

Diplomarbeit

**Indikationen für DVT-Aufnahmen in der Zahnmedizin
und Häufigkeit von dentalen und nicht-dentalen
Nebenbefunden**

eingereicht von

Lena Marie Waldner

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktorin der Zahnheilkunde

(Dr. med. dent.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

**Klinischen Abteilung für Orale Chirurgie und Kieferorthopädie der
Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Graz**

in Zusammenarbeit mit der

**Klinischen Abteilung für Allgemeine Radiologische Diagnostik der
Universitätsklinik für Radiologie Graz**

unter der Anleitung von

Univ.-Ass. Dr. Petra Rugani

Univ.-Prof. DDr. Norbert Jakse

DDr. Jasminka Igrac

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 17.08.2021

Lena Waldner eh.

Danksagung

Zuallererst möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken. Danke Mama und danke Papa, dass ihr mich in jeder Lebenssituation unterstützt. Ohne euch wäre dieses Studium nie möglich gewesen. Danke, dass ihr immer hinter mir steht und ich mich stets auf euch verlassen kann.

Ein großer Dank gebührt meiner Schwester Johanna, die in Graz zu meiner besten Freundin geworden ist. Dein unendlicher Fleiß und Ehrgeiz haben mir gezeigt, wie man seine Träume verwirklicht.

Ganz besonders möchte ich meinem Freund danken. Danke Pauli, dass du so viel mehr als mein Partner bist. Danke für jeden Berggipfel und jedes Ziel, dass wir im Leben gemeinsam erreichen. Danke für dein gutes Zureden, die bedingungslose Unterstützung und deine unendliche Geduld.

Danke an all meine Freundinnen und Freunde, ohne die das Studienleben nur halb so schön gewesen wäre und die Graz zu meinem zweiten Zuhause gemacht haben.

Ein herzliches Dankeschön gilt meinen Betreuern, Herr Prof. DDr. Norbert Jakse für die Bereitstellung des Themas und Frau Dr. Petra Rugani für die kompetente, drucklose und unkomplizierte Betreuung meiner Diplomarbeit. Außerdem gilt Fr. DDr. Jasminka Igrac ein besonderer Dank für ihre Zeit und Unterstützung bei der Befundung.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	ii
Abkürzungen und deren Erklärung	v
Abbildungsverzeichnis	vi
Tabellenverzeichnis	vii
Formelverzeichnis	viii
Zusammenfassung	ix
Abstract.....	xi
1. Einleitung	1
1.1. Dentale Radiologie	1
1.1.1. Geschichtlicher Hintergrund	1
1.1.2. Erzeugung von Röntgenstrahlung	2
1.1.3. Bildentstehung	3
1.2. DVT	4
1.2.1. Schnittbild vs. Summationsbild.....	4
1.2.2. Funktionsprinzip DVT.....	5
1.2.3. Einstellungen	6
1.2.4. Indikationen	8
1.2.5. Kontraindikationen	11
1.2.6. Limitationen	11
1.2.7. DVT vs. CT vs. MRT	11
1.2.8. Strahleneinwirkung.....	13
1.2.9. Strahlenschäden	14
1.2.10. Strahlenschutz.....	14
1.2.11. Dosisgrößen	16
2. Material und Methoden	18
2.1. Datenerhebung.....	18
2.2. Datenauswertung	19
3. Ergebnisse.....	22
3.1. Aufnahmebereich.....	23
3.2. Aufnahmevolumen	23
3.3. Aufnahmeprotokoll.....	24

3.4.	Zuweisung	25
3.5.	Indikationen.....	26
3.6.	Nebenbefunde.....	27
3.6.1.	Nebenbefunde bezogen auf das Alter.....	28
3.6.2.	Nebenbefunde bezogen auf die Lokalisation.....	29
3.6.3.	Nebenbefunde bezogen auf das FOV	32
3.6.4.	Nebenbefunde bezogen auf die DosisEinstellung.....	33
3.6.5.	Klinische Bedeutung der Nebenbefunde	34
4.	Diskussion	38
5.	Konklusion	45
6.	Literaturverzeichnis	46

Abkürzungen und deren Erklärung

ALADA	as low as diagnostically acceptable
ALARA	as low as reasonably achievable
CAP	Chronisch apikale Parodontitis
CBCT	Cone Beam Computed Tomography
CT	Computertomographie
DGZMK	Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
DM	Durchmesser
DVT	Digitale Volumentomographie
FOV	Field of view
Gy	Gray
HNO	Hals-Nasen-Ohren
HWS	Halswirbelsäule
KG	Kiefergelenk
LKGS	Lippen-Kiefer-Gaumenspalte
M.	Musculus
MAV	Mund Antrum Verbindung
MedStrSchV	Medizinische Strahlenschutzverordnung
MRT	Magnetresonanztomographie
MW	Mittelwert
NNH	Nasennebenhöhlen
N. alv. inf.	Nervus alveolaris inferior
Proc.	Processus
Sv	Sievert
ULD	UltraLowDose
V.a.	Verdacht auf
2D	zweidimensional
3D	dreidimensional

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung einer Röntgenröhre	3
Abbildung 2: Illustration des Unterschiedes zwischen Summationsbild und Schnittbild	5
Abbildung 3: Technischer Aufbau und Funktionsprinzip der DVT	6
Abbildung 4: Das Abstandsquadratgesetz	15
Abbildung 5: Geschlechterverteilung der eingeschlossenen Patient*innen	22
Abbildung 6: Geschlechter- und Altersverteilung der eingeschlossenen Patient*innen.....	22
Abbildung 7: gewählte Aufnahmebereiche	23
Abbildung 8: verwendete Aufnahmevolumina.....	24
Abbildung 9: Aufnahmeprotokolle mit verschiedenen Dosiseinstellungen	25
Abbildung 10: DVT-zuweisende Abteilungen.....	26
Abbildung 11: gewählte Zuweisungsindikationen	27
Abbildung 12: Nebenbefunde pro Geschlecht	28
Abbildung 13: Altersverteilung von Patient*innen und Nebenbefunden.....	28
Abbildung 14: Nebenbefunde pro Aufnahme bezogen auf das Alter	29
Abbildung 15: Nebenbefunde bezogen auf die Lokalisation	32
Abbildung 16: Nebenbefunde bezogen auf das FOV	33
Abbildung 17: Nebenbefunde pro Aufnahme bezogen auf das FOV.....	33
Abbildung 18: Aufnahmeprotokolle & Nebenbefunde bezogen auf die Dosiseinstellung .	34
Abbildung 19: klinische Bedeutung der Nebenbefunde.....	37

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Aufnahmevolumina der DVT-Aufnahmen.....	24
Tabelle 2: Aufnahmeprotokolle der DVT-Aufnahmen	25
Tabelle 3: DVT-zuweisende Abteilung.....	26
Tabelle 4: gewählte Zuweisungsindikationen	27
Tabelle 5: vorkommende Nebenbefunde nach Lokalisation	31
Tabelle 6: Lokalisation und klinische Bedeutung der Nebenbefunde	36

Formelverzeichnis

Energiedosis (1.1).....	16
Äquivalentdosis (1.2)	17
Effektive Dosis (1.3).....	17

Zusammenfassung

Hintergrund: Die digitale Volumentomographie (DVT) hat sich in den vergangenen zwanzig Jahren als dreidimensionales Bildgebungsverfahren der Wahl in der Zahnmedizin etabliert. Trotz der vielen Vorteile ist aufgrund der erhöhten Strahlenexposition für den*die Patienten*Patientin eine strikte Indikationsstellung unerlässlich. Außerdem führen kritische Stimmen an, dass trotz publizierten Richtlinien zu Indikation, Durchführung und Interpretation sowie Aus- und Fortbildungen Gefahr besteht, dass die detailreichen Schnittbilder nicht vollständig befundet werden und somit Nebenbefunde unentdeckt bleiben. Ziel dieser prospektiven Studie war es, DVT-Aufnahmen hinsichtlich ihrer Rechtfertigung sowie korrekten Durchführung zu untersuchen. Zusätzlich wurden Art und Anzahl von Nebenbefunden erhoben.

