

Aus der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie,
Poliklinik für Orale Chirurgie und Implantologie,
Plastische, rekonstruktive und Ästhetische Chirurgie
der Universität zu Köln

Direktor: Universitätsprofessor Dr. med. Dr. med .dent. Christian Linz

**Wurzelresorption- und Kariesentstehung an
endständigen Molaren des Oberkiefers abhängig
vom Eruptionsstatus und Angulationswinkel
unbehandelter dritter Molaren - eine Analyse
mittels digitaler Volumentomografien**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Universität zu Köln

vorgelegt von
Laura Homberg
aus Bayreuth

promoviert am 20. Juni 2025

Dekan: Universitätsprofessor Dr. med. G. R. Fink
1. Gutachter: Privatdozent Dr. med. dent. J. Neugebauer
2. Gutachter: Privatdozent Dr. med. Dr. med. dent. O. Thiele

Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Dissertationsschrift ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskriptes habe ich keine Unterstützungsleistungen erhalten.

Weitere Personen waren an der Erstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe einer Promotionsberaterin/eines Promotionsberaters in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertationsschrift stehen.

Die Dissertationsschrift wurde von mir bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Im Rahmen der Arbeit beschriebenen Befundungen der digitalen Volumentomografien wurden unter der Betreuung von Herrn Prof. Dr. J. Neugebauer durch mich durchgeführt. Die Erstellung des Befundbogens, die Selektion der Datensätze, die statistische Auswertung, sowie die Bewertung und Einordnung der Ergebnisse erfolgte durch mich.

Erklärung zur guten wissenschaftlichen Praxis:

Ich erkläre hiermit, dass ich die Ordnung zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis und zum Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten (Amtliche Mitteilung der Universität zu Köln AM 132/2020) der Universität zu Köln gelesen habe und verpflichte mich hiermit, die dort genannten Vorgaben bei allen wissenschaftlichen Tätigkeiten zu beachten und umzusetzen.

Köln, den 26.01.2025

Unterschrift:

Danksagung

Mein ganz besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. dent. habil. Jörg Neugebauer für das entgegengebrachte Vertrauen bei der Überlassung des Themas und die Unterstützung meines wissenschaftlichen Werdegangs, für die ausgezeichnete Betreuung und die stets offene und herzliche Zusammenarbeit.

Meinen Freunden und Kollegen danke ich dafür, dass sie immer ein offenes Ohr für mich hatten und mir geholfen haben, die Motivation nie zu verlieren.

Der größte Danke gilt meiner Familie, insbesondere meinen Eltern, die mir das Studium ermöglicht haben. Ohne ihre Unterstützung im Studium, aber auch in allen Lebensabschnitten, wäre ich wohl nie Zahnärztin geworden.

für meine Oma

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	8
1. ZUSAMMENFASSUNG	9
2. EINLEITUNG	10
2.1. Röntgen in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde und geschichtliche Entwicklung	10
2.2. Überblick von Übersichtsaufnahmen	11
2.2.1. Orthopantomografie	11
2.2.2. Digitale Volumentomografie	13
2.2.3. Computertomografie	15
2.2.4. Vorteile und Nachteile der digitalen Volumentomografie	16
2.3. Strahlenexposition	17
2.4. Auswirkungen an endständigen Molaren bedingt durch verlagerte dritte Molaren	18
2.4.1. Wurzelresorption zweiter Molaren bedingt durch dritte Molaren	19
2.4.2. Distale Kariesentwicklung an endständigen Molaren bedingt durch dritte Molaren	20
2.5. Fragestellungen und Ziel der Arbeit	20
3. MATERIAL UND METHODEN	22
3.1. Überblick über den Befundungsablauf	22
3.2. Patientengut	22
3.3. Untersuchungsgerät und Software	23
3.4. Befundbogen	23
3.4.1. Allgemeiner Teil	23
3.4.2. Rechtfertigende Indikationen	24
3.5. Dentale Befundung	24
3.5.1. Topografische Lage dritter Molaren im Oberkiefer – Angulationswinkel	24
3.5.2. Topografische Lage der Weisheitszähne im Oberkiefer – Eruptionsstatus	27
3.5.3. Topografische Lage der Weisheitszähne im Oberkiefer – Abstand der Schmelz-Zement-Grenzen	28
3.5.4. Diagnostik externer Wurzelresorptionen in digitalen Volumentomografien	30
3.5.5. Diagnostik von Karies in digitalen Volumentomografien	33

4.	ERGEBNISSE	37
4.1.	Software der statistischen Auswertung	37
4.2.	Patientengut	37
4.2.1.	Alter	38
4.2.2.	Geschlecht	39
4.3.	Rechtfertigende Indikationen	40
4.4.	Auswertbarkeit der digitalen Volumentomografien	41
4.5.	Schmelz-Zement-Grenzen Abstand	42
4.6.	Kontaktpunkt gegenüber Schmelzzementgrenze	43
4.7.	Karies	44
4.7.1.	Karies – insgesamt	44
4.7.1.1.	Karies zweiter Molar bedingt durch dritten Molar – rechts insgesamt	44
4.7.1.2.	Karies zweiter Molar bedingt durch dritten Molar – links insgesamt	45
4.7.2.	Karies bezogen auf Alter und Geschlecht	46
4.7.2.1.	Karies bezogen auf Alter und männliches Geschlecht	48
4.7.2.2.	Karies bezogen auf Alter und weibliches Geschlecht	49
4.7.3.	Karies bezogen auf Angulationswinkel – sagittal	50
4.7.4.	Karies bezogen auf Angulationswinkel – transversal	52
4.7.5.	Karies bezogen auf Retentionstiefe	54
4.7.6.	Karies bezogen auf Abstand Schmelz-Zement-Grenze	55
4.7.7.	Karies bezogen auf Kontaktpunkt Schmelz-Zement-Grenze	57
4.7.8.	Kariesprävalenz bei verschiedenen Variablen - Zusammenfassung	58
4.8.	Wurzelresorption	59
4.8.1.	Wurzelresorption insgesamt	59
4.8.1.1.	Wurzelresorption zweiter Molar bedingt durch dritten Molar – rechts insgesamt	60
4.8.1.2.	Wurzelresorption zweiter Molar bedingt durch dritten Molar – links insgesamt	61
4.8.2.	Wurzelresorption gegen Alter und Geschlecht	61
4.8.2.1.	Wurzelresorption gegen Alter und Geschlecht – männlich	64
4.8.2.2.	Wurzelresorption gegen Alter und Geschlecht – weiblich	65
4.8.3.	Wurzelresorption bezogen auf Angulationswinkel – sagittal	66
4.8.4.	Wurzelresorption bezogen auf Angulationswinkel – transversal	68
4.8.5.	Wurzelresorption bezogen auf Retentionstiefe	69
4.8.6.	Wurzelresorption bezogen auf Abstand Schmelz-Zement-Grenze	71
4.8.7.	Wurzelresorption bezogen auf Kontaktpunkt Schmelz-Zement-Grenze	73
4.8.8.	Wurzelresorptionsprävalenz bei verschiedenen Variablen - Zusammenfassung	74

5.	DISKUSSION	75
5.1.	Digitale Volumentomografie als Mittel zur Karies- und Wurzelresorptionsdiagnostik	75
5.2.	Material und Methoden	75
5.2.1.	Patienten	75
5.2.2.	Methode	76
5.3.	Karies	77
5.3.1.	Karies bezogen auf Alter und Geschlecht	77
5.3.2.	Karies bezogen auf Angulationswinkel	78
5.3.3.	Karies bezogen auf Retentionstiefe	79
5.3.4.	Karies bezogen auf Abstand Schmelz-Zement-Grenze	79
5.3.5.	Karies bezogen auf Kontaktpunkt Schmelz-Zement-Grenze	80
5.4.	Wurzelresorption	81
5.4.1.	Wurzelresorption bezogen auf Alter und Geschlecht	81
5.4.2.	Wurzelresorption bezogen auf Angulationswinkel	83
5.4.3.	Wurzelresorption bezogen auf Retentionstiefe	84
5.4.4.	Wurzelresorption bezogen auf Abstand Schmelz-Zement-Grenze	85
5.4.5.	Wurzelresorption bezogen auf Kontaktpunkt Schmelz-Zement-Grenze	86
5.5.	Synoptische Bewertung	86
5.6.	Schlussfolgerung	88
6.	LITERATURVERZEICHNIS	89
7.	ANHANG	95
7.1.	Abbildungsverzeichnis	95
7.2.	Tabellenverzeichnis	97
7.3.	Befundbogen	98
7.4.	Statistische Tabellen – Datengrundlage	99
8.	VORABVERÖFFENTLICHUNGEN VON ERGEBNISSEN	112

Abkürzungsverzeichnis

2D	Zwei-dimensional
3D	Drei-dimensional
Abb.	Abbildung
ALARA	As low as reasonably possible
bspw.	Beispielsweise
bzw.	Beziehungsweise
CBCT	Cone beam computed tomography
Ca.	Circa
CCD	Charge-Coupled Device
ccw	Counter-clock-wise
CT	Computertomografie
cw	Clock-wise
DGZMK	Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
DVT / DVTs	Digitale Volumentomografie(n)
FDP	Flat-Panel-Detektoren
FOV	Field of view
ICCMS	International Caries Classification and Management System
ICDAS	International Caries Detection and Assessment System
MDCT	Multidetektor-Computertomografie
mSv	Milli Sievert
n	Anzahl
OPG/ OPTG	Orthopantomografie
PSA	Panoramaschichtaufnahme
PVA	Panoramavergrößerungsaufnahme
SPSS	SPSS ist eine Software für die statistische Datenanalyse von IBM. Genutzt wurde die Software und Lizenz der Universität zu Köln.
SZG	Schmelz-Zement-Grenze
Tbl.	Tabelle
v.a.	Vor allem

1. Zusammenfassung

Die digitale Volumentomografie (DVT) bietet die Möglichkeit einer dreidimensionalen Bildgebung, die heutzutage regelmäßig vor chirurgischen Eingriffen in der Mundhöhle angefertigt wird, häufig in Bezug auf die Insertion von Implantaten oder der Entfernung von Weisheitszähnen ^{1,2}. Weiterhin ist eine exakte Darstellung der Lagebeziehungen von Weisheitszähnen zu anderen anatomischen Strukturen, wie Nachbarzähnen, zu evaluieren. Dadurch können Risikofaktoren erkannt werden, die zu einer externen Wurzelresorption oder Kariesentstehung am endständigen Molaren führen können, um somit mögliche Operationstechniken gegeneinander abzuwägen bzw. Komplikationen zu vermeiden ³⁻⁵.

Im Rahmen dieser Studie wurden insgesamt 1000 DVTs gescreent, wovon letztlich 309 in die nähere Untersuchung aufgenommen werden konnten, wobei zweite Molaren auf Karies und externe Wurzelresorption bedingt durch dritte Molaren, abhängig von diversen Risikofaktoren, untersucht wurden. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass 9,1% der zweiten Molaren eine Karies und 24,7% eine externe Wurzelresorption im Bereich des Kontaktes zum dritten Molaren aufweisen. Betrachtet man die Häufigkeit des Auftretens einer Karies bezogen auf das Alter, lässt sich feststellen, dass mit steigendem Alter der milde Schweregrad abnimmt, der schwere jedoch als steigend zu verzeichnen ist. In Abhängigkeit vom sagittalen Angulationswinkel liegt die höchste Prävalenz einer Karies bei mesial angulierten Zähnen (13,7%). Die Transversalangulation kann nicht als Risikofaktor identifiziert werden. In Bezug auf die Retentionstiefe tritt eine Karies gehäuft auf, wenn Zähne der Klasse B zuzuordnen sind. Betrachtet man den Abstand der Schmelz-Zement-Grenzen, so zeigt sich, dass mit einem Abstand von >1,7-6,1mm eine Karies in 22,4% der Fälle auftritt (9,2% mild/ moderat, 2% schwer). Entsprechend der Retentionstiefe ist das Auftreten einer Karies korrelierend mit der Lage des Kontaktpunktes des dritten Molaren auf der SZG des zweiten Molaren.

Bei der Analyse der Zähne in Bezug auf externe Wurzelresorption und dem Alter zeigt sich, dass im Alter von 8 bis 25 Jahren am häufigsten eine Wurzelresorption zu detektieren ist. Bei der Betrachtung der sagittalen bzw. transversale Angulation ist zu erkennen, dass bei mesial und palatinal angulierten Zähnen die höchste Prävalenz einer Wurzelresorption zu verzeichnen ist. Sind Zähne der Klasse C bei der Retentionstiefenbestimmung zuzuordnen, so tritt eine Wurzelresorption in 36,9% der Fälle auf. Betrachtet man den Abstand der SZG und liegt dieser zwischen >8,3-18mm, ist das Auftreten einer Wurzelresorption begünstigt (45,9%). Entsprechend der Ergebnisse der Retentionstiefe und einer Wurzelresorption ist die kraniale Lage des Kontaktpunktes zur SZG des zweiten Molaren als Risikofaktor zu deklarieren. Unter Berücksichtigung der in dieser Untersuchung ermittelten Risikofaktoren lässt sich resümieren, dass bei fraglicher zweidimensionaler Bildgebung die Anfertigung einer dreidimensionalen Aufnahme erfolgen sollte, um mögliche Komplikationen zu vermeiden oder eine rechtzeitige Intervention einleiten zu können.

2. Einleitung

In Deutschland werden heute etwa 39% der Röntgenaufnahmen in der Zahnmedizin angefertigt, um eine weitere Diagnostik wie zum Beispiel die Beurteilung der Lagebeziehungen von Zähnen zu anderen anatomischen Strukturen zu treffen oder Karies besser detektieren zu können⁶. Da es sich hierbei aber um Röntgenaufnahmen mit geringer effektiver Dosis handelt, beträgt der Anteil der effektiven Dosis aller Röntgenuntersuchungen lediglich 0,3%^{6,7}.

Bei diesen bildgebenden Verfahren können auch verlagerte bzw. impaktierte Zähne erkannt werden. Von Impaktion spricht man dann, wenn der Durchbruch der Zähne aufgrund verschiedener Gegebenheiten verhindert bzw. erschwert wird und der physiologische Durchbruchzeitpunkt überschritten ist⁸.

Hinweis zur geschlechtergerechten Sprache:

In dieser Arbeit wird aus Gründen der Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Diese sprachliche Konvention schließt ausdrücklich alle Geschlechter ein.

2.1. Röntgen in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde und geschichtliche Entwicklung

In der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde werden im Rahmen der routinemäßigen Befundung und Diagnostik unterschiedliche bildgebende Verfahren verwendet. Entdecker der Röntgenstrahlen war der an der Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg arbeitende Physiker Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923). Durch seine Versuche mit Kathodenstrahlung konnte er anhand von Fluoreszenzeffekten die Umrisse seiner Handknochen sichtbar machen und nannte die von ihm entdeckten Strahlen „X-Strahlen“. Für seine Errungenschaften im Bereich der Physik erhielt er hierfür 1901 den ersten Nobelpreis. Ebenfalls gelang es ihm, seine eigenen Zähne von intraoral darzustellen, wobei die Belichtungszeit circa 25 Minuten betrug, was im Laufe der Zeit durch die Weiterentwicklung der Technik, je Aufnahmeart, auf einen Bruchteil reduziert werden konnte⁹.

Ab 1922 entwickelte sich die Technik der Panoramaschichtaufnahmen, die auf der Grundlage des 1917 etablierten Bildrechnungsverfahrens nach Radon zurückzuführen ist¹⁰.

Yrjö Paatero gilt als Wegweiser hinsichtlich des Tomografieverfahrens, jedoch handelte es sich im eigentlichen Sinne immer noch um eine Summations- und nicht um eine Schichtaufnahme. Das erste funktionstüchtige Gerät wurde 1951 entwickelt, in Serie produziert werden konnte der OP3 von Siemens und Palimex ab 1961⁹.

Währenddessen wurde eine weitere, heute nicht mehr etablierte Technik, entwickelt. Dabei handelt es sich um die Panoramavergrößerungsaufnahmetechnik (PVA), bei der ein Summationsbild mit speziell intraoral positionierten Hohlanodenröhren erzeugt wird, der Film

befindet sich extraoral. Aufgrund der Strahlenexposition und der unterschiedlichen Vergrößerung der Kieferabschnitte wird dieses Verfahren heute nicht mehr eingesetzt. Während der 1970er Jahre wurde die Computertomografie (CT) durch Cormack und Hounsfield entwickelt. Das Prinzip beruht auf Röntgenstrahlen, die auf vielen Achsen durch das Untersuchungsobjekt geschickt werden. Als mathematische Grundlage der Berechnung dieser Bildgebung dient die Radon-Transformation durch gefilterte Rückprojektion. 1971 konnte die erste überlagerungsfreie Schichtaufnahme angefertigt werden. Die Wissenschaftler wurden aufgrund dieses Erfolges 1979 mit dem Nobelpreis ausgezeichnet. Ein weiterer Meilenstein in der Röntgendiagnostik stellt die Technologie der Digitalen Volumentomografie (DVT) dar. Im Vorfeld fand diese Methode bereits im angiografischen Bereich Anwendung, ab 1998 durch Mozzo und Procacco auch in der Zahnheilkunde ⁹. Der erste digitale Volumentomograf wurde von QR Italia in Verona unter dem Namen NewTom DVT 9000 vertrieben ^{9,11}. Die Indikationsstellung einer solchen Aufnahme ist breit gefächert, wie unter anderem in Bereichen der konservierenden Zahnheilkunde, Endodontie, Parodontologie und Prothetik, besonders aber im Bereich der Oralchirurgie bzw. der Mund-, Kiefer und Gesichtschirurgie ¹. Vor allem in Bezug auf die Insertion von Implantaten, aber auch bei der Lagebestimmung von verlagerten Zähnen, wie beispielsweise dritter Molaren und deren Lagebeziehung im Unterkiefer zum N. alveolaris inferior ³ und im Oberkiefer zum Sinus Maxillaris ¹². Ebenfalls sind virtuelle Planungen und präoperative Evaluation von Behandlungsergebnissen möglich ⁹.

2.2. Überblick von Übersichtsaufnahmen

2.2.1. Orthopantomografie

Bei der Orthopantomografie (OPG) handelt es sich um ein röntgenologisches Verfahren, bei dem eine zweidimensionale (2D) Übersichtsaufnahme des Gesichtsschädels angefertigt wird ⁹. Die Technik beruht auf dem Prinzip des Schnitt- oder Schichtbildverfahrens und wird aufgrund der geringen Verwischung der Zonografie, einer Unterkategorie der Tomografie, zugeordnet ¹³⁻¹⁵. Während der Exposition variieren die Schichtdicken von circa 9mm im Frontzahnbereich, bis circa 20-28mm im Kiefergelenksbereich, wodurch Zahnbögen und Kiefer in einer zweidimensionalen Darstellung auf einem Bild abgebildet werden ^{14,16}. Bei der Durchführung einer Orthopantomografie oder Panoramaschichtaufnahme (PSA) ist auf die korrekte Patientenpositionierung zu achten, um Fehlaufnahmen zu vermeiden und eine spätere optimale Bildqualität zu gewährleisten ^{14,17}. Dabei ist vor allem auf die Ausrichtung des Patientenschädels nach der Mittsagittalachse und der Frankfurter Horizontalen – gedachte Verbindungslinie zwischen Orbitaboden und Meatus acusticus externus – zu achten. Zur besseren Positionierung wird das im Gerät eingebaute Lichtvisier verwendet, sowie die

Frontzähne in den dafür vorgesehenen Aufbiss positioniert, um diese bestmöglich in der gewünschten Schicht darzustellen ^{14,17}.

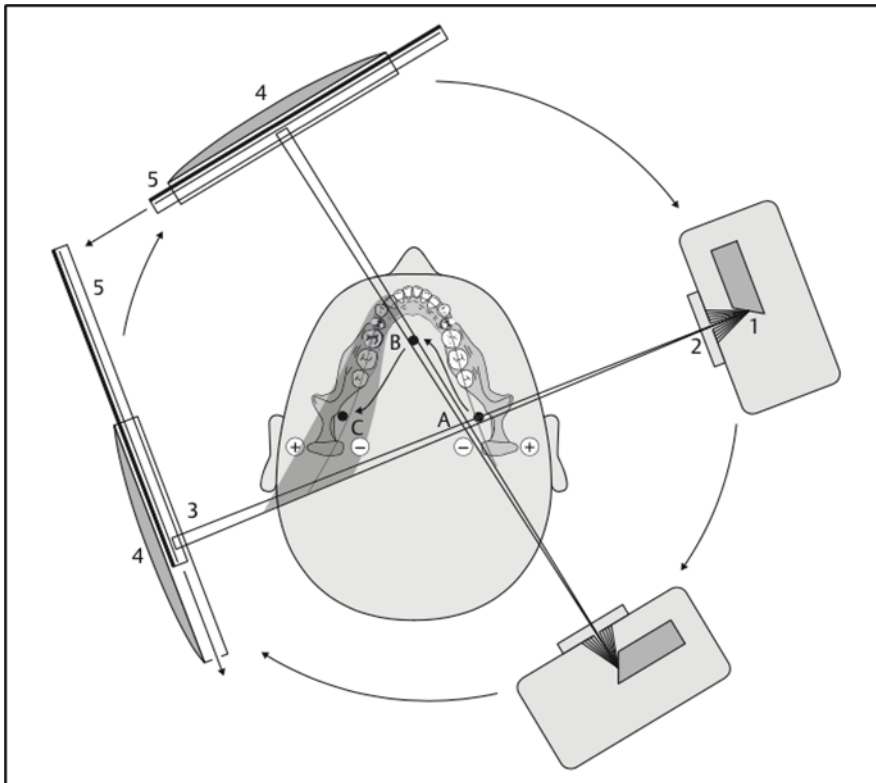


Abb. 1: Bewegungsablauf einer Panoramaschichtaufnahme ¹⁸

Legende: (1) Röntgenfokus, (2) primäre Schlitzblende, (3) vertikale Schlitzblende, (4) Halterung, (5) Bildempfängersystem, (A, B, C) Drehpunkte ¹⁸

Das Funktionsprinzip der Panoramaschichtaufnahme beruht auf einer synchronen Rotation von Bildröhre und Sensorträger um das Untersuchungsobjekt, wobei innerhalb des Zahnbogens die Rotationszentren gleitend und verschoben verlaufen. Der Röntgenstrahl, der aus der primären Schlitzblende (2) austritt, durchquert den Drehpunkt A, um im Anschluss auf die vertikale Schlitzblende (3) des Bildempfängers zu treffen. Während sich Röntgenröhre und Kassettenträger im Uhrzeigersinn um das Untersuchungsobjekt drehen, rotiert der Sensor (5) in Gegenrichtung ¹⁸.

Als Übersichtsaufnahme des dentomaxillofazialen Bereichs wird das Kausystem mit angrenzenden Regionen dargestellt, wobei aufgrund der unabhängigen Darstellung von rechter und linker Schädelhälfte Seitenvergleiche möglich sind ¹⁹⁻²¹. Abseits der Befunde, die aus diagnostischer Fragestellung herausgehen, werden anhand der PSA sehr häufig Nebenfunde diagnostiziert, die allerdings nicht immer einer zahnärztlichen Intervention bedürfen ^{21,22}.

Nachteilig an der PSA ist unter anderem der Informationsverlust aufgrund von Überlagerungen verschiedener anatomischer Strukturen ²³. Besonders betroffen hiervon ist der Frontzahnbereich, der von der Halswirbelsäule überlagert wird ²⁴. Es handelt sich hierbei um

sogenannte Summationseffekte, die sich in Additions- und Subtraktionseffekte unterteilen lassen ²³. Als Subtraktionseffekt versteht man die Überlagerung von strahlendurchlässigeren Schichten auf die zu betrachtende Struktur und erscheint als stärkere Radioluzenz. Unter dem Additionseffekt bezeichnet man die Überlagerung von Weichteilen und Knochen, was zu einer Abbildung mit höherer Opazität führt ¹⁸. Ein weiterer wesentlicher Nachteil der Panoramaschichtaufnahme (PSA) besteht darin, dass keine präzise Lagebeurteilung der anatomischen Strukturen in Strahlenrichtung möglich ist. Da die PSA nur eine zweidimensionale Projektion darstellt, gehen wichtige Informationen über die räumliche Tiefe und Position verloren. Strukturen, die in der gleichen Strahlenebene liegen, werden auf der Aufnahme übereinander projiziert, was zu Missinterpretationen oder diagnostischen Unsicherheiten führen kann. Dies ist besonders relevant, wenn es um die exakte Lokalisierung anatomischer Strukturen oder pathologischer Prozesse geht. Beispielsweise kann in der PSA nicht klar unterschieden werden, ob eine Veränderung – wie eine Zyste, ein Fremdkörper oder ein Zahn – weiter oral oder bukkal im Kiefer gelegen ist. Auch die räumliche Beziehung zwischen Zähnen und benachbarten anatomischen Strukturen, wie dem Nervus alveolaris inferior, kann nicht zuverlässig beurteilt werden. Die fehlende räumliche Tiefeninformation führt dazu, dass in komplexen Fällen oder bei unklaren Befunden oftmals eine dreidimensionale Rekonstruktion der anatomischen Strukturen mittels DVT angefertigt wird ^{4,25}.

2.2.2. Digitale Volumentomografie

Bei der digitalen Volumentomografie (DVT, auch cone beam computed tomography, CBCT) handelt es sich um eine digitale dreidimensionale Aufnahmetechnik, die als adjuvantes diagnostisches Verfahren genutzt wird. Hierbei wird ein Strahlenbündel, konus- oder pyramidenförmig, in Kombination mit einem flächigen Detektor genutzt. Die Rekonstruktion des Bildes wird über Rückprojektion hergestellt, indem viele hundert Einzelaufnahmen zu einem Volumen überlappungsfrei und dimensionsgetreu verrechnet werden ^{1,23,26,27}.

Es werden derzeit verschiedene Gerätetypen vertrieben, die sich im Wesentlichen in der Patientenposition, dem Field of View (FOV) und der Detektortechnologie unterscheiden. Hierbei kann es sich entweder um einen Bildverstärker oder ein Flachpanel-Detektor handeln. Außerdem existieren auf dem Markt auch Kombinationsgeräte, die Panoramaschichtdarstellungen wiedergeben können ¹.

Die Bildgebung erfolgt über eine Röntgenröhre und einen Detektor, die gegenüberliegend auf einem rotierenden Arm montiert sind. Dieser dreht sich während der Aufnahme um mindestens 180°. Im Gegensatz zur herkömmlichen CT kann die Röntgenstrahlung nicht nur kontinuierlich, sondern auch „gepulst“ appliziert werden, weshalb auf der vordefinierten Umlaufbahn innerhalb von 10-20 Sekunden zwischen 150 und 600 Durchleuchtungsbilder (Fluoroskopien) erzeugt werden. Bei diesen Fluoroskopien handelt es sich um zweidimensionale

Absorptionsprofile, die die Grundlage für die spätere Primärrekonstruktion darstellen. Die gesamte Expositionszeit beträgt dementsprechend nur wenige Millisekunden ^{26,28}. Bei einer gepulsten Aufnahme kann die Exposition der ionisierenden Strahlung deutlich reduziert werden ^{28,29}. Die Akquisition der Absorptionsprofile erfolgt entweder durch Bildverstärker (Image Intensifier) oder durch Flat-Panel-Detektoren (FDP) ^{30,31}. Bei der Bildverstärkermethode (Abb. 2) werden Röntgenstrahlen zunächst in sichtbares Licht und anschließend in Elektronen umgewandelt, die daraufhin nach Auftreffen auf einer Charge-Coupled Device (CCD)-Kamera in analoge Videosignale umgewandelt werden. Diese Technik erfordert aufgrund der sekundären Verstärkung der Signale weniger Dosis, zu Ungunsten der Bildqualität bzw. der Auflösung ^{31,32}. Flat-Panel-Detektoren (Abb. 2) nutzen einen Szintillator, der die Röntgenstrahlung in Licht umwandelt. Der Szintillator besteht aus einer sehr dünnen Transformationsschicht aus thalliumbeschichtetem Cäsium-Jodid. Die Lichtquanten werden über nadelförmige Kristalle auf darunter liegende Fotodioden gelenkt und registriert. Dieser Vorgang beinhaltet keine Lichtstreuung, weshalb die Bildqualität nicht leidet. Weiterhin ist als Vorteil der größere Aufnahmebereich ohne Verzerrung, weniger Artefaktdarstellung und bessere Kontrastauflösung zu nennen ^{31,32}.

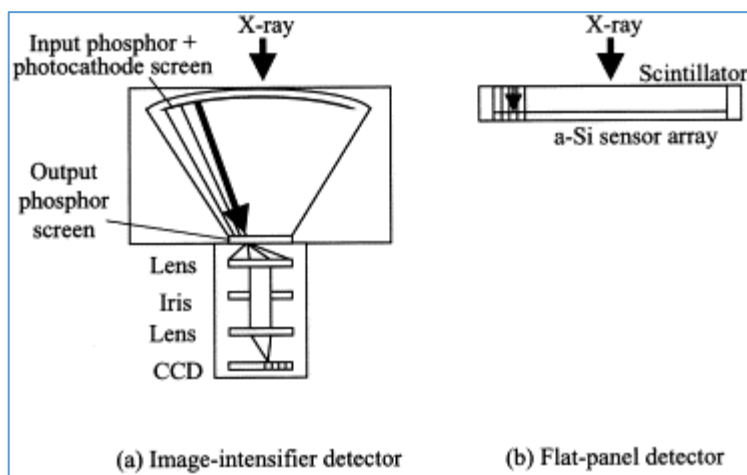


Abb. 2: Vergleich der Detektoren ³¹

Legende: Darstellung Akquisitionsprozess eines (a) Bildverstärkers und (b) Flat-Panel-Detektor ³¹

Um letztendlich das dreidimensionale Volumen zu erhalten, wird zunächst ein Volumendatensatz berechnet, aus dem im Anschluss axiale Schichten und folglich sagittale und koronale Schichten rekonstruiert werden können. Der Rekonstruktionsprozess erfolgt über komplexe mathematische Algorithmen auf Basis der oben beschriebenen Radon-Transformation ^{18,23,26}.

Rekonstruktionsfehler liegen als sogenannte Artefakte vor, die zum einen durch hochdichte Strukturen, wie metalledichte Restaurationen, entstehen können. In unmittelbar benachbarten Strukturen kann es zu vorgetäuschten pathologischen Veränderungen kommen. Des Weiteren

können sogenannte Moiré-Muster vorliegen, die auch als Alisasing-Artefakte bezeichnet werden, wobei hierbei sich wiederholende Muster oder Streifen im Bild vorzufinden sind. Verwackelungsartefakte oder Bewegungsartefakte entstehen dann, wenn eine Patientenbewegung während der Aufnahmezeit vorliegend ist ¹.

2.2.3. Computertomografie

Bei der Computertomografie handelt es sich um ein dreidimensionales röntgenologisches Verfahren, bei dem das Innere des menschlichen Körpers überlagerungsfrei dargestellt werden kann. Das Einsatzgebiet beschränkt sich nicht auf den Schädelbereich, sondern ist für den gesamten Körper anwendbar ^{33,34}.

Das CT-System besteht im Wesentlichen aus einem Hochspannungsgenerator und einer Gantry. Diese setzt sich unter anderem aus der Röntgenröhre, den Detektoren und den Bleibenden (Strahlenschutzeinrichtungen) zusammen, sowie aus weiteren mechanischen Bauteilen, die eine präzise Rotation der Röhre und Detektoren während der Aufnahme erlauben ³³. Die modernen Mehrzeilengeräte (MDCT, Multidetektor-Computertomografie) zählen zu dem Spiral-CT Verfahren, bei dem die Röntgenröhre bei kontinuierlichem Tischvorschub spiralförmig um das Untersuchungsobjekt kreist ³³⁻³⁵.

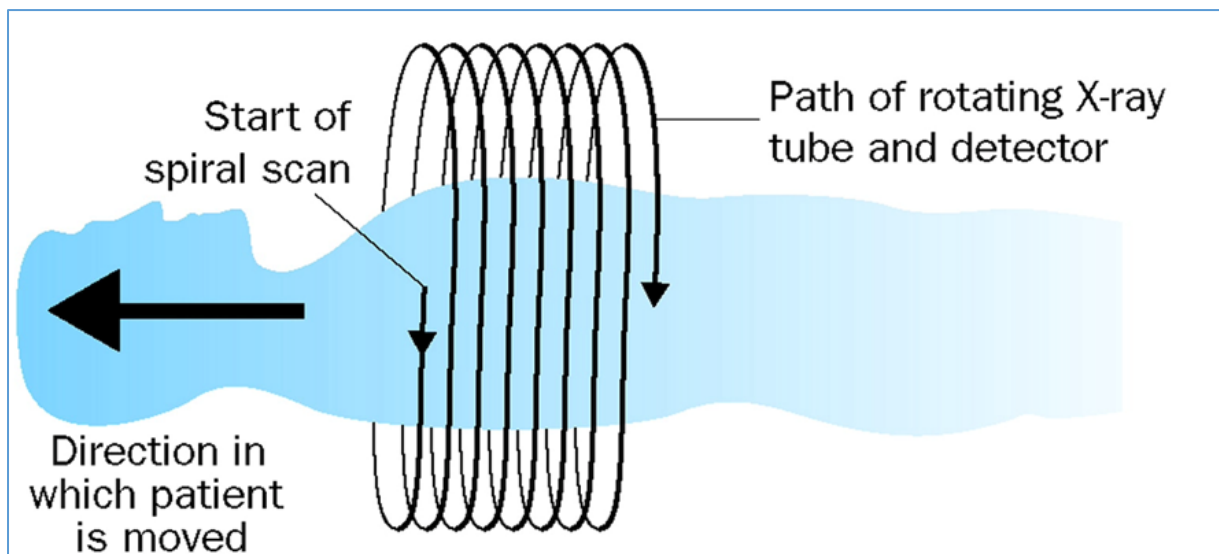


Abb. 3: Funktionsweise von Mehrzeilengeräten (MDCT) ³⁶

Legende: Röntgenröhre rotiert spiralförmig um das Untersuchungsobjekt bei konstantem Tischvorschub ³⁶

Beim Spiral-CT entsteht Röntgenstrahlung durch die Emission von Elektronen aus der Kathode und wird auf die Anode hin beschleunigt. Im Gegensatz zu anderen Röntgenverfahren unterliegen diese jedoch einer permanenten elektromagnetischen Ablenkung, weshalb an der Anode ein stabiler Brennpunkt entsteht. An diesem Punkt werden letztendlich die Röntgenstrahlen erzeugt ^{9,18,33}. Die so erzeugte Strahlung durchläuft im Anschluss das Untersuchungsobjekt, wird abgeschwächt und trifft auf das Detektorsystem,

das die auftreffende Strahlung über Lichtblitze in elektrische Signale umwandelt ³³. Um letztendlich eine dreidimensionale Darstellung des Patienten zu erlangen, muss das Bild rekonstruiert werden. Bei den modernen Geräten werden je Röhrenrotation etwa 1000 Projektionen (Schwächungsprofile) aus diversen Winkeln aufgenommen, die über komplexe mathematische Verfahren auf die Intensität zurück berechnet werden. Für diese Rekonstruktion gibt es zum einen die Möglichkeit der gefilterten Rückresorption ³⁷ und andererseits der iterativen Rekonstruktion ³³. Im generierten Bild werden die Absorptionsprofile mittels unterschiedlicher Grauwerte dargestellt. Aufgrund der fehlenden Vergleichbarkeit der Schwächungskoeffizientenwerte unterschiedlicher CT-Bilder – abhängig von Untersuchungsparametern und genutztem Röntgengerät – wird die sogenannte Hounsfield-Skala genutzt, welche die Basis für die Fensterung und die Dichtebestimmung ist. Da das menschliche Auge nicht alle 4000 Grauwerte, die eine CT abbildet, unterscheiden kann, wird, je nach klinischer Anwendung, ein definiertes Spektrum an Grauwerten herangezogen und diese über den Darstellungsbereich gespreizt, welches abhängig ist vom zu untersuchenden Gewebe bzw. der Fragestellung (Window Width). So nutzt man beispielsweise ein enges Fenster bei Geweben wie dem Gehirn, da hier die Dichteunterschiede sehr gering sind, und somit der Kontrast verstärkt werden kann ³³.

2.2.4. Vorteile und Nachteile der digitalen Volumentomografie

Bei der PSA handelt es sich, wie bereits im Vorfeld erläutert, um eine zweidimensionale Darstellung einer dreidimensionalen Struktur, weshalb es zu einem massiven Informationsverlust kommen kann ^{38,39}. Beispielsweise lässt sich die genaue Lagebestimmung eines verlagerten oder impaktierten Weisheitszahns nicht genau bestimmen. Vor allem ist die bukkolinguale Ausrichtung nur schwer bis gar nicht evaluierbar ^{4,25}.

Um eine dimensionsgetreue und in allen drei Ebenen beurteilbare Darstellung ohne Verfälschung durch Überlagerungen zu erhalten, wird in der Regel eine digitale Volumentomografie angefertigt ^{4,27,40-42}, sofern der daraus gewonnene Informationsgehalt maßgeblich zur Verbesserung der Diagnostik und weiteren Therapieplanung von Nöten ist ^{39,43,44}. Zudem können kleinste pathologische Befunde bzw. Abweichungen von der Norm, beispielsweise bei der Beurteilung einer externen Wurzelresorption an endständigen Molaren bedingt durch verlagerte Weisheitszähne, diagnostiziert werden. Dies ist in zweidimensionalen Darstellungen meist nur in weit fortgeschrittenem Stadium der pathologischen Veränderung möglich ⁴⁵⁻⁴⁷.

Nachteilig gegenüber der OPG ist jedoch die zusätzliche Qualifikation des Behandlers, die zur Inbetriebnahme und zum Anfertigen einer DVT erforderlich ist. Nur bei vorliegender DVT-Fachkunde kann die Indikation gestellt und ein DVT Gerät selbst betrieben werden ⁴⁸.

Die CT stellt eine weitere Möglichkeit dar, eine Beurteilung in allen drei Ebenen zu gewährleisten. Die zahnärztliche Approbation umfasst jedoch nicht die Möglichkeit die Fachkunde zur Anfertigung einer CT zu erlangen, weshalb eine Überweisung an einen Radiologen mit genauer Indikationsstellung erfolgen muss ⁴⁹. Liegt das Hauptaugenmerk auf der Detektion von Veränderungen im Bereich von Weichteilstrukturen, zeigt die CT hingegen eine weitaus höhere diagnostischen Aussagekraft, da sich die DVT auf die Darstellung von ossären Strukturen beschränkt. Weitestgehend findet eine solche Untersuchung, vorwiegend in der Tumordiagnostik, jedoch im Fachbereich der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie Anwendung ^{9,50,51}. Aufgrund des höheren logistischen und wirtschaftlichen Aufwands, aber vor allem aufgrund der weitaus höheren Strahlenbelastung bei unverhältnismäßig höherem Informationsgewinn gegenüber einer DVT, hat sich die CT in der zahnärztlichen Diagnostik nicht bewährt ^{29,45,46,52}.

2.3. Strahlenexposition

In Deutschland beträgt die gesamte natürliche Strahlenexposition bzw. die effektive Dosis einer Einzelperson im Schnitt 2,1 mSv pro Jahr, dies kann jedoch je nach Wohnort-, Ernährungs- oder Lebensgewohnheiten von 1 bis 10 mSv variieren. Zusammengesetzt ist diese Strahlung durch innere und äußere Strahlenexposition, wobei die innere durch die Atemluft oder Nahrung erfolgt. Die äußere Strahlenexposition setzt sich aus kosmischer (Aufenthalt in Höhenlagen) und terrestrischer Strahlung (Radionuklide in Böden oder Baumaterialien) zusammen. Weiterhin wirkt durch medizinische oder technische Anwendungen, vor allem durch Röntgendiagnostik, Strahlung auf den Menschen, die mittlere Strahlenexposition beträgt circa 1,5mSv ⁶. Insgesamt wurden 2018 etwa 130 Millionen Röntgenanwendungen am Menschen durchgeführt, wobei ca. 39% im zahnmedizinischen Setting angefertigt wurden. Da die Strahlenexposition im Vergleich zu anderen röntgenologischen Anwendungen jedoch verhältnismäßig gering ist, beläuft sich die Gesamt-Effektiv-Dosis auf lediglich 0,3% (Abb. 4) ^{6,7,53}.

