

Aus dem dental-radiologischen 3D-Röntgeninstitut

MESANTIS Berlin

DISSERTATION

**Zufallsbefunde im Rahmen der kieferorthopädischen Behandlungsplanung
unter besonderer Berücksichtigung dentoalveolärer Aspekte-
eine retrospektive Transversalstudie anhand von dentalen
Volumentomografien**

zur Erlangung des akademischen Grades

Doctor medicinae dentariae (Dr.med.dent)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät

Charité- Universitätsmedizin Berlin

von

Katrin Springer

aus Hennigsdorf

Gutachter/in: 1. Prof. Dr. A. Bumann

2. Prof. Dr. Kopp

3. Prof. Dr. K.-H. Dannhauer

Datum der Promotion: 30.11.2012

Meinem Großvater, Heinz Konrad, in Erinnerung gewidmet.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	8
1.1 Entwicklung bildgebender Verfahren in der Kieferorthopädie.....	9
1.2 Funktionsprinzip der digitalen Volumentomografie.....	10
1.3 Die digitale Volumentomografie in der kieferorthopädischen Behandlungsplanung..	12
1.4 Indikationsstellung bildgebender Verfahren in der Kieferorthopädie.....	17
1.5 Strahlenbelastung unterschiedlicher Röntgengenverfahren in der Kieferorthopädie ..	18
2. Fragestellung.....	23
3. Material und Methoden	25
3.1 Allgemeine Methoden.....	25
3.1.1 Patientenkollektiv.....	25
3.1.2 DVT-Aufnahmen.....	25
3.1.3 Auswertungssoftware	26
3.1.4 Statistische Auswertung	29
3.2 Spezielle Methoden.....	31
3.2.1 Prävalenz von Dehiszenzen/Fenestrationsen der bukkalen Knochenlamelle..	31
3.2.1.1 Abhängigkeit von der Lokalisation im Ober- und Unterkiefer.....	33
3.2.1.2 Abhängigkeit von der Lokalisation im Front- und Seitenzahnbereich.....	33
3.2.1.3 Abhängigkeit vom Geschlecht.....	33
3.2.1.4 Abhängigkeit vom Alter	34

3.2.2 Prävalenz verlagertes Oberkieferweisheitszähne.....	36
3.2.2.1 Kontakt zur benachbarten Kieferhöhle	37
3.2.2.2 Kieferhöhlenkontakte in Abhängigkeit vom Alter	38
3.2.3 Prävalenz verlagertes Unterkieferweisheitszähne	38
3.2.3.1 Kontakt zum Nervus alveolaris inferior.....	39
3.2.3.2 Kontakt zum Nervus alveolaris inferior in Abhängigkeit vom Alter.....	40
3.2.4 Prävalenz verlagertes Oberkiefereckzähne	40
3.2.4.1 Wurzelkontakt zu benachbarten Zähnen.....	42
3.2.4.2 Vestibuläre Knochendehiszenzen/Fenestrationen an benachbarten Zähnen.....	42
4. Ergebnisse.....	43
4.1 Prävalenz von Dehiszenzen/Fenestrationen der bukkalen Knochenlamelle.....	43
4.1.1 Vergleich zwischen Ober- und Unterkiefer.....	45
4.1.2 Vergleich zwischen Front- und Seitenzahnbereich	46
4.1.3 Abhängigkeit der Prävalenz vom Geschlecht	51
4.1.4 Abhängigkeit der Prävalenz vom Alter	52
4.2 Prävalenz verlagertes oberer Weisheitszähne	69
4.2.1 Kontakt zur benachbarten Kieferhöhle.....	69
4.2.2 Kieferhöhlenkontakte in Abhängigkeit vom Alter	70
4.3 Prävalenz verlagertes unterer Weisheitszähne.....	72
4.3.1 Kontakt zum Nervus alveolaris inferior	73
4.3.2 Kontakt zum Nervus alveolaris inferior in Abhängigkeit vom Alter	73

4.4 Prävalenz verlagerter oberer Eckzähne	75
4.4.1 Wurzelkontakt zu benachbarten Zähnen	75
4.4.2 Vestibuläre Knochendehiszenzen/Fenestrationsen an benachbarten Zähnen	76
5. Diskussion	78
5.1 Diskussion der Methoden.....	78
5.2 Diskussion der Ergebnisse	80
5.2.1 Prävalenz von Dehiszenzen/Fenestrationsen der bukkalen Knochenlamelle .	80
5.2.1.1 Abhängigkeit von der Lokalisation im Ober- und Unterkiefer.....	82
5.2.1.2 Abhängigkeit von der Lokalisation im Front- und Seitenzahnbereich.....	83
5.2.1.3 Abhängigkeit vom Geschlecht.....	83
5.2.1.4 Abhängigkeit vom Alter.....	84
5.2.2 Prävalenz verlagerter oberer Weisheitszähne	85
5.2.2.1 Kontakt zur benachbarten Kieferhöhle	86
5.2.2.2 Kieferhöhlenkontakte in Abhängigkeit vom Alter	87
5.2.3 Prävalenz verlagerter unterer Weisheitszähne	88
5.2.3.1 Kontakt zum Nervus alveolaris inferior.....	88
5.2.3.2 Kontakte zum Nervus alveolaris inferior in Abhängigkeit vom Alter.....	89
5.2.4 Prävalenz verlagerter Oberkiefer Eckzähne	90
5.2.4.1 Wurzelkontakt zu benachbarten Zähnen.....	91
5.2.4.2 Vestibuläre Dehiszenzen/Fenestrationsen an benachbarten Zähnen	94
5.3 Schlussfolgerung	95

6. Zusammenfassung	98
6.1 Zusammenfassung	98
6.2 Summary.....	100
7. Anhang.....	102
7.1 Literaturverzeichnis.....	102
7.2 Abbildungsverzeichnis	113
7.3 Tabellenverzeichnis.....	117
7.4 Abkürzungsverzeichnis	120
7.5 Danksagung	121
7.6 Curriculum vitae.....	122
7.7 Eidesstattliche Erklärung.....	123

1. Einleitung

Die Entdeckung der Röntgenstrahlung im Jahre 1895 durch den Physiker Wilhelm Conrad Röntgen trägt wesentlich zur Revolutionierung der diagnostischen Möglichkeiten in der Zahnmedizin bei [1]. So stellen röntgenologische Untersuchungsverfahren seit mehr als 80 Jahren einen integralen Bestandteil der kieferorthopädischen Diagnostik dar.

Durch die stetige Weiterentwicklung der Technik sowie dem wachsenden Wissensstand um die Schädlichkeit ionisierender Strahlung, stehen heutzutage Röntgensysteme mit geringer Strahlenbelastung und guter Bildqualität für die zahnmedizinische Diagnostik zur Verfügung [2]. So setzt die Entwicklung der digitalen Volumentomografie neue Maßstäbe im Bezug auf den hohen Informationsgehalt und der dazu im Vergleich stehenden niedrigen Strahlenbelastung [3-4]. Bis heute wird seit der Einführung der digitalen Volumentomografie die Indikation dieses Röntgenverfahrens in den verschiedenen Disziplinen der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde kontrovers diskutiert. Die Röntgendiagnostik stellt hohe Anforderungen an den Anwender. Zum einen muss der Behandelnde das notwendige Röntgenverfahren wählen, welches dem Patienten einen maximalen diagnostischen Wert bietet. Zum anderen muss die dazu im Verhältnis stehende geringste Strahlenbelastung gewährleistet werden.

Inwieweit die kieferorthopädische Behandlungsplanung einen Zugewinn durch die digitale Volumentomografie ermöglicht, soll aus dem Kontext mit der Betrachtung von konventionellen Röntgenverfahren erschlossen werden.

Die Untersuchung klinisch relevanter Fragestellungen, wie das Feststellen von prätherapeutischen Dehiszenzen/Fenestrationsen sowie das Eruiere verlagerte Zähne unter Berücksichtigung der benachbarten Strukturen, nimmt eine zentrale Rolle in der kieferorthopädischen Behandlungsplanung ein. Die Betrachtung der alveolären Morphologie gibt Aufschluss über die Limitation von kieferorthopädischen Zahnbewegungen. Es konnte ein Zusammenhang zwischen der kieferorthopädischen Behandlung und der Auswirkung auf die Dicke und Höhe bestehender Dehiszenzen festgestellt werden [5]. Des Weiteren kann die Therapieplanung durch die exakte Ermittlung verlagerte Zähne und deren Kenntnis zu benachbarten Strukturen genutzt werden, um anliegende Gewebe zu schonen [6]. Die Prävalenz dieser Befunde sind derzeit noch unzureichend eruiert, spielen aber bei der Frage nach dem Einsatz der digitalen Volumentomografie in der Kieferorthopädie eine entscheidende Rolle.

1.1 Entwicklung bildgebender Verfahren in der Kieferorthopädie

Schon Künstler des vergangenen Jahrtausends beschäftigten sich mit den anatomischen Proportionen des Kopfes. So war es unter anderem Leonardo da Vinci, der in den Jahren 1485-1515 umfangreiche anatomische Zeichnungen und Studien zum menschlichen Körper anfertigte. Miterlebte Sektionen bildeten die Grundlage für die zahlreichen Studien und Zeichnungen [7].

Erste Anfänge der Kephalometrie in Form der Ausmessung von definierten Strecken und Winkeln konnte auf Broca im Jahre 1865 zurückgeführt werden [8]. Der Begriff Kephalometrie lässt sich dabei aus dem Griechischen von kephalé= Kopf und metrein = messen ableiten und beschreibt die Vermessung der äußeren und inneren Strukturen des Kopfes [9]. Im Jahre 1931 wurde die Fernröntgentechnik in den USA durch Broadbent (1931) [10] und in Deutschland durch Hofrath (1931) [11] eingeführt. Beide erreichten unabhängig voneinander eine verzerrungsarme und nahezu größenrichtige Darstellung des Schädels in der seitlichen Ansicht. Das seitliche Fernröntgenbild stellt eine zweidimensionale Abbildung eines dreidimensionalen Gebildes dar, demzufolge geht eine Vielzahl von Informationen zum räumlichen Aufbau des Schädels verloren [12].

Erste Überlegungen zur Entwicklung der Panoramaschichtaufnahme erfolgten im Jahr 1921 durch Bocage. Dieser beschrieb ein Röntgenverfahren bei dem sich der Film und die Röntgenröhre als zwei Komponenten bewegten. Dieses Verfahren wurde erstmals als Pantomografie bezeichnet und entwickelte sich aus dem Prinzip der Tomografie [13]. Der Röntgenfilm wurde intraoral platziert und die Darstellung des Unter- und Oberkiefers erfolgte in jeweils getrennten Aufnahmen. Erst Paatero zog im Jahr 1949 die Möglichkeit der extraoralen Platzierung des Röntgenfilms in Erwägung [14]. Die Grundlage dieses Prinzips, welches die Bewegung von Film und Fokus um drei Rotationszentren vorsieht, ließ sich Paatero im Jahr 1957 patentieren. Durch die drei Rotationsachsen konnte eine annähernde orthogonale Projektion der zu untersuchenden Strukturen erreicht werden. Eine verbesserte Darstellung ließ sich durch Bewegung der Rotationszentren um das zu untersuchende Objekt erzielen [15]. Die Einführung der Digitalisierung zahnärztlicher Röntgenaufnahmen erfolgte im Jahr 1987 durch Mouyen *et al.*(1989) [16].

Durch die Inaugurierung der digitalen Volumetomografie im Jahr 1998 ist nun auch die dreidimensionale radiologische Diagnostik und somit eine exakte räumliche Orientierung möglich. So kann die hohe Strahlenexposition der schon im Jahr 1972 aufkommenden

Computertomografie verringert werden, da die digitale Volumentomografie vergleichbare Darstellungsmöglichkeiten bietet und auch die Rekonstruktion in verschiedenen Ebenen erlaubt [17-19]. Die Anfänge der digitalen Volumentomografie, auch als Cone-beam computed tomography bezeichnet, gehen dabei bis in die frühen siebziger Jahre zurück [20]. Am Anfang der Entwicklung wurde sie vor allem in dem Gebiet der Angiographie verwandt [21]. Erste praxistaugliche DVT Scanner ermöglichten dann den Einsatz der DVT in der Zahnmedizin und wurden von der Firma QR® aus Verona in Form des NewTom DVT9000® entwickelt [18, 22]. Gegenwärtig hat sich das Anwendungsspektrum der digitalen Volumentomografie im Bereich des Kopf-Halsbereichs und demzufolge auch im Bereich der oralen Strukturen stark ausgedehnt [23]. Durch die stetige Weiterentwicklung der Technik konnte die Bildqualität verbessert und die Strahlendosis reduziert werden, sodass die Anwendung der digitalen Volumentomografie in der kieferorthopädischen Behandlungsplanung einen immer größeren Stellenwert einnimmt [24].

1.2 Funktionsprinzip der digitalen Volumentomografie

Die digitale Volumentomografie besteht aus den folgenden Elementen: der Röntgenröhre mit dem dazugehörigen Generator, der Bildverstärkerröhre und der CCD-Kamera sowie dem Steuerrechner mit der entsprechenden Auswertungssoftware.

Die Röntgenröhre sendet ein kegelförmiges Strahlenbündel aus. In dem Strahlenkegel befindet sich das zu untersuchende Objekt. Bei dem Aufzeichnungsvorgang führt die Röntgenröhre eine Umlaufbewegung von 360° um den Patientenkopf durch. Während dieses Umlaufs kann das gesamte Volumen des zu untersuchenden Bereichs durch das kegelförmige Strahlenbündel erfasst werden. Es handelt sich somit streng genommen nicht um eine aufgezeichnete Schicht, sondern um ein aufgenommenes Volumen, welches mit Hilfe der entsprechenden Software, in verschiedene Schichten geteilt, dargestellt werden kann. Die Bezeichnung „Digitale Volumenttechnologie“ wäre eigentlich weitaus zutreffender, als die der digitalen Volumentomografie. Die durch den Bildverstärker registrierten Bilder werden über die CCD-Kamera digitalisiert und an den Steuerrechner weitergeleitet. Aus den so gewonnenen Rohdaten kann mittels eines mathematischen Algorithmus eine Vielzahl an axialen Schichten errechnet werden [25]. Die Orientierung eines bestimmten Axial kann je nach Fragestellung beliebig festgelegt werden. So sind mehrere Rekonstruktionen möglich. Aus den entsprechend gewonnenen Primärrekonstruktionen können weitere Sekundärrekonstruktionen in beliebigen Ebenen und dreidimensionalen Abbildungen erstellt werden [26]. Mit Hilfe dieser

Sekundärrekonstruktionen können Zusatzfunktionen wie Längen- und Winkelmessungen, Bildoptimierung und Vermessung von Distanzen im Raum realisiert werden. Eine weitere Zusatzoption die je nach Gerätetyp ermöglicht wird, ist das Generieren von Fernröntgenseitenbildern und Panoramaschichtaufnahmen mittels eines einzigen DVT Datensatzes. Hiermit können die technischen Nachteile der konventionellen FRS und PSA Anfertigung praktisch ausgeschlossen werden. Auch eine zusätzliche Strahlenbelastung des Patienten kann schlussfolgernd vermieden werden [27]. Einige Studien stellen diesbezüglich fest, dass mit Hilfe der digitalen Volumentomografie das konventionelle Fernröntgenseitenbild vollständig ersetzt werden kann [28-29].

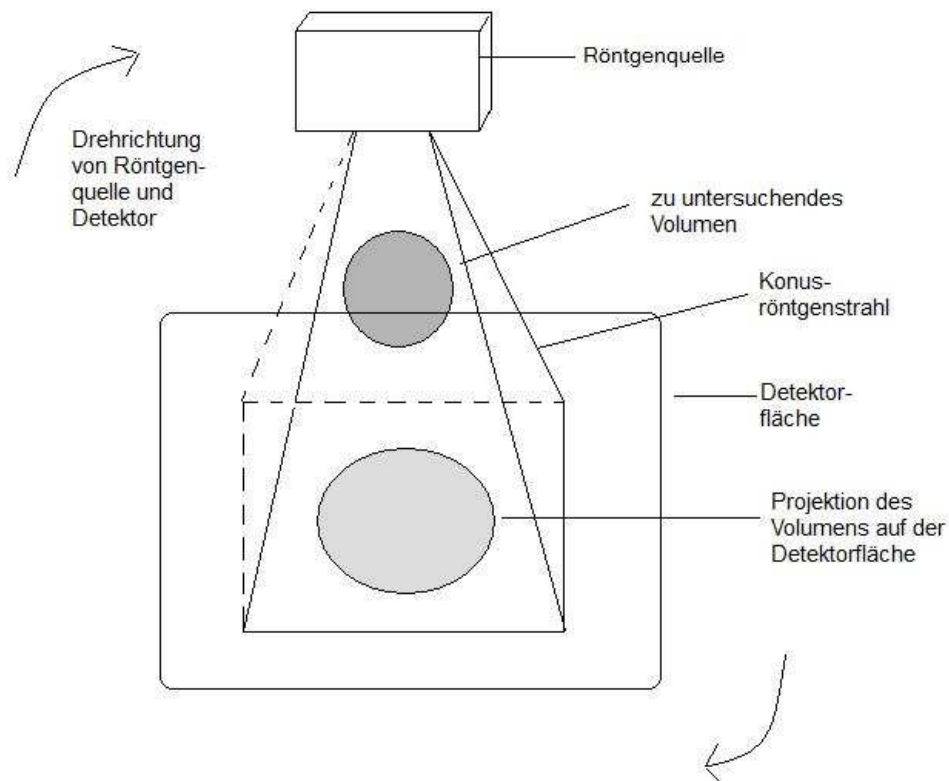


Abb.1: Funktionsprinzip der digitalen Volumentomografie

1.3 Die digitale Volumentomografie in der kieferorthopädischen Behandlungsplanung

In der Literatur liegen kontroverse Ansichten, erstens hinsichtlich der zugestandenen Eignung der digitalen Volumentomografie im Bereich der kieferorthopädischen Behandlungsplanung und zweitens der bisher zugesprochenen Überlegenheit der konventionellen Röntgentechnik, vor.

Statistisch signifikante und klinisch relevante Unterschiede zwischen der digitalen Volumentomografie und der konventionellen Röntgentechnik konnten fixiert werden [30].

Einzelne Parameter sollen folgend näher betrachtet werden.

Die Feststellung von Merkmalen wie z.B. Wurzelresorptionen und das Beurteilen des peridental Knochenangebots nehmen eine wichtige Stellung in der kieferorthopädischen Behandlungsplanung ein. Durch die umfassende röntgenologische Befunderhebung können Komplikationen vor und während der kieferorthopädischen Behandlung vermieden werden. Aus diesem Grund ist das Wissen um Alveolardehiszenzen und Fenestrations relevant, um den Spielraum der Zahnbewegung während der Therapie festzulegen, um eine optimale kieferorthopädische Verankerung auszuwählen und um die Gefahr der Reduktion des marginalen Knochens zu vermeiden [31]. Die Studie von Evangelista *et al* (2010) weist dabei auf die Häufigkeit von Knochendehiszenzen bei kieferorthopädischen Patienten mit Klasse I- und II-Anomalien hin. Aus ihrer Studie geht hervor, dass bei 96,9% aller untersuchten Patienten alveoläre Knochendefizite vorlagen und 51,09% der untersuchten Zähne diesen Befund aufzeigten [32]. Tierexperimentelle Studien weisen auf den direkten Zusammenhang zwischen kieferorthopädischer Dehnung des Zahnbogens, wie der Protrusion von Frontzähnen und der möglichen Reduktion des vestibulären Knochens hin. Das Ausmaß des vestibulären Knochenabbaus ist weiterführend von dem prätherapeutischen peridental Knochenangebot abhängig [33-34]. Es ist demzufolge notwendig Knochendefekte vor Beginn der Behandlung zu identifizieren. Gerade bei kieferorthopädischen Patienten mit bestehenden Zahnfehlstellungen sind prätherapeutische Dehiszenzen/Fenestrations zu vermuten [35].

Untersuchungen über den Einfluss kieferorthopädischer Zahnbewegungen auf die Knochenlamellendichte stellten Chang *et al.* (2011) heraus. Es konnte fixiert werden, dass die Dichte der untersuchten Knochenlamelle nach der entsprechenden Zahnbewegung eine Reduktion von bis zu 62,5% erfährt [36]. Dies bestätigt die Erkenntnis der tierexperimentellen Studie und ist demnach auch bei kieferorthopädischen Patienten nachweisbar. Zunehmende

Bedeutung gewinnt dies im Hinblick auf die steigende Anzahl erwachsener Patienten mit dem Wunsch auf eine kieferorthopädische Behandlung. Da mit steigendem Alter oftmals ein reduzierter Zahnhalteapparat vorliegt [37-38].

Die Beurteilung der bukkalen Knochenlamelle ist aufgrund der zweidimensionalen Darstellung in der konventionellen Röntgentechnik nicht möglich. Um Aussagen über den alveolären Knochen zu treffen, ist die Anfertigung einer dreidimensionalen Röntgenaufnahme wie der digitalen Volumtomografie notwendig [39]. Die Überlegenheit der DVT gegenüber Zahnfilmaufnahmen im Bereich der Feststellung von parodontalen Knochenläsionen wurde durch die Studie von Noujeim *et al.* (2009) belegt. Diese Studie bestätigt einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen beiden Röntgenverfahren und kommt zu dem Resümee, dass die Genauigkeit und Aussagekraft von parodontalen und interradikulären Knochenläsionen mit Hilfe der digitalen Volumtomografie deutlich besser zu beurteilen ist [40]. Weitere Studien von Mol *et al.* (2008) und Yu *et al.* (2011) kommen zu vergleichbaren Ergebnissen [41-42]. Die Überlegenheit der DVT wird auch im Bereich der Feststellung von Dehiszenzen der bukkalen Knochenlamelle durch die Literatur beschrieben. Erste Untersuchungen von Evangelista *et al.* (2010) lassen auf die hohe Prävalenz dieses Befundes schließen. Inwieweit sich diese erste Eruiierung der Prävalenz von Dehiszenzen/Fenestrationsen der bukkalen Knochenlamelle bei einer hohen kieferorthopädischen Patientenzahl ohne vorherige Unterscheidung der vorliegenden Fehlstellung bestätigt, ist noch unklar.

Entscheidend für den Entschluss eine kieferorthopädische Zahnbewegung zu modifizieren, weiterzuführen oder sie zu unterbrechen ist das Wissen von Knochendehiszenzen/Fenestrationsen und Wurzelresorptionen. Unter dem Begriff Wurzelresorption wird der Abbau der Wurzeloberfläche im Bereich des Zementes sowie des darunterliegenden Dentins beschrieben [43]. Die Ursachen für das Auftreten von externen Wurzelresorptionen sind vielfältig. Zum einen kann ein Trauma [44], eine parodontale Erkrankungen [45] oder eine kieferorthopädische Behandlung [46] die Entstehung einer Resorption verursachen. Zum anderen kann ein verlagertes Zahn Wurzelresorptionen der benachbarten Zähne auslösen [47]. Die Häufigkeit von Resorptionen an benachbarten Zähnen im Zusammenhang mit verlagerten Oberkieferzähnen konnten Miani *et al.* (2008) mit einer Inzidenz von bis zu 68% feststellen. Außerdem wird in dieser Studie der DVT eine bessere Beurteilung von Resorptionen im Vergleich zur konventionellen Röntgentechnik zugesprochen [48].

Eine vergleichbare Studie von Liu *et al.* (2008) untermauert die Feststellung von Miani, indem dieser Resorptionen von benachbarten Schneidezähnen in Verbindung mit verlagerten Oberkieferreckzähnen untersuchte. Dabei stellte sich heraus, dass bei 50,6% der benachbarten Schneidezähne eine Resorption vorlag und eine genaue Lagebestimmung der verlagerten Oberkieferreckzähne mittels DVT ermöglicht wird [49].

Weitere Studien, die sich mit dem Beurteilungsvermögen von externen Wurzelresorptionen anhand unterschiedlicher Röntgenverfahren beschäftigen, werden folgend aufgeführt.

In der Studie von Estrela *et al.* (2009) wird nachgewiesen, dass in konventionellen Röntgenaufnahmen nur 68% der Wurzelresorptionen und in der DVT 100% dieses Befundes festgestellt werden konnte [50]. Weitere Studien von Dudic *et al.* (2009) und Alqerban *et al.* (2009) kommen zu dem Ergebnis, dass signifikante Unterschiede bezüglich der Beurteilung von verlagerten Oberkieferreckzähnen und dem Erkennen von Resorptionen an benachbarten seitlichen Schneidezahnwurzeln zwischen der Panoramaschichtaufnahme und der DVT besteht. Sie bewerten die DVT schlussfolgernd sensitiver als das konventionelle Röntgenverfahren [51-52]. Die Überlegenheit der digitalen Volumentomografie zur Eruiierung von externen Wurzelresorptionen wird in der Literatur umfassend beschrieben [48-52]. Andererseits wird in der neuen Leitlinie der SEDENTXCT die diagnostische Genauigkeit der DVT zur Ermittlung äußerer Hohlräume wie sie einer Wurzelresorption entspricht, infrage gestellt. Diese Kontroverse bedarf einer weiteren Untersuchung im Bereich dieser Thematik.

Das Vorliegen von verlagerten Oberkieferreckzähnen weist mit der Prävalenz von 1-3% ein gehäuftes Vorkommen auf [53-54]. Nur die Retentionshäufigkeit der Ober- und Unterkieferweisheitszähne übertrifft die Prävalenz des verlagerten Oberkieferreckzahns deutlich [55]. Durch die präzise Befunderhebung kann mittels neuester Röntgentechnik eine Vielzahl an therapieentscheidenden Informationen gewonnen werden. Differenzierte Aussagen zur Lagebeziehung zwischen verlagerten Zähnen und benachbarten Strukturen sind realisierbar [56]. Unter anderem lässt sich dies an dem Beispiel eines verlagerten Oberkieferreckzahns darstellen, bei dem unter Zuhilfenahme der DVT der Rückschluss auf das Vorliegen einer Ankylose des betreffenden Zahnes und Resorptionen an benachbarten Zähnen getroffen werden konnte [57]. Der Schonung von Hart- und Weichgeweben in routinemäßig vorgenommenen kombinierten kieferorthopädisch-oralchirurgischen Behandlungen zur Einstellung von retinierten Oberkieferreckzähnen kann somit Folge geleistet werden [6]. Zahlreiche Studien setzten sich des Weiteren mit der Frage nach der diagnostischen Genauigkeit zur Feststellung verlagerten Zähne

mit deren umliegenden Strukturen in der konventionellen Röntgentechnik im Vergleich mit der DVT auseinander.

Die Studie von Haney *et al.* (2010) belegt signifikante Unterschiede in der Genauigkeit der Diagnose und der Behandlungsplanung von verlagerten Oberkiefereckzähnen zwischen der konventionellen Röntgentechnik und dem DVT, zugunsten der digitalen Volumentomografie. Weiterführend wird die Aussage getroffen, dass die Röntgentechnik entscheidenden Einfluss auf die Auswahl der Diagnose und die Therapieplanung hat [58].

Eine Vielzahl von Studien, die sich mit der Beurteilung verlagelter Eck- und Weisheitszähne anhand der PSA auseinandergesetzt hat, ergab, dass keine zuverlässige Aussage über die Lagebeziehung der untersuchten Zähne zu deren benachbarten Strukturen getroffen werden konnte [4, 59-60]. So kann durch Armstrong *et al.* (2003) in 37% der Fälle keine korrekte Beurteilung der Lokalisation von palatinal verlagerten Eckzähnen mit Hilfe der Panoramaschichtaufnahme ermittelt werden [59]. Mah *et al.* (2010) spricht der PSA diesbezüglich eine eingeschränkte Prognose im Hinblick auf die Behandlungslänge und der Komplexität verlagelter Eckzähne zu [4].

Weiterführend untersuchte Bell *et al.* (2003) anhand von 300 Panoramaschichtaufnahmen die Wurzelmorphologie sowie die Nähe zum Nervus alveolaris inferior an verlagerten Unterkieferweisheitszähnen vor operativer Entfernung ebendieser. Ergebnis dieser Studie war, dass in 34% der Fälle keine korrekte Beurteilung zwischen verlagerten Weisheitszähnen und dem Nervus alveolaris inferior getroffen werden konnte. Bell *et al.* (2003) schlussfolgert diesbezüglich, dass die Panoramaschichtaufnahme im Betracht auf die diagnostische Genauigkeit der zu untersuchenden anatomischen Formen und Strukturen unzureichend ist [60].

Die Bestätigung des von Bell getroffenen Resümees stellt Gomes *et al.* (2008) mit seiner Untersuchung über die Einschätzung des Verletzungsrisikos des N. alveolaris inferior anhand der PSA, welche lediglich eine Spezifität von 39% und Sensitivität von 66% aufweist, heraus [61]. Unterstützt wird diese Aussage durch Neugebauer *et al.* (2008), der dem DVT ein besseres Beurteilungsvermögen im Bezug auf verlagerte Unterkieferweisheitszähne und dem Nervus alveolaris inferior, im Vergleich zur konventionellen Röntgentechnik zuspricht [62].

Die Limitation der Aussagekraft der Panoramaschichtaufnahme in den oben genannten Strukturen lässt sich wie folgt erklären. Da es sich im Fall der PSA um eine Zonographie handelt, verändert die vestibulär oder oral zur Schicht liegende Struktur ihre Lage auf dem

Sensor durch ihre unterschiedliche Geschwindigkeit ständig und führen zu einer Verwischung. Diese Strukturen sind demnach nicht klar erkennbar [63]. Auch Summationseffekte können zur Überlagerung von benachbarten Strukturen führen und deren präzise Diagnostik erschweren oder sogar unmöglich machen [64]. Des Weiteren stellt die PSA eine zweidimensionale Wiedergabe einer dreidimensionalen Struktur dar [65]. So kann unter anderem eine enge Lagebeziehung oder der interradiäre Verlauf des Nervus alveolaris inferior zu einem verlagerten Unterkieferweisheitszahn nur unzureichend dargestellt werden [62].

Die hohe Prävalenz verlagelter Unterkieferweisheitszähne mit direktem Kontakt zum Nervus alveolaris inferior wird durch die Studie von Kositbowornchai S *et al.* (2010) nachgewiesen. Aus dieser Studie geht hervor, dass mit Hilfe des DVT bei 32 untersuchten verlagerten Unterkieferweisheitszähnen, der Kontakt zum Nervus alveolaris inferior in 68,8% nachgewiesen werden konnte [66]. In der Studie von Heurich *et al.* (2002) wurde die topographische Lagebeziehung von Weisheitszähnen zum Nervus alveolaris inferior vor Extraktion ebendieser untersucht, dabei zeigte sich, dass eine exakte Rekonstruktion des Nervus alveolaris inferior in 93% der Fälle mittels DVT möglich war. Dementsprechend wurde das chirurgische Vorgehen an die gegebenen Umstände angepasst und die Schädigung des Nervus alveolaris inferior konnte verhindert werden [67]. Außerdem kann durch die präzise präoperative Röntgendiagnostik der operative Zugang gewebeschonend vorgenommen werden, sodass ein geringeres Ausmaß an postoperativen Beschwerden zu erwarten ist [68]. Der Patient profitiert schlussfolgernd von der Anwendung der dreidimensionalen Röntgentechnik im Bereich der Eruierung von verlagerten Eck- und Weisheitszähne mit deren umliegenden Strukturen.

Obwohl der Arbeitsbereich eines Zahnarztes gerade einmal ein Volumen von zirka einem Liter einnimmt, sind die darin befindlichen Strukturen wie Nerven, Gefäße, Knochen und Muskelgewebe von unschätzbarem Wert für den Patienten. Die umfassende Befunderhebung ist in allen Teildisziplinen der Zahnheilkunde, wie der Kieferorthopädie unverzichtbar. Die Eignung der digitalen Volumtomografie im Bezug auf die Diagnostik von verlagerten Zähnen und deren benachbarten Strukturen sowie dem Feststellen von Fenestrationen und Dehiszenzen wird eingehend in der Literatur geschildert. Demgegenüber stehen die neuen Leitlinien der SEDENTXCT die den Einsatz der digitalen Volumtomografie in der Kieferorthopädie stark limitiert. Dieser Antagonismus fordert eine erneute Betrachtung der digitalen Volumtomografie in der kieferorthopädischen Behandlungsplanung.

1.4 Indikationsstellung bildgebender Verfahren in der Kieferorthopädie

Die rechtfertigende Indikation zur Erstellung von röntgenologischen Aufnahmen in der Kieferorthopädie unterliegt im Vergleich zu anderen Teildisziplinen der Zahnheilkunde vielfältigen Ausgangspunkten. Zum einen liegt bei der kieferorthopädischen Behandlung eine relativ lange Therapiedauer unter Einbeziehung zahlreicher anatomischer Nachbarstrukturen vor, wie z.B. dem Dehnen eines Zahnbogens unter Beachtung des peridental Knochengebotes. Zum anderen ist von einer Belastungsänderung der Kiefergelenke während einer kieferorthopädischen Behandlung auszugehen. Des Weiteren müssen ätiologische Co-Faktoren wie eine gestörte Nasenatmung mit der entsprechenden Diagnostik der oberen Atemwege berücksichtigt werden. Auch die nötige Diagnostik von verlagerten Zähnen, Zahndurchbruchstörungen, Anomalien des Zahnbestandes und der Dysplasie von Zahnwurzeln muss zur Erstellung der kieferorthopädischen Behandlungsplanung Beachtung finden. Schlussfolgernd kann bei der Anfertigung von Röntgenaufnahmen in der Kieferorthopädie nicht von einer Einzelindikation, sondern vielmehr von einer Sammelindikation gesprochen werden [4]. Diese zahlreichen klinischen Fragestellungen erfordern hohe Ansprüche an das zu verwendende röntgenologische Verfahren. Wie schon in dem vorangegangenen Kapitel herauskristallisiert wurde, bietet die digitale Volumtomografie nicht nur eine Vielzahl von Vorteilen gegenüber den konventionellen Röntgenverfahren, sondern ermöglicht oft erst die Darstellung verschiedener Befunde.