Material und Methoden: Im Rahmen der Studie wurden 150 DVT-Aufnahmen, welche im Zeitraum vom 10.11.2020 bis zum 16.12.2020 während des Routinebetriebes an der Universitätsklinik für Zahnmedizin und Mundgesundheits in Graz aufgenommen wurden, untersucht. Die Datensätze wurden anonymisiert und alphanummerisch codiert. Danach wurden die Aufnahmen von drei Personen mit unterschiedlichem Ausbildungsniveau beurteilt. Es wurden sowohl die Indikationen für die DVT, Aufnahmeparameter, Befunde und Nebenbefunde erhoben. Außerdem wurden die Nebenbefunde bezüglich ihrer klinischen Relevanz in „keine unmittelbare therapeutische Konsequenz“, „potenzielle therapeutische Konsequenz“ und „akute Konsequenz - Behandlungsnotwendigkeit oder Überweisung zu weiterer Befundung“ eingeteilt.

Ergebnisse: Der größte Anteil der DVT-Aufnahmen wurde zur Implantatplanung/Augmentationsplanung (25,7 %) angefordert. Es wurden 302 Nebenbefunde in 122 der 150 DVT-Aufnahmen dokumentiert (im Schnitt 2,01 Nebenbefunde pro Aufnahme). Die größte Anzahl an nicht-dentalen Zusatzbefunden war in den Nasennebenhöhlen (28,2 %) lokalisiert, gefolgt von den Atemwegen (17,6 %) und den Kieferknochen (14,9 %). Dentale Nebenbefunde betrafen überwiegend das Endodontium (15,2 %). Mit der Größe der Volumina stieg auch die durchschnittliche Anzahl an Nebenbefunden pro Datensatz. Aufnahmen im ULD- (UltraLowDose) Modus zeigten deutlich weniger Nebenbefunde als Standardaufnahmen. Bei 30,1 % der Nebenbefunde gab es keine unmittelbare therapeutische Konsequenz. Zur Gruppe „potenzielle therapeutische

Konsequenz“ zählten 41,4 % der Zusatzbefunde und bei insgesamt 86 Nebenbefunden (28,5 %) bedurfte es einer Behandlung oder Überweisung zur weiteren Befundung.

Schlussfolgerung: DVT-Untersuchungen werden in allen zahnärztlichen Fachbereichen mit unterschiedlichen Häufigkeiten zur Diagnostik oder Therapieplanung angewendet. Es zeigte sich eine hohe Prävalenz von Nebenbefunden in DVT-Aufnahmen. Diese Erkenntnis unterstreicht die Wichtigkeit sowohl aus therapeutischer als auch aus forensischer Sicht das gesamte Volumen in allen Ebenen zu befunden. Die Etablierung von Standardprotokollen für DVT-Aufnahmen könnte ferner dazu beitragen, die Strahlenbelastung im Sinne der ALARA- und ALADA-Prinzipien zu optimieren und einheitliche Aufnahmequalitäten für gleiche Indikationen zu gewährleisten.

Abstract

Objective: Over the past twenty years, cone beam computed tomography (CBCT) has evolved to become the method of choice for three-dimensional imaging in the field of dentistry. Despite many advantages, a strict indication is essential due to the increased radiation exposure for patients compared to conventional imaging technologies. However, critical voices argue that despite published guidelines on indication, implementation and interpretation as well as training and further education, many detailed cross-sectional images are not being fully assessed and therefore incidental findings remain undiscovered. The aim of this prospective study was to examine CBCTs regarding their justification and correct implementation. In addition, the nature and frequency of incidental findings were recorded.

Material and methods: A total of 150 consecutive CBCT scans, acquired from 10.11.2020 and 16.12.2020 during routine operation at the University Clinic for Dentistry and Oral Health in Graz, were examined. The data records were anonymized and coded alphanumerically. The scans were then assessed by three different persons with varying level of education. The justification for CBCT, exposure parameters, findings and incidental findings were recorded. Furthermore, the incidental findings were categorized according to their clinical relevance into “no immediate therapeutic consequence”, “potential therapeutic consequence” and “acute consequence - need for treatment or referral for further assessment”.

Results: The majority of CBCTs were requested for implant planning/augmentation planning (25,7 %). A total of 302 incidental findings were recorded in 122 of the 150 CBCT images (an average of 2.01 incidental findings per scan). The largest number of additional nondental findings were located in the paranasal sinuses (28,2 %), followed by airway findings (17,6 %) and those in the bone area (14,9 %). Additional dental findings were predominantly endodontic (15,2 %). The average number of secondary findings per scan increased with the size of the data set. Recordings in ULD mode showed significantly fewer incidental findings than standard recordings. We found that 30,1 % of the incidental findings did not need any immediate treatment or referral, 41,4 % had a potential therapeutic consequence and 28,5 % of the incidental findings needed acute treatment or referral for further assessment.

Conclusion: All dental departments use CBCT examinations for diagnosis or treatment planning at different frequencies and varying indications. There was a high prevalence for incidental findings in CBCT images. This underscores the importance of comprehensive review of the entire data set at all levels. The compilation of standard protocols may help to optimize radiation exposures in accordance with the ALARA and ALADA principles and ensure consistent quality of images acquired for the same matters.

1. Einleitung

Die Medizin ohne dreidimensionale Radiologie ist mittlerweile unvorstellbar. Durch die Ansicht der Aufnahmen in frontaler, sagittaler und axialer Ebene liefert sie einen entscheidenden Vorteil in der Diagnostik und Therapieplanung von Erkrankungen. Eines dieser 3D-Bildgebungsverfahren ist die digitale Volumentomographie (DVT). Sie eignet sich aufgrund der guten Darstellung von Hartgewebsstrukturen wie Knochen und Zähne hervorragend zur Abklärung von dentalen Fragestellungen (1). Die Anwendungsgebiete sind vielfältig und schließen alle Teilbereiche der Zahnmedizin ein (1–3).

Aufgrund der höheren Strahlenbelastung für die Patient*innen ist eine strenge Indikationsstellung für die DVT unerlässlich (4). Grundsätzlich ist eine DVT gerechtfertigt, wenn eine ausreichende Diagnostik und Therapieplanung durch eine konventionelle Röntgenaufnahme nicht gewährleistet werden kann (5, 6).

Die detaillierte Abbildung von großen anatomischen Gebieten in mehreren Ebenen erhöht allerdings die Wahrscheinlichkeit Nebenbefunde zu entdecken (7, 8). Als Nebenbefund wird ein Befund bezeichnet, der zufällig, unerwartet und unabhängig von der untersuchten Erkrankung entdeckt wird (1, 5, 7–9). Sie reichen von anatomischen Varianten bis hin zu benignen und malignen Veränderungen (1).

Das Ziel dieser Arbeit ist es die Art, Anzahl, Lokalisation und klinische Bedeutung von Nebenbefunden aufzuzeigen.

1.1. Dentale Radiologie

1.1.1. Geschichtlicher Hintergrund

Röntgenstrahlen wurden erstmalig 1895 vom deutschen Physiker Wilhelm Conrad Röntgen (1845 – 1923) in seiner Arbeit unter dem Titel „Über eine neue Art von Strahlen“ beschrieben (10, 11). Röntgen nannte die kurzwellige elektromagnetische Strahlung zunächst X-Strahlung. Erst später wurde sie im deutschsprachigen Raum nach ihm benannt. Er erhielt für seine Entdeckung 1901 den ersten Nobelpreis für Physik. Aufgrund des Nutzens für die Allgemeinheit meldete Röntgen nie ein Patent auf diese Entdeckung an.

