

Aus dem Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität zu Köln
Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie,
Poliklinik für Orale Chirurgie und Implantologie,
Plastische, Rekonstruktive und Ästhetische Chirurgie
Direktor: Universitätsprofessor Dr. med. Dr. med. dent. Christian Linz

Die diagnostische Wertigkeit von DVTs anhand der Nebenfunde im Vergleich zur Panoramaschichtaufnahme

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

vorgelegt von
Yonca Seven
aus Viersen

promoviert am 25. Februar 2026

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität zu Köln
Druckjahr 2026

Dekan: Universitätsprofessor Dr. med. G. R. Fink
1. Gutachter: Professor Dr. med. dent. J. Neugebauer
2. Gutachterin: Privatdozentin Dr. Dr. Andra-Iza Iuga

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 Unterstützungsleistungen von folgenden Personen erhalten:

Prof. Dr. med. dent. Jörg Neugebauer

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.

Der dieser Arbeit zugrunde liegende Datensatz wurde von mir anhand der Patientenakten der Praxis Dr. Dr. Lieberum und Kollegen in Koblenz erstellt.

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 04.08.2025

Danksagung

An erster Stelle gilt mein Dank meinem Doktorvater Prof. Dr. Jörg Neugebauer, der mir das Thema dieser Doktorarbeit überlassen und mich während der gesamten Promotionszeit mit großem Engagement betreut hat.

Mein besonderer Dank gilt auch Dr. Dr. Reinhard Lieberum, der den Kontakt zu meinem Doktorvater hergestellt und mir von Anfang an sein Vertrauen geschenkt hat. Ohne seine Unterstützung und Ermutigung wäre diese Arbeit in dieser Form nicht möglich gewesen. Ebenso danke ich Dr. Markus Weiler, der mir stets mit Rat und offenem Ohr zur Seite stand.

Von ganzem Herzen danke ich meinen Eltern, die mich zu dem Menschen gemacht haben, der ich heute bin. Ohne ihre bedingungslose Unterstützung wäre dieser Weg nicht denkbar gewesen.

Meinem Vater gewidmet.
In liebevoller Erinnerung.

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	8
1. ZUSAMMENFASSUNG	9
2. EINLEITUNG	10
2.1 Grundlagen der Röntgentechnik	10
2.1.1. Röntgenstrahlung und ihre Entstehung	10
2.1.2. Wechselwirkung von Röntgenstrahlung mit Materie	12
2.1.3. Strahlenwirkung	12
2.1.4. Strahlenschäden	13
2.2 Panoramaschichtaufnahme	13
2.2.1. Technik und Funktionsprinzip der PSA	14
2.3 Digitale Volumentomographie	15
2.3.1. Technik und Funktionsprinzip der DVT	16
2.3.2. Vergleich der DVT und der Computertomographie (CT)	17
2.4 Vergleich der effektiven Dosis von PSA, DVT und CT	18
2.5 Rechtfertigende Indikation – Leitlinie „Dentale digitale Volumentomographie“	19
2.6 Nebenbefunde	21
2.7 Fragestellungen und Ziel der Arbeit	21
3. MATERIAL UND METHODEN	22
3.1 Studiendesign	22
3.2 Studienpopulation	22
3.3 Digitaler Volumentomograph	22
3.3.1. Technische Daten beider Geräte im Vergleich	22
3.3.2. Anwendersoftware	23
3.4 Datenerhebung	23
3.4.1. Field of View (FOV)	24
3.4.2. Indikationen für die DVT-Aufnahme	24
3.4.3. Bestätigung der Verdachtsdiagnose	25

3.4.4.	Nebenbefunde	26
3.4.5.	Diagnosesicherheit der Nebenbefunde	48
3.5	Statistische Auswertung	52
3.5.1.	Levene-Test für die Varianzgleichheit	52
3.5.2.	t-Test für die Mittelwertgleichheit	52
3.5.3.	Cohen's Kappa zur Bewertung der Übereinstimmung	52
4.	ERGEBNISSE	54
4.1	Geschlechterverteilung	54
4.2	Altersverteilung zum Zeitpunkt der DVT-Aufnahme	54
4.3	Rechtfertigende Indikation für die DVT-Aufnahme	56
4.4	Alter zum Zeitpunkt der DVT-Aufnahme in Bezug zur Indikation	58
4.4.1.	Indikation: präimplantologische Diagnostik	58
4.4.2.	Indikation: Fokussuche	60
4.4.3.	Indikation: Lagebestimmung retinierter Weisheitszähne	62
4.4.4.	Indikation: Lagebestimmung retinierter Zähne	64
4.4.5.	Indikation: Kieferhöhlendiagnostik	66
4.4.6.	Indikation: Traumatologie	67
4.4.7.	Indikation: Intraossäre Kieferläsionen	68
4.5	Zeitintervall zwischen PSA und DVT	70
4.6	Bestätigung der Verdachtsdiagnose	72
4.7	Nebenbefunde	73
4.7.1.	Nebenbefundklasse 1	73
4.7.2.	Nebenbefundklasse 2	74
4.7.3.	Nebenbefundklasse 3r	74
4.7.4.	Nebenbefundklasse 3l	74
4.7.5.	Nebenbefundklasse 4	75
4.8	Überprüfung der Varianzgleichheit des Alters nach Geschlecht	76
4.9	Mittelwertvergleich des Alters nach Geschlecht	77
4.10	Übereinstimmung der Nebenbefunde zwischen DVT und PSA	79
4.10.1.	Übereinstimmung zwischen DVT und PSA in der Nebenbefundklasse 1	79
4.10.2.	Übereinstimmung zwischen DVT und PSA für den Nebenbefund „Zyste“	81
4.10.3.	Übereinstimmung zwischen DVT und PSA für den Nebenbefund „Fremdkörper“	82

4.10.4.	Übereinstimmung zwischen DVT und PSA für den Nebenbefund „randständige Verschattung der Kieferhöhle rechts und links“	83
4.10.5.	Übereinstimmung zwischen DVT und PSA für den Nebenbefund „Nasenseptumdeviation“	85
4.10.6.	Übereinstimmung zwischen DVT und PSA für den Nebenbefund „Tonsillenstein“	86
5.	DISKUSSION	87
5.1	Diskussion der Ergebnisse	87
5.2	Klinische Relevanz	91
5.3	Schlussfolgerung	91
5.4	Limitationen	91
6.	LITERATURVERZEICHNIS	93
7.	ANHANG	99
7.1	Abbildungsverzeichnis	99
7.2	Tabellenverzeichnis	102

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ALARA	As Low As Reasonably Achievable
CBCT	Cone Beam Computed Tomography
CT	Computertomographie
DS	Diagnosesicherheit
DNA	Desoxyribonukleinsäure
DVT	Digitale Volumentomographie
DGZMK	Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
FOV	Field of View
KI	künstliche Intelligenz
kV	Kilovolt
NB	Nebenbefund
OPG	Orthopantomogramm
postop.	postoperativ
prä. Impl.	präimplantologisch
PSA	Panoramaschichtaufnahme
ret.	retiniert
StrlSchG	Strahlenschutzgesetz
Std.-Abw.	Standardabweichung
Sv	Sievert
Tab.	Tabelle
V. a.	Verdacht auf
vgl.	vergleiche
WHO	World Health Organization
WHZ	Weisheitszahn
Z. n.	Zustand nach

1. Zusammenfassung

Absicht: Die radiologische Bildgebung spielt eine zentrale Rolle in der zahnmedizinischen Diagnostik. Den Zahnärztinnen und Zahnärzten stehen hierfür unterschiedliche Aufnahmearten zu Verfügung, darunter die zweidimensionale Panoramaschichtaufnahme (PSA) und die dreidimensionale digitale Volumentomographie (DVT). Das Ziel der vorliegenden retrospektiven Studie war es, DVT-Aufnahmen auf das Vorliegen von Nebenbefunden (NB) zu untersuchen und deren Art sowie Häufigkeit zu erfassen. Darüber hinaus sollte geprüft werden, ob und in welchem Ausmaß eine Übereinstimmung zwischen DVT und PSA im Hinblick auf die Detektion dieser Nebenbefunde besteht, um so Rückschlüsse auf die diagnostische Wertigkeit beider Aufnahmearten ziehen zu können.

Methode: Es wurden insgesamt 656 DVT-Aufnahmen untersucht. Für jede DVT-Aufnahme wurden das Alter zum Zeitpunkt der DVT-Aufnahme, das Geschlecht, die rechtfertigende Indikation, das Field of View (FOV) sowie, wenn vorhanden, die Art der Nebenbefunde, festgehalten. Im Anschluss wurden die DVT-Aufnahmen mit den dazugehörigen Panoramaschichtaufnahmen im Hinblick auf die erfassten Nebenbefunde verglichen. Für beide Aufnahmearten DVT und PSA erfolgte eine Bewertung der Diagnosesicherheit (DS) der Nebenbefunde.

Ergebnis: In den 656 DVT-Aufnahmen wurden insgesamt 371 Nebenbefunde entdeckt. Die zystische Läsion war mit 96 Fällen der am häufigsten vorkommende Nebenbefund, gefolgt von der randständigen Verschattung der Kieferhöhle, die 44-mal in der rechten und 42-mal in der linken Kieferhöhle diagnostiziert wurde. Der dritthäufigste Nebenbefund war mit 54 Fällen der Fremdkörper. Zwischen der DVT und der PSA zeigte sich im Hinblick auf die Detektion der Nebenbefunde nur eine geringe bis keine Übereinstimmung.

Fazit: Nebenbefunde treten in DVT-Aufnahmen relativ häufig auf. Die DVT erweist sich hinsichtlich der diagnostischen Wertigkeit bei der Erkennung von Nebenbefunden gegenüber der PSA als überlegen. Es ist daher wichtig, dass Zahnärztinnen und Zahnärzte bei der Befundung von DVT-Aufnahmen stets das gesamte Volumen berücksichtigen. Alle angrenzenden Bereiche sollten, auch über die rechtfertigende Indikation hinaus, in die Befundung einbezogen werden. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund der diagnostischen Verantwortung und der potenziellen klinischen Relevanz von Nebenbefunden von großer Bedeutung.

2. Einleitung

2.1 Grundlagen der Röntgentechnik

Die Röntgendiagnostik ist ein unverzichtbarer Bestandteil zahnärztlicher Diagnostik. In allen Fachbereichen der Zahnmedizin kommen Röntgenaufnahmen regelmäßig zum Einsatz. Sie sind in der konservierenden Zahnheilkunde, Prothetik, Kieferorthopädie, zahnärztlichen Chirurgie und in der Implantologie ein unentbehrliches Instrument. Ca. 39 % aller medizinischen Röntgenuntersuchungen in Deutschland werden von Zahnärztinnen und Zahnärzten durchgeführt¹.

Intraorale Aufnahmetechniken wie der Einzelzahnfilm, die eine Detaildarstellung einzelner zahntragender Bereiche ermöglichen und die extraorale Aufnahmetechnik des Orthopantomogramms (OPG), womit eine Gesamtübersicht beider Kiefer wiedergegeben wird, sind bis heute die Standardverfahren in der dentalen Radiographie².

Seit ihrer Einführung im Jahre 1997 steht den Zahnärztinnen und Zahnärzten mit der digitalen Volumentomographie eine weitere, relativ neue Aufnahmetechnik zur Verfügung³. Bei der digitalen Volumentomographie handelt es sich um eine dreidimensionale Aufnahmetechnik, die im Gegensatz zu den herkömmlichen dreidimensionalen Aufnahmetechniken, von Zahnärztinnen und Zahnärzten mit entsprechender Fachkunde selbst durchgeführt werden darf.

Einerseits erlaubt die Anwendung der digitalen Volumentomographie in der zahnärztlichen Praxis eine präzisere Diagnostik und eine optimierte Behandlungsplanung^{4,5}, andererseits stellt sie Zahnärztinnen und Zahnärzte durch die erhöhte Strahlenexposition im Vergleich zum Einzelzahnfilm und zum Orthopantomogramm sowie das Auftreten von Nebenbefunden vor zusätzliche Herausforderungen.

2.1.1. Röntgenstrahlung und ihre Entstehung

Die Entdeckung der Röntgenstrahlen durch den deutschen Physiker Wilhelm Conrad Röntgen im Jahre 1895 markiert einen der bedeutendsten Fortschritte in der Medizingeschichte⁶. Diese unsichtbare Strahlung bezeichnete W. C. Röntgen zunächst aufgrund des ihm unbekanntem Charakters als X-Strahlen⁷. In Anerkennung seiner Entdeckung wurden sie später nach ihm benannt⁸.

Röntgenstrahlen sind eine Form von elektromagnetischer Strahlung^{8,9}. Sie werden künstlich erzeugt, sind unsichtbar und haben die Fähigkeit, Materie zu durchdringen und Ionisationen zu bewirken¹⁰. Die Ionisation ist ein Prozess, bei dem durch die Einwirkung von ionisierender Strahlung Elektronen aus Atomen oder Molekülen entfernt werden, sodass positiv geladene Molekülreste zurückbleiben^{9,11}. Dieser Prozess kann im lebenden Organismus zu Veränderungen im Erbgut führen¹¹. Mit einer Wellenlänge von etwa 0,01 – 10 nm liegen

Röntgenstrahlen im elektromagnetischen Spektrum deutlich unterhalb des sichtbaren Lichts^{8,12}.

Die Erzeugung von Röntgenstrahlen erfolgt in einer Röntgenröhre, deren zentrale Bestandteile die Kathode, die Anode und die angelegte Röhrenspannung bilden^{10,12}.

An der negativ geladenen Kathode werden die aus der Heizspirale austretenden Elektronen durch einen Sammelylinder zu einem Elektronenstrahl gebündelt und durch die angelegte Spannung in Richtung der positiv geladenen Anode beschleunigt¹³. An der Anode trifft der Elektronenstrahl auf ein Bremsmaterial aus Wolfram. Bei diesem Zusammenprall entsteht Bremsstrahlung und charakteristische Röntgenstrahlung^{9,12}.

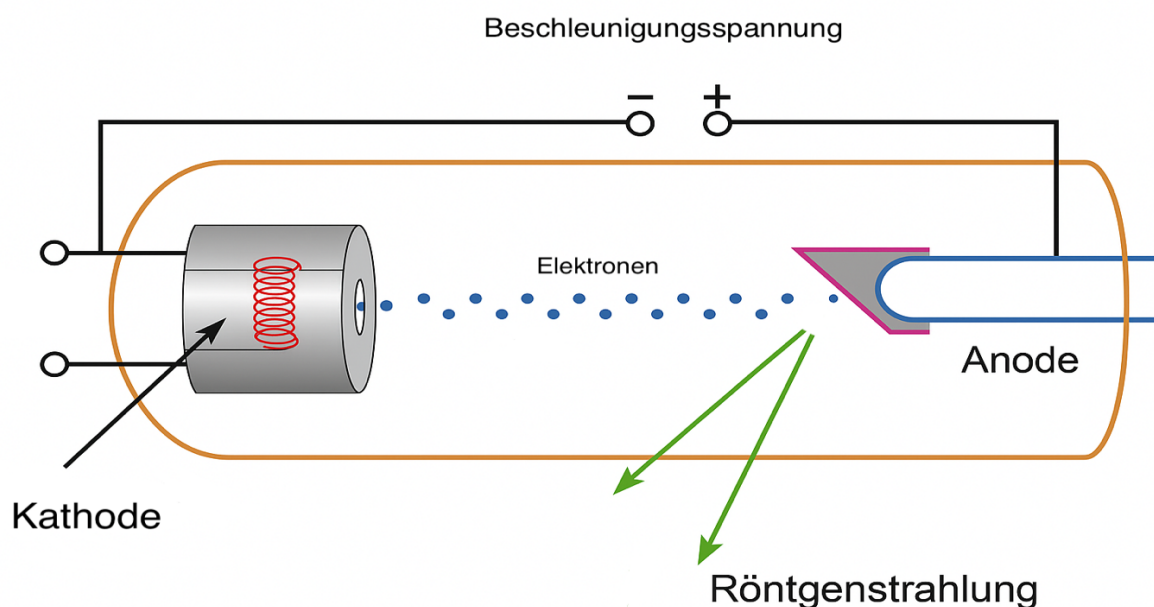


Abb. 1 Aufbau einer Röntgenröhre. Eigene Darstellung in Anlehnung an Vockelmann, Kahl-Scholz, Basiswissen Radiologie (2017).

Bremsstrahlung entsteht durch das „Abbremsen“ der Elektronen beim Treffen der Anode, bedingt durch den positiv geladenen Atomkern des Anodenmaterials. Die bei diesem „Abbremsen“ verlorene kinetische Energie wird in Form von Röntgenstrahlung emittiert¹³. Das Bremsspektrum ist abhängig von der verwendeten Röhrenspannung.

Charakteristische Röntgenstrahlung entsteht durch das „Herausschlagen“ eines Elektrons des Anodenatoms durch die von der Kathode freigesetzten Elektronen. Die dadurch entstandene „positive Lücke“ wird durch ein Elektron aus einer höheren Schale besetzt. Dabei wird Energie in Form von Röntgenstrahlung freigesetzt¹³. Die charakteristische Röntgenstrahlung ist abhängig vom Anodenmaterial.

Nur 1 % der Elektronen erzeugen Röntgenstrahlung. Der Großteil wird in Wärme umgewandelt¹⁴.

2.1.2. Wechselwirkung von Röntgenstrahlung mit Materie

Nach Austritt der Röntgenstrahlen aus der Röntgenröhre am Strahlaustrittsfenster kommt es zu Wechselwirkungen mit der Materie. Abhängig vom durchstrahlten Medium werden Röntgenstrahlen beim Durchgang durch das Medium durch bestimmte Prozesse geschwächt^{9,14}. Die Schwächung ist abhängig von der Dichte, Dicke und der Ordnungszahl der durchstrahlten Materie sowie von der Wellenlänge der Röntgenstrahlung⁹.

Die für die Röntgendiagnostik relevanten Prozesse sind der Photoeffekt und die Compton-Streuung.

Beim Photoeffekt überträgt das Röntgenphoton seine gesamte Energie auf ein Elektron in Kernnähe. Die Energie des Röntgenphotons wird bei diesem Prozess vom Elektron absorbiert. Das Elektron verlässt den Atomverbund, wodurch das Atom ionisiert wird¹³. Der Photoeffekt ist in der Röntgendiagnostik bei Spannungen bis zu 100 kV von zentraler Bedeutung. Je kleiner die Kilovolt-Werte sind, desto größer ist die Absorption. Bei Materialien mit hoher Ordnungszahl, z. B. Calcium, ist der Photoeffekt besonders ausgeprägt. Dieser Effekt trägt zur Entstehung von Bildkontrast bei, was allerdings mit einer erhöhten Strahlenbelastung verbunden ist.

Von der Compton-Streuung sind, anders als beim Photoeffekt, überwiegend Elektronen der äußeren Schalen betroffen. Da diese eine geringere Bindungsenergie besitzen als Elektronen der inneren Schalen, wird weniger Photonenenergie benötigt, um diese aus dem Atomverbund zu lösen. Mit dem restlichen Teil der Energie wird das Photon gestreut und bewegt sich mit reduzierter Energie in eine neue Richtung¹³. Durch diesen Effekt entsteht Streustrahlung, die zu einer Verringerung des Bildkontrastes führt und die für die Strahlenbelastung außerhalb des Nutzstrahlenbündels verantwortlich ist.

2.1.3. Strahlenwirkung

Ionisierende Strahlung kann in biologischen Systemen sowohl direkt als auch indirekt Veränderungen verursachen.

Bei der direkten Strahleneinwirkung trifft ionisierende Strahlung unmittelbar auf Zellbestandteile und ruft durch Ionisationsprozesse sofortige Schäden hervor¹⁵. Besonders schwerwiegende Folgen kann die direkte Strahlenwirkung haben, wenn die Desoxyribonukleinsäure (DNA) getroffen wird¹⁵. Diese Wechselwirkung ist jedoch aufgrund des geringen Anteils an DNA in der Zelle selten¹⁶.

Die indirekte Strahleneinwirkung, bei der es zunächst zu einer Reaktion mit Wassermolekülen kommt, ist wahrscheinlicher, da Zellen zum Großteil aus Wasser bestehen. Wenn ionisierende Strahlung auf Wassermoleküle trifft, werden diese ionisiert, wodurch freie Radikale entstehen, die wiederum mit Biomolekülen interagieren können^{11,15,16}. Freie Radikale sind

reaktionsfreudig und können sekundär die DNA oder andere Zellbestandteile durch Hydroxylierung, Decarboxylierung, Reduktion oder Oxidation schädigen^{11,16}.

Die Interaktion mit der im Zellkern liegenden Erbsubstanz kann Strangbrüche zur Folge haben. Während Einzelstrangbrüche durch DNA-Reparaturmechanismen weitgehend problemlos repariert werden, ist eine fehlerlose Reparatur bei Doppelstrangbrüchen häufig nicht möglich. Irreparable Schäden der DNA können zu mutagenen oder kanzerogenen Effekten führen^{15,16}.

2.1.4. Strahlenschäden

Die Art und das Ausmaß der durch Strahleneinwirkung hervorgerufenen Strahlenschäden hängen von verschiedenen Faktoren ab, darunter die Höhe der Dosis, die Dauer der Exposition und die Empfindlichkeit des betroffenen Gewebes¹⁷. In diesem Zusammenhang wird unterschieden zwischen deterministischen und stochastischen Strahlenschäden¹¹.

Für die Entwicklung eines deterministischen Strahlenschadens muss eine bestimmte Schwellendosis überschritten werden. Die Schwere des Schadens nimmt dabei mit steigender Dosis zu. Je höher die Strahlendosis nach Überschreitung der Schwellendosis ist, desto schwerwiegender ist der Schaden. Die Symptome zeigen sich vor allem an Haut und Schleimhäuten¹⁷. Die klinischen Erscheinungsbilder sind vielgestaltig und können Rötung, Schwellung, Haarausfall, Hyperpigmentierung, Hautatrophie, Ulzerationen, Erweiterung kapillärer Gefäße, Fibrose bis hin zur Nekrose infolge mangelnder Durchblutung umfassen¹⁵. Deterministische Strahlenschäden können lediglich in der Radiotherapie, aber nicht in der Röntgendiagnostik auftreten.

Im Gegensatz dazu ist für das Auftreten eines stochastischen Strahlenschadens keine Schwellendosis bekannt¹¹. Die Wahrscheinlichkeit für einen stochastischen Strahlenschaden steigt mit der Dosis. Die Schwere ist jedoch unabhängig davon. Stochastische Strahlenschäden können auch bei den in der Röntgendiagnostik üblichen niedrigen Expositionsdosen nicht ausgeschlossen werden. Strahlenschäden können innerhalb von Stunden bis Wochen oder erst nach Jahren nach Strahlenexposition auftreten¹⁷.

Man spricht von teratogenen Strahlenschäden, wenn Frauen während der Schwangerschaft ionisierender Strahlung ausgesetzt sind und diese beim Embryo oder Fötus Schäden verursacht. Diese Art des Strahlenschadens kann je nach Entwicklungsstadium zu Fehlbildungen führen und/oder die kognitive Entwicklung beeinflussen¹⁷.

2.2 Panoramaschichtaufnahme

Die Panoramaschichtaufnahme, auch bekannt als Orthopantomogramm, stellt die Basis der röntgenologischen Diagnostik in der zahnärztlichen Chirurgie dar. Sie bildet den gesamten Ober- und Unterkiefer mit allen Zähnen zweidimensional ab, liefert außerdem Informationen

über angrenzende Strukturen, wie z. B. Alveolarfortsätze, Kieferhöhlen, Kiefergelenke und Canalis mandibulae¹⁸. Sie bietet einen panoramaartigen Überblick mit der Möglichkeit des Seitenvergleichs. Sie ist bei vielen Fragestellungen sowohl in der zahnärztlichen als auch in der chirurgischen Praxis unumgänglich. Abbildung 2 stellt eine typische Panoramascichtaufnahme dar.

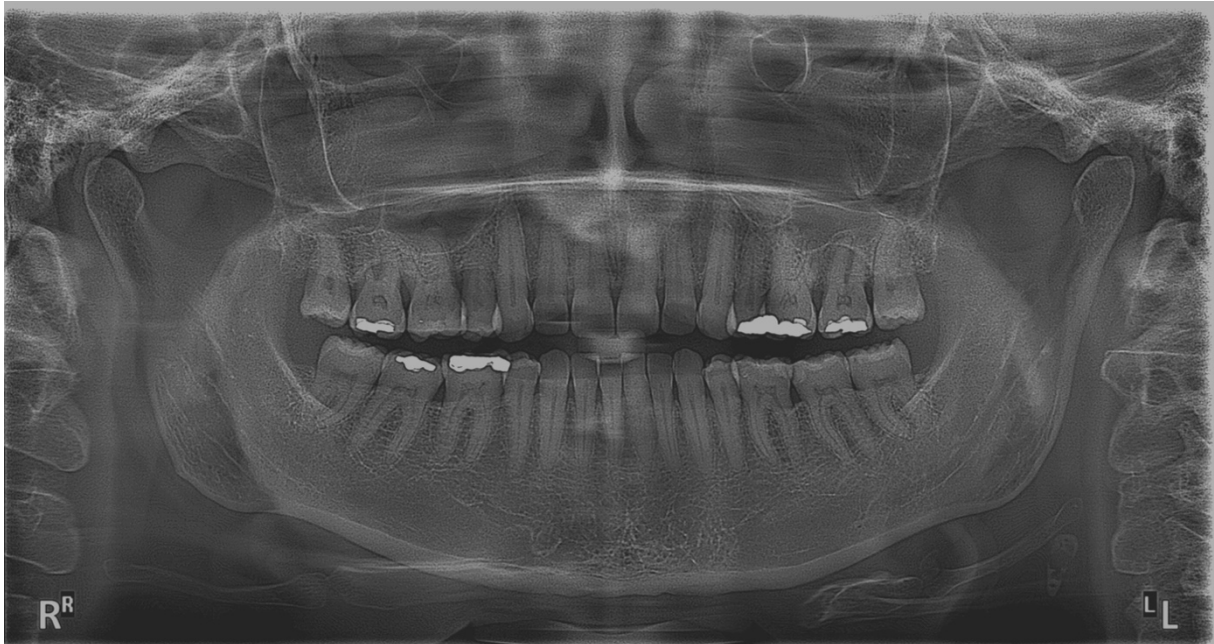


Abb. 2 Panoramascichtaufnahme

2.2.1. Technik und Funktionsprinzip der PSA

Bei der Panoramascichtaufnahme handelt es sich um eine extraorale Aufnahmetechnik, bei der sich sowohl Röntgenröhre als auch Bildempfänger außerhalb der Mundhöhle befinden⁵. Während der Röntgenaufnahme fahren Röntgenröhre und Halterung des Bildempfängers synchron im Halbkreis um den Kopf der zu untersuchenden Person. Dabei läuft der Bildträger in Gegenrichtung aus der Halterung heraus. Die Bewegung der Röntgenröhre und des Bildempfängers erfolgt bei modernen Geräten entlang von mehreren Rotationsachsen, die eine annähernd parabelförmige Bahn beschreiben. Bei diesem Vorgang sendet die Röntgenröhre ein keilförmiges, senkrecht Strahlenbündel aus, welches den Kiefer durchdringt. Es wird dabei ein Schichtbereich von etwa 5 – 20 mm aufgezeichnet. Im Frontzahnbereich beträgt die Schichtdicke in der Regel zwischen 5 – 10 mm, im Seitenzahnbereich ca. 15 – 20 mm. Nach Durchgang durch den Kiefer wird dieses Strahlenbündel durch eine Schlitzblende am Bildempfänger erfasst. Das Bild wird Streifen für Streifen belichtet.

Das Resultat der Panoramascichtaufnahme ist ein Summationsbild mehrerer Hundert Schichten. Alle Strukturen, die sich im Strahlengang befinden, werden überlagert auf ein

zweidimensionales Bild projiziert⁴. Die Strukturen im Schichtbereich werden scharf abgebildet, jene, die außerhalb des Schichtbereichs liegen, werden verwischt. Die Überlagerung relevanter Bereiche durch mitabgebildete Nachbarstrukturen kann zu einer unzureichenden Beurteilbarkeit dieser führen oder pathologische Veränderungen vortäuschen¹⁹. Ein Beispiel für diesen Effekt ist die Projektion der Wirbelsäule in den Frontzahnbereich. Dies kann die Beurteilung von Pathologien in diesem Bereich erschweren. Bei einem flachen Gaumen kann es zu einer Überlagerung des Nasenbodens und der Oberkiefer-Frontzähne kommen, wodurch die Darstellung der Wurzelspitzen beeinträchtigt werden kann.

Technisch bedingt ist eine maßstabgetreue Darstellung anatomischer Strukturen bei der Panoramaschichtaufnahme nicht realisierbar. Die resultierende Bildvergrößerung ist unvermeidbar und liegt typischerweise bei einem Vergrößerungsfaktor zwischen 1,2 und 1,3. Dies erschwert eine Implantatinsertion in der Nähe relevanter anatomischer Strukturen wie des Nervus alveolaris inferior, des Nervus mentalis im Unterkiefer sowie des Sinus maxillaris und des Nasenbodens im Oberkiefer. Ein weiterer Nachteil im Hinblick auf die Implantologie ist das Fehlen von Informationen über das Knochenangebot in bucco-lingualer Richtung²⁰.

Des Weiteren erlaubt die Panoramaschichtaufnahme aufgrund ihres Funktionsprinzips keine exakte Lagebestimmung anatomischer Strukturen, wie z. B. verlagerter Zähne, Fremdkörper im Kieferknochen oder in der Kieferhöhle.

Diese beschriebenen Effekte können die diagnostische Aussagekraft der Panoramaschichtaufnahme in der Praxis erheblich beeinträchtigen oder im schlimmsten Fall zu falschen Diagnosen leiten²⁰. Für eine präzise Therapieplanung ist die Panoramaschichtaufnahme insbesondere in der zahnärztlichen Chirurgie und Implantologie in vielen Fällen nicht ausreichend.

2.3 Digitale Volumentomographie

Bei der digitalen Volumentomographie handelt es um eine dreidimensionale Aufnahmetechnik. Im angloamerikanischen Sprachraum wird dafür der Begriff Cone Beam Computed Tomography (CBCT) verwendet, da sie anders als in der Computertomographie einen konus- oder pyramidenförmigen Röntgenstrahl zur Bilderzeugung verwendet. Der Ursprung der Entwicklung dieser Aufnahmetechnik liegt in der zahnmedizinischen Radiologie. Erstmals wurde diese Technik Ende der 1990er-Jahre von Arai et al.²¹ und Mozzo et al.²² für die Anwendung im oralen und maxillofazialen Bereich vorgestellt²⁰.