Die aktuellen Stellungnahmen der Fachgesellschaften, wie der Deutschen Gesellschaft für Kieferorthopädie (DGKFO) und der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) geben klare Auskunft über die rechtfertigende Indikation der digitalen Volumtomografie in der kieferorthopädischen Behandlungsplanung. So ist die „Darstellung des peridental Knochengebotes zur prognostischen Bewertung geplanter Zahnbewegungen“ [69] eine klare Indikation laut DGKFO, wie auch die „Ermittlung der Topographie retinierter und verlagertes Zahnkeime“ [69]. Weiterführend stellt die „Diagnostik von Anomalien und Dysplasien der Zahnwurzeln einschließlich von konventionell röntgenologisch nicht erkennbaren Wurzelresorptionen“ [69] eine weitere Indikation für die Erstellung von dreidimensionaler Röntgentechnik in der Kieferorthopädie dar [69]. Erweitert wird die Indikationsstellung durch die S1-Leitlinie der DGZMK, welche die „Visualisierung der dreidimensionalen knöchernen Parodontalsituation“ neben dem „Ausschluss primärer Kiefergelenkserkrankung“ beinhaltet [70].

Neuste Richtlinien des SEDENTEXCT Projektes der European Atomic Energy Community (Euratom) geben weiteren Aufschluss über den Einsatz der digitalen Volumentomografie in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. Das Resümee dieser Untersuchung steht im Kontrast zu den oben genannten Stellungnahmen. Im Bereich der Eruiierung von verlagerten Zähnen wird demnach der DVT ein Vorteil bezüglich dessen Beurteilungsvermögen eingeräumt, jedoch aufgrund der höheren Kosten und Strahlenbelastung der Untersuchung die konventionelle Röntgentechnik als mittel erster Wahl aufgeführt. Erst bei nicht ausreichendem Informationsgehalt dieser Röntgenverfahren wird auf die Nutzung des DVT verwiesen. Im Bereich der Knochendefektdarstellung wird die Unzugänglichkeit der konventionellen Röntgentechnik in der bucco-oraler Ansicht bestätigt. Aufgrund der momentan noch gering zur Verfügung stehenden Literatur im Gebiet der peridental Knochendiagnostik, schließt die SEDENTEXCT die Anwendung der digitalen Volumentomografie als Routinemethode in der Kieferorthopädie aus [71].

Die Indikationsstellungen der Fachgesellschaften sind derzeitig kontrovers im Bezug auf die Eignung bildgebender Verfahren in der kieferorthopädische Behandlungsplanung. Einzelne Studien belegen schon heute das Auftreten ebendieser Befunde, wie sie eingehend beschrieben wurden. Die umfassende Prävalenzerhebung dieser Befunde mittels digitaler Volumentomografie anhand einer großen Anzahl kieferorthopädischer Patienten steht derzeitig noch aus und sollte im Hinblick auf die neuen Leitlinien der SEDENTEXCT kritisch hinterfragt werden.

1.5. Strahlenbelastung unterschiedlicher Röntgenverfahren in der Kieferorthopädie

Das Grundprinzip jeder Röntgenuntersuchung in der Zahnmedizin heißt ALARA (as low as reasonably achievable) und bedeutet, dass die Strahlenbelastung so gering wie möglich zu halten ist, soweit dies mit realistischen Mitteln erreicht werden kann [72]. Die effektive Dosis unterscheidet sich dabei für jedes einzelne Röntgenverfahren. Sie ist auch hinsichtlich der verwendeten Röntengerätarten einzelner Hersteller sowie der frei wählbaren Einstellungsparameter, wie zum Beispiel dem Field of View, verschieden. Grundsätzlich sollte jedoch zur Bestimmung der effektiven Dosis die aktuelle ICRP-Richtlinie maßgebend sein [73].

Die dreidimensionale Bilddarstellung orofazialer Strukturen wurde durch die Einführung der Computertomografie in die Medizin ermöglicht. Ein wesentlicher Nachteil der CT im Bereich

der zahnärztlichen Radiologie liegt in der relativ hohen Strahlenbelastung. Die Ende 1990 entwickelte DVT ermöglicht eine exakte räumliche Darstellung in allen drei Ebenen des Schädels, bei einer 3-4 fach geringeren Strahlenbelastung im Vergleich zur CT.[17, 74-75]. Eine Fülle an Literatur belegt die deutliche Reduktion der Strahlenbelastung durch die Anwendung der DVT [18, 74, 76-78].

In der Literatur wird die effektive Dosis für hochmoderne CT-Scanner mit 429-1410 μSv angegeben [79-80]. Die effektive Dosis der digitalen Volumtomografie kann aktuell für Geräte unterschiedlicher Hersteller und unter variabler Verwendung des Field of View (FOV) zwischen 27-674 μSv angegeben werden [79].

Zahlreiche Studien belegen für die DVT eine deutlich geringere effektive Dosis von unter 100 μSv . So konnte in der Studie von Silva *et al.* (2008) eine effektive Dosis von 56-61 μSv nachgewiesen werden [81]. Hirsch *et al.* (2010) stellten in Untersuchungen zur effektiven Dosis der DVT Werte von 20,02-43,27 μSv fest [82]. Vergleichbare Werte zur effektiven Dosis stellten Tsiklakis *et al.* (2005) heraus. Dieser untersuchte die effektive Dosis des NewTom Typ QR-DVT 9000 jeweils ohne Bleischutz der Schilddrüse und mit der entsprechenden Bleiabschirmung. Es konnten Werte zwischen 35 μSv und unter Verwendung des Bleischutzes der Schilddrüse Werte von 23 μSv ermittelt werden [83]. Eine effektive Dosis von 13-82 μSv konnten Loubele *et al.* (2009) feststellen [84]. Fortführend kann die Studie von Lofthag-Hansen *et al.* (2008) eine effektive Dosis von 11-77 μSv für die Anwendung der digitalen Volumtomografie nachweisen [85].

Auch unter der Anwendung eines großen FOV („FOV= Ausschnitt, den ein Gerät maximal darstellen kann“ [86]) von 13×16cm, welches für die kieferorthopädische Behandlungsplanung essentiell ist um eine fundierte klinische Anwendung der DVT in der Kieferorthopädie zu gewährleisten, sind effektive Dosen geeigneter Geräte unter 70 μSv nachgewiesen. Die schon erwähnte Studie von Silva *et al.* (2008) belegt dies mit einer effektiven Dosis von 61 μSv für ein FOV von 13×16 cm. Um dem ALARA-Prinzip Folge zu leisten, kann durch die Anwendung eines Schilddrüsenschutzes, bei einem FOV von 13×16 cm, eine weitere Reduktion der effektiven Dosis von 23% erreicht werden [87]. Die effektive Dosis ist dabei nicht im Sinne des ALARA-Prinzips durch eine anzunehmende Verkleinerung des FOV zu erreichen, da nachweislich kleinere Bereiche des FOV zu gleichen effektiven Dosen führen können [84]. Die Anwendung eines größeren FOV in der kieferorthopädischen Behandlungsplanung kann somit auch unter Beachtung des ALARA-Prinzips klinisch sinnvoll sein.

Aktuelle Untersuchungen zur Strahlenbelastung nach den Richtlinien des ICRP 2007 gehen von einer 32-422% höheren Belastung des Patienten bei Standardröntgenaufnahmen, wie der PSA und des FRS, aus. Dies ist im Vergleich zu den Untersuchungen der ICRP Richtlinien aus dem Jahr 1990 zu betrachten.

So konnte mit Hilfe der Studie von Ludlow *et al.* (2008) eine Exposition für konventionell angefertigte seitliche Fernröntgenbilder von 5,6 μSv ermittelt werden [80]. Für analog erstellte Panoramaschichtaufnahmen, wie sie in 70% der deutschen Zahnarztpraxen angefertigt wird, kann eine effektive Dosis von 45-54 μSv angegeben werden [88]. Die effektive Dosis der digitalen regenerierten Panoramaschichtaufnahme liegt zwischen 14,2 und 24,3 μSv . Der Filmstatus weist mit 34,9 und 388 μSv von allen betrachteten konventionellen Röntgenaufnahmen die höchste effektive Dosis auf [80].

Die effektive Dosis der DVT liegt schlussfolgernd höher als die Anfertigung einzelner digitaler PSA. Betrachtet man die effektive Dosis der weit verbreiteten analog erstellten Panoramaschichtaufnahme mit der DVT, so liegt diese auf einem identischen Niveau und weist im Bereich des Zahnfilmstatus sogar eine geringere Strahlenbelastung für den Patienten auf. Die Addition der effektiven Dosen von röntgenologischen Standardaufnahmen, wie der Panoramaschichtaufnahme, dem seitlichen Fernröntgenbild und die eventuelle Anfertigung von Zahnfilmen im Frontzahnbereich, weist also eine ähnliche Strahlenbelastung auf wie bei der digitalen Volumentomografie [89].

Tab.1: Strahlenexposition einzelner bildgebender Verfahren nach den Richtlinien des ICRP 2007

bildgebendes Verfahren	effektive Dosis [μSv]
Panoramaschichtaufnahme (konventionell)	45-54 μSv
Panoramaschichtaufnahme (digital)	14,2-24,3 μSv
Fernröntgenseitenbild (konventionell)	5,6 μSv
Zahnfilmstatus (je nach verwendetem Tubus, Blende und Film)	34,9-388 μSv
CT	429-1410 μSv
DVT	11-82 μSv

Die Strahlenbelastung einer in Deutschland lebenden Person innerhalb eines Jahres entspricht 3900 μSv . Diese Strahlenbelastung setzt sich dabei aus natürlichen und zivilisatorischen Strahlenquellen zusammen. Der Hauptbestandteil der zivilisatorischen Strahlenquelle wird durch die medizinische Diagnostik in Form von bildgebenden Verfahren verursacht. 37% dieser bildgebenden Verfahren fallen dabei auf die zahnärztliche Röntgendiagnostik zurück. Unter Betrachtung der kollektiven effektiven Dosis beträgt die Strahlenbelastung durch zahnmedizinische Röntgenaufnahmen nur 0,3%. Dies entspricht einer jährlichen Belastung von 4,8 μSv pro Einwohner in Deutschland [90]. Im Vergleich dazu weist ein Flug von Frankfurt am Main (Deutschland) nach Los Angeles (USA) eine natürliche kosmische Strahlung von 85 μSv auf [91]. Dies bedeutet jedoch nicht, dass das kritische Überdenken der Indikation von dentalen Röntgenaufnahmen, wie sie in der Röntgenverordnung aus dem Jahr 2003 gefordert wird, zu vernachlässigen ist.

Besonders differenziert sollte dies im Hinblick auf die Indikation von bildgebenden Verfahren in der Kieferorthopädie betrachtet werden, da es sich hier zumeist um ein sehr junges Patientenkontinuum handelt. Die Literatur weist gerade bei Kindern und jungen Heranwachsenden auf ein hohes Risiko von Folgeschäden durch ionisierende Strahlung hin [92-93]. Folglich untersucht die Studie von Mazonakis *et al.* (2004) das Risiko für tödliche Krebserkrankungen durch röntgenologische Schädelaufnahmen in verschiedenen Altersgruppen. Ergebnis dieser Studie ist, dass das theoretische Krebs-Mortalitätsrisiko von Patienten im Alter von 8-18 Jahren deutlich niedriger ist als bei Kindern unter 7 Jahren [94]. Die Indikationsstellung von Röntgenaufnahmen sollte demzufolge bei Kindern unter 7 Jahren streng überdacht werden.

Die Fragestellung des erhöhten Leukämierisikos bei Kindern und Jugendlichen durch wiederholte Röntgenstrahlung beleuchten Bartley *et al.* (2010). Aus seiner Studie geht hervor, dass das Risiko für die akute lymphatische Leukämie und die B-Zell-Leukämie erhöht ist. Jedoch besteht für die akute myeloische Leukämie und T-Zell-Leukämie kein erhöhtes Risiko durch wiederholte Röntgenaufnahmen. Durch Röntgenaufnahmen des Schädels entstand kein Risiko für die Entwicklung von Leukämie in jeglicher Klassifikation. Dentale Röntgenaufnahmeverfahren fanden aufgrund ihrer niedrigen effektiven Dosis keine Beachtung zur Bestimmung des Leukämierisikos [95].

Untersuchungen von Longstreth *et al.* (2004) zum Risiko der Entstehung intrakranieller Meningeome durch dentale Röntgenaufnahmen stellten heraus, dass die Durchführung des Zahnstatus mit einem erhöhten Risiko einhergehen. Begründung findet dies durch die hohe effektive Dosis dieses bildgebenden Verfahrens und stellt gerade bei Patienten im Alter von 15 bis 40 Jahren ein erhöhtes Risiko dar. Radiologische Diagnoseverfahren mit geringeren

effektiven Dosen zeigten hingegen kein erhöhtes Risiko zur Entstehung von intrakraniellen Meningiomen [96]. Diese Feststellung wird unterstützt von der französischen Académie des Sciences, in dem Aurengo *et al.* (2005) auf kein erhöhtes Risiko von Krebserkrankungen nach röntgenologischen Untersuchungsverfahren mit einer geringeren effektiven Dosis von 100 μSv schließt [97]. Aus diesem Grund sollte bei der Anwendung der digitalen Volumtomografie zu Zwecken der kieferorthopädischen Befunderhebung die effektive Dosis von 100 μSv nicht überschritten werden. Dies ist bei modernen DVT Geräten schon heute als Standard zu bezeichnen und wurde durch zahlreiche Literatur belegt [81-85].

Zusammenfassend kann fixiert werden, dass das Risiko einer Krebserkrankung durch Röntgenaufnahmen des Schädels für Kinder unter 7 Jahren deutlich höher liegt als bei anderen Altersgruppen. Kein erhöhtes Leukämierisiko für Kinder besteht bei dentalen Röntgenaufnahmen. Die Gefahr zur Entstehung von intrakraniellen Meningeomen bei einer effektiven Dosis von unter 100 μSv kann bei Kindern weitgehend ausgeschlossen werden.

Abschließend kann die digitale Volumtomografie als eine effiziente röntgenologische Untersuchungsmethode bezeichnet werden, die aus strahlenhygienischen Aspekten den konventionellen Röntgenverfahren nicht nachsteht. Der Behandelnde verfügt durch den hohen diagnostischen Zugewinn über die Möglichkeit seine Behandlungsergebnisse, die Risikoabschätzung und demnach die Behandlungseffizienz seiner Therapie genau zu planen und umzusetzen [98]. In welchem Ausmaß der Einsatz der DVT in der kieferorthopädischen Behandlungsplanung genutzt werden soll, ist von der Prävalenz der Befunde, wie dem Bestehen von Knochendehiszenzen/Fenestrationen und verlagerter Zähne zu betrachten. Erst das Wissen um die Prävalenz dieser und weiterer Befunde rechtfertigt die Anwendung der digitalen Volumtomografie in der Kieferorthopädie.

2. Fragestellung

Die Einführung eines neuen Röntgenverfahrens führt berechtigterweise zu einer kritischen Auseinandersetzung, bei der der maximale diagnostische Gewinn für den Patienten im Kontext mit der dazu benötigten Strahlenbelastung steht. Die dreidimensionale Betrachtung oraler Strukturen fand mit der CT ihren Durchbruch. Die erhöhte Strahlenbelastung dämpfte hingegen die Euphorie dieser revolutionären Bildbetrachtung in der Zahnmedizin. Erst durch die Einführung der DVT konnte ein Röntgenverfahren herausgestellt werden, in dem die Strahlenbelastung um ein drei bis vierfaches gesenkt werden konnte [17, 74-75]. Durch die Betrachtung oraler Strukturen, wie sie in der Natur existieren, können zahlreiche Erkenntnisse gewonnen werden, die die kieferorthopädische Behandlung beeinflussen. So kann die Erschließung der Alveolararchitektur helfen die Grenzen der kieferorthopädischen Bewegung zu konstatieren. Des Weiteren kann das Erfassen verlagerter Zähne und deren Intervention mit benachbarten Strukturen nützlich sein, um das geeignete Therapieverfahren auszuwählen und um eine komplikationsarme Behandlung zu gewährleisten. Die Eignung der DVT in der kieferorthopädischen Behandlungsplanung wird seit der Einführung vor ungefähr 13 Jahren kontrovers diskutiert. Zahlreiche Literatur beschreibt die Überlegenheit der DVT gegenüber der konventionellen Röntgentechnik. Einzelne Fachgesellschaften geben klare Stellungnahmen zur Indikation in den beschriebenen Bereichen für die DVT in der Kieferorthopädie. Neue Leitlinien der SEDENTEXCT regen hingegen zum kritischen Überdenken dieser Indikationsstellungen an. Inwieweit die DVT einen Zugewinn für die kieferorthopädische Behandlungsplanung bietet, ist derzeit noch unzureichend ergründet und bedarf der kritischen Überprüfung relevanter Parameter für die Kieferorthopädie.

Mit der vorliegenden Arbeit sollen insbesondere folgende Hypothesen überprüft werden:

- 1 Aufgrund der niedrigen Prävalenz von Knochendehiszenzen/Fenestrationen ist die Anfertigung eines DVT im Rahmen einer kieferorthopädischen Behandlungsplanung häufig nicht indiziert.
 - 1.1 Die Prävalenz von bukkalen Knochendehiszenzen/Fenestrationen weist zwischen Oberkieferzähnen und Unterkieferzähnen keine statistisch signifikanten Unterschiede auf.

- 1.2 Die Prävalenz von bukkalen Knochendehiszenzen/Fenestrationen weist zwischen Frontzähnen und Seitenzähnen keine statistisch signifikanten Unterschiede auf.
 - 1.3 Weibliche Patienten weisen im Vergleich zu männlichen Patienten eine signifikant höhere Prävalenz an bukkalen Knochendehiszenzen/Fenestrationen auf.
 - 1.4 Mit zunehmendem Alter nimmt die Prävalenz bukkaler Knochendehiszenzen/Fenestrationen zu.
-
- 2 Die Prävalenz von verlagerten Weisheitszähnen im Oberkiefer ist bei kieferorthopädischen Patienten klinisch vernachlässigbar.
 - 2.1 Die oberen Weisheitszähne weisen in der Regel keinen unmittelbaren Kontakt zur Kieferhöhle auf.
 - 2.2 Die Prävalenz von verlagerten oberen Weisheitszähnen ist nicht abhängig vom Alter.
-
- 3 Die Prävalenz von verlagerten Weisheitszähnen im Unterkiefer ist bei kieferorthopädischen Patienten klinisch vernachlässigbar.
 - 3.1 Die unteren Weisheitszähne weisen in der Regel keinen unmittelbaren Kontakt zum Nervus alveolaris inferior auf.
 - 3.2 Die Prävalenz direkter Kontakte unterer Weisheitszähne zum Nervus alveolaris inferior ist nicht altersabhängig.
-
- 4 In DVTs kieferorthopädischer Patienten ist die Prävalenz verlagerter Eckzähne klinisch vernachlässigbar.
 - 4.1 Impaktierte Eckzähne weisen in der Regel keinen Kontakt zu den benachbarten Zähnen auf.
 - 4.2 Die vestibulären Knochenlamellen der Schneidezähne weisen bei Patienten mit impaktierten Eckzähnen keine Knochendehiszenzen/Fenestrationen auf.

3. Material und Methoden

3.1 Allgemeine Methoden

3.1.1 Patientenkollektiv

Die in der Dissertation untersuchten Patientendaten stellen laufende Fälle aus der Datenbank von MESANTIS Berlin dar.

Der Patientenpool umfasst 496 Patienten, anhand dessen das Vorliegen von bukkalen Knochendehiszenzen/Fenestrationsen und verlagerten Oberkiefer- und Weisheitszähnen mit deren Beziehung zum umliegenden Gewebe retrospektiv analysiert wurde.

3.1.2 DVT-Aufnahmen

Das Erstellen der DVT Bilder, wurde von MESANTIS Berlin mit Hilfe des i-CAT Systems® (Abb.2) ermöglicht. Das i-CAT System®, der Firma IMAGING SCIENCES INTERNATIONAL, INC stellt ein Fächerstrahl-Volumentomografie- und Panoramaröntgensystem zur Erstellung von Aufnahmen des Kopf- und Halsbereichs dar [99].



Abb.2: I-CAT System®

Der Aufbau des i-CAT Systems® gliedert sich zum einen in das Röntgengerätsystem, welches durch den Desktopcomputer bedient wird und zum anderen in dem zum System gehörenden On-Board-Computer [99].

Die Positionierung des Patienten in das Gerät erfolgt mit Hilfe des motorisierten Patientensessels und der Schranke, welche durch einen Magneten arretiert wird. Zusätzliche Hilfseinrichtungen zur Positionierung des Patienten stellen die Kopfstützplatte, die Kinnstütze und die Justierlampe dar. Durch die Justierlampe ist eine genaue Einstellung des Patienten für die Schädelaufnahme gegeben. Dabei wird die Justierlampe so ausgerichtet, dass sie horizontal zur Okklusionsebene und vertikal 3,8 cm vor dem Gelenkkopf liegt.

Durch das kegelförmige Strahlenbündel kann das zu untersuchende Volumen in nur einer Einzelrotation um 360 Grad erfasst werden. Die Aufnahmedauer beträgt dabei 40 Sekunden. Die Rekonstruktion der Einzelprojektionen in dreidimensionale Datensätze beansprucht eine Zeit von weniger als zwei Minuten. Das zu betrachtende Field of View beträgt dabei 13×16 cm und erlaubt eine umfassende kieferorthopädische Behandlungsplanung bei einer Voxelgröße von 0,25 mm.

3.1.3 Auswertungssoftware

Die Rekonstruktion der Rohdatensätze sowie die ausgeführten Messungen wurden mittels InVivoDental4.0®, der Firma Anatomage, Inc. erstellt.

InVivoDental4.0® ist eine volumetrische Bildgebungssoftware die zur Verarbeitung von DICOM Daten genutzt wird. Die durch das i-CAT System® gewonnen Patientendaten werden dabei auf einen Datenträger chiffriert und gesichert. Anschließend erfolgt die Konvertierung der Datensätze in das DICOM Format. Mit Hilfe von InVivoDental4.0® ist es möglich umfangreiche Kenntnisse über die Anatomie und Pathologie des Patienten zu gewinnen. Demnach kann durch die präzise dreidimensionale Analyse der Patientenanatomie, jede Zweideutigkeit von irreführenden zweidimensionalen Bildern geklärt werden [100]. Dies ermöglicht ein präzises Behandlungsvorgehen gekoppelt mit einem geringeren Risiko an Komplikationen. Aus diesem Grund ist es von großem Interesse, qualitative Aussagen über die Verhältnisse der zu untersuchenden Strukturen mit dem umgebenden Gewebe zu erhalten.

Der Untersuchende kann durch die Anwendung von InVivoDental4.0® den Oberkiefer und Unterkiefer getrennt voneinander betrachten. Des Weiteren kann durch die Verwendung der Maus der ausgewählte Kiefer in alle Richtungen rotiert werden. Ebenso ist es möglich die gewünschte Ebene zu wechseln. Dabei stellt die Software InVivoDental4.0® drei Rekonstruktionen zur Verfügung. Die sagittale, axiale und koronale Rekonstruktion können ausgewählt werden. Durch die Erzeugung von Schnittbildern kann der zu untersuchende Kiefer in beliebigen Schichtdicken durchfahren werden, um z.B. Knochendehiszenzen/Fenestrationsen zu eruieren.



Abb.3: Ansicht von sagittal (Bild oben rechts), axial (Bild oben links) und koronal (Bild unten links) im InVivoDental4.0®

Technische Voraussetzungen zur Anwendung von InVivoDental4.0®

Um die Software InVivoDental4.0® effizient anwenden zu können und um Bilder höchster Qualität zu erzeugen, muss das verwendete EDV-System technisch entsprechend ausgelegt sein [100].

Das verwendete Notebook System soll folgende Mindestanforderungen erfüllen [100]:

- Notebook mit Intel Core Do 2.0 GHz oder höher
- Display von 15.4 mit einer Leistungsfähigkeit von 1280x1024 Displaygröße
- Arbeitsspeicher von 2 GB
- Festplatte mit 80 GB
- Grafikkarte NVIDIA GeForce 8600 (mit mindestens 256 MB Speicher oder mehr)
- Betriebssystem Windows XP
- Software InVivoDental4.0®

Die Analyse und Auswertung der vorliegenden Studie erfolgte mit Hilfe des Notebook-Systems ACER Aspire® 5920G. Dieses Notebook erfüllt alle Voraussetzungen für die Anwendung des beschriebenen Softwareprogramms.

Bereiche in denen InVivoDental4.0® angewendet wurde

In der vorliegenden Studie wurde mittels InVivoDental4.0® das prätherapeutische Vorliegen von Dehiszenzen/Fenestrationen der bukkalen Knochenlamelle beurteilt. Es konnten signifikante Unterschiede bezüglich der Lokalisation und dem Auftreten von Befunden an männlichen und weiblichen Patienten unterschiedlichen Alters festgestellt werden.

Des Weiteren konnte mit Hilfe der Software InVivoDental4.0® das Vorliegen von verlagerten Unterkiefer- und Oberkieferweisheitszähnen nachgewiesen werden. Die Betrachtung mittels InVivoDental4.0® ergab in 38,8% der vorliegenden Befunde eine unmittelbare Kontaktbeziehung der verlagerten Oberkieferweisheitszähne zur Kieferhöhle. Bei 30,7% der verlagerten Unterkieferweisheitszähne konnte eine unmittelbare Kontaktbeziehung zum Nervus alveolaris inferior mittels InVivoDental4.0® eruiert werden.

Die Untersuchung kieferorthopädischer Patienten auf das Bestehen von verlagerten Oberkieferzähne erfolgte gleichermaßen mittels InVivoDental4.0®. Weitere therapieentscheidende Aussagen, wie unter anderem das Feststellen von Wurzelresorptionen der benachbarten ipsilateralen seitlichen Schneidezähne und die Eruiierung von Knochendehiszenzen/Fenestrationen ebendieser, konnte ebenfalls mit Hilfe von InVivoDental4.0® ermittelt werden.

3.1.4 Statistische Auswertung

Es wurden bezüglich der vorliegenden Fragestellungen 14242 Zähne beurteilt bei einer Patientenzahl von $n=496$. Die statistische Auswertung und die graphischen Darstellungen der erhobenen Daten erfolgte mit Hilfe der Software SPSS (IBM®, SPSS®, Statistics Premium Grad Pack 19) und Excel® (Microsoft Office Excel 2007.Ink, Version Home and Student, 2007).

Für die deskriptive Statistik wurde die Prävalenz der einzelnen zu untersuchenden Befunde, je nach der in Kapitel 2 aufgestellten Hypothese in männliche und weibliche Untergruppen unterteilt sowie eine Aufschlüsselung der kieferorthopädischen Patienten in die 7 Altersgruppen vorgenommen.

Zur Überprüfung der in Kapitel 2 formulierten Hypothesen musste das Signifikanzniveau festgelegt werden. Dieses wurde mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit des Fehlers 1.Art zu $\alpha=0,05$ gewählt, wobei das Signifikanzniveau die Irrtumswahrscheinlichkeit zum Ablehnen einer wahren Nullhypothese festlegt. Das Signifikanzniveau sollte nicht höher als 5% liegen, um die Irrtumswahrscheinlichkeit zur Ablehnung der Nullhypothese möglichst gering zu halten, um verlässliche Ergebnisse zu gewährleisten [101].

Folgende Graduierungen des p-Wertes wurden zur Auswertung festgelegt:

- $p \leq 0,001$ = höchst signifikant
- $p \leq 0,01$ = hoch signifikant
- $p \leq 0,05$ = signifikant
- $p > 0,05$ = nicht significant

Bei den erhobenen Daten handelt es sich zumeist um binomialverteilte Zufallsgrößen. Im Fall der vorliegenden Studie bedeutet dies, dass der Befund vorliegt oder dass ebendieser Befund nicht festzustellen ist.

Zur statistischen Auswertung wurden folgende Tests herangezogen:

Binomialtest

Der Binomialtest findet Verwendung bei binomial verteilten Testgrößen. Mit Hilfe dieses Tests können Merkmale, die nur zwei mögliche Ausprägungen besitzen, überprüft werden [101].

Chi-Quadrat-Test

Mit Hilfe dieses Tests können Verteilungseigenschaften innerhalb einer statistischen Grundgesamtheit untersucht werden. Mittels Chi-Quadrat-Test kann überprüft werden, ob zwei nominal oder ordinal skalierte Merkmale unabhängig sind. Ebenfalls kann die Verteilungshomogenität zweier Merkmale überprüft werden [101].

3.2 Spezielle Methoden

3.2.1 Prävalenz von Dehiszenzen/Fenestrationen der bukkalen Knochenlamelle

Die Dehiszenz/Fenestration der bukkalen Knochenlamelle wurde in der vorliegenden Studie anhand von 14242 Zähnen mittels InVivoDental4.0® beurteilt. Die dafür verwendete Ansicht entspricht der sagittalen Rekonstruktion der DICOM Datensätze.

Beurteilt wurden alle angelegten Zähne des Patientenkollektivs n=496. Die Auswertung der Seitenzähne (Weisheitszähne, Molaren und Prämolaren) und Frontzähne (Eckzähne, seitliche und mittlere Schneidezähne) erfolgte in der sagittalen Schnittbilddarstellung. Die einzelne Schnittbilddarstellung wurde durch die „Registrierkarte Ansicht“ im dafür angelegten Reiter des Software Programms geöffnet. Die Darstellung des gesamten stomatognathen Systems kann nun beliebig mit Hilfe der externen Steuerung, in Form der Maus, in den verschiedenen Schichten durchfahren werden.

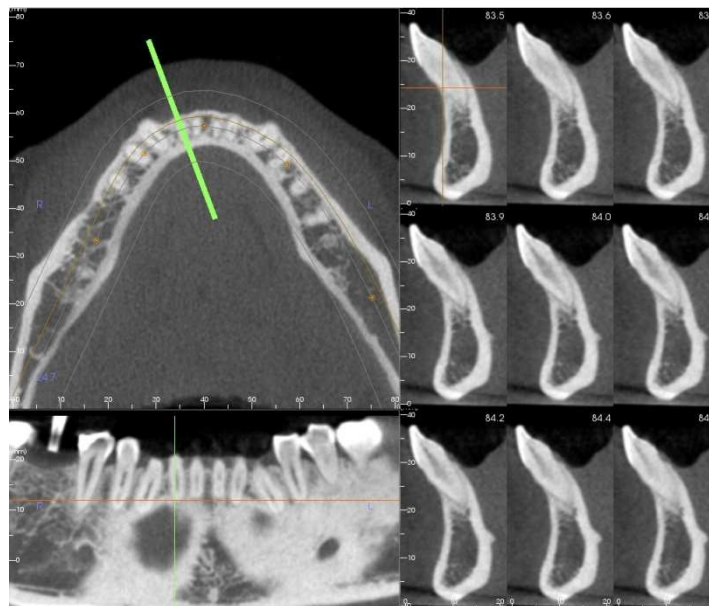


Abb.4: Die bukkale Knochenlamelle des Zahnes 42 in der axialen (Bildausschnitt oben links), koronalen (Bild unten links) und sagittalen (Bild rechts) Ansicht im InVivoDental4.0®

Um eine übersichtliche Zusammenstellung der Daten im Bereich der Dehiszenzen/Fenestrationsen der bukkalen Knochenlamelle zu erhalten, wurden sechs Kategorien festgelegt.

Tab.2: Kategorien zur Beurteilung der Dehiszenzen/Fenestrationsen der bukkalen Knochenlamelle

Kategorie 0	Kein Knochendefekt ersichtlich
Kategorie 1	Zahn fehlt
Kategorie 2	Defekt der bukkalen Knochenlamelle bis zum zervikalen Wurzel Drittel
Kategorie 3	Defekt der bukkalen Knochenlamelle bis zum mittleren Wurzel Drittel
Kategorie 4	Defekt der bukkalen Knochenlamelle bis zum apikalen Wurzel Drittel
Kategorie 5	Der Defekt der bukkalen Knochenlamelle lässt sich nur im apikalen Wurzel Drittel feststellen
Kategorie 6	Der zu untersuchende Zahn ist nicht bewertbar

Grundsätzlich beschreibt eine Dehiszenz das pathologische Auseinanderweichen zwischen zwei benachbarten Strukturen. Im Bereich des Zahnhalteapparates beschreibt sie ein knöchernen Defekt bei dem der Alveolarknochenrand betroffen ist [102-103]. Die Fensterung der oftmals dünnen vestibulären Knochenlamelle mit der Begrenzung von filigranen Knochenstegen wird hingegen als Fenestration bezeichnet. Sie kann als eine Unterbrechung der Knochenlamelle aufgefasst werden [104].