Wenige Wochen nach Röntgens Entdeckung nahm der deutsche Zahnarzt Friedrich Otto Walkhoff das erste dentale Röntgenbild auf. Die Aufnahme dauerte 25 Minuten und zeigt

die Kronen seiner eigenen Ober- und Unterkieferzähne. Das Bild kann folglich als erste Bissflügel-Aufnahme angesehen werden (11).

Mit dem Gerät NewTom 9000 brachte das italienische Unternehmen QR im Jahr 1996 das erste dentale DVT-Gerät auf den europäischen Markt (12, 13). Damit hielt die dreidimensionale Bildgebung Einzug in die zahnärztliche Praxis.

1.1.2. Erzeugung von Röntgenstrahlung

Röntgenstrahlung ist eine elektromagnetische Strahlung, die aus Wellen im Wellenlängenbereich von ca. 10^{-8} m bis 10^{-13} m besteht (10). Um Röntgenstrahlung gezielt erzeugen zu können wird eine Röntgenröhre benötigt. Eine Röntgenröhre ist ein evakuierter Glaszylinder, welcher eine Kathode und eine Anode beinhaltet. Die Kathode dient als Elektronenquelle (14). Sie besteht aus einem Wolframdraht, der durch eine Heizspirale auf bis zu 2400K erhitzt wird (15). Dadurch wird die Bindungsenergie der Elektronen im Metall überwunden und sie werden emittiert. Durch den Spannungsunterschied zwischen Kathode und Anode werden die Elektronen in Richtung Anode beschleunigt und dort abrupt abgebremst und abgelenkt (10). Nur ca. 1 % der kinetischen Energie der Elektronen wird in Form von Röntgenbremsstrahlung abgestrahlt, der Hauptteil wird in Wärmeenergie umgewandelt. Das Anodenmaterial wird also einer starken thermischen Belastung ausgesetzt und muss einen hohen Schmelzpunkt aufweisen. Um dies zu gewährleisten, werden meist Drehanoden aus Wolfram verwendet (15).

Die Strahlungsenergie hängt von der Geschwindigkeit der Elektronen und der Spannung zwischen Kathode und Anode ab. Um Röntgenbilder zu erzeugen, werden Beschleunigungsspannungen zwischen 25 kV und 150 kV verwendet. Für Strahlentherapien sind höhere Spannungen nötig (10). Der Aufbau einer Röntgenröhre ist in Abbildung 1 (15) schematisch dargestellt:

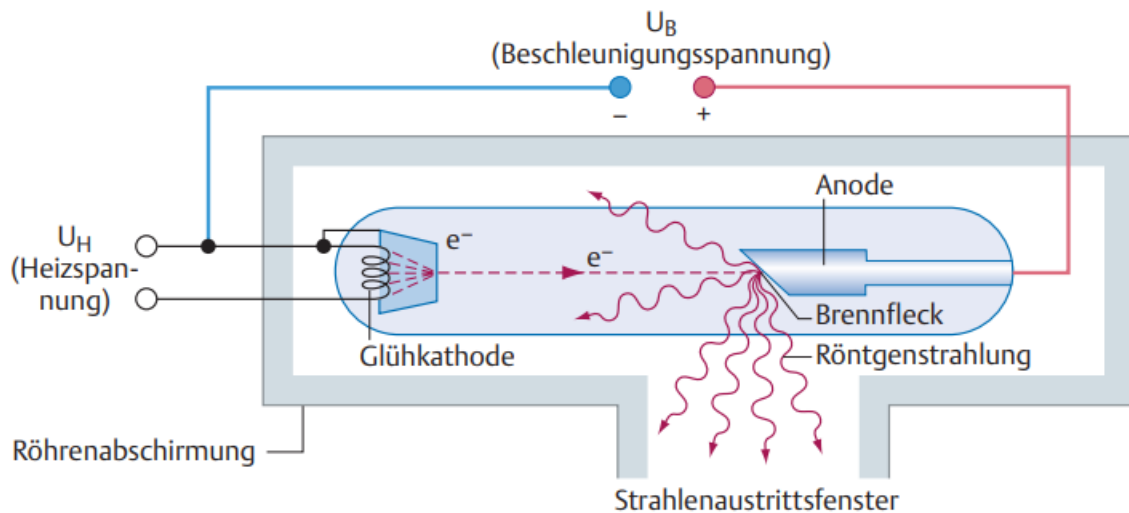


Abbildung 1: Schematische Darstellung einer Röntgenröhre (15)

1.1.3. Bildentstehung

Die Röntgenstrahlen durchdringen die Materie und werden dabei geschwächt. Das Ausmaß der Schwächung ist abhängig von Dichte, Dicke und Ordnungszahl des durchstrahlten Gewebes und der Wellenlänge der Strahlung, welche wiederum von der angelegten Spannung abhängt (15, 16). Wenn die Strahlen die Materie verlassen, treffen sie, je nachdem welche Bereiche sie durchdringt haben, unterschiedlich geschwächt auf einen Bilddetektor (Film oder Sensor) auf. Man unterscheidet analoge und digitale Bildauffangsysteme. Je nach Schwächung entsteht ein Strahlenkontrast und die verschieden starke Schwärzung am Film (15, 16) bzw. ein unterschiedlicher Grad an Lumineszenz am digitalen Sensor. Heutzutage werden hauptsächlich digitale Systeme verwendet (15).

Analoge Bildauffangsysteme

Beim analogen Bildauffangsystem werden Röntgenfilme verwendet. Sie werden auch als Film-Folien Kombinationen bezeichnet. Die Filme sind meist beidseitig mit Silberbromidkristallen beschichtet. Zusätzlich werden Verstärkerfolien verwendet, die den Großteil der Filmschwärzung bewirken und dosissparend sind. Der Röntgenfilm wird belichtet und es entsteht in zwei Phasen ein latentes Bild. Zuerst werden in der Elektronenphase durch die Strahlung aus Brom Elektronen herausgelöst. Diese Elektronen reduzieren dann in der Ionenphase die Silberionen zu Silber. Danach wird der Film

entwickelt. Dabei wird das latente Bild durch weitere Reduktion von Silber zu einem sichtbaren Bild (15).

Digitale Bildauffangsysteme

Die Röntgenphotonen senden analoge Signale an das Detektorsystem, welche dann digitalisiert werden. Das gesamte Bild wird in einzelne Bildpunkte, sogenannte Pixel, unterteilt. Je mehr Pixel pro Fläche Platz finden, desto höher ist die Ortsauflösung. Jedem Pixel wird ein Zahlenwert zugeordnet, der seiner Helligkeit entspricht (Graustufe). Je größer die Anzahl an Graustufen ist, die ein Pixel annehmen kann, desto genauer ist die Grauwertdarstellung.

Digitale Radiographiesysteme sind die digitale Lumineszenzradiographie (Speicherfolien) und die Flachdetektoren mit direkter oder indirekter Wandlung (Direktradiografie). Der Vorteil der Direktradiografie ist, dass das Bild gleich nach der Aufnahme am Computer angezeigt werden kann, während es bei Speicherfolienaufnahmen zuerst ausgelesen werden muss (15).

1.2. DVT

1.2.1. Schnittbild vs. Summationsbild

In der Radiologie kann zwischen Summationsbildern und Schnittbildern unterschieden werden (siehe Abbildung 2 (17)).