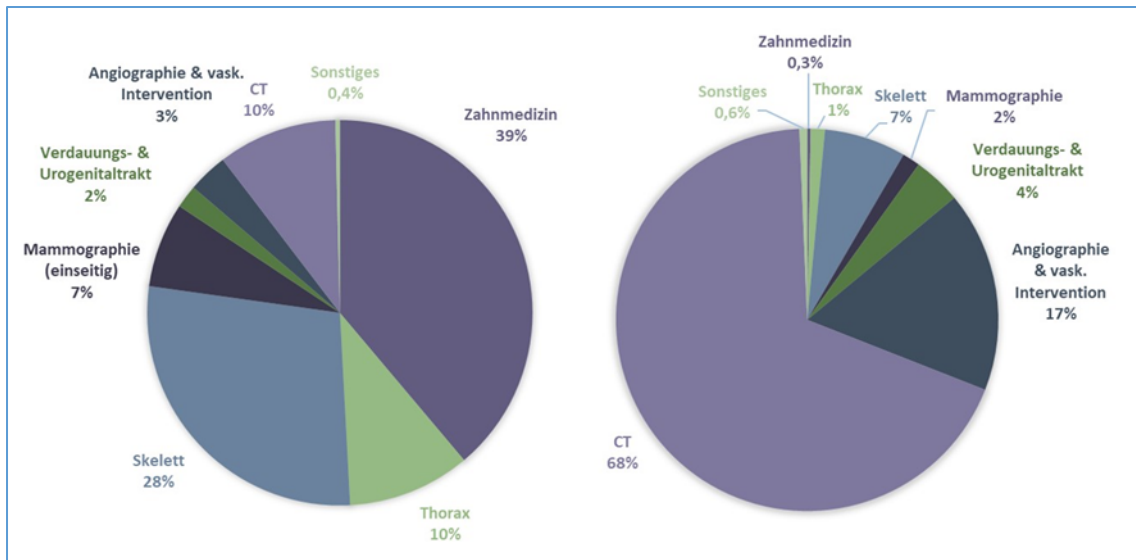


Abb. 4: Quellen von Strahlenexposition bei Menschen ⁵⁴

Legende: links: prozentualer Anteil der verschiedenen Untersuchungsarten an der Gesamthäufigkeit; rechts: prozentualer Anteil der verschiedenen Untersuchungsarten an der kollektiven effektiven Dosis ⁵⁴.

Um die Strahlenexposition möglichst gering zu halten, werden zur Gewährleistung dessen verschiedene Maßnahmen ergriffen. Unter anderem muss vor jedweder Röntgenanwendung am Menschen eine rechtfertigende Indikation gestellt werden. Dies kann nur von einem (Zahn)arzt erfolgen, der die erforderliche Fachkenntnis besitzt. Erfolgt die Anfertigung alio loco in Folge einer Überweisung, muss der vor Ort zuständige (Zahn)arzt die erneute rechtfertigende Indikation stellen, um letztendlich ionisierende Strahlung anwenden zu können. Hierbei muss jedoch beachtet werden, dass der gesundheitliche Nutzen der einzelnen Anwendung gegenüber dem Strahlenrisiko überwiegt ^{54,55}. Weiterhin muss die Expositionszeit und effektive Dosis so gering wie möglich gehalten werden, jedoch darf die Bildqualität nicht an Aussagekraft verlieren ⁵⁶. Grundsätzlich gilt wie in jedem anderen Fachgebiet das ALARA-Prinzip (As low as reasonably possible), um die Exposition möglichst gering zu halten. Dies kann unter anderem durch die Umstellung auf digitale Systeme, hochempfindliche intraorale Filme oder extraorale Film-Folienkombinationen erreicht werden ¹⁸.

2.4. Auswirkungen an endständigen Molaren bedingt durch verlagerte dritte Molaren

Dritte Molaren brechen in der Regel in einem Alter von 17 bis 21 Jahren durch, sind aber diejenigen Zähne, die am häufigsten impaktiert oder retiniert sind ^{25,42,57}. Als impaktiert bezeichnet man Zähne, die vollständig oder teilweise von Schleimhaut oder Knochen bedeckt sind und keinen oder unvollständigen Kontakt zur Mundhöhle haben ^{8,38}. Als Ursache hierfür gelten unter anderem ein fehlendes Platzangebot im Kiefer, Wurzeldilazeration, Trauma,

ankolysierte Milchzähne, Neoplasien oder pathologische Veränderungen sowie Entzündungen³⁸. Die Entwicklung des Keims in abnormer Position und ein abnormer Durchbruchsweg verhindern ebenfalls eine vollständige Eruption eines impaktierten Zahns^{4,58}.

Häufig kommt es im Zuge einer Impaktion zu pathologischen Veränderungen oder Komplikationen an Nachbarstrukturen, wie beispielsweise die Entstehung kariöser Läsionen^{4,38,44,58} oder externe Wurzelresorptionen an Nachbarzähnen^{38,44,58}, Parodontitis^{4,38}, Perikoronitis^{4,47}, Knochenverlust^{38,39} sowie Zystenbildung^{38,44,58} oder die Entstehung von Tumoren^{38,44}.

2.4.1. Wurzelresorption zweiter Molaren bedingt durch dritte Molaren

Als externe Wurzelresorption wird ein Zahnhartsubstanzverlust beziehungsweise der Verlust von Zement und Dentin an der externen Oberfläche bleibender Zähne, bedingt durch erhöhte Aktivität von Odontoklasten, bezeichnet^{44,58-60}. Erstmals beschrieben wurde dies 1856, wobei als Ursache die Traumatisierung des parodontalen Ligaments genannt wurde⁶¹.

Dieser Resorption können zum einen chemische und zum anderen mechanische Verletzungen der schützenden Gewebe zu Grunde liegen. Während Chemische meist durch Infektionen (bakteriell) hervorgerufen werden, spielt bei mechanischen Irritationen der ausgelöste Druck von angrenzenden Strukturen, wie beispielsweise durch impaktierte oder verlagerte Zähne, die entscheidende Rolle^{39,58,60,62}.

Die genaue Pathogenese einer externen Wurzelresorption ist bislang ungeklärt, vermutet wird jedoch, dass ein ähnlicher Sachverhalt wie bei der Resorption von Milchzähnen, bedingt durch bleibende Zähne, stattfindet^{46,47}.

Der vorliegende Prozess ist meist aseptisch und durch einen asymptomatischen Verlauf gekennzeichnet, weshalb eine Diagnosestellung erst im fortgeschrittenen Stadium, bei Eintritt von pulpitischen Beschwerden, möglich ist^{41,45,63}.

Beim Vorliegen einer irreversiblen Pulpitis müssen je nach Schweregrad und Lokalisation weitere Behandlungsschritte wie Wurzelkanalbehandlungen, Wurzelspitzenresektionen oder Extraktionen eingeleitet werden^{44,62}.

Eine Besonderheit im Oberkiefer liegt dahingehend vor, dass eine unmittelbare Nähe zum Sinus Maxillaris besteht. Daraus resultiert die Möglichkeit der Mitbeteiligung der Kieferhöhle. Als Folge kann sich eine odontogen bedingte Sinusitis Maxillaris etablieren. Die apikale Parodontitis in Folge einer entzündlichen Pulpaerkrankung stellt die zweithäufigste Ursache einer odontogenen Sinusitis Maxillaris dar⁶⁴.

Um mögliche Folgebehandlungen an endständigen Molaren, bedingt durch verlagerte oder impaktierte dritte Molaren, zu verhindern, ist es entscheidend, im Vorfeld mögliche Risikofaktoren zu evaluieren, um einen möglichst langen Zahnerhalt zu gewährleisten. Dies kann langfristig auch zu einer finanziellen Entlastung des Patienten und auch der Gesellschaft

führen, da die Herstellung von Zahnersatz wie Interimsersätze, Implantate oder definitivem Zahnersatz umgangen wird ⁴⁷.

2.4.2. Distale Kariesentwicklung an endständigen Molaren bedingt durch dritte Molaren

Die Kariesentstehung an der distalen Fläche endständiger Molaren ist ein Phänomen, das häufig mit impaktierten oder teilretinierten dritten Molaren assoziiert ist. Während die Pathogenese der Kariesentstehung bei bereits durchgebrochenen Zähnen gut erforscht ist, ist die genaue Ursache im Hinblick auf verlagerte Zähne bislang nicht vollständig geklärt ⁶⁵.

Vermutlich besteht ein Zusammenhang zwischen der speziellen approximalen Region zwischen zweiten und dritten Molaren und der erleichterten Speiseimpaktion bzw. Plaqueakkumulation, wodurch letztendlich kariöse Läsionen resultieren ⁴.

Weiterhin können sich sogenannte Pseudotaschen oder Schleimhautkapuzen mit konsekutiver Debrisansammlung bilden. Die Pathogenese der Kariesentstehung ist dieselbe wie bei herkömmlichen Läsionen, die zusätzlich durch schlechte Mundhygiene und Malnutrition negativ beeinflusst wird ^{47,65,66}.

Grundsätzlich lässt sich jedoch sagen, dass vorliegende Problematik erst spät und meist bei Patienten mit weniger Karieserfahrung und einer besseren Mundhygiene auftritt ⁶⁷.

Als Risikofaktoren gelten zum einen der Angulationswinkel des dritten Molaren, der Abstand zwischen den Schmelz-Zement-Grenzen (SZG), der Eruptionsstatus und die Größe bzw. die Lage des Kontaktpunktes zwischen zweiten und dritten Molaren ^{4,67-69}.

Der distale zervikale Bereich der endständigen Molaren ist aufgrund der anatomischen Verhältnisse klinisch schwer zu beurteilen. Aufgrund ausbleibender Symptome findet die Diagnosestellung meist erst im fortgeschrittenen Stadium, bei Eintritt pulpitischer Beschwerden, statt ^{25,68}.

Je nach Grad der kariösen Läsion müssen weitere Behandlungsschritte, wie Wurzelkanalbehandlungen oder die Entfernung des betroffenen Zahns, in Betracht gezogen werden ^{4,68}.

2.5. Fragestellungen und Ziel der Arbeit

Ziel dieser Nachuntersuchung ist die Evaluation zweiter und dritter Molaren hinsichtlich Karies und externer Wurzelresorption abhängig vom Angulationswinkel und Eruptionsstatus in routinemäßig angefertigten DVT-Aufnahmen von uneingeschränktem, durchschnittlichem Patientengut. Dazu soll eine relevante Anzahl von DVT-Aufnahmen in Bezug auf rechtfertigende Indikationen und den Umfang der diagnostizierten Befunde untersucht werden.

Daraus resultierende Prävalenzen sollen die Wahrscheinlichkeit eines Mehrgewinns an Informationen bezüglich zahnärztlicher Interventionen bei impaktierten Weisheitszähnen zum Schutz und langfristigem Erhalt zweiter Molaren beschreiben. Besonders sollen die Einflussfaktoren Angulationswinkel in sagittaler und transversaler Ebene, die Tiefe der Retention, der Abstand der Schmelz-Zement-Grenzen, die Lage des Kontaktpunktes zweiter und dritter Molaren in Verbindung mit Karies und externer Wurzelresorption beschrieben, aufgezeigt und erklärt werden.

Die Hypothese lautet: Sowohl der Angulationswinkel als auch der Eruptionsstaus dritter Molaren haben einen Einfluss auf die Entstehung von Wurzelresorption und Karies an endständigen Molaren.

3. Material und Methoden

3.1. Überblick über den Befundungsablauf

Für diese Studie wurden routinemäßig angefertigte digitale Volumentomografien herangezogen. Diese wurden im Zeitraum vom 06.06.2021 bis 10.10.2022 mit dem Cone Beam Scanner GALILEOS Comfort Plus (Firma Sirona Dental System GmbH, Bensheim, Deutschland) in der Klinik- und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie und der Poliklinik für Orale Chirurgie und Implantologie, Plastische, rekonstruktive und Ästhetische Chirurgie an der Universitätsklinik zu Köln aufgenommen. Die DVTs wurden nach festgelegten Parametern und unter Berücksichtigung der rechtfertigenden Indikationen innerhalb dieser Studie von einer unabhängigen, kalibrierten Promovendin befundet.

3.2. Patientengut

Über eine retrospektive Recherche der Bilddatenbank der Poliklinik für Orale Chirurgie und Implantologie wurden diejenigen Patienten selektiert, bei denen eine digitale Volumentomografie angefertigt wurde. Zur Befundung wurden n = 1000 routinemäßig angefertigte Aufnahmen eines unselektierten Patientenguts herangezogen. Alle angefertigten digitalen Volumentomografien wurden aufgrund einer rechtfertigenden Indikation aus den Bereichen postoperative Befundung, Erkrankung der Kieferhöhle, Zahnlage, Behandlungsplanung, Gewebsveränderung, Entwicklungsstörung, Fokussuche oder Traumatologie angefertigt und entsprechen somit den Empfehlungen der DGZMK-Leitlinie für die Anfertigung einer DVT ¹.

Von den gesichteten Patientendokumentationen konnten 309 Patientenfälle mit 618 Weisheitszähnen in die folgende Studie eingeschlossen werden.

Folgende Kriterien mussten erfüllt sein:

Gesucht wurde nach Patienten mit impaktierten, teilretinierten oder vollständig durchgebrochenen Weisheitszähnen. Zudem musste der 12-Jahres Molar in situ stehen. Zweite und dritte Molaren wurden in Abhängigkeit voneinander nach einem erstellten Kriterienkatalog untersucht und analysiert (s. Anhang: Befundbogen).

Die Studie erfolgte nach den ethischen Standards der aktuellen Deklaration von Helsinki und wurde von der Ethikkommission der Fakultät der Medizin der Universitätsklinik zu Köln überprüft und genehmigt.

3.3. Untersuchungsgerät und Software

Die digitalen Volumentomografien wurden mit dem DVT Gerät GALILEOS Comfort Plus (Firma Sirona Dental System GmbH, Bensheim, Deutschland) angefertigt. Der Patient kann entweder sitzend – auch im Rollstuhl - oder stehend positioniert werden. Der Kopf wird mittels Kinnauflage, einer Aufbisshilfe, sowie einer Stirn- und Kopfstütze fixiert. In einem Scanwinkel von 204° rotiert die Strahler-Detektoreinheit in einer Umlaufbahn um das Untersuchungsobjekt, wobei die Detektion der Strahlung mittels eines Bildverstärkerverfahrens in den dreidimensionalen Datensatz verrechnet wird. Das genutzte Aufnahmeverfahren kann ein Volumen von 15,4cm Kugeldurchmesser aufzeichnen. Die Auflösung in 3D bei isotroper Voxelkantenlänge beträgt 0,25mm. Die Aufnahmedauer beträgt 14 Sekunden, die Belichtungszeit 2-5 Sekunden, wobei die Röhrenspannung bei 98kV und die Anodenstärke bei 3-6mA liegt. Die effektive Dosis liegt zwischen 20-154 μ Sv. Der Datensatz wird durch eine 12-bit Grauskala definiert und weist ein virtuelles Auflösungsvermögen von 3 Linienpaaren pro Millimeter auf ⁷⁰.

Die Befundung der DVTs erfolgte über einen Befundungsmonitor, mittels der Software Galaxis 1.7 (Firma Sirona Dental System GmbH, Bensheim, Deutschland). Über verschiedene Untersuchungsfenster können die gewünschten Bereiche hochauflösend in longitudinaler, transversaler und axialer Ebene dargestellt werden. Ebenfalls ist die Darstellung in einer rekonstruierten Panoramaschicht möglich. Unter der Rubrik Radiologie ist zusätzlich die Darstellung in axialer, koronarer und sagittaler Ebene gegeben.

3.4. Befundbogen

3.4.1. Allgemeiner Teil

Die Auswertung der Daten einer digitalen Volumentomografie erfolgte über einen standardisierten Befundbogen. Die Kodierung der Patientendaten erfolgte über die Übertragung in eine Excel-Datei, bei der jedem Patienten eine fortlaufende Nummer zugeteilt wurde. Es erfolgte dabei eine Differenzierung zwischen dem oberen rechten und linken dritten Molaren, wobei zunächst die oberen rechten fortlaufend nummeriert wurden, im Anschluss die linken oberen dritten Molaren.

Die Befundung und Auswertung der DVTs wurde von einer unabhängigen kalibrierten Promovendin durchgeführt und durch Prof. Dr. Neugebauer im Monitoring auf Richtigkeit evaluiert.

Jeder Befundbogen wurde mit dem Aufnahme- und Befundungsdatum versehen und mit einer fortlaufenden Nummer kodiert.

3.4.2. Rechtfertigende Indikationen

Zur Vereinfachung der Darstellung wurden neun Kategorien gebildet, wobei sich die rechtfertigenden Indikationen hauptsächlich auf die zahnärztliche Chirurgie bzw. Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie beziehen ¹.

Im Verlauf von Implantatplanungen wurde häufig eine DVT mit der Begründung „Behandlungsplanung“ angefertigt ^{2,71}.

Bestätigte sich der klinische Verdacht einer Mittelgesichtsfraktur, wurde mit dieser Indikationsstellung eine dreidimensionale Aufnahme durchgeführt ⁷².

Bei der Bestimmung der Zahnlage spielt zum einen die räumliche Lage im jeweiligen Kieferabschnitt eine Rolle, die mittels zweidimensionaler Bildgebung nicht genau bestimmt werden kann. Um enge Lagebeziehungen zu anderen anatomisch relevanten Strukturen wie beispielsweise zum Nervus alveolaris inferior bestimmen zu können ⁷³, ist eine dreidimensionale Darstellung erforderlich. Zum anderen, ist eine 3D-Rekonstruktion nützlich, wenn die Lage der Zähne bereits auf der zweidimensionalen Bildgebung als kritisch zu betrachten ist ^{5,74}.

„Gewebsveränderungen“ und „Erkrankungen der Kieferhöhle“ zählen ebenfalls zu möglichen Indikationen zur Erstellung eines DVTs ⁶⁴.

Die rechtfertigende Indikation „postoperative Befundung“ wurde meist im Zusammenhang mit Mittelgesichtsfrakturen, operativen Eingriffe im Kieferbereich bspw. in Zusammenhang mit medikamentenassoziierten Kiefernekrosen, Umstellungsosteotomien oder Implantatinserktionen gestellt ⁷⁵.

Liegt bei Patienten eine Entwicklungsstörung vor, kann in Einzelfällen eine DVT angefertigt werden, sofern dies einen deutlichen Mehrgewinn an Informationen liefert ¹.

Bleibt trotz eingehender Untersuchung ein eindeutiger Hauptbefund aus, kann eine DVT angefertigt werden, sofern ein starker Verdacht besteht, dass dadurch ein deutlicher Informationsgewinn im Vergleich zu herkömmlicher radiologischer Bildgebung gegeben ist. Ebenso kann eine dreidimensionale Bildgebung bei der Identifikation des Ursprungs diverser akuter Beschwerden dienen ¹.

3.5. Dentale Befundung

3.5.1. Topografische Lage dritter Molaren im Oberkiefer – Angulationswinkel

Der Grad der Verlagerung der oberen Weisheitszähne wurde durch die Klassifikation nach Archer, adaptiert durch Fragiskos et al, bestimmt ⁷⁶. Um eine zuverlässige Einteilung zu gewährleisten, wurde den verschiedenen Positionen Mesialangulation, Vertikal, Distalangulation und Horizontal, Bukkal- und Palatinalangulation eine bestimmte Winkelspanne zugeteilt ^{4,41} (s. Abb. 5, Tbl. 1).

Zur sagittalen Lagebestimmung dienen die jeweiligen mesialen und distalen Höckerspitzen zweiter und dritter Molaren als Referenzpunkte, durch die jeweils eine Linie gezeichnet wurde⁴¹. Im Schnittpunkt dieser beiden Linien konnte dann ein Winkel gemessen werden. Um die Messung weiter zu präzisieren, wurden 3 verschiedene sagittale Schnittbilder analysiert. Im Anschluss wurde der Mittelwert gebildet, um eine entsprechende Zuteilung zur jeweiligen Angulation durchzuführen (s. Abb. 6).

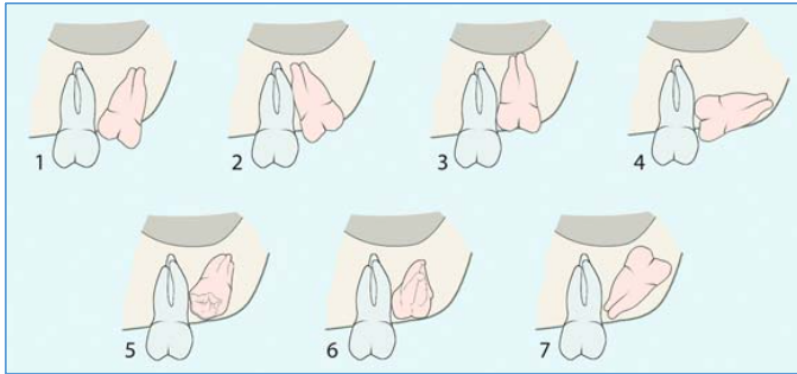


Abb. 5: Klassifikation nach Archer, adaptiert nach Fragiskos⁷⁶

Legende: (1): mesialanguliert, (2): distoanguliert, (3): vertikal anguliert, (4): horizontal anguliert, (5): bukkanguliert, (6) palatinalanguliert, (7) invertiert⁷⁶

Tbl. 1: Zuordnung der Neigungsbezeichnung zum jeweiligen Winkel-Intervall

Neigung der oberen Weisheitszähne	Angulation
Distoangulär	$< (-15^\circ)$
Vertikal	$(-15^\circ) - 15^\circ$
Mesialangulär	$16^\circ - 75^\circ$
Horizontal	$> 75^\circ$
Bukkalangulär	$> (-10^\circ)$
Palatinalangulär	$> 10^\circ$



Abb. 6: Ermittlung Angulationswinkel sagittal – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung)

Bei der Ermittlung der transversalen Lage der oberen Weisheitszähne wurde die Zahnachse des zweiten Molaren ermittelt und auf den dritten Molaren projiziert. Daraufhin wurde eine Linie durch die Zahnachse des Weisheitszahns gezeichnet und der Winkel ausgehend vom Schnittpunkt der beiden Linien gemessen (s. Abb. 7, 8).

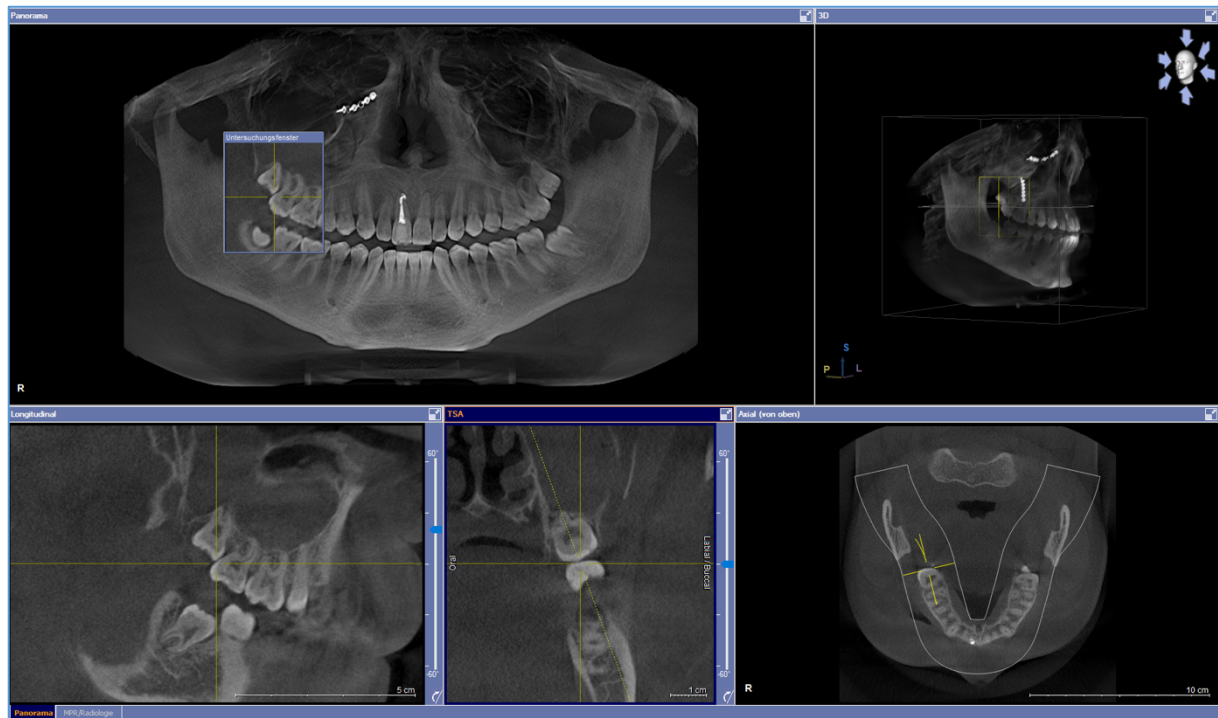


Abb. 7: Ermittlung Angulationswinkel transversal - Bestimmung Angulationswinkel 7er (Quelle: Screenshot während Befundung)

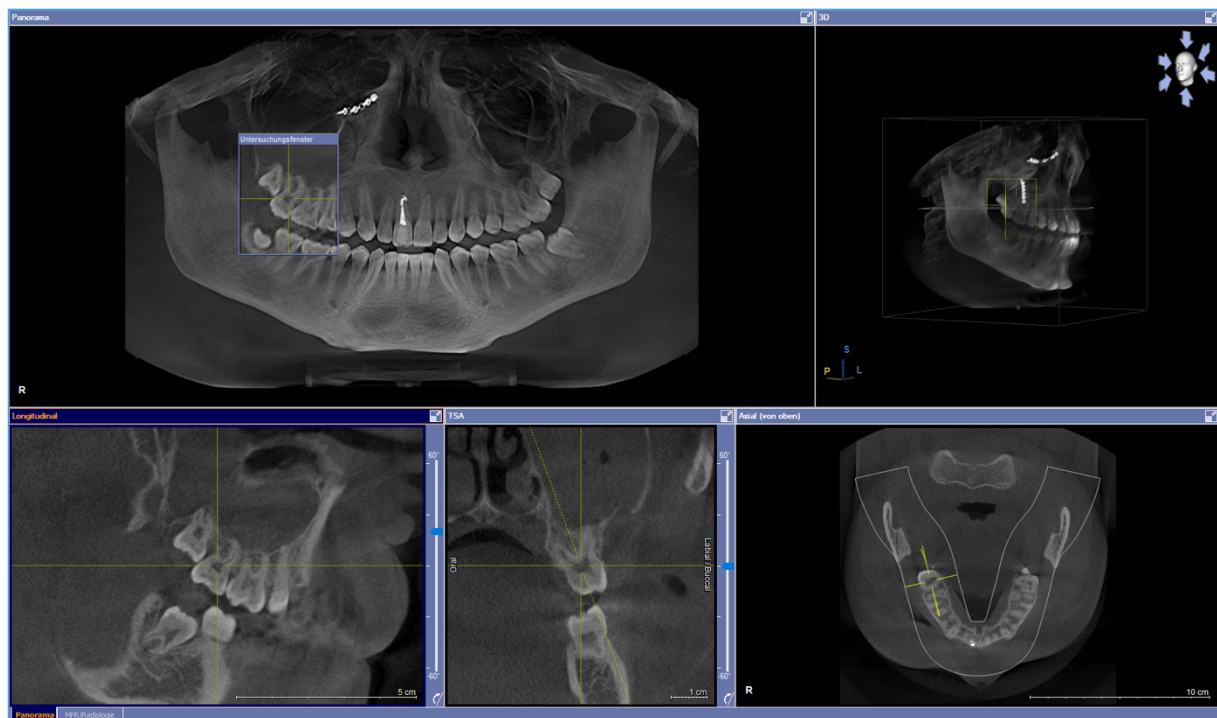


Abb. 8: Ermittlung Angulationswinkel transversal - Reproduktion Angulation 7er auf 8er zu dessen Angulationswinkelbestimmung (Quelle: Screenshot während Befundung)

3.5.2. Topografische Lage der Weisheitszähne im Oberkiefer – Eruptionsstatus

Zur Evaluation des Impaktionsgrades wurde die Klassifikation nach Pell und Gregory herangezogen, wobei die Höhe der Okklusalfäche des zweiten Molaren mit der des dritten Molaren verglichen wurde. Sofern die Okklusionsebene des dritten Molaren auf gleicher Höhe oder oberhalb der Okklusionsebene des zweiten Molaren liegt, spricht man von Impaktionsgrad A. Befindet sich die Okklusalfäche des dritten Molaren etwa Mittig der Zahnkrone des zweiten Molaren, handelt es sich um Grad B. Grad C beschreibt die Lage des dritten Molaren unterhalb der Schmelz-Zement-Grenze des zweiten Molaren ^{41,77}.



Abb. 9: Ermittlung Retentionstiefe nach Pell und Gregory – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung)

Als Alternative zu beschriebener Klassifikation ist auch die modifizierte Klassifizierung nach Archer zu nennen. Der Klasse A werden hierbei diejenigen dritten Molaren zugeordnet, deren

unterster Kronenteil auf einer Linie mit der Okklusionsebene des zweiten Molaren liegen. Der Klasse B diejenigen, deren unterster Kronenteil zwischen der Okklusionsebene und der SZG zum Liegen kommen und der Klasse C diejenigen, deren unterster Kronenteil zwischen der SZG und dem mittleren Wurzeldrittel liegen. Der Klasse D werden alle anderen dritten Molaren zugeordnet, die sich weiter kranial befinden. Diese Einteilung wird im Rahmen dieser Untersuchung nicht als Untersuchungsparameter genutzt, wird aber dennoch aufgrund der späteren Diskussion beschrieben ⁷⁸.

3.5.3. Topografische Lage der Weisheitszähne im Oberkiefer – Abstand der Schmelz-Zement-Grenzen

Ein weiterer Untersuchungsparameter zur Beurteilung des Eruptionsstatus stellt die Vermessung des Abstands der Schmelz-Zement-Grenzen nach Leone et al. dar ⁷⁹. Hierbei stellt die distale Schmelz-Zement-Grenze des zweiten Molaren den ersten Fixpunkt dar. Von diesem ausgehend wurde der Abstand zur mesialen Schmelz-Zement-Grenze des dritten Molaren (zweiter Fixpunkt) gemessen ^{68,79}. Zur präziseren Darstellung wurde dies in 3 verschiedenen sagittalen Schnittbildern durchgeführt, wobei zunächst im tangentialen Fenster ein Schnittbild ausgesucht wurde, in dem die SZG gut zu beurteilen war. Im Anschluss erfolgte eine Rotation der Sagittalebene um 2° clockwise (cw) und counter-clockwise (ccw), um 2 weitere sagittale Schnittbilder zu erhalten ⁴, aus denen im Anschluss der Mittelwert gebildet wurde.

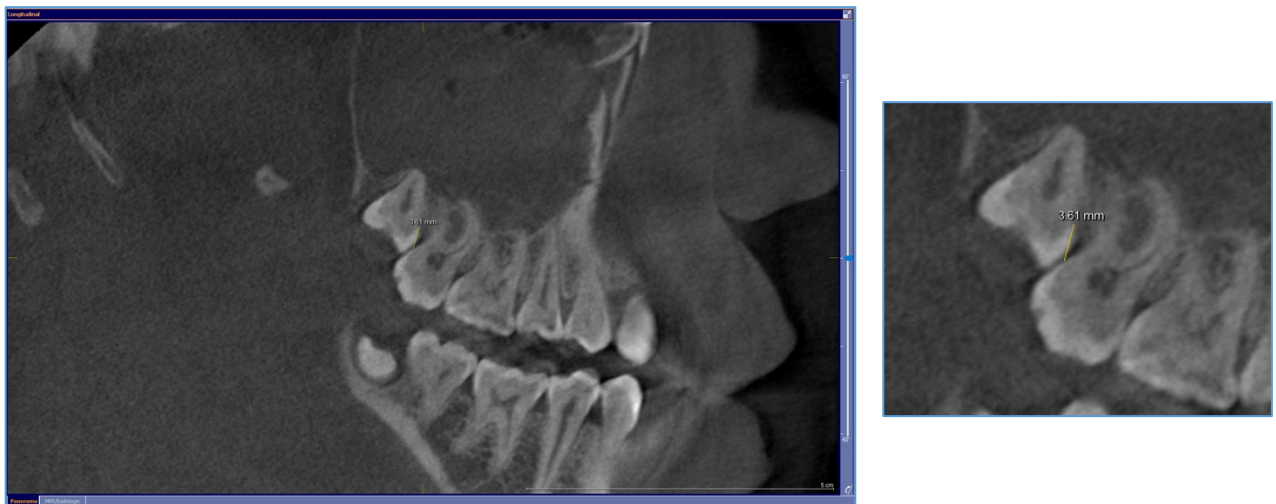


Abb. 10: Bestimmung Abstand SZG ohne Rotation der Sagittalebene – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung)

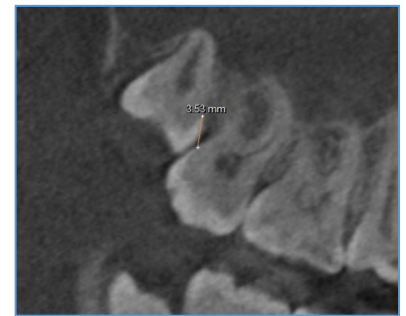
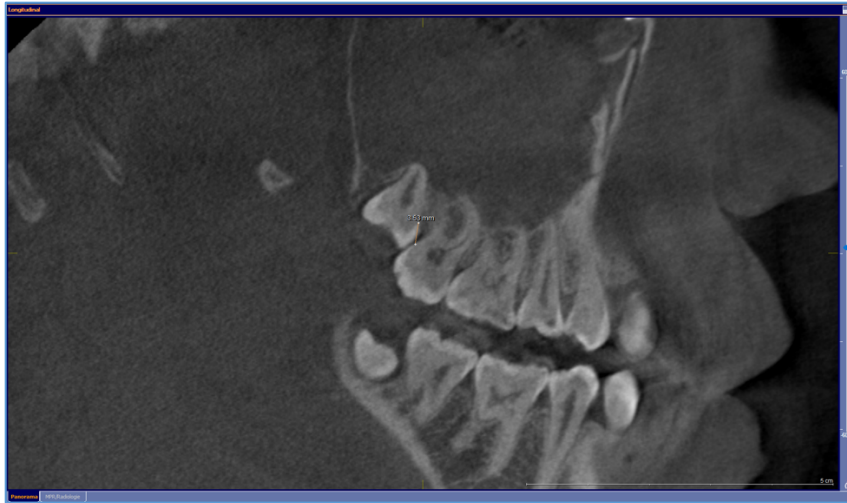


Abb. 11: Bestimmung Abstand SZG, Rotation der Sagittalebene cw – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung)

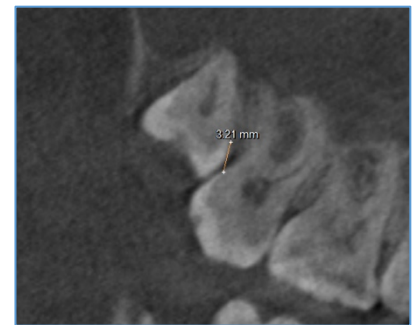
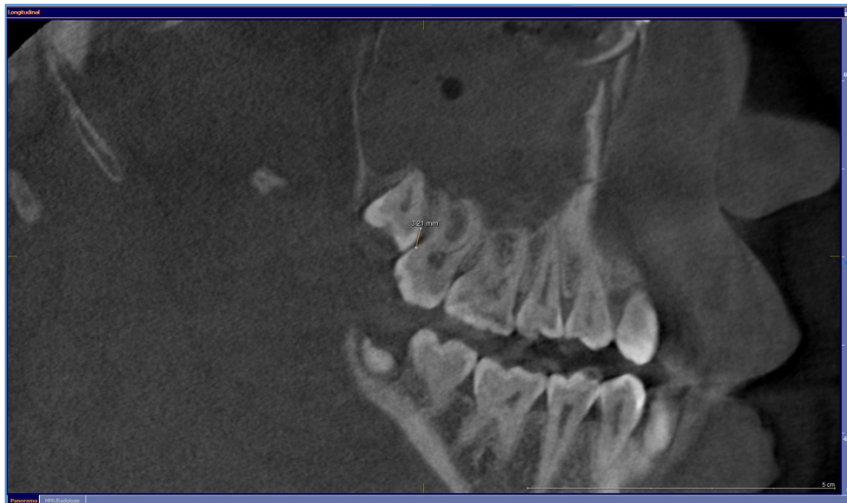


Abb. 12: Bestimmung Abstand SZG, Rotation der Sagittalebene ccw – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung)

In diesem Zuge wurde ebenfalls der Kontaktpunkt des dritten Molaren zum zweiten Molaren beurteilt. Eingeteilt wurde die Lage des Kontaktpunktes des dritten Molaren entweder oberhalb oder unterhalb der SZG des zweiten Molaren oder alternativ mittig der Krone des zweiten Molaren ^{4,69}.

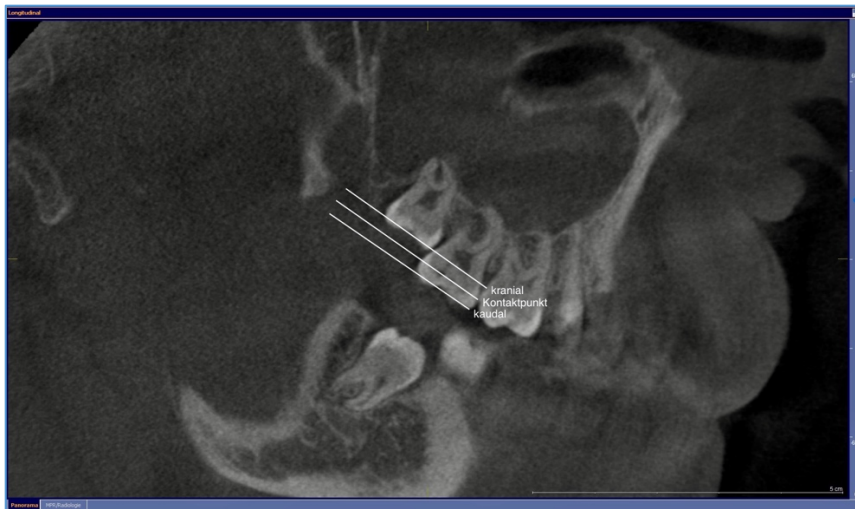


Abb. 13: Bestimmung Lage des Kontaktpunktes – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung)

3.5.4. Diagnostik externer Wurzelresorptionen in digitalen Volumentomografien

Das Vorliegen einer externen Wurzelresorption ist bei einem klar erkennbaren Substanzverlust der distalen Wurzelfläche des zweiten Molaren, bedingt durch direkten Kontakt zum impaktierten dritten Molaren, definiert ^{44,80}. Je nach Schweregrad der vorliegenden Resorption erfolgte die Klassifikation nach Ericson und Kurol in verschiedene Grade: leicht (weniger als 50% des Dentins betroffen), moderat (mehr als 50% des Dentins betroffen, ohne Pulpenbeteiligung) und schwer (mehr als 50% des Dentins betroffen, mit Pulpenbeteiligung) ^{41,42,81,82}. Nur bei Vorliegen der Befunde in sagittaler und horizontaler Ebene wurde die externe Wurzelresorption als vorliegend gewertet.