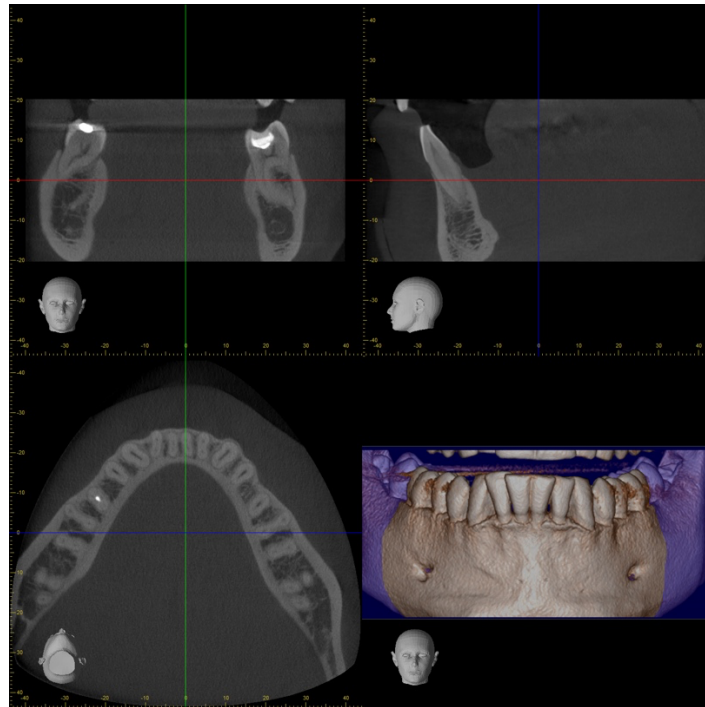


Abb. 3 DVT-Aufnahme (koronare, sagittale und axiale Darstellung)

2.3.1. Technik und Funktionsprinzip der DVT

Der digitale Volumentomograph besteht im Wesentlichen aus einer Röntgenröhre, die einen konus- oder pyramidenförmigen Röntgenstrahl erzeugt und dem gegenüberliegenden Detektor, der die erzeugte Röntgenstrahlung nach Interaktion mit dem aufzunehmenden Bereich in ein Bildsignal verwandelt¹ (vgl. Abbildung 4). Detektor und Röntgenröhre rotieren während der Aufnahme synchron um die zu untersuchende Person. Die emittierten Röntgenstrahlen durchdringen den aufzunehmenden Bereich und treffen nach deren Schwächung auf den Detektor¹⁴. Während eines Umlaufs wird eine große Anzahl an zweidimensionalen Einzelaufnahmen aus unterschiedlichen Perspektiven aufgenommen²³. Aus diesen Einzelbildern wird mit Hilfe eines Rückprojektionsverfahren unmittelbar ein Volumendatensatz numerisch berechnet, welcher aus einzelnen Bausteinen, den Voxeln, besteht. Ein Voxel stellt das kleinste Bildteilchen eines DVT-Datensatzes dar. Die Voxel sind bei der DVT in allen drei Raumrichtungen gleich groß und haben eine Kantenlänge von 0,08 – 0,4 mm²⁴⁻²⁶. Jedes von ihnen erhält einen Grauwert, der die Dichte des jeweiligen Gewebes widerspiegelt. Je kleiner die Voxelgröße gewählt wird, desto höher ist die Auflösung, jedoch auf Kosten einer erhöhten Strahlenexposition²⁴.

Aus diesem dreidimensionalen Volumendatensatz können nachträglich alle anderen Ansichten wie Panoramadarstellungen und Schnittbilder in den drei orthograden Hauptebenen rekonstruiert werden. Abbildung 3 zeigt eine DVT-Aufnahme in koronarer, sagittaler und axialer Darstellung.

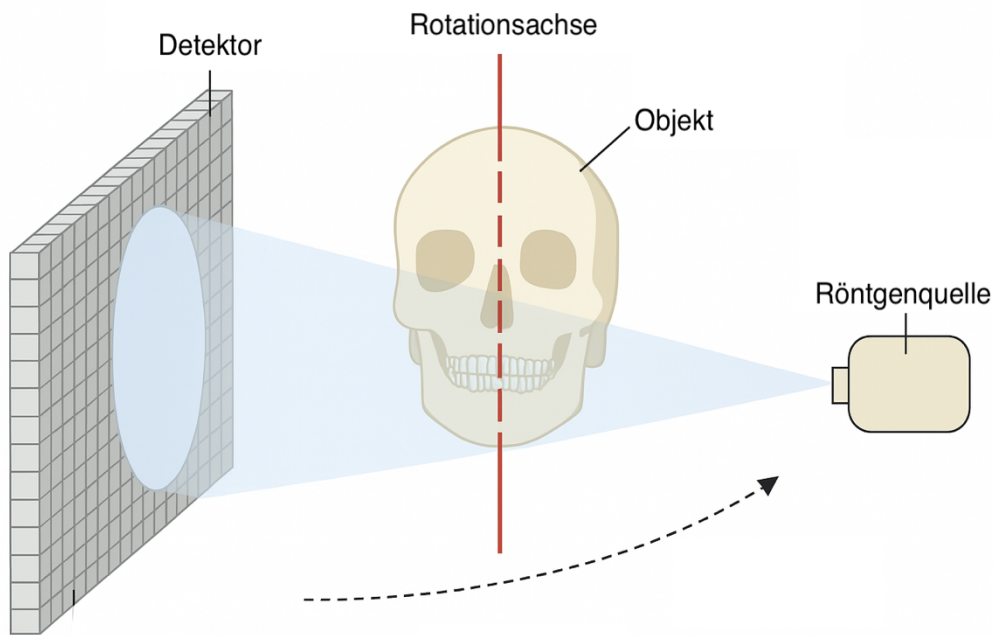


Abb. 4 Funktionsweise der DVT. Eigene Darstellung in Anlehnung an Pasler, *Zahnärztliche Radiologie* (2017).

2.3.2. Vergleich der DVT und der Computertomographie (CT)

Die DVT basiert auf der Idee der Computertomographie, welche fast 30 Jahre vor ihr durch Godfrey N. Hounsfield und Allan M. Cormack entwickelt wurde. Seit Entdeckung der Röntgenstrahlen ist sie die wichtigste Erfindung in der Röntgentechnik. Sowohl die Computertomographie als auch die digitale Volumentomographie ermöglichen eine überlagerungsfreie, dreidimensionale Darstellung anatomischer Strukturen^{20,27}.

Anders als bei der DVT, tastet bei der Spiral-CT ein fächerförmiges Strahlenbündel durch eine sich kontinuierlich drehende Röntgenröhre und bei gleichzeitigem Tischvorschub das zu untersuchende Volumen in spiralförmiger Bahn ab²⁰. Das Volumenmodell wird durch Sekundärrekonstruktion aus mehreren Schichtbildern gewonnen¹³. Die Grundlage für die Bildberechnung ist, wie auch bei der DVT, ein Voxel.

Im Gegensatz zur DVT ist die CT sowohl für die Darstellung von Hartgewebe als auch von Weichgewebe geeignet. Sie hat daher ein breiteres Einsatzspektrum und wird für die Diagnostik in nahezu allen medizinischen Fachbereichen angewendet. Die DVT erlaubt lediglich eine Beurteilung der Hartgewebe²⁰.

Ein wesentlicher Vorteil der DVT gegenüber der CT ist die höhere räumliche Auflösung, die durch kleinere Voxelgrößen ermöglicht wird. Durch die kleineren Voxelgrößen (0,08 mm – 0,4 mm) bei der DVT erfolgt die Nachverarbeitung detailgenauer²⁵.

Der bedeutendste Vorteil der DVT gegenüber der CT ist die deutlich reduzierte Strahlenbelastung für die Patient*innen^{24,28}. Mit der DVT haben Anwender*innen die Möglichkeit, ein Teilvolumen abzubilden^{20,29}. Die Strahlenexposition kann im Vergleich zur CT um bis zu 99 % reduziert sein²⁰. Insbesondere bei der Anwendung sog. Low-Dose-Protokolle kann über eine Anpassung der Belichtungszeit, Röhrenstromstärke, Röhrenspannung, Voxelgröße und des FOV eine deutliche Reduktion der Strahlenexposition erreicht werden³⁰. Die DVT ermöglicht eine bessere räumliche Auflösung bei reduzierter Strahlenbelastung und bedeutet sowohl für Anwender*innen als auch für Patient*innen eine Zeitersparnis, da die Überweisung zu einer Ärztin bzw. einem Arzt mit Fachkunde für Computertomographie entfällt²⁸. Zahnärztinnen und Zahnärzte sind nach Erlangung der entsprechenden DVT- Fachkunde berechtigt, eigenständig DVT-Aufnahmen anzufertigen.

2.4 Vergleich der effektiven Dosis von PSA, DVT und CT

Ein wesentlicher Aspekt bei der Auswahl des bildgebenden Verfahrens ist die damit verbundene Strahlenexposition.

Zum Vergleich der Strahlenexposition der verschiedenen bildgebenden Verfahren eignet sich die effektive Dosis. Sie berücksichtigt sowohl die unterschiedliche Wirksamkeit der Strahlenart (Strahlungswichtungsfaktor) als auch die unterschiedliche Empfindlichkeit der Organe gegenüber Strahlung (Gewebewichtungsfaktor) und dient der Abschätzung des strahlenbedingten Gesamtrisikos für den Körper.

Die effektive Dosis ergibt sich aus der Summe der Äquivalentdosen der einzelnen Organe und Gewebe multipliziert mit den jeweils zugehörigen Gewebewichtungsfaktoren. Die SI-Einheit ist das Sievert (Sv)³¹.

In der Literatur wird für die Panoramaschichtaufnahme eine effektive Dosis von 17 μ SV – 38 μ SV angegeben³².

Für die DVT ergab eine umfassende Meta-Analyse folgende effektive Dosen³¹:

- Kleines FOV (Durchmesser < 10 cm): 5 – 652 μ SV
- Mittleres FOV (Durchmesser 10 cm – 15 cm): 9 – 560 μ SV
- Großes FOV (Durchmesser > 15 cm): 46 – 1073 μ SV

Als durchschnittliche effektive Dosis ergab die Meta-Analyse folgende Werte:

- Kleines FOV (Durchmesser < 10 cm): 84 μ SV
- Mittleres FOV (Durchmesser 10 cm – 15 cm): 177 μ SV
- Großes FOV (Durchmesser > 15 cm): 212 μ SV

Die effektive Dosis zwischen den verschiedenen DVT-Geräten unterscheidet sich teils erheblich. Daher ist es nicht sinnvoll, die verschiedenen DVT-Geräte bezüglich der Dosis als eine einzige Geräteklasse zu betrachten³¹. Die effektive Dosis derzeitiger DVT-Geräte liegt

ungefähr um den Faktor 3 bis 40 über der einer Panoramaschichtaufnahme. Low-Dose-Protokolle ermöglichen eine signifikante Reduktion der Strahlenexposition. Durch Anpassung der Belichtungszeit, Röhrenstromstärke, Röhrenspannung, Voxelgröße sowie des FOV sind effektive Dosen im Bereich von 12 bis 29 μ SV erreichbar³⁰.

Im Vergleich zur CT ist die effektive Dosis bei der DVT deutlich reduziert³¹. Sie kann durch den Einsatz von Low-Dose-Protokollen um bis zu 99 % niedriger sein als bei der CT²⁰.

2.5 Rechtfertigende Indikation – Leitlinie „Dentale digitale Volumentomographie“

Gemäß § 83 des Strahlenschutzgesetzes (StrlSchG) darf Röntgenstrahlung am Menschen nur dann angewandt werden, wenn der gesundheitliche Nutzen größer ist als das damit verbundene Strahlenrisiko. Im Rahmen dieser Nutzen-Risiko-Abwägung soll, wenn mehrere röntgenologische Verfahren mit dem gleichen Informationsgehalt zur Verfügung stehen, dasjenige mit der niedrigsten Strahlenbelastung gewählt werden.

Die S2k-Leitlinie „Dentale digitale Volumentomographie“, welche von der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) erarbeitet wurde, soll Anwender*innen von DVT-Geräten unter anderem hinsichtlich der Indikationsstellung helfen, um unnötige Strahlenexposition zu vermeiden. In der Leitlinie werden folgende mögliche Indikationen für die Anwendung der DVT aufgeführt:

Konservierende Zahnheilkunde (Kariologie, Parodontologie, Endodontie)

Der Leitlinie zufolge ist die Anwendung der DVT zur Kariesdiagnostik nicht indiziert, da die DVT gegenüber zweidimensionalen Röntgenbildern keinen diagnostischen Mehrwert hat.

In der Parodontologie soll die DVT nicht routinemäßig eingesetzt werden, kann aber laut Leitlinie zur Visualisierung von Knochen- und Furkationsdefekten indiziert sein. Auch in der Endodontie kann die DVT z. B. bei v. a. apikale Veränderungen, Wurzelfrakturen, Wurzelresorptionen oder Perforationen indiziert sein.

Zahnärztliche Prothetik

In der zahnärztlichen Prothetik kann die DVT laut Leitlinie zur Beurteilung der Pfeilerwertigkeit vor geplanter prothetischer Versorgung herangezogen werden, wenn klinische Befunde und zweidimensionale Röntgenbilder keine hinreichende Aussagekraft diesbezüglich haben. Darüber hinaus kann die DVT der Leitlinie zufolge im Rahmen einer prothetisch basierten Implantatplanung indiziert sein. Mit Hilfe der DVT können Orientierungsschablonen, wie z. B. Implantatbohrschablonen für eine geführte Implantation hergestellt werden, um ein besseres prothetisches Ergebnis zu erzielen.

Kiefergelenksdiagnostik

Die DVT kann im Rahmen der Kiefergelenksdiagnostik bei V. a. primär knöcherne Kiefergelenkserkrankungen angezeigt sein. In der Leitlinie wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass eine DVT bei V. a. Weichteilpathologien nicht indiziert ist.

Zahnärztliche Chirurgie

In der Oralchirurgie kann sich eine Indikation zur präoperativen Durchführung einer DVT insbesondere bei enger Nachbarschaft zu anatomisch wichtigen Strukturen wie dem Nervus alveolaris inferior oder der Kieferhöhle ergeben. Eine DVT-Aufnahme kann z. B. zur Lagebestimmung retinierter und/oder verlagertes Zähne, überzähliger Zahnanlagen, Mesiodentes oder Odontomen angezeigt sein, da die genaue Lage dieser Strukturen häufig entscheidend und unerlässlich für die Operationsplanung und die intraoperative Orientierung ist. Auch in Bezug zur Risikoaufklärung der Patient*innen kann die DVT der Leitlinie zufolge eine Voraussetzung darstellen und daher indiziert sein.

Implantologie

Die Leitlinie weist auf die Relevanz der röntgenologischen Diagnostik des Implantatbettes vor geplanter Implantatinsertion hin. Die DVT ermöglicht eine präzise Analyse der knöchernen Strukturen ohne Dimensionsverlust. Anatomische Besonderheiten wie stark unter sich gehende Alveolarfortsätze, fortgeschrittene Atrophien oder Kieferhöhlensepten lassen sich mittels DVT differenzierter darstellen, wodurch eine bessere chirurgische Planung ermöglicht wird. Für moderne Therapiekonzepte wie z. B. die navigierte Implantation ist die DVT von zentraler Bedeutung und kann daher indiziert sein.

Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie

In der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie kann die Indikation zur DVT bei ausgedehnten Pathologien des Kieferknochens, wie z. B. größeren Zysten, odontogenen Tumoren, primären Knochentumoren oder bei V. a. eine Osteomyelitis oder Osteonekrose gegeben sein. Die präoperative Lagebestimmung, die Beurteilung der Ausdehnung und der Beziehung zu Nachbarstrukturen bei diesen Pathologien sind unerlässlich. Auch bei Kieferhöhlenerkrankungen kann eine DVT indiziert sein, wenn zweidimensionale Röntgenbilder nicht ausreichen. Frakturen des Gesichtsschädels können auch eine Indikation zur DVT darstellen, sofern eine Hirnbeteiligung, schwere oder unklare Traumata oder relevante Weichgewebsschädigungen ausgeschlossen werden können.

2.6 Nebenbefunde

Nach § 85 des Strahlenschutzgesetzes (StrlSchG) ist nach Anfertigung einer DVT-Aufnahme die Befundung des gesamten Volumens verpflichtend. Insbesondere bei größeren Volumina kann es dabei zur Entdeckung sog. Neben- bzw. Zufallsbefunde kommen. Unter einem Neben- oder Zufallsbefund versteht man in der Radiologie einen Befund, der im Rahmen einer radiologischen Untersuchung zufällig entdeckt wird und in keinem unmittelbaren Zusammenhang mit der ursprünglichen Fragestellung steht^{29,33,34}.

Die Häufigkeit von Nebenbefunden in DVT-Aufnahmen wurde bereits in zahlreichen Studien untersucht. Die Prävalenz von Nebenbefunden wird in der Mehrzahl der Studien als hoch eingestuft^{33,35,36}. Nebenbefunde können insbesondere bei einem größeren FOV auch außerhalb des zahnmedizinischen Bereiches liegen. Die Durchführung einer DVT stellt die Person, die die rechtfertigende Indikation und Aufnahmeparameter definiert, daher vor eine große Verantwortung, da auch pathologische Veränderungen angrenzender Strukturen erkannt und beurteilt werden müssen.

2.7 Fragestellungen und Ziel der Arbeit

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die diagnostische Wertigkeit der digitalen Volumentomographie im Vergleich zur Panoramaschichtaufnahme anhand der zuvor erfassten Nebenbefunde zu untersuchen. Durch den direkten Vergleich beider bildgebender Verfahren sollte analysiert werden, inwieweit die digitale Volumentomographie gegenüber der Panoramaschichtaufnahme einen diagnostischen Mehrwert bietet.

Ein weiterer zentraler Aspekt dieser Arbeit war die systematische Erfassung von Nebenbefunden in DVT-Aufnahmen insbesondere im Hinblick auf deren Art und Häufigkeit.

3. Material und Methoden

3.1 Studiendesign

Die Daten für die retrospektive Studie stammen aus der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgischen Praxis Dr. Dr. Lieberum und Kollegen in Koblenz. Es wurden insgesamt 656 DVT-Aufnahmen in die Studie aufgenommen. Diese wurden auf bestimmte vorher festgelegte Nebenbefunde untersucht und anschließend unter besonderer Berücksichtigung der erhobenen Nebenbefunde mit der dazugehörigen Panoramaschichtaufnahme verglichen.

3.2 Studienpopulation

Es wurden alle existenten DVT-Aufnahmen in die Studie aufgenommen, die routinemäßig im Zeitraum vom 01.01.2012 – 10.05.2022 in der oben angegebenen Praxis angefertigt wurden. Eine vorhandene Panoramaschichtaufnahme, welche maximal 12 Monate vor oder nach der DVT-Aufnahme angefertigt wurde und der Praxis zu Verfügung stand, war das Einschlusskriterium für die Studie. Es resultierte ein Gesamtkollektiv von 656 Patient*innen. Nach Beginn der Arbeit wurden keine weiteren Aufnahmen in die Auswertung einbezogen, sodass sichergestellt ist, dass keine Aufnahmen aufgrund dieser Arbeit angefertigt wurden.

3.3 Digitaler Volumentomograph

Die DVT-Aufnahmen wurden vom 01.01.2012 – 08.12.2021 mit dem 2D/ 3D Kombinationssystem Veraviewpocs 3D R100 von dem japanischen Medizinprodukthersteller Morita und ab dem 09.12.2021 mit dem 2D/ 3D Kombinationssystem Veraview X800 von der gleichen Firma angefertigt, da ein Austausch des älteren Gerätes gegen ein neueres durch die Praxis erfolgte. Beide Geräte sind in der Lage sowohl Panoramaschichtaufnahmen als auch DVT-Aufnahmen zu generieren. Die wesentlichen Unterschiede sind in Tabelle 1 dargestellt.

3.3.1. Technische Daten beider Geräte im Vergleich

Tab. 1 Vergleich Veraviewpocs 3D R100 und Veraview X800 M

Model	Veraviewpocs 3D R100	Veraview X800 M
Aufnahmebereich (FOV) in mm (Durchmesser x Höhe)	6 FOVs von 40x40 bis 100x80	8 FOVs von 40x40 bis 100x80
Röhrenspannung in kV	60-90	60-100
Stromstärke in mA	1-10	2-10
Bildqualität	>2 LP/mm	>2,5 LP/mm

Voxelgröße (μm)	125/160	80/125
Strahlungswinkel 2D/ 3D	2D und 3D: 5°	2D: 5° 3D: 0°
Rotationswinkel	180°	180° und 360°

3.3.2. Anwendersoftware

Die Befundung der DVT-Aufnahmen erfolgte durch die Software i-Dixel der Firma Morita. i-Dixel ermöglicht eine Darstellung der Volumina in der axialen, koronaren und sagittalen Raumbene. Außerdem wird eine 3D-Rekonstruktion in der Volume-Rendering-Technik generiert. In Abbildung 5 ist eine DVT-Aufnahme in der Software i-Dixel in den Ebenen koronar, sagittal, axial und in der Volume-Rendering-Technik dargestellt.

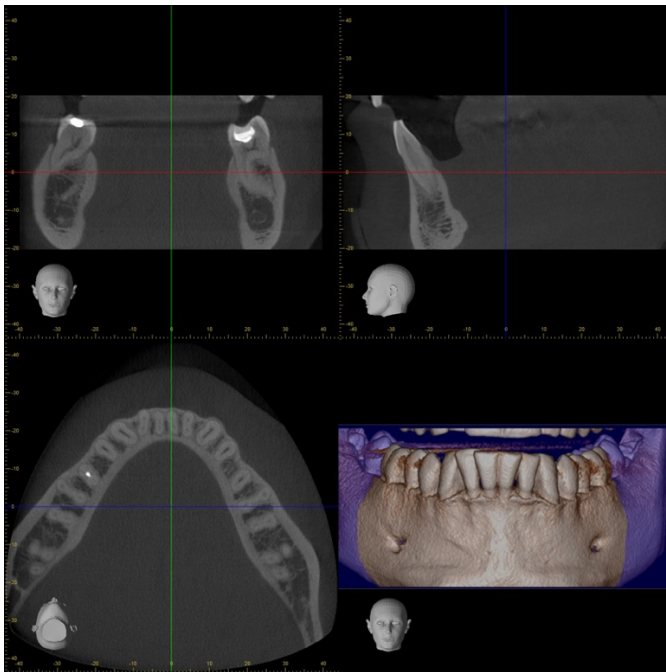


Abb. 5 koronare, sagittale und axiale Darstellung

3.4 Datenerhebung

In einer Excel-Tabelle wurden folgende Daten erfasst:

- Patient*innennummer
- Geburtsdatum
- Alter zum Zeitpunkt der DVT-Aufnahme
- Geschlecht (Kodierung: männlich = 1, weiblich = 2)
- Datum der OPG-Aufnahme
- Datum der DVT-Aufnahme
- Field of View (FOV)

- Indikation für die DVT-Aufnahme
- Bestätigung der Verdachtsdiagnose
- Nebenbefunde in der DVT-Aufnahme
- Diagnosesicherheit der Nebenbefunde im OPG
- Diagnosesicherheit der Nebenbefunde in der DVT-Aufnahme

3.4.1. Field of View (FOV)

Die gewählte Volumengröße der DVT-Aufnahme wurde festgehalten und in der Excel-Tabelle gemäß Tabelle 2 kodiert:

Tab. 2 Field of View

Volumengröße	Kode
Ø40 x H40mm	1
Ø40 x H80mm	2
Ø80 x H40mm	3
Ø80 x H50mm	4
Ø80 x H80mm	5
Ø100 x H40mm	6
Ø100 x H50mm	7
Ø100 x H80mm	8
2x (Ø40 x H40mm)	9

3.4.2. Indikationen für die DVT-Aufnahme

Die DVT-Aufnahmen wurden folgenden Indikationen zugeordnet und in der Excel-Tabelle gemäß Tabelle 3 kodiert:

Tab. 3 Indikation für die DVT-Aufnahme

Indikation	Kode
Präimplantologische Diagnostik	1
Fokussuche (Parodontologie, Endodontologie, Wurzelrest, unklare Prognose, unklare Beschwerden, Abszesse, Ausschluss überzähliger Zahnanlagen, Nichtanlagen, Doppelanlagen, V.a. externe/interne Resorption)	2

Lagebestimmung retinierter Zähne (außer Weisheitszähne, Lagebestimmung überzähliger Zähne)	3
Lagebestimmung Weisheitszähne	4
Kieferhöhlendiagnostik	5
Traumatologie	6
Intraossäre Kieferläsionen	7

3.4.3. Bestätigung der Verdachtsdiagnose

Die Bestätigung bzw. Verneinung der Verdachtsdiagnose entfällt in den Indikationsklassen 1, 3, 4, da hier keine Verdachtsdiagnosen gestellt wurden. Die DVT-Aufnahmen dienen in diesen Indikationsklassen der präoperativen Gewinnung von Zusatzinformationen. Für die Indikationsklassen 2, 5, 6, 7 erfolgte die Kodierung gemäß Tabelle 4:

Tab. 4 Bestätigung der Verdachtsdiagnose

Verdachtsdiagnose bestätigt	Kode
Ja	1
Nein	2
Unklar	3

Fallbeispiel zur Bestätigung der Verdachtsdiagnose

Bei Verdacht auf einen Wurzelrest in regio 28 wurde eine PSA angefertigt. Die Verdachtsdiagnose konnte in der PSA nicht bestätigt werden (vgl. Abbildung 6).

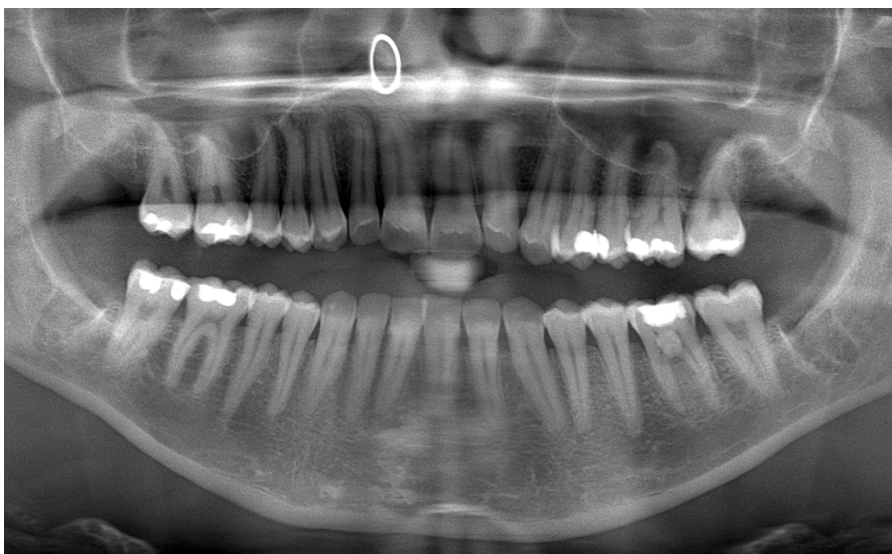


Abb. 6 postop. OPG bei V. a. Wurzelrest in regio 28; Verdachtsdiagnose kann nicht bestätigt werden

Die anschließende DVT-Aufnahme bei demselben Patienten bestätigte die Verdachtsdiagnose eines Wurzelrests in regio 28 (vgl. Abbildung 7).



Abb. 7 postop. DVT bei V.a. Wurzelrest in regio 28; Wurzelrest sicher erkennbar

3.4.4. Nebenbefunde

Die DVT-Aufnahmen wurden auf folgende Nebenbefundklassen und Nebenbefunde untersucht und gemäß Tabelle 5 kodiert:

Tab. 5 Nebenbefundklassen

Nebenbefundklasse	Kode	Nebenbefund	Kode
Dental	1	• kein NB	0
		• Zyste, zystische Läsion	1
		• überzählige Zahnanlage	2
		• Odontom	3
		• Resorption	4
		• Wurzelrest	5
		• Karies	6
Kieferknochen	2	• kein NB	0
		• Fremdkörper	1
		• Sklerosierung	2
		• Stafne-Kavität	3
Nasennebenhöhlen*	3	• kein NB	0
		• randständige Verschattung	1
		• mukozelenartige Verschattung	2
		• komplette Verschattung	3
Sonstige	4	• kein NB	0
		• Dens in dente	1
		• Schmelzperle	2

		<ul style="list-style-type: none"> • Nasenseptumdeviation • Tonsillenstein • Speichelstein 	3 4 5
--	--	---	-------------

*Für die Nebenbefundklasse 3 erhielten die Patient*innen zwei Spalten, eine Spalte für die rechte Kieferhöhle und eine Spalte für die linke Kieferhöhle.

Die Nebenbefunde werden im Folgenden näher beschrieben:

Zystische Läsion/ Zyste

Die Zyste ist definiert als ein pathologischer, mit Epithel ausgekleideter Hohlraum³⁷. Sie kann im Knochen oder in den Weichteilen lokalisiert, ein- oder mehrkammerig sein³⁸.

Die Zystenwand besteht aus einer bindegewebigen Kapsel, dem sog. Zystenbalg, die lumenwärts mit einer Basalmembran und ein- oder mehrschichtigem Epithel ausgekleidet ist. In der Klassifikation der Kopf-Hals-Tumoren der Weltgesundheitsorganisation (World Health Organization, WHO) aus dem Jahr 2022 werden unter dem Oberbegriff der „Kieferzysten“ verschiedene Zysten aufgeführt. Diese sind: die radikuläre Zyste, entzündliche kollaterale Zyste, follikuläre Zyste, orthokeratinisierende odontogene Zyste, odontogene Keratozyste, laterale parodontale Zyste, botryoide odontogene Zyste, gingivale Zyste, kalzifizierende odontogene Zyste, glanduläre odontogene Zyste, postoperative Flimmerepithelzyste und die nasopalatinale Zyste^{39,40}.

Die solitäre und die aneurysmatische Knochenzyste werden unter dem Oberbegriff „riesenzellhaltige Läsionen und Knochenzysten“ aufgeführt⁴¹. Letztere sind Pseudozysten, da sie nicht mit Epithel ausgekleidet sind^{42,43}.

Röntgenologisch sind Zysten gekennzeichnet durch eine scharf begrenzte Radioluzenz (vgl. Abbildung 8 und 9). Da nur durch eine histologische Untersuchung die Diagnose einer Zyste gestellt werden kann, wird hier der Ausdruck zystische Läsion verwendet.

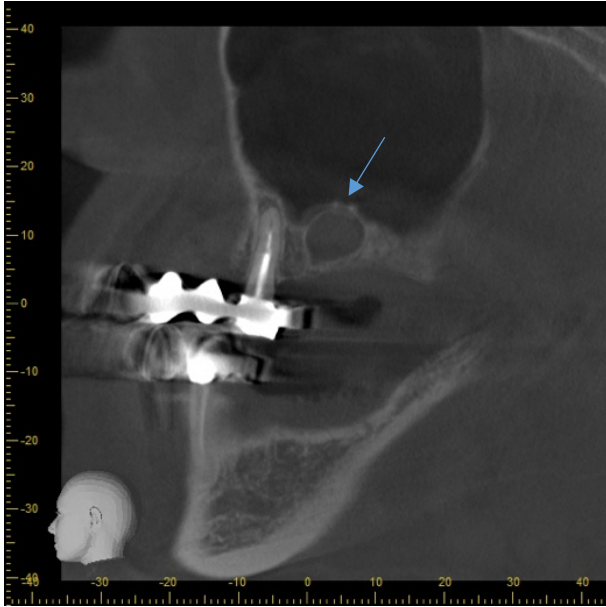


Abb. 8 V. a. Residualzyste im linken Oberkiefer (Sonderform der radikulären Zyste)

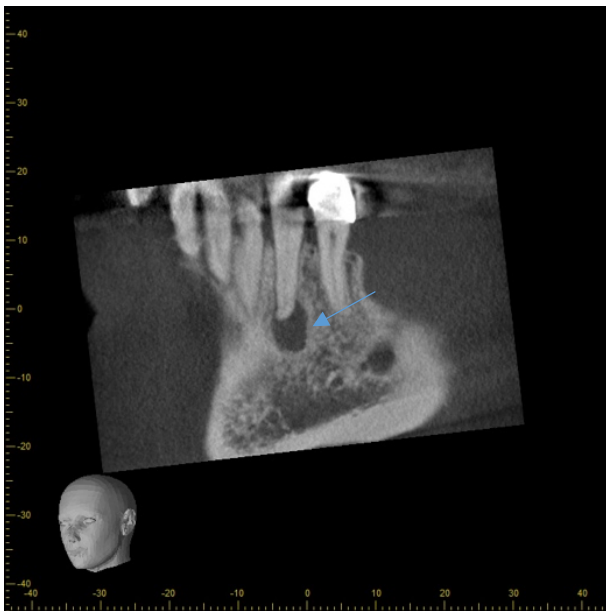


Abb. 9 Zystische Läsion apikal an Zahn 33

Überzählige Zahnanlage

Überzählige Zähne können sowohl in der primären als auch in der permanenten Dentition auftreten⁴⁴. Sie können im Frontzahnbereich (Mesiodens oder zusätzlicher seitlicher Schneidezahn), im Eckzahnbereich, im Prämolarenbereich und im Molarenbereich vorkommen⁴⁵. Paramolaren sind überzählige Zähne im Prämolaren- oder Molarenbereich. Distomolaren sind überzählige Zähne am Ende der primären Zahnleiste, die auch als „Neuner“ bezeichnet werden⁴⁵ (vgl. Abbildungen 10, 11). Der Mesiodens ist ein überzähliger Zahn zwischen den beiden oberen mittleren Schneidezähnen und ist die am häufigsten diagnostizierte überzählige Zahnanlage⁴⁴.