Summationsbild

Ein Summationsbild entsteht bei einem konventionellem Röntgen, wie der Panoramaschichtaufnahme, dem Kleinbildröntgen oder auch dem Fernröntgen. Die Röntgenstrahlen durchdringen den gewünschten Bereich des Körpers nur in einer Ebene. Alle Strukturen, die hintereinander liegen, werden auf ein zweidimensionales Bild projiziert. Es entstehen Überlagerungen, die zu Additions- und Subtraktionseffekten führen. Diese Summationseffekte erschweren die Beurteilung des Bildes (16). Summationsbilder haben

außerdem den Nachteil, dass es zu geometrischen Verzerrungen und Vergrößerungen des Bildes kommen kann (18).

Schnittbildverfahren

Beim Schnittbildverfahren werden aus einem dreidimensionalen Datensatz, zweidimensionale Bilder akquiriert. Es sind axiale, koronale, sagittale und paraxiale Darstellungen möglich. Das Schnittbildverfahren erlaubt eine separate und überlagerungsfreie Abbildung der Strukturen. Alle Gebilde werden im Maßstab 1:1 dargestellt und können vermessen werden. Zu den Schnittbildverfahren zählen die DVT, die CT und MRT.

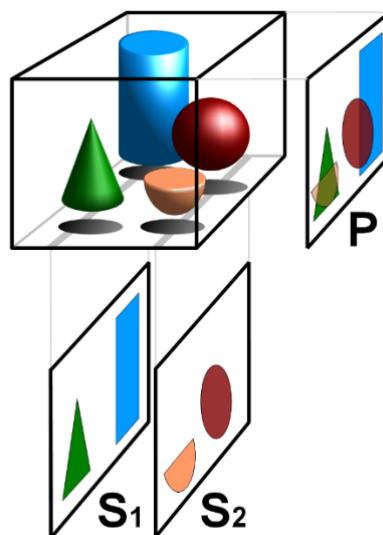


Abbildung 2: Illustration des Unterschiedes zwischen Summationsbild P und Schnittbildern S1 und S2 (17)

1.2.2. Funktionsprinzip DVT

Die digitale Volumentomographie wurde entwickelt, um den knöchernen Gesichtsschädel dreidimensional abzubilden und findet daher hauptsächlich Anwendung in der Zahnmedizin, in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie sowie in der HNO-Heilkunde (18). Ein kegelförmiges Strahlenbündel und ein ihm gegenüber liegender zweidimensionaler Flächendetektor rotieren einmal um 180 bis 360 Grad um den Kopf des*der Patienten*Patientin (siehe Abbildung 3 (19)) (4, 20, 21). Im angloamerikanischen

Sprachraum wird daher der Begriff CBCT (Cone Beam Computed Tomography) verwendet. Ein Umlauf dauert meist weniger als 20 Sekunden und dabei werden einzelne Projektionsaufnahmen generiert, aus denen im Anschluss mittels Rückprojektion ein 3D Volumen berechnet wird (18, 21, 22). Diesen Vorgang nennt man Primärrekonstruktion. Der Volumendatensatz besteht aus kleinen quader- oder würfelförmigen Bildteilen, sogenannten Voxel (14). Ein Voxel ist das Analogon zu einem Pixel in einem zweidimensionalen Bild (18). Bei der anschließenden Sekundärrekonstruktion mit Hilfe einer Software können aus dem 3D Volumen axiale, sagittale, koronale und parasagittale Schnittbilder generiert werden (14). Mit der Software können dann auch die Helligkeit und der Kontrast der Bilder verändert werden (18).

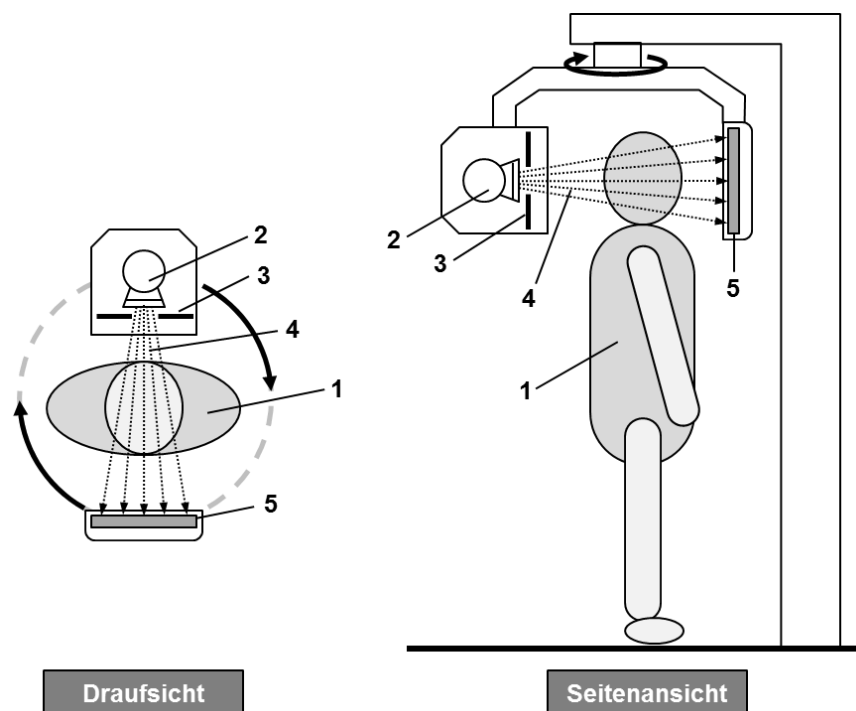


Abbildung 3: Technischer Aufbau und Funktionsprinzip der DVT (19):
 1 Patient*Patientin, 2 Röntgenröhre mit Filterung, 3 Blenden, 4 Strahlenkegel, 5 Bilddetektor

1.2.3. Einstellungen

1.1.1.1. Field of view (FOV)

Als field of view (FOV) wird der vom Strahlenkegel erfasste Bereich bezeichnet. Je nachdem, welche Region untersucht werden soll, kann es den ganzen Schädel oder nur ein paar Zähne erfassen. Ein größeres FOV ist mit einer höheren Strahlenbelastung für den*die

Patienten*Patientin verbunden (6, 18). Zusätzlich braucht die Verarbeitung der Aufnahme länger und es wird mehr Speicherkapazität benötigt. Es sollte stets bedacht werden, dass alle abgebildeten Strukturen befundet werden müssen, um mögliche Pathologien auch außerhalb des Interessensbereich zu erkennen. Ein ausgedehntes FOV kann Teile der Wirbelsäule oder der Schädelbasis abbilden, zu deren Beurteilung ein*e Zahnarzt*Zahnärztin aufgrund mangelnder Erfahrung eventuell nicht in der Lage ist. Bestenfalls sollte das FOV patientenspezifisch gewählt und so klein als möglich gehalten werden (18).

1.1.1.2. Auflösung

Die Auflösung ist ein Maß für die Genauigkeit der Detailwiedergabe (18). Sie hängt von der Anzahl und Größe der einzelnen Voxel ab und wird in Linienpaaren pro Millimeter angegeben (15). In der Schnittbilddiagnostik wird sie durch die Schichtdicke und die Voxelgröße bestimmt. Mehrere Komponenten, welche oft vom Gerät vorgegeben sind, nehmen Einfluss auf die Auflösung bei der DVT. Dazu zählen die Leistung der Röntgenröhre (23), das Auflösungsvermögen des Flachbilddetektors (18, 23), die Anzahl der einzelnen Aufnahmen sowie der Abstand der Rotationsachse zum Fokus (18). Außerdem spielt auch der Rekonstruktionsalgorithmus der verwendeten Software und die Auflösung des Bildschirms eine Rolle (18). Üblicherweise bedingt eine hohe Auflösung aufgrund der längeren Belichtungszeit eine höhere Strahlendosis (18). Oft können zufriedenstellende Aufnahmen auch mit geringerer Auflösung erreicht werden. Es sollte also bei jeder DVT das individuelle Behandlungsziel berücksichtigt und die Parameter darauf abgestimmt werden, um eine möglichst geringe Strahlenexposition gewährleisten zu können (18).