Abgrenzen von dieser radiologischen Erscheinung lässt sich eine kariöse Läsion. Diese imponiert ebenfalls als Aufhellung in der DVT, ist allerdings an anderer Stelle des Zahnes gelegen. Eine kariöse Läsion ist lediglich im Bereich der Krone des angrenzenden Molaren vorzufinden. Liegt eine Aufhellung weiter apikal gelegen vor, so handelt es sich eher um eine externe Wurzelresorption ^{4,41,42,68,81,82}.

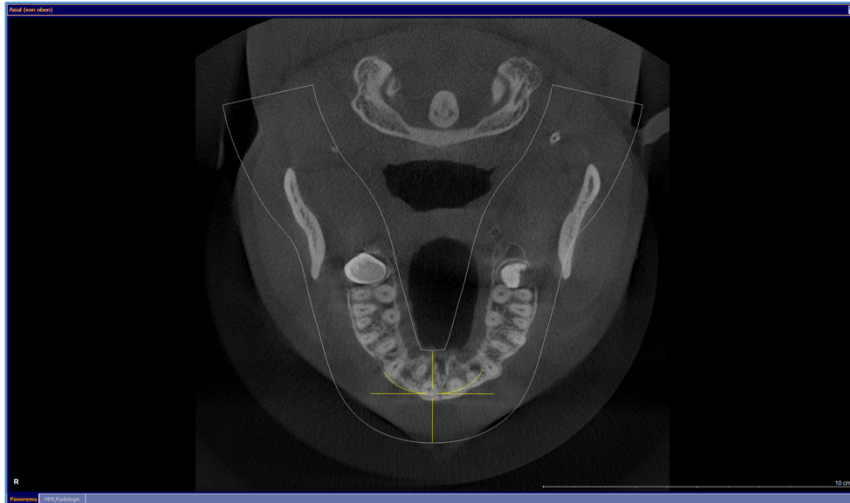


Abb. 14: Bestimmung Wurzelresorption Grad 1, horizontales Schnittbild – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung)

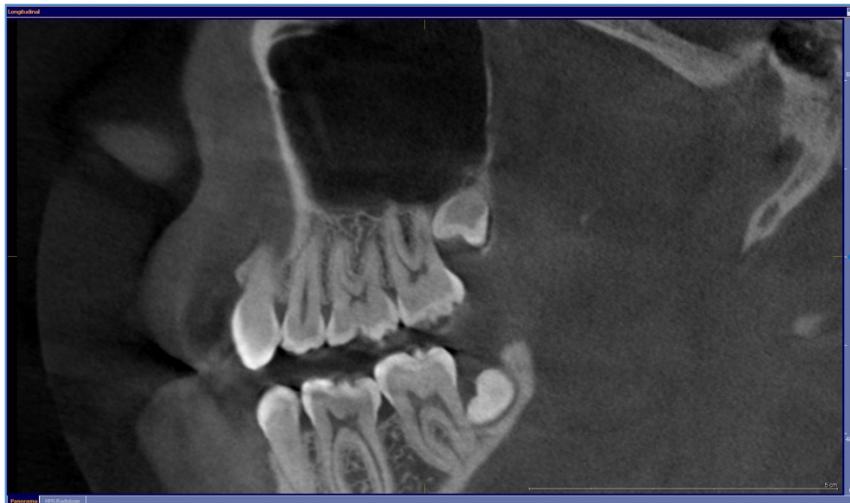


Abb. 15: Bestimmung Wurzelresorption Grad 1, sagittales Schnittbild – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung)

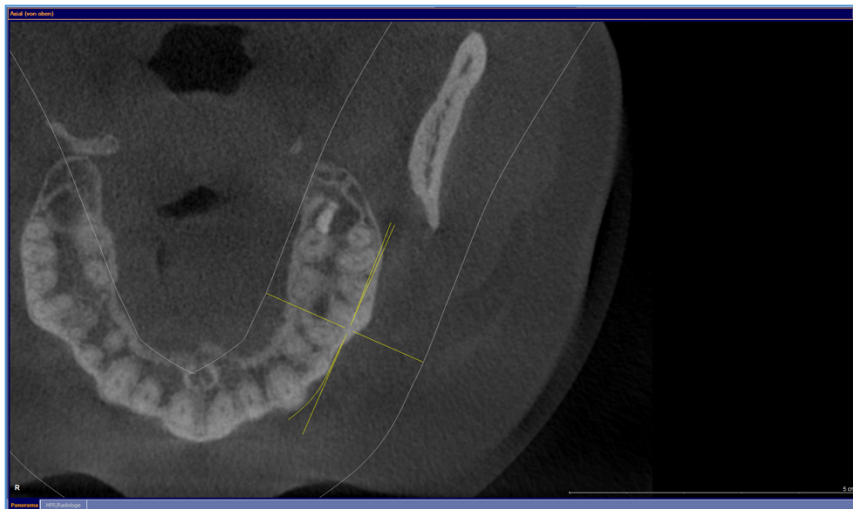


Abb. 16: Bestimmung Wurzelresorption Grad 2, horizontales Schnittbild – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung)



Abb. 17: Bestimmung Wurzelresorption Grad 2, sagittales Schnittbild – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung)

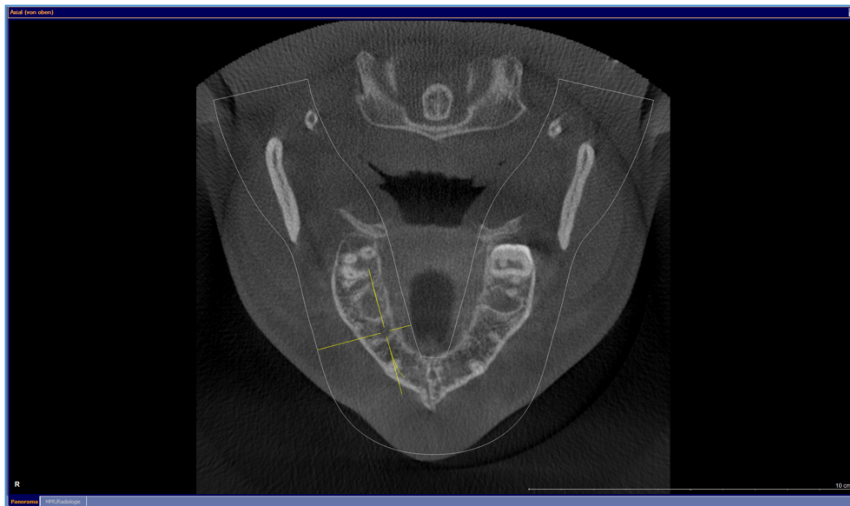


Abb. 18: Bestimmung Wurzelresorption Grad 3, horizontales Schnittbild – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung)



Abb. 19: Bestimmung Wurzelresorption Grad 3, sagittales Schnittbild – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung)

3.5.5. Diagnostik von Karies in digitalen Volumentomografien

Eine kariöse Läsion an der distalen Oberfläche des zweiten Molaren wurde dann befundet, wenn die Radioluzenz irregulär erschien und der Ursprung dieser Veränderung sowohl im Schmelz als auch im Dentin in sagittaler und horizontaler Ebene festgestellt wurde. Als weiteres Anzeichen einer Karies gilt eine klar erkennbare Lücke zwischen der Krone des dritten Molaren und der Distalfläche des zweiten Molaren ^{4,68,83}.

Zur Beurteilung des Schweregrads der kariösen Läsion wurden die international anerkannte Klassifikation ICIDAS (International Caries Detection and Assessment System) sowie die ICCMS Klassifikation (International Caries Classification and Management System) herangezogen ⁴.

Abhängig vom radiologischen Erscheinungsbild wurde eine Karies als mild (weniger als 50% des Dentins betroffen), moderat (mehr als 50% des Dentins, aber ohne Pulpenbeteiligung) oder schwer (mehr als 50% des Dentins betroffen mit Pulpenbeteiligung) klassifiziert^{4,84,85}. Nur bei Vorliegen der Befunde in sagittaler und horizontaler Ebene wurde eine kariöse Läsion als vorliegend gewertet.

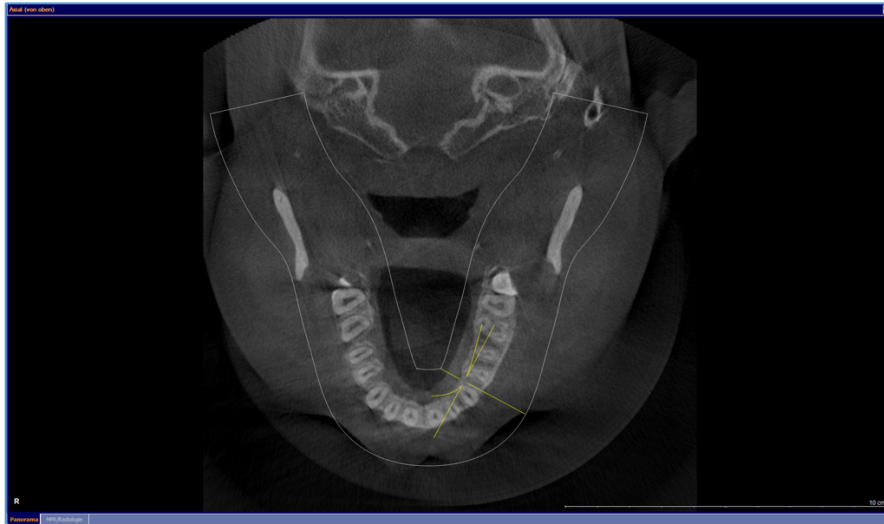


Abb. 20: Bestimmung Karies Grad 1, horizontales Schnittbild – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung)



Abb. 21: Bestimmung Karies Grad 1, sagittales Schnittbild – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung)

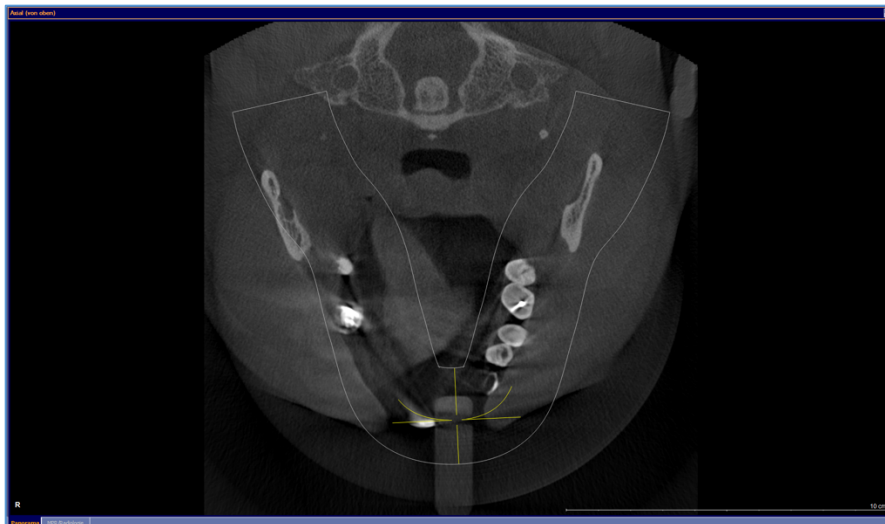


Abb. 22: Bestimmung Karies Grad 2, horizontales Schnittbild – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung)



Abb. 23: Bestimmung Karies Grad 2, sagittales Schnittbild – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung)



Abb. 24: Bestimmung Karies Grad 3, horizontales Schnittbild – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung)



Abb. 25: Bestimmung Karies Grad 3, sagittales Schnittbild – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung)

4. Ergebnisse

Es wurden 1000 routinemäßig angefertigte digitale Volumentomografien von einem unselektierten Patientengut herangezogen. Diese wurden von einer kalibrierten Person im Zeitraum vom 31. Oktober 2019 bis zum 31. Oktober 2022 nach bestimmten Kriterien analysiert, wobei 309 Patienten mindestens einen dritten Molaren aufwiesen und dementsprechend in die Auswertung aufgenommen wurden.

4.1. Software der statistischen Auswertung

Auswertungen der Daten mittels IBM SPSS Version 29.0.2.0 (20, 2024-01-02 ff)

4.2. Patientengut

Die 1000 routinemäßig angefertigten DVTs wurden primär auf das Vorhandensein eines dritten Molaren geprüft. Sofern zudem ein unmittelbar angrenzender zweiter Molar vorhanden war, wurde die digitale Volumentomografie in den weiteren Studienverlauf aufgenommen.

309 der 1000 DVTs erfüllten diese Kriterien. Die 309 Patientenfälle wurden weiterhin in 2 Zahn-IDs unterteilt, indem der dritte Molar jeweils rechts und links unabhängig voneinander untersucht wurde, sodass insgesamt 618 Analysen durchgeführt wurden.

Somit lagen für jeden Patienten zwei Daten vor: Die Zahn-ID von 1 bis 309 repräsentierten die rechten dritten Molaren des Patientenpools, wobei die Zahn-ID von 310 bis 618 die linken dritten Molaren widerspiegeln. Im weiteren Verlauf wurden die DVTs auf Auswertbarkeit analysiert.

Aufgrund der verschiedenen Unterkategorisierungen lagen die Werte für einige Auswertungen in der Summe deutlich unter 618.

4.2.1. Alter

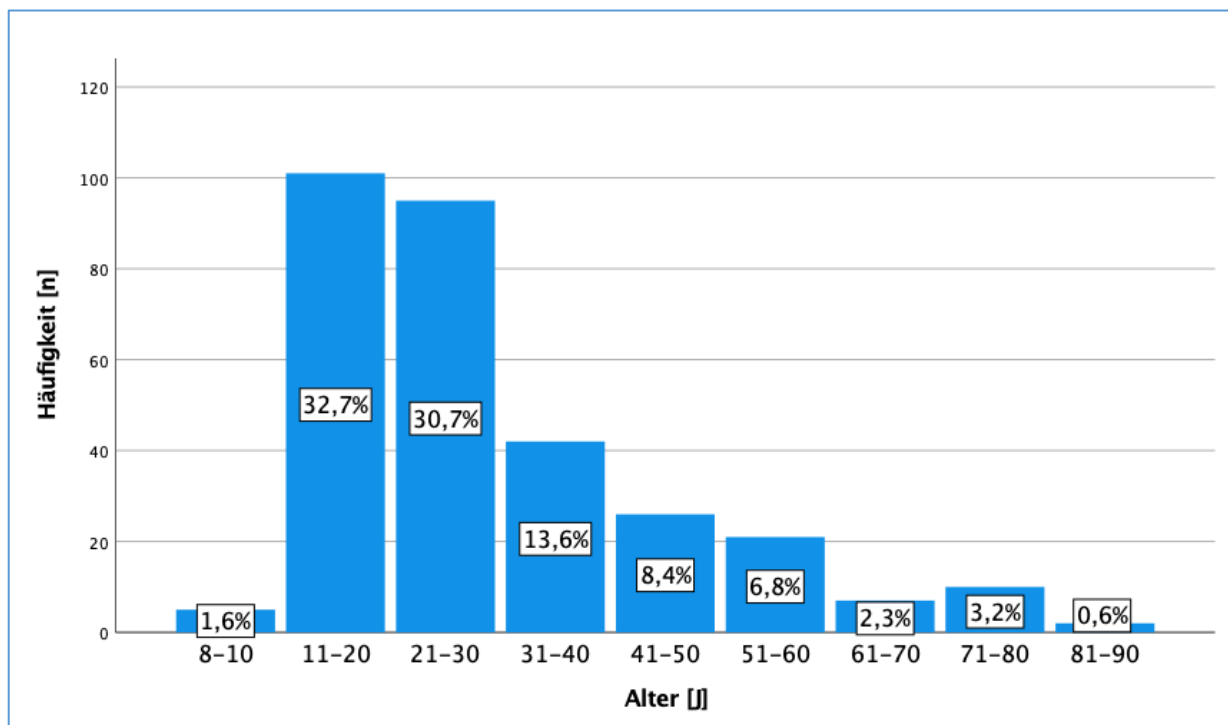


Abb. 26: Patientengut, Häufigkeit bezogen auf Alter

Das durchschnittliche Alter der Patienten betrug 30,0 Jahre ($\pm 16,7$). Der jüngste untersuchte Patient war zum Aufnahmedatum 8 Jahre alt, der älteste 89 Jahre alt.

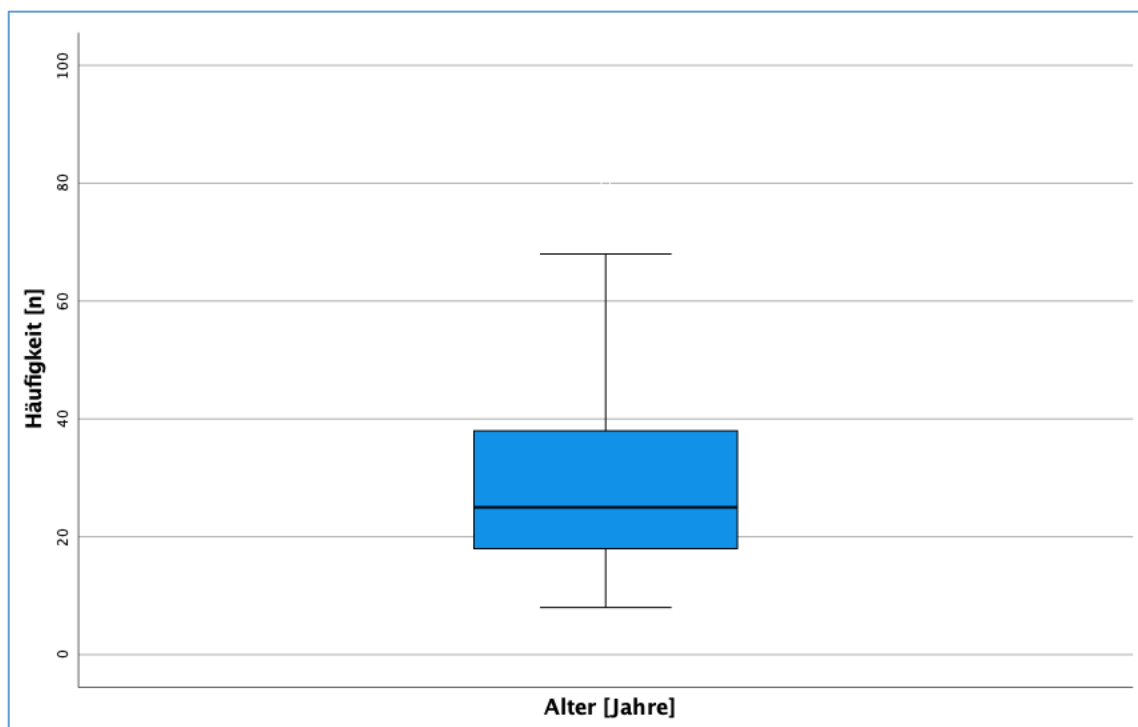


Abb. 27: Boxplot für Alter

Zum Untersuchungszeitpunkt waren 50 % der Patienten unter 25,0 Jahre, die andere Hälfte älter. Zur besseren statistischen Auswertung wurde das Alter bei der Analyse entsprechend in Quartile unterteilt, wobei dies anhand des in Abbildung 27 dargestellten Boxplots ermittelt wurde. Das erste Quartil (25% der untersuchten Patienten) beinhaltete dementsprechend das Alter von 8 bis einschließlich 18 Jahre, das zweite Quartil (25% der untersuchten Patienten) 18 bis einschließlich 25 Jahre, das dritte Quartil (25% der untersuchten Patienten) 25 bis einschließlich 38 Jahre und das vierte Quartil (25% der untersuchten Patienten) 38 bis einschließlich 89 Jahre (s. Abb. 27).

In Abbildung 26 ist zu erkennen, dass die meisten Aufnahmen in der Altersdekade 11-20 Jahre befundet wurden (n=97/ 32,7%). Die Schiefe beträgt 1,32, die Kuriosität 1,25.

Tbl. 2: Chi-Quadrat-Test Altersverteilung

	Alter
Chi-Quadrat	257,887 ^a
df	63
Asymp. Sig	<0,001

Der Chi-Quadrat-Test zeigt, dass entsprechend Chi-Quadrat die jeweilige erwartete Anzahl von 4,8 Personen je identisches Alter war. Dies ist bei der Stichprobe nicht der Fall. Dies ist eine Folge davon, dass die Auswahl der Personen bzw. Befundbögen nicht aufgrund des Alters erfolgte, sondern hiervon unabhängig (siehe Kap. 4.2. „Patientengut“).

4.2.2. Geschlecht

Der Patientenpool setzte sich aus 173 männlichen, 131 weiblichen und 5 diversen Patienten zusammen, wonach die prozentuale Geschlechterverteilung 56% männliche, 42,4% weibliche und 1,6% diversen betrug. Aufgrund der geringen Anzahl diverser Patienten wurde diese Variable bei der Filterung nach Geschlecht in Verbindung mit anderen Variablen nicht explizit aufgeführt, da aufgrund der extrem kleinen Datenmenge keine statistisch validen Aussagen getroffen werden konnte.

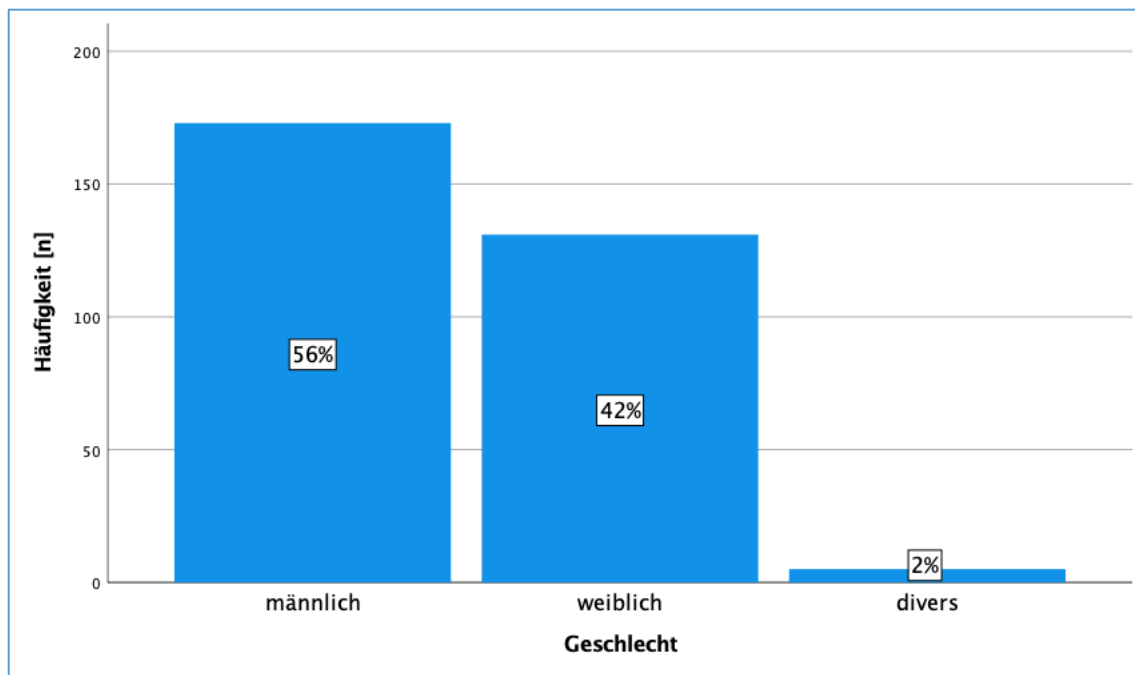


Abb. 28: Patientengut. Häufigkeit bezogen auf Geschlecht

Bei der Analyse auf Gleichverteilung zeigte sich, dass das Geschlecht ungleichverteilt war (t-Test: $p < 0,001$ bei $p = 48,261$). Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Auswahl der Personen/ DVTs nicht aufgrund des Geschlechts erfolgte, sondern hiervon unabhängig (siehe Kap. 4.2. „Patientengut“). Bestätigt wurde dies auch durch den Chi-Quadrat-Goodness-of-Fit-Test.

Tbl. 3: Qui-Quadrat Test Geschlechtsverteilung

	Geschlecht
Chi-Quadrat	148,427 ^a
df	2
Asymp. Sig	<0,001

4.3. Rechtfertigende Indikationen

Bei den befundeten digitalen Volumentomografien wurden folgende Gruppen der rechtfertigenden Indikationen in folgender Häufigkeit gestellt:

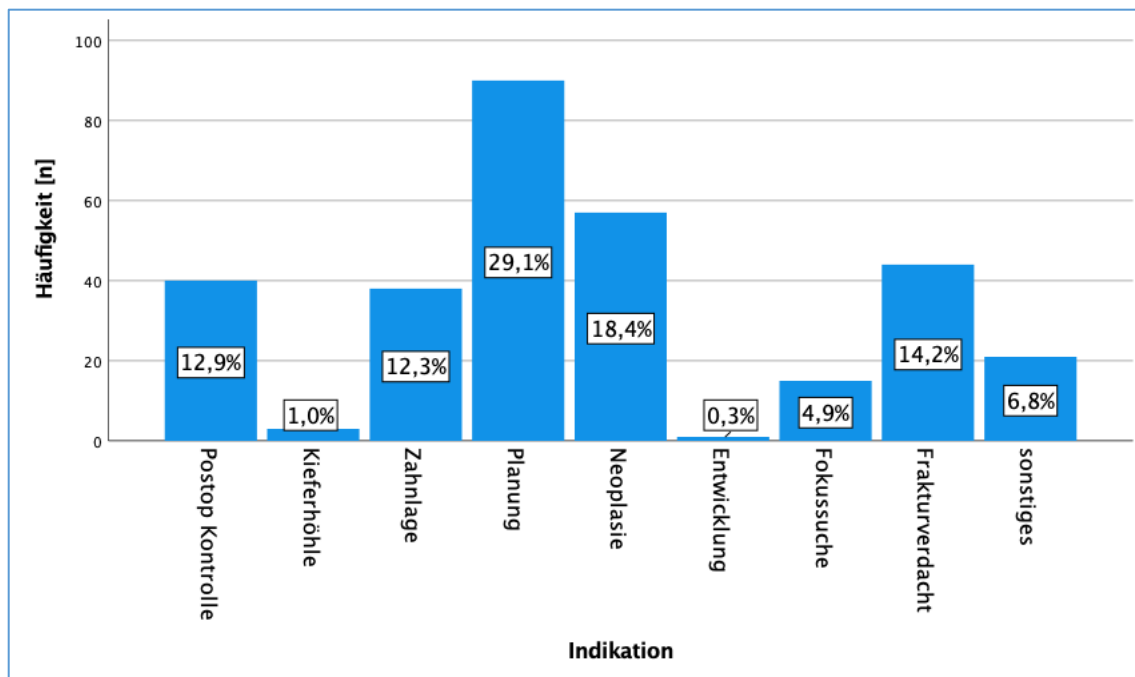


Abb. 29: Rechtfertigende Indikationen und deren Häufigkeitsverteilung

Am häufigsten wurde eine rechtfertigende Indikation zur Anfertigung einer DVT innerhalb dieser Stichprobe im Zusammenhang mit einer Planung oder einer Neoplasie gestellt. Weiterhin stellen Frakturverdacht, postoperative Kontrolle oder Zahnlage eine häufige Indikation zur Röntgendiagnostik dar.

Unter der rechtfertigenden Indikation „Sonstiges“ fielen unter anderem: Beurteilung Kiefergelenk, Kariesdiagnostik, Resorptionen oder Schmerzen Gesichtsbereich.

Die Verteilung der Indikationen war nicht gleichverteilt, da die Auswahl der zu untersuchenden DVTs nicht aufgrund der Indikationen erfolgte, sondern zufällig (t-Test: $p < 0,001$ bei $p = 51,172$). Bestätigt wurde dies ebenfalls mit dem Chi-Quadrat-Test-Goodness-of-Fit-Test.

Tbl. 4: Chi-Quadrat-Test Indikationsverteilung

	Indikationen
Chi-Quadrat	186,291 ^a
df	8
Asymp. Sig	<0,001

4.4. Auswertbarkeit der digitalen Volumentomografien

Insgesamt wurden 1000 DVTs untersucht, wobei lediglich 309 Röntgenbilder die Einschlusskriterien erfüllten.

Von den insgesamt 309 der zu analysierenden dritten Molaren des rechten Oberkiefers waren 64,7% (n=200) vorhanden bzw. auswertbar und 35,3% (n=109) nicht vorhanden bzw. nicht auswertbar.

Von den insgesamt 309 der zu analysierenden dritten Molaren des linken Oberkiefers waren 66,0% (n=204) vorhanden bzw. auswertbar und 34,0% (n=105) nicht vorhanden bzw. nicht auswertbar.

Entsprechend konnten insgesamt 404 dritte Molaren, sowie der angrenzende zweite Molar auf die verschiedenen Variablen hin untersucht werden.

4.5. Schmelz-Zement-Grenzen Abstand

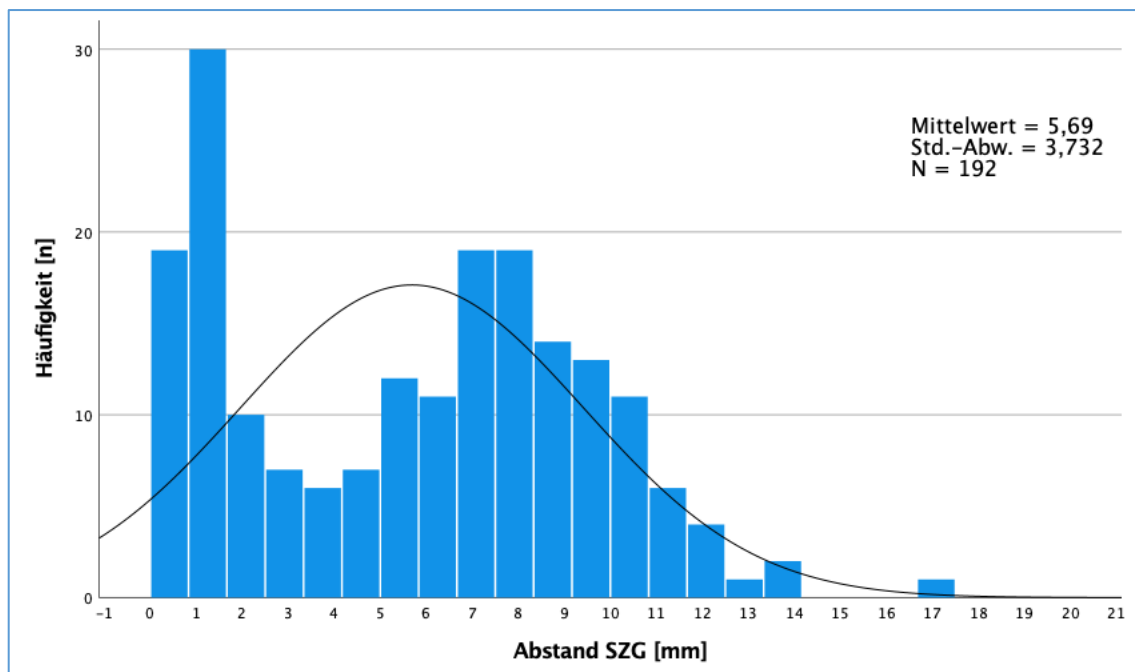


Abb. 30: Häufigkeit gegenüber Schmelz-Zement-Grenzen Abstand

Von den 618 Zähnen konnten in Bezug auf den Schmelz-Zement-Grenzen Abstand 392 DVTs vermessen werden. Bei der Analyse des Abstandes der Schmelz-Zement-Grenzen von zweiten und dritten Molaren lag der geringste Abstand bei 0,28mm, der größte Abstand bei 17,79mm (s. Abbildung 31). Im Mittel lag der Abstand bei 5,56mm ($\pm 0,12$). Die Varianz lag bei 12,99. In Abbildung 30 kann eine Kuriosität von -0,861 (platykurtisch) und eine Rechtsschiefe von 0,135 beschrieben werden.

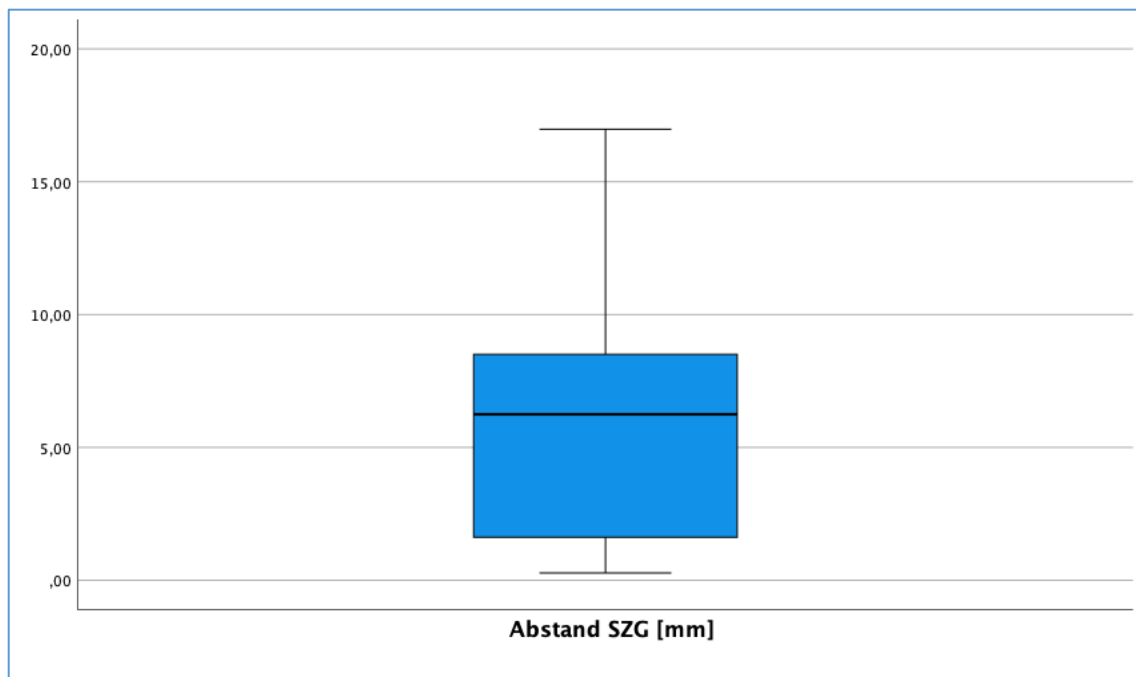


Abb. 31: Boxplot Abstand Schmelz-Zement-Grenze

4.6. Kontaktpunkt gegenüber Schmelzzementgrenze

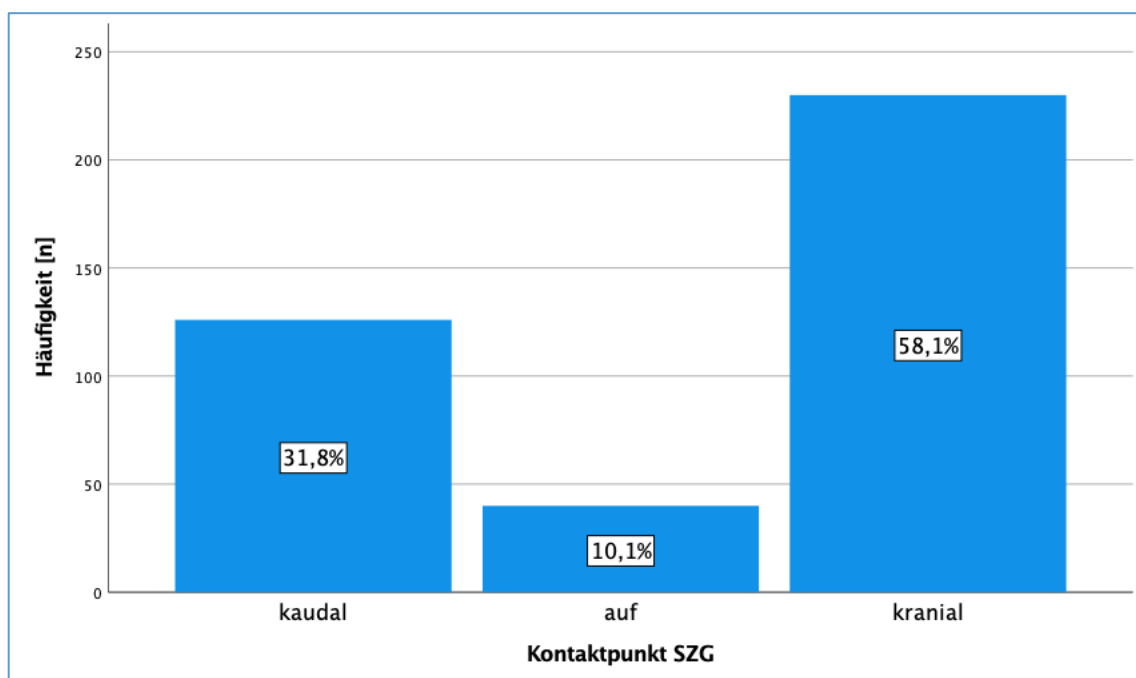


Abb. 32: Häufigkeit gegenüber Lage Kontaktpunkt zur Schmelz-Zement-Grenze

Bei der Untersuchung der DVTs auf die Lage des Kontaktpunktes der dritten Molaren in Bezug auf die Lage der Schmelz-Zement-Grenze des zweiten Molaren zeigte sich, dass in 31,8% (n=126) der Kontaktpunkt kaudal der SZG zu liegen kam. In 10,1% (n=40) lag der Kontaktpunkt auf Höhe der SZG und bei 58,1% (n=230) lag der Kontaktpunkt kranial der SZG.

Insgesamt konnten von den 618 Fällen 396 (64,1%) analysiert werden, wobei der Rest als fehlend aufgrund von nicht Vorhandensein des Zahnpaares oder unzureichender Qualität galt.

4.7. Karies

4.7.1. Karies – insgesamt

Von den 618 auf Karies zu untersuchenden zweiten Molaren konnten 63,8% (n=394) in die Auswertung aufgenommen werden. 36,2% (n=224) sind als fehlend oder nicht auswertbar angegeben.

Von den insgesamt 394 analysierten zweiten Molaren konnten bei 90,9% (n=358) keine Karies festgestellt werden. Die restlichen 36 Zähne wiesen eine Karies auf, wobei 3% (n=12) eine milde, 4,8% (n=19) eine moderate und 1,3% (n=5) eine schwere Karies zeigten.