Ausschlaggebend für die Zuordnung in die jeweilige Kategorie mit dem direkten Bezug auf das Fehlen der bukkalen Knochenlamelle, stellt die Betrachtung der Zahnwurzel beginnend an der Schmelz-Zement-Grenze bis zur Wurzelspitze dar. Als Dehiszenz wurde ein Verlust der bukkalen Knochenlamelle unterhalb der Schmelz-Zement-Grenze über ein Ausmaß von 2 mm bewertet. Der Wert von 2 mm wurde fixiert, da der Alveolarknochen im eugnathen Gebiss 1-2 mm apikal der Schmelz-Zement-Grenze endet [44]. Das Feststellen von Fenestrationsen wurde den Kategorien 2; 3 und 5 zugeordnet.

Die ermittelten Daten wurden tabellarisch in ein Zahnschema protokolliert und in dem Softwareprogramm Excel® verwaltet. Die statistische Überprüfung der eruierten Daten erfolgte mit Hilfe des Binomialtests.

3.2.1.1 Abhängigkeit von der Lokalisation im Ober- und Unterkiefer

Die Aufschlüsselung der festgestellten Prävalenz erfolgte im Bereich des Ober- und Unterkiefers. Es wurden 496 Ober- und Unterkiefer untersucht. Der Chi-Quadrat-Test wurde angewandt, um die Verteilungseigenschaft der Prävalenz festzustellen.

3.2.1.2 Abhängigkeit von der Lokalisation im Front- und Seitenzahnbereich

Die Aufschlüsselung der festgestellten Prävalenz erfolgte im Bereich der Front- und Seitenzähne. Es wurden 14242 Zähne untersucht. Der Chi-Quadrat-Test wurde auch hier angewandt, um die Verteilungseigenschaft der Prävalenz festzustellen.

3.2.1.3 Abhängigkeit vom Geschlecht

Um die Prävalenz der Dehiszenzen und Fenestrationsen im Bezug auf das Geschlecht eingehend zu untersuchen, wurde die Unterscheidung des Patientenkollektivs in 287 weibliche und 209 männliche Patienten vorgenommen. Aufgrund der Randomisierung konnte kein Einfluss auf die gleichmäßige Verteilung des Geschlechts genommen werden, sodass mehr weibliche Patienten untersucht wurden als männliche Patienten. Insgesamt bleibt die vorliegende Studie aber repräsentativ durch das insgesamt sehr große Patientengut.

Tab.3: Kieferorthopädische Patienten nach dem Geschlecht unterteilt

Altersgruppen	weibliche Patienten	männliche Patienten	Gesamt
6-10 Jahre	37	35	72
11-13 Jahre	34	38	72
14-19 Jahre	43	41	84
20-29 Jahre	55	23	78
30-39 Jahre	60	29	89
40-49 Jahre	30	25	55
Ab 50 Jahre	28	18	46
Gesamt	287	209	496

Um signifikante Unterschiede zwischen den Altersgruppen zu eruieren, wurde der exakte Test nach Fisher angewandt.

3.2.1.4 Abhängigkeit vom Alter

Die weitere Differenzierung des Patientenkollektivs in 7 Altersgruppen ermöglichte die detaillierte Betrachtung der Prävalenz im Kontext mit dem Alter kieferorthopädischer Patienten. Die Altersuntergrenze lag bei 6 Jahren, die Altersobergrenze bei 81 Jahren.

Die Aufteilung der 7 Altersgruppen stellt sich wie folgt dar:

Tab.4: Aufteilung der Patienten in 7 Altersgruppen

Altersgruppen	Patientenanzahl=N	Mittelwert	Standardabweichung
6-10 Jahre	72	9,15	1,06
11-13 Jahre	72	12,10	0,87
14-19 Jahre	84	16,42	1,61
20-29 Jahre	78	24,76	3,08
30-39 Jahre	89	33,90	2,94
40-49 Jahre	55	43,96	2,83
ab 50 Jahre	46	56,11	6,68
Gesamt	496	25,92	15,01

Es wurde ebenfalls der Chi-Quadrat-Test angewandt, um die Verteilungseigenschaft der Prävalenz innerhalb der Altersgruppen herauszustellen. Des Weiteren konnte die statistische Auswertung zwischen den Altersgruppen durch die Anwendung der standardisierten Residuen ermöglicht werden.

3.2.2 Prävalenz verlagter Oberkieferweisheitszähne

Die Gesamtdarstellung des Schädels wurde zur Auswertung der verlagerten oberen Weisheitszähne zu Hilfe genommen. Dabei kann die Ansicht des Schädels beliebig variieren und eine Vergrößerung und Verkleinerung sind ebenso durchführbar, wie eine freie Rotationen des Schädels. Ebenso können Winkel- und Abstandsmessungen durchgeführt werden. Diese Funktionen lassen sich über die angelegte Symbolleiste aus dem Hauptmenü des Programms erreichen. Außerdem ermöglichte die Rekonstruktion der koronalen und sagittalen Schnittbilddarstellung die genaue Betrachtung der Lagebeziehung des verlagerten Weisheitszahns zu deren umliegenden Gewebestrukturen, wie der Kieferhöhle oder den benachbarten Zähnen.

Durch die Verwendung der Kontrastregulierung konnte eine Abgrenzung dicht benachbarte Strukturen realisiert werden. Diese Änderung des Kontrastes des jeweiligen Schnittbildes ist über das Fenster „Ansicht Kontrolle“ im Hauptmenü des Software Programms zu erreichen.

Um das Feststellen von verlagerten Weisheitszähnen zu ermöglichen, wurden die Längsachsen der dritten Molaren mit denen der zweiten Molaren beurteilt. Ein starkes Abweichen der Längsachse weist auf das Vorliegen einer Verlagerung hin. Weitere Rückschlüsse auf das Vorliegen von verlagerten Weisheitszähnen konnte durch die Betrachtung der kranio-kaudalen Lage des jeweiligen Weisheitszahnes mit dem ipsilateralen zweiten Molaren und im Bezug zur Okklusionsebene getroffen werden.

Bei dem Vorliegen folgender Merkmale wurden die untersuchten Weisheitszähne als verlagert bewertet:

- starkes Abweichen der Längsachse des Weisheitszahnes zum zweiten Molaren
- Unterschreiten der kranialen Begrenzung des jeweiligen Weisheitszahnes unter die Okklusionsebene oder die Schmelz-Zement-Grenze des zweiten Molaren, über den natürlichen Eruptionszeitpunkt hinaus
- Beim Vorliegen von abwegiger Keimlage des Weisheitszahnes, die einen regulären Zahndurchbruch ausschließen

Die Archivierung der Daten erfolgte hierbei gleichermaßen tabellarisch unter Zuhilfenahme des Softwareprogramms Excel®. Die statistische Auswertung erfolgte analog zu Punkt 3.2.1 mittels Binomialtest.



Abb.5: Ausschnitt der Volumendarstellung des Schädels im Bereich des linken Ober- und Unterkiefers mit verlagertem Oberkiefer- (Zahn 28) und Unterkieferweisheitszahn (Zahn 38)

3.2.2.1 Kontakt zur benachbarten Kieferhöhle

Das Vorgehen zur Eruiierung verlagertter Oberkieferweisheitszähne mit Kontakt zur Kieferhöhle entspricht dem Punkt 3.2.2. Die sagittale und koronale Bilddarstellung wurde zur Begutachtung der verlagerten Oberkieferweisheitszähne im Bezug auf die topographische Nähe zur Kieferhöhle hinzugezogen. Als unmittelbarer Kontakt zur Kieferhöhle wurden verlagerte Weisheitszähne gewertet, die ein Fehlen der Knochenlamelle im Bereich der Kieferhöhle aufzeigten oder deren Zahn mit der Kieferhöhle unmittelbar kommunizierte.

Die statistische Überprüfung erfolgte analog zum Punkt 3.2.2 unter Zuhilfenahme des Binomialtests.

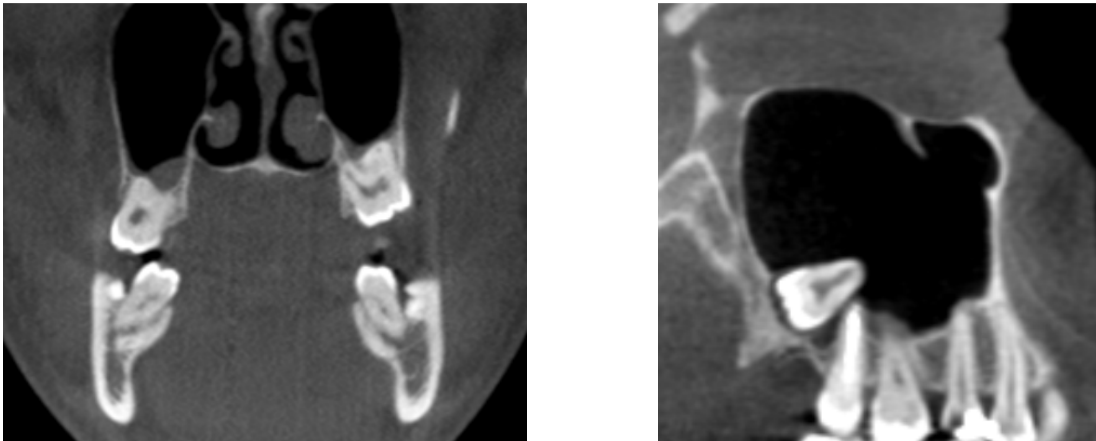


Abb.6: Verlagerte Oberkieferweisheitszähne (Zahn 28 links und Zahn 18 rechts) mit Kontakt zur benachbarten Kieferhöhle in der sagittalen (links) und koronalen (rechts) Bildansicht im InVivoDental4.0®

3.2.2.2 Kieferhöhlenkontakte in Abhängigkeit vom Alter

Analog zum Punkt 3.2.1.4 konnte durch die Unterteilung der Patienten in die getroffenen Altersgruppierungen ein Vergleich zwischen dem Alter und dem Bestehen von verlagerten Oberkieferweisheitszähnen mit dem Kontakt zur Kieferhöhle erzielt werden. Die statistische Auswertung bezüglich des Zusammenhangs der Altersgruppen und dem Vorliegen des beschriebenen Befundes konnte mittels Chi-Quadrat-Test umgesetzt werden.

3.2.3 Prävalenz verlagertter Unterkieferweisheitszähne

Das Ermitteln von verlagerten Unterkieferweisheitszähnen stimmt mit dem Vorgehen der Eruiierung von verlagerten Oberkieferweisheitszähnen in Punkt 3.2.2 überein. Des Weiteren kann die Lage des Unterkieferweisheitszahnes zum naheliegenden aufsteigenden Unterkieferast Aufschluss auf das Bestehen einer Verlagerung geben. Als weiteres Merkmal für das Vorliegen einer Verlagerung wurde demnach das mangelnde Platzangebot zwischen dem Vorderrand des aufsteigenden Unterkieferastes und dem distalen Abschluss des zweiten Unterkiefermolaren im

Bezug zum mesio-distalen Kronendurchmesser des untersuchten unteren Weisheitszahns gewertet. Hierzu wurde ebenfalls die sagittale und koronale Schnittbilddarstellung zur Kenntlichmachung des beschriebenen Befundes angewendet. Die statistische Auswertung erfolgte analog zu Punkt 3.2.2 mittels Binomialtest.

3.2.3.1 Kontakt zum Nervus alveolaris inferior

Das Verfahren zur Feststellung von verlagerten Unterkieferweisheitszähnen mit Kontakt zum Nervus alveolaris inferior ist äquivalent mit dem Vorgehen in Punkt 3.2.3. Um die Lagebeziehung des Unterkieferweisheitszahnes zum Nervus alveolaris inferior zu überprüfen, wurde folglich die sagittale Schnittbilddarstellung angewendet und gegebenenfalls der Kontrast erhöht. Als ein unmittelbarer Kontakt wurde die Kommunikation des Unterkieferweisheitszahns mit dem Nervus alveolaris inferior evaluiert.



Abb.7: Verlagerter Unterkieferweisheitszahn (Zahn 38) mit unmittelbarem Kontakt zum Nervus alveolaris inferior in der sagittalen Bildansicht im InVivoDental4.0®, des Weiteren liegen Knochenläsionen am bucco-oralen Alveolarknochen an Zahn 17 und 27 vor

3.2.3.2 Kontakt zum Nervus alveolaris inferior in Abhängigkeit vom Alter

Korrespondierend zu Punkt 3.2.1.4 konnte durch die Einteilung der Patienten in die Altersgruppierungen ein Vergleich zwischen dem Alter und dem Bestehen von verlagerten Unterkieferweisheitszähnen mit dem Kontakt zum Nervus alveolaris inferior realisiert werden. Die statistische Auswertung mittels Chi-Quadrat-Test ermöglichte die Untersuchung der Verteilungseigenschaften der Prävalenz innerhalb der einzelnen Altersgruppen.

3.2.4 Prävalenz verlagelter Oberkiefer Eckzähne

Um Verlagerungen der Oberkiefer Eckzähne zu beurteilen, wurde auf die Gesamtdarstellung des Schädels sowie auf die axiale Schnittbildebene der rekonstruierten DICOM Datensätze zurückgegriffen.

In der Gesamtdarstellung wurde zur Eruierung einer Verlagerung des Oberkiefer Eckzahnes folgendes Merkmal untersucht:

- Die Abweichung der Längsachse des Oberkiefer Eckzahns im Bezug zum benachbarten seitlichen Schneidezahn sowie zum ersten Prämolaren

Als verlagert konnte die Abweichung der Längsachse im Bereich der Höckerspitze des Oberkiefer Eckzahnes über die distale Hälfte des seitlichen ipsilateralen Schneidezahnes hinaus gewertet werden. Das Abweichen der Längsachse im Bereich der Wurzelspitze des Eckzahnes wurde als verlagert angesehen, wenn die mesiale Hälfte des ersten ipsilateralen Prämolaren überschritten wurde.

Fortführend wurden weitere Parameter festgelegt, um das Bestehen einer Verlagerung des Oberkiefer Eckzahnes zu erkennen:

- Die Höckerspitze des zu untersuchenden Eckzahnes liegt unter dem koronalen Bereich des ipsilateralen seitlichen Schneidezahns über den natürlichen Eruptionszeitpunkt hinaus
- Die Wurzelspitze des zu untersuchenden Eckzahns liegt über dem apikalen Drittel des seitlichen ipsilateralen Schneidezahns



Abb.8: Ausschnitt der Schädeldarstellung des rechten Kieferabschnitts im InVivoDental4.0® mit verlagertem Eck- (Zahn 13) und Weisheitszahn (Zahn 48)

Die Untersuchung in der axialen Schnittbilddarstellung ermöglicht ebenso die Beurteilung einer Verlagerung des Oberkiefereckzahns. Hierbei ist der Abstand der Höcker- und Wurzelspitze des Eckzahnes zur Kauebene entscheidend. Ermittelte Werte über 2 mm Abstand der Höcker- oder Wurzelspitze zur Kauebene in lingualer oder bukkaler Richtung sind als eine Verlagerung des Oberkiefereckzahnes gewertet worden.

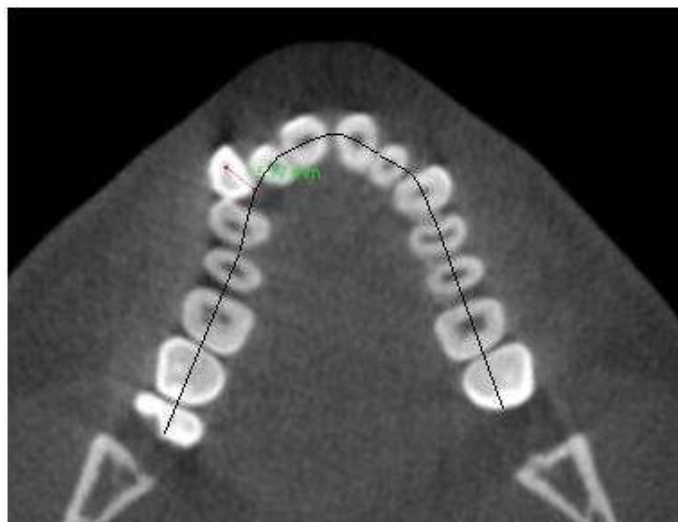


Abb.9: Verlagerter Oberkiefereckzahn (Zahn 13) im axialen Schnittbild mit Distanzbestimmung (5,77 mm) zwischen der Höckerspitze des Eckzahnes und der Kauebene des Oberkiefers

Die Archivierung der erhobenen Daten wurde auch hier in tabellarischer Form vorgenommen und mit Hilfe des Programms Excel® verwaltet. Die statistische Auswertung zur Überprüfung der relativen Häufigkeit wurde korrespondierend zu Punkt 3.2.3 mittels Binomialtest durchgeführt.

3.2.4.1 Wurzelkontakt zu benachbarten Zähnen

Das Eruiere von verlagerten Oberkieferzähnen ist analog zu Punkt 3.2.4 zu betrachten. Als direkter Kontakt wurde die Berührung des verlagerten Oberkieferzahns zur Wurzel des seitlichen Oberkieferschneidezahns interpretiert. Die Ansicht der axialen, sagittalen und koronalen Schnittbilddarstellung war hierzu zielführend. Die statistische Untersuchung der erhobenen Daten erfolgte ebenfalls mit Hilfe des Binomialtests.

3.2.4.2 Vestibuläre Knochendehiszenzen/Fenestrationen an benachbarten Zähnen

Die Lokalisierung von verlagerten Oberkieferzähnen deckt sich mit dem Punkt 3.2.4. Die Ermittlung von vestibulären Knochendehiszenzen/Fenestrationen entspricht dem Vorgang im Punkt 3.2.1. Der Binomialtest stellt fortführend das geeignete statistische Mittel zur Überprüfung der binomialverteilten Daten dar.

4. Ergebnisse

4.1 Prävalenz von Dehiszenzen/Fenestrationsen der bukkalen Knochenlamelle

Die Erhebung der Prävalenz erfolgte vor Beginn der kieferorthopädischen Behandlung anhand von 496 Patienten. Untersucht wurden insgesamt 14242 Zähne. Die Auswertung ergab, dass bei 444 Patienten an mindestens einem Zahn eine prätherapeutische Dehiszenz/Fenestration der bukkalen Knochenlamelle nachgewiesen werden konnte. Dies entspricht einem prozentualen Wert von 89,5%.

Tab.5: Prävalenz bukkaler Knochendehiszenzen/Fenestrationsen vor Beginn der Behandlung bei kieferorthopädischen Patienten, wobei die Mehrheit der Patienten Knochenläsionen zeigten

	Häufigkeit	Prozent
nein	52	10,5
ja	444	89,5
Gesamt	496	100,0

Aufgliederung des Befunds anhand der untersuchten Zähne

Die eingehende Untersuchung anhand der 14242 Zähne zeigte, dass 0,2% der Zähne nicht bewertbar waren. Fehlende Werte wurden ebenfalls in der Aufschlüsselung der Ergebnisse berücksichtigt. Es handelt sich um 7 Zähne, bei denen keine Beurteilung der bukkalen Knochenlamelle erfolgte, so dass bei 2% der kieferorthopädischen Patienten ein Defekt der bukkalen Knochenlamelle bis ins zervikale Wurzelf Drittel nachgewiesen werden konnte. Bei 7,6% der Patienten lag eine prätherapeutische bukkale Knochendehiszenz/Fenestration bis zum mittleren Wurzelf Drittel vor. Weiterführend konnte ein Fehlen der bukkalen Knochenlamelle bis zum apikalen Wurzelf Drittel bei 10,3% der Patienten eruiert werden. Fenestrationsen, die sich

ausschließlich im apikalen Wurzel Drittel zeigten, konnten bei 2,5% der Patienten festgestellt werden.

Betrachtet man die Gesamtzahl der Zähne mit prätherapeutischen bukkalen Knochendehiszenzen/Fenestrationen, so sind diese an 22,4% der Zähne festzustellen. Keinen Defekt der bukkalen Knochenlamelle wiesen 77,4% der Zähne auf.

Tab.6: Prozentualer Anteil von Dehiszenzen/Fenestrationen bezogen auf die Zähne. Mit ansteigender Prävalenz vom zervikalen zum apikalen Wurzel Drittel

		Ergebnis	
		N	%
Alle Zähne	kein Knochendefekt	11023	77,4%
	Defekt der Knochenlamelle bis zum zervikalen Wurzel Drittel	284	2,0%
	Defekt der Knochenlamelle bis zum mittleren Wurzel Drittel	1080	7,6%
	Dehiszenz der Knochenlamelle bis zum apikalen Wurzel Drittel	1464	10,3%
	Knochendefekt rein im apikalen Wurzel Drittel	355	2,5%

4.1.1 Vergleich zwischen Ober- und Unterkiefer

Folgend soll nun die Prävalenz zwischen dem Ober- und Unterkiefer differenziert betrachtet werden. Die eingehende Untersuchung der ermittelten Daten ergab, dass bei 78,8% der Patienten eine prätherapeutische Knochendehiszenz/Fenestration im Unterkiefer vorlag. Im Oberkiefer konnte dieser Befund bei 76,4% der Patienten herausgestellt werden. Die Überprüfung mittels Chi-Quadrat-Test zeigte bei einem Wert von $\text{Chi}^2 = 0,8357$ und einen p-Wert von 0,360641 keine signifikant unterschiedliche Verteilung der bukkalen Dehiszenz/Fenetration zwischen dem Ober- und Unterkiefer.

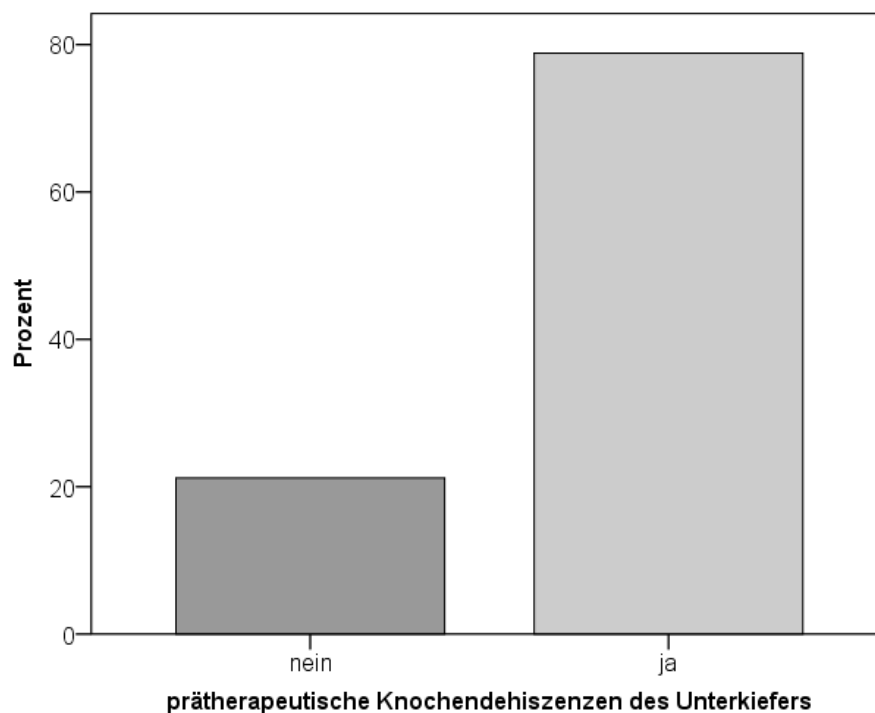


Abb.10: Häufigkeit der prätherapeutischen Knochendehiszenz/Fenestration im Unterkiefer

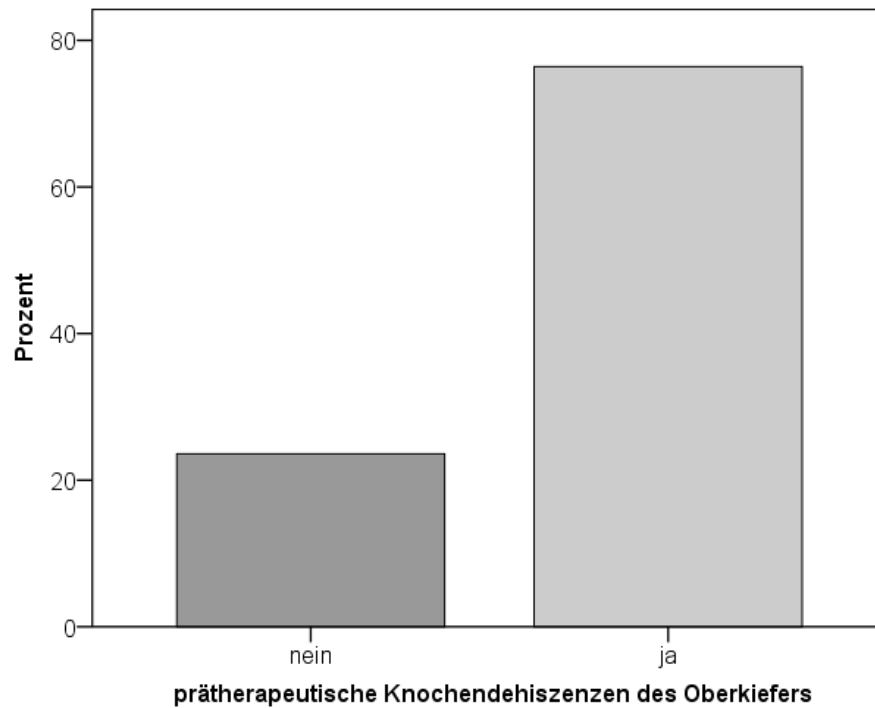


Abb.11: Häufigkeit der prätherapeutischen Knochendehiszenz/Fenestration im Oberkiefer

Abb.10-11: Zwischen dem Unter- und Oberkiefer konnte kein signifikanter Unterschied zum Bestehen von Knochendefekten festgestellt werden

4.1.2 Vergleich zwischen Front- und Seitenzahnbereich

Die Untersuchung zur Verteilung der bukkalen Dehiszenzen/Fenestrationsen innerhalb eines Kiefers ergab, dass im Unterkieferfrontzahnbereich bei 75% der Patienten eine prätherapeutische Dehiszenz/Fenestration anzutreffen war. Im Unterkieferseitenzahnbereich lag bei 37,3% der Patienten eine Dehiszenz/Fenestration der Knochenlamelle vor. Der Chi-Quadrat-Test wurde angewandt, um beide Verteilungen miteinander zu vergleichen. Er ergab mit einem Wert von $\chi^2 = 21,1007$ ($p < 0,001$, zweiseitig), dass sich beide Verteilungen signifikant voneinander unterscheiden.

Tab.7: Prozentuale Häufigkeit prätherapeutischer Dehiszenzen/Fenestrationsen im Unterkieferfrontzahnbereich

	Häufigkeit	Prozent
nein	124	25,0
ja	372	75,0
Gesamt	496	100,0

Tab.8: Prozentuale Häufigkeit prätherapeutischer Dehiszenzen/Fenestrationsen im Unterkieferseitenzahnbereich

	Häufigkeit	Prozent
nein	311	62,7
ja	185	37,3
Gesamt	496	100,0

Im Vergleich dazu besteht bei 66,7% der Patienten eine Knochendehiszenz/Fenestration im Oberkieferfrontzahnbereich. Im Seitenzahnbereich des Oberkiefers war bei 52,4% der Patienten eine Dehiszenz/Fenestration der bukkalen Knochenlamelle vorzufinden. Auch hier wurde der Chi-Quadrat-Test angewendet. Der Vergleich zwischen Oberkieferfront- und Oberkieferseitenzähnen ergab hierbei: $\chi^2 = 21,1007$ ($p < 0,001$; zweiseitig) und zeigte ebenfalls, dass sich beide Verteilungen signifikant voneinander unterscheiden.

Tab.9: Prozentuale Häufigkeit prätherapeutischer Dehiszenzen/Fenestrationsen im Oberkieferfrontzahnbereich

	Häufigkeit	Prozent
nein	165	33,3
ja	331	66,7
Gesamt	496	100,0

Tab.10: Prozentuale Häufigkeit prätherapeutischer Dehiszenzen/Fenestrationsen im Oberkieferseitenzahnbereich

	Häufigkeit	Prozent
nein	236	47,6
ja	260	52,4
Gesamt	496	100,0

Tab. 7-10: Zusammenfassend kann fixiert werden, dass die Frontzähne im Ober- und Unterkiefer kieferorthopädischer Patienten signifikant häufiger vom Vorliegen prätherapeutischer bukkaler Knochendehiszenzen/Fenestrationsen betroffen sind als die Seitenzähne.

Prozentuale Häufigkeit zahnbezogener Dehiszenzen/Fenestrationsen

Die Betrachtung der Dehiszenzen/Fenestrationsen des gesamten Zahnstatus verdeutlicht das vermehrte Aufkommen von Knochendefekten im Frontzahnbereich des Ober- und Unterkiefers. Die anschließend genannten Prozentzahlen sind als Mittelwerte zu verstehen, die aus dem

Gesamtpool der Altersgruppen erstellt wurden. Die Prävalenz in der einzelnen Altersgruppe kann demnach höher oder niedriger ausfallen als in der Gesamtbetrachtung.

Ober- und Unterkieferfrontzahnbereich

Im Oberkieferfrontzahnbereich sind die Eckzähne in 36,2% (Zahn 13) bis 37,7% (Zahn 23) der Fälle am meisten von dem Bestehen einer Dehiszenz/Fenestration betroffen. Zu 23,8% (Zahn 12) bis 27% (Zahn 22) konnte eine Dehiszenz/Fenestration an den seitlichen Schneidezähnen und in 30,9% (Zahn 21) bis 34,1% (Zahn 11) der Fälle an den mittleren Schneidezähnen ein Knochendefekt nachgewiesen werden.

Im Vergleich dazu konnte an den Unterkiefer Eckzähnen eine Knochenläsion in 41,1% (Zahn 43) bis 41,9% (Zahn 33) der Fälle eruiert werden. An den seitlichen und mittleren Unterkieferfrontzähnen wurde der höchste Befund des gesamten Unterkiefers mit 50,2% (Zahn 32), 53,2% (Zahn 31), 58,7% (Zahn 41) und 46,2% (Zahn 42) verzeichnet.

Ober- und Unterkieferseitenzahnbereich

Im Seitenzahnbereich des Oberkiefers weisen die Weisheitszähne mit 0,2% (Zahn 18) bis 1,41% (Zahn 28) und die zweiten Molaren mit 7,3% (Zahn 17) bis 8,7% (Zahn 27) gelegentlich eine Dehiszenz/Fenestration auf. Die Sechsjahrmolaren zeigten hingegen mit 22,8% (Zahn 16) bis 23,6% (Zahn 26) ein deutlich höheres Aufkommen an Knochendefekten. Das höchste Vorkommen konnte im Oberkieferseitenzahnbereich bei den ersten Prämolaren in 28,2% (Zahn 24) bis 34,9% (Zahn 14) der Fälle beobachtet werden. Die zweiten Prämolaren verfügten indessen nur über die Hälfte dieses Befundes mit 11,1% (Zahn 25) bis 14,11% (Zahn 15).

Ein gleichmäßiger Anstieg konnte im Seitenzahnbereich des Unterkiefers von posterior nach anterior nachvollzogen werden. Diese Zunahme wird verdeutlicht durch das Bestehen der Dehiszenz/Fenestration an den Unterkieferweisheitszähnen in nur 0,6% (Zahn 38 und 48) der Fälle, an den zweiten Molaren in 2,2% (Zahn 37)-2,4% (Zahn 47) der Fälle, an den Sechsjahrmolaren in 6,3% (Zahn 36) bis 7,5% (Zahn 46) der Fälle, an den zweiten Prämolaren in 9,3% (Zahn 35) bis 10,3% (Zahn 45) der Fälle. Das höchste Vorkommen mit 19,8% (Zahn 34) bis 22% (Zahn 44) konnte an den ersten Prämolaren des Unterkiefers eruiert werden.