1.1.1.3. Voxelgröße

Ein Voxel ist das kleinste Bildteilchen eines DVT-Datensatzes (12, 18). Jedem Voxel ist ein bestimmter Grauwert zugeordnet, welcher die Menge an Absorption der Röntgenstrahlung widerspiegelt (2, 12). Üblicherweise sind Voxel würfelförmig und haben eine Kantenlänge von etwa 0,07 mm bis 0,4 mm (12, 20, 24). Je kleiner die Voxelgröße, umso besser ist das Auflösungsvermögen und die Detaildarstellung (2, 20). Zu beachten gilt allerdings, dass eine kleine Voxelgröße mit einer längeren Umlaufzeit und daraus resultierend mehr

Strahlenbelastung, sowie einem größeren Datensatz und mehr Bewegungsartefakten verbunden ist (18, 24, 25).

1.2.4. Indikationen

Für die Anwendung von Röntgenstrahlung am Menschen gilt laut der Medizinischen Strahlenschutzverordnung (MedStrSchV), §3, Absatz 1:

„Medizinische Expositionen müssen insgesamt einen hinreichenden Nutzen erbringen. Das Gesamtpotenzial an diagnostischem oder therapeutischem Nutzen, einschließlich des unmittelbaren gesundheitlichen Nutzens für den Einzelnen und des Nutzens für die Gesellschaft, ist gegenüber der von der Exposition möglicherweise verursachten Schädigung des Einzelnen abzuwägen. Zu berücksichtigen sind dabei die Wirksamkeit, der Nutzen und die Risiken verfügbarer alternativer Verfahren, die demselben Zweck dienen, jedoch mit keiner oder einer geringeren Strahlenexposition verbunden sind.“(26)

Außerdem muss eine Indikation bestehen, welche die Strahlenexposition des*der Patienten*Patientin rechtfertigt. Dies wird in MedStrSchV, §3, Absatz 3 geregelt, welcher wie folgt lautet:

„Jede einzelne medizinische Exposition muss im Voraus unter Berücksichtigung der spezifischen Ziele der Exposition und der Besonderheiten der betroffenen Person gerechtfertigt werden.“ (26)

1.2.4.1. DGZMK Leitlinien

Die DGZMK (Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde) bewertet in ihrer Leitlinie (3) mögliche Indikationen für eine DVT in den einzelnen Fachgebieten der Zahnheilkunde wie folgt:

Konservierende Zahnheilkunde, Endodontie und Parodontologie

Eine DVT-Aufnahme ist zur Kariesdiagnostik aus verschiedenen Gründen nicht indiziert. Bei nicht wurzelbehandelten Zähnen ist die Sensitivität der DVT vergleichbar mit jener von

Intraoralaufnahmen und auch in der approximalen Kariesdiagnostik gibt es keinen Mehrwert gegenüber zweidimensionalen Aufnahmen. Zusätzlich führen metallische Restaurationen bei DVT-Aufnahmen zu Artefakten und falsch positiven Beurteilungen.

Endodontie

Im Fachbereich der Endodontie gibt es 3 Indikationsstellungen bei denen eine DVT erfolgen kann. Das sind Veränderungen an der Wurzelspitze, die mit konventionellen Aufnahmen nicht eindeutig zugeordnet werden können, Wurzelfrakturen und Wurzelresorptionen.

Parodontologie

Hier findet die DVT Anwendung bei der Befundung der knöchernen Strukturen des Zahnhalteapparats. Vor allem zur Erhebung der Ausdehnung von Knochenkratern und Furkationsbeteiligungen ist eine dreidimensionale Aufnahme der zweidimensionalen überlegen (27).

Zahnärztliche Prothetik

Die Indikationsgebiete der DVT in der zahnärztlichen Prothetik umfassen die Therapieplanung und präprothetische Vorbehandlungen. Es können zusätzliche Informationen über potenzielle Pfeilerzähne, die Knochensituation und das Kiefergelenk gewonnen werden. Außerdem können die Daten mit CAD/CAM-Systemen verknüpft werden und so zur Herstellung von Positionierungsschienen, Provisorien oder definitiven Zahnersatz verwendet werden.

Funktionsdiagnostik und -therapie

Die DVT eignet sich sehr gut zur überlagerungsfreien Darstellung der knöchernen Kiefergelenksanteile. Es können degenerative Gelenksveränderungen, Asymmetrien, starke Attritionen der Kondylen, Ankylosen oder Frakturen beurteilt werden. Allerdings sollte für die Bildgebung von Knorpel- und Weichgewebsveränderungen eine MRT bevorzugt werden (14).

Chirurgische Zahnheilkunde

Eine präzise präoperative Planung ist bei oralchirurgischen Eingriffen wie der Entfernung von retinierten, verlagerten, Zähnen, Zysten oder Tumoren sowie bei Wurzelspitzenresektionen, Frakturen der Zahnwurzel oder des Alveolarfortsatzes und Zahntransplantationen essentiell. Die Indikation zur DVT besteht bei engen Nachbarbeziehungen zu wichtigen anatomischen Strukturen. Durch die genaue Kenntnis der Lage kann ein minimal-invasiver Eingriff gewährleistet werden (14).

Implantologie

Auch hier findet die DVT in der präoperativen Planung Anwendung. Durch die dreidimensionale Bildgebung kann die Knochensituation analysiert und die optimale Implantatposition festgelegt werden. Danach können auf Grundlage der dreidimensionalen Daten Bohrschablonen angefertigt werden, die eine einfache intraoperative Umsetzung ermöglichen (14, 24).

Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie

Eine dreidimensionale Bildgebung ist ein wichtiges Tool zur Beurteilung der Ausdehnung von neoplastischen Veränderungen, Zysten, Speichelsteinen, Osteomyelitis, Knochennekrosen, Osteoporose, Kiefergelenks- und Kieferhöhlenerkrankungen. Das Wissen über die Nähe zu wichtigen anatomischen Strukturen wie dem N. alveolaris inferior, dem Sinus maxillaris, dem Foramen mentale oder dem Nasenboden von großer Bedeutung bei der Planung und Durchführung von kieferchirurgischen Eingriffen (14).

Kieferorthopädie

Im Bereich der Kieferorthopädie kann eine DVT-Aufnahme beispielsweise zur Feststellung von Zahnzahl- und Zahnformanomalien, Durchbruchstörungen, dentoalveolären

Fehlstellungen, kraniofaziale Fehlbildungen, retinierten und verlagerten Zähne sowie zur prognostischen Bewertung geplanter Zahnbewegungen indiziert sein (14).

Besonders in diesem Fachbereich sind die Folgeschäden durch ionisierende Strahlung verstärkt zu berücksichtigen, da Kinder ein erhöhtes Risiko gegenüber Erwachsenen haben (28).

1.2.5. Kontraindikationen

Als absolute Kontraindikation für eine DVT-Aufnahme gilt eine fehlende Indikation.

„Kann eine Exposition nicht gerechtfertigt werden, ist sie nicht zulässig.“ (26)

Vor allem bei Frauen in der Schwangerschaft und bei Kindern muss trotz gegebener Indikation abgewogen werden, ob eine ausreichende Diagnostik auch mit alternativen Methoden erzielt werden kann.