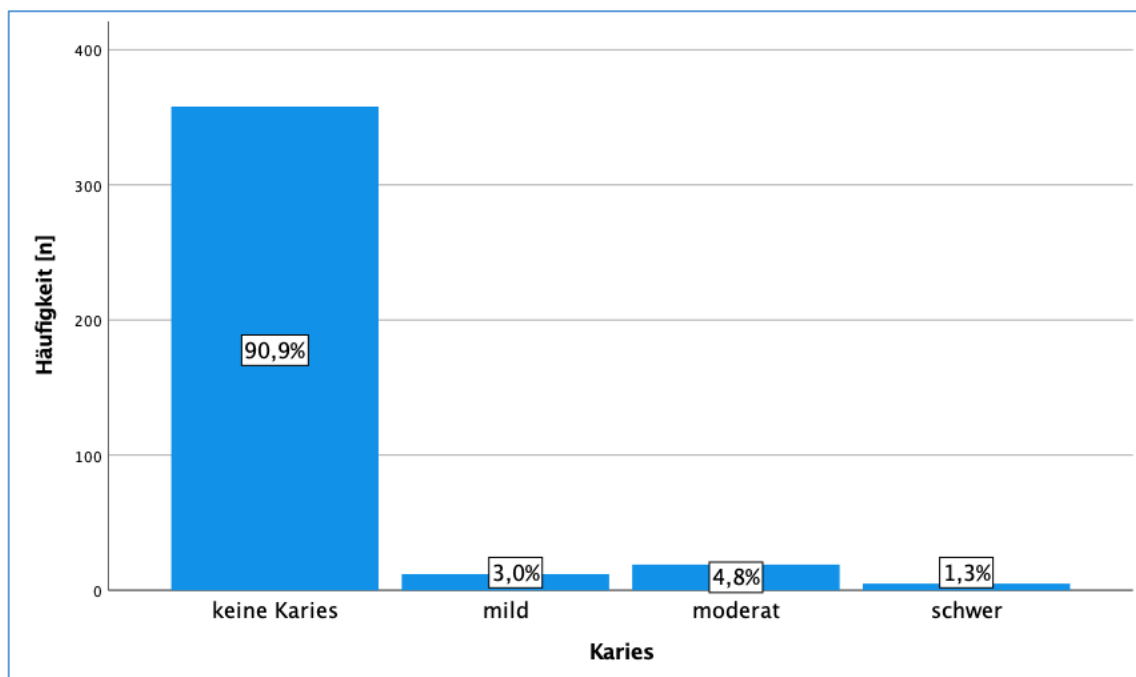


Abb. 33: Häufigkeit bezogen auf Schweregrad Karies

4.7.1.1. Karies zweiter Molar bedingt durch dritten Molar – rechts insgesamt

Von den 309 auf Karies zu untersuchenden zweiten Molaren des rechten Oberkiefers konnten 62,8% (n=194) in die Auswertung aufgenommen werden. 37,2% (n=115) sind als fehlend oder nicht auswertbar angegeben.

Von den insgesamt 194 analysierten zweiten Molaren konnte bei 92,3% (n=179) keine Karies festgestellt werden. Die restlichen 15 Zähne wiesen eine Karies auf, wobei 1% (n=2) eine milde, 5,2% (n=10) eine moderate und 1,5% (n=3) eine schwere Karies zeigten.

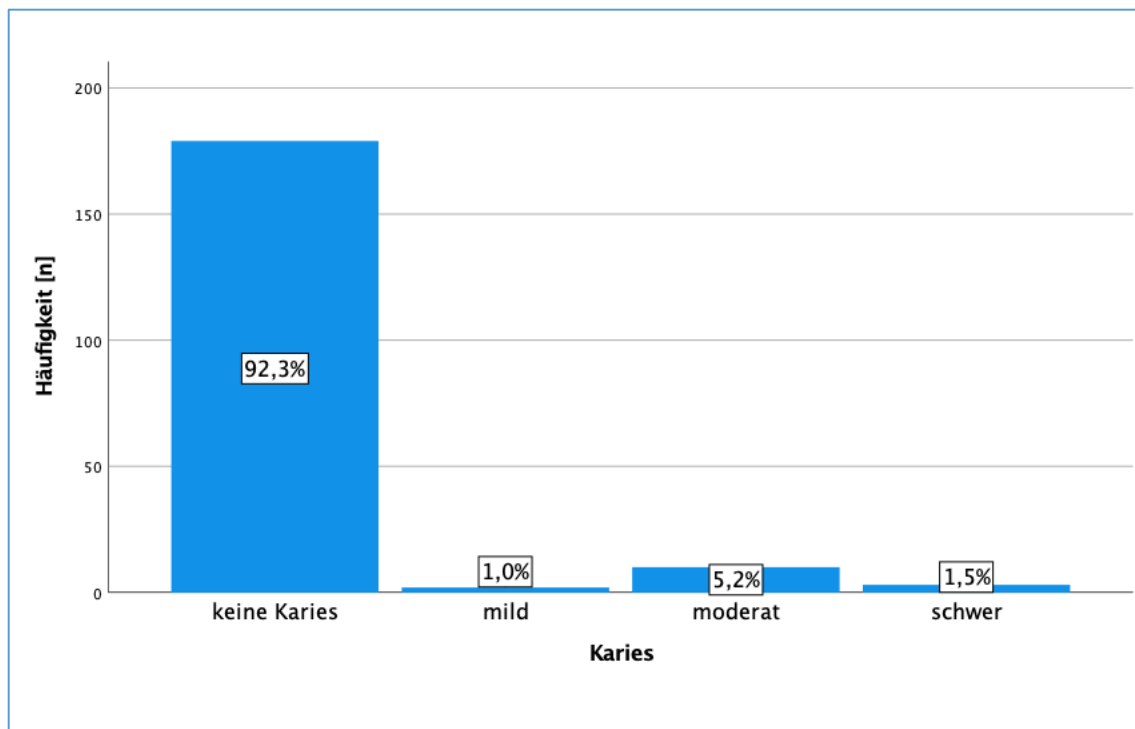


Abb. 34: Häufigkeit bezogen auf Schweregrad Karies - rechts

4.7.1.2. Karies zweiter Molar bedingt durch dritten Molar – links insgesamt

Von den 309 auf Karies zu untersuchenden zweiten Molaren des linken Oberkiefers konnten 64,7% (n=200) in die Auswertung aufgenommen werden. 35,3% (n=109) sind als fehlend oder nicht auswertbar angegeben.

Von den insgesamt 179 analysierten zweiten Molaren konnte bei 89,5% (n=179) keine Karies festgestellt werden. Die restlichen 21 Zähne weisen eine Karies auf, wobei 5% (n=10) eine milde, 4,5% (n=9) eine moderate und 1,0% (n=2) eine schwere Karies aufwiesen.

Verglich man die linke Seite mit der rechten Seite hinsichtlich eines signifikanten Unterschieds, zeigte sich, dass dies nicht bestätigt werden konnte. Der Chi-Quadrat-Test ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied in der Verteilung der Kariesgrade zwischen den zweiten Molaren des rechten und linken Oberkiefers ($\chi^2=5,50$, $df=3$, $p=0,139$). Die beobachteten Häufigkeiten stimmten weitgehend mit den erwarteten Häufigkeiten überein. Somit gab es keinen Hinweis darauf, dass die Kariesprävalenz oder -schwere zwischen den Seiten unterschiedlich verteilt war.

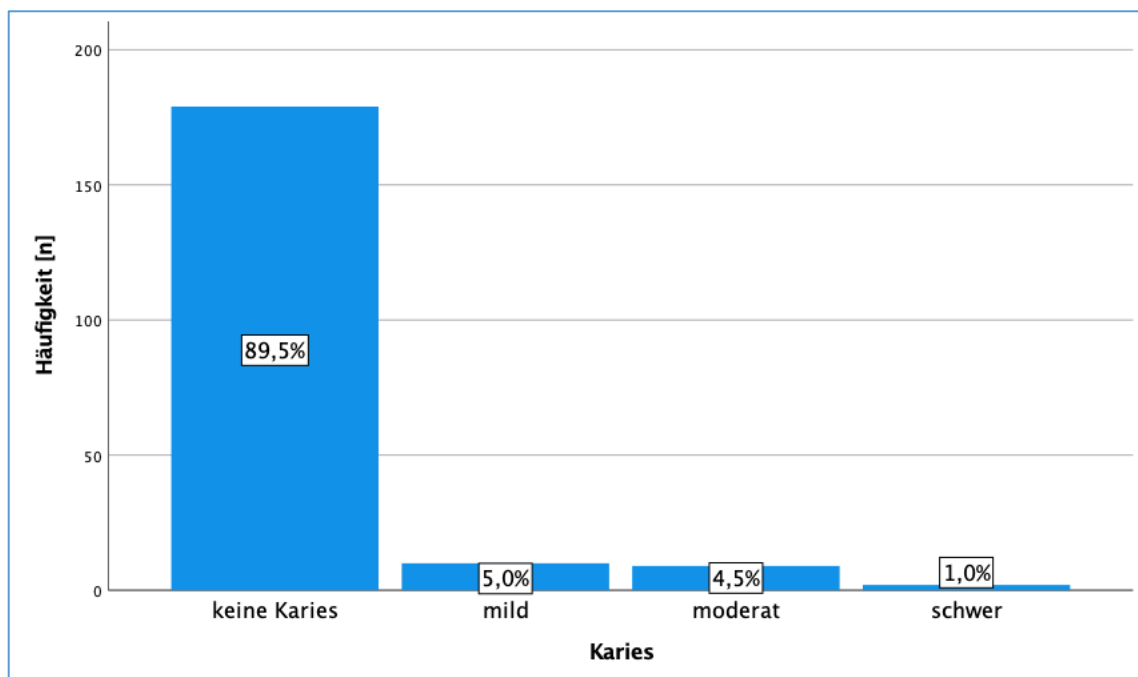


Abb. 35: Häufigkeit bezogen auf Schweregrad Karies – links

4.7.2. Karies bezogen auf Alter und Geschlecht

Abbildung 36 zeigt die Häufigkeit von Karies gegenüber dem Alter. Die Intervallbestimmung des Alters erfolgte über die Erstellung von Quartilen, wobei der Median bei 25,0 Jahren lag. Das erste Quartil beinhaltete das Alter von 8 bis einschließlich 18 Jahre, das zweite Quartil 18 bis einschließlich 25 Jahre, das dritte Quartil 25 bis einschließlich 38 Jahre und das vierte Quartil 38 bis einschließlich 89 Jahre.

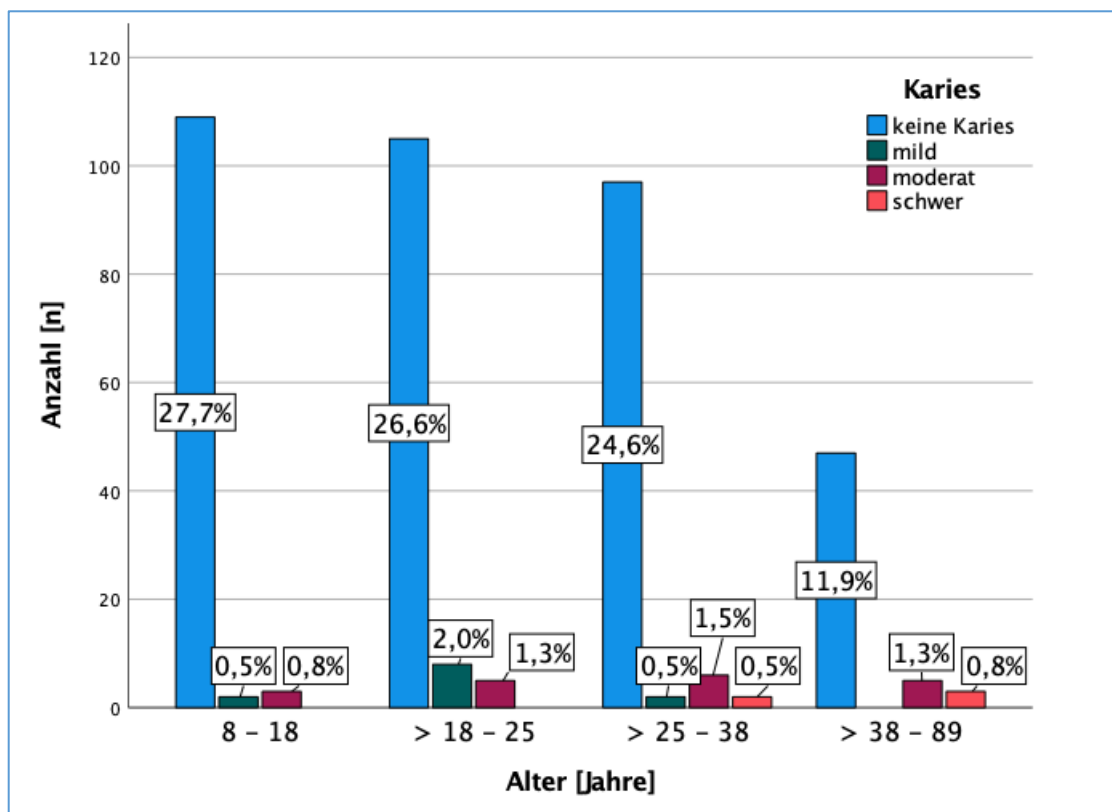


Abb. 36: Häufigkeit Karies gegenüber Alter

Betrachtete man die Häufigkeit von Karies in den verschiedenen Altersquartilen, so zeigte sich, dass im Alter von 8 bis 18 Jahren keine schwere Karies (0%, n=0), eine geringe Anzahl an milder (n=2) und moderater Karies (n=3) vorzufinden war.

Weiterhin zeigte sich, dass im Alter von 18 bis 25 Jahren am häufigsten die milde Karies (n=8) auftrat mit steigendem Alter (2. Altersquartil) zeigte sich ein deutlicher Rückgang der milden Karies (drittes Altersquartil n=2) und ein Anstieg der moderaten Karies (n=6). Im vierten Altersquartil zeigte sich ein weiterer Rückgang der milden Karies (n=0), bei ansteigender Häufigkeit der moderaten (n=5) und der schweren Karies (n=3).

Untersuchte man die beiden Variablen auf Korrelation, zeigte sich, dass diese signifikant war und ein gering positiver Zusammenhang bestand ($p > 0,029$).

Bestätigt wurde dies sowohl durch den Chi-Quadrat Test, als auch durch den exakten Fisher-Halton-Test, der in diesem Fall die zuverlässigste Aussage über die Signifikanz wiedergab. Die Verlässlichkeit des Chi-Quadrat-Tests war aufgrund der niedrigen erwarteten Häufigkeiten in vielen Zellen nicht optimal. 9 Zellen hatten eine erwartete Häufigkeit kleiner als 5, wobei die minimale erwartete Häufigkeit 0,70 betrug. Der lineare Zusammenhang-Test zeigte ebenfalls signifikante Zusammenhänge, es bestand eine regelmäßige Beziehung zwischen den beiden Variablen.

Tbl. 5: Statistische Tests Häufigkeit Karies gegenüber Alter

	Wert	df	Asympt. Signifikanz	Exakte Signifikanz	Punkt-Wahrscheinlichkeit
Pearson-Chi-Quadrat	22,968 ^a	9	0,006	0,006	
Exakter Test nach Fisher-Freeman-Halton	17,909			0,013	
Zusammenhang linear-mit-linear	8,457 ^b	1	0,004	0,003	0,001
Anzahl gültiger Fälle	394				

4.7.2.1. Karies bezogen auf Alter und männliches Geschlecht

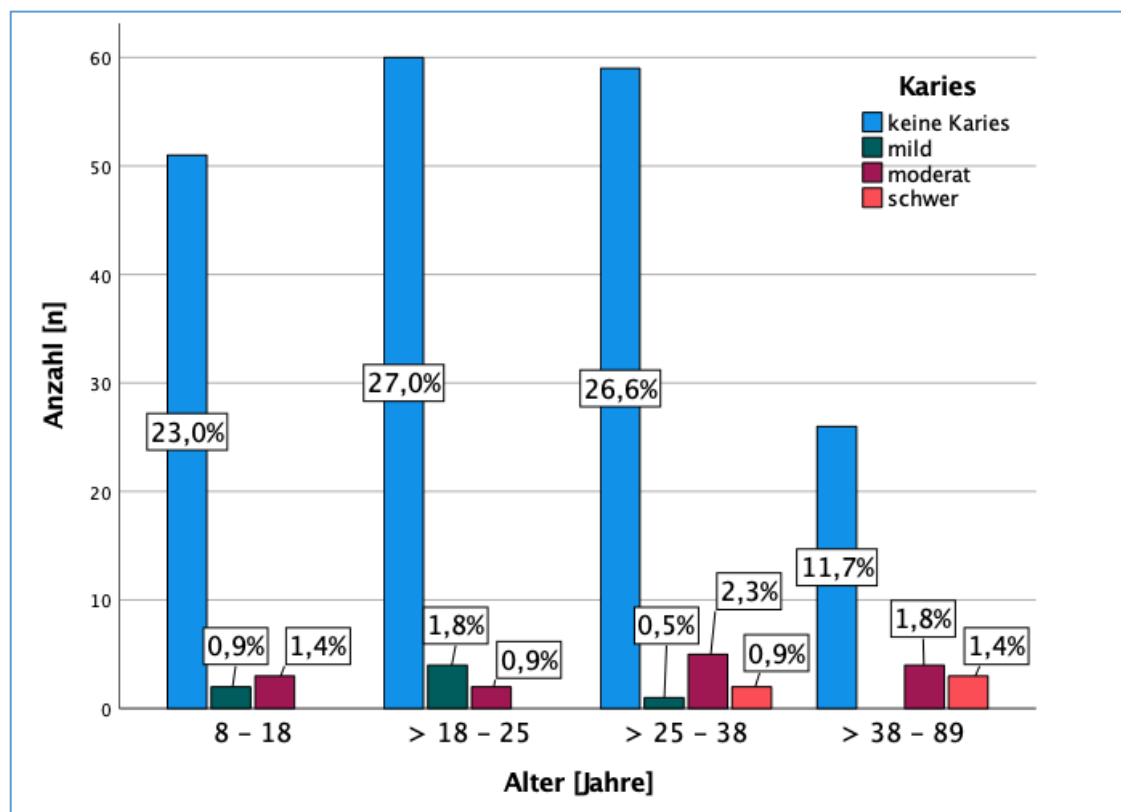


Abb. 37: Häufigkeit Karies gegenüber Alter und Geschlecht – männlich

Von den untersuchten DVTs der männlichen Patienten konnten 222 auf Karies hin untersucht werden, wobei im ersten Altersquartil von 8 bis einschließlich 18 Jahre 56 zweite Molaren analysiert werden konnten. Davon zeigte sich bei 2 Zähnen eine milde und bei 3 Zähnen eine moderate Karies. Eine schwere Karies war nicht festzustellen.

Bei den Patienten von 18 bis 25 Jahren zeigten von 66 zweiten Molaren 60 keine, 4 eine milde und 2 eine moderate Karies. Eine schwere Karies war ebenfalls nicht zu detektieren.

Im dritten Altersquartil, mit den meisten untersuchten Zähnen (n=67), wiesen 59 Zähne keine, 1 Zahn eine milde, 5 eine moderate und 2 eine schwere Karies auf.

Im vierten Altersquartil wiesen 26 Zähne keine Karies, 4 eine moderate und 3 eine schwere Karies auf. Zähne mit milder Karies sind nicht zu detektieren.

4.7.2.2. Karies bezogen auf Alter und weibliches Geschlecht

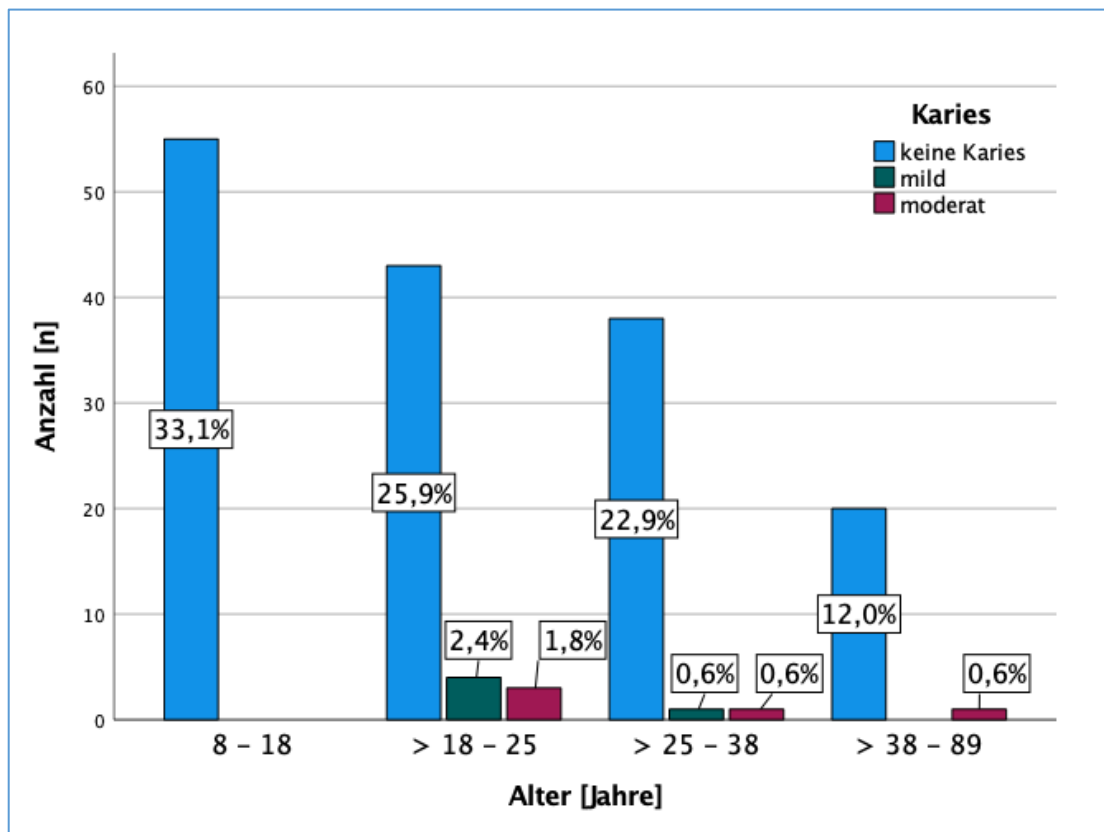


Abb. 38: Häufigkeit Karies gegenüber Alter und Geschlecht - weiblich

Von den untersuchten DVTs der weiblichen Patienten konnten insgesamt 166 auf Karies hin untersucht werden. Im ersten Altersquartil war weder eine milde noch eine moderate Karies festzustellen.

Im zweiten Altersquartil wiesen 43 zweite Molaren keine, 4 eine milde und 3 Zähne eine moderate Karies auf.

Bei den zweiten Molaren der 25 bis 38-jährigen konnte bei jeweils einem Zahn eine milde bzw. moderate Karies detektiert werden. Bei 38 Zähnen war keine Karies festzustellen.

Im vierten Altersquartil war lediglich bei einem von 21 zweiten Molaren eine Karies festzustellen.

Grundsätzlich war unter den untersuchten Zähnen der weiblichen Patientinnen kein zweiter Molar mit schwerer Karies zu detektieren.

4.7.3. Karies bezogen auf Angulationswinkel – sagittal

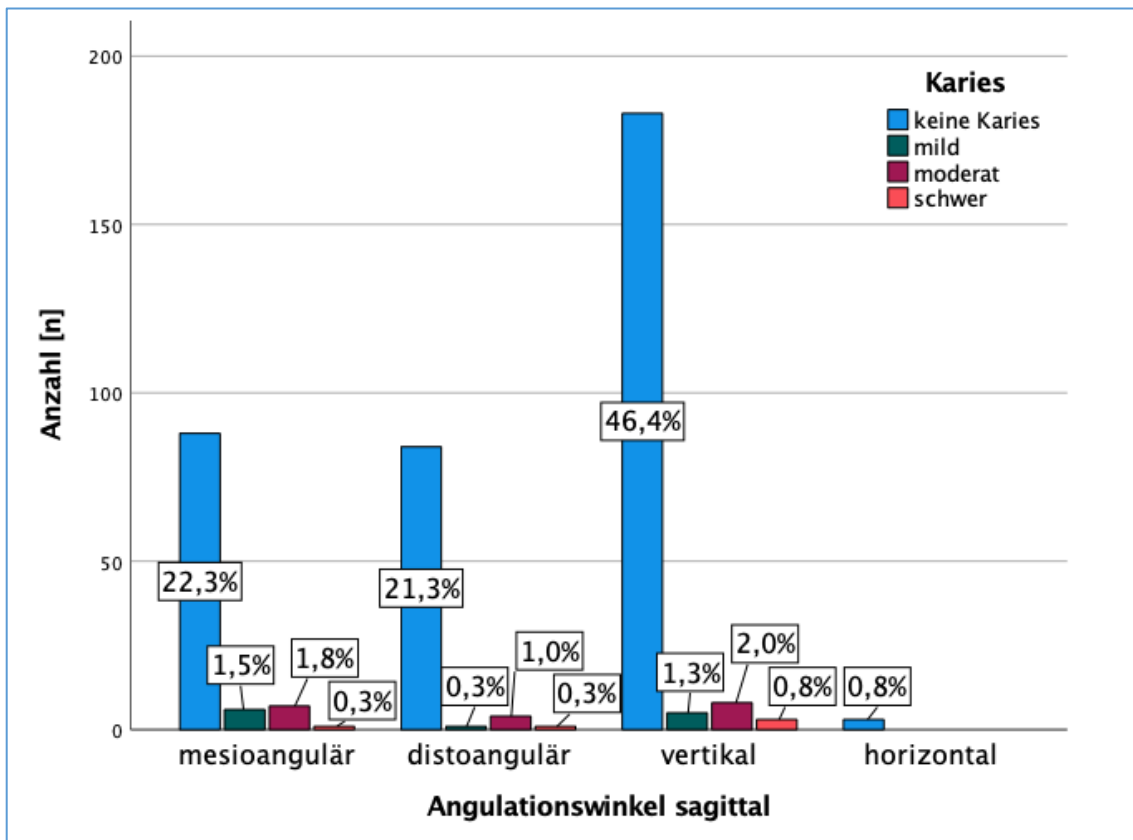


Abb. 39: Häufigkeit Schweregrad Karies gegenüber Angulationswinkel - sagittal

In dieser Abbildung wird die Häufigkeit der verschiedenen Lagebeziehungen in sagittaler Ausrichtung von zweiten zu dritten Molaren sowie der in diesem Zusammenhang auftretende Schweregrad der Karies beschrieben.

Insgesamt konnten 394 Zahnpaare diesbezüglich untersucht werden.

25,9% (n=102) der analysierten Zähne waren mesial, 22,8% (n=90) distal, 50,5% (n= 199) vertikal und 0,8% (n=3) horizontal anguliert.

Von den mesial angulierten Zähnen wiesen 88 (86,3%) keine Karies auf. Bei 6 (5,9%) zweiten Molaren war eine milde, bei 7 (6,9%) eine moderate und bei einem (1,0%) eine schwere Karies zu befunden.

Waren die dritten Molaren distal anguliert, zeigte sich, dass bei 84 (93,3%) zweiten Molaren keine Karies, bei 4 (4,4%) eine moderate Karies und jeweils bei einem (1,1%) eine milde oder schwere Karies vorzufinden waren.

Diese Abbildung zeigte weiterhin, dass 92% (n= 183) der vertikal angulierten dritten Molaren zu keiner Karies am zweiten Molaren führten, wohingegen 2,5% (n=5) zweite Molaren eine milde, 4,0% (n=8) eine moderate und 1,5% (n=3) eine schwere Karies aufwiesen.

Waren dritte Molaren horizontal (n=3) anguliert, konnte weder eine milde, noch eine moderate oder schwere Karies detektiert werden.

Insgesamt trat eine Karies an zweiten Molaren häufiger auf, wenn dritte Molaren mesial anguliert waren.

Bei der Korrelationsprüfung nach Spearman-Rho war festzustellen, dass keine signifikante Korrelation ($p=0,178$) zwischen dem sagittalen Angulationswinkel und dem Auftreten von Karies besteht, wenn $p<0,05$ als signifikant angesehen wird.

Bestätigt wurde dies ebenfalls mit Hilfe des Chi-Quadrat-Tests sowie dem exakten Test nach Fisher. Ein linearer Zusammenhang bestand ebenfalls nicht.

Tbl. 6: Statistische Tests Häufigkeit Karies gegen sagittalen Angulationswinkel

	Wert	df	Asympt. Signifikanz	Exakte Signifikanz	Punkt- Wahrscheinlichkeit
Pearson-Chi- Quadrat	5,958 ^a	9	0,744	0,608	
Exakter Test nach Fisher- Freeman-Halton	8,063			0,614	
Zusammenhang linear-mit-linear	1,122 ^b	1	0,290	0,316	0,24
Anzahl gültiger Fälle	394				

4.7.4. Karies bezogen auf Angulationswinkel – transversal

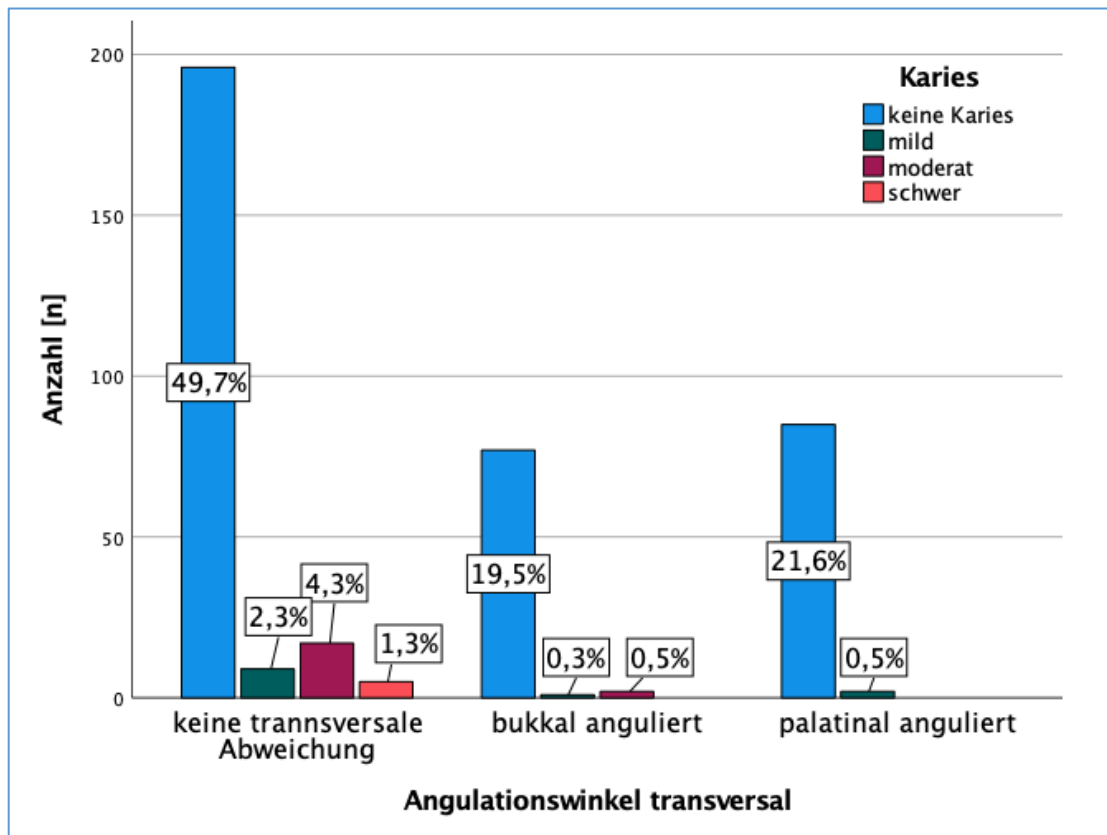


Abb. 40: Häufigkeit Schweregrad Karies gegenüber Angulationswinkel – transversal

In Abbildung 40 wird die Häufigkeit der verschiedenen Lagebeziehungen in transversaler Ausrichtung von zweiten zu dritten Molaren sowie der in diesem Zusammenhang auftretende Schweregrad der Karies dargestellt.

Diesbezüglich wurden erneut 394 Zahnpaare analysiert, wobei 57,6% (n=227) der dritten Molaren keine transversale Abweichung zum endständigen Molaren zeigten. 20,3% (n=80) dritte Molaren waren gegenüber dem zweiten Molaren nach bukkal geneigt und 22,1% (n=87) sind palatinal anguliert.

Zeigten die Zähne keine transversale Abweichung, so ließ sich bei 86,3% (n=196) keine Karies, bei 4,0% (n=9) eine milde, bei 7,5% (n=17) eine moderate und bei 2,2% (n=5) eine schwere Karies feststellen.

Wichen dritte Molaren in Bezug auf die zweiten Molaren in transversaler Richtung nach bukkal ab, so war bei 96,3% (n=77) keine Karies, bei 1,3% (n=1) eine milde und bei 2,5% (n=2) eine moderate Karies festzustellen. Eine schwere Karies war nicht zu befunden.

Wichen dritte Molaren in Bezug auf die zweiten Molaren in transversaler Richtung nach palatinal ab, so war bei 97,7% (n=85) keine Karies und bei 2,3% (n=2) eine milde vorzufinden.

Weder eine moderate noch eine schwere Karies waren festzustellen.

Zwischen dem Angulationswinkel in transversaler Ebene und dem Auftreten von Karies bestand nach dem Spearman-Rho-Test eine signifikante Korrelation ($p < 0,001$) und zeigte einen schwach negativen Zusammenhang.

Sowohl der Chi-Quadrat-Test als auch der exakte Fisher Test zeigten eine signifikante Assoziation. Der lineare Zusammenhang war ebenfalls stark signifikant.

Tbl. 7: Statistische Tests Häufigkeit gegenüber transversalem Angulationswinkel

	Wert	df	Asympt. Signifikanz	Exakte Signifikanz	Punkt- Wahrscheinlichkeit
Pearson-Chi- Quadrat	14,965 ^a	6	0,021	0,020	
Exakter Test nach Fisher- Freeman-Halton	13,676			0,017	
Zusammenhang linear-mit-linear	13,168 ^b	1	<0,001	<0,001	0,000
Anzahl gültiger Fälle	394				

4.7.5. Karies bezogen auf Retentionstiefe

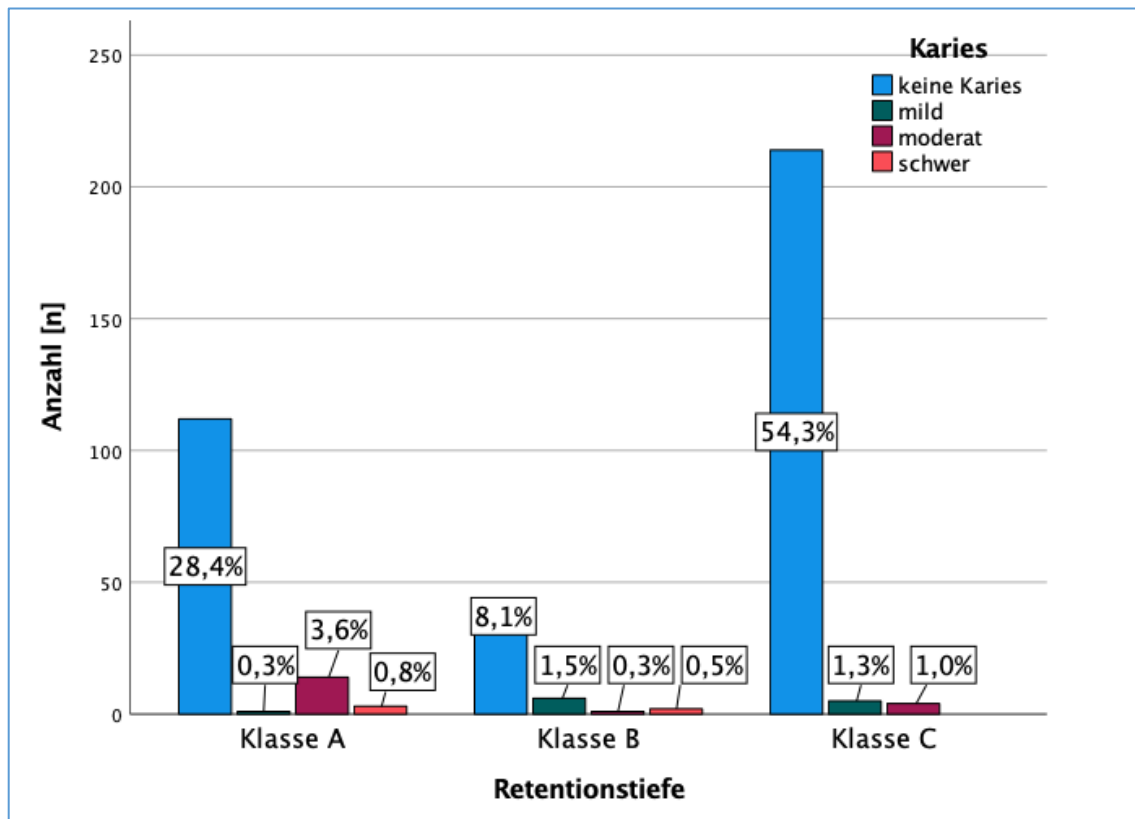


Abb. 41: Häufigkeit Schweregrad Karies gegenüber Retentionstiefe

Über die Hälfte der dritten Molaren (56,6%) waren nach der Klassifikation der Impaktionstiefe der Klasse C zuzuordnen. Betrachtete man den angrenzenden zweiten Molaren, so wiesen 96,0% (n=214) keine Karies auf. Eine milde Karies war an 5 Zähnen (2,2%) und eine moderate Karies an 4 Zähnen (1,8%) festzustellen. Eine schwere Karies war nicht festzustellen.

Etwa ein Drittel (33,0%) der dritten Molaren waren der Klasse A zuzuordnen, wobei davon 112 zweite Molaren (86,2%) keine Karies, 1 Zahn (0,8%) eine milde Karies, 14 Zähne (10,8%) eine moderate und 3 Zähne (2,3%) eine schwere Karies aufwiesen.

10,4% der dritten Molaren waren der Klasse B zuzuordnen. Bei 32 (78,0%) war keine Karies, bei 6 (14,6%) eine milde, bei einem Zahn (2,4%) eine moderate und bei 2 Zähnen (4,9%) eine schwere Karies zu detektieren.

Die Korrelation zwischen der Retentionstiefe und dem Auftreten von Karies war nach Spearman-Rho zweiseitig signifikant ($p < 0,001$) und zeigte einen schwach negativen Zusammenhang.

Der Fisher Test bestätigte die sehr starke signifikante Assoziation zwischen den Variablen, die bereits der Chi-Quadrat-Test zeigte. Es war sinnvoll, in diesem Zusammenhang beide Tests durchzuführen, da einige Zellen eine erwartete Häufigkeit kleiner als 5 aufwiesen, was die

Gültigkeit des Chi-Quadrat-Tests beeinträchtigen hätte können. Weiterhin bestand ein sehr starker linearer Zusammenhang zwischen beiden getesteten Variablen.