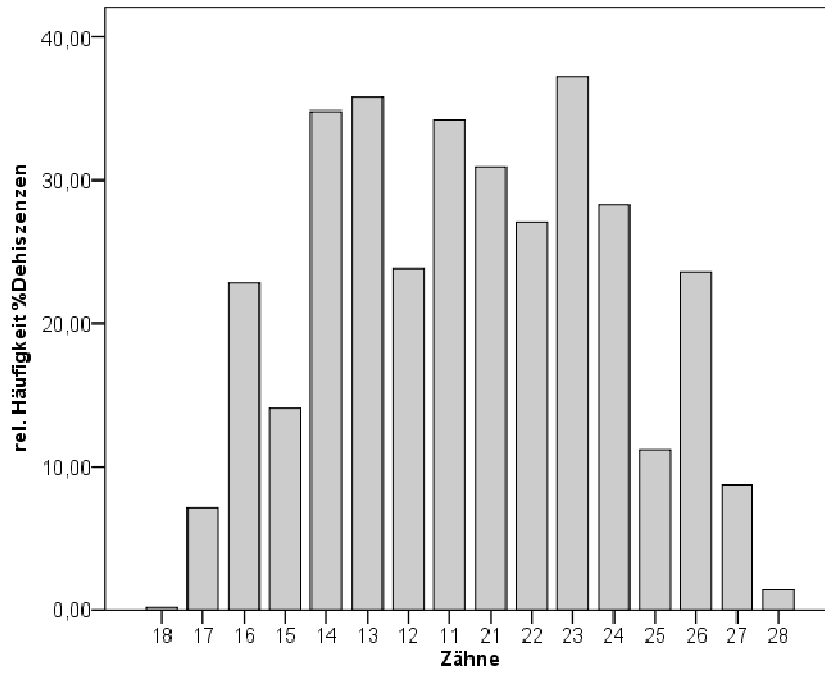


Abb. 12: Dehiszenzen/Fenestrationsen im Oberkiefer, wobei die Eckzähne, die ersten Prämolaren und die ersten Molaren die höchste Prävalenz aufweisen

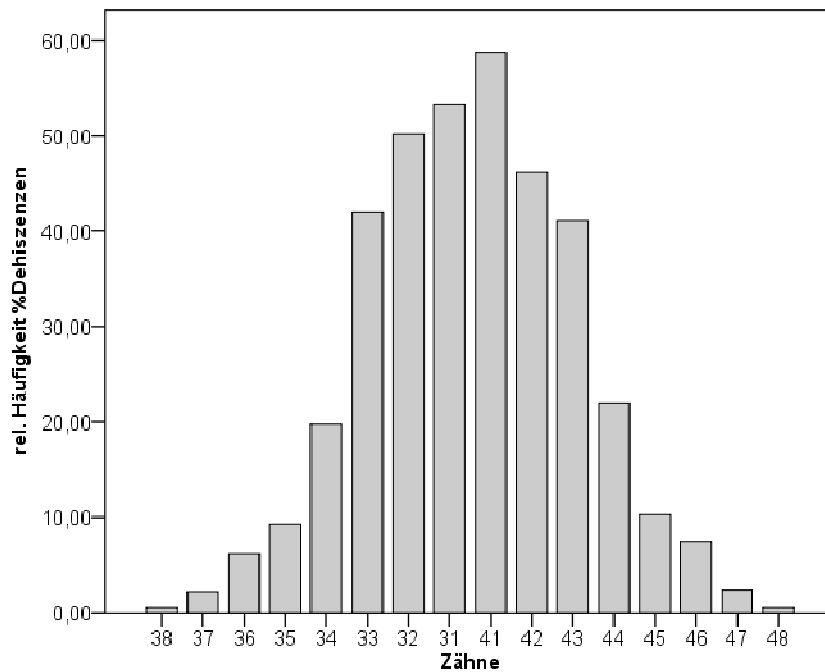


Abb. 13: Dehiszenzen/Fenestrationsen im Unterkiefer, wobei die mittleren und seitlichen Schneidezähne mit den ersten Prämolaren die häufigste Prävalenz aller Zähne des Unterkiefers zeigten

4.1.3 Abhängigkeit der Prävalenz vom Geschlecht

Betrachtet man die kieferorthopädischen Patienten nach dem Geschlecht getrennt, lag bei 175 männlichen und bei 269 weiblichen Patienten eine prätherapeutische Knochendehiszenz/Fenestration vor. Die Annahme, dass weibliche Patienten ein signifikant größeres Aufkommen an Knochendefekten vorweisen, konnte mit dem exakten Test nach Fisher: $p < 0,001$ bestätigt werden.

Tab.11: Vorliegen von Knochendehiszenzen/Fenestrationen in Abhängigkeit vom Geschlecht der kieferorthopädischen Patienten, wobei weibliche Patienten signifikant mehr Knochendefekte zeigten

		Dehiszenz/Fenestration			
		nein	ja	Gesamt	
Geschlecht	m	Anzahl	34	175	209
		%	16,3%	83,7%	100,0%
	w	Anzahl	18	269	287
		%	6,3%	93,7%	100,0%
Gesamt		Anzahl	52	444	496
		%	10,5%	89,5%	100,0%

4.1.4 Abhängigkeit der Prävalenz vom Alter

Die Aufschlüsselung der Patienten in die 7 Altersgruppen ergab, dass bei den 6-10 Jahre alten Patienten eine Dehiszenz/Fenestration der bukkalen Knochenlamelle in 75% der Fälle vorzufinden war.

Das bei den 11 bis 13-Jährigen in 90,3% der Fälle dieser Befund bestand. Die Patienten zwischen dem 14. und 19. Lebensjahr in 91,7% der Fälle den Befund eines Knochendefekts zeigten und sich demzufolge nur unwesentlich von den Altersgruppen der 20 bis 29-Jährigen (92,3%) und der 30 bis 39-Jährigen (92,1%) unterschieden.

Des Weiteren konnte bei den 40 bis 49-Jährigen, eine Dehiszenz/Fenetration in 89,1% der Fälle beobachtet werden. Die Altersgruppe der über 50-Jährigen weist mit 97,8% die höchste Prävalenz dieses Befundes auf.

Die Überprüfung mittels Chi-Quadrat Test ergab $\chi^2 = 21,318$ ($p = 0,002$; zweiseitig) und zeigte demnach einen signifikanten Zusammenhang zwischen den Altersgruppen und dem Vorliegen von prätherapeutischen Knochendefekten. Die Analyse der standardisierten Residuen ergab, dass die 6 bis 10-Jährigen signifikant seltener einen Defekt der bukkalen Knochenlamelle aufweisen.

Tab.12: Vorliegen der Dehiszenz/Fenestration kieferorthopädischer Patienten getrennt in Altersgruppen, wobei die jüngste Altersgruppe signifikant weniger Knochendefekte aufzeigte als alle anderen Altersgruppen

		Knochendehiszenz/Fenestration			
			nein	ja	Gesamt
Altersgruppen	6-10 Jahre	Anzahl	18	54	72
		%	25,0%	75,0%	100,0%
	11-13 Jahre	Anzahl	7	65	72
		%	9,7%	90,3%	100,0%
	14-19 Jahre	Anzahl	7	77	84
		%	8,3%	91,7%	100,0%
	20-29 Jahre	Anzahl	6	72	78
		%	7,7%	92,3%	100,0%
	30-39 Jahre	Anzahl	7	82	89
		%	7,9%	92,1%	100,0%
	40-49 Jahre	Anzahl	6	49	55
		%	10,9%	89,1%	100,0%
	ab 50 Jahre	Anzahl	1	45	46
		%	2,2%	97,8%	100,0%
Gesamt		Anzahl	52	444	496
		%	10,5%	89,5%	100,0%

Vergleich zwischen Ober- und Unterkiefer einzelner Altersgruppen

Die Betrachtung der Prävalenz im Ober- und Unterkiefer in den einzelnen Altersgruppen ergab, dass in der Gruppe der 6 bis 10-Jährigen ein signifikanter Unterschied zum Vorliegen von Dehiszenzen/Fenestration zwischen dem Ober- und Unterkiefer festgestellt werden konnte. Auch

ERGEBNISSE

die Gruppe der 11 bis 13-Jährigen Patienten weist diesbezüglich einen signifikanten Unterschied der Prävalenz auf. Weiterführend zeigten die Gruppen der 20 bis 29-Jährigen und die Gruppe der über 50-Jährigen diesen Befund. Kein signifikanter Unterschied konnte in den Gruppen der 14 bis 19-Jährigen, der 30 bis 39-Jährigen und der 40 bis 49-Jährigen fixiert werden.

Tab.13: Vorliegen der Prävalenz im Ober- und Unterkiefer getrennt in die einzelnen Altersgruppen, wobei kein einheitliches Muster zur Verteilung der Knochendefekte erkennbar ist

Altersgruppen			UK Dehiszenzen/Fenestrationsen		OK Dehiszenzen/Fenestrationsen		p-Wert
			nein	ja	nein	ja	
			6-10 Jahre	Anzahl	22	50	
	%	30,6%	69,4%	50,0%	50,0%		
11-13 Jahre	Anzahl	9	63	27	45	<0.001	
	%	12,5%	87,5%	37,5%	62,5%		
14-19 Jahre	Anzahl	14	70	20	64	0.263	
	%	16,7%	83,3%	23,8%	76,2%		
20-29 Jahre	Anzahl	20	58	10	68	0.031	
	%	25,6%	74,4%	12,8%	87,2%		
30-39 Jahre	Anzahl	19	70	15	74	0.503	
	%	21,3%	78,7%	16,9%	83,1%		
40-49 Jahre	Anzahl	12	43	8	47	0.289	
	%	21,8%	78,2%	14,5%	85,5%		
ab 50 Jahre	Anzahl	9	37	1	45	0.008	
	%	19,6%	80,4%	2,2%	97,8%		

Aufschlüsselung der Prävalenz in die Altersgruppen

Die detaillierte Differenzierung des gesamten Zahnstatus zum Vorliegen von Dehiszenzen/Fenestrationsen zwischen den Altersgruppen erfolgte mit Hilfe der Korrelationsanalyse und soll in dem folgenden Abschnitt genauer betrachtet werden.

Altersgruppe der 6 bis 10-Jährigen

In der Altersgruppe der 6 bis 10-Jährigen Patienten konnten bukkale Dehiszenzen/Fenestrationsen vor allem im Bereich der Ober- und Unterkieferfront festgestellt werden.

Ober- und Unterkieferfrontzahnbereich

Innerhalb des Oberkieferfrontzahnbereichs waren die mittleren Schneidezähne mit 33,3% (Zahn 21) bis 37,5% (Zahn 11) am häufigsten betroffen. Es folgten die seitlichen Oberkieferschneidezähne mit einem Vorkommen von 12,5% (Zahn 22) bis 13,9% (Zahn 12) und die Oberkieferreckzähne mit 6,9% (Zahn 23) bis 8,3% (Zahn 13).

Bei den mittleren Unterkieferschneidezähnen konnte eine Dehiszenz in 59,7 % (Zahn 31) bis 61,1% (Zahn 41) der Fälle beobachtet werden. Die seitlichen Unterkieferschneidezähne zeigten in 45,8% (Zahn 42) bis 50% (Zahn 32) der Fälle diesen Befund. Die Unterkieferreckzähne waren mit 6,9% (Zahn 33) bis 8,3% (Zahn 43) betroffen.

Ober- und Unterkieferseitenzahnbereich

Im Seitenzahnbereich der 6 bis 10-Jährigen zeigte nur der Sechsjahrmolar im Ober- und Unterkiefer das Vorkommen einer Dehiszenz im Rahmen von 1,4% (Zahn 26, 46 und 36) und 2,8% (Zahn 16).

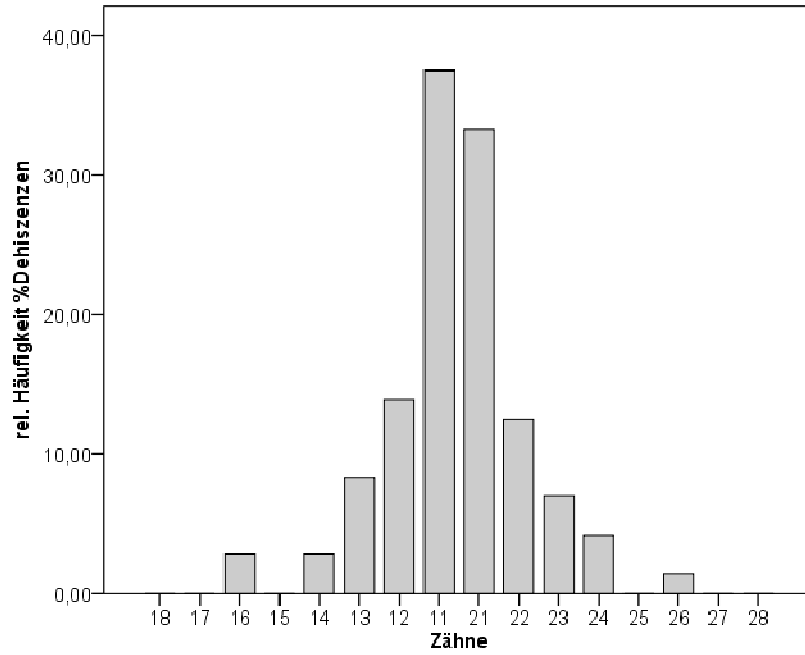


Abb.14: Knochendefekte im Oberkiefer der Altersgruppe 6-10 Jahre alter kieferorthopädischer Patienten, wobei die mittleren und seitlichen Schneidezähne am häufigsten betroffen waren

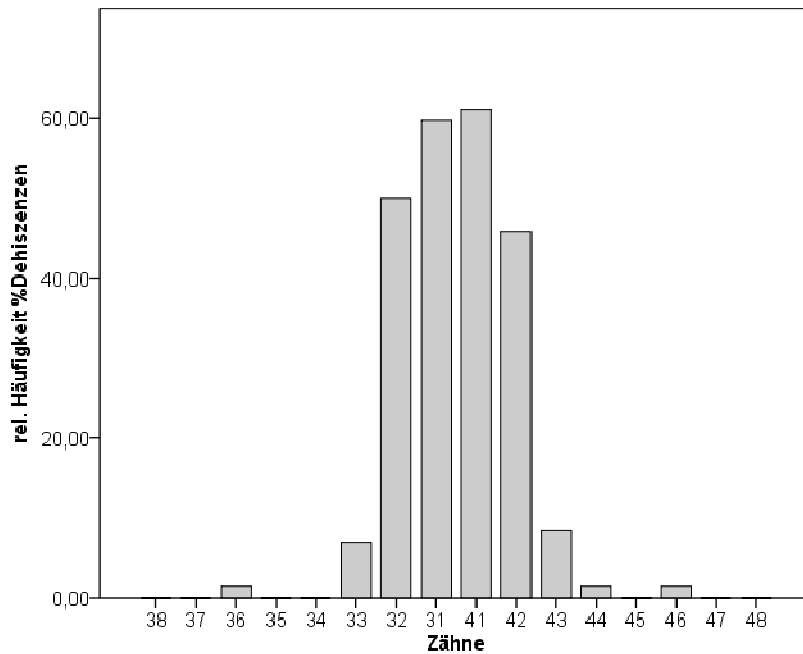


Abb.15: Knochendefekte im Unterkiefer der Altersgruppe 6-10 Jahre alter kieferorthopädischer Patienten, wobei die mittleren und seitlichen Schneidezähne am häufigsten betroffen waren

Altersgruppe der 11 bis 13-Jährigen

Ein vergleichbares Bild im Bezug auf die Verteilung von Dehiszenzen/Fenestrationsen ergibt sich bei den 11 bis 13 Jahre alten kieferorthopädischen Patienten. Ein leichter Anstieg der Prävalenz konnte im Front- und Seitenzahnbereich beider Kiefer herausgestellt werden.

Ober- und Unterkieferfrontzähne

Die mittleren Schneidezähne des Oberkiefers weisen den Befund in 26,4% (Zahn 21) bis 36,1% (Zahn 11) der Fälle vor. Bei den seitlichen Schneidezähnen ist dies in 18,1% (Zahn 22 und 12) der Fall. Im Bereich der Oberkieferreckzähne konnte eine Knochenläsion in 15,3% (Zahn 13) bis 22,2% (Zahn 23) der Fälle verzeichnet werden.

Im Unterkieferfrontzahnbereich konnte der Befund an Zahn 32 mit 63,9%, an Zahn 31 mit 70,8%, an Zahn 41 mit 77,8% und an Zahn 42 mit 58,3% ermittelt werden. An den Unterkieferreckzähnen wurde ein Vorkommen der Dehiszenz/Fenestration mit 41,7% (Zahn 43) bis 43,1% (Zahn 33) festgehalten.

Ober- und Unterkieferseitenzähne

Die ersten Prämolaren im Oberkiefer zeigten den Befund in 15,3% (Zahn 24) bis 16,7% (Zahn 14). Weiterführend konnte an den zweiten Prämolaren in 2,8% (Zahn 15 und 25) der Fälle und an den Sechsjahrmolaren mit 8,3% (Zahn 16 und 26) eine Dehiszenz/Fenestration ermittelt werden. Zu 1,4% war der Zahn 27 betroffen. Kein Defekt der bukkalen Knochenlamelle konnte an Zahn 17, Zahn 18 und Zahn 28 eruiert werden.

Die Prävalenz im Unterkieferseitenzahnbereich zeigte sich mit 11,1% (Zahn 44) - 13,4% (Zahn 34) an den ersten Prämolaren, mit 4,2% (Zahn 35) - 13,9% (Zahn 45) an den zweiten Prämolaren und mit 4,2% (Zahn 46) - 6,9% (Zahn 36) an den Sechsjahrmolaren. Bukkale Knochenläsionen im Bereich der zweiten und dritten Molaren wurden nicht ermittelt.

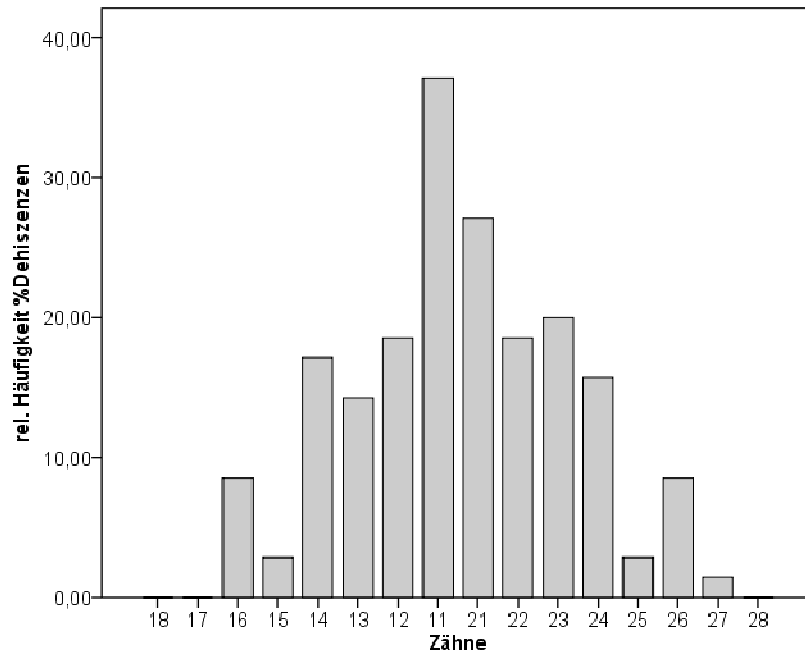


Abb.16: Dehiscenzen/Fenestrationsen im Oberkiefer der Altersgruppe 11-13 Jahre alter kieferorthopädischer Patienten, wobei die mittleren Schneidezähne den häufigsten Befund aufweisen

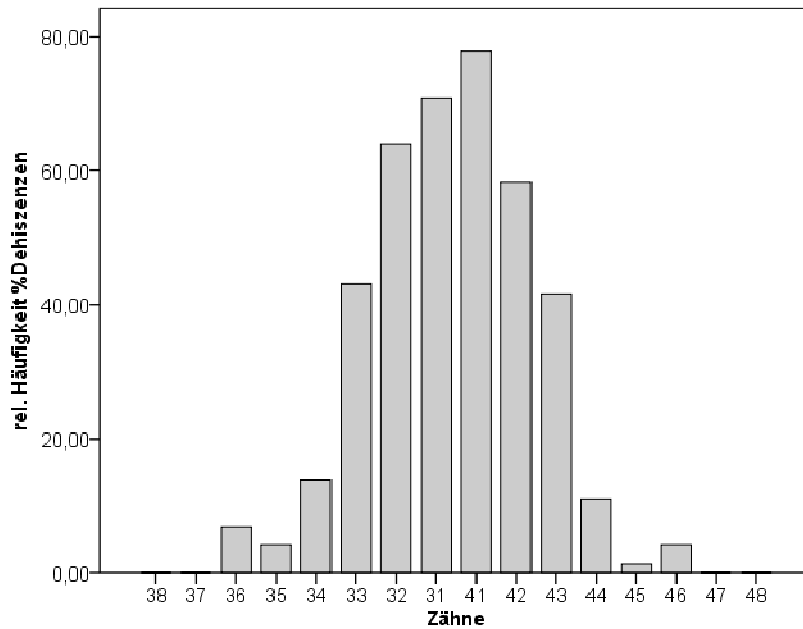


Abb.17: Dehiscenzen/Fenestrationsen im Unterkiefer der Altersgruppe 11-13 Jahre alter kieferorthopädischer Patienten, wobei ein Anstieg der Prävalenz von posterior nach anterior zu verzeichnen war

Altersgruppe der 14 bis 19-Jährigen

Ober- und Unterkieferfrontzahnbereich

Die Gruppe der 14-19 Jahre alten Patienten weist im Oberkieferfrontzahngebiet eine Prävalenz an den mittleren Schneidezähnen von 20,2% (Zahn 11) und 23,8% (Zahn 21) auf. Im Bereich der seitlichen Schneidezähne konnte der Befund in 20,2% (Zahn 12) und in 29,8% (Zahn 22) der Fälle festgestellt werden. Die Prävalenz im Eckzahnbereich wurde mit 35,7% (Zahn 13) und 38,1% (Zahn 23) eruiert.

Die Prävalenz im Unterkieferfrontzahnbereich kann bei den mittleren Schneidezähnen mit 51,2% (Zahn 31) und 60,7% (Zahn 41), bei den seitlichen Schneidezähnen mit 57,1% (Zahn 32) und 57,1% (Zahn 42) und an den Eckzähnen mit 47,6% (Zahn 33) und 58,3% (Zahn 43) angegeben werden.

Ober- und Unterkieferseitenzahnbereich

Weiterführend konnte die Prävalenz im Oberkieferseitenzahnbereich mit 1,2% an Zahn 28 und an den zweiten Molaren mit 3,6% (Zahn 17) und 4,8% (Zahn 27) fixiert werden. Die ersten Molaren weisen mit 9,5% (Zahn 26) bis 15,5% (Zahn 16) eine Dehiszenz/Fenestration auf. Im Bereich der Prämolaren konnte der Befund mit 8,3% (Zahn 15/25) und 29,8% (Zahn 14) und 20,2% (Zahn 24) festgestellt werden.

Im Seitenzahngebiet des Unterkiefers stieg die Prävalenz fortführend von posterior nach anterior an. Der Sechsjahrmolar weist diesbezüglich eine Dehiszenz/Fenestration in 6% (Zahn 36 und 46) auf. Im Bereich des zweiten Prämolaren konnte ein Knochendefekt in 8,3% (Zahn 35) und in 10,7% (Zahn 45) der Fälle eruiert werden. Das höchste Vorkommen zeigten die ersten Prämolaren mit 25% (Zahn 34) und 27,4% (Zahn 44). An den Unterkieferweisheitszähnen und zweiten Molaren konnte dieser Befund nicht nachvollzogen werden.

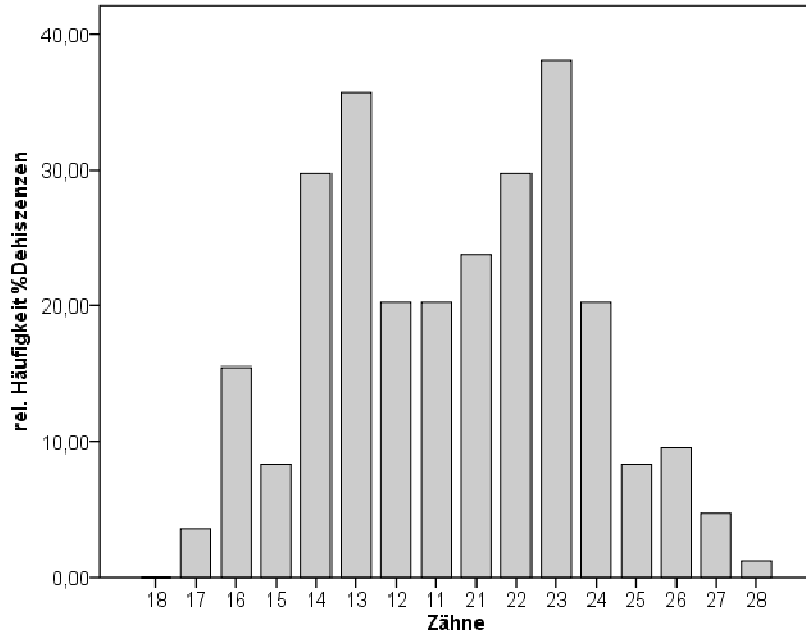


Abb.18: Dehiszenzen/Fenestrationsen im Oberkiefer der Altersgruppe 14-19 Jahre alter kieferorthopädischer Patienten, wobei die Eckzähne und die ersten Prämolaren am häufigsten betroffen waren

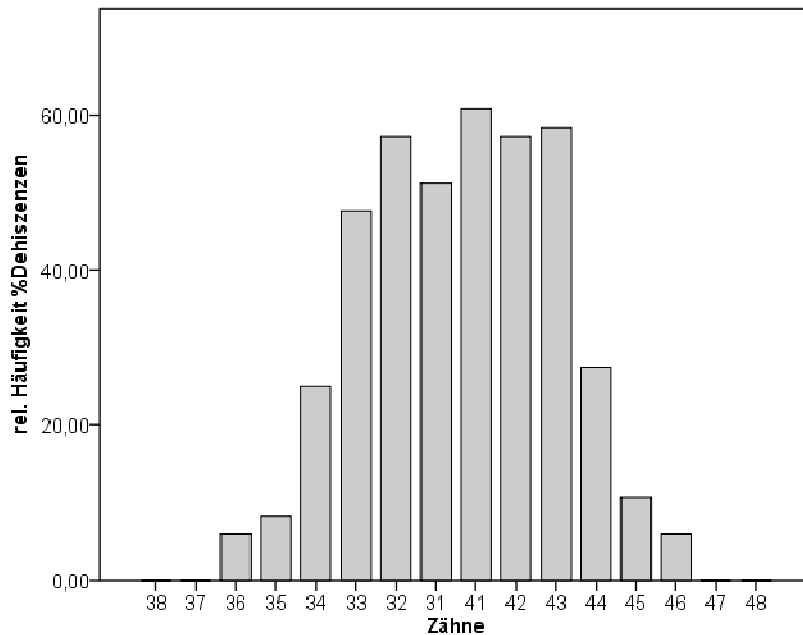


Abb.19: Dehiszenzen/Fenestrationsen im Unterkiefer der Altersgruppe 14-19 Jahre alter kieferorthopädischer Patienten, wobei sich ein Anstieg des Befundes von posterior nach anterior abzeichnete

Altersgruppe der 20 bis 29-Jährigen

Ober- und Unterkieferfrontzahnbereich

Im Oberkieferfrontzahnbereich konnten Dehiszenzen/Fenestrationsen der mittleren Schneidezähne in 26,9% (Zahn 11) und 28,2% (Zahn 21) ermittelt werden. Die seitlichen Schneidezähne weisen diesen Befund in 23,1% (Zahn 12) und 30,8% (Zahn 22) der Fälle auf. Knochendefekte der Eckzähne wurden im Rahmen von 46,1% (Zahn 13) und 46,2% (Zahn 23) evaluiert.

Der Unterkieferfrontzahnbereich weist mit 56,4% (Zahn 31), 55,1% (Zahn 41), 50% (Zahn 32), 43,6% (Zahn 42), 51,3% (Zahn 33) und 42,3% (Zahn 43) eine Dehiszenz/Fenestration vor.

Ober- und Unterkieferseitenzahnbereich

An den Oberkieferweisheitszähnen konnte der Befund in 1,3% der Fälle eruiert werden. Der zweite Molar weist eine Knochenläsion in 9% (Zahn 27) und 14,1% (Zahn 17) der Fälle auf. Der erste Molar zeigt diesen Befund in 28,2% (Zahn 26) und 30,8% (Zahn 16) der Fälle. Weiterführend konnte das Bestehen einer Knochenläsion am zweiten Prämolaren in 16,7% (Zahn 15) und in 18% (Zahn 25) der Fälle ermittelt werden. Der erste Prämolar weist diesen Befund in 50% (Zahn 14) und 37,2% (Zahn 24) auf.

Im Unterkieferseitenzahnbereich zeigte sich erstmals das Auftreten eines Knochendefektes an den unteren Weisheitszähnen in 1,3% der Fälle (Zahn 38 und 48). An den zweiten Molaren in 3,9% (Zahn 37) und 5,1% (Zahn 47) der Fälle. Die ersten Molaren weisen einen Befund in 6,4% (Zahn 36) und 16,7% (Zahn 46) auf. Im Bereich der Prämolaren konnten Dehiszenzen/Fenestrationsen mit 11,5% (Zahn 35), 14,1% (Zahn 45), 19,2% (Zahn 34) und 26,9% (Zahn 44) herausgestellt werden.

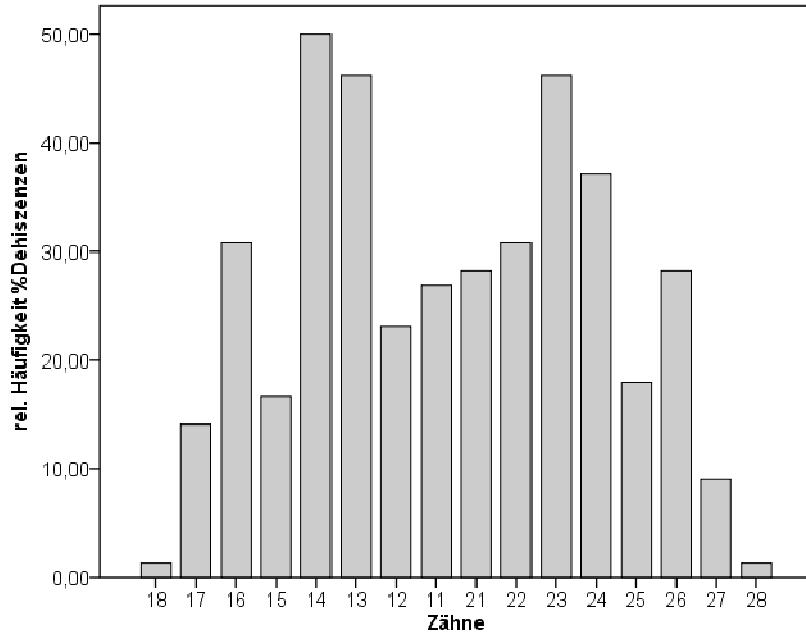


Abb.20: Dehiszenzen/Fenestrationsen im Oberkiefer der Altersgruppe 20-29 Jahre alter kieferorthopädischer Patienten, wobei die Eckzähne sowie die ersten Prämolaren und Molaren den häufigsten Befund im OK aufzeigten

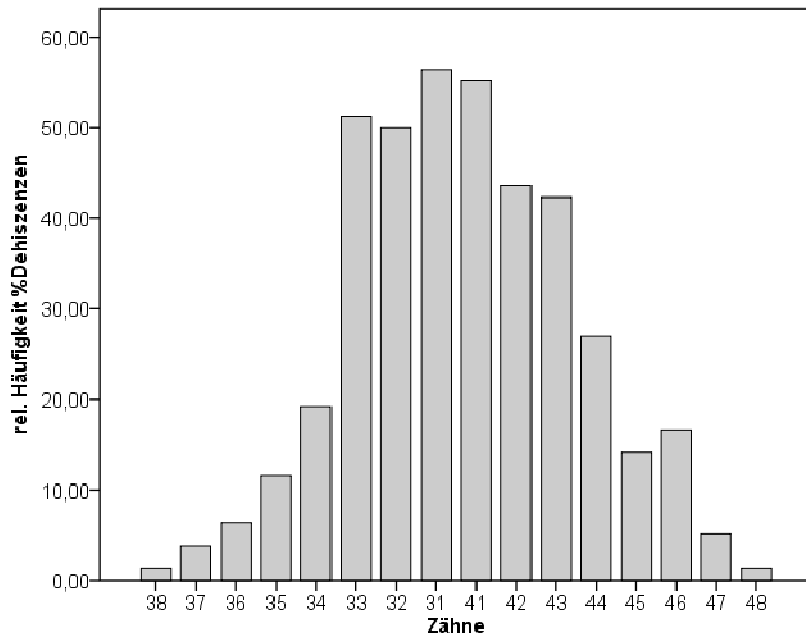


Abb.21: Dehiszenzen/Fenestrationsen im Unterkiefer der Altersgruppe 20-29 Jahre alter kieferorthopädischer Patienten, wobei ein Anstieg der Prävalenz von posterior nach anterior zu verzeichnen war

Altersgruppe der 30 bis 39-Jährigen

Ober- und Unterkieferfrontzahnbereich

Die Prävalenz im Oberkieferfrontzahnbereich konnte mit 32,6% (Zahn 11), 24,7% (Zahn 21), 29,2% (Zahn 12), 27% (Zahn 22), 51,7% (Zahn 13) und 44,9% (Zahn 23) festgestellt werden.

Das Erfassen der Dehiszenz/Fenestration im Unterkieferfrontzahnbereich ergab Werte von 44,9% (Zahn 31), 52,8% (Zahn 41), 42,7% (Zahn 32), 37,1% (Zahn 42), 43,8% (Zahn 33) und 44,9% (Zahn 43).

Ober- und Unterkieferseitenzahnbereich

Im Oberkieferseitenzahnbereich ist der linke Weisheitszahn zu 2,3% von dem Bestehen eines Knochendefekts betroffen. Zahn 18 zeigte keinen Knochendefekt. An den zweiten Molaren konnte in 7,9% (Zahn 17) und 13,5% (Zahn 27) der Fälle eine Knochenläsion eruiert werden. Die ersten Molaren zeigten dieses Bild in 32,6% (Zahn 16) und 41,6% (Zahn 26) der Fälle. Im Bereich der Prämolaren konnten Werte von 24,7% (Zahn 15), 14,6% (Zahn 25) und 42,7% (Zahn 14 und 24) fixiert werden.

Im Unterkieferseitenzahngebiet konnten Knochendefekte an den Weisheitszähnen in einem Umfang von 1,1% (Zahn 38 und 48) herausgestellt werden. Die zweiten Molaren zeigten den Befund in 3,4% (Zahn 37) und 4,5% (Zahn 47) auf. Im Bereich der ersten Molaren konnte die Prävalenz mit 7,9% (Zahn 36) und 12,4% (Zahn 46) festgehalten werden. Mit 12,4% (Zahn 35) und 18% (Zahn 45) wurde der Befund an den zweiten Prämolaren ermittelt. Die ersten Prämolaren weisen mit 25,8% (Zahn 34) und 28,1% (Zahn 44) den höchsten Befund im Unterkieferseitenzahngebiet auf.