1.2.6. Limitationen

Die DVT bietet viele Vorteile, allerdings auch gewisse Limitationen. Dazu zählen:

- Höhere Strahlenbelastung gegenüber der konventionellen zweidimensionalen Bildgebung
- Geräteabhängig limitiertes Volumen
- Schlechter Weichteilkontrast (13)
- Starke Artefakte durch dichte Strukturen (z.B. Implantate, Metalle) (13)

1.2.7. DVT vs. CT vs. MRT

Neben der DVT gibt es noch andere dreidimensionale Bildgebungsverfahren. Auf die Unterschiede, Anwendungsgebiete, sowie Vor- und Nachteile der verschiedenen Technologien soll im Folgenden eingegangen werden.

1.2.7.1. Computertomographie (CT)

Die CT ist ein Schnittbildverfahren, welches mit einem fächerförmigen Strahl arbeitet und dünne zweidimensionale Einzelaufnahmen des Körpers erstellt. Das Gerät rotiert mehrere Male um den*die Patienten*Patientin, um die gesamte Untersuchungsregion zu erfassen. Anschließend werden die Einzelaufnahmen zusammengefügt, wodurch sich ein dreidimensionales Volumen ergibt. Mittlerweile hat sich die 4. Generation der Computertomographen mit mehreren Detektorzeilen am Markt etabliert. Heutzutage ermöglicht die helikale oder „spiralförmige“ Bildaufnahme mit Schleifringtechnologie eine moderne Bildgebung. Sie ist an die 3. und 4. Generation von Scannern angepasst und wird in allen modernen CT-Geräten verwendet. Die Datenakquisition wird kontinuierlich verarbeitet, wodurch sich bei beiden Generationen der CT-Geräte die gleiche Bildqualität ergibt, obwohl sich die Aufnahmemethoden grundlegend unterscheiden. Durch die isotrope Voxelgröße erhält man eine große räumliche Auflösung (im Submillimeterbereich) und die Möglichkeit, multiplanare Rekonstruktionen (axial, sagittal und koronal) und eine dreidimensionale Darstellung mit präziser Visualisierung des abgebildeten Körperteils zu berechnen. Die CT hat ein sehr breites Anwendungsspektrum und ermöglicht die direkte Darstellung und Differenzierung von Weichteilstrukturen und Knochen (29). Aufgrund der kurzen Scanzeit kann es in allen anatomischen Regionen, auch in solchen, die für Patientenbewegungen und Atmung anfällig sind, sowie bei der Beurteilung von Gefäßen verwendet werden oder dient als Grundlage für interventionelle Verfahren wie CT-gesteuerte Biopsien oder minimal-invasive Therapien (30). Trotz vieler technologischer Fortschritte und Bemühungen zur Dosisreduktion bleibt der große Nachteil der CT die höhere Strahlenbelastung für den*die Patienten*Patientin gegenüber zweidimensionalen Röntgenverfahren (31, 32). Außerdem sind die Geräte sehr groß und teuer (18). Für eine CT ist eine Überweisung an eine*n Radiologen*Radiologin notwendig, da der*die Zahnarzt*Zahnärztin sie nicht selbst durchführen kann (33).

1.2.7.2. Magnetresonanztomographie (MRT)

Die Magnetresonanztomographie (MRT) ist ein Schnittbildverfahren, das ohne ionisierende Strahlung auskommt (34). Wichtig für die MRT sind Atomkerne mit ungerader Nukleonenzahl. Die Protonen besitzen ein Dipolmoment, welches Kernspin genannt wird

(15). Bei der MRT wird ein Magnetfeld hoher Feldstärke erzeugt, wodurch sich die meisten Dipole in eine Richtung ausrichten. Es entstehen Signale, die von Empfängerspulen registriert werden. Die einzelnen Messungen werden dann computergestützt zu einem Schichtbild zusammengefügt. Die unterschiedliche Protonendichte in den verschiedenen Geweben werden in unterschiedlichen Graustufen angezeigt. Die MRT ist den röntgenologischen Systemen zur Beurteilung von Weichgewebsstrukturen überlegen. In der Zahnmedizin wird sie zur Diagnostik von Tumoren und tumorähnlichen Läsionen, Weichteilzysten und Kiefergelenkserkrankungen angewendet (34). Weniger gut eignet sie sich zur Darstellung von knöchernen Strukturen. Wie auch die CT bedarf die MRT einer Überweisung an den*die Radiologen*Radiologin.

1.2.8. Strahleneinwirkung

Ionisierende Strahlung verursacht in biologischen Systemen unphysiologische Veränderungen. Es werden direkte und indirekte Strahleneinwirkung unterschieden (14, 16).

Direkte Strahlenwirkung

Trifft ionisierende Strahlung unmittelbar auf Zellbestandteile, so spricht man von direkter Strahlenwirkung. Die Absorption der Energie und die Auslösung einer biologischen Reaktion findet im gleichen Molekül statt (14, 16).

Indirekte Strahlenwirkung

Durch Kontakt von ionisierender Strahlung mit Wasser entstehen kurzlebige, aber sehr reaktionsfreudige Radikale, welche sekundär Veränderungen an zellulären Strukturen auslösen können. Hier passieren Energieabsorption und die Bewirkung eines biologischen Effekts in unterschiedlichen Molekülen. (14, 16).

Der Körper verfügt über Mechanismen, um diese Veränderungen -direkter oder indirekter Natur- auf molekularer Ebene zu reparieren oder die Apoptose der Zelle einzuleiten. Wenn die Schäden allerdings nicht fehlerlos repariert werden oder unbemerkt bleiben, kann die

betroffene Zelle die falschen Informationen an ihre Tochterzelle weitergeben, was dann zu mutagenen oder kanzerogenen Effekten führen kann (14, 16).

1.2.9. Strahlenschäden

Leider ist die Anwendung von ionisierender Strahlung am menschlichen Körper nicht risikolos und oft Ursache für spätere Erkrankungen. Man unterteilt Strahlenschäden in stochastische und deterministische Strahlenschäden.

Stochastische Strahlenschäden

Stochastische Schäden sind zufällige Schäden, die unabhängig von einer Schwellendosis eintreten. Die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines Schadens nimmt allerdings mit der Höhe der Dosis zu (16, 28). Zu den stochastischen Schäden zählen benigne und maligne Tumoren und genetische Schäden (28).

Deterministische Strahlenschäden

Deterministische Strahlenschäden treten auf, wenn eine bestimmte Schwellendosis überschritten wird. Je höher die Dosis, desto schwerwiegender ist die Zerstörung und desto früher tritt sie ein (16). In erster Linie betroffen sind Haut und Schleimhäute. Die Schäden entstehen durch das Absterben der Zellen und den folgenden Funktionsverlust.

1.2.10. Strahlenschutz

Es gibt viele Bemühungen, um die Strahlenbelastung für die Patient*innen möglichst gering zu halten und Strahlenschäden vorzubeugen. Die drei Grundprinzipien des Strahlenschutzes sind laut der International Commission on Radiological Protection (ICRP) Rechtfertigung, ALARA und Dosisoptimierung (35). Unter Rechtfertigung versteht man, dass der Nutzen aus der Strahlenanwendung größer ist als der Schaden für den*die Patient*Patientin (6). Ist eine Rechtfertigung gegeben, so sollte das ALARA- (as low as reasonably achievable-)

Prinzip angewendet werden (6). Es verlangt, dass die Strahlenbelastung für alle beteiligten Personen so gering wie möglich gehalten wird (21, 28, 35). Um dieses Ziel zu erreichen, können verschiedene Parameter wie die Größe des field of view (FOV), die Auflösung, die Belichtungszeit und der Röhrenstrom patientenspezifisch und der Indikation entsprechend variiert werden. Viele moderne Geräte verfügen über Voreinstellungen zur Dosisreduktion für bestimmte Patientengruppen wie z.B. Kinder. Darüber hinaus kann ein Schilddrüsenschutz angewendet werden, um die effektive Dosis für die Organe im Halsbereich zu minimieren (6). Dr. Jerrold Bushberg führte 2014 das Wort ALADA (as low as diagnostically acceptable) als Variation des Akronyms ALARA ein (36). Der Fokus dieses Prinzips liegt darauf, die Aufnahme hinsichtlich Bildqualität und FOV soweit zu reduzieren, dass diese für die Interpretation und Befundung noch ausreichend ist (37).