Tbl. 8: Statistische Tests Häufigkeit Karies gegenüber Retentionstiefe

	Wert	df	Asympt. Signifikanz	Exakte Signifikanz	Punkt- Wahrscheinlichkeit
Pearson-Chi- Quadrat	44,861 ^a	6	<0,001	<0,001	
Exakter Test nach Fisher- Freeman-Halton	35,402			<0,001	
Zusammenhang linear-mit-linear	15,801 ^b	1	<0,001	<0,001	0,000
Anzahl gültiger Fälle	394				

4.7.6. Karies bezogen auf Abstand Schmelz-Zement-Grenze

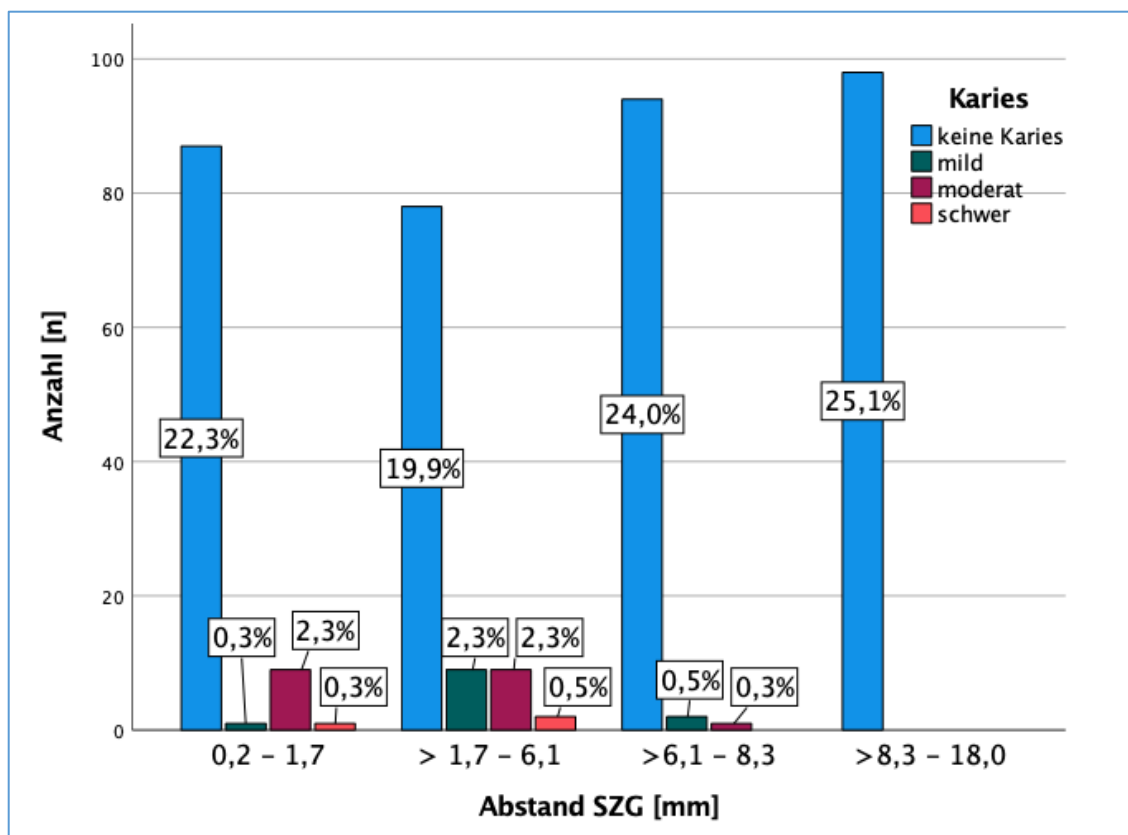


Abb. 42: Häufigkeit Schweregrad Karies gegenüber Abstand Schmelz-Zement-Grenze

Im Median lag der Abstand der Schmelz-Zement-Grenzen bei 6,1mm. Zur besseren visuellen Darstellung wurden die SZG-Abstände in Quartile unterteilt und diese in Bezug auf das Vorhandensein und den Schweregrad einer auftretenden Karies hin untersucht.

Das erste Quartil umfasste die Abstände von 0,2 bis 1,7mm, wobei diesem Quartil 98 Zähne (25,1%) zugeordnet werden konnten. 88,8% (n=87) der zweiten Molaren wiesen keine, 9,2% (n=9) eine moderate und jeweils 1 Zahn (1,0%) eine milde oder schwere Karies auf.

Dem zweiten Quartil waren Abstände der Schmelz-Zement-Grenzen von über 1,7 bis 6,1mm zugeordnet, wobei 98 Zähne diesem Bereich zugeteilt werden konnten. Hiervon wiesen 79,6% (n=78) keine Karies, 9 Zähne (9,2%) jeweils eine milde oder moderate und 2 Zähne (2,0%) eine schwere Karies auf.

SZG Abstände von über 6,1 bis 8,3mm waren dem dritten Quartil zuzuordnen. 94 (96,9%) der insgesamt 97 der hier zugeordneten Zähne wiesen keine Karies auf, 2 (2,1%) eine milde, einer (1,0%) eine moderate Karies auf. Eine schwere Karies war nicht zu befunden.

Lag der Abstand der Schmelz-Zement-Grenzen zwischen zweiter und dritter Molaren (n=98) zwischen 8,3 und 18mm, so ließ sich keinerlei Karies feststellen.

Insgesamt konnten bezüglich dieses Gesichtspunktes 391 Zahnpaare analysiert werden.

Bei der Prüfung auf Signifikanz der Korrelation zwischen dem Abstand der Schmelz-Zement-Grenze und dem Auftreten von Karies zeigte sich, dass diese bestätigt wurde ($p < 0,001$) und ein schwach negativer Zusammenhang bestand.

Der exakte Test nach Fisher zeigte eine sehr starke signifikante Assoziation zwischen den beiden Variablen. Betrachtete man den linearen Zusammenhang, so war dieser ebenfalls sehr stark signifikant, die standardisierte Statistik ist -4,109, was auf eine klare Richtung im linearen Trend hinwies.

Tbl. 9: Statistische Tests Häufigkeit Karies gegenüber Abstand SZG

	Wert	df	Asympt. Signifikanz	Exakte Signifikanz	Punkt- Wahrscheinlichkeit
Pearson-Chi- Quadrat	38,173 ^a	9	<0,001	<0,001	
Exakter Test nach Fisher- Freeman-Halton	34,721			<0,001	
Zusammenhang linear-mit-linear	16,881 ^b	1	<0,001	<0,001	0,000
Anzahl gültiger Fälle	391				

4.7.7. Karies bezogen auf Kontaktpunkt Schmelz-Zement-Grenze

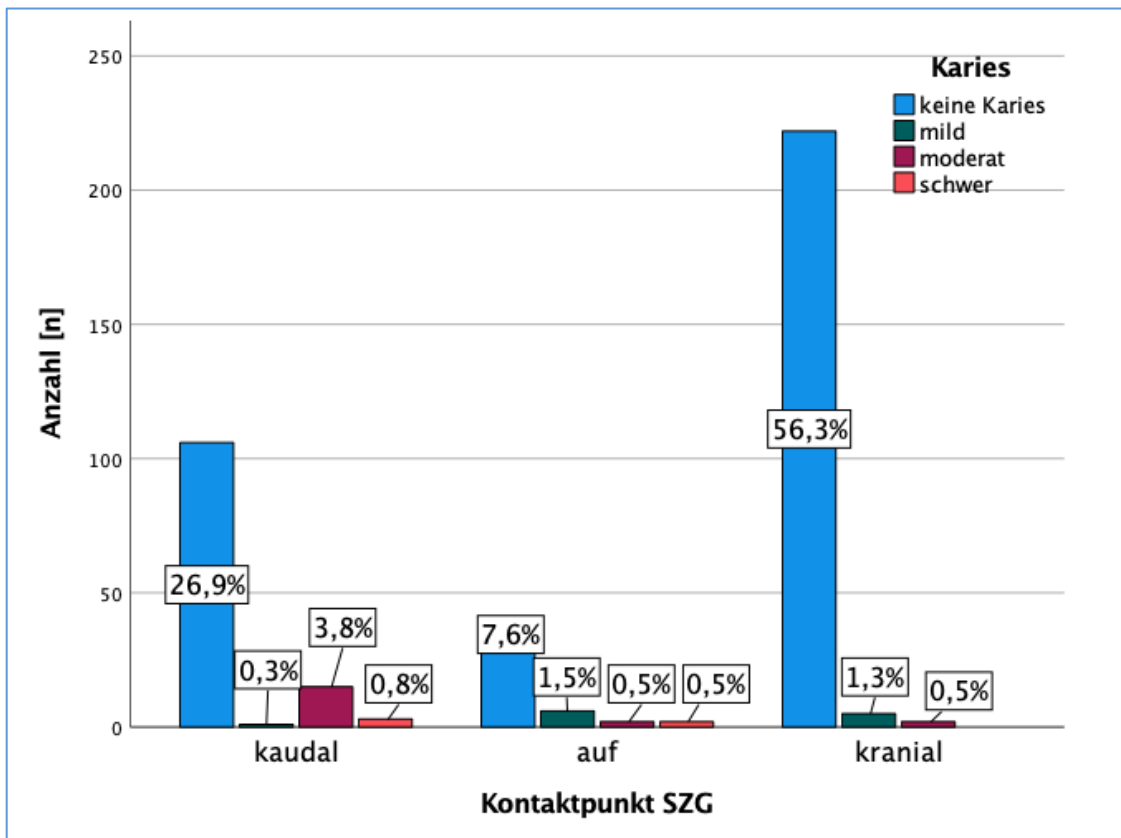


Abb. 43: Häufigkeit Schweregrad Karies gegenüber Kontaktpunkt Schmelz-Zement-Grenze

Bei der Analyse des Kontaktpunktes des dritten Molaren lag dieser bei 31,7% (n=125) kaudal, bei 58,1% (n=229) kranial und bei 10,2% (n=40) auf Höhe der Schmelz-Zement-Grenze des zweiten Molaren.

Von den Zähnen, welche kaudal gelegen waren, wiesen die angrenzenden zweiten Molaren in 0,8% (n=1) der Fälle eine milde, in 12,0% (n=15) der Fälle eine moderate und in 2,4% (n=3) der Fälle eine schwere Karies auf, während 84,8% (n=106) der zweiten Molaren keine Karies aufwiesen.

Lag der Kontaktpunkt kranial der SZG, so war bei 222 (96,9%) Zähnen keine Karies, bei 5 (2,2%) eine milde und bei 2 (0,9%) eine moderate Karies vorzufinden. Eine schwere Karies lag nicht vor.

Bei insgesamt 40 Zahnpaaren lag der Kontaktpunkt des dritten Molaren auf Höhe der SZG des zweiten Molaren, wobei bei 75,0% (n=30) keine, bei 15,0% (n=6) eine milde und jeweils bei 5,0% (n=2) eine moderate oder schwere Karies zu detektieren war.

Nach dem Spearman-Rho-Test bestand eine signifikante Korrelation sowie ein schwach negativer Zusammenhang zwischen dem Kontaktpunkt des dritten Molaren und der SZG des zweiten Molaren und dem Auftreten von Karies ($p < 0,001$).

Aufgrund der vielen Zellen, die eine niedrige erwartete Häufigkeit aufwiesen, ist die Aussagekraft des sehr stark signifikanten Zusammenhangs mit Vorsicht zu interpretieren, jedoch bestätigte der exakte Test nach Fisher die sehr stark signifikante Assoziation der beiden Variablen. Ein starker linearer Zusammenhang lag ebenfalls vor.

Tbl. 10: Statistische Tests Häufigkeit Karies gegenüber Kontaktpunkt SZG

	Wert	df	Asympt. Signifikanz	Exakte Signifikanz	Punkt- Wahrscheinlichkeit
Pearson-Chi- Quadrat	44,861 ^a	6	<0,001	<0,001	
Exakter Test nach Fisher- Freeman-Halton	35,402			<0,001	
Zusammenhang linear-mit-linear	15,801	1	<0,001	<0,001	0,000
Anzahl gültiger Fälle	394				

4.7.8. Kariesprävalenz bei verschiedenen Variablen - Zusammenfassung

Das Auftreten einer Karies an zweiten Molaren war im Rahmen dieser Untersuchung im linken Oberkiefer häufiger als auf der rechten Seite. Im Alter von über 18-25 Jahren trat eher eine leichte sowie moderate, im Alter von über 35-89 Jahren eine moderate bzw. schwere Karies auf. Mesial angulierte dritte Molaren, eine fehlende transversale Abweichung, eine Retentionstiefe der Klasse B, ein SZG-Abstand von über 1,7-6,1mm sowie die Lage des Kontaktpunktes des dritten Molaren zur SZG des zweiten Molaren, waren mit einem erhöhten Auftreten einer Karies vergesellschaftet.

4.8. Wurzelresorption

4.8.1. Wurzelresorption insgesamt

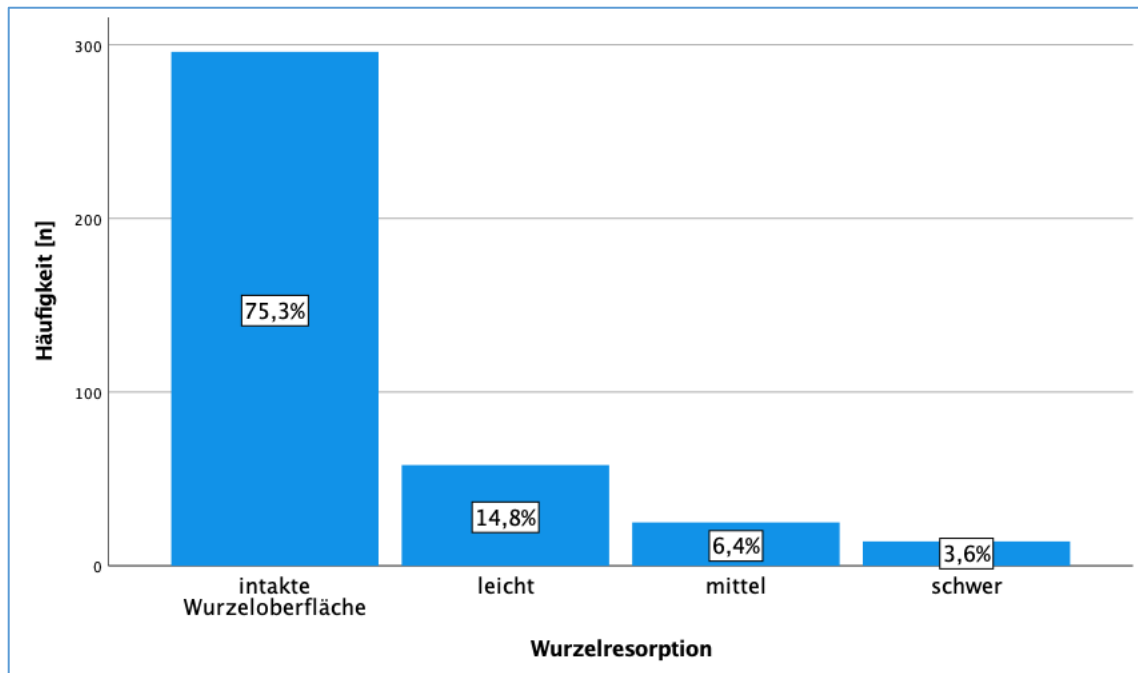


Abb. 44: Häufigkeit bezogen auf Schweregrad Wurzelresorption – insgesamt

Von den 618 auf Wurzelresorption zu untersuchenden zweiten Molaren konnten 63,6% (n=393) in die Auswertung aufgenommen werden. 36,4% (n=225) waren als fehlend oder nicht auswertbar angegeben.

Von den insgesamt 393 analysierten zweiten Molaren konnte bei 75,3% (n=296) eine intakte Wurzeloberfläche festgestellt werden. Die restlichen 97 Zähne wiesen eine Wurzelresorption auf, wobei 14,8% (n=58) eine leichte, 6,4% (n=25) eine mittlere und 3,6% (n=14) eine schwere Wurzelresorption aufwiesen.

4.8.1.1. Wurzelresorption zweiter Molar bedingt durch dritten Molar – rechts insgesamt

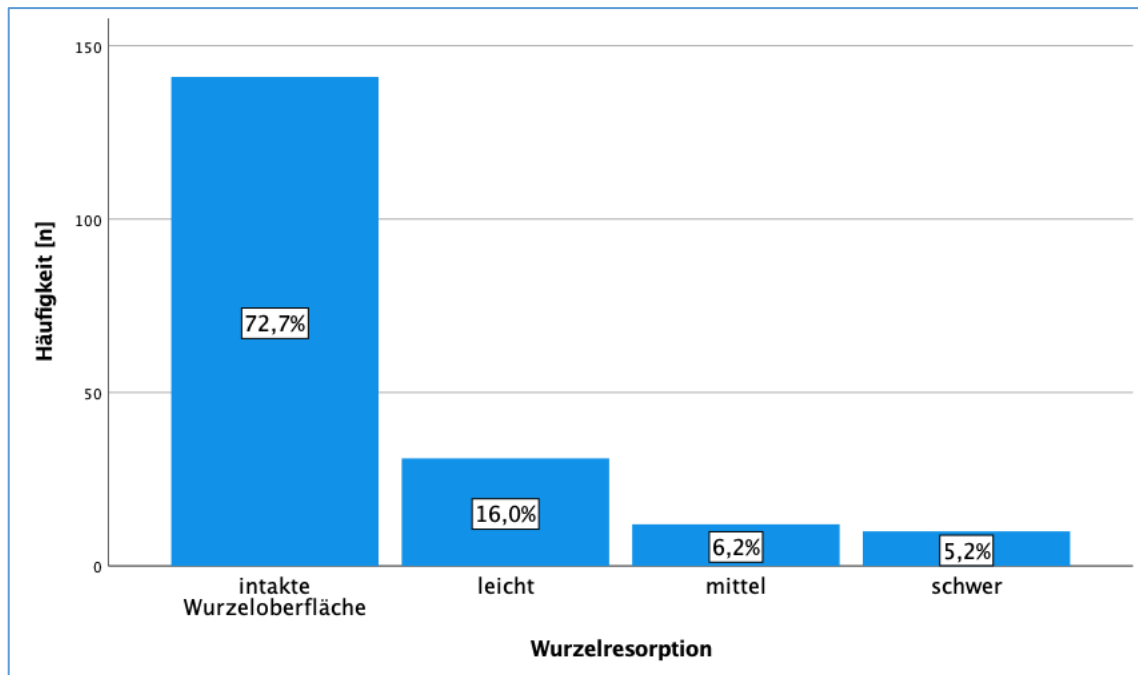


Abb. 45: Häufigkeit bezogen auf Schweregrad Wurzelresorption – rechts insgesamt

Von den 309 auf Wurzelresorption zu untersuchenden zweiten Molaren des rechten Oberkiefers konnten 62,8% (n=194) in die Auswertung aufgenommen werden. 37,2% (n=115) waren als fehlend oder nicht auswertbar angegeben.

Von den insgesamt 194 analysierten zweiten Molaren konnte bei 72,7% (n=141) eine intakte Wurzeloberfläche festgestellt werden. Die restlichen Zähne wiesen eine Wurzelresorption auf, wobei 16,0% (n=31) eine leichte, 6,2% (n=12) eine mittlere und 5,2% (n=10) eine schwere Wurzelresorption aufwiesen.

4.8.1.2. Wurzelresorption zweiter Molar bedingt durch dritten Molar – links insgesamt

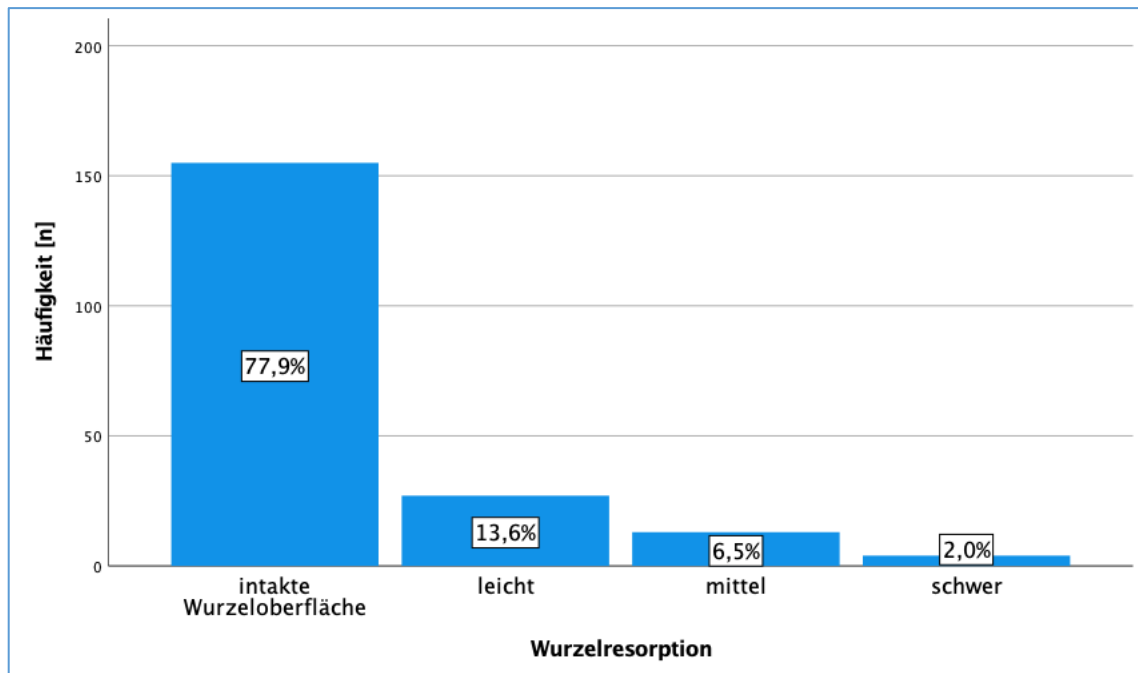


Abb. 46: Häufigkeit bezogen auf Schweregrad Wurzelresorption – links insgesamt

Von den 309 auf Wurzelresorption zu untersuchenden zweiten Molaren des linken Oberkiefers konnten 64,4% (n=199) in die Auswertung aufgenommen werden. 35,6% (n=110) waren als fehlend oder nicht auswertbar angegeben.

Von den insgesamt 199 analysierten zweiten Molaren konnte bei 77,9% (n=155) eine intakte Wurzeloberfläche festgestellt werden. Die restlichen 44 Zähne wiesen eine Wurzelresorption auf, wobei 13,6% (n=27) eine milde, 6,5% (n=13) eine moderate und 2,0% (n=4) eine schwere Wurzelresorption aufwiesen.

Verglichen mit der rechten Seite zeigte sich bei der linken Seite hinsichtlich eines signifikanten Unterschieds in der Verteilung der Wurzelresorptionsgrade kein statistisch signifikanter Unterschied. Bestätigt wurde dies mit dem Chi-Quadrat-Test ($\chi^2 = 5,50$, $df = 3$, $p = 0,139$). Die beobachteten Häufigkeiten stimmten weitgehend mit den erwarteten Häufigkeiten überein, womit sich kein Hinweis darauf ergab, dass die Prävalenz oder die Schwere der Wurzelresorptionen zwischen der rechten und linken Seite unterschiedlich verteilt war.

4.8.2. Wurzelresorption gegen Alter und Geschlecht

Die folgende Abbildung zeigt die Häufigkeit von Wurzelresorption gegenüber dem Alter. Die Intervallbestimmung des Alters erfolgte über die Erstellung von Quartilen, wobei der Median bei 25,0 Jahren lag.

Das erste Quartil beinhaltete das Alter von 8 bis einschließlich 18 Jahre, das zweite Quartil 18 bis einschließlich 25 Jahre, das dritte Quartil 25 bis einschließlich 38 Jahre und das vierte Quartil 38 bis einschließlich 89 Jahre.

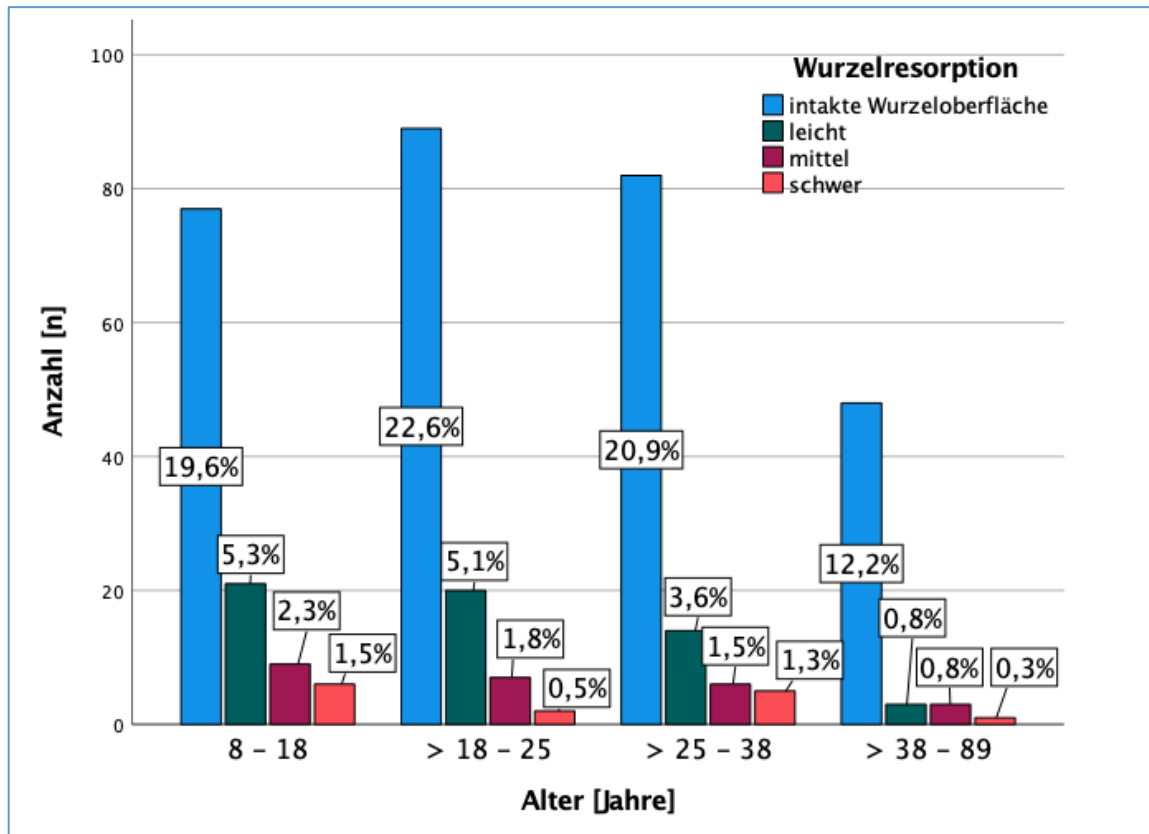


Abb. 47: Wurzelresorption bezogen auf Alter

Der Abbildung ist weiterhin zu entnehmen, dass im Alter von 18 bis 25 Jahren die meisten zweiten Molaren hin auf eine Wurzelresorption untersucht werden konnten. Von den 118 zweiten Molaren wiesen 89 (75,4%) keine, 20 (16,9%) eine leichte, 7 (5,9%) eine mittlere und 2 (1,7%) eine schwere Wurzelresorption auf.

Dem Alter von 8 bis 18 Jahren waren 113 zu untersuchende Zähne zugeordnet, wobei 68,1% (n=77) keine, 18,6% (n=21) eine leichte, 8,0% (n=9) eine mittlere und 5,3% (n=6) eine schwere Wurzelresorption aufwiesen.

Im dritten Quartil wurden insgesamt 107 zweite Molaren analysiert, wobei bei 82 (76,6%) keine, bei 14 (13,1%) eine leichte, bei 6 (5,6%) eine mittlere und bei 5 (4,7%) eine schwere Wurzelresorption zu detektieren war.

Im Alter von 38 bis 89 Jahren (n=55), hatten 48 (87,3%) angrenzende Molaren eine intakte Wurzeloberfläche. Jeweils 3 (5,5%) Zähne zeigten eine leichte oder mittlere Wurzelresorption. Bei einem Zahn (1,8%) war eine schwere Wurzelresorption zu verzeichnen (s. Tbl. 12).

Bei der Prüfung des Zusammenhangs der beiden Variablen auf Signifikanz zeigte sich im Chi-Quadrat-Test keine Signifikanz, was durch den exakten Fisher-Test ebenfalls bestätigt wurde.

Tbl. 11: Statistische Tests Häufigkeit Wurzelresorption gegenüber Alter

	Wert	df	Asympt. Signifikanz	Exakte Signifikanz	Punkt- Wahrscheinlichkeit
Pearson-Chi- Quadrat	10,396 ^a	9	0,319	. ^b	
Exakter Test nach Fisher- Freeman-Halton	10,453			0,296	
Zusammenhang linear-mit-linear	4,210	1	0,040	. ^b	. ^b
Anzahl gültiger Fälle	393				

Tbl. 12: Wurzelresorption gegen Alter

Alter [J]		Intakte Wurzeloberfläche	Leicht	Mittel	Schwer	Gesamt
8 bis 18	Anzahl	77	21	9	6	113
	% Alter	68,1	18,6	8,0	5,3	100,0
>18 bis 25	Anzahl	89	20	7	2	118
	% Alter	75,4	16,9	5,9	1,7	100,0
>25 bis 38	Anzahl	82	14	6	5	107
	% Alter	76,6	13,1	5,6	4,7	100,0
>38 bis 89	Anzahl	48	3	3	1	55
	% Alter	87,2	5,5	5,5	1,8	100,0
Gesamt	Anzahl	296	58	25	14	393
	% Alter	75,3	14,8	6,4	3,6	100,0

4.8.2.1. Wurzelresorption gegen Alter und Geschlecht – männlich

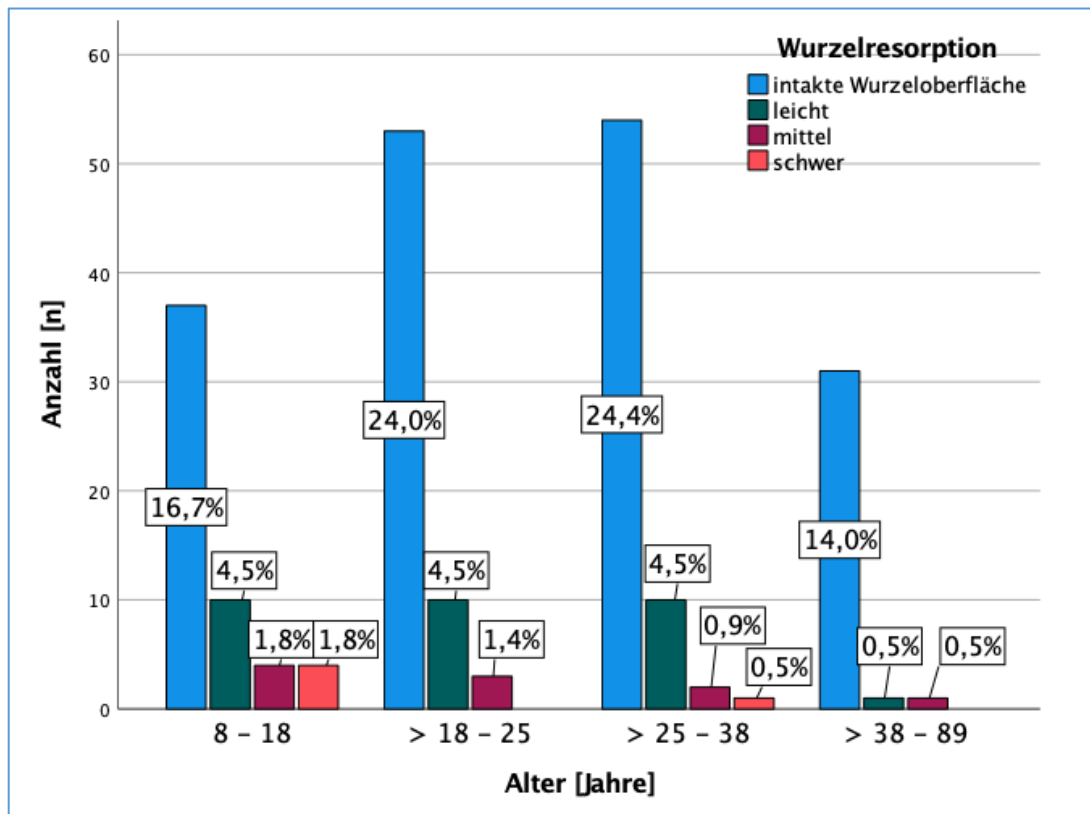


Abb. 48: Häufigkeit Schweregrad Wurzelresorption gegen Alter und Geschlecht – männlich

Diese Abbildung beschreibt die Anzahl der Wurzelresorptionen in Bezug auf das Alter und das männliche Geschlecht.

Von den 55 untersuchten DVTs der männlichen Patienten im Alter von 8 bis einschließlich 18 Jahren wiesen 37 (67,3%) eine intakte Wurzeloberfläche auf. 10 (18,2%) zweite Molaren zeigten eine leichte, und jeweils 4 Zähne eine mittlere oder schwere Wurzelresorption.

Im zweiten Quartil (>18 bis 25 Jahre) konnten 66 zweite Molaren auf eine Wurzelresorption hin untersucht werden, davon zeigen 53 (80,3%) keine, 10 (15,2%) eine leichte und 3 (4,5%) eine mittlere Wurzelresorption. Eine schwere Resorption der Wurzel konnte nicht detektiert werden.

Insgesamt waren 67 digitale Volumentomografien von männlichen Patienten im Alter von 25 bis 38 Jahren zu analysieren. Ein Zahn (1,5%) wies eine schwere, 2 Zähne (3,0%) eine mittlere, 10 (14,9%) eine leichte und 54 (80,6%) keine Wurzelresorption auf.

Von den im vierten Quartil (>38 bis 89 Jahre) untersuchten Zähnen (n=33) zeigten 31 (93,9%) keine Veränderung der Wurzelstruktur und jeweils 1 Zahn (3,0%) eine leichte oder mittlere Wurzelresorption. Eine schwere Wurzelresorption konnte nicht festgestellt werden.

Von den insgesamt 221 analysierten Zähne wiesen 79,2% (n=175) eine intakte Wurzeloberfläche auf. Bei 14,0% (n=31) war eine leichte, bei 4,5% (n=10) eine mittlere und bei 2,3% (n=5) eine schwere Wurzelresorption festzustellen.

4.8.2.2. Wurzelresorption gegen Alter und Geschlecht – weiblich

Unter Bezugnahme des weiblichen Geschlechts konnten 166 DVTs hinsichtlich Alter und Wurzelresorption analysiert werden.

Davon war bei 69,9% (n=116) keine, bei 15,7% (n=26) eine leichte, bei 9,0% (n=15) und bei 5,4% (n=9) eine schwere Wurzelresorption nachzuweisen.

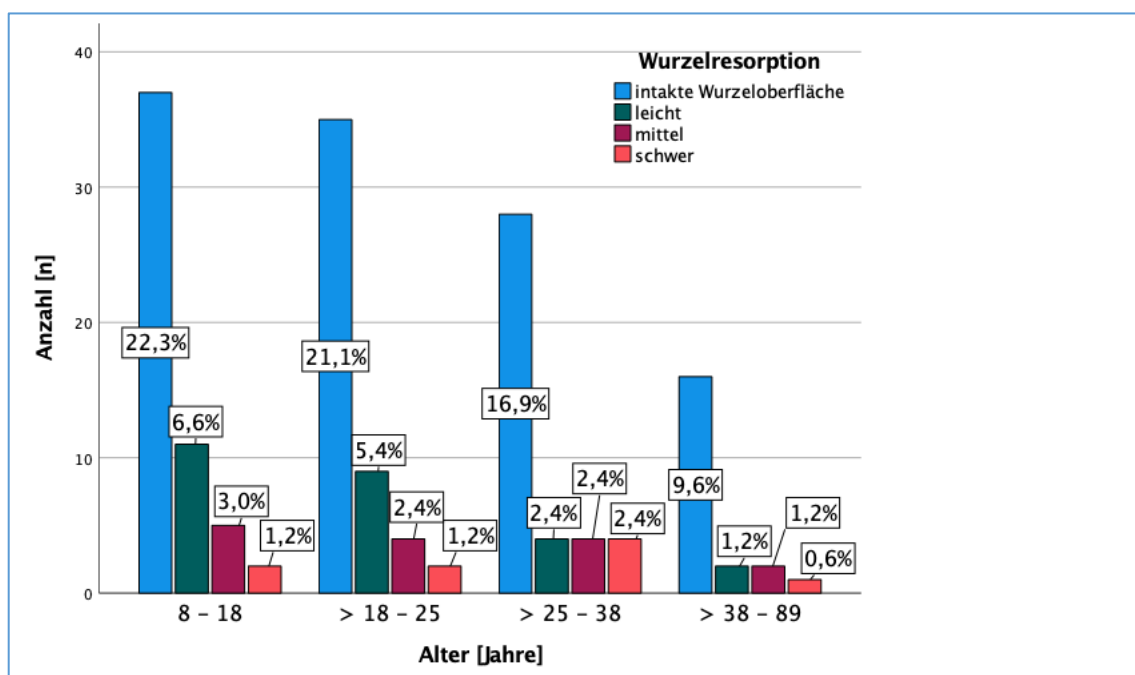


Abb. 49: Häufigkeit Schweregrad Wurzelresorption gegen Alter und Geschlecht – weiblich

Diese Abbildung zeigt die Verteilung von Wurzelresorption in Bezug auf Alter und das weibliche Geschlecht.

Von den insgesamt 166 Zähnen waren 55 dem ersten, 50 dem zweiten, 40 dem dritten und 21 dem vierten Altersquartil zuzuordnen.

Zweite Molaren (n=55) von Patientinnen im Alter von 8 bis 18 Jahren wiesen in 67,3% (n=37) eine intakte Wurzeloberfläche auf. 20% (n=11) der angrenzenden Molaren zeigten eine leichte, 9,1% (n=5) eine mittlere und 3,6% (n=2) eine schwere Wurzelresorption.

Im zweiten Altersquartil (>18 bis 25 Jahre) wiesen 9 (18,0%) Zähne eine leichte, 4 (8,0%) eine mittlere und 2 (4,0%) eine schwere Wurzelresorption auf. Bei 35 (70,0%) Zähnen war keine Veränderung der Wurzeloberfläche festzustellen.

Von den 40 Zähnen des zweiten Altersquartils (>25 bis 38 Jahre) wiesen 28 (70,0%) keine und jeweils 4 (10,0%) Zähne eine leichte, mittlere oder schwere Wurzelresorption auf.

Untersuchte Zähne von Patientinnen zwischen 38 und 89 Jahren zeigten in 76,2% eine intakte Oberfläche, in jeweils 9,5% (n=2) der Fälle eine leichte oder mittlere und in 4,8% (n=1) der Fälle eine schwere Wurzelresorption auf.

4.8.3. Wurzelresorption bezogen auf Angulationswinkel – sagittal

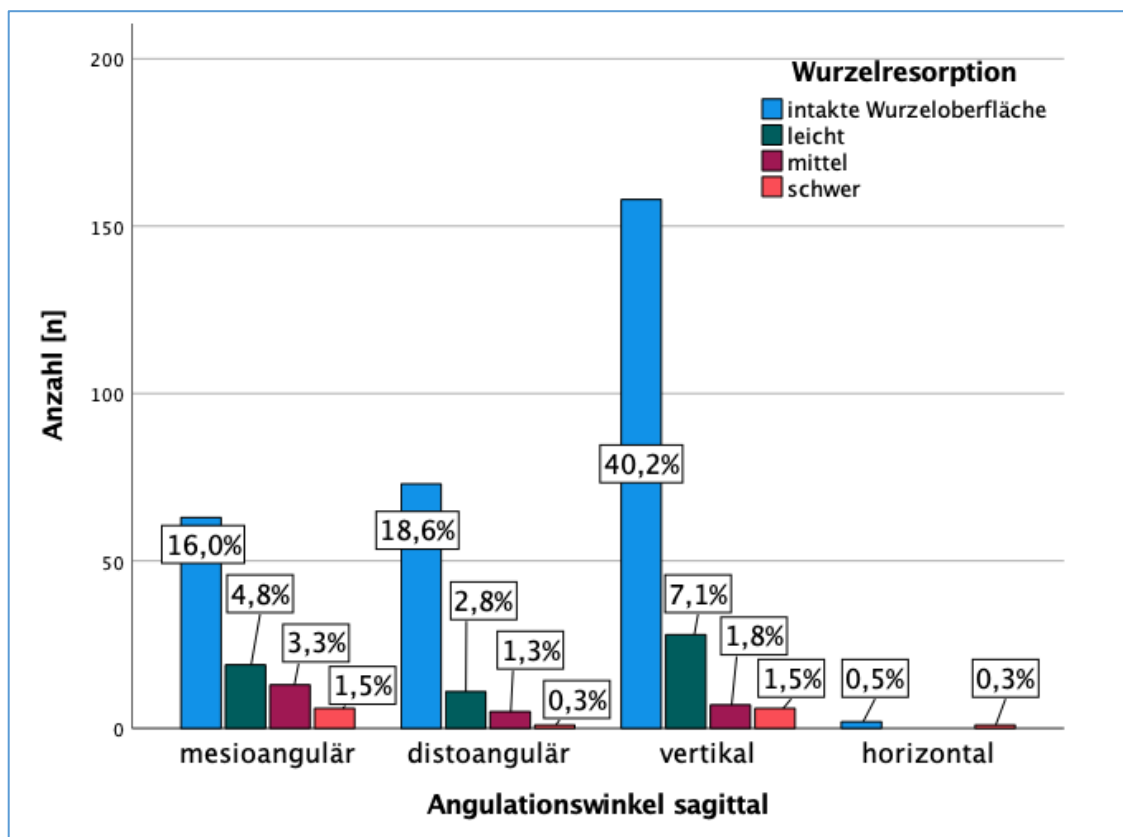


Abb. 50: Schweregrad Wurzelresorption bezogen auf Angulationswinkel - sagittal

In dieser Abbildung wird die Häufigkeit der verschiedenen Lagebeziehungen in sagittaler Ausrichtung von zweiten zu dritten Molaren, sowie der in diesem Zusammenhang auftretende Schweregrad der Wurzelresorption beschrieben.