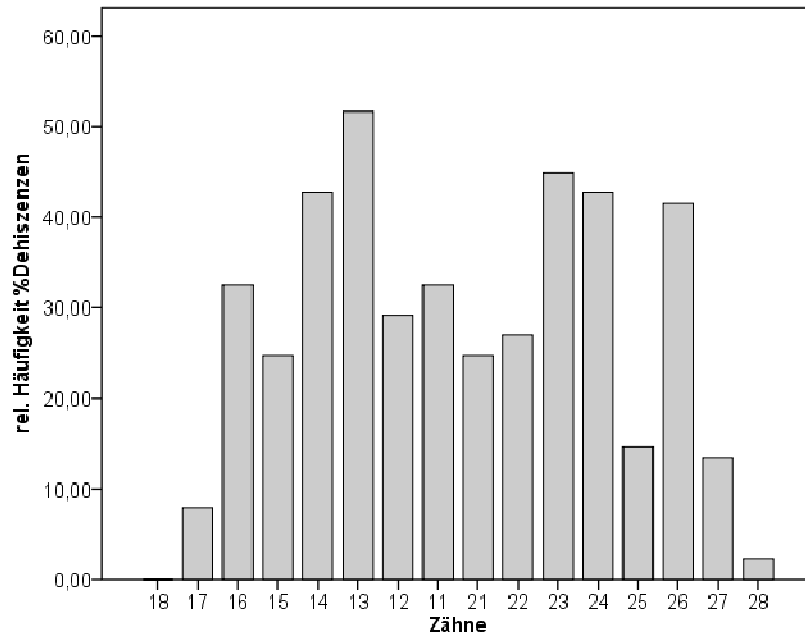


Abb.22: Dehiscenzen/Fenestrationsen im Oberkiefer der Altersgruppe 30-39 Jahre alter kieferorthopädischer Patienten, wobei auch hier die Eckzähne, die ersten Prämolaren und Molaren den höchsten Befund des gesamten OK zeigten

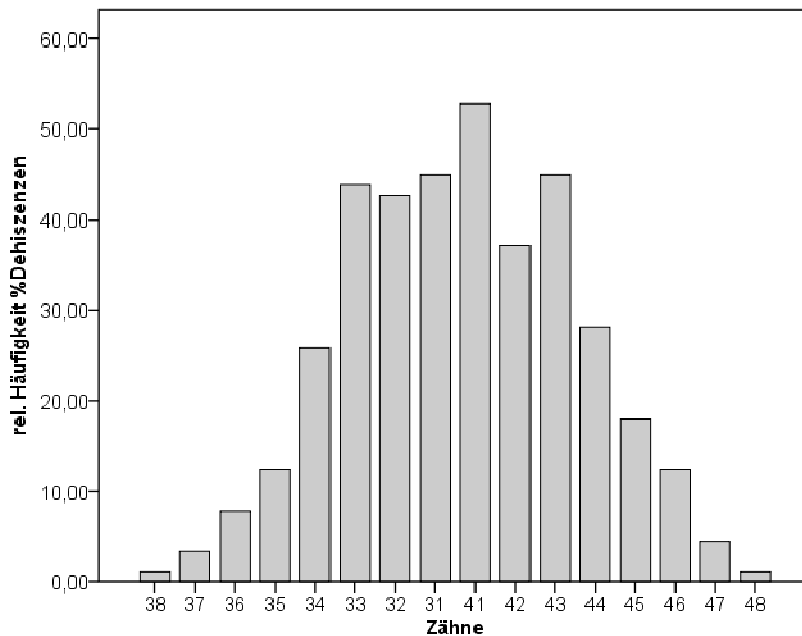


Abb.23: Dehiscenzen/Fenestrationsen im Unterkiefer der Altersgruppe 30-39 Jahre alter kieferorthopädischer Patienten, wobei auch hier ein grundsätzlicher Anstieg der Prävalenz von posterior nach anterior verzeichnet werden konnte

Altersgruppe der 40 bis 49-Jährigen

Ober- und Unterkieferfrontzahnbereich

Im Oberkieferfrontzahnbereich konnte eine Prävalenz von 50,9% (Zahn 11), 45,5% (Zahn 21), 36,4% (Zahn 12), 34,6% (Zahn 22), 46,3% (Zahn 13) und 54,6% (Zahn 23) herausgestellt werden.

Die Prävalenz im Unterkieferfrontzahnbereich konnte mit 41,8% (Zahn 31), 49,1% (Zahn 41), 45,5% (Zahn 32), 38,2% (Zahn 42), 52,7% (Zahn 33) und 49,1% (Zahn 43) ermittelt werden.

Ober- und Unterkieferseitenzahnbereich

Im Oberkieferseitenzahnbereich beträgt die Prävalenz an den linken Weisheitszähnen (Zahn 28) 1,8%. Zahn 18 zeigte keinen Knochendefekt. Die zweiten Molaren weisen zu 10,9% (Zahn 17) und 14,6% (Zahn 27) eine Dehiszenz/Fenestration vor. Im Bereich der ersten Molaren trat dieser Befund in 40% (Zahn 16) und 41,8% (Zahn 26) der Fälle auf. Die Prämolaren des Oberkiefers zeigten des Weiteren in 25,5% (Zahn 15), 16,4% (Zahn 25), 52,7% (Zahn 14) und 45,5% (Zahn 24) der Fälle eine Knochenläsion.

Im Unterkieferseitenzahnbereich ergab die Prävalenzerhebung an den Weisheitszähnen einen Wert von 1,8% (Zahn 38 und 48). An den zweiten Molaren konnte ein Wert von 5,5% (Zahn 37) und 3,6% (Zahn 47) fixiert werden. Die ersten Molaren zeigten das Vorkommen zu 5,5% (Zahn 36 und 46). Im Bereich der Prämolaren konnte eine Prävalenz von 16,4% (Zahn 35), 12,7% (Zahn 45), 29,1% (Zahn 34) und 30,9% (Zahn 44) eruiert werden.

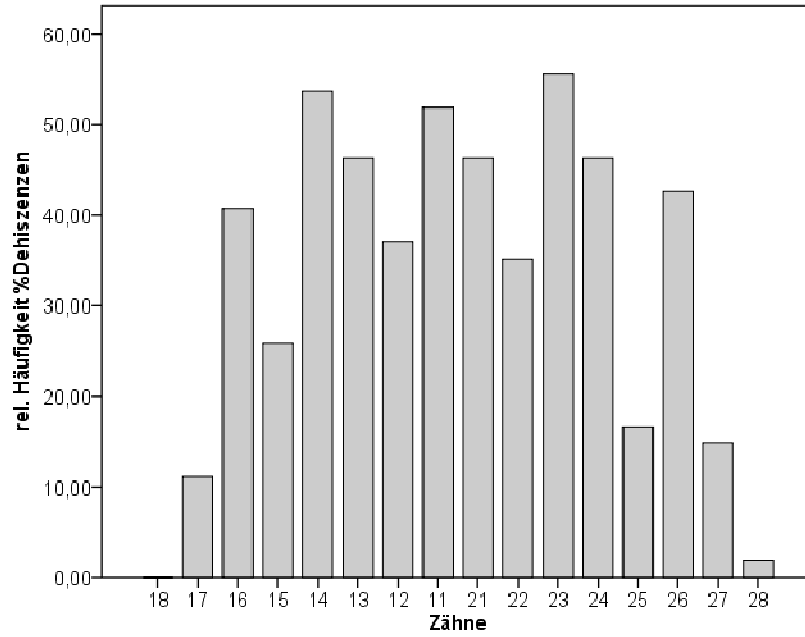


Abb.24: Dehiszenzen/Fenestrationsen im Oberkiefer der Altersgruppe 40-49 Jahre alter kieferorthopädischer Patienten, wobei die mittleren Schneidezähne und Eckzähne mit den ersten Prämolaren und Molaren den häufigsten Befund aufzeigten

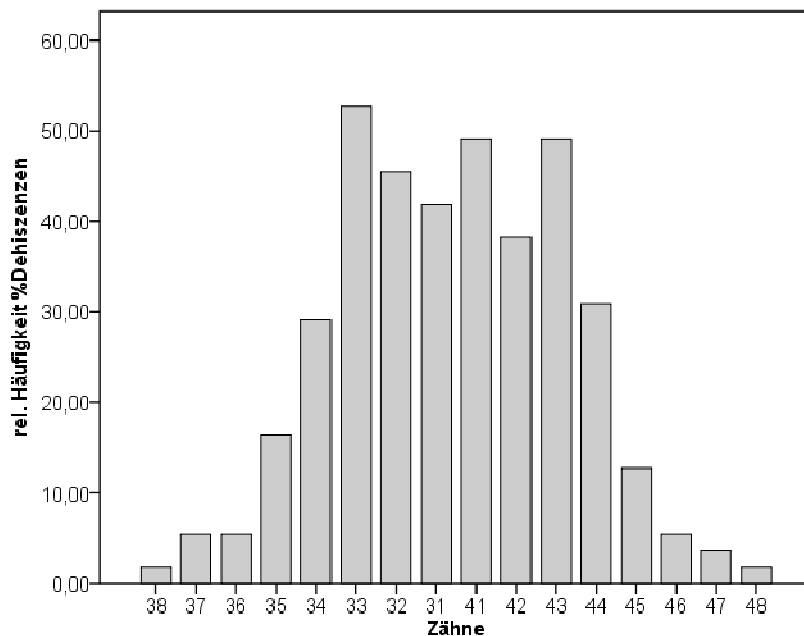


Abb.25: Dehiszenzen/Fenestrationsen im Unterkiefer der Altersgruppe 40-49 Jahre alter kieferorthopädischer Patienten, wobei die Eckzähne mit dem Zahn 41 die häufigste Prävalenz vorweist

Die Altersgruppe, bestehend aus Patienten über 50 Jahren

Die höchste Prävalenz an bukkalen Knochendehiszenzen/Fenestrationsen konnte im Bereich des Oberkiefers der über 50-Jährigen Patienten festgestellt werden.

Ober- und Unterkieferfrontzahnbereich

Ein Maximum an Knochenläsionen konnte an folgenden Oberkieferfrontzähnen herausgestellt werden. An dem Zahn 13 mit einer Prävalenz von 54,4% sowie den Zahn 21 mit 45,7%, Zahn 22 mit 43,5% und dem Zahn 23 mit 60,9%. Der Zahn 12 weist mit 30,4% und der Zahn 11 mit 45,7% das Bestehen eines Knochendefektes auf.

Das Aufkommen von Knochenläsionen im Unterkieferfrontzahnbereich konnte mit 43,5% (Zahn 31), 50% (Zahn 41), 37% (Zahn 32), 39,1% (Zahn 42), 52,2% (Zahn 33) und 41,3% (Zahn 43) konstatiert werden.

Ober- und Unterkieferseitenzahnbereich

Im Oberkieferseitenzahnbereich wurde an dem linken Weisheitszahn eine Prävalenz von 4,4% (Zahn 28) ermittelt. Zahn 18 weist keine Prävalenz dieses Befundes auf. An dem Zahn 17 konnte eine Prävalenz von 19,6% und dem Zahn 27 von 24,4% fixiert werden. Die ersten Molaren zeigten eine Prävalenz von 37,8% (Zahn 16) und 43,5% (Zahn 26). An dem Zahn 15 konnte die höchste Prävalenz mit 26,1% innerhalb aller Gruppen nachgewiesen werden. Der Zahn 25 weist mit 21,7% eine Knochenläsion vor. Der Zahn 14 zeigte mit einer Prävalenz von 60,9% einen weiteren Maximalwert der Dehiszenzen/Fenestrationsen an den ersten Prämolaren innerhalb aller Altersgruppen auf. In 37% der Fälle lag an dem Zahn 24 eine Knochenläsion vor.

Im Unterkieferseitenzahnbereich wurde eine Knochenläsion an den zweiten Molaren mit 4,4% (Zahn 37 und 47) ausfindig gemacht. Die ersten Molaren weisen diesen Befund in 10,9% (Zahn 36) und 2,2% (Zahn 46) der Fälle auf. Die Untersuchung im Bereich der Prämolaren ergab in 15,2% (Zahn 35 und 45), 28,3% (Zahn 34) und 30,4% (Zahn 44) der Fälle ein Vorliegen von bukkalen Knochendefekten.

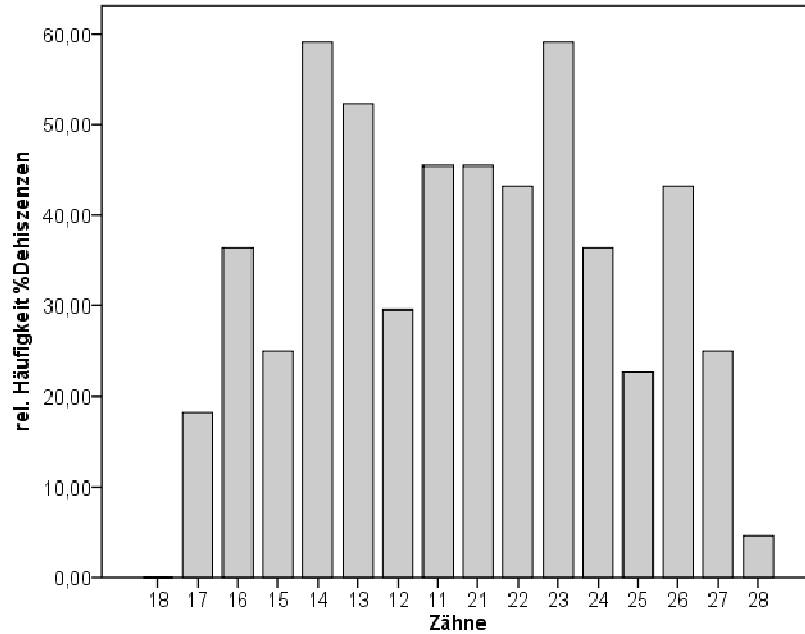


Abb.26: Dehiscenzen/Fenestrationsen im Oberkiefer der Altersgruppe über 50 Jahre alter kieferorthopädischer Patienten, wobei die Eckzähne und der Zahn 14 das höchste Aufkommen von Knochenläsionen vorweist

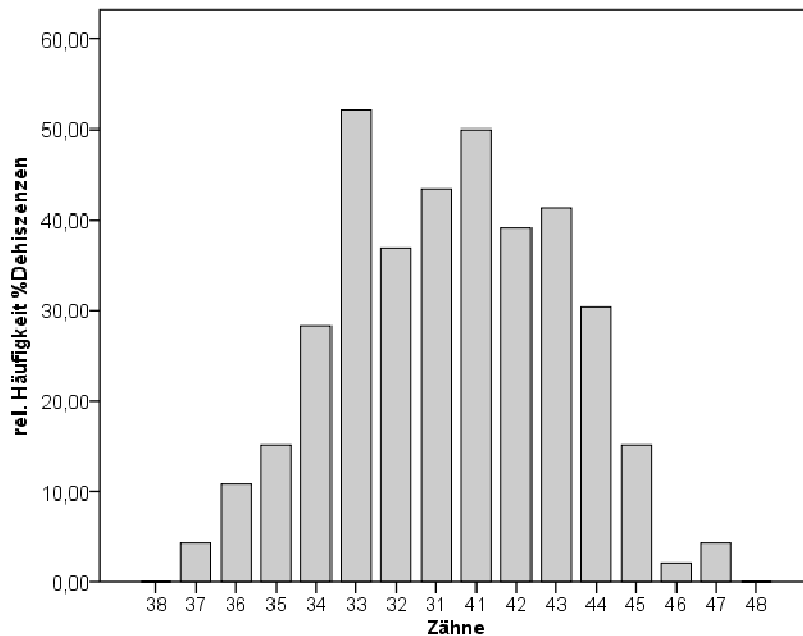


Abb.27: Dehiscenzen/Fenestrationsen im Unterkiefer der Altersgruppe über 50 Jahre alter kieferorthopädischer Patienten, wobei der Zahn 33 und 41 das höchste Aufkommen im UK-Frontzahnbereich zeigte und die ersten Prämolaren den höchsten Befund im UK-Seitenzahnbereich zeigten

4.2 Prävalenz verlagelter oberer Weisheitszähne

103 von 496, untersuchten Patienten weisen verlagerte Oberkieferweisheitszähne auf. Dies entspricht einem prozentualen Wert von 20,8%.

Tab.14: Bestehen von verlagerten Oberkieferweisheitszähnen, wobei mehr als $\frac{1}{4}$ der Patienten einen verlagerten Oberkieferweisheitszahn zeigten

		Häufigkeit	Prozent
Gültig	nein	393	79,2
	ja	103	20,8
	Gesamt	496	100,0

4.2.1 Kontakt zur benachbarten Kieferhöhle

Von den insgesamt 103 verlagerten Oberkieferweisheitszähnen weisen 40 einen unmittelbaren Kontakt zur benachbarten Kieferhöhle auf, dies entspricht 38,8%.

Tab.15: Verlagerte Oberkieferweisheitszähne mit oder ohne Kontakt zur benachbarten Kieferhöhle, wobei 38,8% der verlagerten Oberkieferweisheitszähne einen Kontakt aufzeigten

		Kontakt zur Kieferhöhle			
			nein	ja	Gesamt
verlagerte Oberkieferweisheits- zähne	nein	Anzahl	393	0	393
		%	100,0%	0%	100,0%
	ja	Anzahl	63	40	103
		%	61,2%	38,8%	100,0%
Gesamt	Anzahl	456	40	496	
	%	91,2%	8,8%	100,0%	

4.2.2 Kieferhöhlenkontakte in Abhängigkeit vom Alter

Der Vergleich innerhalb der Altersgruppen kieferorthopädischer Patienten mit verlagerten Oberkieferweisheitszähnen und bestehendem Kontakt zur Kieferhöhle ergab, dass 6 bis 10-Jährigen diesen Befund in 11,1% vorzeigten. Die Häufigkeit des vorliegenden Befundes nimmt innerhalb der Altersgruppen bis zum 19. Lebensjahr zu, so dass bei den 11 bis 13-Jährigen in 41,7% der Fälle dieser Befund zu eruieren war und die 14 bis 19-Jährigen den höchsten Befund mit 58,6% aufzeigten. Das Auftreten des beschriebenen Befundes ändert sich bei den Patienten ab dem 20. Lebensjahr nur unwesentlich. So konnte bei den 20 bis 29-Jährigen in 28,6% der Fälle ein verlagertes Oberkieferweisheitszahn mit dem direkten Kontakt zur Kieferhöhle herausgestellt werden. In 27,3% der Fälle wurde bei den 30 bis 39-Jährigen dieser Befund beobachtet. Folgend zeigten die 40 bis 49-Jährigen in 33,3% der Fälle den untersuchten Befund. In der Altersgruppe der über 50-Jährigen Patienten konnte das Bestehen jenes Befundes in 28,6% der Fälle beobachtet werden.

Der Chi-Quadrat-Test zur Untersuchung der Verteilung von verlagerten Oberkieferweisheitszähnen mit direktem Kontakt zur benachbarten Kieferhöhle im Bezug auf die verschiedenen Altersgruppierungen kieferorthopädischer Patienten ergibt $\text{Chi}^2 = 9.438$ ($p = 0,150$; zweiseitig). Demnach zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen den Altersgruppen kieferorthopädischer Patienten und dem Kontakt verlagertes Oberkieferweisheitszähne zur Kieferhöhle.

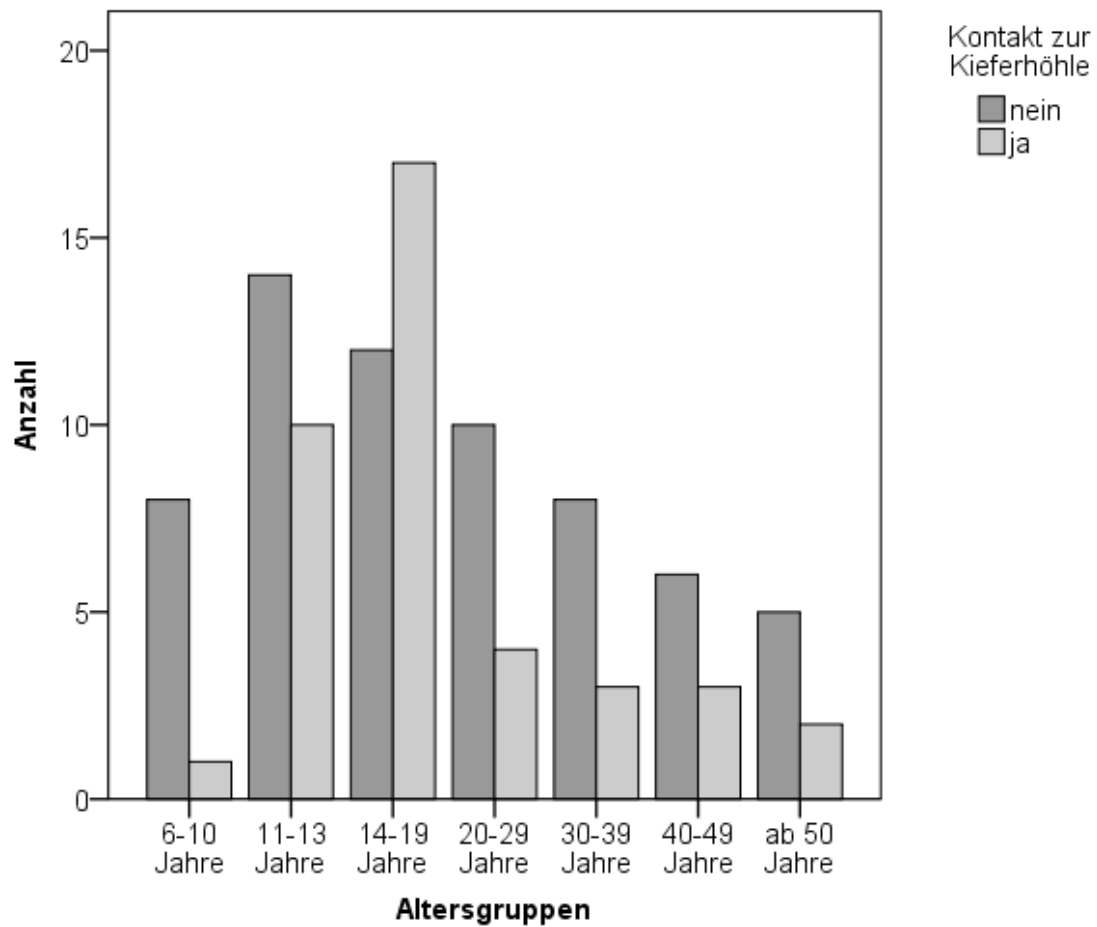


Abb.28: Altersgruppen kieferorthopädischer Patienten mit verlagerten oberen Weisheitszähnen, unterschieden in Zähne mit und ohne bestehenden Kontakt zur benachbarten Kieferhöhle, wobei kein Zusammenhang zwischen dem Bestehen eines Kontaktes zur Kieferhöhle und der entsprechenden Altersgruppe festgestellt werden konnte

4.3 Prävalenz verlagelter unterer Weisheitszähne

Von den 496 kieferorthopädischen Patienten weisen 75 Patienten mindestens einen verlagerten Unterkieferweisheitszahn vor. Dies entspricht einem prozentualen Wert von 15,1%.

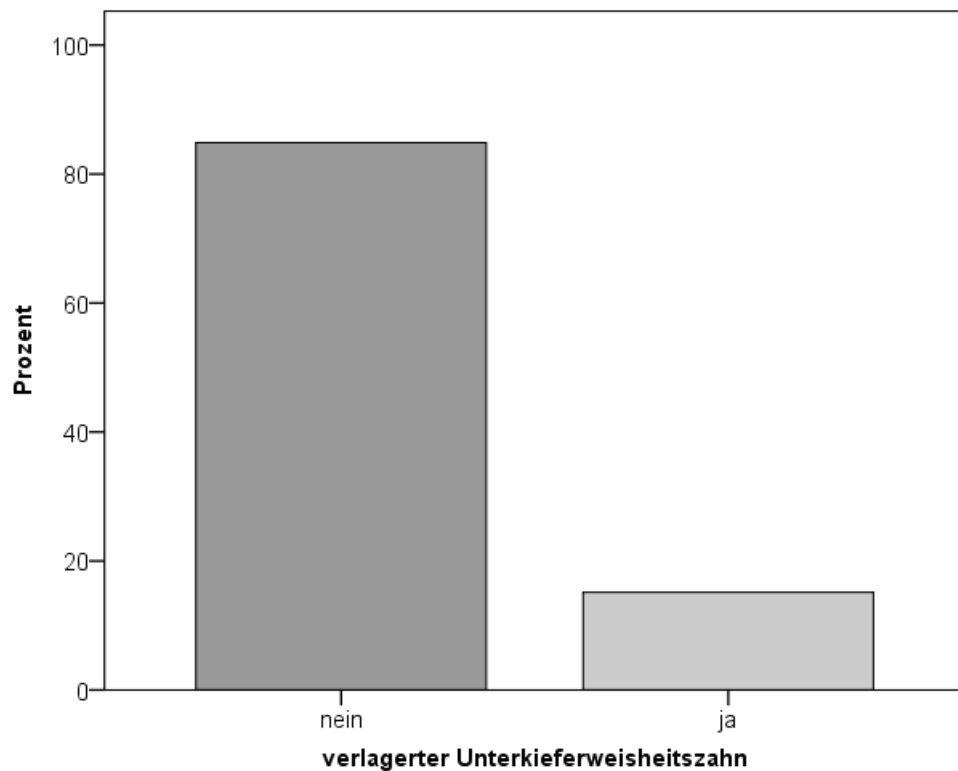


Abb.29: Häufigkeit verlagelter Unterkieferweisheitszähne anhand der untersuchten kieferorthopädischen Patienten, wobei 15,1% der Patienten einen verlagerten Unterkieferweisheitszahn zeigten

4.3.1 Kontakt zum Nervus alveolaris inferior

30,7% der verlagerten Unterkieferweisheitszähne weisen einen unmittelbaren Kontakt zum Nervus alveolaris inferior auf. Dies entspricht 23 verlagerten Unterkieferweisheitszähnen mit direktem Kontakt zum Nervus mandibularis von insgesamt 75 verlagerten unteren Weisheitszähnen.

Tab.16: Verlagerte Unterkieferweisheitszähne getrennt nach dem Bestehen eines Kontaktes zum Nervus alveolaris inferior, wobei $\frac{1}{3}$ der Patienten mit verlagerten Unterkieferweisheitszähnen einen Kontakt zum Nervus alveolaris inferior zeigten

		Kontakt zum Nervus alveolaris inferior			Gesamt
		nein	ja		
Verlagerter Unterkieferweisheitszahn	nein	Anzahl	421	0	421
		%	100,0%	0%	100,0%
	ja	Anzahl	52	23	75
		%	69,3%	30,7%	100,0%
Gesamt		Anzahl	473	23	496
		%	95,1%	4,9%	100,0%

4.3.2 Kontakt zum Nervus alveolaris inferior in Abhängigkeit vom Alter

Die Betrachtung der Prävalenz verlagerner Unterkieferweisheitszähne mit Kontakt zum Nervus alveolaris inferior innerhalb der Altersgruppen ergab, dass dieser Befund bei den 6 bis 10-Jährigen nicht anzutreffen war. Die 11 bis 13-Jährigen zeigten diesen Befund in 42,9% der Fälle. Bei Patienten zwischen dem 14. und 19. Lebensjahr konnte dieser Befund in 21,4% der Fälle beobachtet werden. Die 20 bis 29-Jährigen Patienten zeigten die Prävalenz in 33,3% der Fälle

auf, bei den 30 bis 39-Jährigen war dies bei 12,5% der Fall. In der Altersgruppe der 40 bis 49-Jährigen konnte zu 55,6% der Befund eruiert werden. Die über 50 Jahre alten Patienten wiesen einen Befund in 28,6% der Fälle auf.

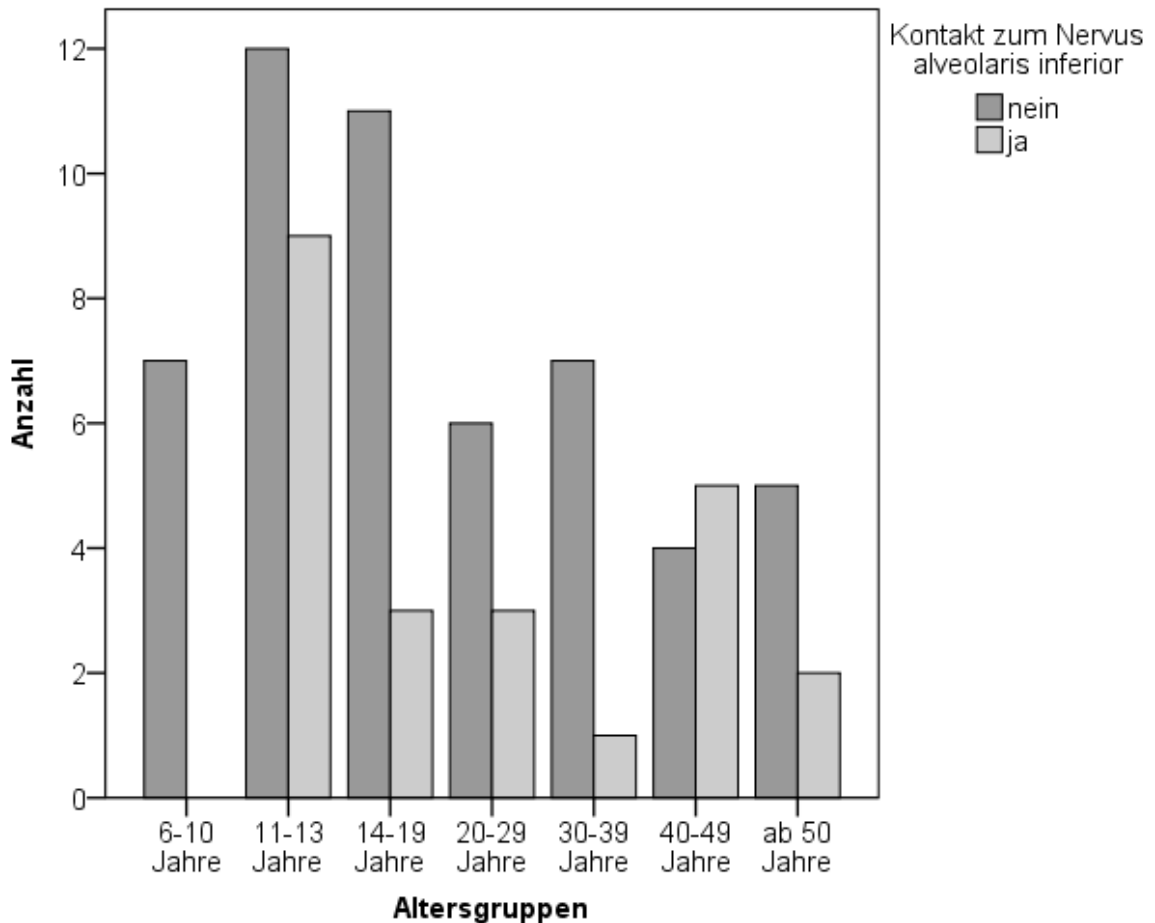


Abb.30: Altersgruppen untersuchter kieferorthopädischer Patienten mit verlagerten unteren Weisheitszähnen, unterschieden in Unterkieferweisheitszähne mit und ohne bestehenden Kontakt zum Nervus alveolaris inferior, wobei kein statistisch signifikanter Zusammenhang festgestellt werden konnte

Die statistische Untersuchung mittels Chi-Quadrat-Test ($\chi^2 = 9,034$ und $p = 0,172$, zweiseitig) stellte heraus, dass kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Alter der Patienten und dem Auftreten von verlagerten Unterkieferweisheitszähnen mit Kontakt zum Nervus alveolaris inferior ermittelt werden konnte.

4.4 Prävalenz verlagertes oberer Eckzähne

Es konnten von 496 untersuchten kieferorthopädischen Patienten 60 Individuen mit mindestens einem verlagerten Oberkiefereckzahn erfasst werden. Dies entspricht 12,1%.

Tab.17: Häufigkeit verlagertes Oberkiefereckzähne anhand der untersuchten Patienten, wobei 12,1% der Patienten einen verlagerten Oberkiefereckzahn zeigten

	Häufigkeit	Prozent
nein	436	87,9
ja	60	12,1
Gesamt	496	100,0

4.4.1 Wurzelkontakt zu benachbarten Zähnen

Bei 21,7% der untersuchten kieferorthopädischen Patienten liegt ein verlagertes Oberkiefereckzahn mit direktem Kontakt zur Wurzel des ipsilateralen seitlichen Oberkieferschneidezahns vor.

Tab.18: Verlagerte Oberkiefer Eckzähne mit oder ohne Kontakt zur benachbarten Oberkieferschneidezahnwurzel, wobei weniger als ¼ der Patienten mit verlagerten Oberkiefer Eckzähnen einen Kontakt aufzeigten

		Kontakt zur benachbarten seitlichen Schneidezahnwurzel		
		nein	ja	Gesamt
Verlagerter Oberkiefer Eckzahn	nein Anzahl	436	0	436
	%	100,0%	0%	100,0%
	ja Anzahl	47	13	60
	%	78,3%	21,7%	100,0%
Gesamt	Anzahl	483	13	496
	%	97,4%	2,6%	100,0%

4.4.2 Vestibuläre Knochendehiszenzen/Fenestrationen an benachbarten Zähnen

Von den 60 kieferorthopädischen Patienten mit verlagerten oberen Eckzähnen weisen 23 vestibuläre Dehiszenzen/Fenestrationen an den ipsilateralen seitlichen Schneidezähnen auf, dies entspricht einem prozentualen Wert von 38,3%.