Überzählige Zähne werden als eumorph bezeichnet, wenn sie eine ähnliche Morphologie zu dem entsprechenden Zahntyp haben. Als dysmorph werden jene überzähligen Zähne beschrieben, die konisch oder tuberkulär sind^{45,46}.

Multiple überzählige Zahnanlagen sind häufig mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten, der cleidokranialen Dysplasie oder mit dem Gardner-Syndrom assoziiert^{45,47}.

Impaktierte überzählige Zähne können asymptomatisch bleiben und als Zufallsbefund im Röntgenbild entdeckt werden oder zu Zahndurchbruchstörungen, Lageverschiebungen, Wurzelresorptionen an benachbarten Zähnen führen⁴⁵.

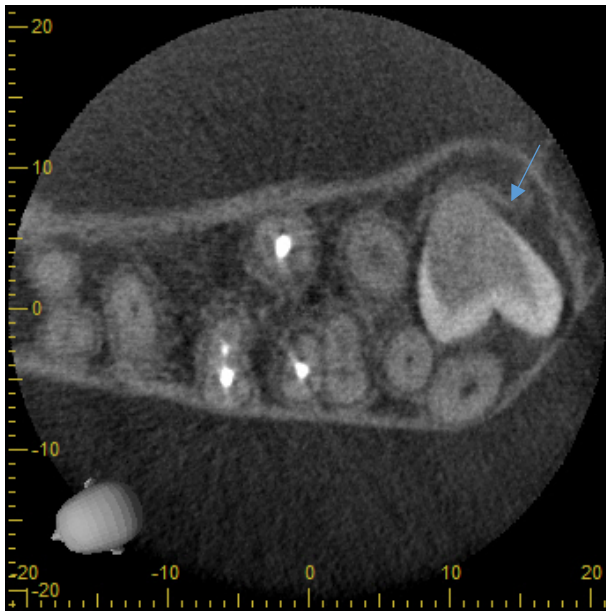


Abb. 10 Distomolar „Neuner“

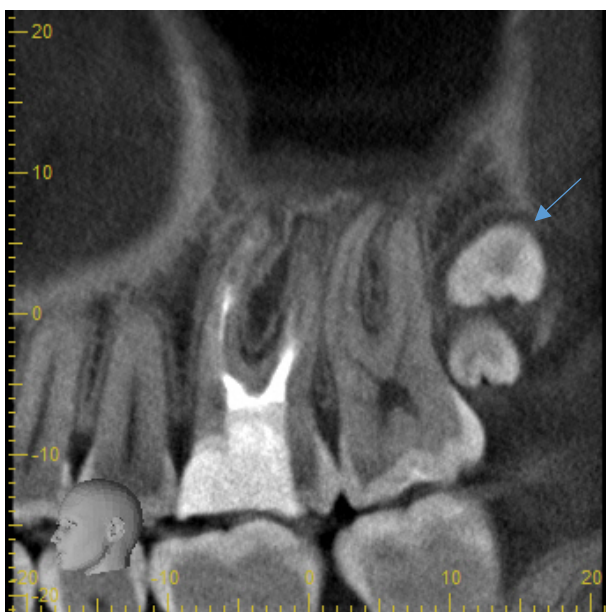


Abb. 11 Distomolar „Neuner“

Odontom

Odontome gehören zu den entwicklungsbedingten Hamartomen der embryonalen Zahnleiste⁴⁸. Sie enthalten alle Bestandteile eines Zahnes wie Schmelz, Dentin, Zement und Pulpa. Nach der WHO wird unterschieden zwischen dem zusammengesetzten Odontom und dem komplexen Odontom⁴⁸.

Zusammengesetzte Odontome finden sich meist im Frontzahnbereich des Oberkiefers und kommen typischerweise bei jungen Erwachsenen unter 20 Jahren vor⁴⁹ (vgl. Abbildung 12). Sie bestehen aus zahnähnlichen Rudimenten, die meist nicht der natürlichen Zahnform entsprechen⁴⁸.

Komplexe Odontome haben keinen klaren Aufbau, zahnähnliche Gebilde sind meist nicht erkennbar⁴⁸. Der posteriore Unterkieferseitenzahnbereich stellt eine Prädilektionsstelle für komplexe Odontome dar⁴⁸.

Odontome können asymptomatisch sein und als röntgenologische Zufallsbefunde entdeckt werden oder ein Durchbruchshindernis darstellen⁴⁹.



Abb. 12 Zusammengesetztes Odontom palatinal von Zahn 11

Resorption

Unter Resorption versteht man den Verlust von Zahnhartsubstanz durch Odontoklasten^{50,51}. Sie entsteht aufgrund einer reizbedingten Zerstörung der Schutzbarriere des Zahnes. Spezielle Gewebeelemente an der Außenseite des Zahnes, wie das Präzement, die Zementblasten, das parodontale Ligament und Gewebeelemente im Zahn, wie das Prädentin und die Odontoblasten sorgen dafür, dass Odontoklasten nicht in den Zahn eindringen können⁵¹. Ursachen für die Zerstörung dieser Schutzbarriere des Zahnes können Zahntraumata, übermäßige kieferorthopädische Belastungen, impaktierte Zähne, Zysten und Tumoren sein.

Man unterscheidet zwischen interner und externer Resorption. Die interne Resorption geht vom Zahninneren aus, wohingegen die externe von der Wurzelaußenseite ausgeht^{50,51}.

Patel et al. unterteilen die interne Resorption in eine entzündliche Resorption und eine Ersatzresorption. Beide internen Resorptionsarten werden durch Bakterien aus der infizierten koronalen Pulpa verursacht und es kommt zur Bildung von Granulationsgewebe im Inneren der Zahnwurzel. Bei der internen Ersatzresorption wird außerdem knochenähnliches Reparaturgewebe gebildet^{51,52}.

Röntgenologisch zeigt sich bei der entzündlichen internen Resorption eine ballonartige Aufhellung des Wurzelkanals. Die interne Ersatzresorption hat ein unscharf begrenztes und wolkiges radiologisches Erscheinungsbild.

Die externe Resorption wird nach Patel et al. unterteilt in eine Oberflächenresorption, eine entzündliche Resorption, eine zervikale Resorption und eine Ersatzresorption. Die Oberflächenresorption wird durch verlagerte Zähne, Zysten, Tumore oder kieferorthopädische Kräfte verursacht (vgl. Abbildungen 15, 16). Die externe entzündliche Resorption entsteht durch eine Schädigung der äußeren Schutzbarriere und gleichzeitige Infektion der Pulpa (vgl. Abbildungen 13, 14). Sie tritt vor allem in Folge von Zahntraumata auf. Bei der zervikalen Resorption ist der Defekt im Zahnhalsbereich. Die Ursache für die Entstehung von der zervikalen Resorption ist nicht geklärt. Es wird eine multifaktorielle Genese vermutet. Zu einer externen Ersatzresorption kann es infolge einer Schädigung des Wurzelzements und des Desmodonts durch schwere Dislokationsverletzungen, insbesondere durch eine Avulsion, kommen. Dabei wird das Dentin durch Knochengewebe ersetzt und es kann zu einer Ankylose kommen. Das radiologische Charakteristikum ist das Fehlen des Parodontalspalt⁵¹.

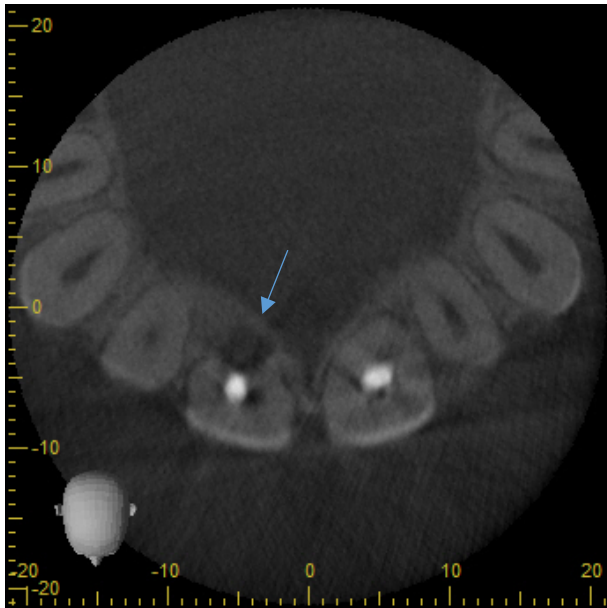


Abb. 13 Externe entzündliche Resorption an endodontisch behandeltem und reseziertem Zahn 11; Z. n. Frontzahntrauma

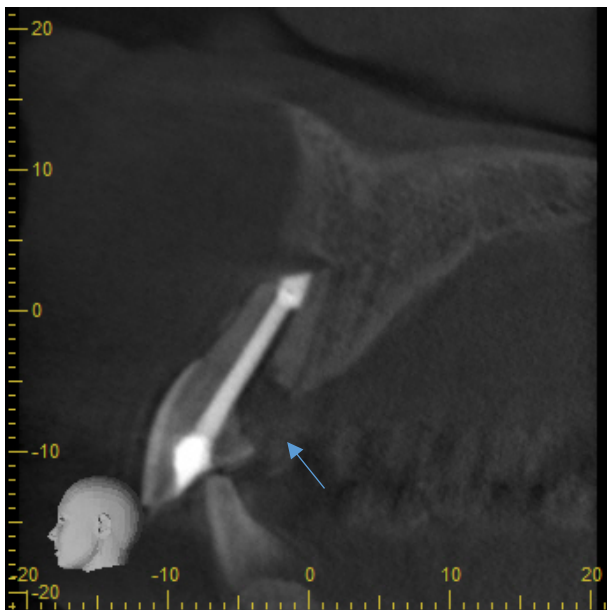


Abb. 14 Externe entzündliche Resorption an endodontisch behandeltem und reseziertem Zahn 11; Z. n. Frontzahntrauma



Abb. 15 Externe Oberflächenresorption der distobukkalen Wurzel des Zahnes 17 durch impaktierten Zahn 18

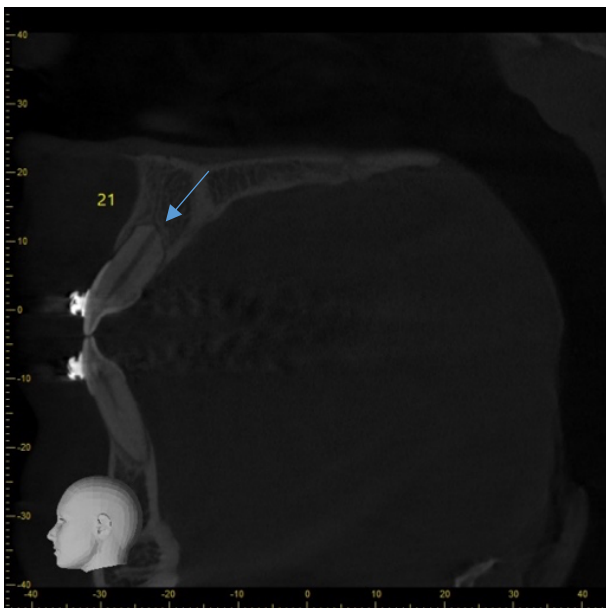


Abb. 16 Externe Oberflächenresorption nach kieferorthopädischer Behandlung an Zahn 21

Wurzelrest

Unter einem Wurzelrest versteht man den verbleibenden Teil einer Zahnwurzel, der nach einem Trauma oder einer Zahnextraktion im Kieferknochen zurückbleibt (vgl. Abbildungen 17, 18). Wurzelreste können reizlos im Knochen verbleiben oder Infektionen verursachen.

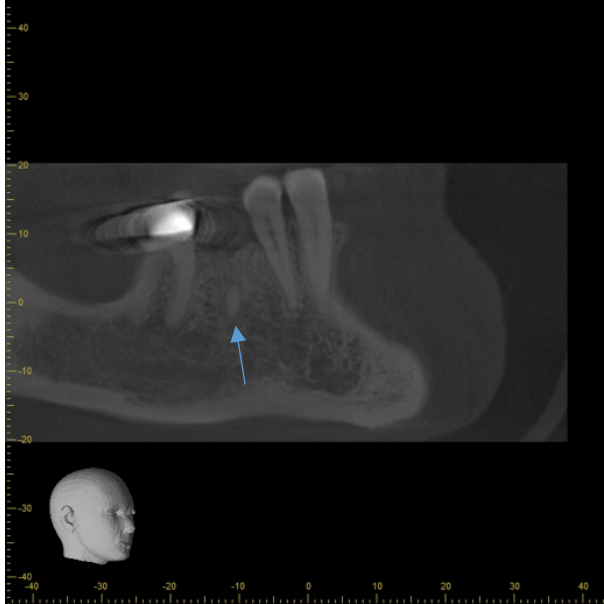


Abb. 17 Wurzelrest in regio 46

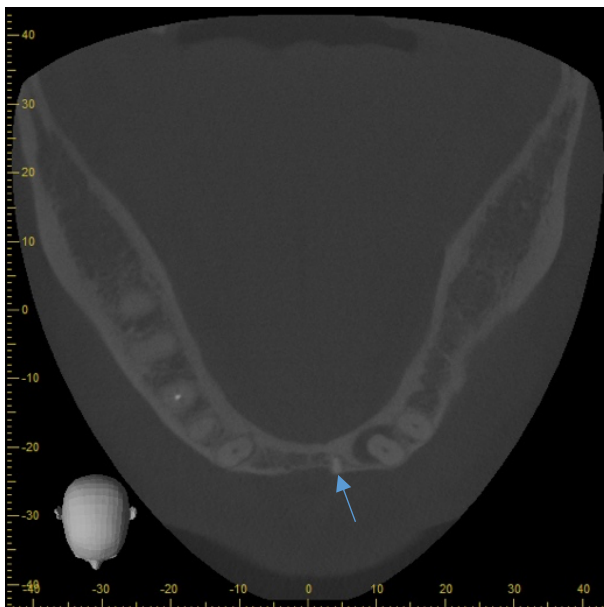


Abb. 18 Wurzelrest in regio 22

Karies

Karies ist eine durch kariogene Mikroorganismen verursachte Erkrankung der Zahnhartsubstanz⁵³. Sie kann im Zahnschmelz und im fortgeschrittenen Stadium im Zahndentin lokalisiert sein. Zur Kariesdiagnostik werden in der Praxis häufig der Zahnfilm und die Bissflügelaufnahme herangezogen. Im Röntgenbild ist die Karies als Aufhellung zu erkennen (vgl. Abbildungen 19, 20).

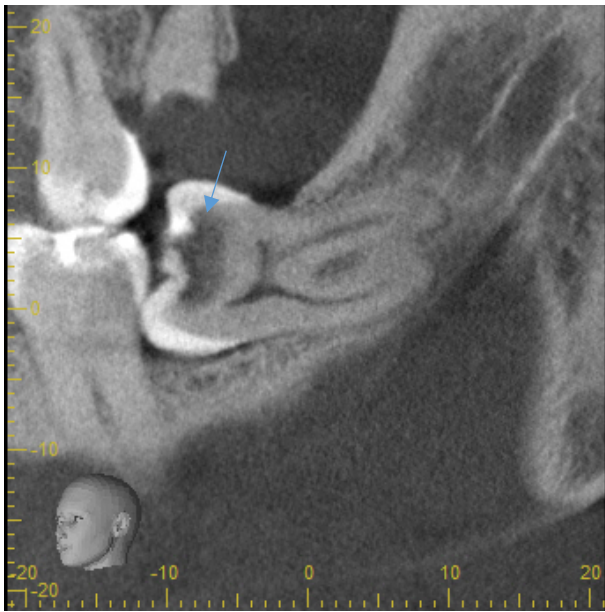


Abb. 19 Karies an teilretiniertem und horizontal verlagertem Zahn 38

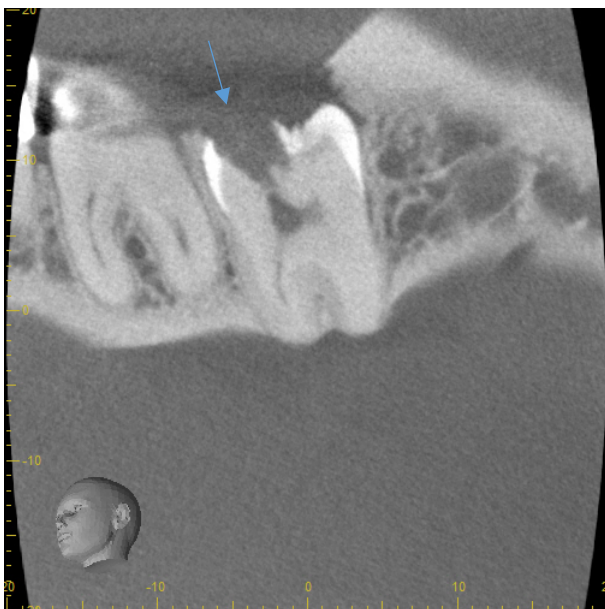


Abb. 20 Karies an vertikal verlagertem Zahn 38

Fremdkörper

Fremdkörper können im Kieferknochen (vgl. Abbildung 21) oder in den Kieferhöhlen (vgl. Abbildung 22) lokalisiert sein. Sie sind oft iatrogenen Ursprungs, können aber auch traumatisch bedingt sein⁵⁴. So können z. B. während einer Wurzelkanalbehandlung Wurzelfüllmaterialien in die Kieferhöhle gelangen und dort zu einer Sinusitis maxillaris (vgl. Abbildung 22) oder Aspergillose führen⁵⁵. Auch Implantate und Augmentationsmaterialien nach Sinusliftoperationen können in die Kieferhöhle dislozieren⁵⁶. Ebenso ist ein Eindringen von Metall-, Glas-, sowie Holzsplittern in die Kieferhöhle durch Traumata möglich.

Fremdkörper können asymptomatisch sein oder zu Komplikationen wie Infektionen führen. Fremdmaterial im Canalis mandibulae kann die Schädigung des Nervus alveolaris inferior zur Folge haben⁵⁷.

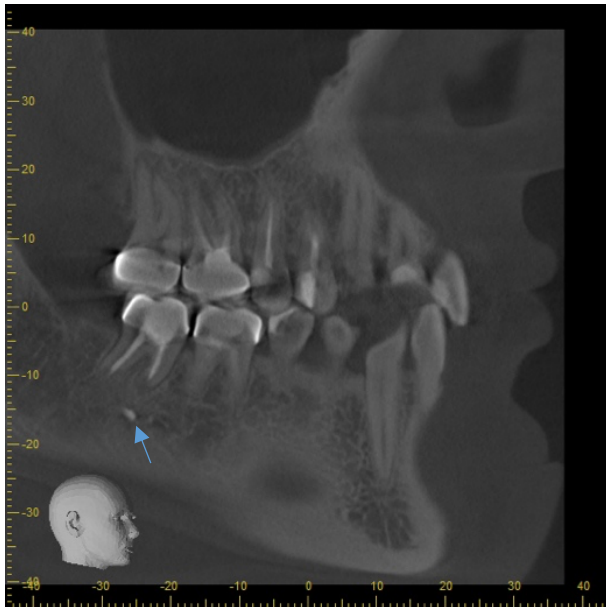


Abb. 21 Fremdkörper im Sinne von Wurzelfüllmaterial in regio 47

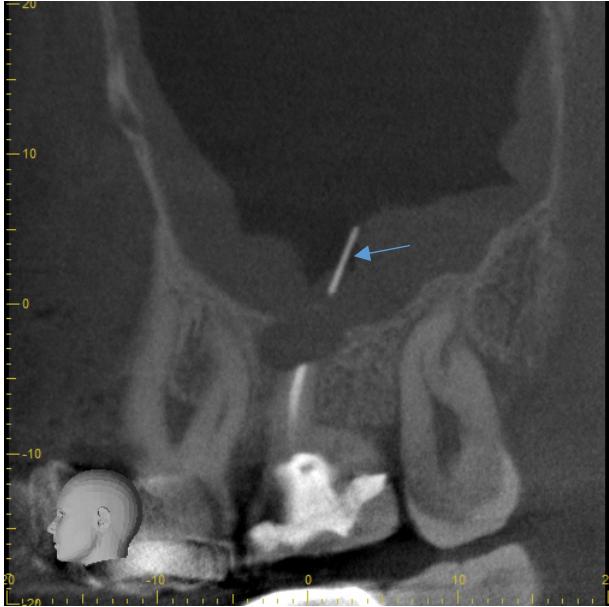


Abb. 22 Fremdkörper im Sinne von Guttapercha in der Kieferhöhle

Sklerosierung

Osteosklerosen sind Verdichtungen des Knochens, die häufig als Zufallsbefund im OPG entdeckt werden⁵⁸. Man unterscheidet zwischen idiopathischen und reaktiven Osteosklerosen. Idiopathische Osteosklerosen entstehen nicht als Folge einer Entzündung und sind immer asymptomatisch⁵⁹. Sie haben häufig Kontakt zur Kortikalis (vgl. Abbildung 24) oder zur Lamina dura der Alveolen und kommen bevorzugt im Seitenzahnbereich des Unterkiefers vor. Das radiologische Erscheinungsbild ist eine radioopake Struktur, die rund oder irregulär sein kann⁶⁰. Reaktive Osteosklerosen entstehen als Abwehrreaktion des Knochens auf Infektionen und sind daher typischerweise am Apex betroffener Zähne lokalisiert^{61,62}.



Abb. 23 ausgedehnte idiopathische Osteosklerose in regio 36



Abb. 24 ausgedehnte idiopathische Osteosklerose in regio 36

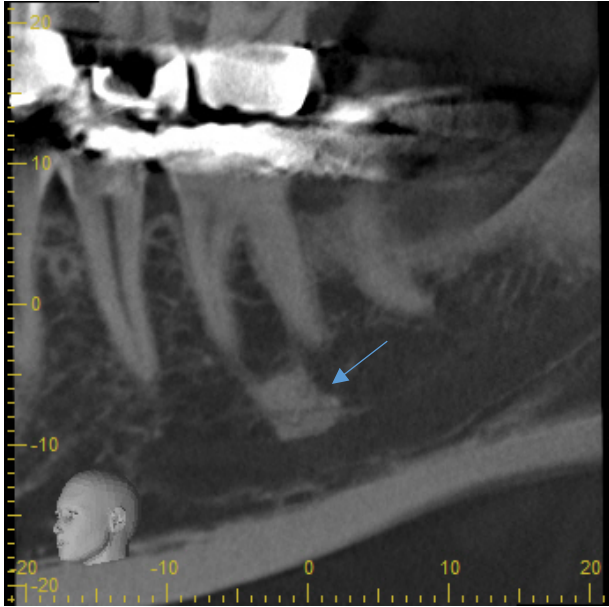


Abb. 25 idiopathische Osteosklerose in regio 36

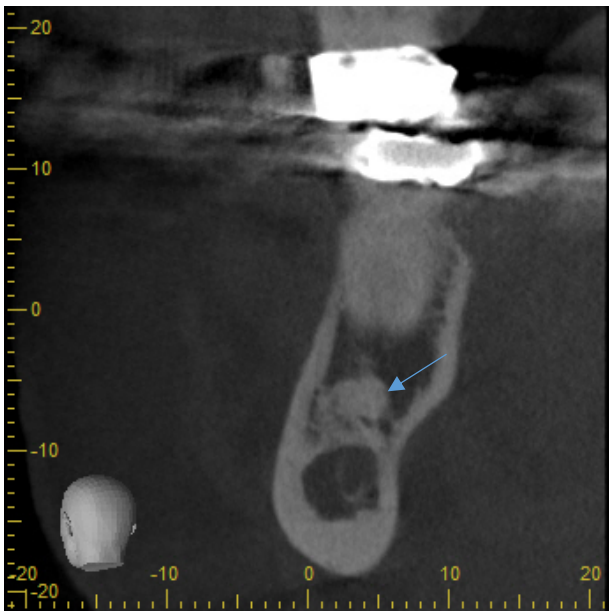


Abb. 26 idiopathische Osteosklerose in regio 36

Stafne-Kavität

Die Stafne-Kavität ist eine im Bereich des Kieferwinkels unterhalb des Canalis mandibulae gelegene linguale Einziehung⁶³⁻⁶⁵. Die Pathogenese ist nicht abschließend geklärt. Man vermutet eine Druckatrophie, die durch die Glandula submandibularis hervorgerufen werden könnte. Die Stafne-Kavität ist keine Zyste und hat daher keinen Krankheitswert⁶⁴.

Das röntgenologische Erscheinungsbild der Stafne-Kavität ist eine scharf begrenzte rund-ovale Aufhellung mit einem Durchmesser von 1 – 3 cm (vgl. Abbildung 27), die vor dem Kieferwinkel und unterhalb des Canalis mandibulae lokalisiert ist⁶⁵ (vgl. Abbildung 28).

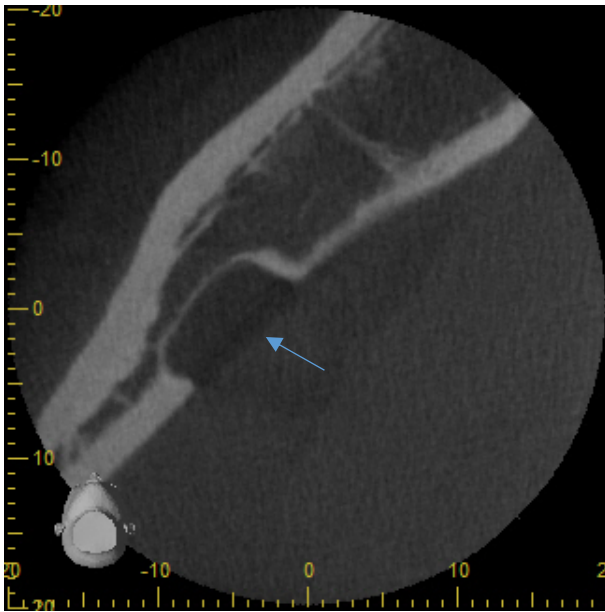


Abb. 27 Stafne-Kavität im rechten Unterkiefer

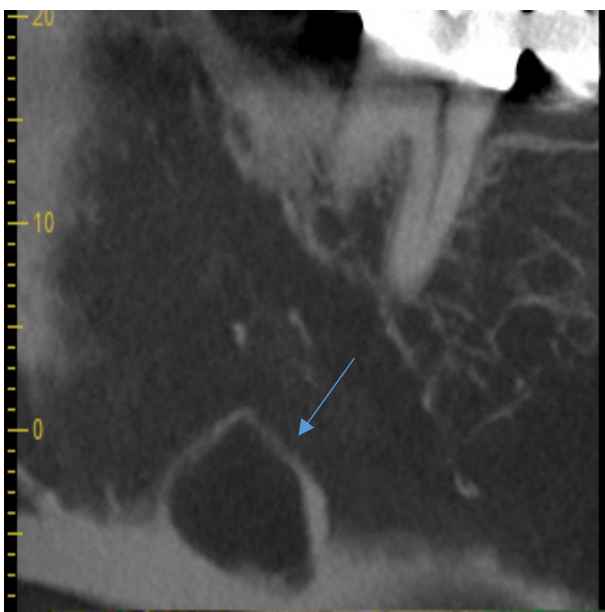


Abb. 28 Stafne-Kavität im rechten Unterkiefer

Verschattungen der Kieferhöhle: randständig, mukozelenartig, komplett

Die Kieferhöhlen sind luftgefüllte, mit Schleimhaut ausgekleidete Hohlräume, die durch eine Verbindung zur Nase belüftet werden⁶⁶. Durch pathologische Prozesse kann die Belüftung partiell oder vollständig eingeschränkt sein. Belüftungsstörungen der Kieferhöhlen gehen mit einer Verschattung dieser im Röntgenbild einher.

Eine randständige Verschattung kann das röntgenologische Erscheinungsbild einer dentogenen oder rhinogenen Sinusitis maxillaris sein.

Dentogene Sinusitiden können sich aus apikalen Prozessen oder Mund-Antrum-Verbindungen nach Zahnextraktionen entwickeln^{67,68}.

Rhinogene Sinusitiden werden aus dem Nasenhauptlumen abgeleitet. Sie können durch eine bakterielle oder virale Rhinitis oder durch mechanische Ventilationsstörungen, wie z. B. durch eine ausgeprägte Nasenseptumdeviation oder durch eine Polyposis nasi entstehen.

Eine akute Sinusitis maxillaris ist gekennzeichnet durch eine Flüssigkeitsansammlung in der Kieferhöhle, die im Röntgenbild als glatte Fläche erscheint und als „Spiegelbild“ bezeichnet wird. Bei der chronischen Form kommt es zu einer Hypertrophie der Kieferhöhlenschleimhaut oder zur Ausbildung von polypösen Strukturen. Eine Dicke der Kieferhöhlenschleimhaut über 2 mm gilt als pathologisch^{66,69}.



Abb. 29 randständige Verschattung der rechten Kieferhöhle in regio 16, 17; V. a. reaktive Schwellung der Kieferhöhlenschleimhaut bedingt durch apikalen Prozess an Zahn 16

Unter einer mukozelenartigen Verschattung versteht man eine glatt begrenzte, kugelförmige Verschattung, die häufig basal lokalisiert ist⁷⁰ (vgl. Abbildung 30). Sie ist das radiologische Zeichen einer Schleimhautretentionszyste, die entweder durch Obstruktion des Ganges einer Schleimdrüse der Kieferhöhlenschleimhaut oder durch Ansammlung von serösem Sekret in den subepithelialen Mukosaschichten entsteht^{70,71}. Auch bei größeren Schleimretentionszysten verbleibt ein Restlumen der Kieferhöhle und die knöchernen Wandungen der Kieferhöhle werden nicht verdrängt⁷⁰.

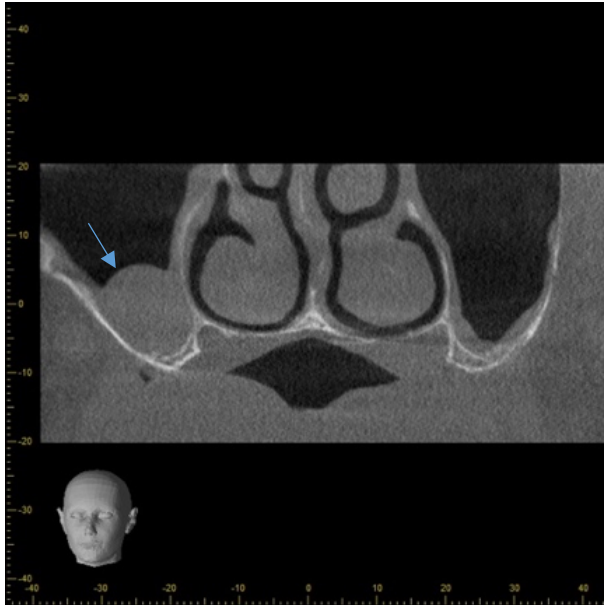


Abb. 30 kugelförmige basale Verschattung der rechten Kieferhöhle im zahnlosen Oberkiefer

Eine vollständige Verschattung mit oder ohne Zerstörung der knöchernen Begrenzungen kann durch Entzündungen, Traumata oder Neoplasien bedingt sein. Odontogene Zysten, wie z. B. die radikuläre oder follikuläre Zyste, Okklusionszysten, benigne und maligne Neoplasien können das Lumen der Kieferhöhle komplett verlegen und die knöchernen Wandungen der Kieferhöhle durch Druckatrophie zerstören⁷² (vgl. Abbildungen 31, 32).