Insgesamt konnten hierbei 393 Zahnpaare untersucht werden.

25,7% (n=101) der analysierten Zähne waren mesial, 22,9% (n=90) distal, 50,6% (n= 199) vertikal und 0,8% (n=3) horizontal anguliert.

Von den mesial angulierten Zähnen wiesen 63 (62,4%) eine intakte Wurzeloberfläche auf. Bei 19 (18,8%) zweiten Molaren war eine leichte, bei 13 (12,9%) eine mittlere und bei 6 (5,9%) eine schwere Wurzelresorption zu befunden.

Waren die dritten Molaren distal anguliert, zeigte sich, dass bei 73 (81,1%) zweiten Molaren keine, bei 11 (12,2%) eine leichte, bei 5 (5,6%) eine mittlere und bei einem (1,1%) eine schwere Wurzelresorption vorzufinden warr.

Diese Abbildung zeigt weiterhin, dass 79,4% (n= 158) der vertikal angulierten dritten Molaren zu keiner Wurzelresorption am zweiten Molaren führten, wohingegen 14,1% (n=28) zweite Molaren eine leichte, 3,5% (n=7) eine mittlere und 3,0% (n=6) eine schwere Wurzelresorption aufwiesen.

Waren dritte Molaren horizontal (n=3) anguliert, konnte weder eine leichte noch eine mittlere Wurzelresorption detektiert werden. Lediglich bei einem Zahn war eine schwere Wurzelresorption festzustellen (33,3%).

Analysierte man die Korrelation (bei $p < 0,01$) von sagittalem Angulationswinkel und dem Auftreten von Wurzelresorption auf Signifikanz mittels des Spearman-Rho-Tests, so zeigte sich, dass diese zweiseitig signifikant war ($p < 0,005$) und ein schwach negativer Zusammenhang bestand.

Sowohl der Chi-Quadrat-Test als auch der exakte Fisher-Test wiesen auf eine signifikante Assoziation zwischen den Variablen hin. Der exakte Test nach Fisher-Freeman-Halton bestätigte trotz niedriger erwarteter Häufigkeiten in einigen Zellen die Zuverlässigkeit der Ergebnisse. Darüber hinaus bestand ein linearer Zusammenhang.

Tbl. 13: Statistische Test Häufigkeit Wurzelresorption gegenüber sagittalem Angulationswinkel

	Wert	df	Asympt. Signifikanz	Exakte Signifikanz	Punkt- Wahrscheinlichkeit
Pearson-Chi- Quadrat	25,434 ^a	9	0,003	0,011	
Exakter Test nach Fisher- Freeman-Halton	21,092			0,008	
Zusammenhang linear-mit-linear	8,183 ^b	1	0,004	0,004	0,001
Anzahl gültiger Fälle	393				

4.8.4. Wurzelresorption bezogen auf Angulationswinkel – transversal

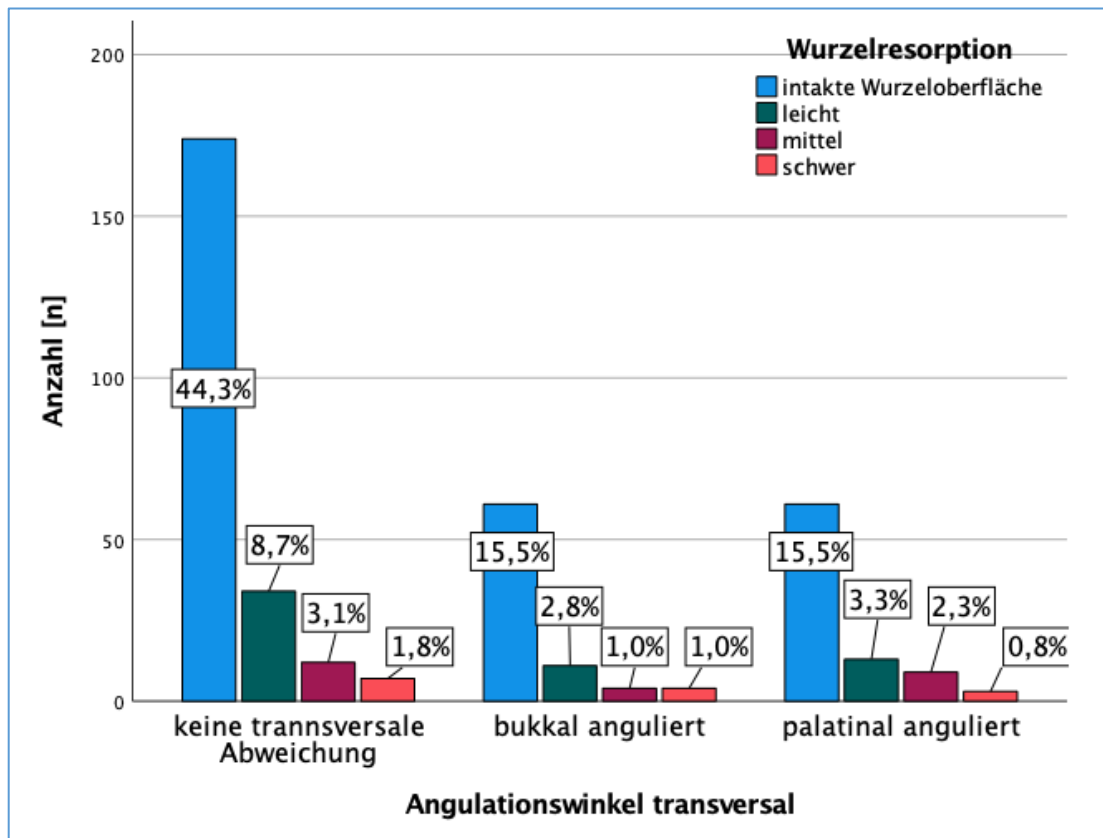


Abb. 51: Häufigkeit Schweregrad Wurzelresorption bezogen auf Angulationswinkel - transversal

In dieser Abbildung wird die Häufigkeit der verschiedenen Lagebeziehungen in transversaler Ausrichtung von zweiten zu dritten Molaren, sowie der in diesem Zusammenhang auftretende Schweregrad der Wurzelresorption beschrieben.

Diesbezüglich wurden erneut 393 Zahnpaare analysiert, wobei 57,8% (n=227) der dritten Molaren keine transversale Abweichung zum endständigen Molaren zeigten. 20,4% (n=80) dritte Molaren waren gegenüber dem zweiten Molaren nach bukkal geneigt und 21,9% (n=86) palatinal anguliert.

Zeigten die Zähne keine transversale Abweichung, so ließ sich bei 76,7% (n=174) keine, bei 15,0% (n=34) eine leichte, bei 5,3% (n=12) eine mittlere und bei 3,1% (n=7) eine schwere Wurzelresorption feststellen.

Wichen dritte Molaren in Bezug auf die zweiten Molaren in transversaler Richtung nach bukkal ab, so war bei 76,3% (n=61) keine, bei 13,8% (n=11) eine leichte und bei jeweils 5,0% (n=4) eine mittlere oder schwere Wurzelresorption zu befunden.

Wichen dritte Molaren in Bezug auf die zweiten Molaren in transversaler Richtung nach palatinal ab, so war bei 70,9% (n=61) eine intakte Wurzeloberfläche und bei 15,1% (n=13)

eine leichte, bei 10,5% (n=9) eine mittlere und bei 3,5% (n=3) eine schwere Wurzelresorption festzustellen.

Bei der Prüfung auf Korrelationssignifikanz wurde diese nicht bestätigt ($p=0,306$). Dies wurde durch den Chi-Quadrat-Test und den exakten Fisher-Test bestätigt.

Tbl. 14: Statistische Tests Häufigkeit Wurzelresorption gegenüber transversalem Angulationswinkel

	Wert	df	Asympt. Signifikanz	Exakte Signifikanz	Punkt-Wahrscheinlichkeit
Pearson-Chi-Quadrat	3,886 ^a	6	0,692	0,699	
Exakter Test nach Fisher-Freeman-Halton	3,907			0,691	
Zusammenhang linear-mit-linear	1,446 ^b	1	0,229	0,240	0,015
Anzahl gültiger Fälle	393				

4.8.5. Wurzelresorption bezogen auf Retentionstiefe

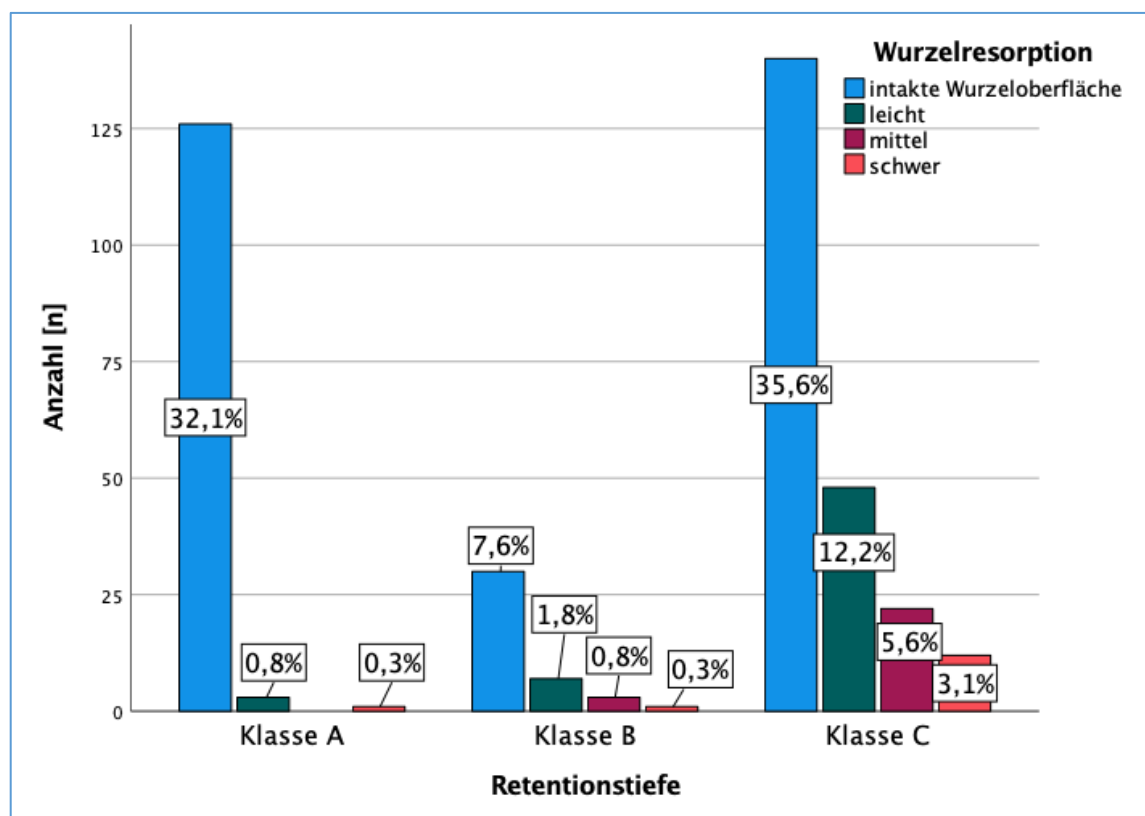


Abb. 52: Häufigkeit Schweregrad Wurzelresorption bezogen auf Retentionstiefe

Zur Untersuchung hinsichtlich der Retentionstiefe und dem Auftreten von Wurzelresorptionen wurden insgesamt 393 Zahnpaare in die Analyse aufgenommen.

Wurde die Zahnlage nach der Klassifikation nach Pell und Gregory bestimmt, so waren 33,1% (n=130) der Klasse A, 10,4% (n=41) der Klasse B und 56,5% (n=222) der Klasse C zuzuordnen.

Wie dieser Abbildung zu entnehmen ist, wiesen 96,9% (n=126) der Klasse A zugehörigen zweiten Molaren eine intakte Wurzeloberfläche auf. 2,3% (n=3) zeigten eine leichte und 0,8% (n=1) eine schwere Wurzelresorption. Eine mittlere Wurzelresorption war nicht zu detektieren. Wurden Molaren der Klasse B zugeordnet, so zeigten 73,2% (n=30) eine intakte Wurzeloberfläche, 17,1% (n=7) eine leichte, 7,3% (n=3) eine mittlere und 2,4% (n=1) eine schwere Wurzelresorption.

Waren dritte Molaren in Bezug zu den zweiten Molaren der Klasse C zuzuordnen, so wiesen 140 (63,1%) der zweiten Molaren eine intakte Wurzeloberfläche auf. Bei 48 (21,6%) Zähnen war eine leichte, bei 22 (9,9%) eine mittlere und bei 12 (5,4%) eine schwere Wurzelresorption zu befunden.

Zwischen der Retentionstiefe und dem Auftreten von Wurzelresorption bestand eine signifikante Korrelation ($p < 0,001$) sowie ein positiver moderater Zusammenhang der beiden Variablen.

Sowohl beim Chi-Quadrat-Test als auch beim linear-mit-linear-Zusammenhang sowie dem exakten Test nach Fischer lag das Signifikanzniveau weit unter 0,05, was auf eine starke statistische Abhängigkeit hinwies und der lineare Zusammenhang bestätigt wurde.

Tbl. 15: Statistische Tests Häufigkeit Wurzelresorption gegenüber Retentionstiefe

	Wert	df	Asympt. Signifikanz	Exakte Signifikanz	Punkt- Wahrscheinlichkeit
Pearson-Chi- Quadrat	51,230 ^a	6	<0,001	<0,001	
Exakter Test nach Fisher- Freeman-Halton	60,512			<0,001	
Zusammenhang linear-mit-linear	39,492 ^b	1	<0,001	<0,001	0,000
Anzahl gültiger Fälle	393				

4.8.6. Wurzelresorption bezogen auf Abstand Schmelz-Zement-Grenze

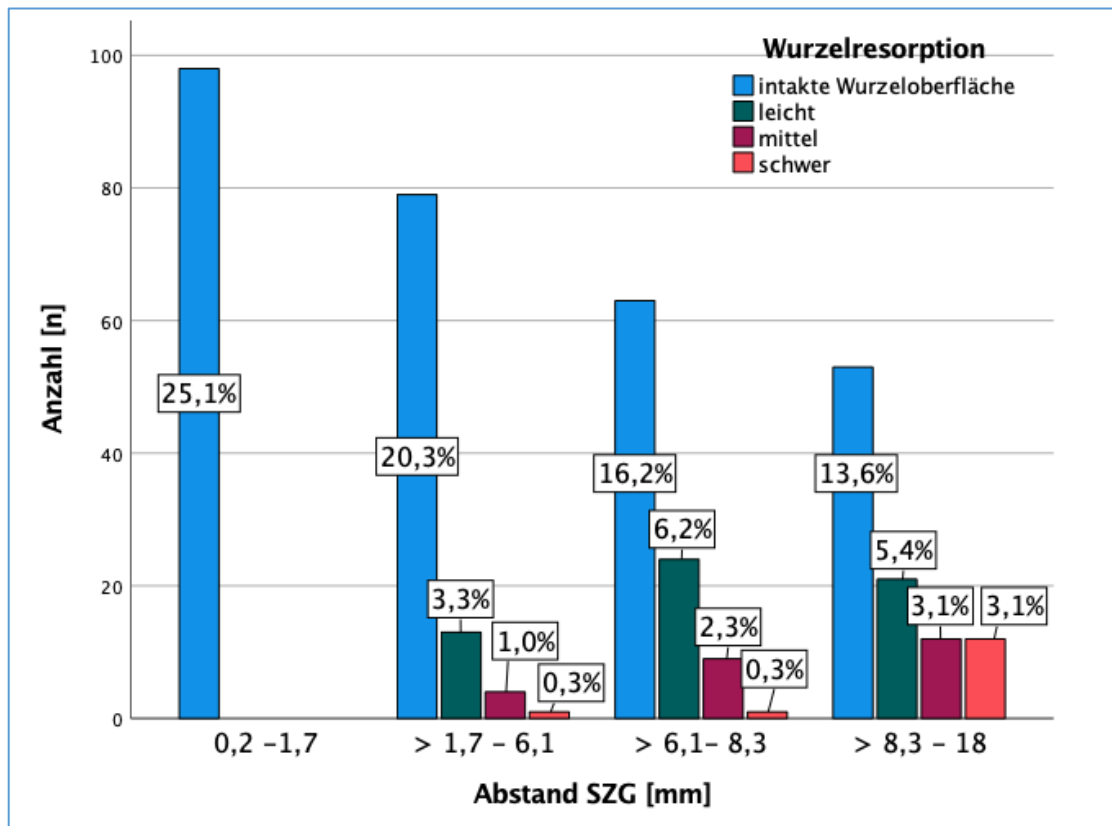


Abb. 53: Häufigkeit Schweregrad Wurzelresorption bezogen auf Abstand Schmelz-Zement-Grenze

Im Median lag der Abstand der Schmelz-Zement-Grenzen bei 6,1mm. Zur besseren visuellen Darstellung wurden die SZG-Abstände in Quartile unterteilt und diese in Bezug auf das Vorhandensein und den Schweregrad einer auftretenden Wurzelresorption hin untersucht. Das erste Quartil umfasste die Abstände von 0,2 bis 1,7mm, wobei diesem Quartil 98 Zähne (25,1%) zugeordnet werden konnten. Keiner der zweiten Molaren wies eine Veränderung der Wurzeloberfläche auf.

Dem zweiten Quartil waren Abstände der Schmelz-Zement-Grenzen von über 1,5 bis 6,1mm zugeordnet, wobei 97 Zähne diesem Bereich zugeteilt werden konnten. Hiervon wiesen 81,4% (n=79) keine, 13 Zähne (13,4%) eine milde, 4 Zähne (n=4,1%) eine mittlere und 1 Zahn (1,0%) eine schwere Wurzelresorption auf.

SZG-Abstände von über 6,1 bis 8,3mm waren dem dritten Quartil zuzuordnen. 63 (64,9%) der insgesamt 97 der hier zugeordneten Zähne wiesen eine intakte Wurzeloberfläche auf, 24 (24,7%) eine leichte, 9 (9,3%) eine mittlere und einer (1,0%) eine schwere Wurzelresorption. Lag der Abstand der Schmelz-Zement-Grenzen zwischen zweiter und dritter Molaren (n=98) zwischen 8,3 und 18mm, so ließ sich bei 21,4% (n=21) eine leichte und jeweils bei 12,2% eine

mittlere oder schwere Wurzelresorption feststellen. 54,1% (n=53) zeigen keine Veränderung der Wurzeloberfläche.

Insgesamt konnten bezüglich dieses Gesichtspunktes 390 Zahnpaare analysiert werden.

Bei der Analyse auf Korrelation bestätigte sich bei dem Abstand der SZG und dem Auftreten von Wurzelresorption dieser als signifikant ($p < 0,001$), sowie ein moderater positiver Zusammenhang. Der Chi-Quadrat-Test bestätigte die signifikante Assoziation beider Variablen. Weiterhin deuteten die Werte auf einen sehr starken linearen Zusammenhang hin.

Tbl. 16: Statistische Tests Häufigkeit Wurzelresorption gegenüber Abstand SZG

	Wert	df	Asympt. Signifikanz	Exakte Signifikanz	Punkt- Wahrscheinlichkeit
Pearson-Chi- Quadrat	80,633 ^a	9	<0,001	. ^b	
Zusammenhang linear-mit-linear	61,185	1	<0,001		
Anzahl gültiger Fälle	390				

4.8.7. Wurzelresorption bezogen auf Kontaktpunkt Schmelz-Zement-Grenze

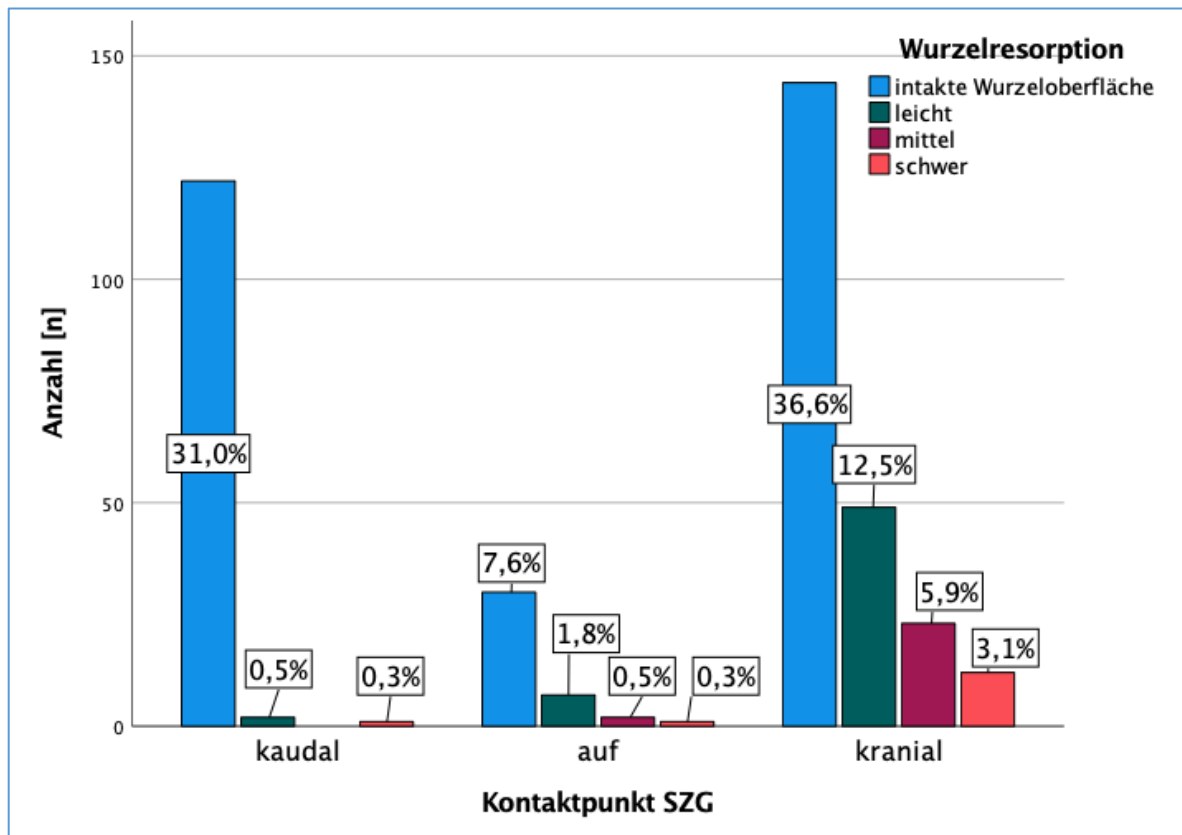


Abb. 54: Häufigkeit Schweregrad Wurzelresorption bezogen auf Kontaktpunkt Schmelz-Zement-Grenze

Bei der Analyse des Kontaktpunktes des dritten Molaren lag dieser bei 31,8% (n=125) kaudal, bei 58,0% (n=228) kranial und bei 10,2% (n=40) auf Höhe der Schmelz-Zement-Grenze des zweiten Molaren.

Von den Zähnen, die kaudal gelegen waren, wiesen die angrenzenden zweiten Molaren in 1,6% (n=2) der Fälle eine leichte und in 0,8% (n=1) der Fälle eine schwere Wurzelresorption auf, sowie in 97,6% keine Veränderung der Wurzeloberfläche. Eine mittlere Wurzelresorption war nicht zu detektieren.

Lag der Kontaktpunkt kranial der SZG, so war bei 144 (63,2%) Zähnen keine, bei 49 (21,5%) eine leichte, bei 23 (10,1%) eine mittlere und bei 12 (5,3%) eine schwere Wurzelresorption vorzufinden.

Bei insgesamt 40 Zahnpaaren lag der Kontaktpunkt des dritten Molaren auf Höhe der SZG des zweiten Molaren, wobei bei 75,0% (n=30) keine, bei 17,5% (n=7) eine leichte, bei 5,0% (n=2) eine mittlere und bei 2,5% (n=1) eine schwere Wurzelresorption vorlag.

Nach Spearman-Rho war eine signifikante Korrelation und ein moderat positiver Zusammenhang zwischen dem Kontaktpunkt des dritten Molaren und der Schmelz-Zement-

Grenze des zweiten Molaren und dem Auftreten von Wurzelresorption zu vermerken ($p < 0,001$).

Der Chi-Quadrat-Test zeigte lediglich in 3 Zellen eine erwartete Häufigkeit von weniger als 5, was in diesem Fall jedoch tolerabel war. Dennoch wurde der exakte Fisher-Test zur Bestätigung angewandt. Dieser bestätigte nochmals die signifikante Assoziation der beiden Variablen. Insbesondere bestand weiterhin ein starker linearer Zusammenhang.

Tbl. 17: Statistische Tests Häufigkeit Wurzelresorption gegenüber Kontaktpunkt

	Wert	df	Asympt. Signifikanz	Exakte Signifikanz	Punkt-Wahrscheinlichkeit
Pearson-Chi-Quadrat	52,289 ^a	6	<0,001	<0,001	
Exakter Test nach Fisher-Freeman-Halton	62,292			<0,001	
Zusammenhang linear-mit-linear	39,850 ^b	1	<0,001	<0,001	0,000
Anzahl gültiger Fälle	393				

4.8.8. Wurzelresorptionsprävalenz bei verschiedenen Variablen - Zusammenfassung

Das Auftreten einer Wurzelresorption an zweiten Molaren war im Rahmen dieser Untersuchung im rechten Oberkiefer häufiger als auf der linken Seite. Im Alter von 8-18 Jahren trat am häufigsten eine Wurzelresorption auf, wobei eher eine leichte, gefolgt von einer mittleren und schweren Form vorzufinden war. Mesial angulierte dritte Molaren, eine palatinale transversale Abweichung, eine Retentionstiefe der Klasse C, ein SZG-Abstand von über 8,3-18mm sowie die kraniale Lage des Kontaktpunktes des dritten Molaren zur SZG des zweiten Molaren, waren mit einem erhöhten Auftreten einer Wurzelresorption vergesellschaftet.

5. Diskussion

5.1. Digitale Volumentomografie als Mittel zur Karies- und Wurzelresorptionsdiagnostik

Die reguläre Durchbruchzeit der dritten Molaren bewegt sich zwischen dem 18. und 24. Lebensjahr ⁸⁶. Diese kann jedoch aufgrund von Impaktion variieren. Ursächlich dafür können verschiedene Faktoren in Frage kommen, beispielsweise fehlendes Platzangebot oder Verlagerungen der Zähne. Aufgrund der dadurch resultierenden Pathologien wie der Entstehung von Perikoronitis, Erkrankungen des parodontalen Halteapparats, Karies, externe Wurzelresorption, Zysten, Schwellungen, entzündliche, ggf. abszedierende Geschehen bis hin zu septischen Verläufen gilt die Entfernung dieser als Standardeingriff im zahnärztlichen bzw. oralchirurgischen Alltag ^{46,87,88}. Dritte Molaren gelten als diejenigen Zähne, die am häufigsten impaktiert sind ^{89,90}.

Die externe Wurzelresorption sowie die distale Karies an endständigen Molaren, bedingt durch dritte Molaren, ist eine häufige Komplikation, die in einigen Fällen zu einer Irritation der Pulpa bis hin zu endodontologischer Intervention oder Exaktion führen können, weshalb die frühzeitige Erkennung dieser Pathologien für einen langfristigen Erhalt des endständigen Molaren entscheidend ist ^{45,68,79,91-93}. Die Erkennung von Karies bzw. Wurzelresorption an endständigen Molaren, bedingt durch dritte Molaren, ist mithilfe konventioneller radiologischer Untersuchungen nur unzureichend möglich. Aus vorhandenen Untersuchungen ist klar zu entnehmen, dass mithilfe der DVT im Vergleich zur OPTG deutlich häufiger und zeitlich früher eine Resorption befundet werden konnte ^{8,68,94-97}. Besonders ist hier auf die höhere Sensitivität und Spezifität der DVT zur Detektion pathologischer Veränderung der morphologischen Beschaffenheit angrenzender Molaren im Vergleich zu zweidimensionaler Bildgebung hinzuweisen ^{59,98}. Vor allem im Anfangsstadium einer Resorption ist diese auf zweidimensionalen Aufnahmen nur sehr schwierig zu detektieren, was bei einer dreidimensionalen Aufnahme nicht der Fall ist ⁴⁶.

5.2. Material und Methoden

5.2.1. Patienten

Alle im Rahmen dieser Untersuchung untersuchten Röntgenbilder entstammen der Bilddatenbank der Poliklinik für Orale Chirurgie und Implantologie der Universitätsklinik zu Köln. Ein Aufnahmekriterium ist das Vorhandensein einer digitalen Volumentomografie. Weiterhin musste auf die Bildqualität und das Darstellungsvolumen geachtet werden. Von den insgesamt 1000 analysierten DVTs des unselektierten Patientenguts können lediglich 309 in die weitere Befundung aufgenommen werden. Zum einen führt eine zu schlechte Bildqualität (Artefakte, zu geringe Dosis für eine adäquate Befundung der gesuchten Pathologien) und

zum anderen eine unvollständige Darstellung des Oberkiefers (unzureichende Field of View Größen) zum Ausschluss der Studie.

Sofern die Qualität und das Field of View den Einschlusskriterien entspricht, muss weiterhin das Vorhandensein von dritten, sowie das der angrenzenden Molaren, überprüft werden. Sobald dies einseitig zutrifft, wird die digitale Volumentomografie in die Studie aufgenommen.

5.2.2. Methode

Im Rahmen dieser Studie wurden aus der Bilddatenbank des Zentrums für Mund-, Zahn- und Kieferheilkunde sowie der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie der Universität zu Köln insgesamt 1000 routinemäßig angefertigte digitale Volumentomografien eines unselektierten Patientenguts untersucht.

Anders als in anderen Studien, in denen lediglich digitale Volumentomografien von Patienten herangezogen wurden, bei denen eine dreidimensionale Aufnahme im Rahmen einer anschließenden chirurgischen Entfernung der dritten Molaren erfolgt ^{45,68}, wurde auf DVTs mit möglichst hoher Indikationsbreite zurückgegriffen, um eine möglichst realitätsnahe Wiedergabe zu realisieren. Diese Vorgehensweise ist auch bereits in anderen Studien beschrieben ^{4,25,41,42,47,62}.

In einer vorausgehenden Studie zur Evaluation von externer Wurzelresorption zweiter Molaren wurden ebenfalls nur DVTs mit mesial angulierten oder vertikal verlagerten dritten Molaren aufgenommen ⁴⁵. Zu den rechtfertigenden Indikationen, aufgrund dessen die DVTs dieser Studie angefertigt wurden, zählen unter anderem Planung, Neoplasien, postoperative Kontrolle, Frakturverdacht, Zahnlage, Fokussuche, Veränderung der Kieferhöhle, Entwicklung, Beurteilung der Kiefergelenke, Resorptionen, Kariesdiagnostik oder Schmerzen im Gesichtsbereich.

Zur weiteren Selektion der DVTs wurden Ein- und Ausschlusskriterien formuliert, die sich größtenteils mit denen vorausgehender Studien decken. Unter anderem liegen Gemeinsamkeiten der Ausschlusskriterien bei mangelnder Bildqualität, dem Vorliegen von Artefakten, dem Fehlen relevanter anatomischer Strukturen (dritter, sowie angrenzender zweiter Molar), Vorliegen von Raumforderungen (Zyste, Tumor, Osetomyelitis) im Untersuchungsgebiet, apikale Aufhellungen, großflächige Wurzelresorption oder Karies am zweiten Molaren ohne Zusammenhang mit dem dritten Molaren, sowie prothetische oder konservierende Rehabilitation der Distalfläche der zweiten Molaren ^{4,25,41,42,44,45,47}.

Bezüglich der Aufnahmekriterien bestehen allerdings einige Unterschiede, die im Folgenden genauer erörtert werden. Beispielsweise schließen einige Studiendesigns mit ähnlicher Forschungsfrage Patienten unter dem 18./ 25. Lebensjahr aus der Studie aus ^{25,42,44,47}. Dies ist allerdings in der Vorliegenden nicht der Fall, da die Kronenentwicklung der dritten Molaren, vor allem die des Oberkiefers, ab dem 8. Lebensjahr beginnt und meist ab dem 12. Lebensjahr

weit fortgeschritten oder abgeschlossen ist ^{99,100}. Aufgrund dessen besteht die Möglichkeit, dass bereits nach finaler bzw. weit fortgeschrittener Mineralisation der Krone eine mögliche Pathologie am angrenzenden Molar ausgelöst werden kann. Dies gilt auch für das Entwicklungsstadium der Wurzel. In einigen Studien wurden DVTs, die einen dritten Molaren mit weniger als zwei Drittel Wurzelwachstum zeigten, aus der Studie ausgeschlossen ^{4,42,45,47}. Sofern die DVT eines Patienten zwei dritte Molaren mit jeweils angrenzendem zweiten Molaren aufwies, wurden beide Zähne in die Befundung aufgenommen, um ein möglichst realitätsnahes Bild widerzuspiegeln ^{25,44,58 47}.

5.3. Karies

5.3.1. Karies bezogen auf Alter und Geschlecht

In vorliegender Studie konnte anhand der erhobenen Daten gezeigt werden, dass die Prävalenz von Karies bei 9,1% liegt.

Dies deckt sich mit vorausgehenden Untersuchungen, bei denen die Prävalenz von Karies an endständigen Molaren bedingt durch dritte Molaren zwischen 0,5 und 9% liegt ^{25,47,101}.

In einigen vorausgehenden Studien handelt es sich jedoch oftmals um eine rein binäre Variable, das heißt, dass kein Schweregrad der vorliegenden Karies bestimmt wurde. Dieser Aspekt wurde jedoch im Rahmen vorliegender Untersuchung aufgenommen. Eine milde Karies liegt in 3%, eine moderate in 4,8% und eine schwere Karies in 1,3% der Fälle vor. Die Abschätzung des Schweregrades einer vorliegenden Karies ist jedoch für das weitere Procedere im Behandlungsverlauf entscheidend. Handelt es sich um eine weit fortgeschrittene kariöse Läsion mit Beteiligung der Pulpa, so ist nicht nur eine Intervention im Rahmen der chirurgischen Entfernung des dritten Molaren, sondern auch eine endodontische Intervention des angrenzenden Molaren indiziert. Darüber hinaus kann durch die Evaluation des Schweregrades ebenfalls über eine frühzeitige Intervention, v.a. chirurgisch, beraten werden, um ein weiteres Fortschreiten der kariösen Läsion zu verhindern. Dies spielt vor allem im Anfangs- oder mittlerem Stadium eine entscheidende Rolle ¹⁰².

In Übereinstimmung mit bisher veröffentlichten Daten besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Vorhandensein einer distalen Karies und dem Geschlecht ^{8,47,103}. Nichtsdestotrotz besteht, wie bereits in vorhandenen Studien, ein signifikanter Zusammenhang zwischen den verschiedenen Altersgruppen und einer vorhandenen Karies, wobei mit steigendem Alter die Anzahl und der Schweregrad der kariösen Läsionen zunimmt ^{8,47,67,69}. Mehrere Faktoren, wie beispielsweise die Speiseimpaktation und schlechte Mundhygiene, können mit zunehmendem Alter zu einem erhöhten Auftreten von Karies beitragen ⁴⁷.

5.3.2. Karies bezogen auf Angulationswinkel

Untersucht man die in dieser Studie aufgenommen DVTs hinsichtlich des sagittalen Angulationswinkels, so lässt sich feststellen, dass die meisten dritten Molaren vertikal anguliert sind. Dies deckt sich mit bereits vorhanden Daten^{12,78}. Davon gefolgt sind mesial und distal angulierte Zähne⁷⁸.

Bei der Analyse des Angulationswinkels in sagittaler Ebene und des Auftretens von Karies an endständigen Molaren konnte festgestellt werden, dass in prozentualer Hinsicht bei Mesialangulation am häufigsten eine Karies auftritt, dies jedoch nicht signifikant in dieser Auswertung vorliegend ist. In bereits erhobenen Daten konnte diesbezüglich auch keine Signifikanz evaluiert werden^{8,47}.

In anderen Untersuchungen konnte die Mesialangulation als Risikofaktor identifiziert werden¹⁰⁴, wobei dafür ursächlich die Unfähigkeit der Patienten, in diesem Bereich eine adäquate Mundhygiene zu gewährleisten, angenommen wird¹⁰⁴. Ähnliche Ergebnisse sind auch im Rahmen von Studien, die diese Analyse im Unterkiefer durchgeführt haben^{105,106}.

Analysiert man den Schweregrad einer aufgetretenen Karies, zeigt sich, dass die höchste Prävalenz einer milden oder moderaten kariösen Läsion bei mesial angulierten Zähnen auftritt, wohingegen eine schwere Karies vor allem bei vertikal angulierten Zähnen vorzufinden ist.

Bei der Analyse der transversalen Angulation dritter Molaren in Bezug auf angrenzende Molaren und dem Auftreten von Karies zeigt sich, dass bei Bukkalangulation das Auftreten einer Karies bei ca. 3,8% liegt (1,3% mild, 2,5% moderat). Handelt es sich um eine Angulation nach palatinal konnte bei 2,5% der zweiten Molaren eine milde Karies detektiert werden. Die Abweichung in transversaler Richtung wurde bisher lediglich nur im Rahmen einer Analyse von Unterkiefer-Molaren durchgeführt, jedoch nicht bei denen des Oberkiefers. Die Ergebnisse dieser Studien zeigen allerdings ähnliche Ergebnisse wie die im Rahmen dieser Untersuchung erarbeiteten Ergebnisse, wobei ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Karies in Bezug auf die transversale Angulation besteht⁴.

Begründet werden kann dies durch eine verschlechterte bzw. erschwerte Mundhygiene in diesem Bereich. Aufgrund der Angulation in transversaler Ebene ist das Erreichen dieser Bereiche mittels einer Zahnbürste deutlich erschwert. Ist der dritte Molar nach bukkal anguliert, so kommt es zu einer massiven Platzreduktion zur Wange hin. Konsekutiv ist der Bereich durch den aufsteigenden Ast des Unterkiefers der jeweiligen Seiten ebenfalls ein limitierender Faktor des Platzangebots, sodass eine Zahnbürste nur unter äußerst erschwerten Bedingungen in diesen Bereich eingeführt werden kann und folglich zu einer erhöhten Plaqueakkumulation führt.

5.3.3. Karies bezogen auf Retentionstiefe

Betrachtet man den Zusammenhang zwischen dem Auftreten einer kariösen Läsion und der Retentionstiefe, zeigt sich eine signifikante Korrelation der beiden Variablen.