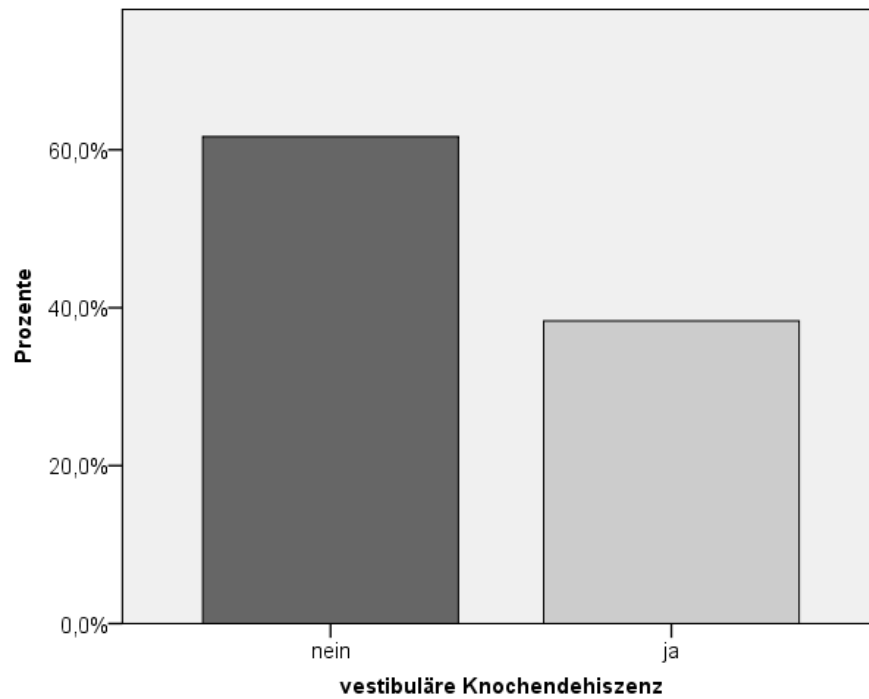


Abb.31: Vestibuläre Dehiszenzen/Fenestrationsen der ipsilateralen seitlichen Schneidezähne bei kieferorthopädischen Patienten mit verlagerten Oberkiefereckzähnen, wobei mehr als $\frac{1}{3}$ der verlagerten Oberkiefereckzähne Knochendefekte an den seitlichen Schneidezähnen zeigten

5. Diskussion

5.1 Diskussion der Methoden

Die Befunderhebung mit Hilfe von DVT Aufnahmen wird durch vielfältige Faktoren beeinflusst. Zum einen hat der Untersuchende einen wesentlichen Einfluss auf die Ergebnisfindung. Zum anderen spielen technische Faktoren, wie die Einstellungsparameter der DVT Aufnahme in Form des FOV oder die Voxelgröße, eine entscheidende Rolle auf die Befunderhebung.

In der vorliegenden Arbeit wurde auf schon vorhandene DVT Aufnahmen zurückgegriffen, welche aufgrund von spezifisch rechtfertigenden Indikationen im Praxisalltag angefertigt wurden. Die in der Studie zur Verfügung stehenden Patientenaufnahmen wurden anonym und durch das Zufallsprinzip ausgewählt. In der Verteilung der Patientenpopulation überwiegt das weibliche Geschlecht, jedoch ist aufgrund des großen Patientengutes ein annähernder Vergleich zwischen den Geschlechtern möglich.

Da es sich bei der vorliegenden Studie ausschließlich um kieferorthopädische Patienten handelt, kann hier von einer Selektion des Patientengutes gesprochen werden. Ein Rückschluss auf das Vorkommen von Zufallsbefunden in der Gesamtbevölkerung ist demnach nicht zulässig.

Des Weiteren gestaltet sich ein Vergleich von Studien schwierig, welche sich mit der Befunderhebung von kieferorthopädischen Patienten auseinandersetzen. So können beispielsweise unterschiedliche Gesichtsschädeltypen einen Einfluss auf das Ergebnis haben. Diesbezüglich konnte in der Studie von Tsunori *et al.* (1998) eine geringere Dicke des alveolären Knochens der zweiten Prämolaren und Molaren an kieferorthopädischen Patienten mit dolichofazialen Gesichtstyp festgestellt werden [105]. Auch Evangelista *et al.* (2010) weist auf die unterschiedliche Häufigkeit von Knochendehiszenzen variierend vom Gesichtstyp des kieferorthopädischen Patienten hin [32]. Die vorliegende Arbeit trifft diesbezüglich keine Unterscheidung der Patienten in die jeweiligen Gesichtsschädeltypen. Dies könnte zu einer Abweichung der Ergebnisse im Vergleich mit anderen Studien führen.

Fortführend spielt eine hohe Probandenanzahl eine wichtige Rolle, um die Breite des Konfidenzintervalls so gering wie möglich zu halten. Demzufolge kann angenommen werden, dass bei der Untersuchung großer Patientenzahlen die Wahrscheinlichkeit höher ausfällt, dass

Zufallsbefunde äquivalent in der Grundgesamtheit kieferorthopädischer Patienten vorzufinden sind, als bei kleineren Probandenzahlen. Es wurde in dieser Studie mit 496 Patienten absichtlich eine hohe Fallzahl an kieferorthopädischen Patienten untersucht.

Um Fehler bei der Datenerhebung zu vermeiden, erfolgte vor Beginn der Untersuchung die Einführung und Kalibrierung in die Visualisierungssoftware. Übungen und Probemessungen steigerten die Sicherheit in der Befunderhebung. Diese Voruntersuchungen fanden vier Wochen vor der eigentlichen Befunderhebung statt.

Trotzdessen kann eine unbewusste oder bewusste Verzerrung der Ergebnisse durch den Untersuchenden nicht ausgeschlossen werden. Dieses Phänomen, auch als Hawthorne Effekt bezeichnet, beschreibt das Verhalten des Begutachtenden der sich als Teil der Studie beobachtet fühlt und sein Verhalten ändert, um der Erwartungshaltung der Studienleitung gerecht zu werden. Diese Fehlerquelle findet ihren Ursprung nicht in der untersuchten Messgröße, sondern geht von dem Untersuchenden selbst aus [106].

Um Fehler bei der Datenanalyse zu vermeiden, wurden fehlende Zähne oder nicht zur Bewertung herangezogene Zähne bei der Beurteilung berücksichtigt.

Fehlerquellen, die als ein technischer Aspekt in der DVT-Aufnahme auftreten können, sind multipel. So können Bewegungen, während der Aufnahme oder Artefakte in Form von Metallfüllungen oder Kronen, die Befunderhebung stark beeinträchtigen [107]. Einstellungsparameter, wie das FOV oder die Voxelgröße, können weiterführend Einfluss auf die Befunderhebung nehmen.

Ein Voxel kann als ein dreidimensionales Äquivalent eines Pixels verstanden werden. Dabei beschreibt ein Pixel einen Bildpunkt auf einem Bildschirm, welcher jedoch nur durch zwei Koordinatenpunkte gekennzeichnet ist. Ein Voxel zeichnet sich im Gegensatz dazu durch 4 Koordinatenpunkte aus. Die Voxelgröße entspricht somit der ungefähren Bildauflösung eines dreidimensionalen Scans [107]. Je nach System und Einstellung kann die Kantenlänge eines Voxels 0,4 mm bis 0,125 mm betragen.

Welche Voxelgröße notwendig ist um filigrane Knochenstrukturen im DVT zu beurteilen, wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Ballrick *et al.* (2008) untersuchte dies mit Hilfe des i-CAT Systems® anhand eines Phantoms. Er überprüfte hierbei das Auflösungsvermögen bei verschiedenen Einstellungen der Voxelgröße. Ergebnis dieser Studie war, dass bei einer Voxelgröße von 0,2 mm eine räumliche Auflösung von 0,4 mm erzielt werden konnte [108]. Die

Differenz zwischen der Voxelgröße und der Bildauflösung erklären Molen *et al.* (2010) anhand von Nebeneffekten wie dem Vorliegen von Artefakten oder des Bildrauschens [107]. Weiterführend konnte bei der Einstellung des i-CAT Systems mit einer Voxelgröße von 0,3 -0,4 mm ein Auflösungsvermögen von 0,7 mm festgestellt werden. In Gebieten mit sehr dünnem Knochenangebot schlussfolgert er auf eine unzureichende Visualisierung und Diagnostik der alveolären Knochenlamelle bei einer Voxelgröße von 0,3-0,4 mm [108]. Gegensätzlich dazu stellten Damstra *et al.* (2010) in seinen Nachforschungen heraus, dass keine höhere Genauigkeit der Visualisierung und Diagnostik von filigranen Knochenstrukturen durch das Verringern der Voxelgröße erreicht werden konnte [109].

In dieser Arbeit wurde mit einer Voxelgröße von 0,25 mm gearbeitet. Dies stellt einen Kompromiss bezüglich der Forderung Ballricks *et al.* (2008) nach einer geringen Voxelgröße zur Beurteilung filigraner Knochenstrukturen und der Beachtung des ALARA Prinzips dar. Zu beachten ist, dass grundsätzlich eine niedrige Kantenlänge mit einer höheren Strahlenbelastung einhergeht [107].

5.2 Diskussion der Ergebnisse

5.2.1 Prävalenz von Dehiszenzen/Fenestrationen der bukkalen Knochenlamelle

Die Prävalenz von Dehiszenzen/Fenestrationen bukkaler Knochenlamellen wurde vereinzelt in der Literatur beschrieben. Nowazari *et al.* (2010) untersuchten die Dicke des Alveolarknochens mittlerer Oberkieferschneidezähne mit Hilfe der digitalen Volumentomografie anhand von 101 zufällig ausgewählten Patienten. Aus seiner Arbeit geht hervor, dass er auf das häufige Vorkommen einer dünnwandigen fazialen Alveolarknochenwand von ≤ 2 mm schließt. Bei 12% der untersuchten Patienten zeigte sich eine Läsion der bukkalen Knochenlamelle an den mittleren Oberkieferschneidezähnen [110].

Die eingehend erwähnte Studie von Evangelista *et al.* (2010) untersuchte die Prävalenz von Knochendefekten anhand von 159 kieferorthopädischen Patienten mit bestehender Klasse I- und II-Anomalie. Mit dem Ergebnis, dass 96,9% der untersuchten kieferorthopädischen Patienten Dehiszenzen/Fenestrationen der bukkalen Knochenlamelle aufzeigten. Bei der Beurteilung aller Zähne konnte ein Defekt der Knochenlamelle in 51,9% der Fälle ermittelt werden. Eine

Abhängigkeit der Prävalenz von der jeweiligen Anomalieform kieferorthopädischer Patienten konnte herausgestellt werden. So wurde bei Patienten mit Klasse I-Anomalie 35% mehr Knochenläsionen festgestellt, als bei Patienten mit Klasse II- Anomalie [32].

Braut *et al.* (2011) bestätigt das Vorkommen von Dehiszenzen der bukkalen Knochenlamelle in seiner Studie aus dem Jahr 2011. Inhalt dieser Studie sind Messungen der Knochendicke im vorderen Oberkieferbereich mittels digitaler Volumetomografie. Beurteilt wurden 498 Zähne aus insgesamt 125 DVT-Aufnahmen. Auch in diesem Fall wurde die sagittale Schnittbilddarstellung zur Beurteilung der Knochendehiszenz herangezogen und die Knochendicke an zwei Standorten des jeweiligen Zahnes vermessen. Der erste Referenzpunkt lag 4 mm apikal der Schmelz-Zement-Grenze und der zweite Referenzpunkt lag an der Wurzelmitte. In 25,7% der Fälle konnte ein Fehlen der Knochenlamelle am ersten Referenzpunkt festgestellt werden. Die Betrachtung des zweiten Referenzpunktes ergab in 10% der Fälle ein Fehlen der Knochenlamelle. Insgesamt konnte herausgestellt werden, dass bei 90% der untersuchten Patienten eine Knochendehiszenz bestand. Das Vorkommen von Dehiszenzen, außerhalb der festgelegten Referenzpunkte, wurde in der Gesamtbetrachtung berücksichtigt [111].

Die in der vorliegenden Abhandlung ermittelte Prävalenz der Knochendehiszenz/Fenestration kieferorthopädischer Patienten von 89,5%, reiht sich nahtlos in die ermittelten Werte der Literatur von Evangelista *et al.* (2010) und Braut *et al.* (2011) ein. Die Anzahl der Zähne, die eine Knochenläsion vorweisen sowie die Ausprägung des Befundes, unterscheiden sich von den ermittelten Daten dieser Arbeit zu denen der Studien. Abweichungen können bei den zum Vergleich eingesetzten Studien, durch eine geringere Patientenzahl, wie auch aus der unabhängigen Betrachtung der Patienten von deren vorliegender Anomalieform gemutmaßt werden. Im Unterschied zu den verglichenen Studien, ist bei dieser Arbeit die Untersuchung beider Kiefer und die Betrachtung aller Zahngruppen zur Bestimmung der Prävalenz hinzugezogen worden.

5.2.1.1 Abhängigkeit von der Lokalisation im Ober- und Unterkiefer

Neue Erkenntnisse zum Bestehen von Dehiszenzen und Fenestrationsen kieferorthopädischer Patienten mit Klasse I-, II- und III-Anomalie wirft die Studie von Yagci *et al.* (2011) auf. Innerhalb dieser Studie wurden 123 Patienten mittels DVT untersucht. Unterschiede zeigten sich in der Verteilung von Knochendefekten innerhalb des Ober- und Unterkiefers sowie innerhalb einzelnen Zahngruppen. Kein Unterschied der Prävalenz konnte zwischen dem Ober- und Unterkiefer bei Patienten mit Klasse I-Anomalie eruiert werden. Im Unterkiefer zeigte sich dagegen eine erhöhte Prävalenz von Alveolardefekten bei Patienten mit Klasse II- und III-Anomalie. Die Überprüfung der Prävalenz innerhalb der Zahngruppen ergab ein vermehrtes Vorkommen von bukkalen Knochendefekten im Unterkieferfrontzahnbereich [112].

Die schon im vorherigen Text erwähnte Studie von Braut *et al.* (2011) weist weiterführend auf die Reduktion der bukkalen Knochendicke im Oberkieferfrontzahnbereich hin [111].

Nachforschungen zum lingualen und bukkalen Alveolarknochenangebot von Ferreira (2010) konnten keinen Zusammenhang zwischen dem Bestehen von Knochenläsionen und dem Vorliegen unterschiedlicher Schädelwachstumstypen ermitteln. Es wurden hierbei 30 kieferorthopädische Patienten, beider Geschlechts, im Alter von 10-37 Jahren, mittels i-CAT® DVT-Aufnahmen untersucht. Fortführend wird geschlussfolgert, dass im Ober- und Unterkiefer die bukkale Knochenlamelle ein geringeres Knochenangebot aufweist als lingual. Eine verminderte labiale Knochenbreite konnte des Weiteren im Frontzahngebiet beider Kiefer eruiert werden. Innerhalb des Oberkiefers konnte ein mangelndes Knochenangebot an den Eckzähnen und an den ersten Molaren festgestellt werden. Im Unterkiefer konnte dies ebenfalls am Eckzahn und dem ersten Prämolaren fixiert werden [113].

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass in den verglichenen Studien kein einheitlicher Zusammenhang der Prävalenz von Knochendefekten zwischen dem Ober- und Unterkiefer getroffen werden konnte. Eine Übereinstimmung mit den Erkenntnissen der vorliegenden Arbeit kann in der Untersuchung von Yagci *et al.* (2011) bei den Patienten mit Klasse I-Anomalie herausgestellt werden. Die Überlegung, ob eine differenzierte Betrachtung nach der jeweiligen Anomalieform das Vorliegen der Prävalenz ändert, kann durch die Studie von Yagci *et al.* (2011) gemutmaßt werden. Da in dieser Arbeit die untersuchten Patienten nicht nach der bestehenden Dysgnathieform oder dem Gesichtsschädeltyp getrennt betrachtet wurden, könnte dies eine Erklärung für das Abweichen der eruierten Ergebnisse sein. Die große Differenz der

Patientenzahl zwischen den erwähnten Studien und der vorliegenden Arbeit könnte ebenfalls dazu beigetragen haben, dass ein unterschiedliches Ergebnis herausgestellt wurde. Hinsichtlich des vermehrten Auftretens von Knochendefekten im Frontzahnbereich des Ober- und Unterkiefers konnte eine Übereinstimmung, zwischen den untersuchten Studien und dem Ergebnis der vorliegenden Abhandlung, beobachtet werden. Das Ermitteln geringer bukkaler Knochenbreiten einzelner Zahngruppen aus der Studie von Ferreira (2010) zeigt eine Kongruenz mit der ermittelten Prävalenz der vorliegenden Arbeit.

Grundsätzlich sollte demnach eine dreidimensionale Röntgenanalyse des Patienten vor Behandlungsbeginn erfolgen, da einige Zahngruppen eine hohe Prävalenz dieses Befundes zeigen. Den durch das Wissen um die bukkale Knochenläsion, kann der Behandelnde die kieferorthopädische Zahnbewegung modifizieren, um weiteren Knochenabbau zu verhindern [5].

5.2.1.2 Abhängigkeit von der Lokalisation im Front- und Seitenzahnbereich

Die Diskussion zur Abhängigkeit der Prävalenz von der Lokalisation im Front- und Seitenzahnbereich wurde in dem Kapitel zur Abhängigkeit von der Lokalisation im Ober- und Unterkiefer mit abgehandelt und ist folglich dem Abschnitt 5.2.1.1 zu entnehmen.

5.2.1.3 Abhängigkeit vom Geschlecht

Nowzari *et al.* (2010) kann in seiner Untersuchung zum Bestehen von Dehiszenzen oberer, mittlerer Schneidezähne keine signifikanten Unterschiede zwischen dem weiblichen und männlichem Geschlecht der untersuchten Patienten in Erfahrung bringen [110]. Ein ähnliches Ergebnis ist in der Studie von Ferreira (2010) vorzufinden; es konnte kein Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und der Abnahme der bukkalen Alveolarknochendicke festgestellt werden [113].

Dies steht im Gegensatz zu den ermittelten Ergebnissen der vorliegenden Studie. Es konnte bei weiblichen Patienten ein signifikant höheres Aufkommen an Dehiszenzen/Fenestrationsen der bukkalen Knochenlamelle nachgewiesen werden, als bei männlichen Patienten. Das Abweichen der Ergebnisse könnte durch das Vorliegen von geringeren Patientenzahlen, bei den zum

Vergleich herangezogenen Studien, erklärt werden. Weitere Studien die den Parameter Geschlecht im Zusammenhang mit dem Vorkommen von Dehiszenzen/Fenestrationen der bukkalen Knochenlamelle berücksichtigen, konnten derzeit nicht ermittelt werden.

5.2.1.4 Abhängigkeit vom Alter

Ebenfalls kann Nowzari *et al.* (2010) in seiner Nachforschung zum Bestehen von Dehiszenzen oberer, mittlerer Schneidezähne keinen signifikanten Unterschied zwischen dem Alter der untersuchten Patienten und dem Vorliegen von Knochendefekten in Erfahrung bringen [110]. Auch in der schon erwähnten Studie von Ferreira (2010) konnte kein Zusammenhang zwischen dem Alter der Patienten und der Abnahme der bukkalen Alveolarknochendicke fixiert werden [113].

Dies steht im Gegensatz zu den ermittelten Ergebnissen der vorliegenden Studie. Indem die Altersgruppe der 6-10 Jährigen signifikant seltener einen Defekt der bukkalen Knochenlamelle aufweisen. Das Divergieren der eruierten Ergebnisse aus der Literatur und der vorliegenden Arbeit könnte, wie schon im vorangegangenen Kapitel erwähnt wurde, durch das Vorliegen einer geringeren Patientenzahl, der verglichen Studie erklärt werden. Auch die differenzierte Betrachtung einer bestimmten Zahngruppe oder des gesamten Zahnstatus könnte zu unterschiedlichen Ergebnissen geführt haben. Einen weiteren Aspekt, welcher Einfluss auf das bukkale Knochenangebot nehmen kann, stellen Ghassemian *et al.* (2012) heraus. So wurde ein Zusammenhang zwischen dem reduzierten bukkalen Knochenangebot und dem Tabakabusus fixiert [114]. Die Unterscheidung der Patienten mit oder ohne Tabakabusus könnte das Ergebnis demnach beeinflussen. Des Weiteren konnte in der Untersuchung von Ghassemian *et al.* (2012) ein geringeres Knochenangebot bei Patienten mit über 50 Jahren ermittelt werden [114]. Dies entspricht dem Ergebnis der vorliegenden Arbeit, indem die Altersgruppe der über 50-Jährigen mit 97,8% die höchste Prävalenz dieses Befundes aufzeigte.

5.2.2 Prävalenz verlagelter oberer Weisheitszähne

Die Häufigkeit des Vorliegens verlagelter Weisheitszähne wird in der Literatur mit durchschnittlich 40-45% in der Bevölkerung angegeben [115]. Knapp unter diesem Rahmen liegt der ermittelte Wert von 36% der vorliegenden Studie. Eine Differenzierung der Prävalenz zwischen verlagerten Ober- und Unterkieferweisheitszähnen konnte in der Studie von Björk *et al.* (1956) nicht ermittelt werden. Diese Feststellung steht im Zwiespalt zu den von Kristen ermittelten Erkenntnissen aus dem Jahr 1978. In ihrer Arbeit wird auf das vermehrte Auftreten von verlagerten Unterkieferweisheitszähnen (in 57% der Fälle) im Vergleich zu verlagerten Oberkieferweisheitszähnen (in 20% der Fälle) festgestellt [116]. Neueren Untersuchungen zufolge ist ein umgekehrter Trend an Verlagerungen zwischen Ober- und Unterkieferweisheitszähnen zu verzeichnen. So untersuchte Rahn *et al.* (1995) das Aufkommen von verlagerten Weisheitszähnen anhand von 10000 Panoramaschichtaufnahmen. In 40,2% der Fälle konnten verlagerte Oberkieferweisheitszähne und in 30% verlagerte Unterkieferweisheitszähne ermittelt werden [117]. Diese Tendenz spiegelt sich in den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit wieder, mit 20,8% verlagerten Oberkieferweisheitszähnen und 15,1% verlagerten Unterkieferweisheitszähnen. Des Weiteren wurde in der Promotionsarbeit von Teiser aus dem Jahr 2009 ein geringeres Vorkommen von verlagerten Ober- und Unterkieferweisheitszähnen beobachtet. Die Untersuchung von 1021 Panoramaschichtaufnahmen auf Haupt- und Nebenbefunde ergab in 6% der Fällen einen verlagerten Unterkieferweisheitszahn und in 4,5% der Fälle einen verlagerten Oberkieferweisheitszahn [118].

Die große Streuung der ermittelten Werte ist erklärbar, da die Feststellung von verlagerten und retinierten Weisheitszähnen als eine undogmatische Größe betrachtet werden kann. Gerade im Unterkiefer wird von Veränderungen der Zahnposition und dem Einstellen des Zahnes in die Okklusionsebene auch nach dem 19. Lebensjahr berichtet [119-120]. Somit ist ein Abweichen der Prävalenz in unterschiedlichen Altersgruppierungen der Patienten denkbar. Ebenfalls kann die Anwendung unterschiedlicher Definitionen, was unter einer Verlagerung zu verstehen ist, zu einer Abweichung der Prävalenz führen. Des Weiteren könnte die Erhebung der Prävalenz durch im Vorfeld erfolgte Extraktionen verlagelter Weisheitszähne beeinflusst worden sein.

5.2.2.1 Kontakt zur benachbarten Kieferhöhle

Nur eine dünne Knochenlamelle trennt die Kieferhöhle von den benachbarten Oberkieferseitenzähnen. Die Dicke der Knochenlamelle wird mit 0,2-1,8 mm angenommen. Das Knochenangebot kann je nach Betrachtung des entsprechenden Seitenzahns und Individuums erheblich variieren. Bei verlagerten und retinierten Seitenzähnen wird sogar davon berichtet, dass die Wurzelspitze oftmals nur mit der Kieferhöhlenschleimhaut bedeckt ist [121]. Auch Kontakte oder sogar Perforationen der Kieferhöhle von Oberkieferseitenzähnen werden in der Literatur beschrieben [122-123].

Das Vorliegen von Kontakten zwischen verlagerten Oberkieferweisheitszähnen und der benachbarten Kieferhöhle kann durch das Bestehen von Mund-Antrum-Verbindungen nach Extraktion verglichen werden, da in diesen Fällen eine unmittelbare Kontaktbeziehung zur Kieferhöhle zu vermuten ist. In der Literatur unterstützt diese Aussage Hirata *et al.* (2001), indem er mittels vorhandener Panoramaschichtaufnahmen diejenigen Zähne untersuchte, welche bei der nachfolgenden Extraktion eine MAV aufwiesen. Das Ergebnis seiner Studie ist, dass 94,3% der extrahierten Zähne einen direkten Kontakt zur Kieferhöhle in der vorher erstellten PSA zeigten [124].

Betrachtet man die Fälle einer MAV bei der Entfernung von verlagerten/retinierten Oberkieferweisheitszähnen, so konnte dies in der Studie von Rothamel *et al.* (2007) mit einer Häufigkeit von 34% angegeben werden [125]. Das ermittelte Ergebnis der vorliegenden Arbeit entspricht mit 38,8% ungefähr der getroffenen Aussage von Rothamel *et al.* (2007).

Ein höheres Aufkommen (57,5%) einer MAV bei Extraktionen von verlagerten/retinierten Oberkieferweisheitszähnen stellt die Arbeit von Majer (2006) heraus. Mit Hilfe ihrer Abhandlung konnte beobachtet werden, dass eine MAV, bei Entfernung von vertikal und distoangulär verlagerten Oberkieferweisheitszähnen, signifikant häufiger anzutreffen ist [126].

Mokosch (2002) verantwortet vor allem vollretinierte Oberkieferweisheitszähne als häufige Ursache für die Entstehung einer MAV bei Entfernung ebendieser Zähne. In 51,06% der Fälle konnte eine MAV bei der Entfernung eines vollretinierten oberen Weisheitszahnes nachgewiesen werden [127].

Die von Majer (2006) und Mokosch (2002) ermittelten Werte sind etwas höher ausgefallen, als die Ergebnisse der vorliegenden Studie. Ein Grund hierfür könnte die Annahme sein, dass das

chirurgische Vorgehen mitunter zur Entstehung einer MAV führen kann. In diesen Fällen muss kein direkter Kontakt des extrahierten Oberkieferweisheitszahns mit der Kieferhöhle bestanden haben, um eine MAV zu verursachen. Majer (2006) stellt in diesem Zusammenhang heraus, dass die meisten Vorfälle einer MAV unter der Verwendung des Hebels zu verzeichnen waren (57,8%) [126]. Auch das anschließende Sondieren der Alveole nach erfolgter Extraktion, zum Ausschluss einer MAV, kann wiederum eine Perforation der Kieferhöhle verursachen, sodass das Sondieren mit scharfkantigen Instrumenten vermieden werden sollte [128]. Weiterführend könnte ein Zusammenhang zwischen der Lokalisation sowie dem Schweregrad der Verlagerung des jeweiligen Zahnes und dem Vorliegen einer MAV nach Extraktion vermutet werden.

Um die Komplikation im Sinne einer MAV zu vermeiden, sollte ein direkter Kontakt des verlagerten Oberkieferweisheitszahnes mit der Kieferhöhle durch dreidimensionale Röntgentechnik präoperativ abgeklärt werden.

5.2.2.2 Kieferhöhlenkontakte in Abhängigkeit vom Alter

Wie auch in dem vorherigen Kapitel bietet sich der Vergleich mittels Studien an, die sich mit dem Bestehen einer MAV als Folge einer Extraktion von verlagerten Oberkieferweisheitszähnen auseinandersetzt.

Untersuchungen diesbezüglich finden sich in der Arbeit von Majer (2006) wieder. Hier wurde die Komplikation in Form einer MAV bezüglich des Alters der entsprechenden Patienten betrachtet. Resultierend kann bei Patienten im Alter zwischen 21 und 30 Jahren eine MAV bei der Entfernung von verlagerten Oberkieferweisheitszähnen mit 34% angegeben werden. Für Patienten im Alter von 31-40 Jahren konnte eine Rate von 33,15% und bei Patienten im Alter zwischen 41 und 50 eine Rate von 35,42% eruiert werden. Waren die Patienten jünger als 21 Jahre oder älter als 51 Jahre lag die Komplikationsrate einer MAV unter 32,18% [126].

Demzufolge konnte kein gravierender Unterschied zwischen den einzelnen Altersgruppen und dem Vorliegen einer MAV bei Extraktion der verlagerten Oberkieferweisheitszähne beobachtet werden. Diese Feststellung spiegelt sich in dem Ergebnis der vorliegenden Arbeit wieder, indem kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen dem Alter der Patienten und dem Aufkommen von verlagerten Oberkieferweisheitszähnen mit direktem Kontakt zur Kieferhöhle ermittelt werden konnte.

Im Gegensatz dazu weisen zahlreiche Studien auf ein signifikant höheres Vorkommen von Komplikationen bei der Entfernung von verlagerten Weisheitszähnen älterer Patienten hin [125, 129-130]. Es kann allerdings davon ausgegangen werden, dass Operationsrisiken im Allgemeinen mit zunehmendem Lebensalter steigen [129]. Zum einen kann das Steigen der Komplikationsrate mit zunehmendem Alter als Folge eines multifaktoriellen Ursachenkomplexes verstanden werden, in denen Erkrankungen, die im direkten Zusammenhang mit intra- und postoperativen Komplikationen stehen, oftmals mit einem höheren Lebensalter verbunden sind. Ein Beispiel diesbezüglich kann das Vorliegen eines schlecht eingestellten Diabetes sein, welcher zu einer Wundheilungsstörung führen kann [131]. Von einer allgemein verlangsamten Wundheilung im fortgeschrittenem Alter gehen Holt *et al.* (1992) aus [132]. Auch Erkrankungen des Gefäßsystems, die oft mit einem fortgeschrittenem Alter verknüpft sind und die Einnahme von blutverdünnenden Medikamenten bedingen, können ebenfalls zu einer Erhöhung der Komplikationsrate führen [133]. Zum anderen können die mit zunehmendem Alter auftretenden Veränderungen des Knochens die Komplikationsrate beeinflussen. So berichtet Calais (1970) von einem im Alter spröder werdenden Knochen, der zudem meist atrophische Merkmale aufweist [134]. Dies sind einige Faktoren, die die intra- und postoperativen Komplikationen zusätzlich beeinflussen, die aber nicht im direkten Zusammenhang mit der Komplikation im Sinne einer MAV stehen müssen.

5.2.3 Prävalenz verlagertes unterer Weisheitszähne

Die Diskussion zur Prävalenz verlagertes Unterkieferweisheitszähne wurde in dem Kapitel der Prävalenz verlagertes Oberkieferweisheitszähne mit abgehandelt und ist folglich dem Abschnitt 5.2.2 zu entnehmen.

5.2.3.1 Kontakt zum Nervus alveolaris inferior

Die Schädigung des Nervus alveolaris inferior bei operativer Entfernung verlagertes Unterkieferweisheitszähne wird derzeit mit einer Inzidenz von 1-22% beschrieben [135]. Demzufolge spielt die Beurteilung des Kontaktes zwischen verlagertes unteren Weisheitszähnen und dem Nervus alveolaris inferior eine entscheidende Rolle zur Minimierung dieser Komplikation.

Eyrich *et al.* (2011) untersuchte anhand von 515 verlagerten unteren Weisheitszähnen mittels DVT, die genaue Lagebeziehung zwischen dem verlagerten Unterkieferweisheitszahn und dem Nervus alveolaris inferior. Dabei konnte er Verengungen des Nervenkanals (OR 4,95) sowie einen direkten Kontakt zwischen dem Nerv und der Wurzel verlagerter Unterkieferweisheitszähne (OR 5,05) nachweisen [135].

Die Häufigkeit des Kontaktes von Unterkieferweisheitszähnen zum benachbarten Nervus alveolaris inferior konnte ebenso in der Studie von Kositbowornchai *et al.* (2010) in 68,8% der Fälle festgestellt werden. Er untersuchte 32 Unterkieferweisheitszähne mittels konventioneller Röntgentechnik (PSA und Zahnfilmaufnahmen in zwei Projektionen) [66].

Dies entspricht einem doppelt so hohen Vorkommen an Unterkieferweisheitszähnen mit Kontakt zum Nervus alveolaris inferior im Vergleich zu dem ermittelten Ergebnis der vorliegenden Abhandlung (30,7%). Zu einer fast identischen Feststellung kommt Susarla *et al.* (2007) im Jahr 2007. In seiner Studie werden zwei Röntgenverfahren im Bezug auf die Beurteilung der Nähe von Unterkieferweisheitszähnen zum Nervus alveolaris inferior verglichen. Es resultiert ein Ergebnis, in dem 80,4% der Unterkieferweisheitszähne einen direkten Kontakt zum Nerven mittels PSA zeigten. Die gleichen Patienten wurden nun unter Zuhilfenahme einer Computertomografie erneut untersucht mit dem Ergebnis, dass nur noch in 32,6% der Fälle ein direkter Kontakt zwischen dem Weisheitszahn und dem Nervus alveolaris inferior fixiert werden konnte [136]. Der durch die Computertomografie ermittelte Wert von 32,6% entspricht dem herausgestellten Ergebnis der vorliegenden Arbeit weitaus besser. Das Wissen um einen direkten Kontakt zwischen verlagerten Unterkieferweisheitszähnen und dem Nervus alveolaris inferior kann helfen, dass chirurgische Vorgehen bei der Entfernung eben dieser Zähne anzupassen, um Komplikationen wie postoperative Sensibilitätsstörungen zu vermeiden [67].