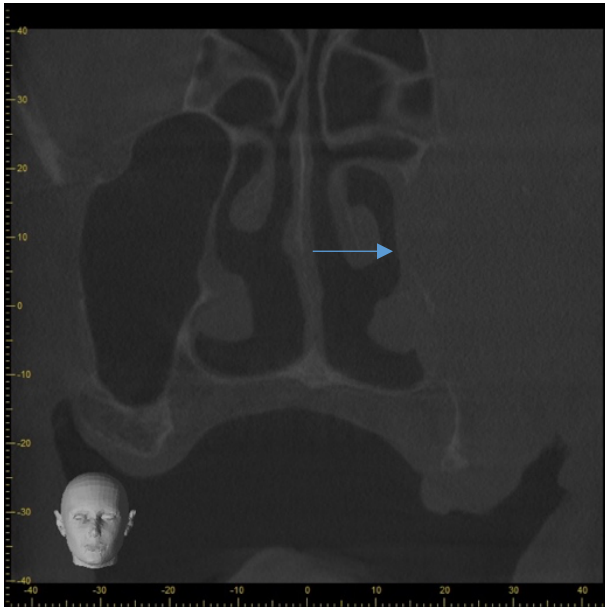


Abb. 31 komplette Verschattung der linken Kieferhöhle mit Destruktion der Kieferhöhlenwände; V. a. Neoplasie

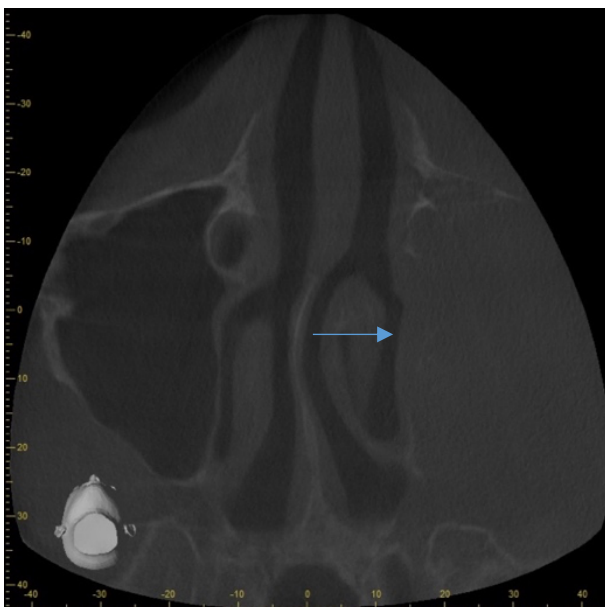


Abb. 32 komplette Verschattung der linken Kieferhöhle mit Destruktion der Kieferhöhlenwände; V. a. Neoplasie

Schmelzperle

Unter einer Schmelzperle versteht man die Schmelzbildung an einer atypischen Lokalisation. Sie kann ausschließlich aus Schmelz bestehen, oder Dentin- und Pulpaanteile enthalten und eine Größe von bis zu 4 mm erreichen⁷³ (vgl. Abbildungen 33, 34).

Schmelzperlen können die Entstehung und das Fortschreiten von Parodontalerkrankungen begünstigen⁷³.

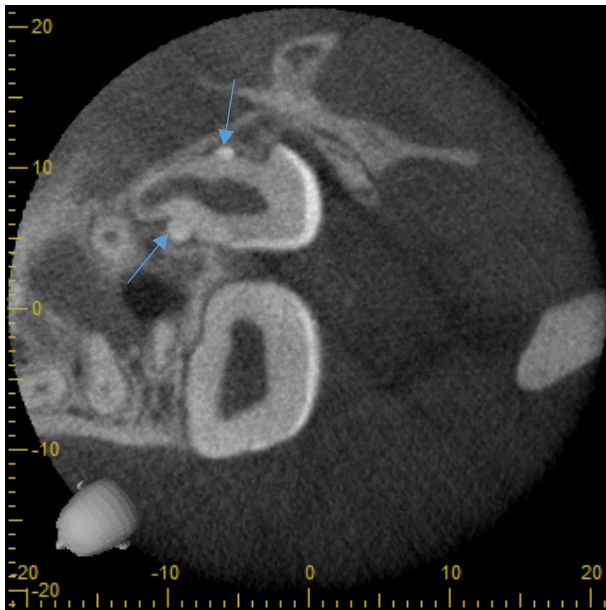


Abb. 33 Schmelzperlen an impaktiertem Zahn 28



Abb. 34 Schmelzperle an impaktiertem Zahn 28

Nasenseptumdeviation

Unter einer Nasenseptumdeviation versteht man die Verkrümmung der Nasenscheidewand (Septum nasi). Sie kann angeboren oder traumatisch bedingt sein⁷⁴. Je nach Ausprägung kann sie unter anderem eine Behinderung der Nasenatmung und eine Infektion der Nasennebenhöhlen begünstigen. Abbildung 35 zeigt eine Nasenseptumdeviation.

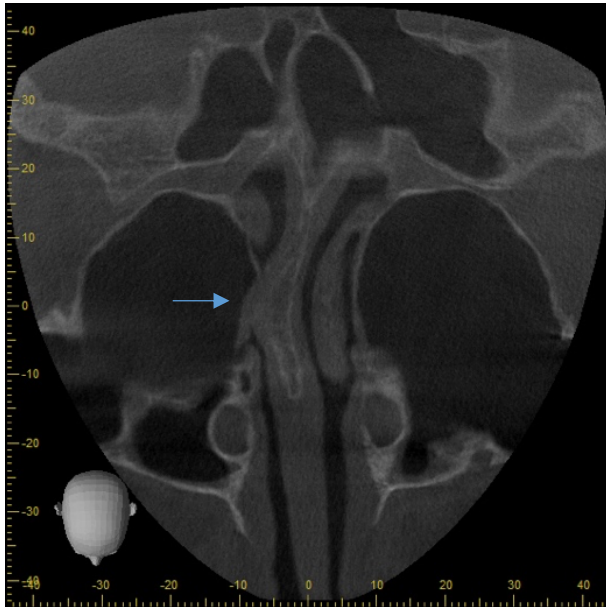


Abb. 35 Nasenseptumdeviation nach rechts

Tonsillenstein

Bei Tonsillen- oder Mandelsteinen handelt es sich um Kalzifikationen, die insbesondere in der Tonsilla palatina vorkommen^{75,76} (vgl. Abbildungen 36, 37). Ein Auftreten in der Tonsilla lingualis und Tonsilla pharyngealis ist seltener. Die Kalzifikationen enthalten Epithelzellen, Speisereste und Bakterien⁷⁵.

Kleine Tonsillensteine sind meist asymptomatisch und werden als Zufallsbefund im Röntgenbild entdeckt. Größere Tonsillensteine können eine Odynophagie, ein Fremdkörpergefühl im Hals, Mundgeruch und Abszesse verursachen^{75,77}.

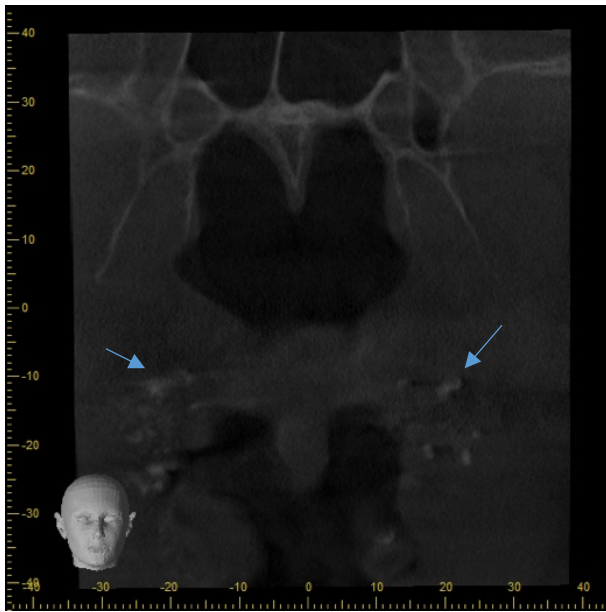


Abb. 36 multiple Tonsillensteine der Tonsilla palatina rechts und links

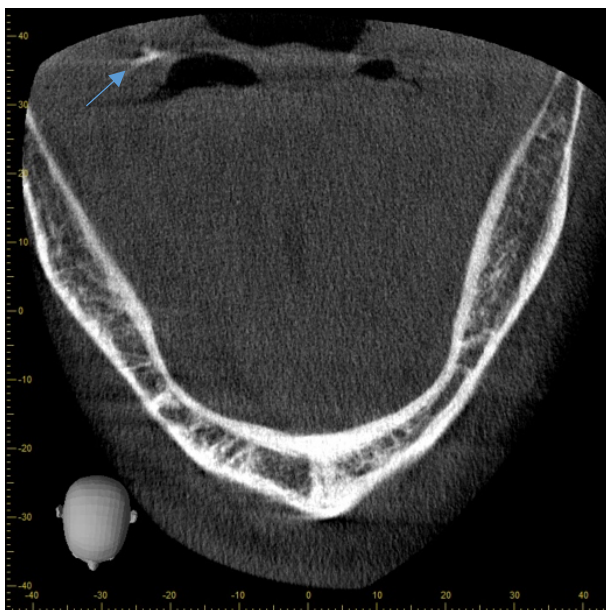


Abb. 37 Tonsillenstein der Tonsilla palatina rechts

Speichelstein

Speichelsteine können sowohl in den Ausführungsgängen als auch im Parenchym der großen Speicheldrüsen vorkommen, wobei sie hauptsächlich in den Ausführungsgängen lokalisiert sind.

Am häufigsten ist die Glandula submandibularis betroffen. 80 % der Speichelsteine kommen in der Glandula submandibularis vor, wobei sie hier in 75 – 85 % der Fälle intraduktal zu finden sind. 5 – 20 % der Speichelsteine treten in der Glandula parotidea, 1 – 7 % in der Glandula sublingualis auf⁷⁸.

Speichelsteine können asymptomatisch sein oder eine Infektion verursachen. Ca. 20 % der Speichelsteine können aufgrund ihrer Radioluzenz in Röntgenaufnahmen nicht diagnostiziert werden⁷⁹.

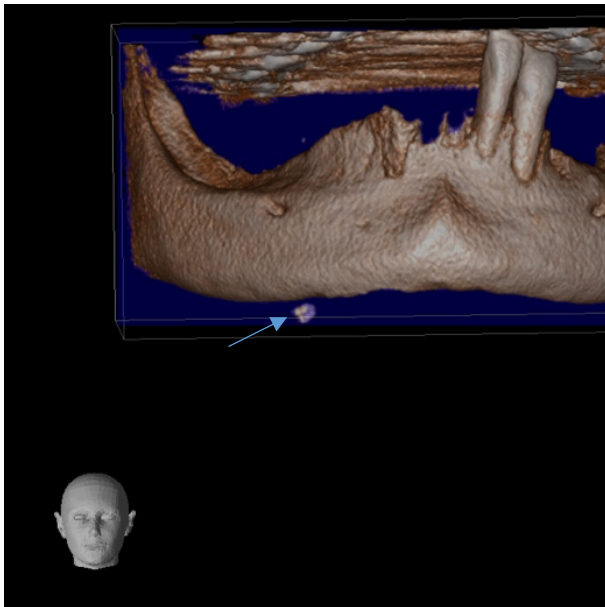


Abb. 38 Speichelstein

Dens in dente/ Dens invaginatus

Beim Dens invaginatus handelt es sich um eine Zahnanomalie, die durch eine Einstülpung (Invagination) des Schmelzorgans während der Zahnentwicklung entsteht⁸⁰.

3.4.5. Diagnosesicherheit der Nebenbefunde

Nach Erfassung der Nebenbefunde wurde die Diagnosesicherheit für jeden Nebenbefund im OPG und in der DVT-Aufnahme gemäß Tabelle 6 beurteilt:

Tab. 6 Diagnosesicherheit

Der Zufallsbefund ist im OPG/ DVT	Kode
nicht nachweisbar	1
evtl. nachweisbar	2
unklar	3
evtl. erkennbar	4
sicher erkennbar	5

Zur Veranschaulichung der Beurteilung der Diagnosesicherheit im Hinblick auf die Nebenbefunde werden im Folgenden drei ausgewählte Fälle dargestellt:

Fall Nr.1 – Indikation für die DVT: präimplantologische Diagnostik 36 und Lagebestimmung 19

PSA



Abb. 39 PSA eines Erwachsenen; eine zystische Läsion an 16 und eine randständige Verschattung der linken Kieferhöhle sind in der PSA nicht nachweisbar

DVT



Abb. 40 NB: randständige Verschattung der linken Kieferhöhle, apikaler Prozess an 26; beide Nebenbefunde sind in der DVT-Aufnahme sicher erkennbar



Abb. 41 NB: zystische Läsion an 16; der Nebenbefund ist in der DVT-Aufnahme sicher erkennbar

Fall Nr. 2 – Indikation für die DVT: präimplantologische Diagnostik 37

PSA



Abb. 42 PSA eines Erwachsenen; ein Fremdkörper in regio 45 ist sicher erkennbar, eine genaue Lagebestimmung ist jedoch nicht möglich; eine Osteosklerose in regio 45 ist in der PSA sicher erkennbar; eine zystische Läsion an 47 ist in der PSA nicht nachweisbar

DVT

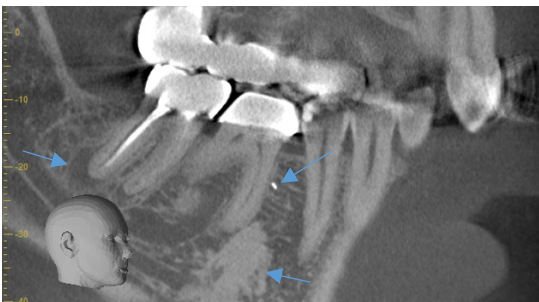


Abb. 43 NB: Fremdkörper mesial 46, zystische Läsion an 47, Osteosklerose; alle 3 Nebenbefunde sind sicher erkennbar

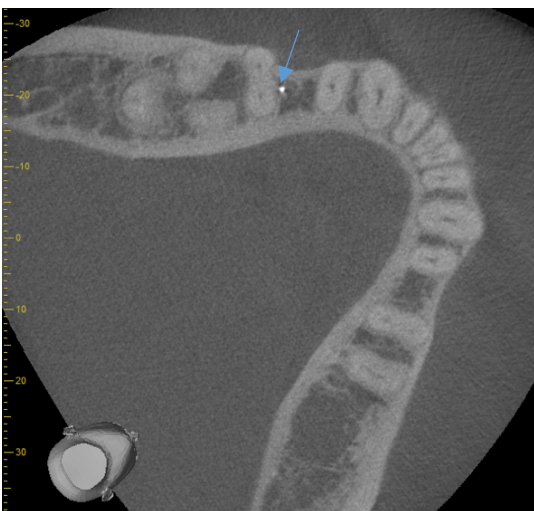


Abb. 44 NB: Fremdkörper 46 mesial; dieser Nebenbefund ist in der DVT-Aufnahme sicher erkennbar

Fall Nr. 3 – Indikation für die DVT: Lagebestimmung 23

PSA



Abb. 45 PSA eines Erwachsenen; eine randständige Verschattung der linken Kieferhöhle ist eventuell nachweisbar; eine Nasenseptumdeviation ist nicht nachweisbar

DVT



Abb. 46 NB: randständige Verschattung der linken Kieferhöhle; dieser Nebenbefund ist in der DVT-Aufnahme sicher erkennbar

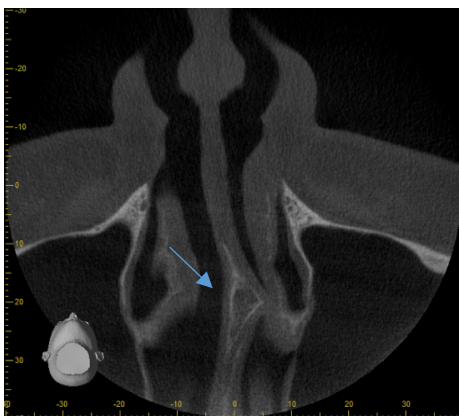


Abb. 47 NB: Nasenseptumdeviation; dieser Nebenbefund ist in der DVT-Aufnahme sicher erkennbar

3.5 Statistische Auswertung

Mit den erhobenen Daten wurde eine Excel-Tabelle erstellt, welche für die statistische Auswertung in IBM SPSS Statistics importiert wurde.

3.5.1. Levene-Test für die Varianzgleichheit

Der Levene-Test ist ein statistisches Verfahren, das verwendet wird, um die Homogenität der Varianzen in verschiedenen Gruppen zu überprüfen. Die Varianzgleichheit stellt eine Voraussetzung für den t -Test dar⁸¹.

Die Signifikanz beim Levene-Test wird durch den p -Wert bestimmt. Ein p -Wert $> 0,05$ bedeutet, dass sich die Varianzen nicht signifikant voneinander unterscheiden, wodurch die Homogenitätsannahme der Varianz erfüllt ist. Ist $p < 0,05$ liegt ein signifikanter Unterschied zwischen den Varianzen.

In dieser Dissertation wird der Levene-Test zur Überprüfung der Varianzgleichheit zwischen den Geschlechtern männlich und weiblich verwendet.

3.5.2. t -Test für die Mittelwertgleichheit

Der t -Test ist ein Hypothesentest, der die Mittelwerte zwischen zwei Gruppen vergleicht⁸². In der vorliegenden Dissertation wird das Durchschnittsalter in Bezug auf die beiden Gruppen männlich und weiblich verglichen. Ist der t -Wert nahe 0, so besteht kein signifikanter Unterschied der Mittelwerte bezüglich des Alters in den Gruppen männlich und weiblich. Das Signifikanzniveau wurde auf $\alpha = 5\%$ festgelegt. Ein möglicher Zusammenhang zwischen Durchschnittsalter und Geschlecht ist dann signifikant, wenn der p -Wert das Signifikanzniveau von 0,05 unterschreitet.

3.5.3. Cohen's Kappa zur Bewertung der Übereinstimmung

Cohen's Kappa ist ein statistisches Maß, das eingesetzt wird, um zu bestimmen, wie gut verschiedene Beobachter*innen in ihren Bewertungen übereinstimmen. Er ist also ein Maß dafür, wie zuverlässig zwei Beobachter*innen dasselbe messen⁸³.

In dieser Dissertation handelt es sich jedoch nicht um zwei Beobachter*innen, sondern um zwei unterschiedliche Aufnahme-Arten (DVT und OPG). Cohen's Kappa wird in dieser Arbeit dazu verwendet, um die Übereinstimmung der erfassten Nebenbefunde in der DVT-Aufnahme und im OPG zu vergleichen.

Nach Landis & Koch ist der Kappa-Wert (κ) zwischen < 0 und 1 definiert, wobei 1 für das höchste Maß an Übereinstimmung steht. Tabelle 7 zeigt die Klassifikation der Kappa-Werte nach Landis & Koch, die auch in der vorliegenden Arbeit verwendet wird^{83,84}.

Tab. 7 Grenzen nach Landis & Koch (1977)^{83,84}

Kappa score	Interpretation
< 0	No agreement
0.0 – 0.20	Slight agreement
0.21 – 0.40	Fair agreement
0.41 – 0.60	Moderate agreement
0.61 – 0.80	Substantial agreement
0.81 – 1.00	Almost perfect agreement

4. Ergebnisse

4.1 Geschlechterverteilung

Die Geschlechterverteilung zeigt, dass der Anteil an DVT-Aufnahmen von Patientinnen deutlich höher ist. 414 von insgesamt 656 DVT-Aufnahmen sind dem weiblichen Geschlecht zuzuordnen. 242 DVT-Aufnahmen stammen von männlichen Patienten (vgl. Tabelle 8).

Tab. 8 Geschlechterverteilung

Geschlecht	N
männlich	242
weiblich	414

4.2 Altersverteilung zum Zeitpunkt der DVT-Aufnahme

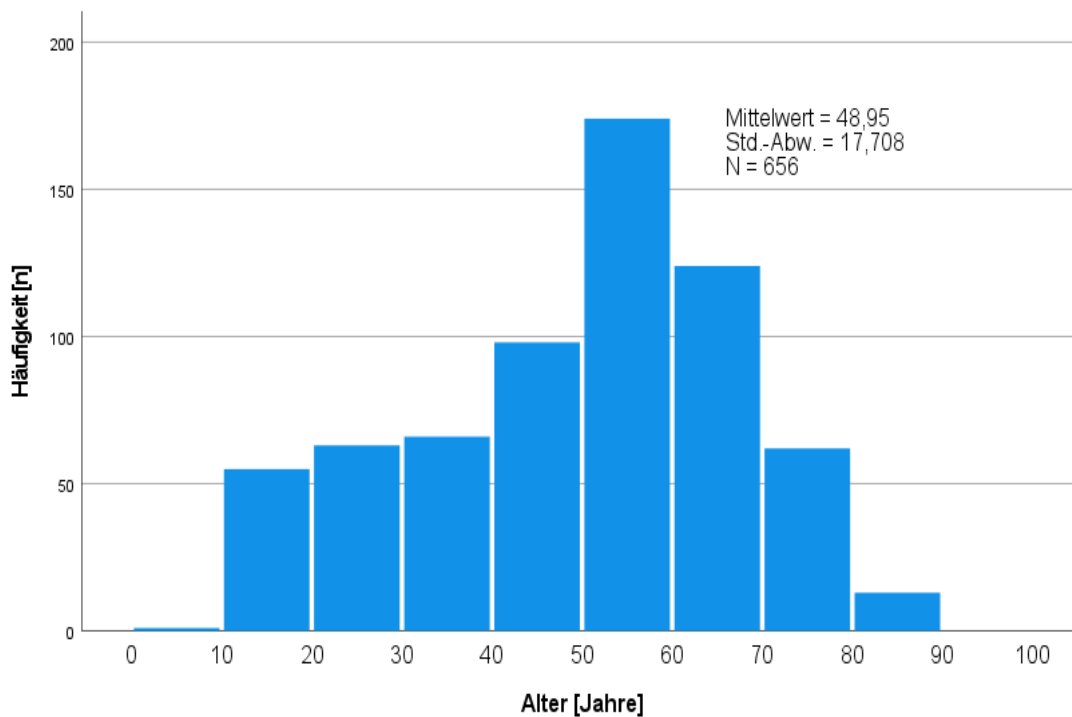


Abb. 48 Altersverteilung zum Zeitpunkt der DVT-Aufnahme

Die Patient*innen wiesen zum Zeitpunkt der DVT-Aufnahme ein Lebensalter zwischen 9 und 88 Jahren auf. Der Mittelwert lag bei 48,95 Jahren. Die Standardabweichung von 17,71 zeigt, dass es eine gewisse Streuung in den Altersdaten gibt (vgl. Abbildung 48).

Der jüngste Patient hatte ein Alter von 10 Jahren, der älteste 85. Die jüngste Patientin war 9 Jahre alt, die älteste 88. Der Median für beide Geschlechter lag bei 52 Jahren (vgl. Abbildung 49).

Insgesamt zeigt sich, dass Männer und Frauen in dieser Studie in Bezug auf das Alter annähernd gleich verteilt sind. Auffällige Ausreißer sind nicht vorhanden (vgl. Abbildung 49).

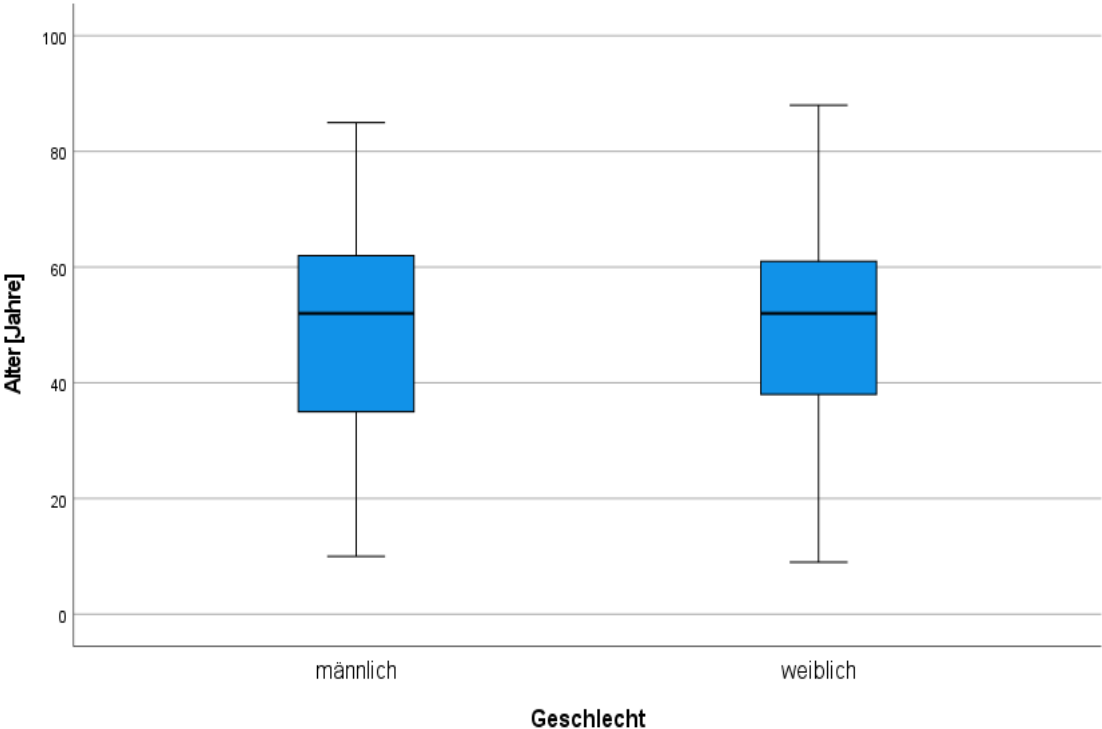


Abb. 49 Altersverteilung zum Zeitpunkt der DVT-Aufnahme

4.3 Rechtfertigende Indikation für die DVT-Aufnahme

Mehr als die Hälfte der DVT-Aufnahmen (N = 333; 50,8 %) wurden zur präimplantologischen Diagnostik angefertigt. Die zweihäufigste rechtfertigende Indikation war mit 26,2 % (N = 172) die Fokussuche. Bei 16,2 % (N = 106) der Fälle wurde die DVT-Aufnahme zur präoperativen Lagebestimmung retinierter Weisheitszähne durchgeführt (vgl. Tabelle 9). Diese drei Indikationsklassen stellen mit insgesamt 93,2 % die Hauptindikationen für eine DVT-Aufnahme in der MKG-Praxis Dr. Dr. Lieberum dar.

Weitere Indikationen waren die präoperative Lagebestimmung retinierter Zähne (N = 27; 4,1 %), ossäre Kieferläsionen (N = 9; 1,4 %), die Kieferhöhlendiagnostik (N = 7; 1,1 %) und die Traumatologie (N = 2; 0,3 %).

Tab. 9 Rechtfertigende Indikation für die DVT-Aufnahme

		Häufigkeit	Prozent
Gültig	prä. Impl.	333	50,8
	Fokus	172	26,2
	ret. Zahn	27	4,1
	ret. WHZ	106	16,2
	Sinus	7	1,1
	Trauma	2	,3
	ossäre Läsion	9	1,4
	Gesamt	656	100,0

Auffällig ist, dass 243 der insgesamt 333 Patient*innen, die sich zur präimplantologischen Diagnostik einer DVT-Aufnahme unterzogen, Frauen waren. In den anderen Indikationsklassen war das Geschlechterverhältnis nahezu ausgeglichen (vgl. Tabelle 10).

Tab. 10 Rechtfertigende Indikation für die DVT-Aufnahme mit Geschlechterverteilung

Indikation		Geschlecht	N	Mittelwert	Std.-Abweichung
p	Alter [Jahre]	männlich	0 ^a	.	.
		weiblich	0 ^a	.	.
prä. Impl.	Alter [Jahre]	männlich	90	54,39	14,758
		weiblich	243	54,77	14,825
Fokus	Alter [Jahre]	männlich	84	52,10	16,097
		weiblich	88	48,40	15,158
ret. Zahn	Alter [Jahre]	männlich	15	26,13	21,013
		weiblich	12	33,25	24,566
ret. WHZ	Alter [Jahre]	männlich	46	37,63	16,659

		weiblich	60	32,03	15,369
Sinus	Alter [Jahre]	männlich	2	33,50	3,536
		weiblich	5	48,20	16,694
Trauma	Alter [Jahre]	männlich	2	63,50	4,950
		weiblich	0 ^a	.	.
ossäre Läsion	Alter [Jahre]	männlich	3	29,67	8,327
		weiblich	6	51,00	25,187

4.4 Alter zum Zeitpunkt der DVT-Aufnahme in Bezug zur Indikation

4.4.1. Indikation: präimplantologische Diagnostik

Die häufigste rechtfertigende Indikation für die DVT-Aufnahme war mit 50,8 % die präimplantologische Diagnostik. In dieser Indikationsklasse betrug das durchschnittliche Lebensalter 54,66 Jahre. Dies deutet darauf hin, dass vor allem Patient*innen zwischen dem 50. und 60. Lebensjahr die Praxis für eine Implantatberatung aufsuchten (vgl. Abbildung 50). Die Standardabweichung von 14,786 zeigt, dass es eine gewisse Variabilität in den Altersdaten gibt.

In dieser Indikationsklasse gibt es in den Altersdaten zwischen dem männlichen ($M = 54,39$) und dem weiblichen Geschlecht ($M = 54,77$) kaum Unterschiede.

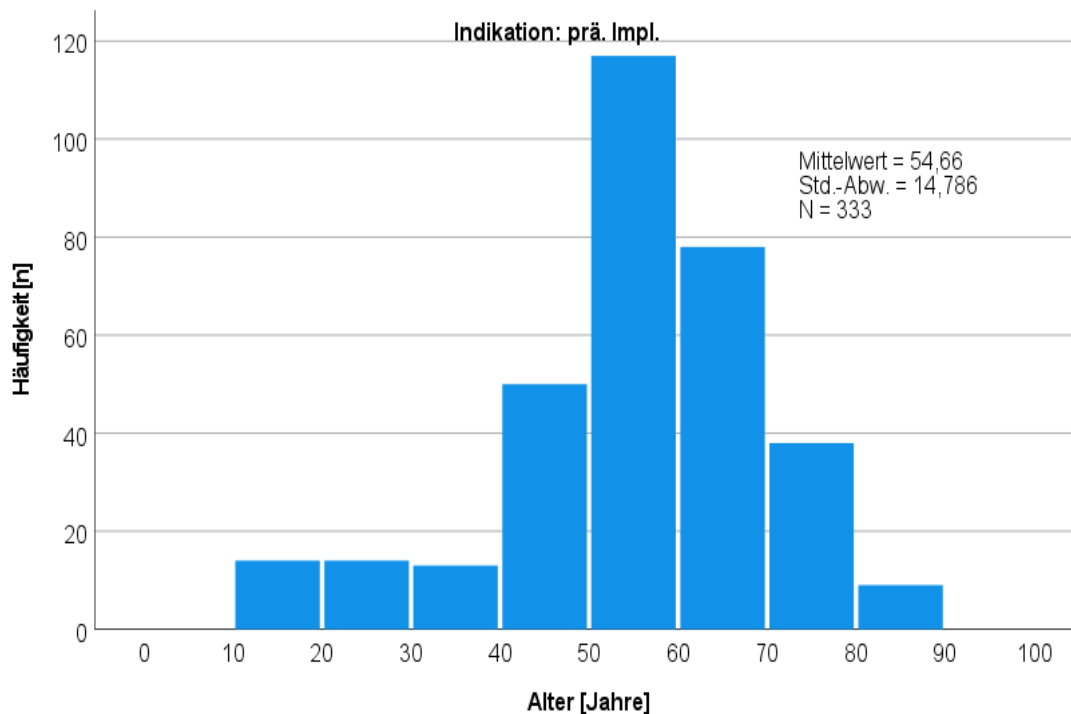


Abb. 50 Altersverteilung bei den Patient*innen mit der Indikation „präimplantologische Diagnostik“

Insgesamt zeigt sich, dass der Großteil der präimplantologischen Diagnostik im höheren Altersbereich stattfand. Auffällig ist die höhere Anzahl an Ausreißern im unteren Altersbereich bei den Frauen (vgl. Abbildung 50).