In der Studie von Yesiltepe et al ²⁵ wird die Tiefe der Retention dritter Molaren mittels der modifizierten Klassifikation nach Archer bestimmt. Nach dieser sind der Klasse A dritte Molaren zuzuordnen, deren Okklusionsebene in einer Linie mit der des angrenzenden Molaren ist, Klasse B beschreibt eine leichte Abweichung der Linie des dritten Molaren nach kranial, der Klasse C sind Zähne zugeordnet, deren Okklusionsebene im Bereich des zervikalen Wurzeldrittels des zweiten Molaren liegen. Alle kranial davon liegenden Zähne sind der Klasse D zuzuteilen. Hierbei konnte festgestellt werden, dass bei 42,9% der Klasse A, bei 14,8% der Klasse B, bei 3,9% der Klasse C und bei 5,3% der Klasse D zugeordneten Zahnpaare eine Karies detektiert werden konnte. In anderen Studien wurde ebenfalls diese Klassifikation angewandt ¹². Reproduziert man diese Ergebnisse auf die vorliegende Studie, so zeigt sich, dass Klasse A und B ähnlich definiert sind. Klasse C und D werden nach der Klassifikation nach Pell und Gregory zur Klasse C zusammengefasst ^{41,77}. In dieser Studie ist bei 4% der Zähne der Klasse C, bei 13,9% der Klasse A und bei 21,9% der Zähne der Klasse B eine Karies zu detektieren. Die Abweichung der Ergebnisse ist damit zu begründen, dass einerseits nur ein ungefährender Vergleich der beiden Klassifikationen vorgenommen werden kann, andererseits aber auch die Einschlusskriterien der beiden Studien. Im Rahmen dieser Studie wurden auch Patienten unter 18 Jahren inkludiert, was in der Studie von Yesiltepe et al nicht der Fall ist ²⁵. Weiterhin können vorliegende Ergebnisse damit begründet werden, dass die Mundhygiene aufgrund einer möglichen Schleimhautbedeckung im Rahmen der Retentionstiefe Klasse B weitaus schwieriger ist, als wenn der Zahn bereits komplett durchgebrochen ist.

Bei der Analyse des Schweregrades einer kariösen Läsion ist festzustellen, dass die milde und schwere Form am häufigsten bei Zähnen der Klasse B und die moderate Karies am häufigsten bei Zähnen der Klasse A zu detektieren ist. Ein Erklärungsansatz hierfür könnte sein, dass bei Zähnen der Klasse A eine kariöse Läsion erst in fortgeschrittenem Stadium befundet werden konnte, wohingegen bei Zähnen der Klasse B entweder frühzeitig, bereits bei einer milden Läsion, die Diagnose gestellt werden konnte oder erst sehr spät, bei weit fortgeschrittenem Stadium. Als mögliche Ursache hierfür könnte unter anderem oben genannte eingeschränkte visuelle Befundung aufgrund anatomischer Verhältnisse sein.

5.3.4. Karies bezogen auf Abstand Schmelz-Zement-Grenze

Betrachtet man den Abstand der Schmelz-Zement-Grenzen zweiter und dritter Molaren zueinander und bezieht diesen auf das Vorhandensein von Karies, lässt sich feststellen, dass

diese beiden signifikant miteinander korrelieren und sich ein schwach negativer Zusammenhang zeigt. Im Median beträgt der Abstand 6,1mm.

Liegt der Abstand zwischen 0,2 und 1,7mm, weisen 11,2% eine Karies auf, wobei die moderate Karies am häufigsten vorkommt (9,2%). Beträgt der Abstand über 1,7 bis 6,1mm, ist bei 20,4% der angrenzenden Molaren eine Karies zu detektieren, bei einem Abstand von über 6,1 bis 8,3mm bei 3,1% Zähnen. Dies verdeutlicht, dass bei einem Abstand von über 1,7 bis 6,1mm die Häufigkeit des Auftretens einer Karies steigt, wobei vor allem die milde und schwere Form ansteigend ist.

Aufgrund der unzureichenden Datenlage bezüglich dieses Aspekts im Oberkiefer kann lediglich ein Vergleich mit denen des Unterkiefers vorgenommen werden. In der Studie von Kang et al ⁶⁸ ist der Abstand von 6-9mm als Risikofaktor für eine kariöse Läsion beschrieben. Die unterschiedlichen Ergebnisse sind unter anderem darauf zurückzuführen, dass nicht die gleichen Zahngruppen untersucht wurden. Außerdem ist im Rahmen dieser vorherigen Untersuchung keine klare Abgrenzung zwischen Karies und Wurzelresorption vorgenommen worden, des Weiteren ist die Einteilung in die verschiedenen Abstandsintervalle nicht nach Quartilen, sondern willkürlich erfolgt ⁶⁸.

Zur Evaluation des Schweregrads einer Karies liegen aktuell keine Daten in diesem Zusammenhang vor, mit denen die Ergebnisse der vorliegenden Studie verglichen werden können. Daher ist anzunehmen, dass sowohl die Häufigkeit als auch der Schweregrad der kariösen Läsion zunächst mit wachsendem Abstand der Schmelz-Zement-Grenzen steigt, jedoch bei einem Abstand über 6,1mm stark abnimmt. Begründet werden kann dies einerseits durch die Definition einer Karies, die wie bereits oben beschrieben lediglich im Bereich der Krone des angrenzenden Molaren stattfindet. Liegt eine Aufhellung weiter apikal gelegen vor, so handelt es sich eher um eine externe Wurzelresorption. Ist der Abstand der SZG sehr gering, so spricht es in der Regel dafür, dass der dritte Molar bereits (nahezu) vollständig durchgebrochen ist. Somit ist die Möglichkeit der adäquaten Reinigung eher gegeben, als wenn dieser höher impaktiert ist. Bei einem Abstand von 1,7-6,1mm besteht die Möglichkeit, dass der dritte Molar teils oder gänzlich mit Schleimhaut bedeckt ist oder teilweise eine knöcherne Einbettung des koronaren Segments besteht. Ist dies der Fall, besteht eine Kommunikation mit der Mundhöhle bei gleichzeitiger Verschlechterung der Mundhygienefähigkeit in diesem Bereich.

5.3.5. Karies bezogen auf Kontaktpunkt Schmelz-Zement-Grenze

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigen, dass eine statistisch signifikante Korrelation zwischen der Lage des Kontaktpunktes des dritten Molaren zur SZG des zweiten Molaren und dem Auftreten einer Karies besteht. Liegt der Kontaktpunkt kaudal der SZG des zweiten Molaren, so zeigen insgesamt 15,2% eine Karies, wobei bei 12% der Schweregrad

als moderat zu bezeichnen ist. Liegt der Kontaktpunkt kranial, weisen 3,1% der Zähne eine Karies auf. Ist der Kontaktpunkt auf Höhe der SZG, dann ist bei 25% eine Karies zu detektieren. Unter Berücksichtigung der Lage des Kontaktpunktes lässt sich folglich feststellen, dass am häufigsten eine Karies auftritt, wenn der Kontaktpunkt auf Höhe der SZG zum Liegen kommt. Hierbei ist es jedoch wichtig, dass der Schweregrad in den meisten Fällen mild ist. Dies ist jedoch bei der kaudalen Lage des Kontaktpunktes anders, wobei hier die moderate Karies dominiert.

Bisher wurde die Analyse dieser Parameter bei ähnlichen Studien nicht erfasst. Dies wurde lediglich im Rahmen von Analysen des Unterkiefers der gleichen Zahngruppen durchgeführt. In der Studie von Chen et al ⁴ konnte gezeigt werden, dass ebenfalls ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Kontaktpunkt und der SZG vorhanden ist. Weiterhin ist bei einer Lage des Kontaktpunktes auf der Schmelz-Zement-Grenze am häufigsten eine Karies vorzufinden. Unterschiede liegen in der Häufigkeit des Auftretens von Karies bei kranialer und kaudaler Lage, die sich genau gegensätzlich verhält. Begründet werden kann dies damit, dass einerseits die Untersuchung in zwei verschiedenen Kiefern erfolgte und andererseits, dass in vorliegender Studie neben der Detektion der Karies auch die externe Wurzelresorption aufgenommen wurde. Bei einer klaren Abgrenzung dieser beiden Pathologien ist nicht auszuschließen, dass Chen et al bei einem Vorliegen einer kaudal der SZG liegenden Aufhellung der Wurzelmorphologie eine Karies detektiert hat, die im Rahmen dieser Studie allerdings bereits als Wurzelresorption klassifiziert worden wäre ⁴.

5.4. Wurzelresorption

5.4.1. Wurzelresorption bezogen auf Alter und Geschlecht

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass die Prävalenz von Wurzelresorption an endständigen Molaren bedingt durch dritte Molaren bei 24,7% liegt.

Dies ist vergleichbar mit anderen Studienergebnissen, bei denen die Prävalenz zwischen 14,3 und 37,9% liegt ^{25,41,42,44,46}.

Unter Berücksichtigung des Schweregrades einer vorliegenden Wurzelresorption ist die Studienlage jedoch geringer. In der vorliegenden Studie wurde dieser Aspekt jedoch analysiert und zeigt, dass in 14,8% der Fälle eine leichte, in 6,4% eine mittlere und in 3,6% eine schwere Wurzelresorption vorliegend ist.

In der Studie von Sakhdari et al ⁶² ist die Gesamtprävalenz in diesem Zusammenhang von 14% beschrieben, wobei 6,6% als leicht, 9,4% als moderat und 5,2% als schwer klassifiziert wurden. Anhand dieser Unterschiede lässt sich feststellen, dass ähnliche Ergebnisse im Bereich der mittleren und schweren Wurzelresorption vorzufinden sind, die Prävalenz der

leichten Wurzelresorption jedoch um den Faktor 2,2 abweicht. Zurückzuführen ist dies möglicherweise auf die Auswahl der Ein- und Ausschlusskriterien der verschiedenen Studien. Während in der Studie von Sakhdari et al.⁶² alle Zähne ausgeschlossen wurden, die eine Wurzelentwicklung von weniger als zwei Drittel zeigten, wurden diese in die vorliegende Studie mit aufgenommen. Korrelierend dazu wurden Patienten, die das 16 Lebensjahr nicht erreicht hatten, ebenfalls exkludiert. Dies ist wiederum in vorliegender Studie nicht der Fall. Unter Berücksichtigung dieser beiden Aspekte lässt sich feststellen, dass vor allem im Alter zwischen 8 bis 18 Jahren eine Wurzelresorption am endständigen Molaren bedingt durch den dritten Molaren in 31,9% der Fälle vorliegt, wobei am häufigsten eine leichte Wurzelresorption zu detektieren ist (18,6%).

Vergleichbar zu anderen Studien besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und dem Auftreten einer externen Wurzelresorption^{41,42,44,62}.

In anderen Studien konnte eine signifikante Korrelation zwischen Geschlecht und der externen Wurzelresorption festgestellt werden, wobei Männer deutlich häufiger betroffen waren als Frauen^{8,107}. Dies wurde mit einer erhöhten Osteoklastenaktivität und konsekutiv dem vermehrten Auftreten einer externen Wurzelresorption bei männlichen Patienten begründet^{60,91,108,109}.

Betrachtet man das Auftreten einer externen Wurzelresorption in Bezug auf das Alter, so lässt sich keine statistisch signifikante Korrelation feststellen. In der Altersspanne von 8 bis 18 Jahren ist am häufigsten eine Wurzelresorption (31,9%) zu detektieren, gefolgt von Patienten zwischen 25 und 38 Jahren (25,1%). Weiterhin liegt die Prävalenz einer Wurzelresorption bei 18- bis 25-Jährigen bei 23,9%. Im Alter von 38 bis 89 Jahren liegt die Prävalenz lediglich bei 12,8%.

Die Ergebnisse dieser Studie gehen teilweise einher mit denen von bereits vorausgehenden Untersuchungen. Im Alter von 8 bis 18 Jahren ist in der vorliegenden Studie die höchste Prävalenz einer Wurzelresorption zu erkennen. Dies ist bei anderen Studien nicht der Fall, was allerdings der Tatsache geschuldet ist, dass die Inklusionskriterien der Studien variieren. Im Rahmen dieser Studie wurden bereits Patienten ab einem Alter von 8 Jahren aufgenommen, sowie Patienten, die ein Wurzelwachstum von weniger als zwei Drittel aufweisen. Betrachtet man jedoch die Prävalenzen im Alter von über 18 Jahren, so lassen sich ähnliche Ergebnisse wiederfinden^{42,45,47,58}.

Weiterhin ist festzuhalten, dass die Häufigkeit einer milden Wurzelresorption im Alter abnimmt, die der moderaten zunächst abnimmt, anschließend konstant bei ca. 5% bleibt und die schwere Wurzelresorption vor allem im ersten und dritten Altersquartil höher ist.

Die Abnahme der leichten Wurzelresorption im Alter kann mit dem Voranschreiten der Läsion erklärt werden^{110,111}. Außerdem werden in dieser Altersspanne aufgrund von diversen Indikationen, wie beispielsweise Behandlungsplanungen vor kieferorthopädischer

Behandlungen oder Unfällen, routinemäßig Übersichtsaufnahmen angefertigt, die es ermöglichen, Engstände oder bereits Initialläsionen zu erkennen ^{46,112}. Dies zieht gegebenenfalls eine Entfernung der Weisheitszähne mit sich. Dies kann auch als Begründung für die Abnahme der Häufigkeit der moderaten Resorption herangezogen werden. Durch das Erkennen der Läsion im Frühstadium kann rechtzeitig interveniert werden, ohne dass der angrenzende Molar einer Folgetherapie bedarf.

Betrachtet man die Verteilung der Häufigkeiten bezüglich einer schweren Wurzelresorption, so zeigt sich, dass ein Peak im Alter von 8-18 und von 25 bis 38 Jahren vorhanden ist. Möglicherweise resultiert das Abflachen der Prävalenz im Alter von 18-25 Jahren ebenfalls aus der Früherkennung solcher Läsionen bei routinemäßig angefertigten Röntgenbildern oder aufgrund von symptomatischen Verläufen während der Wachstumsphasen der Patienten. Im Alter von 25 bis 38 Jahren ist der zweite Peak zu vermerken, dies kann möglicherweise an einem asymptomatischen Verlauf über lange Jahre gekennzeichnet sein, wobei die Beschwerden erst bei stark fortgeschrittenem Stadium und Irritation der Pulpa des angrenzenden Molaren auftreten.

5.4.2. Wurzelresorption bezogen auf Angulationswinkel

Untersucht man die in dieser Studie aufgenommenen DVTs hinsichtlich des sagittalen Angulationswinkels, so lässt sich feststellen, dass die meisten dritten Molaren vertikal anguliert sind. Dies deckt sich mit bereits vorhanden Daten ^{12,78}. Davon gefolgt sind mesial und distal angulierte Zähne ⁷⁸.

Betrachtet man die Häufigkeit des Auftretens von Wurzelresorptionen bezogen auf den Angulationswinkel in sagittaler Ebene, zeigt sich die höchste Prävalenz (37,6%) bei mesial angulierten Zähnen, gefolgt von vertikal und abschließend distal angulierten Zähnen. Aufgrund der extrem kleinen Stichprobengröße von n=3 im Bereich der horizontal angulierten Zähne kann keine statistisch valide Aussage über die Häufigkeit einer Wurzelresorption in diesem Zusammenhang gegeben werden. Betrachtet man die rein prozentuale Angabe, so lässt sich eine Prävalenz von 33,3% verzeichnen.

Zwischen der sagittalen Angulation und dem Auftreten einer externen Wurzelresorption besteht eine signifikante Korrelation mit linearem Zusammenhang. Dies deckt sich mit bereits vorhergehenden Studienergebnissen, bei denen die Mesialangulation und die horizontale Angulation als Risikofaktoren klassifiziert wurden ^{41,42,45-47,94,113-115}. Durch die mesial angulierte Lage des dritten Molaren in Bezug auf den angrenzenden Molar ist die Fläche, mit der der dritte Molar den zweiten tangiert, relativ hoch. Außerdem ist die Krone eines Zahns im Vergleich zum Wurzelzement deutlich härter, weshalb dies als Erklärung für ein gehäuftes Auftreten von Wurzelresorption bedingt durch mesial angulierte Zähne dienen kann ^{41,45}. Untersucht man den Schweregrad der auftretenden kariösen Läsionen, ist die Prävalenz der

leichten, mittleren und schweren Wurzelresorption bei mesial angulierten Zähnen am häufigsten.

Analysiert man das Auftreten einer Wurzelresorption in Abhängigkeit von der transversalen Lage, zeigt sich, dass die Prävalenz bei palatinal angulierten Zähnen am höchsten ist (29,1%). Weichen Zähne nach bukkal oder gar nicht ab, ist die Prävalenz ähnlich bei ca. 23,5%. Es liegt jedoch kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem transversalen Angulationswinkel und dem Auftreten einer Wurzelresorption vor. Ähnliche Ergebnisse zeigen auch bereits vorherige Studien⁴¹. In der Studie von Tunc et al.⁴⁷ ist allerdings das Abweichen nach bukkal und lingual als bukkolingual zusammengefasst und nicht wie im Rahmen dieser Studie als Einzelkategorien erfasst worden. Dies zeigt sich auch in weiteren bereits durchgeführten Studien²⁵. Die Mehrzahl der Studien, die einen ähnlichen Studienaufbau aufweisen, haben die transversale Angulation jedoch nicht mit aufgenommen^{42,44}. Bei der Analyse des Schweregrades einer Wurzelresorption in Abhängigkeit von der transversalen Angulation zeigt sich, dass die leichte und mittlere Form vor allem bei palatinal angulierten Zähnen vorkommt, die schwere Form bei bukkal angulierten.

5.4.3. Wurzelresorption bezogen auf Retentionstiefe

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass das Auftreten von Wurzelresorption in Abhängigkeit von der Retentionstiefe am häufigsten (36,9%) mit der Klasse C der Klassifikation nach Pell und Gregory auftritt. In Assoziation mit der Klasse A tritt am seltensten eine Resorption auf (3,1%), wohingegen Zähne der Klasse B in 26,8% der Fälle eine pathologische Veränderung der Wurzeloberfläche zeigen. Prüft man diese beiden Variablen auf Korrelation, so zeigt sich, dass diese signifikant ist und ein positiver moderater Zusammenhang besteht. Dies ist vergleichbar mit anderen Studienergebnissen, die die Klasse C als Risikofaktor identifiziert haben^{41,45}.

Vergleicht man die Ergebnisse von Yesiltepe et al.²⁵ wie bereits oben beschrieben (s. Kapitel 5.3.3. Karies bezogen auf Retentionstiefe) mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie, so zeigt sich, dass diese ebenfalls ähnliche Werte aufzeigen.

Die Studie von Oenning et al.¹¹⁶ gibt jedoch eher Klasse A und B als Risikofaktor an. Begründet werden kann dies mit dem Vorliegen unterschiedlicher Studiendesigns. Unter anderem weichen die Einschlusskriterien voneinander ab. Ferner wird der Aspekt der Unterscheidung einer Karies und einer Wurzelresorption nicht vorgenommen. Berücksichtigt man die Ergebnisse bezüglich des Auftretens einer Karies bezogen auf die Retentionstiefe im Rahmen dieser Studie, so zeigt sich, dass dies genau gegensätzlich zu denen der Wurzelresorption erfolgt. Ist ein Zahn der Klasse A zuzuordnen, so ist das Auftreten einer Karies häufiger, Klasse C ist eher mit einer Wurzelresorption assoziiert. Dies erscheint logisch, da das Auftreten einer Karies laut Definition im Bereich der Krone erfolgt (analog Klasse A) und eine Resorption im Bereich der Wurzel (analog Klasse C). Dies findet in vorausgehender

Studie keine Berücksichtigung. Die Prävalenz einer milden, mittleren und schweren Wurzelresorption ist bei Zähnen der Klasse C am höchsten.

5.4.4. Wurzelresorption bezogen auf Abstand Schmelz-Zement-Grenze

Betrachtet man den Abstand der Schmelz-Zement-Grenzen zweiter und dritter Molaren zueinander und bezieht diesen auf das Vorhandensein von Wurzelresorptionen, lässt sich feststellen, dass diese beiden signifikant miteinander korrelieren und sich ein moderat positiver Zusammenhang zeigt. Im Median beträgt der Abstand 6,1mm.

Liegt der Abstand der SZG zwischen 1,7 und 6,1mm, so treten in 18,5% der Fälle Veränderung der Wurzeloberfläche auf, wobei die milde Form der Wurzelresorption am häufigsten auftritt. Ist ein Abstand von bis zu 8,3mm zu messen, erhöht sich die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Wurzelresorption, wobei die Häufigkeit der schweren Wurzelresorption im Vergleich zum geringeren Abstand (bis zu 6,1mm) konstant bei 1% bleibt. Bei einem Abstand von bis zu 18,0mm liegt die Häufigkeit des Auftretens einer pathologischen Veränderung der Oberflächenmorphologie der Wurzel bei 45,8%, also fast der Hälfte der analysierten Zähne, die dieser Kategorie zuzuordnen sind. Weiterhin lässt sich feststellen, dass die schwere Form um ein 12-faches gestiegen ist.

Diese Ergebnisse sind vergleichbar mit denen vorausgehender Analysen⁴¹. In der Studie von Li et al⁴¹ besteht ebenfalls eine signifikante Korrelation zwischen dem Auftreten einer Wurzelresorption und dem Abstand der SZG zweiter und dritter Molaren. Wie in vorliegender Studie ist die Häufigkeit des Auftretens einer pathologischen Veränderung der Wurzeloberfläche mit zunehmendem Abstand der SZG steigend. Allerdings wurde in dieser Studie keine Analyse des Schweregrads der Pathologie in Bezug auf den SZG Abstand vorgenommen⁴¹. Unter Berücksichtigung der aktuellen Studienlage ist zu sagen, dass diese Variable vornehmlich im Bereich der Korrelation mit Karies untersucht wurde, jedoch weniger im Bereich der Analyse von Wurzelresorptionen, daher ist ein Vergleich mit anderen Ergebnissen nur beschränkt möglich.

Greift man jedoch die Ergebnisse wie unter 5.3.4. beschrieben erneut auf, lässt sich eine plausible Erklärung für vorliegende Werte herleiten. Nimmt der Abstand der Schmelz-Zement-Grenzen zwischen zweiten und dritten Molaren zu, kommt der Kontaktpunkt des dritten Molaren in einer Zone des zweiten Molaren zum Liegen, die deutlich vulnerabler gegenüber mechanischem Stress ist als die restliche klinische Krone des Zahns^{60,63}. Weiterhin entsteht dadurch eine präformierte Schmutznische, die das Entstehen von Karies begünstigt^{84,117}. Mit zunehmendem Abstand der SZG kommt die Krone bzw. der Kontaktpunkt des dritten Molaren im Bereich der Wurzel des zweiten Molaren zum Liegen. Laut Definition handelt es sich beim Auftreten dieser pathologischen Veränderung nicht mehr um eine kariöse Läsion, sondern um eine externe Wurzelresorption^{4,41,42,68,81-83}. Dies entspricht auch den gemessenen Werten, die

zeigen, dass bei einem Abstand von 0,2-1,7mm keine Wurzelresorption, jedoch in 11,2% der analysierten Zähne eine kariöse Läsion zu detektieren ist. Bei zunehmendem Abstand ist beispielsweise nur noch das Auftreten von Wurzelresorption (SZG Abstand 8,3 bis 18mm), in 45,8% der Fälle aber keine Karies vorzufinden.

5.4.5. Wurzelresorption bezogen auf Kontaktpunkt Schmelz-Zement-Grenze

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass das Auftreten einer Wurzelresorption signifikant mit dem Kontaktpunkt des dritten Molaren und der Schmelz-Zementgrenze des zweiten Molaren miteinander korrelieren, wobei ein moderat positiver Zusammenhang besteht. Dies bedeutet, dass je kranialer der Kontaktpunkt zur SZG zum Liegen kommt, desto häufiger tritt eine Wurzelresorption auf.

Berücksichtigt man den Schweregrad der pathologischen Veränderung, so lässt sich weiterhin feststellen, dass sich dieser im Vergleich zur zunehmenden Häufigkeit gegensätzlich verhält. Liegt der Kontaktpunkt kranial oder auf der SZG, so ist am häufigsten die leichte, anschließend die mittlere und die schwere Wurzelresorption zu detektieren.

Die aktuelle Studienlage zeigt keinerlei vergleichbare Ergebnisse, daher ist die Gegenüberstellung zu anderen Werten im Hinblick auf die verwendeten Variablen nicht möglich. Der Abstand des Kontaktpunktes des dritten Molaren zur SZG des zweiten Molaren wurde bisher nur wie unter 5.3.5. beschrieben in Bezug auf Karies analysiert.

Betrachtet man die Ergebnisse in Bezug auf Karies, so lässt sich sagen, dass bei kaudaler Lage kaum Wurzelresorptionen, jedoch gehäuft kariöse Läsionen auftreten, was bei kranialer Lage genau gegensätzlich vorliegt. Dies kann wiederum damit begründet werden, dass im Rahmen dieser Studie sowohl die Karies als auch die Wurzelresorption als mögliche Pathologien der Zahnhartsubstanz untersucht wurden und unterschiedlich, abhängig von der Lage, definiert sind ^{4,41,42,68,81-83}.

5.5. Synoptische Bewertung

Anhand dieser Untersuchung konnte gezeigt werden, dass im Alter von 18-25 Jahren vermehrt eine leichte oder moderate Karies, im Alter von über 38 bis 89 Jahren eine moderate und schwere Karies auftritt, wobei keine Korrelation zum Geschlecht besteht. Mesial angulierte Zähne und eine fehlende transversale Abweichung, das Vorliegen einer Retentionstiefe der Klasse B, ein SZG-Abstand von über 1,7 bis 6,1mm und ein Kontaktpunkt des dritten Molaren, der auf der SZG des zweiten Molaren zum Liegen kommt, begünstigen das Auftreten einer kariösen Läsion.

Das Auftreten einer Wurzelresorption ist unabhängig von Alter und Geschlecht, tritt aber gehäuft bei mesial, gefolgt von vertikal angulierten dritten Molaren auf. Die Retentionstiefe der

Klasse C und der kranial gelegene Kontaktpunkt des dritten Molaren zum zweiten Molaren stellen Risikofaktoren dar. Weiterhin erhöht sich der Schweregrad einer Wurzelresorption mit steigendem Abstand der SZG.

Das in dieser Untersuchung verwendete Studiendesign weist mehrere entscheidende Vorteile auf, die es von anderen Untersuchungen abhebt. Insbesondere ermöglicht die weit gefächerte Indikationsstellung eine realitätsnahe Abbildung der klinischen Praxis, in der eine Vielzahl von Patienten mit unterschiedlichen Diagnosen und Bedürfnissen behandelt wird. Ein weiterer bedeutender Vorteil dieser Studie ist die Einbeziehung jüngerer Patienten, die noch nicht das Erwachsenenalter erreicht haben. Dies ist besonders wichtig für die frühzeitige Risikoerkennung, da präventive Maßnahmen in diesem Alterssegment eine signifikante Rolle bei der Verhinderung langfristiger gesundheitlicher Schäden spielen können. Ein weiterer wesentlicher Vorteil des gewählten Studiendesigns liegt in der klaren Differenzierung zwischen Karies und Wurzelresorption. Diese Unterscheidung ermöglicht eine präzisere Analyse der unterschiedlichen pathologischen Prozesse und trägt zu einem besseren Verständnis der jeweiligen Ätiologie und Risikofaktoren bei. Dies stärkt die Validität der Ergebnisse und bietet eine fundierte Grundlage für zukünftige präventive und therapeutische Maßnahmen in der Zahnmedizin. Darüber hinaus wird die transversale Abweichung dritter Molaren sowohl bei der Detektion von Wurzelresorption als auch von Karies erstmalig analysiert. Dies ist ebenfalls bei dem Abstand der SZG der Fall. Zudem wird stets der Schweregrad der jeweiligen pathologischen Veränderungen berücksichtigt, was eine differenzierte Betrachtung der Schwere der Erkrankungen ermöglicht und zur präziseren Einschätzung des klinischen Verlaufs beiträgt.

Jedoch weist diese Studie auch Limitationen auf, da unter anderem die klinische Situation nicht berücksichtigt und lediglich die röntgenologische Situation befundet wurde. Weiterhin ist zu erwähnen, dass der sozioökonomische Status der Patienten nicht erhoben wurde. Dies könnte im Rahmen der Entstehung von Karies jedoch einen relevanten Faktor darstellen, da bereits vorausgehende Studien gezeigt haben, dass eine signifikante Korrelation zwischen dem sozioökonomischen Status und der Prävalenz von Karies besteht ^{118,119}. Deshalb sollten weitere Studien in diesem Bereich durchgeführt werden, die unter anderem klinische Daten, wie den DMF Index, den Plaqueindex, die Sondierbarkeit der Zahnhartsubstanz und die Sondierungstiefen, sowie den sozioökonomischen Status erfassen, um die radiologischen Daten untermauern zu können. Ein weiterer Aspekt, der in nachfolgenden Studien berücksichtigt werden könnte, ist die histologische Sicherung der Befunde, dies ist aber aufgrund der Notwendigkeit der Extraktion in diesem Setting kaum umsetzbar, vor allem wenn es sich um Initialläsionen handelt. Hierbei wäre eine Extraktion des betroffenen Zahns keineswegs indiziert und aus medizinischer Sicht nicht vertretbar.

5.6. Schlussfolgerung

Zusammenfassend lässt sich aus den Ergebnissen dieser Nachuntersuchung feststellen, dass eine Wurzelresorption häufiger als eine Karies vorzufinden ist. Als mögliche Risikofaktoren in Bezug auf eine kariöse Läsion lassen sich die Mesialangulation, das Alter zwischen 18 und 25 Jahren, Klasse B der Retentionstiefe, der Abstand der SZG >1,7-6,1mm und die Lage des Kontaktpunktes auf der SZG des zweiten Molaren eingrenzen.

In Hinblick auf die Wurzelresorption sind das Alter von 8 bis 18 Jahren, die Mesial- und Palatinalangulation, Klasse C der Retentionstiefe, ein Abstand der SZG von >8,3-18mm und ein kranial gelegener Kontaktpunkt des dritten Molaren zur SZG des zweiten Molaren zu nennen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung decken sich mit denen der bereits vorhandenen Literatur. Unter Berücksichtigung der in dieser Untersuchung ermittelten Risikofaktoren bzw. begünstigenden Faktoren einer pathologischen Veränderung der Zahnhartsubstanz lässt sich resümieren, dass bei fraglicher zweidimensionaler Bildgebung die Anfertigung einer dreidimensionalen Aufnahme erfolgen sollte. Anhand der DVT können somit die Risikofaktoren genauer analysiert werden und entsprechend eine Therapieentscheidung erfolgen. Dies ist entscheidend für die Vermeidung von pathologischen Prozessen wie beispielsweise das Auftreten pulpitischer Beschwerden an angrenzenden Molaren bei rechtzeitiger Intervention.

6. Literaturverzeichnis

1. ARö., DGZMK. S2k-Leitlinie: Dentale digitale Volumentomografie - Langversion 3.0. *AWMF online - Das Portal der wissenschaftlichen Medizin* 2022; **AWMF-Registernummer: 083-005**.
2. DGI D. S2k - Leitlinie: Indikationen zur implantologischen 3D-Röntgen- Diagnostik und navigationsgestützten Implantologie Langversion 2.0. *AWMF online - Das Portal der wissenschaftlichen Medizin* 2021; **AWMF-Registernummer: 083-011**.
3. Gu L, Zhu C, Chen K, Liu X, Tang Z. Anatomic study of the position of the mandibular canal and corresponding mandibular third molar on cone-beam computed tomography images. *Surg Radiol Anat* 2018; **40**(6): 609-14.
4. Chen Y, Zheng J, Li D, Huang Z, Huang Z, Wang X, Zhang X, Hu X. Three-dimensional position of mandibular third molars and its association with distal caries in mandibular second molars: a cone beam computed tomographic study. *Clin Oral Investig* 2020; **24**(9): 3265-73.
5. Neugebauer J, Shirani R, Mischkowski RA, Ritter L, Scheer M, Kieve 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): 633-43.
6. Nekolla EA, Schegerer AA, Griebel J, Brix G. [Frequency and doses of diagnostic and interventional X-ray applications : Trends between 2007 and 2014]. *Radiologe* 2017; **57**(7): 555-62.
7. Nekolla EA, Schegerer AA, Griebel J, Brix G. Häufigkeit und Dosis diagnostischer und interventioneller Röntgenanwendungen. *Der Radiologe* 2017; **7**.
8. Enabulelea JE, O.N. O. Prevalence of caries and cervical resorption on adjacent second molar associated with impacted third molar. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, Medicine and Pathology* 2017; **29**(4): 301-5.
9. Schneider M. Radiologische Bildgebung in der Zahnheilkunde. *Zahnmedizin up2date* 2013.
10. Radon J. Über die Bestimmung von Funktionen durch ihre Integralwerte längs gewisser Mannigfaltigkeiten. *Berichte über die Verhandlungen der Sächsische Akademie der Wissenschaffler* 1917; **69**: 262-77.
11. Venkatesh E, Elluru SV. Cone beam computed tomography: basics and applications in dentistry. *J Istanbul Univ Fac Dent* 2017; **51**(3 Suppl 1): 102-21.
12. Yurdabakan ZZ, Okumus O, Pekiner FN. Evaluation of the maxillary third molars and maxillary sinus using cone-beam computed tomography. *Niger J Clin Pract* 2018; **21**(8): 1050-8.
13. Hendee WR. Cross sectional medical imaging: a history. *RadioGraphics* 1989; **9**(6): 1155-80.
14. Pasler F, Visser H. Taschenatlas der Zahnärztlichen Radiologie. Stuttgart: New York: Georg Thieme Verlag; 2003.
15. Westra D. Zonographie, die Tomographie mit sehr geringer Verwischung. *Rofo* 1962; **97**(11): 605-18.
16. Rother JU. Moderne bildgebende Diagnostik in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. München: Elsevier GmbH, Urban & Fischer Verlag; 2006.
17. Rondon RH, Pereira YC, do Nascimento GC. Common positioning errors in panoramic radiography: A review. *Imaging Sci Dent* 2014; **44**(1): 1-6.
18. Pasler F. Zahnärztliche Radiologie. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag; 2008.
19. Düker J. Panoramavergrößerungsverfahren. Röntgendiagnostik mit der Panoramaschichtaufnahme. 2., überarbeitete Auflage ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2000.
20. Haßfeld S, Rother U. Röntgendiagnostik in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. *Der MKG-Chirurg* 2008; **1**(2): 137-47.
21. Gutwald E, Gellrich N-C, Schmelzeisen E. Zahnärztliche Chirurgie und Implantologie. Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag GmbH; 2010.
22. Klenke D, Santander P, Vehring C, Quast A, Sommerlath Sohns J, Krohn S, Meyer-Marcotty P. Prevalence of incidental findings in adult vs. adolescent patients in the course of

- orthodontic X-ray diagnostics. *Journal of Orofacial Orthopedics / Fortschritte der Kieferorthopädie* 2022; **84**(5): 298-310.
23. Zöller JE, Neugebauer J. Digitale Volumentomografie in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Grundlagen, Diagnostik und Therapieplanung Berlin: Quintessenz (Verlag) 2013.
 24. Düker J. Panoramaschichtverfahren. Röntgendiagnostik mit der Panoramaschichtaufnahme. 2. überarbeitete Auflage ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2000.
 25. Yesiltepe S, Kılıcı G. Evaluation the relationship between the position and impaction level of the impacted maxillary third molar teeth and marginal bone loss, caries and resorption findings of the second molar teeth with CBCT scans. *Oral Radiol* 2022; **38**(2): 269-77.
 26. Scarfe WC, Farman AG. What is Cone-Beam CT and How Does it Work? *Dental Clinics of North America* 2008; **52**(4): 707-30.
 27. Mischkowski RA, Pulsfort R, Ritter L, Neugebauer J, Brochhagen HG, Keeve E, Zöller JE. Geometric accuracy of a newly developed cone-beam device for maxillofacial imaging. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007; **104**(4): 551-9.
 28. Pauwels R, Araki K, Siewerdsen JH, Thongvigitmanee SS. Technical aspects of dental CBCT: state of the art. *Dentomaxillofac Radiol* 2015; **44**(1): 20140224.
 29. Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc* 2006; **72**(1): 75-80.
 30. Baba R, Ueda K, Okabe M. Using a flat-panel detector in high resolution cone beam CT for dental imaging. *Dentomaxillofac Radiol* 2004; **33**(5): 285-90.
 31. Baba R, Konno Y, Ueda K, Ikeda S. Comparison of flat-panel detector and image-intensifier detector for cone-beam CT. *Computerized Medical Imaging and Graphics* 2002; **26**(3): 153-8.
 32. Hoffmann K. Cone-Beam-Tomografie mit FPD: Funktionsweise und Anwendungen. *Digital Dental News* 2008; **2**: 23-4.
 33. Liebing A. Computertomografie – Teil 1: Aufbau, Technik, Bildentstehung. *Computertomography – Part 1* 2013; **06**(01): 9-21.
 34. Bundesärztekammer. Leitlinie der Bundesärztekammer zur Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik. In: Bundeszahnärztekammer, editor.: Bundesärztekammer; 2022.
 35. Mayor A. Artefakte in der Computertomografie - Artifacts in Computed Tomography. *Radiopraxis* 2015; **8**: 145-60.
 36. Dixon AK, Dendy P. Spiral CT: how much does radiation dose matter? *The Lancet* 1998; **352**(9134): 1082-3.
 37. Robb RA. X-ray computed tomography: from basic principles to applications. *Annu Rev Biophys Bioeng* 1982; **11**: 177-201.
 38. Sarica I, Derindag G, Kurtuldu E, Naralan ME, Caglayan F. A retrospective study: Do all impacted teeth cause pathology? *Niger J Clin Pract* 2019; **22**(4): 527-33.
 39. Moreira-Souza L, Butini Oliveira L, Gaêta-Araujo H, Almeida-Marques M, Asprino L, Oenning AC. Comparison of CBCT and panoramic radiography for the assessment of bone loss and root resorption on the second molar associated with third molar impaction: a systematic review. *Dentomaxillofac Radiol* 2022; **51**(3): 20210217.
 40. Matzen LH, Petersen LB, Wenzel A. Radiographic methods used before removal of mandibular third molars among randomly selected general dental clinics. *Dentomaxillofac Radiol* 2016; **45**(4): 20150226.
 41. Li D, Tao Y, Cui M, Zhang W, Zhang X, Hu X. External root resorption in maxillary and mandibular second molars associated with impacted third molars: a cone-beam computed tomographic study. *Clin Oral Investig* 2019 Dec; **23**: 4195-203.
 42. Tassoker M. What Are the Risk Factors for External Root Resorption of Second Molars Associated With Impacted Third Molars? A Cone-Beam Computed Tomography Study. *J Oral Maxillofac Surg* 2019; **77**(1): 11-7.
 43. Matzen LH, Berkhout E. Cone beam CT imaging of the mandibular third molar: a position paper prepared by the European Academy of DentoMaxilloFacial Radiology (EADMFR). *Dentomaxillofac Radiol* 2019; **48**(5): 20190039.