5.2.3.2 Kontakte zum Nervus alveolaris inferior in Abhängigkeit vom Alter

Im Vergleich der Altersgruppen in dieser Arbeit, konnte kein Zusammenhang zwischen den verlagerten Unterkieferweisheitszähnen mit Kontakt zum Nervus alveolaris inferior und dem Alter der untersuchten Patienten nachgewiesen werden. Derzeit gibt es keine vergleichende Studie, die diesen Parameter in die Betrachtung der Prävalenz von verlagerten unteren Weisheitszähnen mit Kontakt zum Nervus alveolaris inferior mit einbezieht.

Zahlreiche Studien weisen jedoch auf einen direkten Zusammenhang mit dem steigendem Alter der Patienten und dem Auftreten von Komplikationen bei der Entfernung verlagelter Unterkieferweisheitszähne hin. So beschreibt Chuang *et al.* (2007) für die Extraktion des unteren Weisheitszahnes eine höhere Komplikationsrate bei Patienten ab einem Alter von 25 Jahren [137]. Weitere Autoren bestätigen diese Vermutung, legen sich aber auf kein bestimmtes Alter fest [138-140]. Die Promotionsarbeit mit dem Titel: „Der optimale Zeitpunkt der Weisheitszahnentfernung“ verfasst von Manschiebel (1995) kommt zu gleichen Ergebnissen wie Chuang *et al.* (2007) und empfiehlt demzufolge die Entfernung des verlagerten/impaktierten Weisheitszahns zwischen dem 20. und 30. Lebensjahr [129].

Es kann vermutet werden, dass verlagerte Unterkieferweisheitszähne mit nicht vollständig abgeschlossenem Wurzelwachstum eine geringere Häufigkeit des Kontaktes zum Nervus alveolaris inferior aufweisen. Folglich ist mit einer niedrigeren Komplikationsrate bei Entfernung ebendieser zu rechnen. Leichte Tendenzen lassen sich diesbezüglich auch in der vorliegenden Arbeit finden. So konnten bei den 14-19 Jährigen in 27,3% der Fälle ein verlagertes Unterkieferweisheitszahn mit Kontakt zum Nerven vorgefunden werden. Betrachtet man die Altersgruppe der 40-49 Jährigen, konnte in 55,5% der Fälle ein verlagertes unterer Weisheitszahn mit Kontakt zum Nervus alveolaris inferior ermittelt werden.

Das Risiko von intra-und postoperativen Komplikationen ist jedoch nicht nur von dem Faktor Alter abhängig, sondern unterliegt einer Vielzahl von weiteren Einflüssen deren Betrachtung im Absatz 5.2.2.2 weitere Erwähnung fand.

5.2.4 Prävalenz verlagelter Oberkiefereckzähne

Der Oberkiefereckzahn stellt nach den Weisheitszähnen den am häufigsten verlagerten Zahn dar. In der Literatur wird mehrheitlich eine Prävalenz verlagelter oberer Eckzähne mit 1-3% angegeben [47-48, 53-54].

Das in dieser Abhandlung herausgestellte Ergebnis mit 12,1 % unterscheidet sich hierbei deutlich von den herausgestellten Daten der Literatur.

Ursache hierfür könnte die Selektion kieferorthopädischer Patienten sein, welche bezüglich dieser Fragestellung untersucht wurden. Es liegt nahe, dass in dieser Fachdisziplin ein vermehrtes Aufkommen von Patienten mit verlagerten Oberkiefereckzähnen anzutreffen ist.

Vereinzelt finden sich jedoch auch Studien zum Vorliegen verlagelter oberer Eckzähne die von deutlich höheren Werten ausgehen. Wie zum Beispiel die Studie von Kristen (1978), in der eine

Prävalenz verlagerter Oberkieferzähne mit 13% beobachtet wurde [116]. Des Weiteren wird in einer Studie aus China die Prävalenz verlagerter und retinierter Zähne mit 6,15% angegeben. Der Eckzahn wurde hierbei mit 28,1% als einer der am häufigsten betroffenen Zähne von allen verlagerten Zähnen beschrieben [141].

5.2.4.1 Wurzelkontakt zu benachbarten Zähnen

Zahlreiche Studien setzen sich mit verlagerten Oberkieferzähnen und dem Existieren von Wurzelresorptionen benachbarter Schneidezähne mit Hilfe der DVT auseinander. Studien die sich ausschließlich mit dem Bestehen von Kontakten beschäftigen sind derzeit noch unzureichend ergründet. Jedoch ist von einer engen Beziehung zwischen dem Kontakt und dem Vorliegen von Wurzelresorptionen ebendieser ipsilateralen Schneidezähne auszugehen. Liu *et al.* (2008) stellte diesbezüglich in seiner Studie fest, dass in 94,3% der Fälle Resorptionen vorzufinden waren, in denen auch ein Kontakt des verlagerten Oberkieferzahns zur Wurzel des seitlichen Schneidezahns bestand. Bei dem Auffinden einer Resorption kann demnach auf das Bestehen eines Kontaktes zur Wurzel des ipsilateralen seitlichen Schneidezahns geschlossen werden. Die Häufigkeit einer Resorption an seitlichen Oberkieferschneidezähnen gibt Liu *et al.* (2008) mit 27,2% an [49]. Dieser Wert entspricht in etwa den 21,7% der ermittelten Patienten mit Kontakt zwischen dem seitlichen Schneidezahn und dem verlagerten Oberkieferzahn dieser Studie. Weitere Literatur gibt differenzierte Ergebnisse im Ausmaß des Auffindens von Wurzelresorptionen der benachbarten Schneidezähne an. Grundsätzlich werden Werte zwischen 12,5% und 68% beschrieben.

Ericson *et al.* (1987) untersuchte mittels konventioneller radiologischer Verfahren 125 Kinder mit verlagerten Oberkieferzähnen. Als Resultat konnte in 12,5% der Fälle eine Wurzelresorption an den seitlichen Oberkieferfrontzähnen verzeichnet werden [47].

Im Gegensatz dazu stellt Walker *et al.* (2005) ein bis zu fünffach höheres Vorkommen (66,7%) von Wurzelresorptionen benachbarter Oberkieferfrontzähne mittels DVT fest [57]. Ähnliche Werte finden Siegel *et al.* (2010) mit dem Vorliegen von 64,6% an Wurzelresorptionen der seitlichen Oberkieferfrontzähne mit Hilfe des CT heraus [142].

Die von Miani *et al.* (2008) herausgefundene Inzidenz von Wurzelresorptionen oberer Frontzähne wurde mittels DVT eruiert und liegt zwischen 12% und 68%. Dabei betrachtet er die Inzidenz dieses Befundes in Abhängigkeit mit der Schwere der jeweiligen Diagnose des betreffenden Eckzahns [48].

Oberoi *et al.* (2011) konnte in 35,7% der Fälle eine leichte Wurzelresorption, in 14,2% eine moderate Resorption und in 4% eine schwere Wurzelresorption der benachbarten seitlichen Schneidezähne mittels DVT ermitteln [143].

Weitere Untersuchungen mittels dreidimensionalen Röntgenverfahren ergaben in der koreanischen Bevölkerung eine Inzidenz der Wurzelresorption benachbarter Schneidezähne von 49,5% [144]. Ähnliche Werte konnten in Stockholm durch Falahat *et al.* (2008) im Jahr 2008 herausgestellt werden. Bei 44,4% der Probanden konnten Resorptionen an den seitlichen Schneidezähnen durch verlagerte Oberkiefer Eckzähne mittels CT fixiert werden [145].

Eine Begründung für die große Spannweite der ermittelten Werte aus der Literatur und dem eruierten Ergebnis der vorliegenden Arbeit könnte in der Anwendung von verschiedenen Röntgenverfahren, das Abweichen der Patientenzahl und der unterschiedliche Schweregrad der Verlagerung des jeweiligen Eckzahns sein. Auch die differenzierte Betrachtung eines oder beider Oberkieferschneidezähne könnte dazu beitragen, das Divergieren der Prävalenz/Inzidenz zu erklären.

Tab.19: Literatur zum Bestehen von Resorptionen an benachbarten Schneidezähnen verursacht durch verlagerte Oberkiefereckzähne

Autor	Erscheinungsjahr der Studie	Ort der Resorption	Verwendetes Röntgenverfahren	Prävalenz/ Inzidenz
Ericson et al.	1987	seitlicher Schneidezahn	Konventionelle Röntgenverfahren	12,5%
Falahat et al.	2008	seitlicher Schneidezahn	CT	44,4%
Kim et al.	2011	mittlere und seitliche Schneidezähne	CT	49,5%
Liu et al.	2008	seitlicher Schneidezahn	DVT	27,2%
Miani et al.	2008	mittlere und seitliche Schneidezähne	DVT	12-68%
Oberoi et al.	2011	seitlicher Schneidezahn	DVT	4-35,7%
Siegel et al.	2011	seitlicher Schneidezahn	CT	64,6%
Walker et al.	2005	mittlere und seitliche Schneidezähne	DVT	66,7%

Aus der Literatur geht deutlich hervor, dass mittels konventionellen Röntgenverfahren eine weitaus geringere Prävalenz eruiert wurde als mit Hilfe dreidimensionaler Bildgebungsverfahren. Die dreidimensionale Röntgendarstellung zur Beurteilung von Resorptionen benachbarter Schneidezähne bei vorliegendem verlagertem Eckzahn sollte demnach Beachtung in der kieferorthopädischen Behandlungsplanung finden. Neue Vorgehensweisen zur Feststellung von verlagerten Oberkiefereckzähnen und deren Beziehung zu benachbarten Strukturen gibt der KPG-Index, herausgestellt von Kau *et al.* (2009), vor. Dabei kann durch die Betrachtung aller drei Ebenen auf eine exakte Beurteilung der Lage des Eckzahnes innerhalb der Zahnreihe und des Kiefers geschlossen werden [54].

5.2.4.2 Vestibuläre Dehiszenzen/Fenestrationsen an benachbarten Zähnen

Bis heute findet das umliegende knöcherne Gewebe im Bereich eines verlagerten Oberkiefereckzahns und der benachbarten Schneidezähne nur wenig Beachtung in der Literatur. Vereinzelt wird von einer Verschmälerung der Alveole auf der zur Verlagerung hin liegenden Seite gesprochen [57]. Auch von der Unterbrechung der Lamina Dura des seitlichen Schneidezahns, bedingt durch einen verlagerten Oberkiefereckzahn, wird berichtet [47].

Grande *et al.* (2006) stellt sich in seiner Studie die Frage, ob Panoramaschichtaufnahmen zur Beurteilung verlagelter Oberkiefereckzähne ausreichend sind, um das therapeutische Vorgehen festzulegen. Er kommt zu dem Ergebnis, dass die Entscheidung, einer Eingliederung oder die Entfernung eines solchen Zahnes, nicht allein von der Beurteilung der PSA abhängig gemacht werden sollte. Als Nebenbefund stellte sich heraus, dass ein Fehlen des marginalen Knochens am verlagerten Oberkiefereckzahn in 40,7% der Fälle beobachtet werden konnte [146]. In der vorliegenden Arbeit wurde ein Wert von 38,3% vestibulärer Knochendehiszenzen/Fenestrationsen der benachbarten seitlichen Schneidezähne eruiert. Beide Werte lassen sich aber nicht direkt miteinander vergleichen, da das Vorliegen von Dehiszenzen/Fenestrationsen an verlagerten Eckzähnen nicht im unmittelbaren Zusammenhang mit Knochenläsionen der seitlichen Schneidezähne stehen muss.

Das Wissen um Knochendefekte benachbarter Schneidezähne spielt eine entscheidende Rolle in der kieferorthopädischen Behandlungsplanung. So stellt die Alveolararchitektur der benachbarten Schneidezähne einen limitierenden Faktor für Zahnbewegungen im Sinne einer Lückenöffnung für die folgende Eingliederung des Eckzahns dar. Im Anbetracht der Prävalenz dieses Befundes, sollte auf die dreidimensionale Darstellung mittels DVT nicht verzichtet werden, um Rückschlüsse auf die Einordnung oder Entfernung eines verlagerten Eckzahns zu ziehen.

5.3 Schlussfolgerung

Abschließend werden die in der Fragestellung aufgeworfenen Hypothesen wieder aufgegriffen und mit Hilfe der ermittelten Ergebnisse beantwortet.

1 Aufgrund der niedrigen Prävalenz von Knochendehiszenzen/Fenestrationsen ist die Anfertigung eines DVT im Rahmen einer kieferorthopädischen Behandlungsplanung häufig nicht indiziert.

Diese Hypothese kann nicht bestätigt werden, da die hohe Prävalenz von 89,5% Dehiszenzen/Fenestrationsen den Einsatz der digitalen Volumentomografie in der kieferorthopädischen Behandlungsplanung indiziert.

1.1 Die Prävalenz von bukkalen Knochendehiszenzen/Fenestrationsen weist zwischen Oberkieferzähnen und Unterkieferzähnen keine statistisch signifikanten Unterschiede auf.

Diese Hypothese kann bestätigt werden. Es konnte keine signifikant unterschiedliche Verteilung der bukkalen Dehiszenz/Fenestration zwischen dem Ober- und Unterkiefer eruiert werden.

1.2 Die Prävalenz von bukkalen Knochendehiszenzen/Fenestrationsen weist zwischen Frontzähnen und Seitenzähnen keine statistisch signifikanten Unterschiede auf.

Diese Hypothese kann nicht bestätigt werden. Die Frontzähne im Ober- und Unterkiefer kieferorthopädischer Patienten sind signifikant häufiger vom Vorliegen prätherapeutischer bukkaler Knochendehiszenzen/Fenestrationsen betroffen als die Seitenzähne.

1.3 Weibliche Patienten weisen im Vergleich zu männlichen Patienten eine signifikant höhere Prävalenz an bukkalen Knochendehiszenzen/Fenestrationsen auf.

Diese Hypothese kann bestätigt werden. Es konnte bei weiblichen Patienten ein signifikant höheres Aufkommen an Dehiszenzen/Fenestrationsen der bukkalen Knochenlamelle nachgewiesen werden, als bei männlichen Patienten.

1.4 Mit zunehmendem Alter nimmt die Prävalenz bukkaler Knochendehiszenzen/Fenestrationsen zu.

Diese Hypothese kann bestätigt werden. Die Analyse der standardisierten Residuen ergab, dass die 6 bis 10-Jährigen signifikant seltener einen Defekt der bukkalen Knochenlamelle aufweisen. Die höchste Prävalenz an bukkalen Knochendehiszenzen/Fenestrationsen konnte weiterführend im Bereich des Oberkiefers der über 50- Jährigen festgestellt werden.

2 Die Prävalenz von verlagerten Weisheitszähnen im Oberkiefer ist bei kieferorthopädischen Patienten klinisch vernachlässigbar.

Diese Hypothese bewahrheitet sich nicht, da 103 von 496 untersuchten Patienten verlagerte Oberkieferweisheitszähne aufweisen. Dies entspricht einem prozentualen Wert von 20,8%.

2.1 Die oberen Weisheitszähne weisen in der Regel keinen unmittelbaren Kontakt zur Kieferhöhle auf.

Von den insgesamt 103 verlagerten Oberkieferweisheitszähnen weisen 40 einen unmittelbaren Kontakt zur benachbarten Kieferhöhle auf, dies entspricht 38,8%. Die Hypothese kann demnach nicht bestätigt werden.

2.2 Die Prävalenz von verlagerten oberen Weisheitszähnen ist nicht abhängig vom Alter.

Es konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen dem Alter der Patienten und dem Aufkommen von verlagerten Oberkieferweisheitszähnen mit direktem Kontakt zur Kieferhöhle ermittelt werden. Die Hypothese kann demzufolge bestätigt werden.

3 Die Prävalenz von verlagerten Weisheitszähnen im Unterkiefer ist bei kieferorthopädischen Patienten klinisch vernachlässigbar.

Diese Hypothese kann nicht bestätigt werden, da 15,1% der kieferorthopädischen Patienten mindestens einen verlagerten Unterkieferweisheitszahn aufzeigten.

3.1 Die unteren Weisheitszähne weisen in der Regel keinen unmittelbaren Kontakt zum Nervus alveolaris inferior auf.

30,7% der verlagerten Unterkieferweisheitszähne weisen einen unmittelbaren Kontakt zum Nervus alveolaris inferior auf. Die Hypothese kann schlussfolgernd abgelehnt werden.

3.2 Die Prävalenz direkter Kontakte unterer Weisheitszähne zum Nervus alveolaris inferior ist nicht altersabhängig.

Im Vergleich der Altersgruppen konnte kein Zusammenhang zwischen den verlagerten Unterkieferweisheitszähnen mit Kontakt zum Nervus alveolaris inferior und dem Alter der untersuchten Patienten nachgewiesen werden. Die Hypothese kann bestätigt werden.

4 In DVTs kieferorthopädischer Patienten ist die Prävalenz verlagerter Eckzähne klinisch vernachlässigbar.

Diese Hypothese ist abzulehnen. Es konnten 60 kieferorthopädische Patienten mit mindestens einem verlagerten Oberkiefer Eckzahn von 496 Patienten erfasst werden.

4.1 Impaktierte Eckzähne weisen in der Regel keinen Kontakt zu den benachbarten Zähnen auf.

Bei 21,7% der untersuchten kieferorthopädischen Patienten lag ein verlagerter Oberkiefer Eckzahn mit direktem Kontakt zur Wurzel des ipsilateralen seitlichen Oberkieferschneidezahns vor. Diese Hypothese kann demnach nicht bestätigt werden.

4.2 Die vestibulären Knochenlamellen der Schneidezähne weisen bei Patienten mit impaktierten Eckzähnen keine Knochendehiszenzen/Fenestrationen auf.

Diese Hypothese kann nicht bestätigt werden. Von den 60 kieferorthopädischen Patienten mit verlagerten oberen Eckzähnen weisen 23 vestibuläre Dehiszenzen/Fenestrationen an den ipsilateralen seitlichen Schneidezähnen auf, dies entspricht einem prozentualen Wert von 38,3%.

Es konnten demnach viele Befunde mit durchaus hoher Prävalenz herausgestellt werden, welche in der kieferorthopädischen Behandlungsplanung Beachtung finden sollten. Denkbar ist schlussfolgernd die zunehmende Bedeutung der digitalen Volumentomografie in der kieferorthopädischen Behandlungsplanung.

6. Zusammenfassung

6.1 Zusammenfassung

HINTERGRUND: Die Einführung der Dentalen Volumentomographie (DVT) führt seit kurzem zu kontroversen Diskussionen in der kieferorthopädischen Behandlungsplanung. Ob ein kieferorthopädischer Patient auch von der Anfertigung einer DVT profitiert, hängt neben der kephalometrischen 3D-Analyse im Wesentlichen von der Prävalenz klinisch relevanter Nebenbefunde ab. Ziel der vorliegenden Studie war daher, in einem größeren kieferorthopädischen Patientengut die Prävalenzen von Dehiszenzen/Fenestrationsen der bukkalen Knochenlamelle vor kieferorthopädischer Zahnbewegung, von verlagerten Eckzähnen/Weisheitszähnen und deren Auswirkung auf die umgebenden Strukturen zu erheben.

PATIENTEN UND METHODE: Es wurden DVT-Aufnahmen von 496 kieferorthopädischen Patienten (287 weiblich/209 männlich), im Alter zwischen 6 und 81 Jahren retrospektiv analysiert. Zur Auswertung des peridentaln Knochenangebots und der verlagerten Zähne erfolgte die Unterteilung der Patienten in 7 Altersgruppen sowie nach dem Geschlecht.

ERGEBNISSE: 89,5% der Patienten weisen eine Dehiszenz/Fenestration der bukkalen Knochenlamelle auf. Die Frontzähne im Ober- und Unterkiefer waren häufiger betroffen als die Seitenzähne. Frauen waren 10% häufiger betroffen als Männer. Im Vergleich der Altersgruppen zeigte die Gruppe der 6 bis 10-Jährigen signifikant seltener Dehiszenzen/Fenestrationsen. Insgesamt wurde kein signifikanter Unterschied zwischen Ober- und Unterkiefer festgestellt. Die Prävalenz verlagelter Oberkieferweisheitszähne betrug 20,8%, wovon 38,8% einen Kontakt mit der Kieferhöhle eingingen. Signifikante Unterschiede zwischen dem Alter und dem Bestehen von verlagerten Oberkieferweisheitszähnen mit Kontakt zur Kieferhöhle traten nicht auf. Die Prävalenz verlagelter Unterkieferweisheitszähne lag bei 15,1% und ein Kontakt zum Nervus alveolaris inferior bestand in 30,7% der Fälle. Auch hier trat kein signifikanter Unterschied zwischen dem Alter und dem Bestehen von verlagerten Unterkieferweisheitszähnen mit Kontakt zum N. alveolaris inferior auf. 12,1% der untersuchten Patienten weisen verlagerte Eckzähne auf, davon zeigten 21,7% einen Kontakt zur benachbarten seitlichen Schneidezahnwurzel. 38,3% der Patienten mit verlagerten Oberkiefer Eckzähnen zeigten zusätzlich

Dehiszenzen/Fenestrationsen der bukkalen Knochenlamelle am seitlichen Oberkieferschneidezahn.

SCHLUSSFOLGERUNG: Mit der vorliegenden Studie konnte erstmals gezeigt werden, dass DVTs im Rahmen der kieferorthopädischen Behandlungsplanung im höchsten Maße therapeutisch relevante Befunde aufdecken. Diese Studie bestätigt einmal mehr, dass in der Kieferorthopädie DVTs nicht wegen einer rechtfertigenden Einzelindikation sondern wegen einer Sammelindikation zur umfassenden Diagnostik im Rahmen der kieferorthopädischen Behandlungsplanung indiziert ist. Basierend auf den Erkenntnissen der vorliegenden Arbeit mit einer Prävalenz von 89,5% vestibulären Knochendehiszenzen/Fenestrationsen, muss nach den europäischen Richtlinien die Formulierung zum Einsatz des DVT in der Kieferorthopädie folgendermaßen lauten: „... im Rahmen der kieferorthopädischen Behandlungsplanung **soll** wegen der hohen Prävalenz von vestibulären Dehiszenzen/Fenestrationsen ein DVT eingesetzt werden ...“. Diese Erkenntnisse müssen in den kommenden Jahren zu einem kompletten Umdenken in der kieferorthopädischen Behandlungsplanung führen.

SCHLAGWORTE: Dehiszenz/Fenestration, verlagerte Eck- und Weisheitszähne, Digitale Volumetomografie, kieferorthopädische Behandlungsplanung

6.2 Summary

BACKGROUND: The introduction of Dental Volume Tomography (CBCT) has led to a recent controversy in orthodontic treatment planning. Whether an orthodontic patient actually profits from the CBCT imaging process, depends primarily on the prevalence of additional relevant clinical findings, as well as on cephalometric 3D analyses. The goal of the current study was to collect data from a large sample of patients as to the prevalence of dehiscence/fenestration of the buccal bone lamella before orthodontic tooth displacement, of displacement of cuspids and their effect on the surrounding structure, and of displacement of wisdom teeth.

PATIENTS AND METHODS: The CBCT images were retrospectively analyzed from 496 orthodontic patients (287 female, 209 male) aged between 6 and 81 years old. To evaluate the effect of periodontal bone mass the patients were divided into 7 age groups, as well as by gender. Patients with displaced teeth were also divided into groups by age and gender.

RESULTS: The study found that 89.5% of the patients showed signs of dehiscence/fenestration of the buccal bone lamella. The upper and lower anteriors were affected more often than the posteriors. Women were 10% more likely to be affected than men. In comparing the different age groups, the 6 to 10 year olds exhibited significantly less dehiscence/fenestration. In total no significant difference between the upper and lower jaw was established. The prevalence of displaced maxillary wisdom teeth was 20.8% of which 38.8% had contact with the maxillary sinus. No significant differences were observed with respect to age and the displacement of maxillary wisdom teeth with contact to the maxillary sinus. In contrast, the prevalence of displaced mandibular wisdom teeth was 15.1% and contact with the nervus alveolaris inferior occurred in 30.7% of cases. Again, no significant difference was observed with respect to age and the displacement of mandibular wisdom teeth with contact to the nervus alveolaris inferior. 12.1% of the patients examined had displaced cuspids, of which 21.7% displayed contact with the root of the neighbouring lateral incisor. 38.3% of the patients with displaced maxillary cuspids showed additional dehiscence/fenestration of the buccal bone lamella in the maxillary lateral incisor.

CONCLUSION: With this study it could be shown for the first time that CBCTs can produce extremely relevant therapeutic findings in terms of orthodontic treatment planning. The study confirmed once again that CBCTs are not to be justified by any one individual case but rather offer a collective basis which enables a more comprehensive diagnosis in terms of orthodontic

treatment planning. Based on the findings of current research that showed a prevalence of 89.5% of vestibular bone dehiscence/fenestration, the European directive concerning the use of CBCT in orthodontics should be as follows: “... in the context of orthodontic treatment planning, CBCT **should** be used due to the high prevalence of vestibular bone dehiscence/fenestration ...”. In the coming years, these findings can lead to a complete rethinking of orthodontic treatment planning.

KEYWORDS: dehiscence/fenestration, displaced cuspids and wisdom teeth, Dental Volume Tomography, orthodontic treatment planning

7. Anhang

7.1 Literaturverzeichnis

1. Tiggelen, R.V., *Since 1895, orthopaedic surgery needs x-ray imaging: a historical overview from discovery to computed tomography*. JBR-BTR, 2001. 84(5): p. 204-213.
2. Cavezian R, P.G., *Imagery and orthodontics: trends, present and future* Orthod-Fr., 2008: p. 3-12.
3. Merrett SJ, D.N., Durning P, *Cone beam computed tomography: a useful tool in orthodontic diagnosis and treatment planning*. J Orthod, 2009. 36(3): p. 202-210.
4. Mah JK, H.J., Choo H, *Practical applications of cone-beam computed tomography in orthodontics*. J Am Dent Assoc., 2010. 141: p. Suppl 3:7S-13S.
5. Garib DG, Y.M., Ozawa TO, Siva Filho OG, *Alveolar bone morphology under the perspective of the computed tomography: Defining the biological limits of tooth movement*. Dental Press J Orthod., 2010. 15(5): p. 192-205.
6. Becker A, C.S., Casap-Caspi N, *Cone-beam computed tomography and the orthosurgical management of impacted teeth*. J Am Dent Assoc., 2010. 141 Suppl 3: p. 14S-8S.
7. Schwenzler N, T.B., *Die anatomischen Zeichnungen des Leonardo da Vinci Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie*. Vol. Band 40. 1995. 5-11.
8. Brodie, A.G., *On the growth pattern of the human head, from the third month to the eight year of life*. Am J Anat 1941. 68: p. 209-262.
9. Schwarz, A., *Die Röntgenostatik*. Urban & Schwarzenberg 1958.
10. Broadbent, B., *A new technique and its application to orthodontics*. Angle Orthodont I, 1931.
11. Hofrath, H., *Die Bedeutung von Röntgenfern- und Abstandsaufnahme für die Diagnostik der Kieferanomalien*. Fortschr Orthodont 1, 1931.
12. Drescher, D., *Fernröntgenanalyse*. Kieferorthopädie I. Vol. Bd.1. 2000, München, Jena: Urban & Fischer. 263-291.
13. Behfar, L., *Fehlpositionierungsbedingte "Verzerrungen" der Panoramaschichtaufnahme in Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf*. 2005: Hamburg. p. 10-137.

14. Tammissalo E, P.Y., *The pioneer of panoramic oral tomography*. Dentomaxillofac Radiol 4, 1975.
15. Patel JR, M.-H.L., *The horizontal plane in patient positioning for panoramic radiography*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1986.
16. Mouyen F, B.C., Sonnabend E, Lodter JP, *Presentation and physical evaluation of RadioVisioGraphy*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1989. 68(2): p. 238-242.
17. Ziegler CM, W.R., Brief J, Hassfeld S, *Clinical indications for digital volume tomography in oral and maxillofacial surgery*. Dentomaxillofac Radiol 2002. 3: p. 126-130.
18. Mozzo P, P.C., Tacconi A, Martini PT, Andreis IA, *A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results*. Eur Radiol, 1998. 8: p. 1558-1564.
19. Arai Y, T.E., Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K, *Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use*. Dentomaxillofac Radiol, 1999. 28(4): p. 245-248.
20. Webb, S., *Non-standard CT scanners: their role in radiotherapy*. Int J Radiat Oncol Biol Phys., 1990. 19: p. 1589-1607.
21. Sukovic, P., *Cone beam computed Tomography in craniofacial imaging*. Orthod Craniofac Res., 2003: p. 179-182.
22. Pasler, F.A., *Zahnärztliche Radiologie*. 1995.
23. Miracle AC, M.S., *Conebeam CT of the head and neck, Part 2: clinical applications*. ANJNR Am J Neuroradiol., 2009. 30: p. 1285-1292.
24. Hechler, S., *Cone-beam CT: applications in orthodontics*. Dental Clinics of North America, 2008. 52(4): p. 809-823.
25. Scherer P, N.J., Ritter L, *Indikationen für die 3-dimensionale Bildgebung in der Zahnheilkunde*. ZWR- Das deutsche Zahnärzteblatt, 2007. 116: p. 219-238.
26. Schulze D, H.M., Rother U, *Diagnostische Möglichkeiten der digitalen Volumentomographie im Bereich des Gesichtsschädels*. Quintessenz, 2005. 56: p. 51-56.
27. Bumann A, R.V., Nitka M, Mah J, *DVT-Für und Wider aus Sicht des Anwenders*. KN Wissenschaft & Praxis 2009. 9: p. 6-9.
28. Cattaneo PM, B.C., Calmar D, Hjortshoj M, Melsen B, *Comparison between conventional and cone-beam computed tomography-generated cephalograms*. Am J Orthod Dentofac Orthop 2008. 134: p. 798-802.
29. Muramatsu A, N.H., Kimura M, Yoshida K, Meada M, Katsumata A, Ariji E, Goto S, *Reproducibility of maxillofacial anatomic landmarks on 3-dimensional computed tomographic images determined with the 95% confidence ellipse method*. Angle Orthodont 2008. 78: p. 396-402.

30. van Vlijmen OJ, B.S., Bronkhorst EM, Swennen GR, Katsaros C, Kuijpers-Jagtman AM, *A comparison of frontal radiographs obtained from cone beam CT scans and conventional frontal radiographs of human skulls*. Int J Oral Maxillofac Surg, 2009. 38(7): p. 773-778.
31. Wennström, J., *Mucogingival considerations in orthodontic treatment*. Semin Orthod, 1996. 2(1): p. 46-54.
32. Evangelista K, V.K.F., Bumann A, Hirsch E, Nitka M, Silva MA, *Dehiscence and fenestration in patients with Class I and Class II Division 1 malocclusion assessed with cone-beam computed tomography*. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2010. 138(2): p. 133-135.
33. Steiner GG, P.J., Ainamo J, *Changes of the marginal periodontium as a result of labial tooth movement in monkeys*. J Periodontol, 1981. 52(6): p. 314-320.
34. Batenhorst KF, B.G., Williams JE Jr., *Tissue changes resulting from facial tipping and extrusion of incisors in monkeys*. J Periodontol, 1974. 45(9): p. 660-668.
35. Modéer T, O.L., *Post-treatment periodontal status of labially erupted maxillary canines*. Acta Odontol Scand. , 1980. 38(4): p. 253-256.
36. Chang HW, H.H., Yu JH, Hsu JT, Li YF, Wu YF, *Effects of orthodontic tooth movement on alveolar bone density*. Clin Oral Investig, 2011.
37. Yoneyama T, O.H., Lindhe J, Socransky SS, Haffajee AD., *Probing depth, attachment loss and gingival recession. Findings from a clinical examination in Ushiku, Japan*. J Clin Periodontol., 1988. 15(9): p. 581-591.
38. Diedrich, P., *Kieferorthopädie I. Orofaziale Entwicklung und Diagnostik*. Vol. Bd.1. 2000, München, Jena: Urban & Fischer. 223.
39. Misch KA, Y.E., Sarmant DP, *Accuracy of cone beam computed tomography for periodontal defect measurements*. J Periodontol, 2006. 77(7): p. 1261-1266.
40. Noujeim M, P.T., Langlais R, Nummikoski P, *Evaluation of high-resolution cone beam computed tomography in the detection of simulated interradicular bone lesions*. Dentomaxillofac Radiol, 2009. 38(3): p. 156-162.
41. Mol A, B.A., *In vitro cone beam computed tomography imaging of periodontal bone*. Dentomaxillofac Radiol, 2008. 37(6): p. 319-324.
42. Yu VS, M.H., Tan KB, *Multiple idiopathic cervical resorption: case report and discussion of management options*. Int Endod J, 2011. 44(1): p. 77-85.
43. Kahl-Nieke, B., *Einführung in die Kieferorthopädie*. Urban & Schwarzenberg. 1995. 104-108.