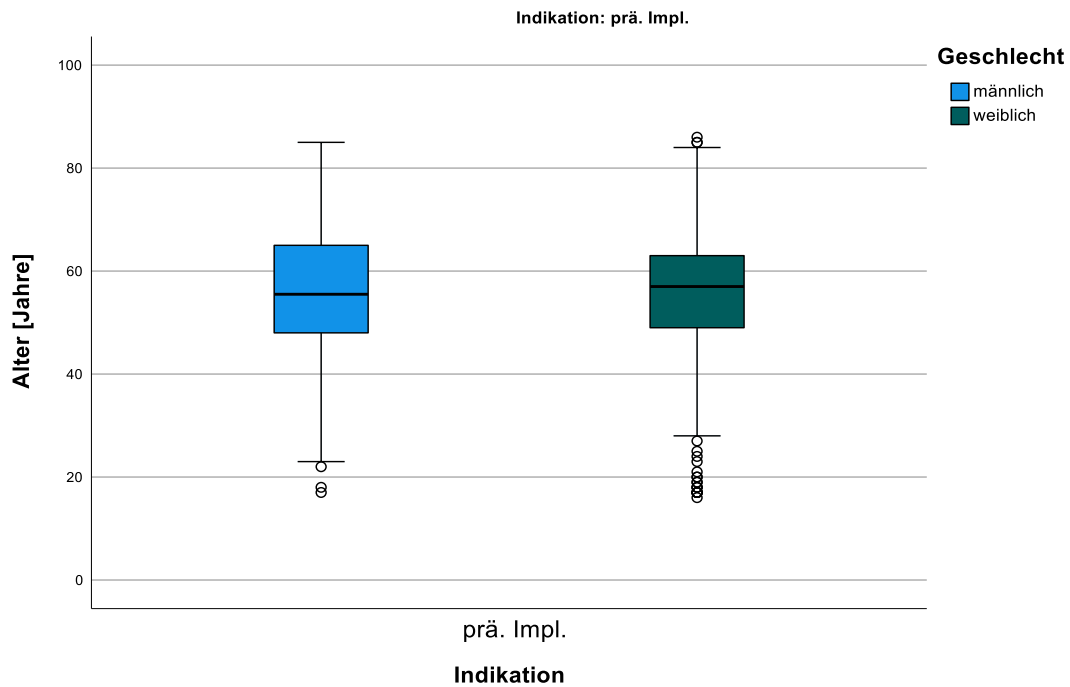


Abb. 51 Altersverteilung bei den Patient*innen mit der Indikation „präimplantologische Diagnostik“

4.4.2. Indikation: Fokussuche

Mit 26,2 % stellte die Fokussuche die zweithäufigste Indikation für eine DVT-Aufnahme in der Praxis dar. Das durchschnittliche Lebensalter betrug hier 50,2 Jahre (vgl. Tabelle 52). Parodontologische und endodontologische Fragestellungen, unklare Prognosen scheinen in dieser Altersgruppe eine Rolle bei der Indikationsstellung für eine DVT-Aufnahme zu spielen. Frauen waren in dieser Indikationsklasse zum Zeitpunkt der DVT-Aufnahme mit einem durchschnittlichen Alter von 48,40 Jahren etwas jünger als die männlichen Patienten ($M = 52,2$).

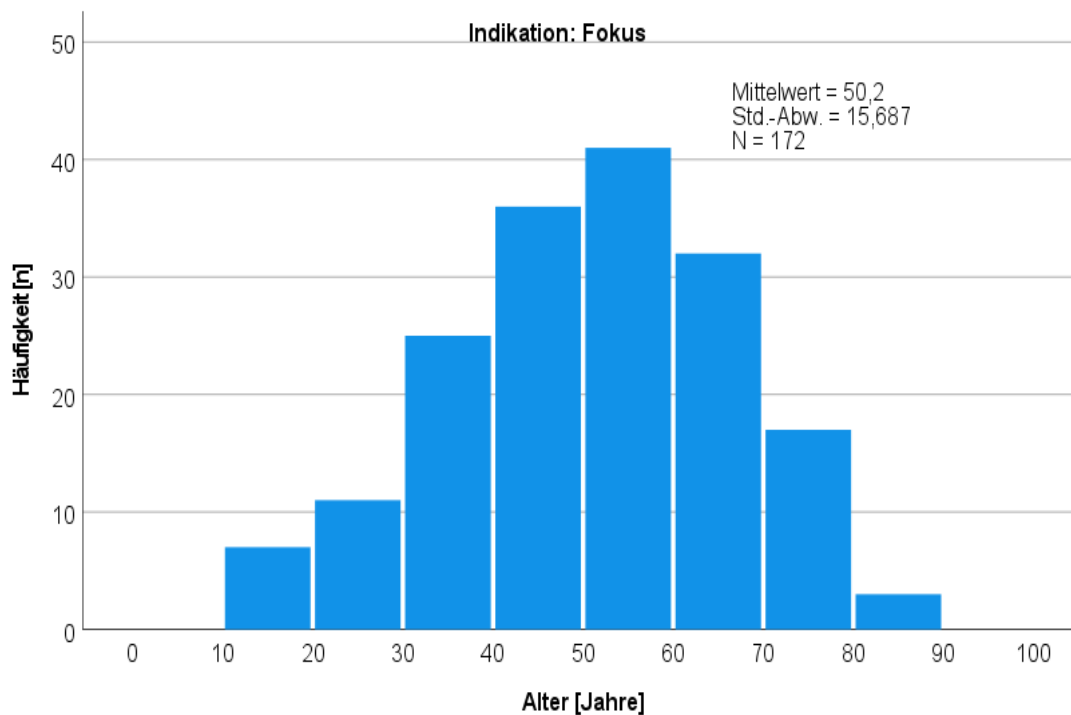


Abb. 52 Altersverteilung bei den Patient*innen mit der Indikation „Fokussuche“

Abbildung 53 verdeutlicht, dass die Altersverteilung zwischen den Geschlechtern in dieser Indikationsklasse relativ homogen war. Die Boxplots weisen vergleichbare Streuungen auf, wobei bei beiden Gruppen keine Ausreißer zu beobachten sind (vgl. Abbildung 53).

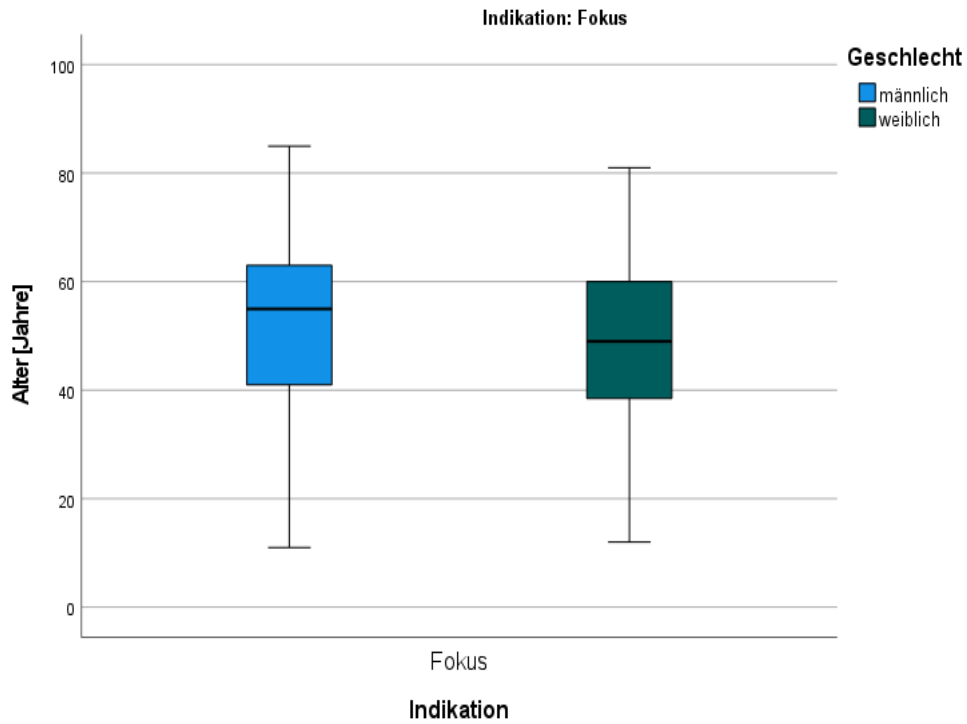


Abb. 53 Altersverteilung bei den Patient*innen mit der Indikation „Fokussuche“

4.4.3. Indikation: Lagebestimmung retinierter Weisheitszähne

Nach der präimplantologischen Diagnostik und der Fokussuche war die Lagebestimmung retinierter Weisheitszähne mit 106 Fällen die dritthäufigste Indikation für eine DVT-Aufnahme in der Praxis. In dieser Gruppe unterscheidet sich das durchschnittliche Alter deutlich vom Durchschnittsalter in den anderen Gruppen ($M = 34,46$). Dies bedeutet, dass sich vor allem jüngere Patient*innen für die Entfernung von Weisheitszähnen in der Praxis vorstellten. Dabei waren Frauen bei der Vorstellung in der Praxis mit 32,03 Jahren jünger als die Männer ($M = 37,63$).

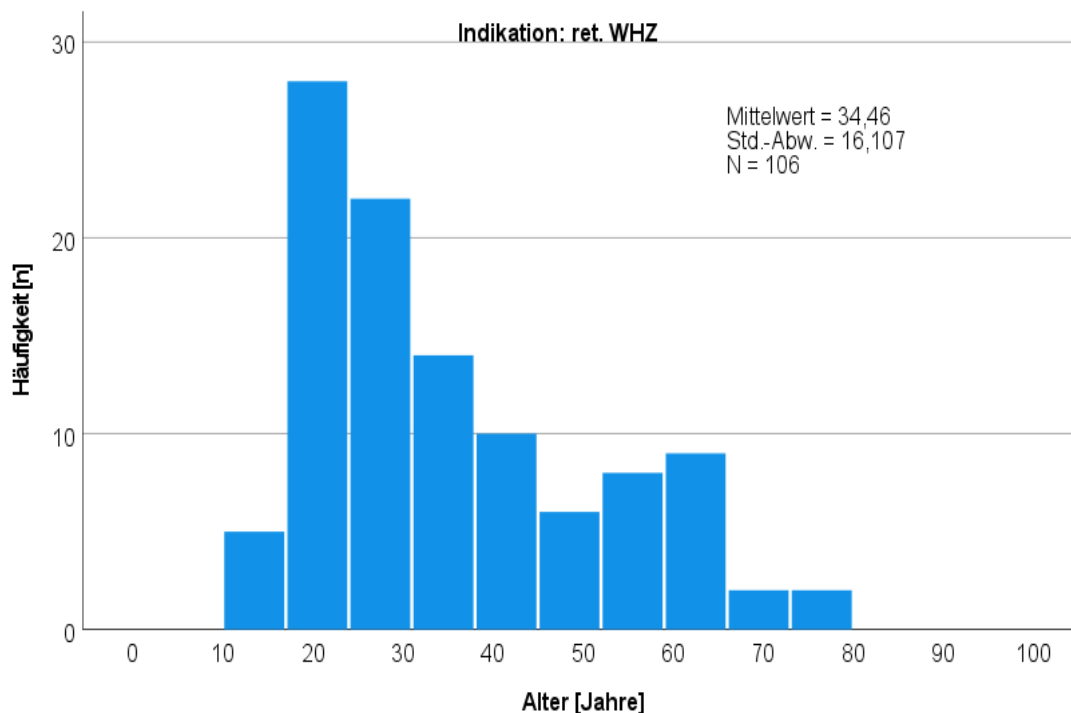


Abb. 54 Altersverteilung bei den Patient*innen mit der Indikation „Lagebestimmung retinierter Weisheitszähne“

Abbildung 55 zeigt, dass der Altersbereich der männlichen Gruppe insgesamt breiter gestreut ist und die Spannweite zwischen Minimal- und Maximalwert größer ist. In der männlichen Gruppe sind keine Ausreißer zu finden.

In der weiblichen Gruppe sind Ausreißer, die oberhalb der oberen Quartilsgrenze liegen, auffällig (vgl. Abbildung 55).

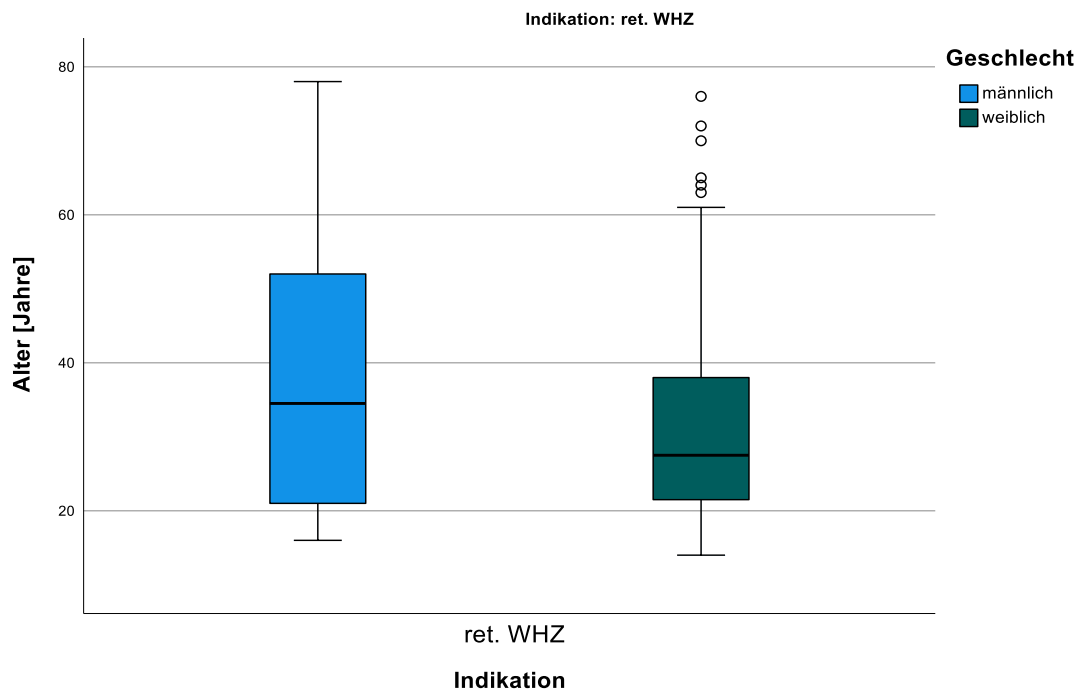


Abb. 55 Altersverteilung bei den Patient*innen mit der Indikation „Lagebestimmung retinierter Weisheitszähne“

4.4.4. Indikation: Lagebestimmung retinierter Zähne

In dieser Indikationsklasse waren die Patient*innen im Vergleich zu den anderen Indikationsklassen mit einem Durchschnittsalter von 29,3 Jahren am jüngsten. 15 von insgesamt 27 Patient*innen in dieser Indikationsklasse waren unter 20 Jahre alt.

Die Frauen hatten in dieser Indikationsklasse im Durchschnitt ein höheres Alter ($M = 33,25$) als die Männer ($M = 26,13$).

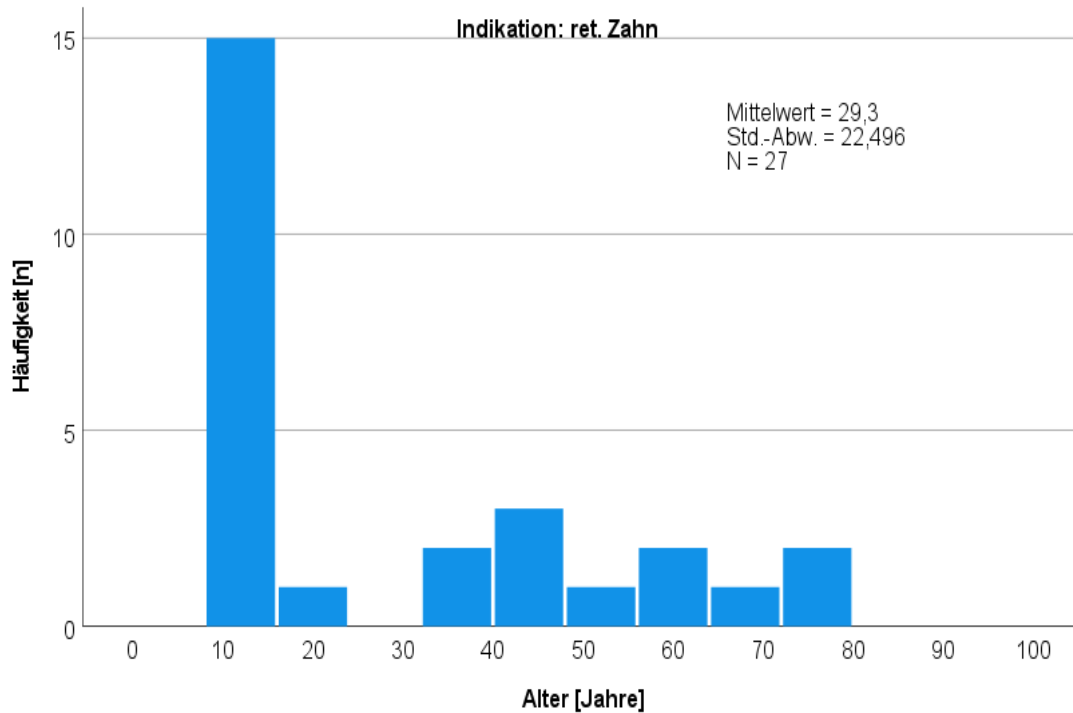


Abb. 56 Altersverteilung bei den Patient*innen mit der Indikation „Lagebestimmung retinierter Zähne“

Die Altersverteilung ist in der weiblichen Gruppe deutlich breiter gestreut. Der Median liegt in dieser Gruppe höher, etwa bei 28 Jahren. In der männlichen Gruppe ist die Altersverteilung enger und der Median liegt im unteren Bereich, etwa bei 15 Jahren (vgl. Abbildung 57).

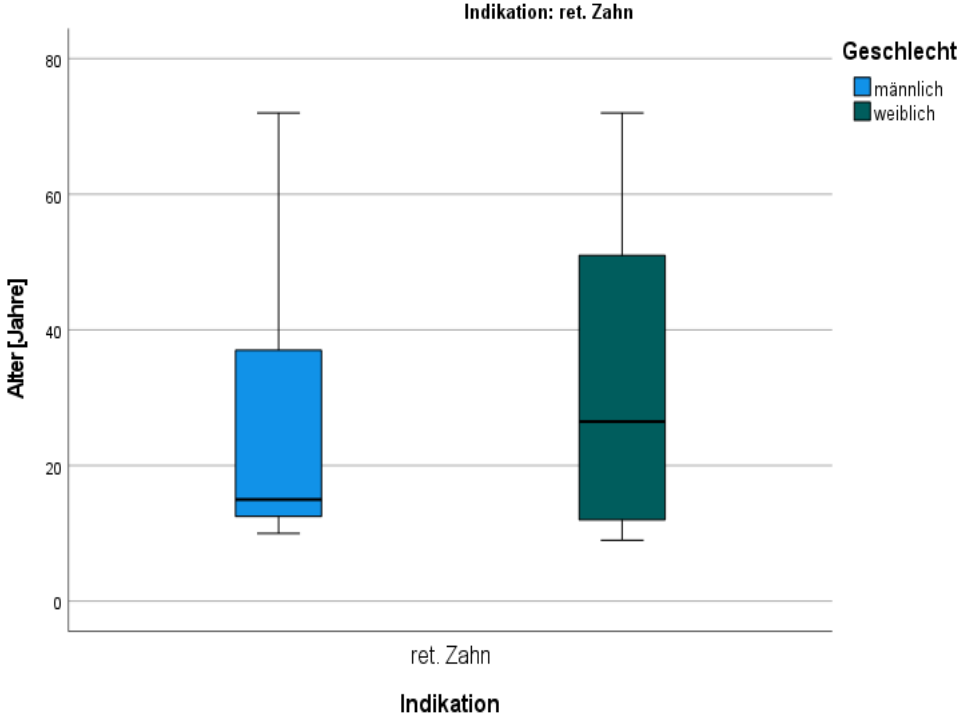


Abb. 57 Altersverteilung bei den Patient*innen mit der Indikation „Lagebestimmung retinierter Zähne“

4.4.5. Indikation: Kieferhöhlendiagnostik

Lediglich bei sieben Patient*innen wurde eine DVT-Aufnahme zur Kieferhöhlendiagnostik angefertigt. Fünf von insgesamt sieben Patient*innen waren weiblich. Das durchschnittliche Alter lag in dieser Indikationsklasse bei 44 Jahren.

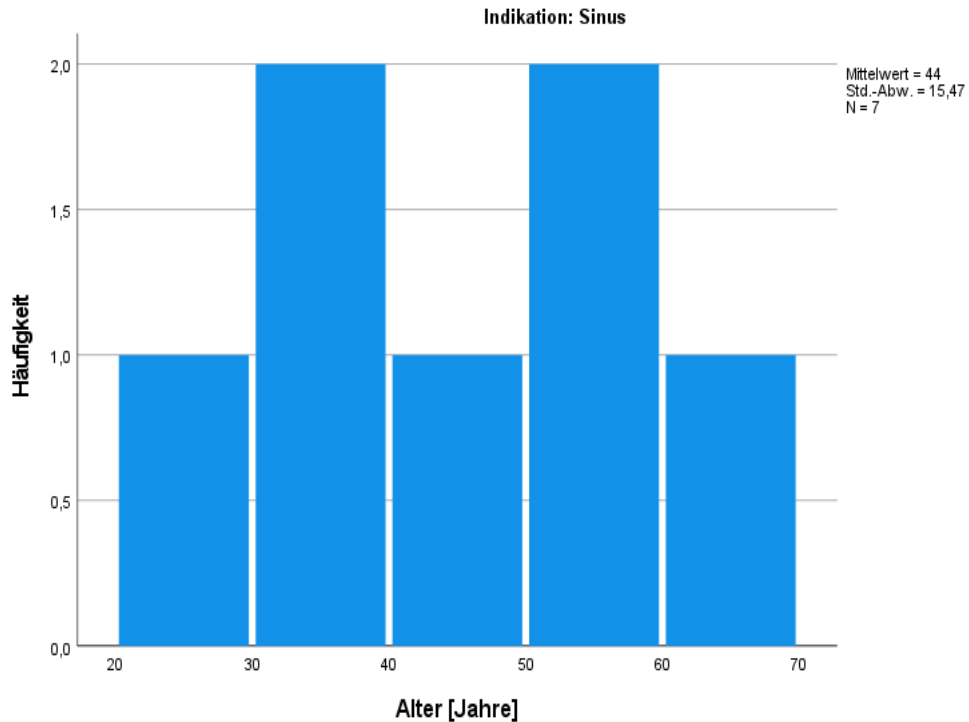


Abb. 58 Altersverteilung bei den Patient*innen mit der Indikation „Kieferhöhlendiagnostik“

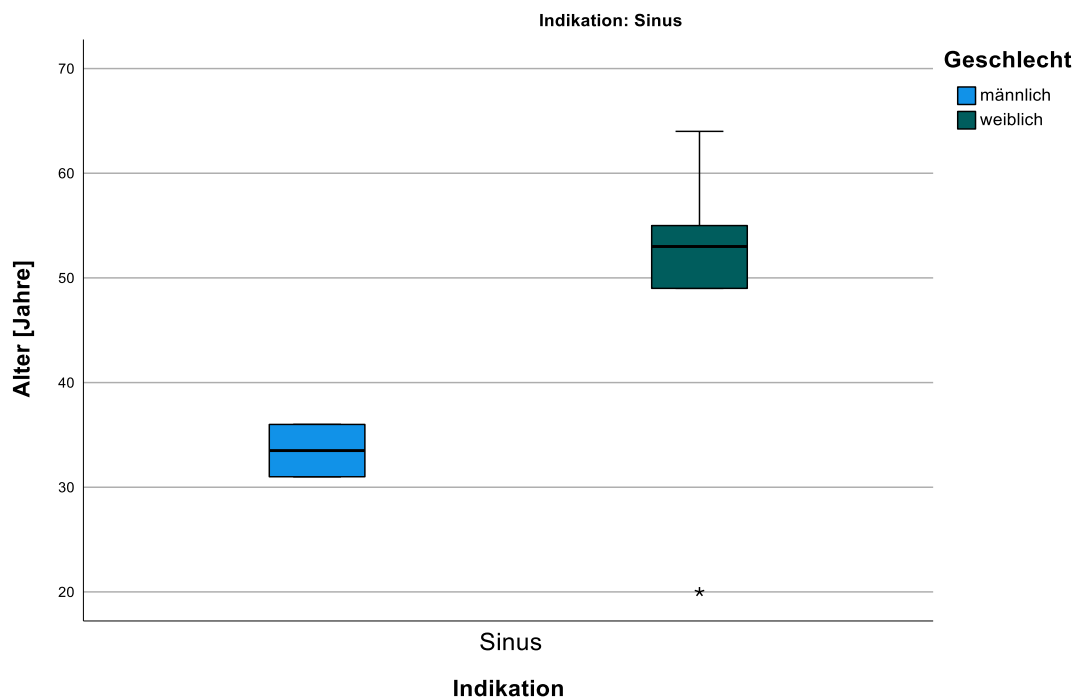


Abb. 59 Altersverteilung bei den Patient*innen mit der Indikation „Kieferhöhlendiagnostik“

4.4.6. Indikation: Traumatologie

Es gab nur zwei Patienten, bei denen eine DVT-Aufnahme aufgrund einer traumatologischen Fragestellung durchgeführt wurde. Beide Patienten waren männlich und das Durchschnittsalter lag bei 63,5 Jahren.

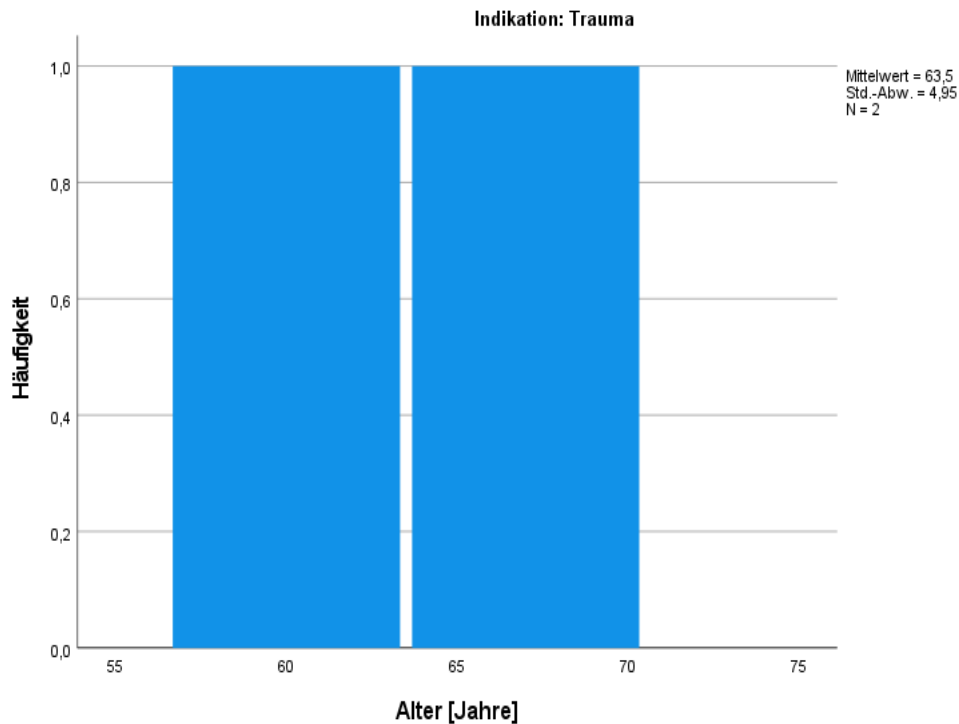


Abb. 60 Altersverteilung bei den Patienten mit der Indikation „Traumatologie“

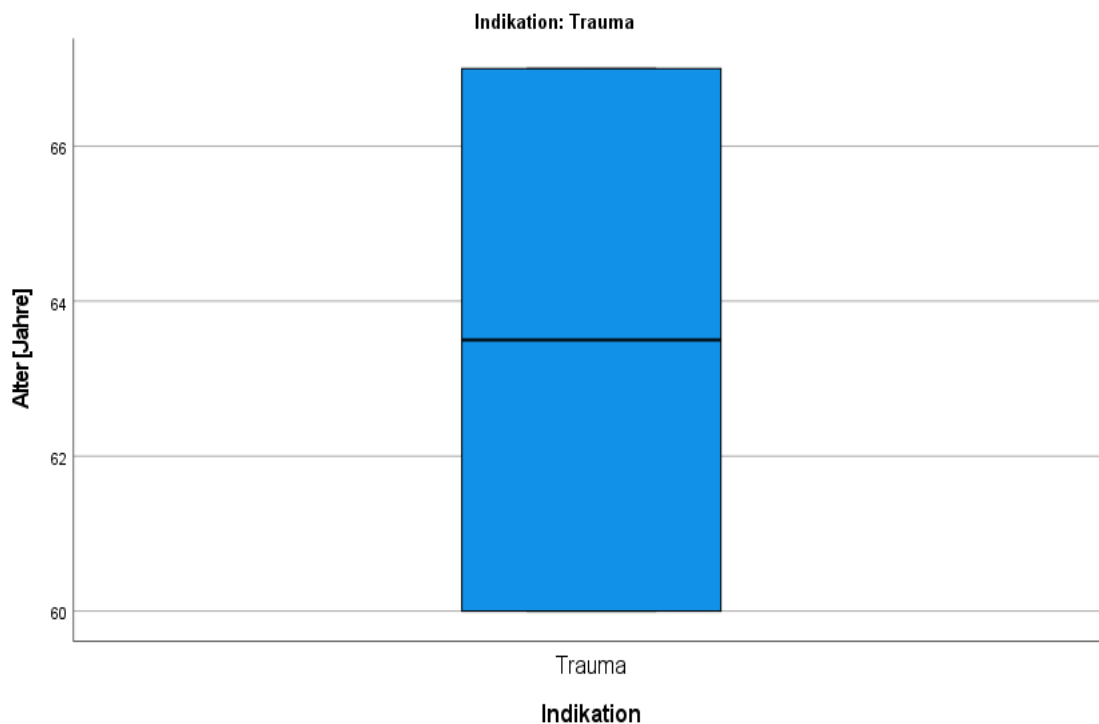


Abb. 61 Altersverteilung bei den Patienten mit der Indikation „Traumatologie“

4.4.7. Indikation: Intraossäre Kieferläsionen

Bei neun Patient*innen wurde eine DVT-Aufnahme bei Verdacht auf eine intraossäre Kieferläsion durchgeführt, wobei hier das Durchschnittsalter 43,89 Jahre betrug. Drei von neun Patienten in dieser Indikationsklasse waren männlich. Bei den männlichen Patienten lag das Durchschnittsalter bei 29,67 Jahren. Sechs Patientinnen waren weiblich. Das Durchschnittsalter lag hier bei 51 Jahren.