Zusätzlich ist es wichtig, die 4 „A’s“ zu beachten (15):

- Abstand halten
- Abschirmung sicherstellen
- Aufenthaltsdauer begrenzen
- Aufnahme von Radioaktivität vermeiden

Der beste Schutz vor Strahlung kann durch Abstand erreicht werden. Dies lässt sich mit dem Abstandsquadratgesetz (Abbildung 4 (15)) erklären. Es besagt, dass die Dosis mit dem Quadrat des Abstandes von der Strahlenquelle abnimmt.

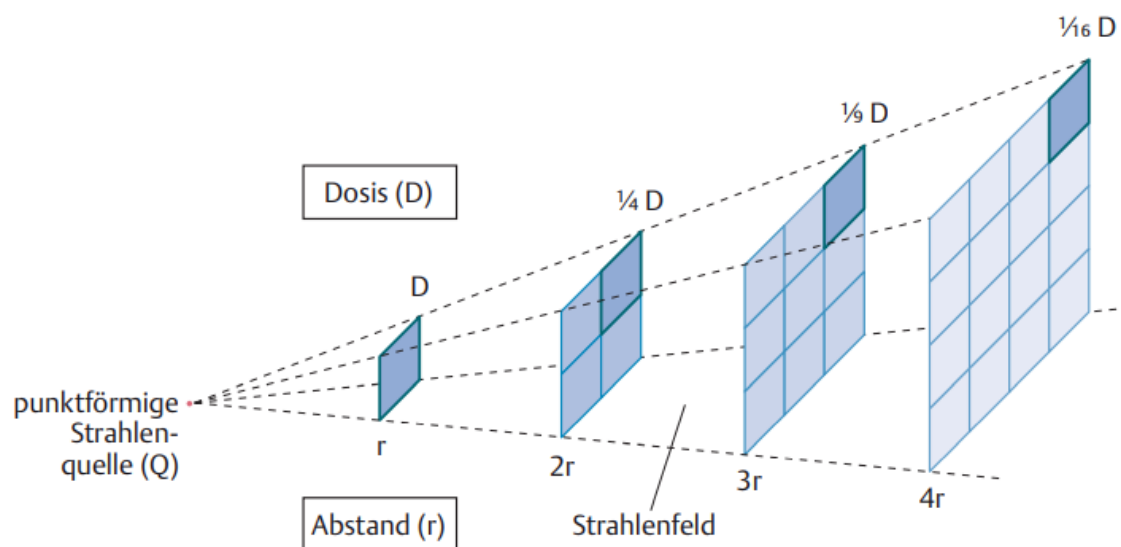


Abbildung 4: Das Abstandsquadratgesetz (15)

Abschirmung kann gewährleistet werden, indem ein absorbierendes Material zwischen

Röntgenquelle und Person eingebracht wird. In der Praxis bekommt der*die Patient*Patientin dafür eine Bleischürze umgehängt. Der Strahlenanwendungsraum muss außerdem durch entsprechende bauliche Maßnahmen wie Plexiglas, Aluminium oder Blei nach außen hin strahlenundurchlässig sein.

Während der Aufnahme des Röntgenbildes sollte das Personal den Raum verlassen und den Raum erst nach Abschluss der Aufnahme wieder betreten. Dadurch werden Abstand, Abschirmung und keine Aufenthaltszeit im Strahlenfeld für das Personal gewährleistet. Sollte eine räumliche Abschirmung des medizinischen Personals nicht möglich sein, so muss ein Dosimeter getragen werden.

Das vierte „A“, die körperliche Aufnahme von radioaktiven Stoffen, spielt in der zahnärztlichen Praxis kaum eine Rolle.

1.2.11. Dosisgrößen

Im Strahlenschutz sind die Dosisgrößen fast ausschließlich reine Rechengrößen, die nicht gemessen werden können (15).

1.1.1.1. Energiedosis

Die wichtigste Größe im Strahlenschutz ist die Energiedosis. Die Energiedosis D ist definiert als absorbierte Energie E pro Masse M :

$$D = \frac{E}{M} \quad (1.1)$$

Sie beschreibt die Strahlungsmenge, die vom Gewebe aufgenommen wird (15). Die Dosis wird in Gray (Gy) angegeben.

1.1.1.2. Dosisleistung

Die Dosisleistung beschreibt die Dosis während eines bestimmten Zeitraumes.

1.1.1.3. Äquivalentdosis

Verschiedene Strahlungsarten führen bei gleicher Energiedosis zu unterschiedlicher biologischer Wirkung. Um ungleiche Strahlungsarten miteinander vergleichen zu können, wird die Äquivalentdosis H verwendet. Sie ist definiert als Produkt der Energiedosis D und einen für jede Strahlungsart bestimmten Strahlungswichtungsfaktor w_R (15):

$$H = D * w_R \quad (1.2)$$

Die SI-Einheit der Äquivalentdosis ist das Sievert (Sv). Da der Strahlungswichtungsfaktor für Röntgenstrahlung bis 200 keV gleich 1 ist, sind Gray und Sievert in der zahnärztlichen Radiologie zahlenmäßig gleichwertig (16).

1.1.1.4. Effektive Dosis

Die Organe des menschlichen Körpers sind unterschiedlich stark empfindlich gegenüber Strahlung. Grundsätzlich sind weniger differenzierte Gewebe und sich häufig teilende Zellen am sensibelsten. Im Kopf-Hals Bereich sind hier vor allem die Augenlinse und die Schilddrüse gefährdet. Um diese Tatsache der unterschiedlichen Empfindlichkeit zu berücksichtigen, wird die effektive Dosis H_{eff} verwendet. Sie ist die Summe der Organdosen H_T , gewichtet mit den Gewebe-Wichtungsfaktoren w_T (15).

$$H_{eff} = \sum_T w_T H_T \quad (1.3)$$

1.1.1.5. Personendosis

Die Personendosis ist die Äquivalentdosis, die mithilfe eines Dosimeters an einer bestimmten Körperstelle gemessen werden kann.

2. Material und Methoden

Im Rahmen dieser prospektiven Studie wurden während des Routinebetriebs an der Univ. Klinik für Zahnmedizin und Mundgesundheits in Graz konsekutiv aufgenommene 150 DVT-Datensätze ausgewertet. Der Fokus lag darauf, die Indikationen zur Anforderung der Aufnahmen zu erheben und diese zu kategorisieren, sowie Art, Anzahl und klinische Relevanz der Nebenbefunde zu ermitteln.

Ein positives Ethikvotum durch die Ethikkommission der Medizinischen Universität Graz war Voraussetzung, um mit der Datenerhebung starten zu können (EK-Nummer 32-252 ex 19/20).

2.1. Datenerhebung

Die Dokumentation der DVT-Datensätze startete am 10.11.2020 und endete mit dem Erreichen von 150 Aufnahmen am 16.12.2020. In diesem Zeitraum wurden von jeder DVT-Zuweisung an die Röntgenabteilung der Univ. Klinik für Zahnmedizin und Mundgesundheits Name und Alter des*der Patienten*Patientin, Zuweiser, Zuweisungsdiagnose und Aufnahmeparameter dokumentiert.

