilenische Abitur an der Schule Concepción de Chillán ab. Mein Studium in der Zahnmedizin habe ich 2000-2006 an der Universidad de Antofagasta, Chile, absolviert. Die Zahnärztliche Prüfung legte ich am 15. Dezember 2006 erfolgreich ab. Nach dem Zahnmedizinstudium habe ich mich in den Fächern Parodontologie und Implantologie an der Universidad de Concepción von 2007 bis 2009 spezialisiert. Die Spezialisierung habe ich erfolgreich mit der Höchstnote im September 2009 abgeschlossen. Im Jahr 2010 begann ich als akademischer Mitarbeiter an der Zahnmedizinischen Fakultät der Universidad de La Frontera in Temuco, Chile, wissenschaftlich zu arbeiten und war dort in der prägraduierten und postgraduierten Lehre als Dozent tätig. Im Jahre 2012 erlangte ich den Magistertitel in Zahnmedizin mit Auszeichnung an der Universidad de La Frontera, Chile.

Ab Mai 2012 erhielt ich ein Stipendium des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (DAAD) – Rat der Rektoren der chilenischen Universitäten (CRUNCH) mit dem Projekt „Evaluation of flapless microsurgical tooth removal“ für einen dreimonatigen Forschungsaufenthalt in der Abteilung der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universität Göttingen. Dies erlaubte mir, zum ersten Mal eine längere Zeit in Deutschland zu leben und später einen Teil dieser Erfahrung in unserer Arbeitsgruppe in Chile anzuwenden.

Im April 2013 erhielt ich ein Stipendium der Nationalen Kommission für wissenschaftliche Forschung und Technologie in Chile (CONICYT) und bin seither als Doktorand an der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen immatrikuliert.

Danksagung

Für die Vergabe des Themas, vor allem aber für die intensive Betreuung, bedanke ich mich in besonderer Weise bei Herrn Prof. Dr. Dr. Wilfried Engelke. Seine zahlreichen Anregungen und seine ausdauernde Unterstützung motivierten mich bei meiner wissenschaftlichen Arbeit sehr.

Zu weiterem Dank bin ich Herrn Dr. Marcio Lazzarini verpflichtet, da er mich in die Verwendung des Computer-Programms "Image J" eingeführt hat. Das Programm erlaubt eine Analyse des endoskopischen Videomaterials.

Bei Herrn David Ellenberger aus der Abteilung für Medizinische Statistik möchte ich mich für seine Hilfe bei der Auswertung der erhobenen Daten und der statistischen Analyse bedanken.