44. Hellwig E, K.J., Attin T, *Einführung in die Zahnerhaltung*. Vol. 4 Auflage. 2007, München: Urban & Fischer Verlag
45. Rodriguez-Pato, R., *Root resorption in chronic periodontitis: a morphometrical study*. J Periodontol., 2004. 75(7): p. 1027-1032.
46. Wu AT, T.T., Colak C, Elekdağ-Turk S, Jones AS, Petocz P, Darendeliler MA., *Physical properties of root cementum: Part 18. The extent of root resorption after the application of light and heavy controlled rotational orthodontic forces for 4 weeks: a microcomputed tomography study*. Am J Orthod Dentofacial Orthop., 2011. 139(5): p. 495-503.
47. Ericson S, K.J., *Radiographic examination of ectopic erupting maxillary canines*. Am J Orthod Dentofac Orthod 91, 1987: p. 483-492.
48. Miani A, D.P., Drage N, *Resorption: within or without ? The benefit of cone-beam computed tomography when diagnosing a case of an internal/external resorption defect*. Br Dent J, 2008. 204(3): p. 135-137.
49. Liu DG, Z.W., Zhang ZY, Wu YT, Ma XC, *Localization of impacted maxillary canines and observation of adjacent incisor resorption with cone-beam computed tomography*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2008. 105(1): p. 91-98.
50. Estrela C, B.M., De Alencar AH, Mattar R, Valladares Neto J, Azevedo BC, De Araujo-Estrela CR, *Method to evaluate inflammatory root resorption by using cone beam computed tomography*. J Endod, 2009. 35(11): p. 1491-1497.
51. Dudic A, G.C., Leuzinger M, Kiliaridis S, *Detection of apical root resorption after orthodontic treatment by using panoramic radiography and cone-beam computed tomography of super-high resolution*. Am J Orthod Dentofac Orthod, 2009. 135(4): p. 434-437.
52. Alqerban A, J.R., Souza PC, Willems G, *In-vitro comparison of 2 cone-beam computed tomography systems and panoramic imaging for detecting simulated canine impaction-induced external root resorption in maxillary lateral incisors*. Am J Orthod Dentofac Orthod, 2009. 136(6): p. 764.e1-11; discussion 764-765.
53. Brauer H, F.A., *Impaktion der oberen Eckzähne*. Praxis & Wissenschaft, 2009. 7/8: p. 1-6.
54. Kau CH, P.P., Gallerano RL, English JD, *A novel 3D classification system for canine impactions- the KPG index*. Int J Med Robotics Comput Assist Surg, 2009. 5(3): p. 291-296.
55. Reichart P, H.J.-E., Becker J, Neukam F, Schliephake H, Schmelzeisen R, *Zahnärztliche Chirurgie*. Curriculum, Quintessenz-Verlags-GmbH. Vol. Band I. 2002. 211-215.
56. Müssig E, W.R., Lux CJ, *Indications for digital volume tomography in orthodontics*. J Orofac Orthop, 2005. 66(3): p. 241-249.

57. Walker L, E.R., Mah J, *Three-dimensional localization of maxillary canines with cone-beam-computed tomography*. Am J Orthod Dentofac Orthop, 2005. 128: p. 418-423.
58. Haney E, G.S., Lee JS, Johnson E, Maki K, Miller AJ, Huang JC, *Comparative analysis of traditional radiographs and cone-beam computed tomography volumetric images in the diagnosis and treatment planning of maxillary impacted canines*. Am J Orthod Dentofac Orthod, 2010. 137(5): p. 590-597.
59. Armstrong C, J.C., Burden D, Stevenson M, *Localizing ectopic maxillary canines- horizontal or vertical parallax*. Eur J Orthod 2003: p. 585-9.
60. Bell GW, R.J., Grime RJ, Edwards KL, Hahn MR, Dorman ML, Keen WD, Stewart DJ, Hampton N, *The accuracy of dental panoramic tomographs in determining the root morphology of mandibular third molar teeth before surgery*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 95, 2003: p. 119-25.
61. Gomes AC, V.B., Silva ED, Caldas Ade F Jr, Pita Neto IC, *Sensitivity and specificity of pantomography to predict inferior alveolar nerve damage during extraction of impacted lower third molars*. Oral Maxillofac Surg, 2008. 66: p. 256-259.
62. Neugebauer J, S.R., Mischkowski RA, Ritter L, Scheer M, Keeve E, Zöller JE, *Comparison of cone-beam volumetric imaging and combined plain radiographs for localization of the mandibular canal before removal of impacted lower third molars*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2008. 105(5): p. 633-642.
63. Sonnabend E, B.C., *Röntgentechnik in der Zahnheilkunde* Vol. 3 Auflage. 1997: Urban & Schwarzenberg.
64. Pasler, F.A., *Zahnärztliche Radiologie*. Vol. 5 Auflage. 2008: Georg Thieme Verlag.
65. Fredholm U, B.A., Andersson L, *Preimplant radiographic assessment of available maxillary bone support. Comparison of tomographic and panoramic technique*. Swed Dent J 17, 1993: p. 103-108.
66. Kositbowornchai S, D.-a.W., Piumthanaroj P, *Ability of two radiographic methods to identify the closeness between the mandibular third molar root and the inferior alveolar canal: a pilot study*. Dentomaxillofac Radiol, 2010. 39(2): p. 79-84.
67. Heurich T, Z.C., Steveting H, Wörtche R, Mühling J, Hassfeld S, *Digitale volume tomography- an extension to the diagnostic procedures available for application before surgical removal of third molars*. Mund Kiefer Gesichtschir., 2002: p. 427-432.
68. Danforth RA, P.J., Hall P., *Cone beam volume tomography: an imaging option for diagnosis of complex mandibular third molar anatomical relationships*. J Calif Dent Assoc., 2003. 31(11): p. 847-852.
69. www.dgkfo.de. 2008.
70. www.dgzmk.de/zahnaerzte/wissenschaft-forschung/leitlinien.html. 2009.

71. SEDENTEXCT, *Radiation Protection: cone beam CT for dental and maxillofacial radiology*. Evidence based guidelines, 2011. v 2.0 Final: p. 1-139.
72. Düker, J., *Zahnärztliche Radiologie*. Vol. 1 Auflage 2006, München: Urban & Fischer.
73. Valentin, J., *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. Ann ICRP 2007. 37(2-4): p. 1-332.
74. Ludlow JB, I.M., *Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology*. oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2008. 106: p. 106-114.
75. Coppenrath E, D.F., Lechel U, Veit R, Meindl T, Reiser M, Mueller-Lisse U., *Cross-sectional imaging in dentomaxillofacial diagnostics: dose comparison of dental MSCCT and NewTom 9000 DVT*. Rofo., 2008. 180(5): p. 396-401.
76. Swennen GR, S.F., *Tree-dimensional cephalometry: Spiral multi-slice vs cone-beam computed tomography*. Am J Orthod Dentofac Orthop. , 2006. 130(3): p. 410-416.
77. Mah JK, D.R., Bumann A, Hatcher D, *Radiation absorbed in maxillofacial imaging with a new dental computed tomography device*. oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2003. 96(4): p. 508-513.
78. Honda K, L.T., Maruhashi K, Matsumoto K, Iwai K, *Osseous abnormalities of the mandibular condyle: diagnostic reliability of cone beam computed tomography compared with helical computed tomography based on an autopsy material*. Dentomaxillofac Radiol, 2006. 35(3): p. 152-157.
79. Suomalainen A, K.T., Käser Y, Peltola J, Kortenesniemi M, *Dosimetry and image quality of four dental cone beam computed tomography scanners compared with multislice computed tomography scanners*. Dentomaxillofac Radiol, 2009. 38(6): p. 376-378.
80. Ludlow JB, D.-L.L., White SC, *Patient risk related to common dental radiographic examinations: the impact of 2007 International Commission Radiological Protection recommendations regarding dose calculation*. J Am Dent Assoc., 2008. 139(9): p. 1237-1243.
81. Silva MA, W.U., Heinicke F, Bumann A, Visser H, Hirsch E, *Cone-beam computed tomography for routine orthodontic treatment planning: a radiation dose evaluation*. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2008. 133(5): p. 641-645.
82. Hirsch E, W.U., Heinicke F, Silva MA, *Dosimetry of the cone beam computed tomography Veraviewepocs 3D compared with the 3D Accuitomo in different fields of view*. Dentomaxillofac Radiol, 2008. 37(5): p. 268-273.
83. Tsiklakis K, D.C., Gavala S, Karayianni K, Kamenopoulou V, Hourdakakis CJ, *Dose reduction in maxillofacial imaging using low dose Cone Beam CT*. Eur J Radiol, 2005. 56(3): p. 413-417.

84. Loubele M, B.R., Van Dijck E, Pauwels R, Vanheusden S, Suetens P, Marchal G, Sanderink G, Jacobs R, *Comparison between effective radiation dose of CBCT and MSCT scanners for dentomaxillofacial applications*. Eur J Radiol, 2009. 71(3): p. 461-468.
85. Lofthag-Hansen S, T.-K.A., Ekestubbe A, Helmrot E, Gröndahl K, *Calculating effective dose on a cone beam computed tomography device: 3D Accuitomo and 3D Accuitomo FPD*. Dentomaxillofac Radiol., 2008. 37(2): p. 72-79.
86. Bumann A, N.M., *Die digitale Volumentomografie in der oralchirurgischen Praxis*. Oralchirurgie Journal, 2010. 4: p. 6-16.
87. Hirsch E, M.T., Bumann A. *Dose reduction by wearing a thyroid protection shield during CBCT scan*. in *Oral presentation at the 22nd European Congress of Dento-Maxillo Facial Radiology*. 2010. Istanbul.
88. Kiefer H, L.J., Roth J., *[Dose exposure from analog and digital full mouth radiography and panoramic radiography]*. Schweiz Monatsschr Zahnmed, 2004. 114(7): p. 687-693.
89. Kamp N, D.T., Frack E, Bumann A, *Kieferorthopädische Behandlungsplanung als rechtfertigende Indikation für die digitale Volumentomographie.*, in *Vortrag der 41. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Röntgenologie in der DGZMK 2007*: Berlin.
90. Bundesministerium für Umwelt, N.u.R.B. (2011) *Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung: Jahresbericht 2009*. <http://doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-201103025410>.
91. Helmholtz. *Effektive Dosis durch Flugreisen*. www.helmholtz-muenchen.de/epard/.
92. Kleinermann, R., *Cancer risks following diagnostic and therapeutic radiation exposure in children*. Pediatr Radiol, 2006. Suppl 2: p. 121-125.
93. Preston-Martin S, T.D., White SC, Cohen D, *Prior exposure to medical and dental x-rays related to tumors of the parotid gland*. J Natl Cancer Inst., 1988. 80(12): p. 943-949.
94. Mazonakis M, D.J., Raissaki M, Gourtsoyiannis N, *Radiation dose and cancer risk to children undergoing skull radiography*. Pediatr Radiol, 2004. 34(8): p. 624-629.
95. Bartley K, M.C., Selvin S, Ducore J, Buffler P, *Diagnostic X-rays and risk of childhood leukaemia*. Int J Epidemiol, 2010. 39(6): p. 1628-1637.
96. Longstreth WT Jr, P.L., Drangsholt M, Koepsell TD, Custer BS, Gehrels JA, van Belle G, *Dental X-rays and the risk of intracranial meningioma: a population-based case-control study*. Cancer, 2004. 100(5): p. 1026-1034.
97. Aurengo A, T.M., *La relation dose-effet et l'estimation des effets cancérigènes des faibles doses de rayonnements ionisants*. Academie des sciences, 2005: p. 1-59.
98. Curley A, H.D., *Cone beam CT-anatomic assessment and legal issues: the new standards of care*. Today's FDA, 2010. 22(4): p. 52-63.

99. Imaging Sciences International, I.F.V.u.P.-D.i.-C.-B., 2006.
100. <http://imagingcenter.case.edu/InVivoDental-4.0-Manual.pdf>.
101. http://de.wikipedia.org/wiki/Statistische_Signifikanz.
102. Leung CC, P.L., Griffith R, Hansd MG, *Accuracy and reliability of cone-beam computed tomography for measuring alveolar bone height and detecting bony dehiscences and fenestrations*. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2010. 137(4): p. 109-119.
103. Fuhrmann R, K.H., Wehrbein H, Günther RW, Diedrich P, *Hochauflösende Computertomographie fazialer und oraler Knochendehiszenzen*. Dtsch Zahnärztl Z, 1993. 48: p. 242-246.
104. Schroeder, H., *Orale Strukturbiologie*. Vol. 5 Auflage. 2000, Stuttgart: Thieme Verlag.
105. Tsunori M, M.M., Kasai K, *Relationship between facial types and tooth and bone characteristics of the mandible obtained by CT scanning*. Angle Orthod, 1998. 68(6): p. 557-562.
106. Hsueh, Y., *The Hawthorne experiments and the introduction of Jean Piaget in American industrial psychology, 1929-1932*. Hist Psychol, 2002. 5(2): p. 163-189.
107. Molen, A., *Considerations in the use of cone-beam computed tomography for buccal bone measurements*. 2010. 137 (4 Suppl): p. 130-135.
108. Ballrick JW, P.J., Ruch E, Amberman BD, Hans MG, *Image distortion and spatial resolution of a commercially available cone-beam computed tomography machine*. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2008. 134(4): p. 573-582.
109. Damstra J, F.Z., Huddleston Slater JJ, Ren Y, *Accuracy of linear measurements from cone-beam computed tomography-derived surface models of different voxel sizes*. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2010. 137(1): p. 16-17.
110. Nowzari H, M.S., Chiu CH, Rich SK, *Cone Beam Computed Tomographic Measurement of Maxillary Central Incisors to Determine Prevalence of Facial Alveolar Bone Width $\geq 2\text{mm}$* . Clin Implant Dent Relat Res, 2010.
111. Braut V, B.M., Belser U, Buser D, *Thickness of the anterior maxillary facial bone wall-a retrospective radiographic study using cone beam computed tomography*. Int J Periodontics Restorative Dent, 2011. 31(2): p. 125-131.
112. Yagci A, V.I., Uysal T, Ucar FI, Ozer T, Enhos S, *Dehiscence and fenestration in skeletal Class I, II, and III malocclusions assessed with cone-beam computed tomography*. Angle Orthod, 2011.
113. Ferreira, M., *AVALIAÇÃO DA ESPESSURA DAS TÁBUAS ÓSSEAS ALVEOLAR VESTIBULAR E LINGUAL DOS MAXILARES, POR MEIO DA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO*. 2010: São Paulo. p. 1-168.

114. Ghassemian M, N.H., Lajolo C, Verdugo F, Pirronti T, D'Addona A, *The thickness of facial alveolar bone overlying healthy maxillary anterior teeth*. J Periodontol, 2012. 83(2): p. 187-197.
115. Björk A, J.E., Palling M, *Mandibular growth and the third molar impaction*. Acta odont scand, 1956. 14(231-235).
116. Kristen, K., *Retinierte Zähne*. Zahnärztl. Welt, 1978. 87: p. 167-170.
117. Rahn R, C.J., *Zufallsbefunde auf Panoramaschichtaufnahmen*. Zahnärztl. Welt, 1995. 104: p. 104-106.
118. Teiser, H., *Haupt- und Nebenbefunde bei der Auswertung von Panoramaschichtaufnahmen.*, in *Aus dem Universitätsklinikum Münster Poliklinik für Zahnerhaltung*. 2009: Münster. p. 9-71.
119. Hattab, F., *Positional changes and eruption of impacted mandibular third molars in young adults. A radiographic 4-year follow-up study*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 1997. 84(6): p. 604-608.
120. Sewerin I, v.W.N., *A radiographic four-year follow-up study of asymptomatic mandibular third molars in young adults*. Int Dent J, 1990. 40(1): p. 24-30.
121. Küttner, C., *Zahn-,Mund- und Kieferkrankheiten*. Odontogene Kieferhöhlenerkrankungen. Vol. Bd. 2. 2002: Quintessenz Verlags-GmbH.
122. Lang, J., *Klinische Anatomie der Nase, Nasenhöhle und Nebenhöhlen. Grundlage für Diagnostik und Operation*. Vol. Bd.11. 1988, Stuttgart, New York Thieme.
123. Waldmann W, K.J., Handreg W, *Statistische Untersuchungen zu Komplikationen der Zahnextraktion*. Z.Klin.Med., 1986. 41: p. 195-198.
124. Hirata Y, K.K., Nagaoka S, Miyamoto R, Yoshimasu H, Amagasa T, *A clinical investigation of oro-maxillary sinus-perforation due to tooth extraction*. Kokubyo Gakkai Zasshi, 2001. 68(3): p. 249-253.
125. Rothamel D, W.G., d'Hoedt B, Nentwig GH, Schwarz F, Becker J, *Incidence and predictive factors for perforation of the maxillary antrum in operations to remove upper wisdom teeth: prospective multicentre study*. Br J Oral Maxillofac Surg, 2007. 45(5): p. 387-391.
126. Majer, M., *Intra -und postoperative Komplikationen bei der operativen Entfernung von Weisheitszähnen*, in *Eine retrospektive Analyse des Krankengutes der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie der Universität Würzburg über die Jahre 1996 bis 1999*. 2006. p. 75-76.
127. Mokosch, A., *Intraoperative Komplikationen bei der Weisheitszahnentfernung.*, in *Eine retrospektive Analyse des Krankengutes über einen Zeitraum von 10 Jahren der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie der Universität Würzburg*. 2002: Würzburg.

128. Schön R, S.R., *Mund-Antrum-Verbindung*. Zahnärztliche Chirurgie. Vol. Bd. 1. 2002: Quintessenz Verlag-GmbH.
129. Manschiebel, W., *Der optimale Zeitpunkt der Weisheitszahnentfernung*. 1995: Medizinische Fakultät der Universität Wien. p. 78-80.
130. Arrigoni J, L.J., *Complications during and after third molar extraction*. Schweiz Monatsschr Zahnmed, 2004. 114(12): p. 1271-1286.
131. Andreassen TT, O.H., *The influence of experimental diabetes and insulin treatments on the biochemical properties of rat skin incisional wounds*. Acta Chir Scand, 1987. 153(7-8): p. 405-409.
132. Holt DR, K.S., Regan MC, Hurson M, Lindblad WJ, Barbul A, *Effect of age on wound healing in healthy human beings*. Surgery, 1992. 112(2): p. 293-297.
133. Wahl, M., *Dental surgery in anticoagulated patients*. Arch Intern Med, 1998. 158(15): p. 1610-1616.
134. Calais, P., *Retinierte Zähne im Alterskiefer und Probleme bei ihrer Entfernung*. Dtsch Zahnärztl Z 1970. 25: p. 171-174.
135. Eyrich G, S.B., Matthews F, Matthiessen U, Heusser CK, Kruse AL, Obwegeser JA, Lübbers HT, *3-dimensional imaging for lower third molars: is there an implication for surgical removal?* J Oral Maxillofac Surg, 2011. 69(7): p. 1867-1872.
136. Susarla SM, D.T., *Preoperative computed tomography imaging in the management of impacted mandibular third molars*. J Oral Maxillofac Surg, 2007. 65(1): p. 83-88.
137. Chuang SK, P.D., Susarla SM, Dodson TB, *Age as a risk factor for third molar surgery complications*. J Oral Maxillofac Surg, 2007. 65(9): p. 1685-1692.
138. Bello SA, A.W., Bamgbose BO, Obi EV, Adeyinka AA, *Effect of age, impaction types and operative time on inflammatory tissue reactions following lower third molar surgery*. Head Face Med, 2011.
139. Valmaseda-Castellón E, B.-A.L., Gay-Escoda C, *Inferior alveolar nerve damage after lower third molar surgical extraction: a prospective study of 1117 surgical extractions*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2001. 92(4): p. 377-383.
140. Gülicher D, G.K., *Sensory impairment of the lingual and inferior alveolar nerves following removal of impacted mandibular third molars*. Int J Oral Maxillofac Surg, 2001. 30(4): p. 306-312.
141. Hou R, K.L., Ao J, Liu G, Zhou H, Qin R, Hu K, *Investigation of impacted permanent teeth except the third molar in Chinese patients through an X-ray study*. J Oral Maxillofac Surg., 2010. 68(4): p. 762-767.

142. Siegel R, S.W., Dyras M, Urbanik A, Wojciechowski W, Sztuk S, *Assessment of degree and extent of resorption of incisor roots adjacent to impacted maxillary canines*. *Przegl Lek*, 2010. 67(4): p. 268-274.
143. Oberoi S, K.S., *Three-dimensional assessment of impacted canines and root resorption using cone beam computed tomography*. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2011.
144. Kim Y, H.H., Jang KT, *The position of maxillary canine impactions and the influenced factors to adjacent root resorption in the Korean population*. *Eur J Orthod.*, 2011.
145. Falahat B, E.S., Mak D'Amico R, Bjerklin K, *Incisor root resorption due to ectopic maxillary canines: a long-term radiographic follow-up*. *Angle Orthod.*, 2008. 78(5): p. 778-785.
146. Grande T, S.A., Goldbecher H, Kahl-Nieke B, *The displaced maxillary canine--a retrospective study*. *J Orofac Orthop*, 2006. 67(6): p. 441-449.

7.2 Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1** Funktionsprinzip der digitalen Volumentomografie
- Abbildung 2** I-CAT System®
- Abbildung 3** Ansicht von sagittal (Bild oben rechts), axial (Bild oben links) und koronal (Bild unten links) im InVivoDental4.0®
- Abbildung 4** Die bukkale Knochenlamelle des Zahnes 42 in der axialen (Bildausschnitt oben links), koronalen (Bild unten links) und sagittalen (Bild rechts) Ansicht im InVivoDental4.0®
- Abbildung 5** Ausschnitt der Gesamtvolumendarstellung des Schädels im Bereich des linken Ober- und Unterkiefers mit verlagertem Ober- (Zahn 28) und Unterkieferweisheitszahn (Zahn 38)
- Abbildung 6** Verlagerte Oberkieferweisheitszähne (Zahn 28 links und Zahn 18 rechts) mit Kontakt zur benachbarten Kieferhöhle in der sagittalen (links) und koronalen Bildansicht (rechts) im InVivoDental4.0®
- Abbildung 7** Verlagerter Unterkieferweisheitszahn (Zahn 38) mit unmittelbarem Kontakt zum Nervus alveolaris inferior in der sagittalen Bildansicht im InVivoDental4.0®, des Weiteren liegen Knochenläsionen am bukko-oralen Alveolarknochen an Zahn 17 und 27 vor
- Abbildung 8** Ausschnitt der Schädeldarstellung des rechten Kieferabschnitts im InVivoDental4.0® mit verlagertem Eck- (Zahn 13) und Weisheitszahn (Zahn 48)
- Abbildung 9** Verlagerter Oberkiefer Eckzahn (Zahn 13) im axialen Schnittbild mit Distanzbestimmung (5,77mm) zwischen der Höckerspitze des Eckzahnes und der Kauebene des Oberkiefers

- Abbildung 10** Häufigkeit der prätherapeutischen Knochendehiszenz/Fenestration im Unterkiefer
- Abbildung 11** Häufigkeit der prätherapeutischen Knochendehiszenz/Fenestration im Oberkiefer
- Abbildung 12** Dehiszenzen/Fenestrationsen im Oberkiefer, wobei die Eckzähne, die ersten Prämolaren und die ersten Molaren die höchste Prävalenz aufweisen
- Abbildung 13** Dehiszenzen/Fenestrationsen im Unterkiefer, wobei die mittleren und seitlichen Schneidezähne mit den ersten Prämolaren die häufigste Prävalenz aller Zähne des Unterkiefers zeigten
- Abbildung 14** Knochendefekte im Oberkiefer der Altersgruppe 6-10 Jahre alter kieferorthopädischer Patienten, wobei die mittleren und seitlichen Schneidezähne am häufigsten betroffen waren
- Abbildung 15** Knochendefekte im Unterkiefer der Altersgruppe 6-10 Jahre alter kieferorthopädischer Patienten, wobei die mittleren und seitlichen Schneidezähne am häufigsten betroffen waren
- Abbildung 16** Dehiszenzen/Fenestrationsen im Oberkiefer der Altersgruppe 11-13 Jahre alter kieferorthopädischer Patienten, wobei die mittleren Schneidezähne den häufigsten Befund aufweisen
- Abbildung 17** Dehiszenzen/Fenestrationsen im Unterkiefer der Altersgruppe 11-13 Jahre alter kieferorthopädischer Patienten, wobei ein Anstieg der Prävalenz von posterior nach anterior zu verzeichnen war
- Abbildung 18** Dehiszenzen/Fenestrationsen im Oberkiefer der Altersgruppe 14-19 Jahre alter kieferorthopädischer Patienten, wobei die Eckzähne und die ersten Prämolaren am häufigsten betroffen waren

- Abbildung 19** Dehiszenzen/Fenestrationen im Unterkiefer der Altersgruppe 14-19 Jahre alter kieferorthopädischer Patienten, wobei sich ein Anstieg des Befundes von posterior nach anterior abzeichnete
- Abbildung 20** Dehiszenzen/Fenestrationen im Oberkiefer der Altersgruppe 20-29 Jahre alter kieferorthopädischer Patienten, wobei die Eckzähne sowie die ersten Prämolaren und Molaren den häufigsten Befund im OK aufzeigten
- Abbildung 21** Dehiszenzen/Fenestrationen im Unterkiefer der Altersgruppe 20-29 Jahre alter kieferorthopädischer Patienten, wobei ein Anstieg der Prävalenz von posterior nach anterior zu verzeichnen war
- Abbildung 22** Dehiszenzen/Fenestrationen im Oberkiefer der Altersgruppe 30-39 Jahre alter kieferorthopädischer Patienten, wobei auch hier die Eckzähne, die ersten Prämolaren und Molaren den höchsten Befund des gesamten OK zeigten
- Abbildung 23** Dehiszenzen/Fenestrationen im Unterkiefer der Altersgruppe 30-39 Jahre alter kieferorthopädischer Patienten, wobei auch hier ein grundsätzlicher Anstieg der Prävalenz von posterior nach anterior verzeichnet werden konnte
- Abbildung 24** Dehiszenzen/Fenestrationen im Oberkiefer der Altersgruppe 40-49 Jahre alter kieferorthopädischer Patienten, wobei die mittleren Schneidezähne und Eckzähne mit den ersten Prämolaren und Molaren den häufigsten Befund aufzeigten
- Abbildung 25** Dehiszenzen/Fenestrationen im Unterkiefer der Altersgruppe 40-49 Jahre alter kieferorthopädischer Patienten, wobei die Eckzähne mit dem Zahn 41 die häufigste Prävalenz vorweist

- Abbildung 26** Dehiszenzen/Fenestrationen im Oberkiefer der Altersgruppe über 50 Jahre alter kieferorthopädischer Patienten, wobei die Eckzähne und der Zahn 14 das höchste Aufkommen von Knochenläsionen vorweist
- Abbildung 27** Dehiszenzen/Fenestrationen im Unterkiefer der Altersgruppe über 50 Jahre alter kieferorthopädischer Patienten, wobei der Zahn 33 und 41 das höchste Aufkommen im UK-Frontzahnbereich zeigte und die ersten Prämolaren den höchsten Befund im UK-Seitenzahnbereich zeigten
- Abbildung 28** Altersgruppen kieferorthopädischer Patienten mit verlagerten oberen Weisheitszähnen, unterschieden in Zähne mit und ohne bestehenden Kontakt zur benachbarten Kieferhöhle, wobei kein Zusammenhang zwischen dem Bestehen eines Kontaktes zur Kieferhöhle und der entsprechenden Altersgruppe festgestellt werden konnte
- Abbildung 29** Häufigkeit verlagelter Unterkieferweisheitszähne anhand der untersuchten kieferorthopädischen Patienten, wobei 15,1% der Patienten einen verlagerten Unterkieferweisheitszahn zeigten
- Abbildung 30** Altersgruppen untersuchter kieferorthopädischer Patienten mit verlagerten unteren Weisheitszähnen, unterschieden in Unterkieferweisheitszähne mit und ohne bestehenden Kontakt zum Nervus alveolaris inferior, wobei kein statistisch signifikanter Zusammenhang festgestellt werden konnte
- Abbildung 31** Vestibuläre Dehiszenzen/Fenestrationen der ipsilateralen seitlichen Schneidezähne bei kieferorthopädischen Patienten mit verlagerten Oberkiefer Eckzähnen, wobei mehr als $\frac{1}{3}$ der verlagerten Oberkiefer Eckzähne Knochendefekte an den seitlichen Schneidezähnen zeigten

7.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Strahlenexposition einzelner bildgebender Verfahren nach den Richtlinien des ICRP 2007
Tabelle 2	Kategorien zur Beurteilung der Dehiszenzen/Fenestrationsen der bukkalen Knochenlamelle
Tabelle 3	Kieferorthopädische Patienten nach dem Geschlecht unterteilt
Tabelle 4	Aufteilung der Patienten in 7 Altersgruppen
Tabelle 5	Prävalenz bukkaler Knochendehiszenzen/Fenestrationsen vor Beginn der Behandlung bei kieferorthopädischen Patienten, wobei die Mehrheit der Patienten Knochenläsionen zeigten
Tabelle 6	Prozentualer Anteil von Dehiszenzen/Fenestrationsen bezogen auf die Zähne. Mit ansteigender Prävalenz vom zervikalen zum apikalen Wurzeldrittel
Tabelle 7	Prozentuale Häufigkeit prätherapeutischer Dehiszenzen/Fenestrationsen im Unterkieferfrontzahnbereich
Tabelle 8	Prozentuale Häufigkeit prätherapeutischer Dehiszenzen/Fenestrationsen im Unterkieferseitenzahnbereich
Tabelle 9	Prozentuale Häufigkeit prätherapeutischer Dehiszenzen/Fenestrationsen im Oberkieferfrontzahnbereich
Tabelle 10	Prozentuale Häufigkeit prätherapeutischer Dehiszenzen/Fenestrationsen im Oberkieferseitenzahnbereich

- Tabelle 11** Vorliegen von Knochendehiszenzen/Fenestrationen in Abhängigkeit vom Geschlecht der kieferorthopädischen Patienten, wobei weibliche Patienten signifikant mehr Knochendefekte zeigten
- Tabelle 12** Vorliegen der Dehiszenz/Fenestration kieferorthopädischer Patienten getrennt in Altersgruppen, wobei die jüngste Altersgruppe signifikant weniger Knochendefekte aufzeigte als alle anderen Altersgruppen
- Tabelle 13** Vorliegen der Prävalenz im Ober- und Unterkiefer getrennt in die einzelnen Altersgruppen, wobei kein einheitliches Muster zur Verteilung der Knochendefekte erkennbar ist
- Tabelle 14** Bestehen von verlagerten Oberkieferweisheitszähnen, wobei mehr als $\frac{1}{4}$ der Patienten einen verlagerten Oberkieferweisheitszahn zeigten
- Tabelle 15** Verlagerte Oberkieferweisheitszähne mit oder ohne Kontakt zur benachbarten Kieferhöhle, wobei mehr als die Hälfte der verlagerten Oberkieferweisheitszähne einen Kontakt aufzeigten
- Tabelle 16** Verlagerte Unterkieferweisheitszähne getrennt nach dem Bestehen eines Kontaktes zum Nervus alveolaris inferior, wobei $\frac{1}{3}$ der Patienten mit verlagerten Unterkieferweisheitszähnen einen Kontakt zum Nervus alveolaris inferior zeigten
- Tabelle 17** Häufigkeit verlagerten Oberkieferreckszähne anhand der untersuchten Patienten, wobei 12,1% der Patienten einen verlagerten Oberkieferreckszahn zeigten

- Tabelle 18** Verlagerte Oberkiefereckzähne mit oder ohne Kontakt zur benachbarten Oberkieferschneidezahnwurzel, wobei weniger als $\frac{1}{4}$ der Patienten mit verlagerten Oberkiefereckzähnen einen Kontakt aufzeigten
- Tabelle 19** Literatur zum Bestehen von Resorptionen an benachbarten Schneidezähnen verursacht durch verlagerte Oberkiefereckzähne

7.4 Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ALARA	As low as reasonably achievable
CCD	Charge coupled device
cm	Zentimeter
CT	Computertomografie
DGKFO	Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie
DGZMK	Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
DVT	digitale Volumentomografie
EDV	elektronische Datenverarbeitung
FOV	Field of View
FRS	Fernröntgenseitenbild
ICRP	International Commission on Radiological Protection
MAV	Mund-Antrum-Verbindung
Mm	Millimeter
OK	Oberkiefer
OR	Odds Ratio
PSA	Panoramaschichtaufnahme
Tab.	Tabelle
UK	Unterkiefer
USA	United States of Amerika
z.B.	zum Beispiel
3D	dreidimensional
μSv	Mikrosievert

7.5 Danksagung

Bedanken möchte ich mich bei allen, die mich tatkräftig unterstützt haben und das Zustandekommen dieser Arbeit ermöglichten.

Insbesondere Professor Dr. Axel Bumann für die freundliche Überlassung des Promotionsthemas sowie für die herausragende Betreuung während des gesamten Promotionszeitraumes und die kompetente, engagierte und geduldige Unterstützung in allen fachlichen Fragen.

Meiner Familie und Freunden, durch deren unermüdlichen Einsatz und Verständnis der Weg durch das Studium und nun folgend durch die Promotion erst möglich wurde. Vielen Dank.

7.6 Curriculum vitae

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

7.7 Eidesstattliche Erklärung

„Ich, Katrin Springer, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Zufallsbefunde im Rahmen der kieferorthopädischen Behandlungsplanung unter besonderer Berücksichtigung dentoalveolärer Aspekte- eine retrospektive Transversalstudie anhand von dentalen Volumentomografien“ selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien anderer Arbeiten dargestellt habe.“

Datum

Unterschrift