44. Choi J. Risk factors for external root resorption of maxillary second molars associated with third molars. *Imaging Sci Dent* 2022; **52**(3): 289-94.
45. Wang D, He X, Wang Y, Li Z, Zhu Y, Sun C, Ye J, Jiang H, Cheng J. External root resorption of the second molar associated with mesially and horizontally impacted mandibular third molar: evidence from cone beam computed tomography. *Clin Oral Investig* 2017; **21**(4): 1335-42.
46. Oenning AC, Neves FS, Alencar PN, Prado RF, Groppo FC, Haiter-Neto F. External root resorption of the second molar associated with third molar impaction: comparison of panoramic radiography and cone beam computed tomography. *J Oral Maxillofac Surg* 2014; **72**(8): 1444-55.
47. Keskin Tunç S, Koc A. Evaluation of Risk Factors for External Root Resorption and Dental Caries of Second Molars Associated With Impacted Third Molars. *J Oral Maxillofac Surg* 2020; **78**(9): 1467-77.
48. Bundeszahnärztekammer. Verantwortlichkeit für Betrieb, technische Durchführung und Befundung beim DVT. 2010.
49. Strahlenschutzkommission. Anforderungen an die Strahlenschutz-Fachkunden in der Medizin für Ärzte - Erläuterungen zur Sachkunde Empfehlung der Strahlenschutzkommission. Strahlenschutzkommission; 2011.
50. Ludlow JB, Ivanovic 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**(1): 106-14.
51. Fuhrmann A, Schulze D, Rother U, Vesper M. Digital transversal slice imaging in dental-maxillofacial radiology: from pantomography to digital volume tomography. *Int J Comput Dent* 2003; **6**(2): 129-40.
52. Kau CH, Richmond S, Palomo JM, Hans MG. Three-dimensional cone beam computerized tomography in orthodontics. *J Orthod* 2005; **32**(4): 282-93.
53. BfS. Ionisierende Strahlung. Bundesamt für Strahlenschutz; 2018.
54. BfS. Strahlenschutzverordnung: Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung §119 Absatz 1-3, Teil 2, Kapitel 2, Abschnitt 8, Unterabschnitt 2 - Anforderungen im Zusammenhang am Menschen
. Bundesamt für Strahlenschutz; 2018.
55. BfS. Strahlenschutzgesetz §83 Anwendung ionisierender Strahlung oder radioaktiver Stoffe am Menschen
Absatz 3. Bundesamt für Strahlenschutz; 2024.
56. BfS. Strahlenschutzgesetz §83 Anwendung ionisierender Strahlung oder radioaktiver Stoffe am Menschen
Absatz 5. Bundesamt für Strahlenschutz; 2024.
57. Al-Zoubi H, Alharbi AA, Ferguson DJ, Zafar MS. Frequency of impacted teeth and categorization of impacted canines: A retrospective radiographic study using orthopantomograms. *Eur J Dent* 2017; **11**(1): 117-21.
58. Li D, Tao Y, Cui M, Zhang W, Zhang X, Hu X. External root resorption in maxillary and mandibular second molars associated with impacted third molars: a cone-beam computed tomographic study. *Clin Oral Investig* 2019; **23**(12): 4195-203.
59. Patel S, Dawood A, Wilson R, Horner K, Mannocci F. The detection and management of root resorption lesions using intraoral radiography and cone beam computed tomography – an in vivo investigation. *International endodontic Journal* 2009; **42**: 831–8.
60. Nitzan D, Keren T, Marmary Y. Does an impacted tooth cause root resorption of the adjacent one? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1981; **51**(3): 221-4.
61. Massler M, Malone AJ. Root resorption in human permanent teeth: A roentgenographic study. *American Journal of Orthodontics* 1954; **40**(8): 619-33.
62. Sakhdari S, Farahani S, Asnaashari E, Marjani S. Frequency and Severity of Second Molar External Root Resorption Due to the Adjacent Third Molar and Related Factors: A Cone-Beam Computed Tomography Study. *Front Dent* 2021; **18**: 36.
63. Fuss Z, Tsesis I, Lin S. Root resorption--diagnosis, classification and treatment choices based on stimulation factors. *Dent Traumatol* 2003 Aug.

64. Prof. Dr. Dr. Michael Krimmel PDDHP. S2k-Leitlinie Leitlinie odontogene Sinusitis maxillaris – Langfassung. *Deutsche Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie* 2019.
65. Toedtling V, Devlin H, O'Malley L, Tickle M. A systematic review of second molar distal surface caries incidence in the context of third molar absence and emergence. *British Dental Journal* 2020; **228**(4).
66. Wolf HF, Rateitschak E, Rateitschak KH. Farbatlanten der Zahnmedizin 1 Parodontologie. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag; 2004.
67. McArdle LW, Renton TF. Distal cervical caries in the mandibular second molar: An indication for the prophylactic removal of the third molar? *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 2006; **44**(1): 42-5.
68. Kang F, Huang C, Sah MK, Jiang B. Effect of Eruption Status of the Mandibular Third Molar on Distal Caries in the Adjacent Second Molar. *J Oral Maxillofac Surg* 2016; **74**(4): 684-92.
69. Ozeç I, Hergüner Siso S, Taşdemir U, Ezirganli S, Göktolga G. Prevalence and factors affecting the formation of second molar distal caries in a Turkish population. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2009; **38**(12): 1279-82.
70. Dentsply-Sirona. GALILEOS Comfort Plus: Gebrauchsanweisung - technische Daten. Bensheim: Firma Sirona Dental System GmbH; 2020.
71. Jacobs R, Salmon B, Codari M, Hassan B, Bornstein MM. Cone beam computed tomography in implant dentistry: recommendations for clinical use. *BMC Oral Health* 2018; **18**(1): 88.
72. Rozema R, Moumni ME, de Vries GT, Spijkervet FKL, Verbeek R, Kleinbergen JYJ, Bens BWJ, Doff MHJ, van Minnen B. A clinical decision aid for patients with suspected midfacial and mandibular fractures (the REDUCTION-I study): a prospective multicentre cohort study. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2022; **48**(5): 4243-54.
73. Flygare L, Ohman A. Preoperative imaging procedures for lower wisdom teeth removal. *Clin Oral Investig* 2008; **12**(4): 291-302.
74. Kunkel M, Fritz U, Pistner H, Terheyden H, Müller-Richter U, Strietzel FP, Bornes G, Frank M, Beck J, Werkmeister R, Weingart D. S2k-Leitlinie (Langversion) Operative Entfernung von Weisheitszähnen. *AWMF online - Das Portal der wissenschaftlichen Medizin* 2019.
75. Kanneth S, Vinod VS, Mani V, George A, Thomas A. Assessment of Mandibular Canal Using Cone-Beam Computed Tomography (CBCT) and Its Relevance in Post-Operative Neurosensory Disturbances Following Bilateral Sagittal Split Osteotomy Setback. *Cureus* 2023; **15**(3): e36004.
76. Fragiskos FD. Oral Surgery. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag 2007.
77. Pell G GG. Impacted mandibular third molars - classification and modified technique for removal. *Dent Dig* 1933; **39**:330-338.
78. Lim AA, Wong CW, Allen JC, Jr. Maxillary third molar: patterns of impaction and their relation to oroantral perforation. *J Oral Maxillofac Surg* 2012; **70**(5): 1035-9.
79. Leone SA, Edenfield MJ, Cohen ME. Correlation of acute pericoronitis and the position of the mandibular third molar. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1986; **62**(3): 245-50.
80. Al-Khateeb TH, Bataineh AB. Pathology associated with impacted mandibular third molars in a group of Jordanians. *J Oral Maxillofac Surg* 2006; **64**(11): 1598-602.
81. Ericson S, Bjerklín K, Falahat B. Does the canine dental follicle cause resorption of permanent incisor roots? A computed tomographic study of erupting maxillary canines. *Angle Orthod* 2002 Apr.
82. Ericson S, Kurol J. Incisor root resorptions due to ectopic maxillary canines imaged by computerized tomography: a comparative study in extracted teeth. *Angle Orthod* 2000; **70**(4): 276-83.
83. Soviero VM, Leal SC, Silva RC, Azevedo RB. Validity of MicroCT for in vitro detection of proximal carious lesions in primary molars. *J Dent* 2012; **40**(1): 35-40.
84. Pitts NB, Ekstrand KR. International Caries Detection and Assessment System (ICDAS) and its International Caries Classification and Management System (ICCMS) - methods for

staging of the caries process and enabling dentists to manage caries. *Community Dent Oral Epidemiol* 2013; **41**(1): e41-52.

85. Ismail AI, Sohn W, Tellez M, Amaya A, Sen A, Hasson H, Pitts NB. The International Caries Detection and Assessment System (ICDAS): an integrated system for measuring dental caries. *Community Dent Oral Epidemiol* 2007; **35**(3): 170-8.

86. Hounsborne J, Pilkington G, Mahon J, Boland A, Beale S, Kotas E, Renton T, Dickson R. Prophylactic removal of impacted mandibular third molars: a systematic review and economic evaluation. *Health Technol Assess* 2020; **24**(30): 1-116.

87. Polat HB, Ozan F, Kara I, Ozdemir H, Ay S. Prevalence of commonly found pathoses associated with mandibular impacted third molars based on panoramic radiographs in Turkish population. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008; **105**(6): e41-7.

88. Bataineh AB, Albashaireh ZS, Hazza'a AM. The surgical removal of mandibular third molars: a study in decision making. *Quintessence Int* 2002; **33**(8): 613-7.

89. Miclotte A, Grommen B, Cadenas de Llano-Pérula M, Verdonck A, Jacobs R, Willems G. The effect of first and second premolar extractions on third molars: A retrospective longitudinal study. *J Dent* 2017; **61**: 55-66.

90. Dodson TB, Susarla SM. Impacted wisdom teeth. *BMJ Clin Evid* 2014; **2014**.

91. Yamaoka M, Furusawa K, Ikeda M, Hasegawa T. Root resorption of mandibular second molar teeth associated with the presence of the third molars. *Aust Dent J* 1999; **44**(2): 112-6.

92. van der Linden W, Cleaton-Jones P, Lownie M. Diseases and lesions associated with third molars. Review of 1001 cases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1995; **79**(2): 142-5.

93. Shiller WR. Positional changes in mesio-angular impacted mandibular third molars during a year. *J Am Dent Assoc* 1979; **99**(3): 460-4.

94. Louise Hermann AW, Lars Schropp and Louise Hauge Matzen. Impact of CBCT on treatment decision related to surgical removal of impacted maxillary third molars: does CBCT change the surgical approach? *DentoMaxilloFacial Radiology* 2019.

95. Vaz de Souza D, Schirru E, Mannocci F, Foschi F, Patel S. External Cervical Resorption: A Comparison of the Diagnostic Efficacy Using 2 Different Cone-beam Computed Tomographic Units and Periapical Radiographs. *J Endod* 2017; **43**(1): 121-5.

96. Sokolova, II, German SI, Tomilina TV, Slynko YO, Potapchuk AM, Skydan KV, Udovychenko NM. Possibilities of modern x-ray examination methods for diagnostics of hidden dental caries of approximal localization. *Wiad Lek* 2019; **72**(7): 1258-64.

97. De Vos W, Casselman J, Swennen GR. Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: a systematic review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2009; **38**(6): 609-25.

98. Yi J, Sun Y, Li Y, Li C, Li X, Zhao Z. Cone-beam computed tomography versus periapical radiograph for diagnosing external root resorption: A systematic review and meta-analysis. *Angle Orthod* 2017; **87**(2): 328-37.

99. Mutebi AK, Kamulegeya A, Nabaggala G, Mwesigwa CL. Determination of age reference standards based on mandibular third molar root development in a Ugandan population aged 10-22 years. *Egypt J Forensic Sci* 2022; **12**(1): 56.

100. Jung YH, Cho BH. Radiographic evaluation of third molar development in 6- to 24-year-olds. *Imaging Sci Dent* 2014; **44**(3): 185-91.

101. Amila B. Impacted Teeth and Their Influence on the Caries Lesion Development. In: Ming-yu L, ed. Contemporary Approach to Dental Caries. Rijeka: IntechOpen; 2012: Ch. 3.

102. Bjørndal L, Simon S, Tomson PL, Duncan HF. Management of deep caries and the exposed pulp. *Int Endod J* 2019; **52**(7): 949-73.

103. Akarslan ZZ, Kocabay C. Assessment of the associated symptoms, pathologies, positions and angulations of bilateral occurring mandibular third molars: is there any similarity? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009; **108**(3): e26-32.

104. Sheikh MA, Riaz M, Shafiq S. Incidence of distal caries in mandibular second molars due to impacted third molars — A clinical & radiographic study. *Pakistan Oral & Dental Journal* 2012; **32**(3).

105. Altan A, Akbulut N. Does the Angulation of an Impacted Mandibular third Molar Affect the Prevalence of Preoperative Pathoses? *J Dent (Shiraz)* 2019; **20**(1): 48-52.

106. Claudia A, Barbu HM, Adi L, Gultekin A, Reiser V, Gultekin P, Mijiritsky E. Relationship Between Third Mandibular Molar Angulation and Distal Cervical Caries in the Second Molar. *J Craniofac Surg* 2018; **29**(8): 2267-71.
107. Suter VGA, Rivola M, Schriber M, Leung YY, Bornstein MM. Risk factors for root resorption of second molars associated with impacted mandibular third molars. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2019; **48**(6): 801-9.
108. Steffens JP, Coimbra LS, Rossa C, Jr., Kantarci A, Van Dyke TE, Spolidorio LC. Androgen receptors and experimental bone loss - an in vivo and in vitro study. *Bone* 2015; **81**: 683-90.
109. Matsumoto C, Inada M, Toda K, Miyaura C. Estrogen and androgen play distinct roles in bone turnover in male mice before and after reaching sexual maturity. *Bone* 2006; **38**(2): 220-6.
110. Benenati FW. Root resorption: types and treatment. *Gen Dent* 1997; **45**(1): 42-5.
111. Larson TD. Causes and treatment of root resorption. *Northwest Dent* 2010; **89**(3): 45-7.
112. Stervik C, Lith A, Westerlund A, Ekestubbe A. Choice of radiography in orthodontic treatment on children and adolescents: A questionnaire-based study performed in Sweden. *Eur J Oral Sci* 2021; **129**(4): e12796.
113. Hermann L, Wenzel A, Schropp L, Matzen LH. Marginal bone loss and resorption of second molars related to maxillary third molars in panoramic images compared with CBCT. *Dentomaxillofac Radiol* 2019; **48**(4): 20180313.
114. Matzen LH, Schropp L, Spin-Neto R, Wenzel A. Radiographic signs of pathology determining removal of an impacted mandibular third molar assessed in a panoramic image or CBCT. *Dentomaxillofac Radiol* 2017; **46**(1): 20160330.
115. Knutsson K, Brehmer B, Lysell L, Rohlin M. Pathoses associated with mandibular third molars subjected to removal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1996; **82**(1): 10-7.
116. Oenning AC, Melo SL, Groppo FC, Haiter-Neto F. Mesial inclination of impacted third molars and its propensity to stimulate external root resorption in second molars--a cone-beam computed tomographic evaluation. *J Oral Maxillofac Surg* 2015; **73**(3): 379-86.
117. Caymaz MG, Buhara O. Association of Oral Hygiene and Periodontal Health with Third Molar Pericoronitis: A Cross-Sectional Study. *Biomed Res Int* 2021; **2021**: 6664434.
118. Wang L, Cheng L, Yuan B, Hong X, Hu T. Association between socio-economic status and dental caries in elderly people in Sichuan Province, China: a cross-sectional study. *BMJ Open* 2017; **7**(9): e016557.
119. Ghasemianpour M, Bakhshandeh S, Shirvani A, Emadi N, Samadzadeh H, Moosavi Fatemi N, Ghasemian A. Dental caries experience and socio-economic status among Iranian children: a multilevel analysis. *BMC Public Health* 2019; **19**(1): 1569.

7. Anhang

7.1. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Bewegungsablauf einer Panoramaschichtaufnahme ¹⁸	12
Abb. 2: Vergleich der Detektoren ³¹	14
Abb. 3: Funktionsweise von Mehrzeilengeräten (MDCT) ³⁶	15
Abb. 4: Quellen von Strahlenexposition bei Menschen ⁵⁴	18
Abb. 5: Klassifikation nach Archer, adaptiert nach Fragiskos ⁷⁶	25
Abb. 6: Ermittlung Angulationswinkel sagittal – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung).....	25
Abb. 7: Ermittlung Angulationswinkel transversal - Bestimmung Angulationswinkel 7er (Quelle: Screenshot während Befundung).....	26
Abb. 8: Ermittlung Angulationswinkel transversal - Reproduktion Angulation 7er auf 8er zu dessen Angulationswinkelbestimmung (Quelle: Screenshot während Befundung)	27
Abb. 9: Ermittlung Retentionstiefe nach Pell und Gregory – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung).....	27
Abb. 10: Bestimmung Abstand SZG ohne Rotation der Sagittalebene – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung).....	28
Abb. 11: Bestimmung Abstand SZG, Rotation der Sagittalebene cw – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung).....	29
Abb. 12: Bestimmung Abstand SZG, Rotation der Sagittalebene ccw – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung).....	29
Abb. 13: Bestimmung Lage des Kontaktpunktes – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung).....	30
Abb. 14: Bestimmung Wurzelresorption Grad 1, horizontales Schnittbild – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung).....	31
Abb. 15: Bestimmung Wurzelresorption Grad 1, sagittales Schnittbild – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung).....	31
Abb. 16: Bestimmung Wurzelresorption Grad 2, horizontales Schnittbild – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung).....	32
Abb. 17: Bestimmung Wurzelresorption Grad 2, sagittales Schnittbild – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung).....	32
Abb. 18: Bestimmung Wurzelresorption Grad 3, horizontales Schnittbild – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung).....	33
Abb. 19: Bestimmung Wurzelresorption Grad 3, sagittales Schnittbild – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung).....	33

Abb. 20: Bestimmung Karies Grad 1, horizontales Schnittbild – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung).....	34
Abb. 21: Bestimmung Karies Grad 1, sagittales Schnittbild – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung).....	34
Abb. 22: Bestimmung Karies Grad 2, horizontales Schnittbild – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung).....	35
Abb. 23: Bestimmung Karies Grad 2, sagittales Schnittbild – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung).....	35
Abb. 24: Bestimmung Karies Grad 3, horizontales Schnittbild – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung).....	36
Abb. 25: Bestimmung Karies Grad 3, sagittales Schnittbild – Beispiel (Quelle: Screenshot während Befundung).....	36
Abb. 26: Patientengut, Häufigkeit bezogen auf Alter	38
Abb. 27: Boxplot für Alter	38
Abb. 28: Patientengut. Häufigkeit bezogen auf Geschlecht.....	40
Abb. 29: Rechtfertigende Indikationen und deren Häufigkeitsverteilung	41
Abb. 30: Häufigkeit gegenüber Schmelz-Zement-Grenzen Abstand	42
Abb. 31: Boxplot Abstand Schmelz-Zement-Grenze.....	43
Abb. 32: Häufigkeit gegenüber Lage Kontaktpunkt zur Schmelz-Zement-Grenze	43
Abb. 33: Häufigkeit bezogen auf Schweregrad Karies.....	44
Abb. 34: Häufigkeit bezogen auf Schweregrad Karies - rechts.....	45
Abb. 35: Häufigkeit bezogen auf Schweregrad Karies – links	46
Abb. 36: Häufigkeit Karies gegenüber Alter	47
Abb. 37: Häufigkeit Karies gegenüber Alter und Geschlecht – männlich.....	48
Abb. 38: Häufigkeit Karies gegenüber Alter und Geschlecht - weiblich	49
Abb. 39: Häufigkeit Schweregrad Karies gegenüber Angulationswinkel - sagittal	50
Abb. 40: Häufigkeit Schweregrad Karies gegenüber Angulationswinkel – transversal	52
Abb. 41: Häufigkeit Schweregrad Karies gegenüber Retentionstiefe	54
Abb. 42: Häufigkeit Schweregrad Karies gegenüber Abstand Schmelz-Zement-Grenze	55
Abb. 43: Häufigkeit Schweregrad Karies gegenüber Kontaktpunkt Schmelz-Zement-Grenze	57
Abb. 44: Häufigkeit bezogen auf Schweregrad Wurzelresorption – insgesamt	59
Abb. 45: Häufigkeit bezogen auf Schweregrad Wurzelresorption – rechts insgesamt	60
Abb. 46: Häufigkeit bezogen auf Schweregrad Wurzelresorption – links insgesamt	61
Abb. 47: Wurzelresorption bezogen auf Alter.....	62
Abb. 48: Häufigkeit Schweregrad Wurzelresorption gegen Alter und Geschlecht – männlich	64

Abb. 49: Häufigkeit Schweregrad Wurzelresorption gegen Alter und Geschlecht – weiblich	65
Abb. 50: Schweregrad Wurzelresorption bezogen auf Angulationswinkel - sagittal	66
Abb. 51: Häufigkeit Schweregrad Wurzelresorption bezogen auf Angulationswinkel - transversal	68
Abb. 52: Häufigkeit Schweregrad Wurzelresorption bezogen auf Retentionstiefe	69
Abb. 53: Häufigkeit Schweregrad Wurzelresorption bezogen auf Abstand Schmelz-Zement-Grenze	71
Abb. 54: Häufigkeit Schweregrad Wurzelresorption bezogen auf Kontaktpunkt Schmelz-Zement-Grenze	73

7.2. Tabellenverzeichnis

Tbl. 1: Zuordnung der Neigungsbezeichnung zum jeweiligen Winkel-Intervall	25
Tbl. 2: Chi-Quadrat-Test Altersverteilung	39
Tbl. 3: Qui-Quadrat Test Geschlechtsverteilung	40
Tbl. 4: Chi-Quadrat-Test Indikationsverteilung	41
Tbl. 5: Statistische Tests Häufigkeit Karies gegenüber Alter	48
Tbl. 6: Statistische Tests Häufigkeit Karies gegen saggitale Angulationswinkel	51
Tbl. 7: Statistische Tests Häufigkeit gegenüber transversalem Angulationswinkel	53
Tbl. 8: Statistische Tests Häufigkeit Karies gegenüber Retentionstiefe	55
Tbl. 9: Statistische Tests Häufigkeit Karies gegenüber Abstand SZG	56
Tbl. 10: Statistische Tests Häufigkeit Karies gegenüber Kontaktpunkt SZG	58
Tbl. 11: Statistische Tests Häufigkeit Wurzelresorption gegenüber Alter	63
Tbl. 12: Wurzelresorption gegen Alter	63
Tbl. 13: Statistische Test Häufigkeit Wurzelresorption gegenüber sagittalem Angulationswinkel	67
Tbl. 14: Statistische Tests Häufigkeit Wurzelresorption gegenüber transversalem Angulationswinkel	69
Tbl. 15: Statistische Tests Häufigkeit Wurzelresorption gegenüber Retentionstiefe	70
Tbl. 16: Statistische Tests Häufigkeit Wurzelresorption gegenüber Abstand SZG	72
Tbl. 17: Statistische Tests Häufigkeit Wurzelresorption gegenüber Kontaktpunkt	74

7.4. Statistische Tabellen – Datengrundlage

Auswertung Häufigkeit Geschlecht

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Männlich	173	56,0	56,0	56,0
Weiblich	131	42,4	42,4	98,4
Divers	5	1,6	1,6	100,00
Gesamt	309	100,0	100,0	

Auswertung Häufigkeit Indikationen

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Postop Kontrolle	40	12,9	12,9	12,9
Kieferhöhle	3	1,0	1,0	13,9
Zahnlage	38	12,3	12,3	26,2
Planung	90	29,1	29,1	55,3
Neoplasie	57	18,4	18,4	73,8
Entwicklung	1	0,3	0,3	74,1
Fokussuche	15	4,9	4,9	79,0
Frakturverdacht	15	4,9	4,9	79,0
Sonstiges	21	6,8	6,8	100,0
Gesamt	309	100,0	100,0	

Auswertung Häufigkeit Auswertbarkeit rechts und links getrennt

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Auswertbar rechts	200	64,7	64,7	64,7
Nicht auswertbar rechts	109	35,3	35,3	100,0
Gesamt	309	100,0	100,0	

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Auswertbar links	204	66,0	66,0	66,0
Nicht auswertbar links	205	34,0	34,0	100,0
Gesamt	309	100,0	100,0	

Auswertung Häufigkeit Kontaktpunkt gegenüber Schmelzzementgrenze

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Kaudal	126	20,4	31,8	31,8
Auf	40	6,5	10,1	41,9
Kranial	230	37,2	58,1	100,0
Davon Gesamt	396	64,1	100,0	
Fehlend	222	35,9		
Gesamt	618	100,0		

Auswertung Häufigkeit von Karies - insgesamt

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Keine Karies	358	57,9	90,9	90,9
Mild	12	1,9	3,0	93,9
Moderat	19	3,1	4,8	98,7
Schwer	5	0,8	1,3	100,0
Davon Gesamt	394	63,8	100,0	
Fehlend	224	36,2		
Gesamt	618	100,0		

Auswertung Häufigkeit von Karies – rechts

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Keine Karies	179	57,9	92,3	92,3
Mild	2	0,6	1,0	93,3
Moderat	10	3,2	5,2	98,5
Schwer	3	1,0	1,5	100,0
Davon Gesamt	194	62,8	100,0	
Fehlend	115	37,2		
Gesamt	309	100,0		

Auswertung Häufigkeit von Karies – rechts

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Keine Karies	179	57,9	89,5	89,5
Mild	10	3,2	5,0	94,5
Moderat	9	2,9	4,5	99,0
Schwer	2	0,6	1,0	100,0
Davon Gesamt	200	64,7	100,0	
Fehlend	109	35,3		
Gesamt	309	100,0		

Auswertung Häufigkeit Karies in Bezug auf das Alter und Geschlecht

Alter [J]		Keine Karies	Milde Karies	Moderate Karies	Schwere Karies	Gesamt
8 bis 18	Anzahl	109	2	3	0	114
	% Alter	95,6	1,8	2,6	0,0	100
>18 bis 25	Anzahl	105	8	5	0	118
	% Alter	89,0	6,8	4,2	0,0	100
>25 bis 38	Anzahl	97	2	6	2	107
	% Alter	90,7	1,9	5,6	1,9	100,0
>38 bis 89	Anzahl	47	0	5	3	55
	% Alter	85,5	0,0	9,1	5,5	100,0
Gesamt	Anzahl	358	12	19	5	394
	% Alter	90,0	3,0	4,8	1,3	100,0

Auswertung Häufigkeit Karies in Bezug auf das Alter und männliches Geschlecht

Alter [J]		Keine Karies	Milde Karies	Moderate Karies	Schwere Karies	Gesamt
8 bis 18	Anzahl	51	2	3	0	56
	% Alter	91,1	3,6	5,4	0,0	100,0
>18 bis 25	Anzahl	60	4	2	0	66
	% Alter	90,9	6,1	3,0	0,0	100,0
>25 bis 38	Anzahl	59	1	5	2	67
	% Alter	88,1	1,5	7,5	3,0	100,0
>38 bis 89	Anzahl	26	0	4	3	33
	% Alter	78,8	0,0	12,1	9,1	100,0
Gesamt	Anzahl	196	7	14	5	222
	% Alter	88,3	3,2	6,3	2,3	100,0

Auswertung Häufigkeit Karies in Bezug auf das Alter und weibliche Geschlecht

Alter [J]		Keine Karies	Milde Karies	Moderate Karies	Schwere Karies	Gesamt
8 bis 18	Anzahl	55	0	0	0	55
	% Alter	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0
>18 bis 25	Anzahl	43	4	3	0	50
	% Alter	86,0	8,0	6,0	0,0	100,0
>25 bis 38	Anzahl	38	1	1	0	40
	% Alter	95,0	2,5	2,5	0,0	100,0
>38 bis 89	Anzahl	20	0	1	0	21
	% Alter	95,2	0,0	4,8	0,0	100,0
Gesamt	Anzahl	156	5	5	0	166
	% Alter	94,0	3,0	3,0	0,0	100,0

Auswertung Häufigkeit Karies bezogen auf Angulationswinkel - sagittal

Angulationswinkel sagittal		Keine Karies	Milde Karies	Moderate Karies	Schwere Karies	Gesamt
Mesial	Anzahl	88	6	7	1	102
	% Winkel	86,3	5,9	6,9	1,0	100,0
	% von gesamt					25,9
Distal	Anzahl	84	1	4	1	90
	% Winkel	93,3	1,1	4,4	1,1	100,0
	% von gesamt					22,8
Vertikal	Anzahl	183	5	8	3	199
	% Winkel	92,0	2,5	4,0	1,5	100,0
	% von gesamt					50,5
Horizontal	Anzahl	3	0	0	0	3
	% Winkel	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0
	% von gesamt					0,8
Gesamt	Anzahl	358	12	19	5	394
	% Winkel	90,9	3,0	4,8	1,3	100,0
	% von gesamt					100,0

Auswertung Häufigkeit Karies bezogen auf Angulationswinkel -transversal

Angulationswinkel sagittal		Keine Karies	Milde Karies	Moderate Karies	Schwere Karies	Gesamt
Keine Abweichung	Anzahl	196	9	17	5	227
	% Winkel	86,3	4,0	7,5	2,2	100,0
	% von gesamt					57,6
Bukkal	Anzahl	77	1	2	0	80
	% Winkel	96,3	1,3	2,5	0,0	100,0
	% von gesamt					20,3
Palatinal	Anzahl	85	2	0	0	87
	% Winkel	97,7	2,3	0,0	0,0	100
	% von gesamt					22,1
Gesamt	Anzahl	358	12	19	5	394
	% Winkel	90,9	3,0	4,8	1,3	100,0
	% von gesamt					100,0

Auswertung Häufigkeit Karies bezogen auf die Retentionstiefe

Retentionstiefe		Keine Karies	Milde Karies	Moderate Karies	Schwere Karies	Gesamt
Klasse A	Anzahl	112	1	14	3	130
	% Retentionstiefe	86,2	0,8	10,8	2,3	100,0
	% von gesamt					33,0
Klasse B	Anzahl	32	6	1	2	41
	% Retentionstiefe	78,0	14,6	2,4	4,9	100,0
	% von gesamt					10,4
Klasse C	Anzahl	214	5	4	0	223
	% Retentionstiefe	96,0	2,2	1,8	0,0	100,0
	% von gesamt					56,6
Gesamt	Anzahl	358	12	19	5	394
	% Retentionstiefe	90,9	3,0	4,8	1,3	100,0
	% von gesamt					100,0

Auswertung Häufigkeit Karies bezogen auf den Abstand der Schmelz-Zement-Grenzen

Abstand der SZG [mm]		Keine Karies	Milde Karies	Moderate Karies	Schwere Karies	Gesamt
0,2-1,7	Anzahl	87	1	9	1	98
	% SZG-Abstand	88,8	1,0	9,2	1,0	100,0
	% von gesamt					25,1
>1,7-6,1	Anzahl	78	9	9	2	98
	% SZG-Abstand	79,6	9,2	9,2	2,0	100,0
	% von gesamt					25,1
>6,1-8,3	Anzahl	94	2	1	0	97
	% SZG-Abstand	96,9	2,1	1,0	0,0	100,0
	% von gesamt					24,8
>8,3-18,0	Anzahl	98	0	0	0	98
	% SZG-Abstand	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0
	% von gesamt					25,1
Gesamt	Anzahl	357	12	19	3	391
	% SZG-Abstand	91,3	3,1	4,9	0,8	100,0
	% von gesamt					100,0

Auswertung Häufigkeit Karies bezogen auf den Kontaktpunkt zur Schmelz-Zement-Grenze

Kontaktpunkt zur SZG		Keine Karies	Milde Karies	Moderate Karies	Schwere Karies	Gesamt
Kaudal	Anzahl	106	1	15	3	125
	% Kontaktpunkt	84,8	0,8	12,0	2,4	100,0
	% von gesamt					31,7
Auf	Anzahl	30	6	2	2	40
	% Kontaktpunkt	75,0	15,0	5,0	5,0	100,0
	% von gesamt					10,2
Kranial	Anzahl	222	5	2	0	229
	% Kontaktpunkt	96,9	2,2	0,9	0,0	100,0
	% von gesamt					58,1
Gesamt	Anzahl	358	12	19	5	394
	% Kontaktpunkt	90,9	3,0	4,8	1,3	100,0
	% von gesamt					100,0

Auswertung Häufigkeit von externer Wurzelresorption - insgesamt

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Keine Wurzelresorption	296	47,9	75,3	75,3
Leichte	58	9,4	14,8	90,1
Mittlere	25	4,0	6,4	96,4
Schwere	14	2,3	3,6	100,0
Davon Gesamt	393	63,6	100,0	
Fehlend	225	36,4		
Gesamt	618	100,0		

Auswertung Häufigkeit von externer Wurzelresorption - rechts

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Keine Wurzelresorption	141	45,6	72,7	72,7
Leichte	31	10,0	16,0	88,7
Mittlere	12	3,9	6,2	94,8
Schwere	10	3,2	5,2	100,0
Davon Gesamt	194	62,8	100,0	
Fehlend	115	37,2		
Gesamt	309	100,0		

Auswertung Häufigkeit von externer Wurzelresorption - links

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Keine Wurzelresorption	155	50,2	77,9	77,9
Leichte	27	8,7	13,6	91,5
Mittlere	13	4,2	6,5	98,0
Schwere	4	1,3	2,0	100,0
Davon Gesamt	199	64,4	100,0	
Fehlend	110	35,6		
Gesamt	309	100,0		

Auswertung Häufigkeit externe Wurzelresorption in Bezug auf das Alter und Geschlecht

Alter [J]		Intakte Wurzeloberfläche	Leichte Wurzelresorption	Mittlere Wurzelresorption	Schwere Wurzelresorption	Gesamt
8 bis 18	Anzahl	77	21	9	6	113
	%	68,1	18,6	8,0	5,3	100,0
	Alter					
>18 bis 25	Anzahl	89	20	7	2	118
	%	75,4	16,9	5,9	1,7	100,0
	Alter					
>25 bis 38	Anzahl	82	14	6	5	107
	%	76,6	13,1	5,6	4,7	100,0
	Alter					
>38 bis 89	Anzahl	48	3	3	1	55
	%	87,2	5,5	5,5	1,8	100,0
	Alter					
Gesamt	Anzahl	296	58	25	14	393
	%	75,3	14,8	6,4	3,6	100,0
	Alter					

Auswertung Häufigkeit externe Wurzelresorption in Bezug auf das Alter und männliches Geschlecht

Alter [J]		Intakte Wurzeloberfläche	Leichte Wurzelresorption	Mittlere Wurzelresorption	Schwere Wurzelresorption	Gesamt
8 bis 18	Anzahl	37	10	4	4	55
	%	67,3	18,2	7,3	7,3	100
	Alter					
>18 bis 25	Anzahl	53	10	3	0	66
	%	80,3	15,2	4,5	0,0	100,0
	Alter					
>25 bis 38	Anzahl	54	10	2	1	67
	%	80,6	14,9	3,0	1,5	100,0
	Alter					
>38 bis 89	Anzahl	31	1	1	0	33
	%	93,9	3,0	3,0	0,0	100,0
	Alter					
Gesamt	Anzahl	175	31	10	5	221
	%	79,2	14,0	4,5	2,3	100,0
	Alter					

Auswertung Häufigkeit externe Wurzelresorption in Bezug auf das Alter und weibliches Geschlecht

Alter [J]		Intakte Wurzeloberfläche	Leichte Wurzelresorption	Mittlere Wurzelresorption	Schwere Wurzelresorption	Gesamt
8 bis 18	Anzahl	37	11	5	2	55
	%	67,3	20,0	9,1	3,6	100,0
	Alter					
>18 bis 25	Anzahl	35	9	4	2	50
	%	70,0	18,0	8,0	4,0	100,0
	Alter					
>25 bis 38	Anzahl	28	4	4	4	40
	%	70,0	10,0	10,0	10,0	100,0
	Alter					
>38 bis 89	Anzahl	16	2	2	1	21
	%	76,2	9,5	9,5	4,8	100,0
	Alter					
Gesamt	Anzahl	116	26	15	9	166
	%	69,9	15,7	9,0	5,4	100,0
	Alter					

Auswertung Häufigkeit externe Wurzelresorption bezogen auf Angulationswinkel - sagittal

Angulationswinkel sagittal		Intakte Wurzeloberfläche	Leichte Wurzelresorption	Mittlere	Schwere	Gesamt
mesial	Anzahl	63	19	13	6	101
	% Winkel	62,4	18,8	12,9	5,9	100,0
	% von gesamt					25,7
distal	Anzahl	73	11	5	1	90
	% Winkel	81,1	12,2	5,6	1,1	100,0
	% von gesamt					22,9
vertikal	Anzahl	158	28	7	6	199
	% Winkel	79,4	14,1	3,5	3,0	100,0
	% von gesamt					50,6
horizontal	Anzahl	2	0	0	1	3
	% Winkel	66,7	0,0	0,0	33,3	100,0
	% von gesamt					0,8
Gesamt	Anzahl	296	58	25	14	393
	% Winkel	75,3	14,8	6,4	3,6	100,0
	% von gesamt					100,0

Auswertung Häufigkeit externe Wurzelresorption bezogen auf Angulationswinkel - transversal

Angulationswinkel sagittal		Intakte Wurzeloberfläche	Leichte Wurzelresorption	Mittlere	Schwere	Gesamt
Keine Abweichung	Anzahl	174	34	12	7	227
	% Winkel	76,7	15,0	5,3	3,1	100,0
	% von gesamt					57,8
Bukkal	Anzahl	61	11	4	4	80
	% Winkel	76,3	13,8	5,0	5,0	100,0
	% von gesamt					20,4
Palatinal	Anzahl	61	13	9	3	86
	% Winkel	70,9	15,1	10,5	3,5	100,0
	% von gesamt					21,9
Gesamt	Anzahl	296	58	25	14	393
	% Winkel	75,3	14,8	6,4	3,6	100,0
	% von gesamt					100,0

Auswertung Häufigkeit externe Wurzelresorption bezogen auf die Retentionstiefe

Retentionstiefe		Intakte Wurzeloberfläche	Leichte Wurzelresorption	Mittlere	Schwere	Gesamt
Klasse A	Anzahl	126	3	0	1	130
	% Retentionstiefe	96,9	2,3	0,0	0,8	100,0
	% von gesamt					33,1
Klasse B	Anzahl	30	7	3	1	41
	% Retentionstiefe	73,2	17,1	7,3	2,4	100,0
	% von gesamt					10,4
Klasse C	Anzahl	140	48	22	12	222
	% Retentionstiefe	63,1	21,6	9,9	5,4	100,0
	% von gesamt					56,5
Gesamt	Anzahl	269	58	25	14	393
	% Retentionstiefe	75,3	14,8	6,4	3,6	100,0
	% von gesamt					100,0

Auswertung Häufigkeit externe Wurzelresorption bezogen auf den Abstand der Schmelz-Zement-Grenzen

Abstand der SZG [mm]		Intakte Wurzeloberfläche	Leichte Wurzelresorption	Mittlere	Schwere	Gesamt
0,2-1,7	Anzahl	98	0	0	0	98
	% SZG-Abstand	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0
	% von gesamt					25,1
>1,7-6,1	Anzahl	79	13	4	1	97
	% SZG-Abstand	81,4	13,4	4,1	1,0	100,0
	% von gesamt					24,9
>6,1-8,3	Anzahl	63	24	9	1	97
	% SZG-Abstand	64,9	24,7	9,3	1,0	100,0
	% von gesamt					24,9
>8,3- 18,0	Anzahl	53	21	12	12	98
	% SZG-Abstand	54,1	21,4	12,2	12,2	100,0
	% von gesamt					24,1
Gesamt	Anzahl	293	58	25	14	390
	% SZG-Abstand	75,4	14,9	6,4	3,6	100,0
	% von gesamt					100,0

Auswertung Häufigkeit externe Wurzelresorption bezogen auf den Kontaktpunkt zur Schmelz-Zement-Grenze

Kontaktpunkt zur SZG		Intakte Wurzeloberfläche	Leichte Wurzelresorption	Mittlere	Schwere	Gesamt
Kaudal	Anzahl	122	2	0	1	125
	% Kontaktpunkt	97,6	1,6	0,0	0,8	100,0
	% von gesamt					31,8
Auf	Anzahl	30	7	2	1	40
	% Kontaktpunkt	75,0	17,5	5,0	2,5	100,0
	% von gesamt					10,2
Kranial	Anzahl	144	49	23	12	228
	% Kontaktpunkt	63,2	21,5	10,1	5,3	100,0
	% von gesamt					58,0
Gesamt	Anzahl	296	58	25	14	393
	% Kontaktpunkt	75,3	14,8	6,4	3,6	100,0
	% von gesamt					100,0

8. Vorabveröffentlichungen von Ergebnissen

Es wurden vorab keine Ergebnisse veröffentlicht.