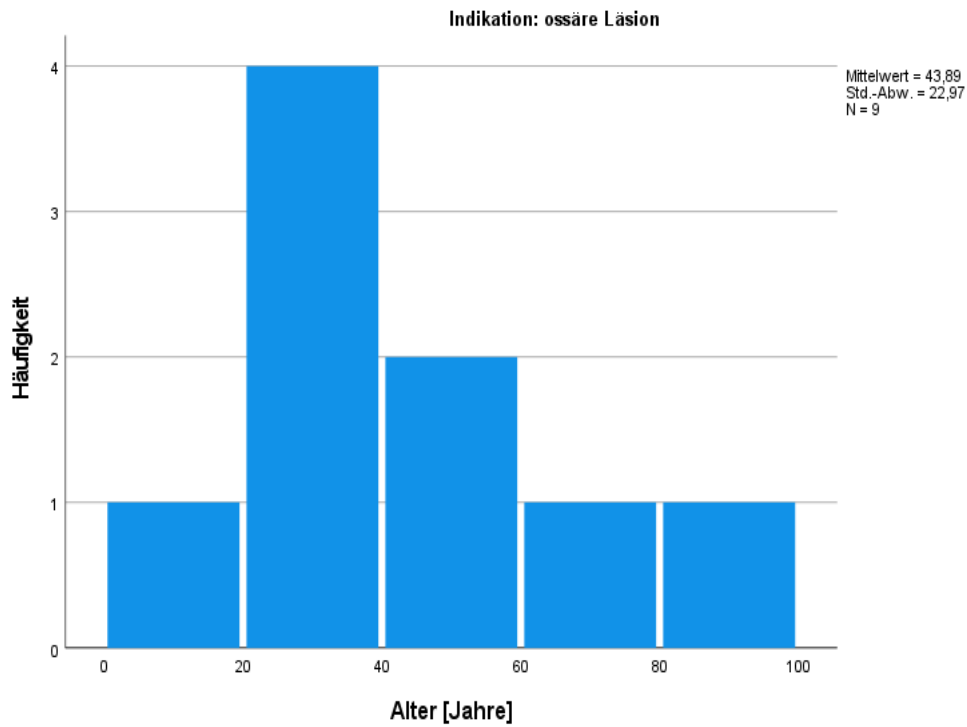


Abb. 62 Altersverteilung bei den Patient*innen mit der Indikation „intraossäre Kieferläsionen“

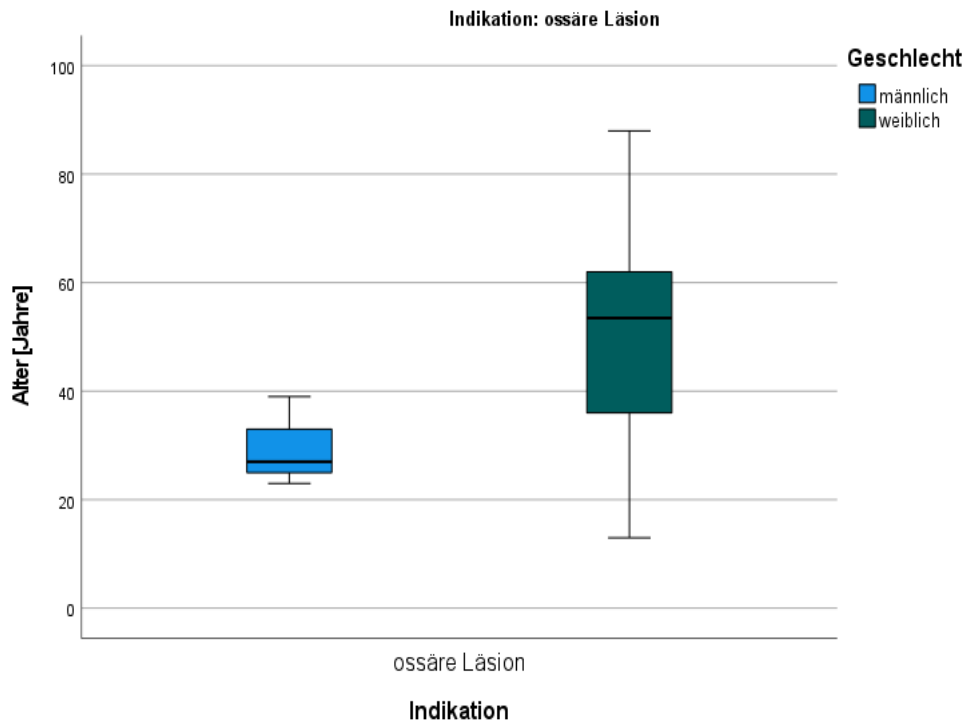


Abb. 63 Altersverteilung bei den Patient*innen mit der Indikation „intraossäre Kieferläsion“

4.5 Zeitintervall zwischen PSA und DVT

Das Zeitintervall zwischen der PSA und der DVT-Aufnahme in den Indikationsklassen „präimplantologische Diagnostik“, „Fokussuche“ und „Lagebestimmung von retinierten Weisheitszähnen“ war in der Praxis auffallend kurz. Es betrug bei der präimplantologischen Diagnostik durchschnittlich 3,2 Tage. Bei der Fokussuche war das Zeitintervall mit 2,9 Tagen und bei der Lagebestimmung von retinierten Weisheitszähnen mit 2,7 Tagen sogar kürzer (vgl. Tabelle 11). Dies bedeutet, dass in der Praxis nach der Erstvorstellung rasch ein Folgetermin für die weitere Diagnostik mittels DVT-Aufnahme vereinbart wurde.

Ein negativer Wert bedeutet, dass die DVT-Aufnahme vor dem OPG angefertigt wurde. In der Indikationsklasse „Lagebestimmung retinierter Zähne“ deutet der negative Wert -53,9 darauf hin, dass das OPG postoperativ angefertigt wurde. Präoperativ wurde in der Praxis das OPG der Zuweiserpraxis verwendet.

Tab. 11 Zeitintervall zwischen PSA und DVT

Indikation	Zeitintervall (Mittelwert in Tagen)
Präimplantologische Diagnostik	3,2
Fokussuche	2,9
Lagebestimmung retinierter Weisheitszähne	2,7
Lagebestimmung retinierter Zähne	-53,9
Kieferhöhlendiagnostik	-4,29
Traumatologie	12,5
Intraossäre Kieferläsionen	8,6

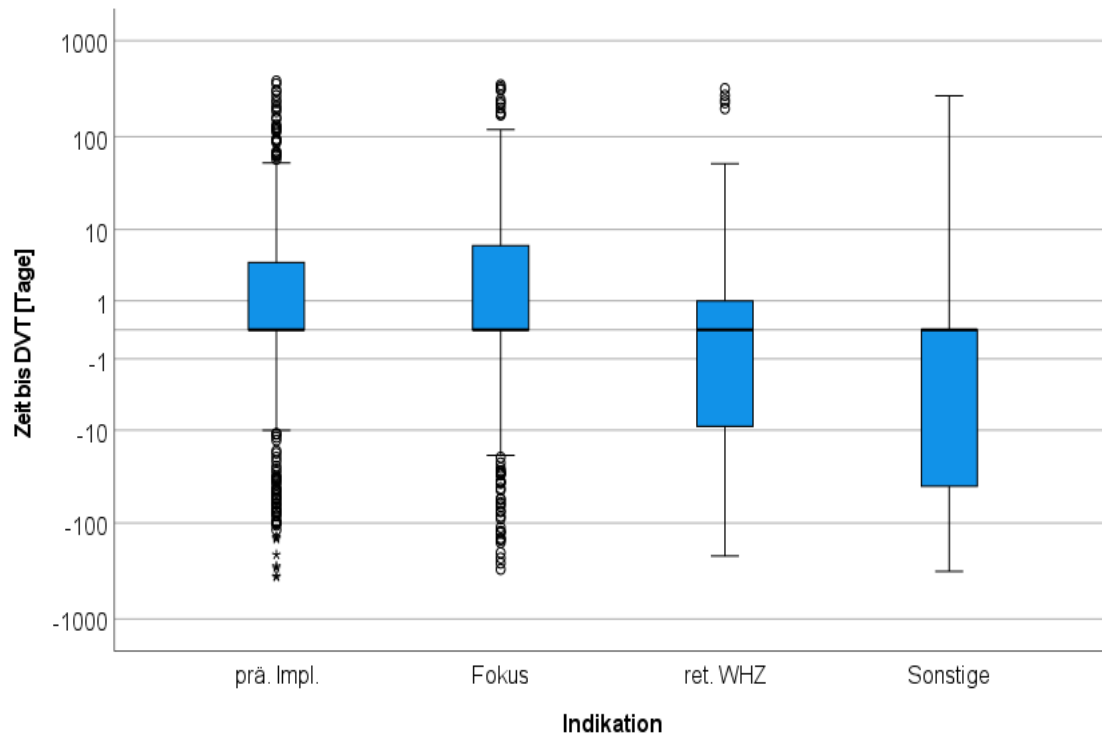


Abb. 64 Zeitintervall zwischen PSA und DVT

4.6 Bestätigung der Verdachtsdiagnose

Bei 191 von 656 DVT-Aufnahmen wurde vor Anfertigung eine Verdachtsdiagnose gestellt. Die Verdachtsdiagnose konnte in 153 Fällen mit Hilfe der DVT-Aufnahme gesichert werden. 22-mal wurde die Verdachtsdiagnose nach der DVT-Aufnahme ausgeschlossen. Die Verdachtsdiagnose konnte in 16 Fällen trotz DVT-Aufnahme weder gesichert noch ausgeschlossen werden (vgl. Tabelle 12).

Tab. 12 Bestätigung der Verdachtsdiagnose

Indikation	prä. Impl.	Bestätigung VD			Gesamt
		ja	nein	unklar	
	prä. Impl.	1	0	0	1
	Fokus	137	20	15	172
	Sinus	5	2	0	7
	Trauma	2	0	0	2
	ossäre Läsion	8	0	1	9
Gesamt		153	22	16	191

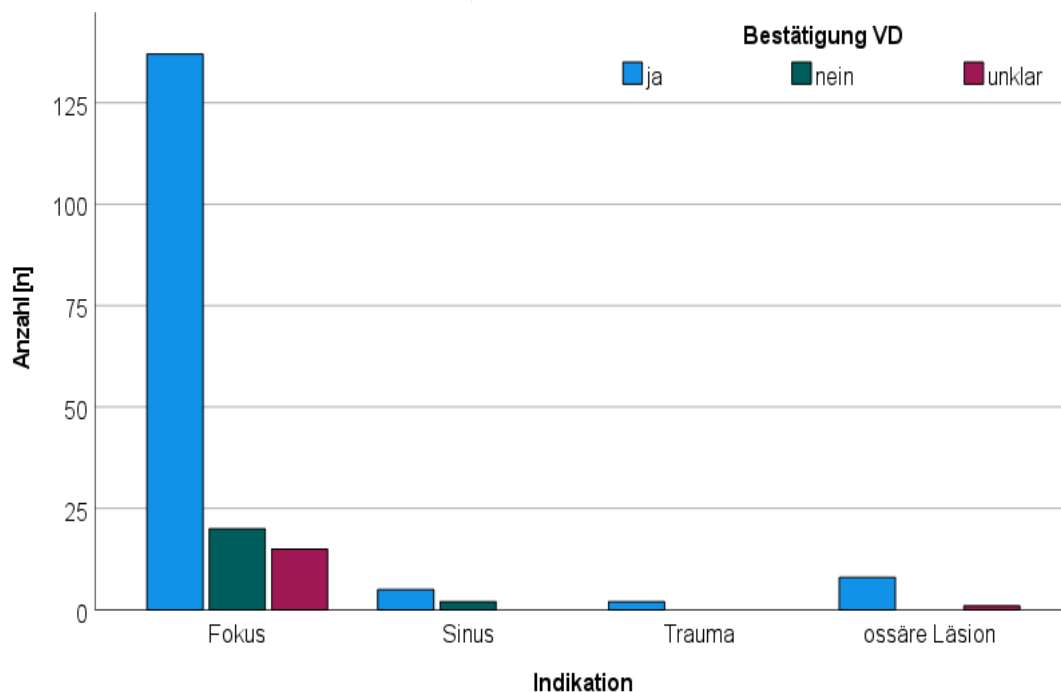


Abb. 65 Bestätigung der Verdachtsdiagnose

4.7 Nebenbefunde

In den 656 DVT-Aufnahmen wurden insgesamt 371 Nebenbefunde aus den beschriebenen Nebenbefundklassen 1 – 4 entdeckt. Die meisten Nebenbefunde wurden in der Nebenbefundklasse 1 (dental, insgesamt 129 Nebenbefunde) gefunden, gefolgt von der Nebenbefundklasse 4 (sonstige) mit 68 Nebenbefunden und der Nebenbefundklasse 2 (Kieferknochen) mit 67 Nebenbefunden. In der Nebenbefundklasse 3 (Nasennebenhöhlen) waren insgesamt 107 Nebenbefunde zu finden, davon 50 in der Nebenbefundklasse 3r (rechte Kieferhöhle) und 57 in der Nebenbefundklasse 3l (linke Kieferhöhle).

Der am häufigsten vorkommende Nebenbefund war die zystische Läsion, die in 96 DVT-Aufnahmen als Nebenbefund diagnostiziert wurde. Der am zweithäufigsten vorkommende Nebenbefund war die randständige Verschattung der Kieferhöhle. In der rechten Kieferhöhle wurde 44-mal und in der linken 42-mal eine randständige Verschattung entdeckt. Fremdkörper kamen mit einer Häufigkeit von 54 Fällen am dritthäufigsten als Nebenbefund vor.

Die am seltensten vorkommenden Nebenbefunde waren Speichelsteine (2 Fälle), Schmelzperlen (1 Fall) und die komplette Verschattung der Kieferhöhle (je 1 Fall in der rechten und in der linken Kieferhöhle).

In den DVT-Aufnahmen wurde kein einziges Mal ein Odontom, eine Stafne-Kavität und ein Dens in dente als Nebenbefund erfasst.

4.7.1. Nebenbefundklasse 1

Tab. 13 Nebenbefundklasse 1 mit insgesamt 129 Nebenbefunden

		Häufigkeit	Prozent
Gültig	kein	527	80,3
	Zyste	96	14,6
	überzä. Anlage	4	,6
	Resorption	10	1,5
	Wurzelrest	10	1,5
	Karies	9	1,4
	Gesamt	656	100,0

In der Nebenbefundklasse 1 war der am häufigsten vorkommende Nebenbefund mit 96 Fällen die Zyste, gefolgt von den Nebenbefunden Resorption und Wurzelrest. Die überzählige Zahnanlage kam mit 4 Fällen am seltensten vor. Odontome wurden nicht erfasst (vgl. Tabelle 12).

4.7.2. Nebenbefundklasse 2

Tab. 14 Nebenbefundklasse 2 mit insgesamt 67 Nebenbefunden

		Häufigkeit	Prozent
Gültig	kein	589	89,8
	Fremdk.	54	8,2
	Skleoro.	13	2,0
	Gesamt	656	100,0

Fremdkörper wurden in der Nebenbefundklasse 2 mit 54 Fällen am häufigsten als Nebenbefund entdeckt (vgl. Tabelle 13). Sklerosierungen wurden in 13 Fällen nachgewiesen. Eine Stafne-Kavität wurde in der Studienpopulation kein einziges Mal diagnostiziert.

4.7.3. Nebenbefundklasse 3r

Tab. 15 Nebenbefundklasse 3r mit insgesamt 50 Nebenbefunden (rechte Kieferhöhle)

		Häufigkeit	Prozent
Gültig	kein	606	92,4
	randst. Vers.	44	6,7
	Mucocele	5	,8
	komp. Vers.	1	,2
	Gesamt	656	100,0

4.7.4. Nebenbefundklasse 3l

Tab. 16 Nebenbefundklasse 3l mit insgesamt 57 Nebenbefunden (linke Kieferhöhle)

		Häufigkeit	Prozent
Gültig	kein	599	91,3
	randst. Vers.	42	6,4
	Mucocele	13	2,0
	komp. Vers.	1	,2
	Gesamt	656	100,0

Die als Nebenbefund am häufigsten vorkommende Kieferhöhlenveränderung sowohl in der rechten als auch in der linken Kieferhöhle war die randständige Verschattung. Eine komplette Verschattung wurde lediglich einmal in der rechten und einmal in der linken Kieferhöhle als

Nebenbefund entdeckt. Eine Mukozele wurde 5-mal in der rechten und 13-mal in der linken Kieferhöhle entdeckt (vgl. Tabellen 14 und 15).

4.7.5. Nebenbefundklasse 4

Tab. 17 Nebenbefundklasse mit insgesamt 68 Nebenbefunden

		Häufigkeit	Prozent
Gültig	kein	588	89,6
	Schmelzperle	1	,2
	Septum-Dev.	38	5,8
	Tonsillenstein	27	4,1
	Speichelstein	2	,3
	Gesamt	656	100,0

In der Nebenbefundklasse 4 kam die Nasenseptumdeviation als Nebenbefund mit 38 Fällen am häufigsten vor, gefolgt von Tonsillensteinen mit 27 Fällen. Eine Schmelzperle fand sich nur einmal. Ein Dens in dente wurde kein einziges Mal diagnostiziert (vgl. Tabelle 16).

4.8 Überprüfung der Varianzgleichheit des Alters nach Geschlecht

In den Indikationsklassen 1 (präimplantologische Diagnostik), 2 (Fokussuche), 4 (Lagebestimmung retinierter Weisheitszähne) ist der p -Wert $> 0,05$. Der Signifikanzwert beträgt für die Indikationsklasse 1 $p = 0,920$, für die Indikationsklasse 2 $p = 0,477$ und für die Indikationsklasse 4 $p = 0,111$. Das bedeutet, dass die Homogenitätsannahme der Varianz erfüllt ist. Somit wird die Nullhypothese beibehalten. Die Varianzgleichheit stellt eine Voraussetzung für den t -Test dar.

Tab. 18 Levene-Test der Varianzgleichheit

Indikation		Geschlecht	N	Mittelwert	Std.- Abweichung	Standardfehler des Mittelwertes
prä. Impl.	Alter (Jahre)	männlich	90	54,39	14,758	1,556
		weiblich	243	54,77	14,825	,951
Fokus	Alter (Jahre)	männlich	84	52,10	16,097	1,756
		weiblich	88	48,40	15,158	1,616
ret. WHZ	Alter (Jahre)	männlich	46	37,63	16,659	2,456
		weiblich	60	32,03	15,369	1,984

Tab. 19 Levene-Test der Varianzgleichheit

Indikation			F	Sig.
prä. Impl.	Alter (Jahre)	Varianzen sind gleich	,010	,920
		Varianzen sind nicht gleich		
Fokus	Alter (Jahre)	Varianzen sind gleich	,508	,477
		Varianzen sind nicht gleich		
ret. WHZ	Alter (Jahre)	Varianzen sind gleich	2,587	,111
		Varianzen sind nicht gleich		

4.9 Mittelwertvergleich des Alters nach Geschlecht

Der t -Wert bei der Indikationsklasse 1 (präimplantologische Diagnostik) beträgt $-0,206$. Es gibt in dieser Indikationsklasse also keinen signifikanten Unterschied der Mittelwerte in Bezug auf das Alter ($p = 0,837$). Beide Gruppen männlich und weiblich sind in dieser Indikationsklasse durchschnittlich 52 Jahre alt (vgl. Tabelle 20).

In der Indikationsklasse 2 (Fokussuche) besteht ein Unterschied der Mittelwerte in den Gruppen männlich und weiblich, dieser ist jedoch nicht signifikant $t = 1,552$, $p = 0,123$ (vgl. Tabelle 20). In dieser Indikationsklasse sind Männer durchschnittlich 52 Jahre alt, wohingegen Frauen durchschnittlich 48 Jahre alt sind.

Der t -Wert für die Indikationsklasse 4 (Lagebestimmung retinierter Weisheitszähne) beträgt $1,792$, der p -Wert $0,076$ (vgl. Tabelle 20). Somit gibt es auch in dieser Indikationsklasse einen Unterschied in Bezug auf das Durchschnittsalter in den Gruppen männlich und weiblich, der jedoch nicht signifikant ist. Frauen sind in dieser Indikationsklasse durchschnittlich 32 Jahre alt, Männer 37.

Für die Hauptindikationsklassen kann somit die Nullhypothese beibehalten werden, nach der es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen männlich und weiblich in Bezug auf das Durchschnittsalter gibt.

Tab. 20 t -Test für die Mittelwertgleichheit

Indikation			T	df	Signifikanz Einseitiges p	Signifikanz Zweiseitiges p
prä. Impl.	Alter (Jahre)	Varianzen sind gleich	$-0,206$	331	$,418$	$,837$
		Varianzen sind nicht gleich	$-0,207$	159,757	$,418$	$,837$
Fokus	Alter (Jahre)	Varianzen sind gleich	$1,552$	170	$,061$	$,123$
		Varianzen sind nicht gleich	$1,549$	168,086	$,062$	$,123$
ret. WHZ	Alter (Jahre)	Varianzen sind gleich	$1,792$	104	$,038$	$,076$
		Varianzen sind nicht gleich	$1,773$	92,762	$,040$	$,080$

Tab. 21 *t*-Test für die Mittelwertgleichheit

Indikation			Mittlere Differenz	Differenz für Standardfehler	95 % Konfidenzintervall der Differenz Unterer Wert	95 % Konfidenzintervall der Differenz Oberer Wert
prä. Impl.	Alter (Jahre)	Varianzen sind gleich	-,377	1,827	-3,971	3,218
		Varianzen sind nicht gleich	-,377	1,823	-3,977	3,224
Fokus	Alter (Jahre)	Varianzen sind gleich	3,698	2,383	-1,007	8,402
		Varianzen sind nicht gleich	3,698	2,387	-1,014	8,409
ret. WHZ	Alter (Jahre)	Varianzen sind gleich	5,597	3,124	-,598	11,792
		Varianzen sind nicht gleich	5,597	3,158	-,673	11,868

4.10 Übereinstimmung der Nebenergebnisse zwischen DVT und PSA

Zur Bewertung der Übereinstimmung zwischen DVT und PSA wurden ausschließlich Nebenergebnisse mit einer Fallzahl > 20 berücksichtigt, da nur in diesen Fällen eine ausreichende statistische Aussagekraft gegeben ist. Nebenergebnisse mit einer Fallzahl < 20 wurden nicht in die Analyse einbezogen.

4.10.1. Übereinstimmung zwischen DVT und PSA in der Nebenergebnisklasse 1

In der Nebenergebnisklasse 1 wurden insgesamt 129 Nebenergebnisse entdeckt. In 34 Fällen wurde die Diagnosesicherheit im OPG mit einer 1 bewertet, in 26 Fällen mit einer 2, in 23 Fällen mit einer 3, in 27 Fällen mit einer 4 und in 19 Fällen mit einer 5 bewertet.

Die Diagnosesicherheit in der DVT-Aufnahme betrug in 5 Fällen 3, in 10 Fällen 4, in 114 Fällen 5. Kein Nebenergebnis der Nebenergebnisklasse 1 wurde in der DVT-Aufnahme mit einer Diagnosesicherheit 1 oder 2 bewertet.

Für die Nebenergebnisklasse 1 ergab die statistische Auswertung mittels Cohen's Kappa einen Übereinstimmungswert von $\kappa = 0,002$. Die Übereinstimmung der Nebenergebnisse zwischen DVT und OPG liegt nach der Interpretation nach Landis & Koch im „Slight agreement“-Bereich. Die geringe Übereinstimmung zwischen OPG und DVT ist in den zugehörigen Säulendiagrammen deutlich erkennbar (vgl. Abbildungen 66 und 67).

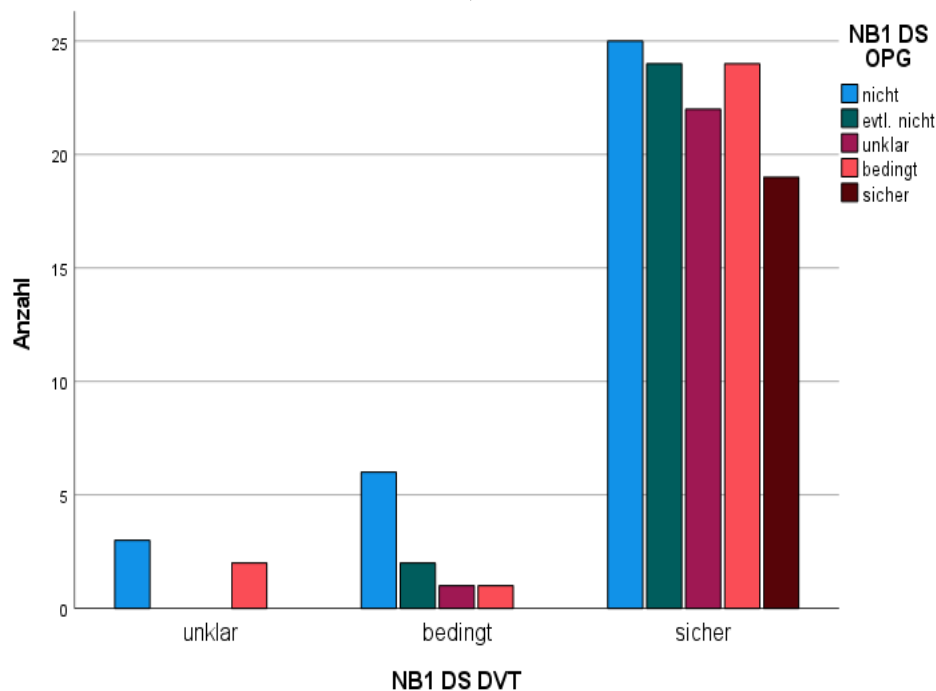


Abb. 66 Übereinstimmung DVT-OPG für die Nebenergebnisklasse 1

Das Säulendiagramm (vgl. Abbildung 66) veranschaulicht die geringe Übereinstimmung hinsichtlich der Diagnosesicherheit zwischen DVT-Aufnahme und OPG in Bezug auf die Nebenbefundklasse 1. Viele Nebenbefunde, die in der DVT-Aufnahme sicher (mit der höchsten Diagnosesicherheit 5) diagnostiziert wurden, wurden im OPG nicht erkannt (niedrigste Diagnosesicherheit 1).

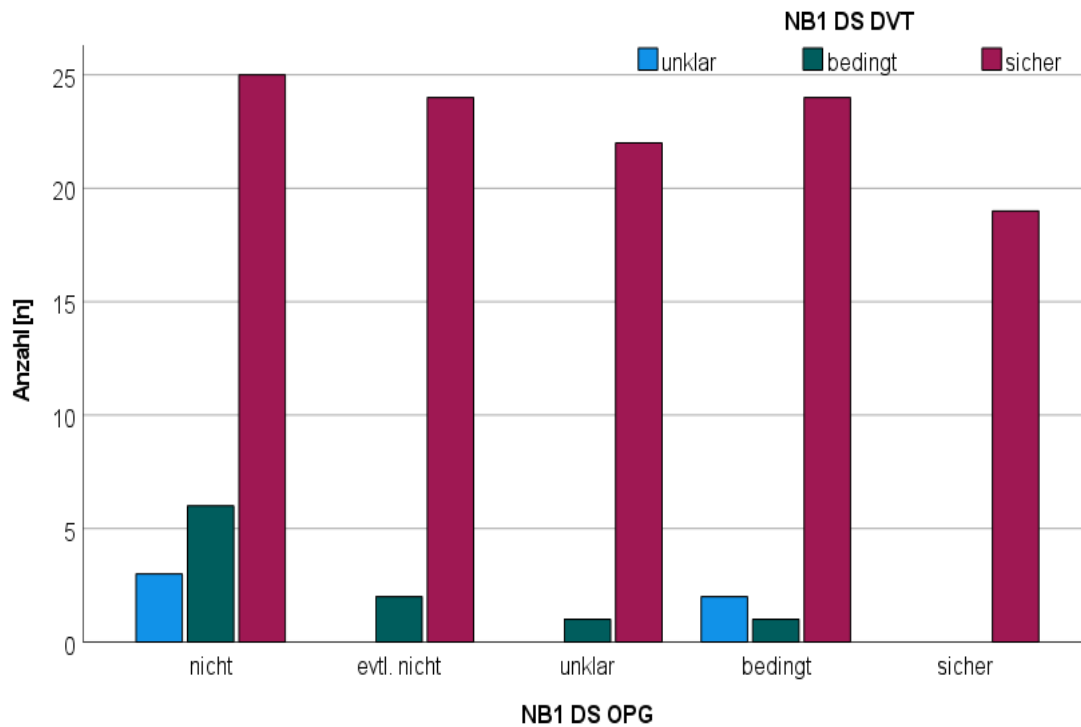


Abb. 67 Übereinstimmung OPG-DVT für die Nebenbefundklasse 1

Auch Abbildung 67 zeigt deutlich, dass die Nebenbefunde in der DVT-Aufnahme, unabhängig von der Diagnosesicherheit im OPG, am häufigsten mit der höchsten Diagnosesicherheit (5) bewertet wurden.

4.10.2. Übereinstimmung zwischen DVT und PSA für den Nebenbefund „Zyste“

Für den Nebenbefund „Zyste“ ergab die statistische Auswertung mittels Cohen's Kappa einen Übereinstimmungswert von $\kappa = 0,013$. Die Übereinstimmung zwischen DVT und OPG liegt somit im „Slight agreement“-Bereich. Die Diskrepanz in der Diagnosesicherheit zwischen OPG und DVT für diesen Nebenbefund ist in Abbildung 68 deutlich erkennbar.

Von den 96 entdeckten Zysten als Nebenbefund wurde die Zyste im OPG 19-mal mit der Diagnosesicherheit 1 und 19-mal mit der DS 5 bewertet.

In der DVT-Aufnahme hingegen wurde der Nebenbefund Zyste 89-mal mit der Diagnosesicherheit 5 bewertet. Eine Diagnosesicherheit 1 und 2 gab es in der DVT-Aufnahme nicht.

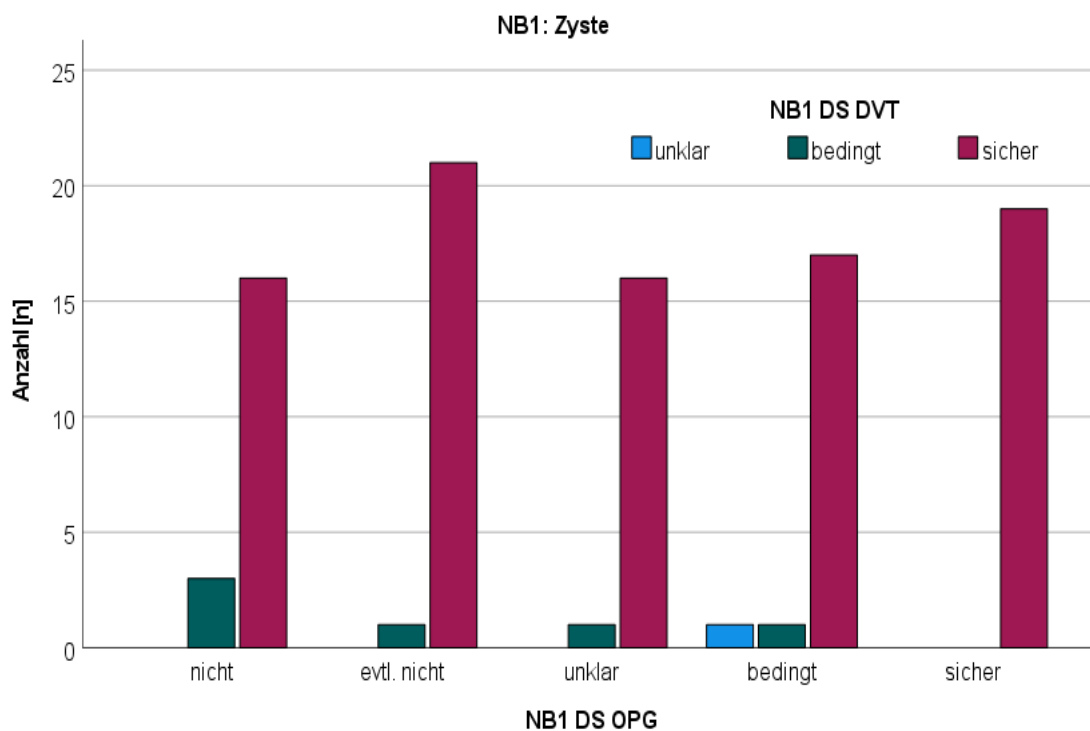


Abb. 68 Übereinstimmung OPG-DVT für den Nebenbefund „Zyste“

4.10.3. Übereinstimmung zwischen DVT und PSA für den Nebenbefund „Fremdkörper“

Für den Nebenbefund „Fremdkörper“ ergab die statistische Auswertung mittels Cohen’s Kappa einen Wert von $\kappa = 0,135$. Auch dieser Wert fällt gemäß der Klassifikation nach Landis & Koch in den „Slight agreement“-Bereich. Die Diagnosesicherheit betrug im OPG 9-mal 1 und 29-mal 5. In der DVT-Aufnahme gab es keinen Fremdkörper, der mit der Diagnosesicherheit 1 bewertet wurde. 47-mal wurde in der DVT-Aufnahme eine Diagnosesicherheit von 5 angegeben.

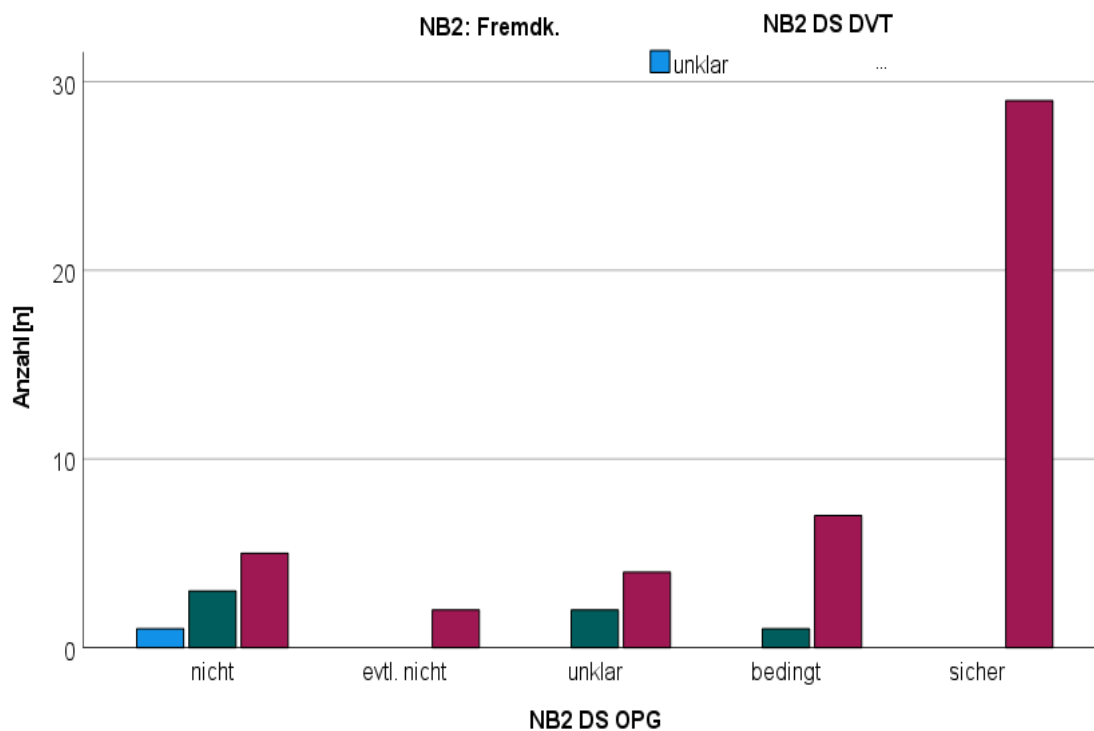


Abb. 69 Übereinstimmung OPG-DVT für den Nebenbefund „Fremdkörper“

4.10.4. Übereinstimmung zwischen DVT und PSA für den Nebenbefund „randständige Verschattung der Kieferhöhle rechts und links“

Für die randständige Verschattung lag der Cohen's-Kappa-Wert für beide Kieferhöhlen im negativen Bereich (rechte Kieferhöhle: $\kappa = -0,013$; linke Kieferhöhle: $\kappa = -0,004$). Dies weist auf eine fehlende Übereinstimmung für diesen Nebenbefund zwischen OPG und DVT hin. Die fehlende Übereinstimmung wird auch in den Abbildungen 70 und 71 deutlich.

Der Nebenbefund „randständige Verschattung“ wurde in der rechten Kieferhöhle 44-mal und in der linken Kieferhöhle 42-mal entdeckt. In der rechten Kieferhöhle wurde sie im OPG 21-mal mit einer Diagnosesicherheit 1 bewertet. Kein einziges Mal konnte im OPG eine Diagnosesicherheit von 5 angegeben werden. In der DVT-Aufnahme hingegen konnte dieser Nebenbefund 39-mal sicher (Diagnosesicherheit 5) diagnostiziert werden.

Für die linke Kieferhöhle war die Diagnosesicherheit im OPG und in der DVT-Aufnahme ähnlich. Im OPG wurde 18-mal die Diagnosesicherheit 1, nur 2-mal die Diagnosesicherheit 5 für die randständige Verschattung angegeben. Im Gegensatz dazu wurde in der DVT-Aufnahme dieser Nebenbefund 40-mal sicher erkannt (Diagnosesicherheit 5).

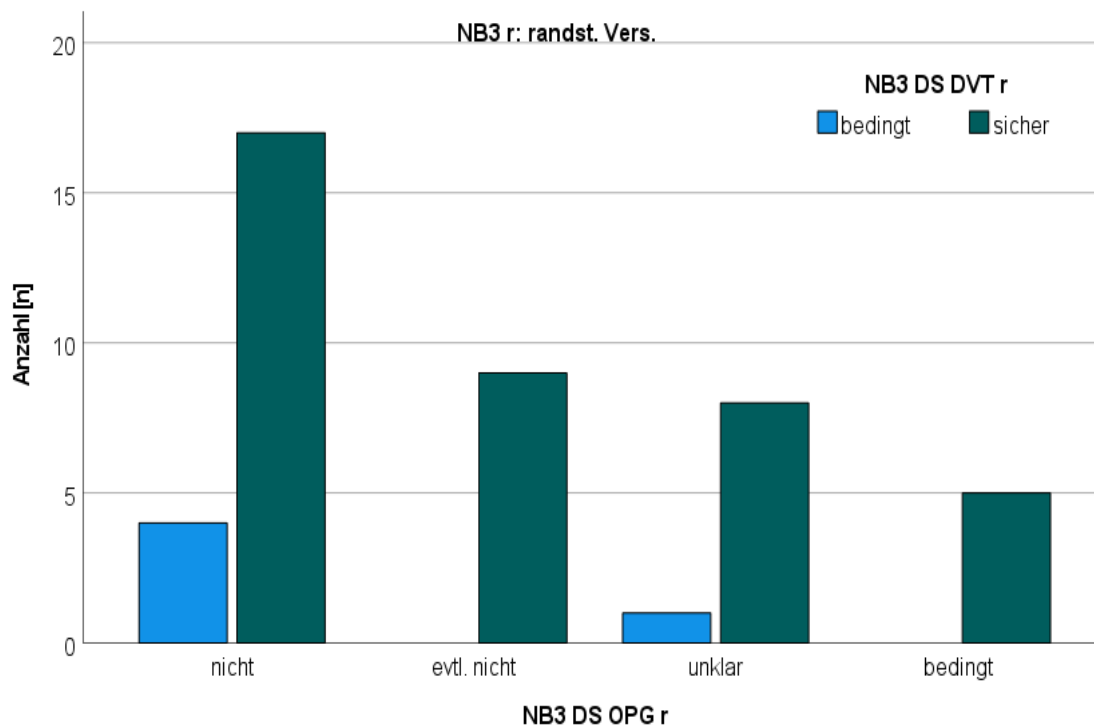


Abb. 70 Übereinstimmung OPG-DVT für den Nebenbefund „randständige Verschattung der rechten Kieferhöhle“

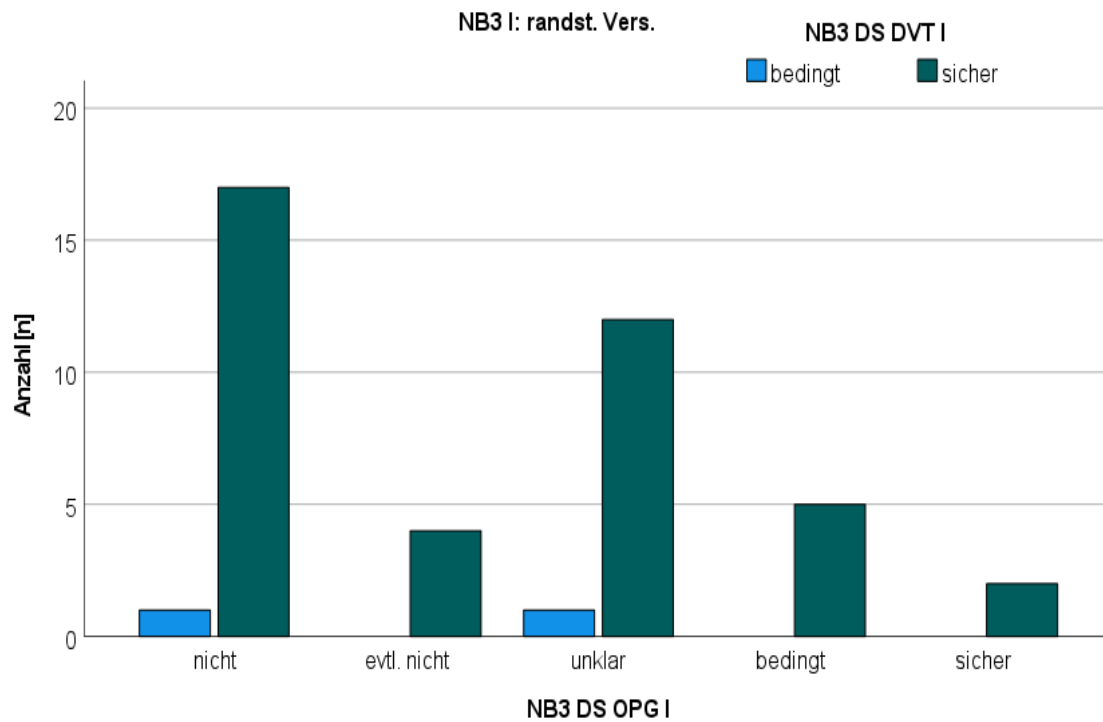


Abb. 71 Übereinstimmung OPG-DVT für den Nebenbefund „randständige Verschattung der linken Kieferhöhle“

4.10.5. Übereinstimmung zwischen DVT und PSA für den Nebenbefund „Nasenseptumdeviation“

Für die Nasenseptumdeviation ergab die statistische Auswertung mittels Cohen's Kappa einen Wert von $\kappa = 0,001$. Dies bedeutet, dass auch bei diesem Nebenbefund eine Übereinstimmung nur im „Slight agreement“-Bereich nach der Klassifikation von Landis & Koch zwischen OPG und DVT besteht.

Die Nasenseptumdeviation wurde insgesamt 38-mal entdeckt, wobei die Diagnosesicherheit im OPG 17-mal mit einer 1 bewertet wurde. Kein einziges Mal wurde im OPG eine Diagnosesicherheit von 5 angegeben.

In der DVT-Aufnahme hingegen wurde 32-mal „sicher“ (Diagnosesicherheit 5) die Diagnose einer Nasenseptumdeviation gestellt.

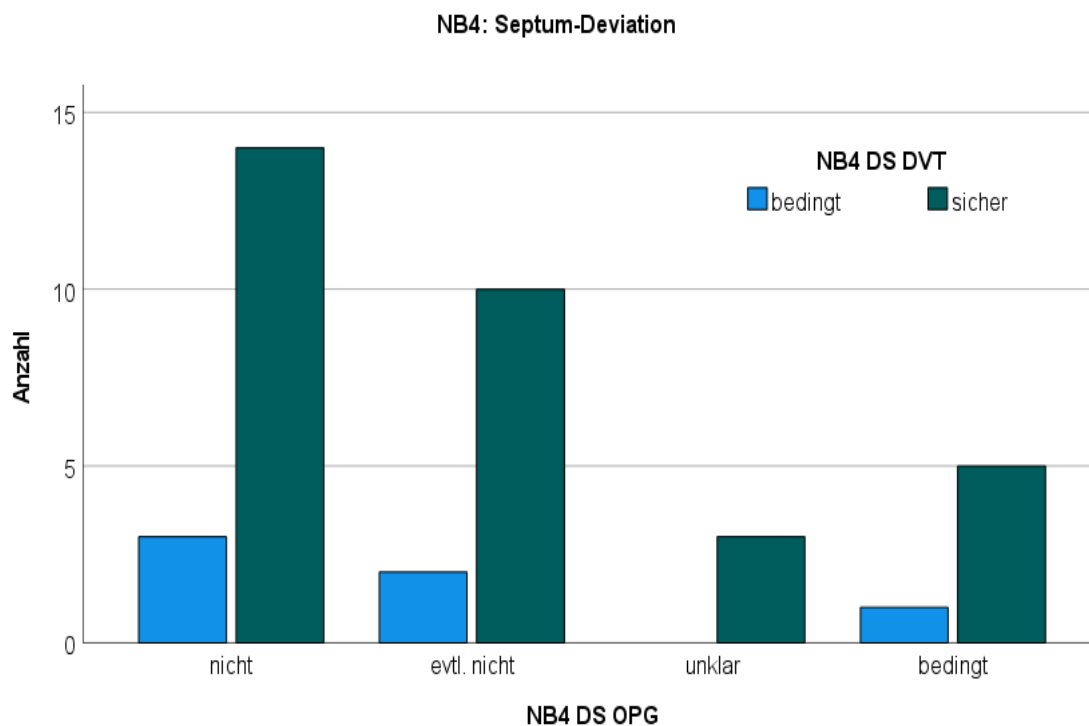


Abb. 72 Übereinstimmung OPG-DVT für den Nebenbefund „Nasenseptumdeviation“

4.10.6. Übereinstimmung zwischen DVT und PSA für den Nebenbefund „Tonsillenstein“

Bei 27 Aufnahmen wurden Tonsillensteine als Nebenbefund entdeckt. Die statistische Auswertung mittels Cohen's Kappa ergab für diesen Nebenbefund einen Übereinstimmungswert von $\kappa = 0,013$. Die Übereinstimmung zwischen OPG und DVT liegt somit nach der Klassifikation von Landis & Koch im „Slight agreement“-Bereich. Abbildung 73 macht die geringe Übereinstimmung anschaulich erkennbar. Nur einmal wurden Tonsillensteine im OPG sicher erkannt (Diagnosesicherheit 5). 14-mal wurde eine Diagnosesicherheit von 1 für das OPG angegeben.

In der DVT-Aufnahme wurde die Diagnose dieses Nebenbefundes in 21 Fällen mit höchster Diagnosesicherheit (5) gestellt.

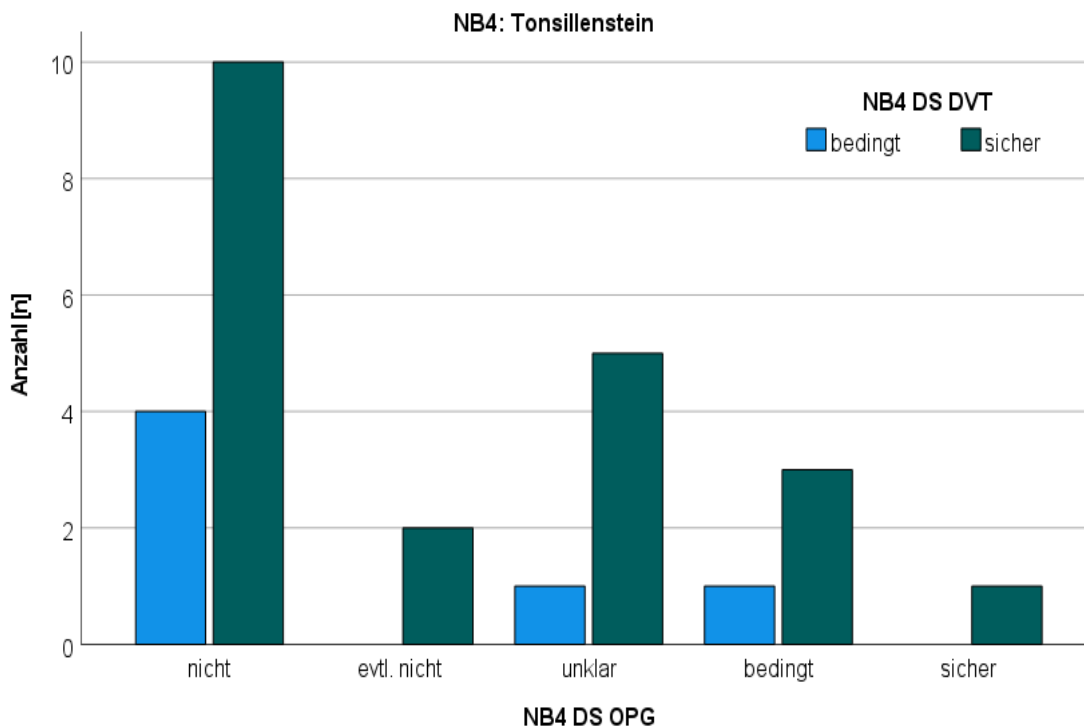


Abb. 73 Übereinstimmung OPG-DVT für den Nebenbefund „Tonsillenstein“

In den untersuchten 656 DVT-Aufnahmen wurden insgesamt 371 Nebenbefunde entdeckt. Die zystische Läsion war mit 96 Fällen der am häufigsten vorkommende Nebenbefund, gefolgt von der randständigen Verschattung der Kieferhöhle. Eine randständige Verschattung der Kieferhöhle wurde 44-mal in der rechten und 42-mal in der linken Kieferhöhle diagnostiziert. Der dritthäufigste Nebenbefund war mit 54 Fällen der Fremdkörper.

Die Übereinstimmung zwischen DVT und PSA für den Nebenbefund zystische Läsion und Fremdkörper liegt nach den Grenzen von Landis & Koch im „Slight agreement“-Bereich. Für den Nebenbefund randständige Verschattung der Kieferhöhlen gibt es zwischen DVT und PSA keine Übereinstimmung.

5. Diskussion

5.1 Diskussion der Ergebnisse

Die digitale Volumentomographie hat sich in den letzten Jahren zunehmend als unverzichtbares bildgebendes Verfahren in der zahnmedizinischen Diagnostik und Therapieplanung etabliert. Durch die dreidimensionale Darstellung von Strukturen ermöglicht die DVT eine Verbesserung der Behandlungsqualität und der Patientensicherheit.

Durch die exakte Lagebestimmung von wichtigen anatomischen Strukturen wie z. B. retinierten Zähnen, pathologischen Raumforderungen und Nervverläufen können Eingriffe sicherer und vorhersagbarer durchgeführt werden⁸⁵. Die genaue Kenntnis der räumlichen Beziehung zwischen wichtigen anatomischen Strukturen, wie z. B. zwischen Weisheitszahn und Nervus alveolaris inferior ist entscheidend, um diese beim operativen Eingriff zu schonen und so das Risiko von Komplikationen zu reduzieren²⁸. Die dreidimensionale Darstellung erlaubt außerdem die Durchführung minimalinvasiver Operationstechniken, die wiederum mit Vorteilen für Patient*innen verbunden sind.

Auch in der Implantologie ist die DVT ein unverzichtbares Instrument. In der Literatur wird die präimplantologische Planung als die häufigste rechtfertigende Indikation für die Anfertigung einer DVT-Aufnahme beschrieben^{33,35,36,86}. In der vorliegenden Arbeit stellt die präimplantologische Diagnostik ebenfalls die häufigste rechtfertigende Indikation für eine DVT-Aufnahme dar. Von den insgesamt 656 DVT-Aufnahmen wurden 333 im Rahmen der präimplantologischen Diagnostik angefertigt. Im Gegensatz zur zweidimensionalen Panoramaschichtaufnahme, die aufgrund ihrer Funktionsweise einen Vergrößerungsfaktor aufweist, bietet die DVT eine maßstabsgetreue Darstellung des Implantatlagers und der angrenzenden Strukturen. So kann die Distanz zum Nervus alveolaris inferior und Nervus mentalis im Unterkiefer, sowie die Distanz zum Sinus- und Nasenboden im Oberkiefer exakt gemessen werden^{28,85}. Die DVT erlaubt im Gegensatz zur Panoramaschichtaufnahme auch eine Beurteilung des horizontalen Knochenangebotes. So können z. B. konkave Flächen des Unterkiefers bereits präoperativ erfasst werden²⁸. Die DVT schafft außerdem die Voraussetzung für eine navigierte Implantation. Die navigierte Implantation ermöglicht eine präzisere Implantatplanung und kann darüber hinaus minimalinvasive Techniken, wie z. B. flapless surgery unterstützen^{20,85}. Die DVT ist der Panoramaschichtaufnahme hinsichtlich der Bildqualität bei der Darstellung anatomischer Strukturen im Hochkontrastbereich im Kontext der präimplantologischen Diagnostik deutlich überlegen⁸⁷.

Gegenüber der Computertomographie, welche ebenfalls eine dreidimensionale Aufnahmetechnik darstellt, bietet die DVT nicht zu vernachlässigende Vorteile. Dazu zählen die deutlich niedrigeren Strahlendosen, der geringe Platzbedarf, die kurze Aufnahmezeit und

die Zeitersparnis für Behandler*innen und Patient*innen, da die Überweisung zu einer Ärztin bzw. einem Arzt mit Fachkunde für Computertomographie entfällt.

Trotz der zahlreichen Vorteile der digitalen Volumentomographie darf die höhere Strahlenexposition bei der DVT im Vergleich zu zweidimensionalen Röntgenbildern nicht ignoriert werden⁸⁸. Nach § 83 StrlSchG ist die Anwendung von Röntgenstrahlung am Menschen nur dann zulässig, wenn der zu erwartende gesundheitliche Nutzen die potenziellen strahlenbedingten Risiken überwiegt⁸⁹. Es wird gefordert, im Rahmen dieser Nutzen-Risiko-Abwägung bei Verfügbarkeit mehrerer bildgebender Verfahren mit vergleichbarem diagnostischem Informationsgehalt, stets das Verfahren mit der geringsten Strahlenexposition zu wählen.

Anwender*innen der DVT sind gemäß § 85 gemäß StrlSchG dazu verpflichtet, das gesamte durch die Aufnahme erfasste Volumen zu befunden. Insbesondere bei größeren Volumina steigt die Wahrscheinlichkeit, sog. Neben- bzw. Zufallsbefunde zu entdecken³³. Diese können sich auch außerhalb des zahnmedizinischen Fachgebiets befinden. Auch dann müssen sie gleichermaßen berücksichtigt werden. Dies unterstreicht die hohe Verantwortung, die mit der Anwendung der DVT einhergeht.

Die Häufigkeit radiologischer Nebenbefunde in DVT-Aufnahmen wurde in zahlreichen Studien untersucht. In einer Studie befundeten Lopes et. al. 150 DVT-Datensätze unterschiedlicher Volumina und identifizierten insgesamt 560 Nebenbefunde. 27,55 % dieser Nebenbefunde waren entweder therapiebedürftig oder erforderten eine fachärztliche Abklärung³⁶. Eine andere Studie, die sich ebenfalls mit Nebenbefunden in DVT-Aufnahmen befasste, die zur präimplantologischen Planung durchgeführt wurden, entdeckte insgesamt 766 Nebenbefunde in 404 DVT-Aufnahmen³³. Kachlan et al. analysierten 1002 DVT-Aufnahmen, die zur präimplantologischen Diagnostik angefertigt wurden und entdeckten als Nebenbefund drei maligne Tumoren⁹⁰. Diese Untersuchung unterstreicht die Wichtigkeit der Befundung des gesamten DVT-Datensatzes.

In der vorliegenden Studie wurde nicht nur die Häufigkeit von Nebenbefunden in den untersuchten DVT-Aufnahmen erfasst, sondern auch die diagnostische Wertigkeit von DVT-Aufnahmen im Vergleich zu Panoramaschichtaufnahmen anhand der Nebenbefunde untersucht. So kann beurteilt werden, ob der Einsatz der DVT gegenüber der Panoramaschichtaufnahme in Bezug auf Nebenbefunde einen relevanten Mehrwert erbrachte. Es wurden 656 DVT-Aufnahmen mit unterschiedlichen FOV in die Studie eingeschlossen. Dabei konnten insgesamt 371 Nebenbefunde identifiziert werden. Diese Anzahl liegt unter der in anderen Studien angegebenen Häufigkeit. Dafür kommen mehrere Erklärungen in Betracht. Eine Studie zeigte, dass die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Nebenbefunden bei einem größeren FOV um das 22,39-fache erhöht ist³³. Es ist daher denkbar, dass Studien mit einer höheren Anzahl an Nebenbefunden vermehrt DVT-Aufnahmen mit größeren Volumina

einbezogen haben. Hier wurde das Volumen der Fragestellung angepasst. Eine weitere mögliche Erklärung für die höhere Anzahl an Nebenbefunden in anderen Studien könnte darin liegen, dass dort eine breitere oder vollständige Erfassung sämtlicher Nebenbefunde vorgenommen wurde. Biel et al. berücksichtigten alle im Rahmen der Befundung identifizierbaren Nebenbefunde³³. In der vorliegenden Studie hingegen wurde im Vorfeld eine gezielte Auswahl spezifischer Nebenbefunde zur Analyse festgelegt.

Es wurden insgesamt vier Nebenbefundklassen 1 – 4 mit 17 Nebenbefunden definiert: 1: Dental, 2: Kieferknochen, 3: Nasennebenhöhlen und 4: Sonstige. Die größte Anzahl an Nebenbefunden entfiel mit insgesamt 129 Nebenbefunden auf die Nebenbefundklasse 1 (dental). Die Zyste/ zystische Läsion war sowohl innerhalb dieser Nebenbefundklasse als auch insgesamt mit 96 Fällen der am häufigsten entdeckte Nebenbefund. Die randständige Verschattung der Kieferhöhlen war in der vorliegenden Arbeit der am zweithäufigsten vorkommende Nebenbefund. Eine randständige Verschattung wurde in der rechten Kieferhöhle 44-mal und in der linken 42-mal dokumentiert. Der dritthäufigste Nebenbefund war mit 54 Fällen der Nebenbefund Fremdkörper.

Ähnliche Ergebnisse in Bezug auf die am häufigsten auftretenden Nebenbefunde wurden auch von Biel et al. berichtet. In ihrer Arbeit zählten die randständige Verschattung der Kieferhöhlen, Zysten/ zystische Läsionen sowie Fremdkörper zu den am häufigsten dokumentierten Nebenbefunden³³. Eine weitere Studie, die sich mit Zufallsbefunden in DVT-Aufnahmen befasste, kam zu vergleichbaren Ergebnissen. Hier wurden die Schleimhautschwellung der Kieferhöhlen sowie die Zyste/ zystische Läsion am häufigsten als Nebenbefund erfasst³⁵.

Ein direkter Vergleich der Studien gestaltet sich dennoch als schwierig, da in den Studien unterschiedliche Nebenbefundarten untersucht wurden und zudem Unterschiede in den verwendeten Aufnahmevolumina bestehen. Dies erschwert die Vergleichbarkeit der Ergebnisse und kann die Häufigkeit der dokumentierten Nebenbefunde beeinflussen.

Im zweiten Schritt der vorliegenden Arbeit wurde die Diagnosesicherheit der zuvor in der DVT-Aufnahme erfassten Nebenbefunde jeweils in der DVT-Aufnahme und der zugehörigen Panoramaschichtaufnahme beurteilt. Ziel war es, die Wertigkeit der DVT im Vergleich zur Panoramaschichtaufnahme zu untersuchen, um so Rückschlüsse hinsichtlich der Übereinstimmung dieser beiden Aufnahmetechniken ziehen zu können.

Im Hinblick auf die in der vorliegenden Arbeit am häufigsten erfassten Nebenbefunde zeigt sich, dass lediglich eine geringe bis keine Übereinstimmung zwischen der DVT-Aufnahme und der Panoramaschichtaufnahme besteht.

Für den Nebenbefund „Zyste/ zystische Läsion“ besteht die Übereinstimmung mit einem Wert von $\kappa = 0,013$ nach den Grenzen von Landis & Koch lediglich im „Slight agreement“-Bereich. Für den zweithäufigsten Nebenbefund dieser Studie „randständige Verschattung“ liegt der Wert mit $\kappa = -0,013$ für die rechte Kieferhöhle und $\kappa = -0,04$ für die linke Kieferhöhle außerhalb

der Grenzen nach Landis & Koch. Es gibt für diesen Nebenbefund also keine Übereinstimmung zwischen DVT und OPG. Für den dritthäufigsten Nebenbefund „Fremdkörper“ liegt der Übereinstimmungswert bei $\kappa = 0,135$ und liegt somit nach den Grenzen von Landis & Koch lediglich im „Slight agreement“-Bereich. Auch für die Nebenbefunde „Nasenseptumdeviation“ und „Tonsillenstein“ besteht lediglich eine Übereinstimmung im „Slight agreement“-Bereich.

Unsere Ergebnisse decken sich mit den Ergebnissen anderer Studien. In einer Studie untersuchten Ramis-Alario et al. periapikale Veränderungen an 45 Zähnen unter Verwendung zweidimensionaler bildgebender Verfahren und der digitalen Volumentomografie. In acht der 45 Fälle konnten die periapikalen Veränderungen mit zweidimensionalen Verfahren nicht erkannt werden. Im Gegensatz dazu ermöglichte die DVT in allen Fällen eine Darstellung der apikalen Veränderungen⁹¹. Eine andere Studie analysierte 1508 Zähne mit apikaler Parodontitis, mit dem Ziel, die diagnostische Wertigkeit bildgebender Verfahren bei der Detektion apikaler Veränderungen zu vergleichen. Die Prävalenz apikaler Parodontitiden war in DVT-Aufnahmen signifikant höher als in zweidimensionalen Röntgenaufnahmen⁹². In einer weiteren Studie wurde die diagnostische Wertigkeit der DVT im Vergleich zur Panoramaschichtaufnahme im Kontext symptomatischer Kieferhöhlenerkrankungen untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass die Panoramaschichtaufnahme zur Detektion von symptomatischen Kieferhöhlenerkrankungen nicht ausreichend war⁸⁸.

Die Ergebnisse unterstreichen die diagnostische Überlegenheit der DVT gegenüber der Panoramaschichtaufnahme in Bezug auf sämtliche Befunde.

Ein weiterer Untersuchungsaspekt dieser Arbeit bestand darin, zu erfassen, ob und wie häufig klinisch gestellte Verdachtsdiagnosen, die in der Panoramaschichtaufnahme nicht eindeutig bestätigt werden konnten, durch die digitale Volumentomografie verifiziert wurden.

Bei 191 der insgesamt 656 angefertigten DVT-Aufnahmen lag vor Anwendung der DVT eine klinisch gestellte Verdachtsdiagnose vor, die mittels zweidimensionaler Röntgenaufnahmen nicht bestätigt werden konnte. In 153 dieser Fälle konnte die Verdachtsdiagnose durch die DVT bestätigt werden. Dieses Ergebnis verdeutlicht den diagnostischen Mehrwert der DVT gegenüber der Panoramaschichtaufnahme. Insbesondere bei unklaren Befunden, bei denen die zweidimensionale Bildgebung durch projektionsbedingte Verzerrungen und Überlagerungen eingeschränkt ist, bietet die DVT eine deutlich verbesserte diagnostische Beurteilbarkeit und ermöglicht eine bessere Diagnosestellung.

Trotz der diagnostischen Überlegenheit der DVT gegenüber der Panoramaschichtaufnahme erfordert die damit verbundene erhöhte Strahlenexposition eine sorgfältige Indikationsstellung. Die S2k-Leitlinie „Dentale digitale Volumentomographie“, welche von der DGZMK erarbeitet wurde, dient unter anderem der Unterstützung bei der Indikationsstellung von DVT-Aufnahmen.

Bei der Auswahl des geeigneten Röntgenverfahrens ist stets das ALARA-Prinzip („As Low As Reasonably Achievable“) zu beachten.

Das Ziel zukünftiger Entwicklungen sollte darin bestehen, die Strahlenexposition bei der DVT durch technische Optimierung weiter zu senken. Außerdem könnte eine KI-gestützte DVT-Auswertung Zahnärztinnen und Zahnärzte bei der Befundung der DVT-Aufnahmen unterstützen und so das Risiko des Übersehens potenziell relevanter Nebenbefunde minimieren.

5.2 Klinische Relevanz

Ergebnisse der vorliegenden Arbeit verdeutlichen, dass Nebenbefunde in DVT-Aufnahmen keine Seltenheit sind. Zahnärztinnen und Zahnärzte müssen sich dieser Tatsache bewusst sein und in der Lage sein, das gesamte Volumen systematisch zu befunden. Eine umfassende Beurteilung auch angrenzender Bereiche, die über die eigentliche Indikationsstellung hinausgeht, ist insbesondere vor dem Hintergrund der diagnostischen Verantwortung und der potenziell klinischen Relevanz von Nebenbefunden, von großer Bedeutung. Das frühzeitige Erkennen klinisch relevanter Nebenbefunde kann für die weitere Therapieplanung entscheidend sein und/oder zu einer rechtzeitigen fachärztlichen Abklärung beitragen.

5.3 Schlussfolgerung

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die digitale Volumentomographie der Panoramaschichtaufnahme hinsichtlich ihrer diagnostischen Wertigkeit in Bezug auf Nebenbefunde überlegen ist. Jedoch ist aufgrund der im Vergleich zur Panoramaschichtaufnahme höheren Strahlenexposition eine sorgfältige Indikationsstellung zwingend erforderlich. Zukünftig könnte die DVT durch technische Weiterentwicklungen zur Dosisreduktion und durch KI-gestützte Bildauswertung, um ein Übersehen von Nebenbefunden zu vermeiden, zunehmend an Bedeutung gewinnen.

5.4 Limitationen

Die vorliegende Studie weist einige Limitationen auf, die im Folgenden näher erläutert werden sollen. Eine Limitation der vorliegenden Studie besteht darin, dass die Befundung der Panoramaschichtaufnahmen und der DVT-Aufnahmen ausschließlich durch eine Person erfolgte. Auch wenn hierbei mit größtmöglicher Sorgfalt gearbeitet wurde, kann nicht ausgeschlossen werden, dass subjektive Einflüsse die Befundung beeinflusst haben. Die Befundung durch eine weitere Person hätte die Objektivität und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse erhöht.

Ein weiterer Aspekt ist, dass ausschließlich vordefinierte Nebenbefunde erfasst wurden. Dadurch konnten andere Nebenbefunde nicht berücksichtigt werden, was die Aussagekraft im Hinblick auf die Häufigkeit aller potenziellen Nebenbefunde einschränkt.

Eine weitere Einschränkung der vorliegenden Studie betrifft die Bildqualität der Panoramaschichtaufnahmen. Eine fehlerhafte Patienteneinstellung kann die Bildqualität der Panoramaschichtaufnahme erheblich beeinträchtigen und die diagnostische Aussagekraft reduzieren. Dies erschwert einen direkten Vergleich mit DVT-Aufnahmen, die mit deutlich geringerer Anfälligkeit für Einstellungsfehler angefertigt werden. Unterschiede in der Bildqualität könnten somit einen Einfluss auf die Vergleichbarkeit der beiden bildgebenden Verfahren haben.

6. Literaturverzeichnis

1. Masthoff M, Gerwing M, Masthoff M, et al. Dental Imaging - A basic guide for the radiologist. *Rofo* 2019; **191**(3): 192-8.
2. Stera G, Giusti M, Magnini A, Calistri L, Izzetti R, Nardi C. Diagnostic accuracy of periapical radiography and panoramic radiography in the detection of apical periodontitis: a systematic review and meta-analysis. *Radiol Med* 2024; **129**(11): 1682-95.
3. Bajaj N, Gala V, Tirpude V, Belur A, Fernandes G. A Retrospective Cone Beam Computed Tomography (CBCT) Study of the Prevalence of Incidental Odontogenic Cyst Findings in an Indian Subpopulation. 2018.
4. Terlemez A, Tassoker M, Kizilcakaya M, Gulec M. Comparison of cone-beam computed tomography and panoramic radiography in the evaluation of maxillary sinus pathology related to maxillary posterior teeth: Do apical lesions increase the risk of maxillary sinus pathology? *Imaging Sci Dent* 2019; **49**(2): 115-22.
5. MacDonald D, Telyakova V. An Overview of Cone-Beam Computed Tomography and Dental Panoramic Radiography in Dentistry in the Community. *Tomography* 2024; **10**(8): 1222-37.
6. Shukla S, Chug A, Afrashtehfar KI. Role of Cone Beam Computed Tomography in Diagnosis and Treatment Planning in Dentistry: An Update. *J Int Soc Prev Community Dent* 2017; **7**(Suppl 3): S125-s36.
7. Röntgen WC. ON A NEW KIND OF RAYS. *Science* 1896; **3**(59): 227-31.
8. Vardeu MF, Larentis O, Vecchio I, et al. History of use and abuse of X-ray: the early 20th century Italian pediatrics school. *Acta Biomed* 2020; **91**(1): 113-7.
9. Seibert JA. X-ray imaging physics for nuclear medicine technologists. Part 1: Basic principles of x-ray production. *J Nucl Med Technol* 2004; **32**(3): 139-47.
10. Mantraratnam V, Bonnet J, Rowe C, Janko D, Bolding M. X-ray perception: Animal studies of sensory and behavioral responses to X-rays. *Front Cell Neurosci* 2022; **16**: 917273.
11. Tuieng RJ, Cartmell SH, Kirwan CC, Sherratt MJ. The Effects of Ionising and Non-Ionising Electromagnetic Radiation on Extracellular Matrix Proteins. *Cells* 2021; **10**(11).
12. Ou X, Chen X, Xu X, et al. Recent Development in X-Ray Imaging Technology: Future and Challenges. *Research (Wash D C)* 2021; **2021**: 9892152.
13. Hsu JC, Nieves LM, Betzer O, et al. Nanoparticle contrast agents for X-ray imaging applications. *Wiley Interdiscip Rev Nanomed Nanobiotechnol* 2020; **12**(6): e1642.
14. Fan W, Zhang J, Wang N, Li J, Hu L. The Application of Deep Learning on CBCT in Dentistry. *Diagnostics (Basel)* 2023; **13**(12).
15. Talapko J, Talapko D, Katalinić D, et al. Health Effects of Ionizing Radiation on the Human Body. *Medicina (Kaunas)* 2024; **60**(4).
16. Alsuraifi A, Hussam Y, Mohammed NAR, et al. Advances in Understanding and Mitigating Risks in Dental X-Ray Imaging: A Comprehensive Review — “Safer Smiles: Innovating Dental Radiography for Tomorrow”; 2025.
17. Mettler FA. Medical effects and risks of exposure to ionising radiation. *J Radiol Prot* 2012; **32**(1): N9-n13.
18. Im YG, Lee JS, Park JI, Lim HS, Kim BG, Kim JH. Diagnostic accuracy and reliability of panoramic temporomandibular joint (TMJ) radiography to detect bony lesions in patients with TMJ osteoarthritis. *J Dent Sci* 2018; **13**(4): 396-404.

19. Polizzi A, Serra S, Leonardi R. Use of CBCT in Orthodontics: A Scoping Review. *J Clin Med* 2024; **13**(22).
20. Venkatesh E, Elluru SV. Cone beam computed tomography: basics and applications in dentistry. *J Istanbul Univ Fac Dent* 2017; **51**(3 Suppl 1): S102-s21.
21. Arai Y, Tammisalo E, Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K. Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofac Radiol* 1999; **28**(4): 245-8.
22. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol* 1998; **8**(9): 1558-64.
23. Scarfe WC, Farman AG. What is cone-beam CT and how does it work? *Dent Clin North Am* 2008; **52**(4): 707-30, v.
24. Spin-Neto R, Gotfredsen E, Wenzel A. Impact of voxel size variation on CBCT-based diagnostic outcome in dentistry: a systematic review. *J Digit Imaging* 2013; **26**(4): 813-20.
25. 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.
26. Ritter L, Lutz J, Neugebauer J, et al. Prevalence of pathologic findings in the maxillary sinus in cone-beam computerized tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2011; **111**(5): 634-40.
27. Bercovich E, Javitt MC. Medical Imaging: From Roentgen to the Digital Revolution, and Beyond. *Rambam Maimonides Med J* 2018; **9**(4).
28. Jain S, Choudhary K, Nagi R, Shukla S, Kaur N, Grover D. New evolution of cone-beam computed tomography in dentistry: Combining digital technologies. *Imaging Sci Dent* 2019; **49**(3): 179-90.
29. Zhu J, Blicher B, Pryles RL. Incidental CBCT Findings: The Importance of Reading the Whole Image. *Compend Contin Educ Dent* 2024; **45**(6): 312-4.
30. Ruetters M, Gehrig H, Kronsteiner D, et al. Low-dose CBCT imaging of alveolar buccal bone adjacent to mandibular anterior teeth- a pilot study. *Clin Oral Investig* 2022; **26**(5): 4173-82.
31. Ludlow JB, Timothy R, Walker C, et al. Effective dose of dental CBCT-a meta analysis of published data and additional data for nine CBCT units. *Dentomaxillofac Radiol* 2015; **44**(1): 20140197.
32. Gavala S, Donta C, Tsiklakis K, Boziari A, Kamenopoulou V, Stamatakis HC. Radiation dose reduction in direct digital panoramic radiography. *Eur J Radiol* 2009; **71**(1): 42-8.
33. Biel P, Jurt A, Chappuis V, Suter VGA. Incidental findings in cone beam computed tomography (CBCT) scans for implant treatment planning: a retrospective study of 404 CBCT scans. *Oral Radiol* 2024; **40**(2): 207-18.
34. Scarfe WC. Incidental findings on cone beam computed tomographic images: a Pandora's box? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2014; **117**(5): 537-40.
35. Allareddy V, Vincent SD, Hellstein JW, Qian F, Smoker WR, Ruprecht A. Incidental findings on cone beam computed tomography images. *Int J Dent* 2012; **2012**: 871532.
36. Lopes IA, Tucunduva RM, Handem RH, Capelozza AL. Study of the frequency and location of incidental findings of the maxillofacial region in different fields of view in CBCT scans. *Dentomaxillofac Radiol* 2017; **46**(1): 20160215.

37. Rioux-Forker D, Deziel AC, Williams LS, Muzaffar AR. Odontogenic Cysts and Tumors. *Ann Plast Surg* 2019; **82**(4): 469-77.
38. Wang LL, Olmo H. Odontogenic Cysts. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing Copyright © 2024, StatPearls Publishing LLC.; 2024.
39. Soluk-Tekkesin M, Wright JM. The World Health Organization Classification of Odontogenic Lesions: A Summary of the Changes of the 2022 (5th) Edition. *Turk Patoloji Derg* 2022; **38**(2): 168-84.
40. Haefliger S, Baumhoer D. [The new WHO classification of jaw tumours]. *Pathologie (Heidelb)* 2023; **44**(4): 240-9.
41. Vered M, Wright JM. Update from the 5th Edition of the World Health Organization Classification of Head and Neck Tumors: Odontogenic and Maxillofacial Bone Tumours. *Head Neck Pathol* 2022; **16**(1): 63-75.
42. Jiang ZY, Lan TJ, Cai WX, Tao Q. Primary clinical study of radiomics for diagnosing simple bone cyst of the jaw. *Dentomaxillofac Radiol* 2021; **50**(7): 20200384.
43. Shamala S, Beula A, Devi M, Hariganesh P. A large aneurysmal bone cyst of mandible: A rare case report. *J Oral Maxillofac Pathol* 2023; **27**(3): 548-52.
44. Russell KA, Folwarczna MA. Mesiodens--diagnosis and management of a common supernumerary tooth. *J Can Dent Assoc* 2003; **69**(6): 362-6.
45. Wang XX, Zhang J, Wei FC. Autosomal dominant inherence of multiple supernumerary teeth. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2007; **36**(8): 756-8.
46. Seehra J, Mortaja K, Wazwaz F, Papageorgiou SN, Newton JT, Cobourne MT. Interventions to facilitate the successful eruption of impacted maxillary incisor teeth due to the presence of a supernumerary: A systematic review and meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2023; **163**(5): 594-608.
47. Lu X, Yu F, Liu J, et al. The epidemiology of supernumerary teeth and the associated molecular mechanism. *Organogenesis* 2017; **13**(3): 71-82.
48. Maltagliati A, Ugolini A, Crippa R, et al. Complex odontoma at the upper right maxilla: Surgical management and histomorphological profile. *Eur J Paediatr Dent* 2020; **21**(3): 199-202.
49. Mazur M, Di Giorgio G, Ndokaj A, et al. Characteristics, Diagnosis and Treatment of Compound Odontoma Associated with Impacted Teeth. *Children (Basel)* 2022; **9**(10).
50. Hershaw CM, Mhani N, Brown A. The diagnostic value of orthopantomograms in detecting resorption of lateral incisors associated with ectopic canines: a CBCT study. *J Orthod* 2022; **49**(2): 195-204.
51. Patel S, Saberi N, Pimental T, Teng PH. Present status and future directions: Root resorption. *Int Endod J* 2022; **55** Suppl 4(Suppl 4): 892-921.
52. Abbott PV, Lin S. Tooth resorption-Part 2: A clinical classification. *Dent Traumatol* 2022; **38**(4): 267-85.
53. Márquez-Pérez K, Zúñiga-López CM, Torres-Rosas R, Argueta-Figueroa L. [Reported prevalence of dental caries in Mexican children and teenagers]. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc* 2023; **61**(5): 653-60.
54. Omezli MM, Torul D, Sivrikaya EC. The prevalence of foreign bodies in jaw bones on panoramic radiography. *Indian J Dent* 2015; **6**(4): 185-9.
55. Tanasiewicz M, Bubilek-Bogacz A, Twardawa H, Skucha-Nowak M, Szklarski T. Foreign body of endodontic origin in the maxillary sinus. *J Dent Sci* 2017; **12**(3): 296-300.

56. Chang PH, Chen YW, Huang CC, Fu CH, Huang CC, Lee TJ. Removal of Displaced Dental Implants in the Maxillary Sinus Using Endoscopic Approaches. *Ear Nose Throat J* 2021; **100**(10_suppl): 995s-8s.
57. Gandhi N, Gandhi S, Bither S. Displacement of endodontic instruments in inferior alveolar canal. *Indian J Dent Res* 2011; **22**(5): 736.
58. Ñahuincopa López PM, Romero Rodríguez LM. An updated review of idiopathic osteosclerosis of the jaws. *Rev Cient Odontol (Lima)* 2021; **9**(1): e050.
59. Yesiltepe S, Bayrakdar IS, Orhan K, et al. A Deep Learning Model for Idiopathic Osteosclerosis Detection on Panoramic Radiographs. *Med Princ Pract* 2022; **31**(6): 555-61.
60. Marques Silva L, Guimaraes AL, Dilascio ML, Castro WH, Gomez RS. A rare complication of idiopathic osteosclerosis. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2007; **12**(3): E233-4.
61. Hayek E, Maalouf E, Nassar J, AbiLamaa F, Aoun G. Idiopathic Osteosclerosis and Condensing Osteitis in a Sample of the Lebanese Population: A Digital Panoramic Based Study. *Med Arch* 2023; **77**(5): 396-9.
62. Al-Habib MA. Prevalence and Pattern of Idiopathic Osteosclerosis and Condensing Osteitis in a Saudi Subpopulation. *Cureus* 2022; **14**(2): e22234.
63. Chaweeborisuit P, Yurasakpong L, Kruepunga N, Tubbs RS, Chaiyamoorn A, Suwannakhan A. The prevalence of Stafne bone cavity: A meta-analysis of 355,890 individuals. *J Dent Sci* 2023; **18**(2): 594-603.
64. Lee JI, Kang SJ, Jeon SP, Sun H. Stafne Bone Cavity of the Mandible. *Arch Craniofac Surg* 2016; **17**(3): 162-4.
65. More CB, Das S, Gupta S, Patel P, Saha N. Stafne's Bone Cavity: A Diagnostic Challenge. *J Clin Diagn Res* 2015; **9**(11): Zd16-9.
66. Yeung AWK, Hung KF, Li DTS, Leung YY. The Use of CBCT in Evaluating the Health and Pathology of the Maxillary Sinus. *Diagnostics (Basel)* 2022; **12**(11).
67. Craig JR. Odontogenic sinusitis: A state-of-the-art review. *World J Otorhinolaryngol Head Neck Surg* 2022; **8**(1): 8-15.
68. Kim SM. Definition and management of odontogenic maxillary sinusitis. *Maxillofac Plast Reconstr Surg* 2019; **41**(1): 13.
69. Bornstein MM, Wasmer J, Sendi P, Janner SF, Buser D, von Arx T. Characteristics and dimensions of the Schneiderian membrane and apical bone in maxillary molars referred for apical surgery: a comparative radiographic analysis using limited cone beam computed tomography. *J Endod* 2012; **38**(1): 51-7.
70. Anitua E, Alkhraisat MH, Torre A, Eguia A. Are mucous retention cysts and pseudocysts in the maxillary sinus a risk factor for dental implants? A systematic review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2021; **26**(3): e276-e83.
71. Aghaee F, Moudi E, Vahdani N, Bijani A, Haghanifar S. Evaluation of Anatomical Variations of the Maxillary Sinus in Patients With and Without Mucous Retention Cyst. *Ear Nose Throat J* 2023: 1455613231206284.
72. Jégoux F, Métreau A, Louvel G, Bedfert C. Paranasal sinus cancer. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis* 2013; **130**(6): 327-35.
73. Sharma S, Malhotra S, Baliga V, Hans M. Enamel pearl on an unusual location associated with localized periodontal disease: A clinical report. *J Indian Soc Periodontol* 2013; **17**(6): 796-800.

74. Alghamdi FS, Albogami D, Alsurayhi AS, et al. Nasal Septal Deviation: A Comprehensive Narrative Review. *Cureus* 2022; **14**(11): e31317.
75. Babu BB, Tejasvi MLA, Avinash CK, B C. Tonsillolith: a panoramic radiograph presentation. *J Clin Diagn Res* 2013; **7**(10): 2378-9.
76. Silvestre-Donat FJ, Pla-Mocholi A, Estelles-Ferriol E, Martinez-Mihi V. Giant tonsillolith: report of a case. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2005; **10**(3): 239-42.
77. Shikino K, Ikusaka M. Tonsillolith. *Clin Case Rep* 2021; **9**(6): e04243.
78. Ashindoitiang JA, Nwagbara VIC, Ugbem T, et al. Huge sialolith of the submandibular gland: a case report and review of literature. *J Int Med Res* 2023; **51**(1): 3000605221148443.
79. Mohsin SF, Riyaz MA, Alqazlan AA. Detection and Management of Giant Submandibular Gland Sialolith. *Pak J Med Sci* 2022; **38**(7): 2030-3.
80. González-Mancilla S, Montero-Miralles P, Saúco-Márquez JJ, Areal-Quecuty V, Cabanillas-Balsera D, Segura-Egea JJ. Prevalence of Dens Invaginatus assessed by CBCT: Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Exp Dent* 2022; **14**(11): e959-e66.
81. Zhou Y, Zhu Y, Wong WK. Statistical tests for homogeneity of variance for clinical trials and recommendations. *Contemp Clin Trials Commun* 2023; **33**: 101119.
82. Mishra P, Singh U, Pandey CM, Mishra P, Pandey G. Application of student's t-test, analysis of variance, and covariance. *Ann Card Anaesth* 2019; **22**(4): 407-11.
83. McHugh ML. Interrater reliability: the kappa statistic. *Biochem Med (Zagreb)* 2012; **22**(3): 276-82.
84. Juurlink DN, Detsky AS. Kappa statistic. *Cmaj* 2005; **173**(1): 16; author reply 7.
85. Meto A, Halilaj G. The Integration of Cone Beam Computed Tomography, Artificial Intelligence, Augmented Reality, and Virtual Reality in Dental Diagnostics, Surgical Planning, and Education: A Narrative Review. *Applied Sciences* 2025; **15**: 6308.
86. Warhekar S, Nagarajappa S, Dasar PL, et al. Incidental findings on cone beam computed tomography and reasons for referral by dental practitioners in indore city (m.p). *J Clin Diagn Res* 2015; **9**(2): Zc21-4.
87. Dreiseidler T, Mischkowski RA, Neugebauer J, Ritter L, Zöller JE. Comparison of cone-beam imaging with orthopantomography and computerized tomography for assessment in presurgical implant dentistry. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009; **24**(2): 216-25.
88. Dau M, Marciak P, Al-Nawas B, et al. Evaluation of symptomatic maxillary sinus pathologies using panoramic radiography and cone beam computed tomography-influence of professional training. *Int J Implant Dent* 2017; **3**(1): 13.
89. Ketabi AR, Zelka A, Lauer HC, Hassfeld S. The comparison of roof visibility of the mandibular canal between cone-beam computed tomography scans and panoramic radiograph images as dependent on the cortical bone thickness of the mandible. *Int J Implant Dent* 2021; **7**(1): 39.
90. Kachlan MO, Yang J, Balshi TJ, Wolfinger GJ, Balshi SF. Incidental Findings in Cone Beam Computed Tomography for Dental Implants in 1002 Patients. *J Prosthodont* 2021; **30**(8): 665-75.
91. Ramis-Alario A, Tarazona-Alvarez B, Cervera-Ballester J, et al. Comparison of diagnostic accuracy between periapical and panoramic radiographs and cone beam computed tomography in measuring the periapical area of teeth scheduled for periapical surgery. A cross-sectional study. *J Clin Exp Dent* 2019; **11**(8): e732-e8.

92. Estrela C, Bueno MR, Leles CR, Azevedo B, Azevedo JR. Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. *J Endod* 2008; **34**(3): 273-9.

7. Anhang

7.1 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Aufbau einer Röntgenröhre. Eigene Darstellung in Anlehnung an Vockelmann, Kahl-Scholz, Basiswissen Radiologie (2017).	11
Abb. 2 Panoramaschichtaufnahme.	14
Abb. 3 DVT-Aufnahme (koronare, sagittale und axiale Darstellung)	16
Abb. 4 Funktionsweise der DVT. Eigene Darstellung in Anlehnung an Pasler, Zahnärztliche Radiologie (2017).	17
Abb. 5 koronare, sagittale und axiale Darstellung	23
Abb. 6 postop. OPG bei V. a. Wurzelrest in regio 28; Verdachtsdiagnose kann nicht bestätigt werden	25
Abb. 7 postop. DVT bei V.a. Wurzelrest in regio 28; Wurzelrest sicher erkennbar	26
Abb. 8 V. a. Residualzyste im linken Oberkiefer (Sonderform der radikulären Zyste).	28
Abb. 9 Zystische Läsion apikal an Zahn 33	28
Abb. 10 Distomolar „Neuner“	29
Abb. 11 Distomolar „Neuner“	29
Abb. 12 Zusammengesetztes Odontom palatinal von Zahn 11	30
Abb. 13 Externe entzündliche Resorption an endodontisch behandeltem und reseziertem Zahn 11; Z. n. Frontzahntrauma	32
Abb. 14 Externe entzündliche Resorption an endodontisch behandeltem und reseziertem Zahn 11; Z. n. Frontzahntrauma	32
Abb. 15 Externe Oberflächenresorption der distobukkalen Wurzel des Zahnes 17 durch impaktierten Zahn 18	33
Abb. 16 Externe Oberflächenresorption nach kieferorthopädischer Behandlung an Zahn 21	33
Abb. 17 Wurzelrest in regio 46	34
Abb. 18 Wurzelrest in regio 22	34
Abb. 19 Karies an teilretiniertem und horizontal verlagertem Zahn 38.	35
Abb. 20 Karies an vertikal verlagertem Zahn 38.	35
Abb. 21 Fremdkörper im Sinne von Wurzelfüllmaterial in regio 47.	36
Abb. 22 Fremdkörper im Sinne von Guttapercha in der Kieferhöhle	37
Abb. 23 ausgedehnte idiopathische Osteosklerose in regio 36.	38
Abb. 24 ausgedehnte idiopathische Osteosklerose in regio 36.	38
Abb. 25 idiopathische Osteosklerose in regio 36.	39
Abb. 26 idiopathische Osteosklerose in regio 36.	39
Abb. 27 Stafne-Kavität im rechten Unterkiefer	40

Abb. 28 Stafne-Kavität im rechten Unterkiefer	40
Abb. 29 randständige Verschattung der rechten Kieferhöhle in regio 16, 17; V. a. reaktive Schwellung der Kieferhöhlenschleimhaut bedingt durch apikalen Prozess an Zahn 16	41
Abb. 30 kugelförmige basale Verschattung der rechten Kieferhöhle im zahnlosen Oberkiefer	42
Abb. 31 komplette Verschattung der linken Kieferhöhle mit Destruktion der Kieferhöhlenwände; V. a. Neoplasie.....	43
Abb. 32 komplette Verschattung der linken Kieferhöhle mit Destruktion der Kieferhöhlenwände; V. a. Neoplasie.....	43
Abb. 33 Schmelzperlen an impaktiertem Zahn 28.....	44
Abb. 34 Schmelzperle an impaktiertem Zahn 28.....	44
Abb. 35 Nasenseptumdeviation nach rechts	45
Abb. 36 multiple Tonsillensteine der Tonsilla palatina rechts und links.....	46
Abb. 37 Tonsillenstein der Tonsilla palatina rechts	46
Abb. 38 Speichelstein	47
Abb. 39 PSA eines Erwachsenen; eine zystische Läsion an 16 und eine randständige Verschattung der linken Kieferhöhle sind in der PSA nicht nachweisbar	49
Abb. 40 NB: randständige Verschattung der linken Kieferhöhle, apikaler Prozess an 26; beide Nebenbefunde sind in der DVT-Aufnahme sicher erkennbar	49
Abb. 41 NB: zystische Läsion an 16; der Nebenbefund ist in der DVT-Aufnahme sicher erkennbar.....	49
Abb. 42 PSA eines Erwachsenen; ein Fremdkörper in regio 45 ist sicher erkennbar, eine genaue Lagebestimmung ist jedoch nicht möglich; eine Osteosklerose in regio 45 ist in der PSA sicher erkennbar; eine zystische Läsion an 47 ist in der PSA nicht nachweisbar	50
Abb. 43 NB: Fremdkörper mesial 46, zystische Läsion an 47, Osteosklerose; alle 3 Nebenbefunde sind sicher erkennbar	50
Abb. 44 NB: Fremdkörper 46 mesial; dieser Nebenbefund ist in der DVT-Aufnahme sicher erkennbar.....	50
Abb. 45 PSA eines Erwachsenen; eine randständige Verschattung der linken Kieferhöhle ist eventuell nachweisbar; eine Nasenseptumdeviation ist nicht nachweisbar.....	51
Abb. 46 NB: randständige Verschattung der linken Kieferhöhle; dieser Nebenbefund ist in der DVT-Aufnahme sicher erkennbar	51
Abb. 47 NB: Nasenseptumdeviation; dieser Nebenbefund ist in der DVT-Aufnahme sicher erkennbar.....	51
Abb. 48 Altersverteilung zum Zeitpunkt der DVT-Aufnahme	54

Abb. 49 Altersverteilung zum Zeitpunkt der DVT-Aufnahme	55
Abb. 50 Altersverteilung bei den Patient*innen mit der Indikation „präimplantologische Diagnostik“	58
Abb. 51 Altersverteilung bei den Patient*innen mit der Indikation „präimplantologische Diagnostik“	59
Abb. 52 Altersverteilung bei den Patient*innen mit der Indikation „Fokussuche“	60
Abb. 53 Altersverteilung bei den Patient*innen mit der Indikation „Fokussuche“	61
Abb. 54 Altersverteilung bei den Patient*innen mit der Indikation „Lagebestimmung retinierter Weisheitszähne“	62
Abb. 55 Altersverteilung bei den Patient*innen mit der Indikation „Lagebestimmung retinierter Weisheitszähne“	63
Abb. 56 Altersverteilung bei den Patient*innen mit der Indikation „Lagebestimmung retinierter Zähne“	64
Abb. 57 Altersverteilung bei den Patient*innen mit der Indikation „Lagebestimmung retinierter Zähne“	65
Abb. 58 Altersverteilung bei den Patient*innen mit der Indikation „Kieferhöhlendiagnostik“	66
Abb. 59 Altersverteilung bei den Patient*innen mit der Indikation „Kieferhöhlendiagnostik“	66
Abb. 60 Altersverteilung bei den Patienten mit der Indikation „Traumatologie“	67
Abb. 61 Altersverteilung bei den Patienten mit der Indikation „Traumatologie“	67
Abb. 62 Altersverteilung bei den Patient*innen mit der Indikation „intraossäre Kieferläsionen“	68
Abb. 63 Altersverteilung bei den Patient*innen mit der Indikation „intraossäre Kieferläsion“	69
Abb. 64 Zeitintervall zwischen PSA und DVT	71
Abb. 65 Bestätigung der Verdachtsdiagnose	72
Abb. 66 Übereinstimmung DVT-OPG für die Nebenbefundklasse 1	79
Abb. 67 Übereinstimmung OPG-DVT für die Nebenbefundklasse 1	80
Abb. 68 Übereinstimmung OPG-DVT für den Nebenbefund „Zyste“	81
Abb. 69 Übereinstimmung OPG-DVT für den Nebenbefund „Fremdkörper“	82
Abb. 70 Übereinstimmung OPG-DVT für den Nebenbefund „randständige Verschattung der rechten Kieferhöhle“	83
Abb. 71 Übereinstimmung OPG-DVT für den Nebenbefund „randständige Verschattung der linken Kieferhöhle“	84
Abb. 72 Übereinstimmung OPG-DVT für den Nebenbefund „Nasenseptumdeviation“	85
Abb. 73 Übereinstimmung OPG-DVT für den Nebenbefund „Tonsillenstein“	86

7.2 Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Vergleich Veraviewpocs 3D R100 und Veraview X800 M	22
Tab. 2 Field of View	24
Tab. 3 Indikation für die DVT-Aufnahme.....	24
Tab. 4 Bestätigung der Verdachtsdiagnose	25
Tab. 5 Nebenbefundklassen	26
Tab. 6 Diagnosesicherheit	48
Tab. 7 Grenzen nach Landis & Koch (1977) ^{83,84}	53
Tab. 8 Geschlechterverteilung	54
Tab. 9 Rechtfertigende Indikation für die DVT-Aufnahme	56
Tab. 10 Rechtfertigende Indikation für die DVT-Aufnahme mit Geschlechterverteilung.....	56
Tab. 11 Zeitintervall zwischen PSA und DVT	70
Tab. 12 Bestätigung der Verdachtsdiagnose	72
Tab. 13 Nebenbefundklasse 1 mit insgesamt 129 Nebenbefunden	73
Tab. 14 Nebenbefundklasse 2 mit insgesamt 67 Nebenbefunden	74
Tab. 15 Nebenbefundklasse 3r mit insgesamt 50 Nebenbefunden (rechte Kieferhöhle)	74
Tab. 16 Nebenbefundklasse 3l mit insgesamt 57 Nebenbefunden (linke Kieferhöhle)	74
Tab. 17 Nebenbefundklasse mit insgesamt 68 Nebenbefunden	75
Tab. 18 Levene-Test der Varianzgleichheit	76
Tab. 19 Levene-Test der Varianzgleichheit	76
Tab. 20 t-Test für die Mittelwertgleichheit	77
Tab. 21 t-Test für die Mittelwertgleichheit	78