Zur Aufnahme der DVTs wurde ein Planmeca ProMax[®] 3D Max Gerät der Firma Planmeca verwendet. Je nach Indikation wurde das passende FOV ausgewählt. Folgende Volumengrößen standen zur Auswahl:

- „Zahn“ 50x55mm
- „Zähne“ 100x56mm
- „Zähne“ 100x90mm
- „Kiefer“ 130x55mm
- „Kiefer“ 130x90mm
- „Gesicht“ 100x130mm
- „Schädel“ 230x160mm
- „Schädel“ 230x260mm

Wo die Fragestellung es zuließ, wurde zusätzlich der ULD (Ultra-Low-Dose™)-Modus gewählt, um die Strahlenbelastung für den*die Patienten*Patientin zu minimieren. Die Voxelgröße reichte von 150 µm bis 400 µm. Die Aufnahmezeit lag zwischen 4 und 15 Sekunden. Für alle Aufnahmen wurde eine Röhrenspannung von 96 kV eingestellt. Der Röhrenstrom variierte zwischen 2,5 mA und 9,0 mA.

Nachdem die gewünschte Anzahl an DVT-Datensätzen erreicht war, wurden diese anonymisiert, alphanummerisch codiert und tabellarisch gesammelt.

2.2. Datenauswertung

Es wurde dokumentiert, von welcher Abteilung die Zuweisung zur DVT ausging. Die Zuweisungsdiagnosen der einzelnen Aufnahmen wurden den folgenden Indikationen zugeordnet.

- Verdacht auf (V.a.) Wurzelresorption
- V.a. Wurzelfraktur
- Herdsuche
- Visualisierung der knöchernen Parodontalsituation
- Zusätzliche Informationen zur Diagnostik der Pfeilerwertigkeit
- Kiefergelenksdiagnostik
- V.a. zystische Läsion
- V.a. neoplastische oder dysplastische Veränderung
- V.a. Osteomyelitis, Kiefernekrose
- Fragliche Veränderung der Kieferhöhle
- Lagebeziehung Zahn zu N. alv. inf.
- Planung Zahntransplantation
- V.a. Alveolarfortsatzfraktur
- Postoperative Komplikationen
- Darstellung von retinierten/verlagerten Zähnen
- Speichelsteine
- Implantatplanung/Augmentationsplanung
- V.a. Zahnformanomalie
- Diagnostik von Anomalien des Zahnbestanden

- Diagnostik von Anomalien und Dysplasien der Zahnwurzeln
- Differenzialdiagnostische Bewertung von Zahndurchbruchstörungen
- Darstellung des peridental Knochengebotes zur prognostischen Bewertung von geplanten Zahnbewegungen
- Diagnostik craniofazialer Fehlbildungen
- Komplexe Operationsplanung

Bei nicht eindeutig deklarerter Zuweisungsdiagnose wurde die Indikation zur DVT-Aufnahme aus der medizinischen Dokumentation erhoben. Nicht adäquate Zuweisungsindikationen wurden als solche dokumentiert.

Im Anschluss untersuchten drei voneinander unabhängige Personen mit unterschiedlichem Ausbildungsniveau (Kopf-Hals-Radiologin, erfahrene Oralchirurgin mit DVT Fachkunde, Studentin der Zahnmedizin kurz vor Studienabschluss) die 3D-Aufnahmen mit Hilfe der Bildgebungssoftwares Planmeca Romexis® und RadiAnt™ DICOM Viewer. Es wurden Befunde und Nebenbefunde erhoben. Als Nebenbefund wurden alle radiologischen Befunde dokumentiert, welche der Zuweisungsdiagnose nicht zugeordnet werden konnten und als potenziell pathologisch oder für die weitere Therapie relevant eingestuft wurden. Alle Nebenbefunde, die diese Kriterien nicht erfüllten oder als anatomische Normvarianten gelten, flossen nicht in die Ergebnisse dieser Studie mit ein. Es folgte die Einteilung der Ergebnisse in folgende anatomische Gebiete:

nicht dental:

- Luftwege
- Nasennebenhöhlen und Orbita
- Kiefergelenk
- Kieferknochen
- Weichgewebe
- Halswirbelsäule

dental:

- Endodontisch
- Parodontal
- Sonstige

Außerdem wurden die die Nebenbefunde hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Gesundheit des*der Patienten*Patientin in 3 Gruppen eingeteilt:

- keine unmittelbare therapeutische Konsequenz
- potenzielle therapeutische Konsequenz
- akute Konsequenz - Behandlungsnotwendigkeit oder Überweisung zu weiterer Befundung

Es folgte auch eine Einteilung der Befunde und Nebenbefunde nach der Größe des Aufnahmevolumens und nach dem Aufnahmeprotokoll.

Die Auswertung erfolgte mittels deskriptiver Statistik.

3. Ergebnisse

Es wurden 150 DVT-Aufnahmen von insgesamt 150 Patient*innen ausgewertet. Darunter waren 74 weibliche (49,33 %) und 76 männliche (50,66 %) Personen. Das Alter der Patient*innen lag zwischen 7 und 82 Jahren (Mittelwert (MW) 41,6). Die Geschlechter- und Altersverteilung ist in Abbildung 5 und Abbildung 6 graphisch dargestellt.

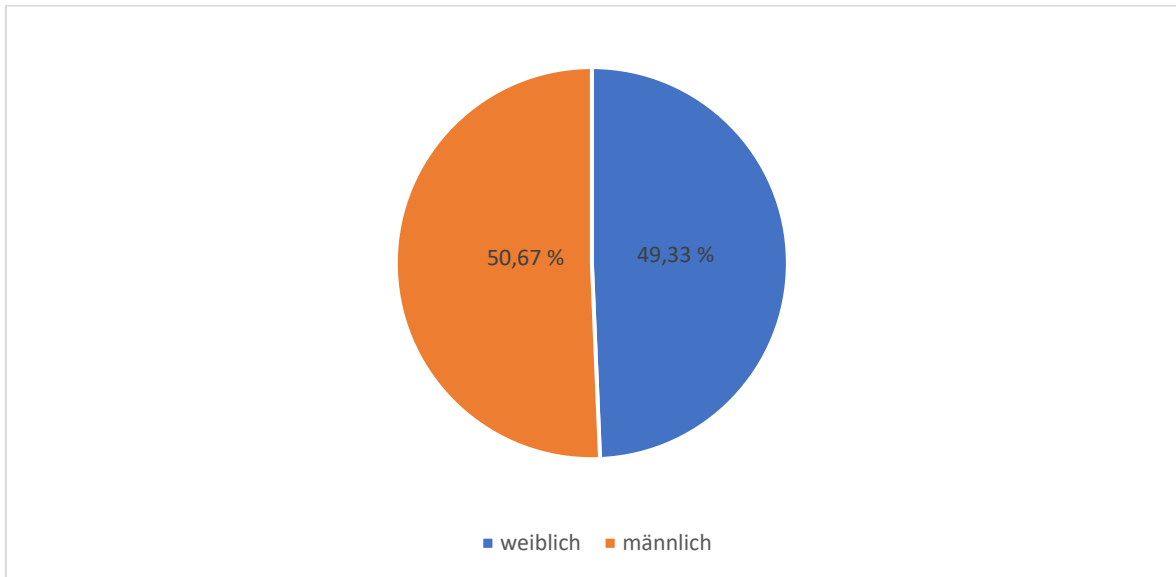


Abbildung 5: Kreisdiagramm zur Veranschaulichung der Geschlechterverteilung der eingeschlossenen Patient*innen

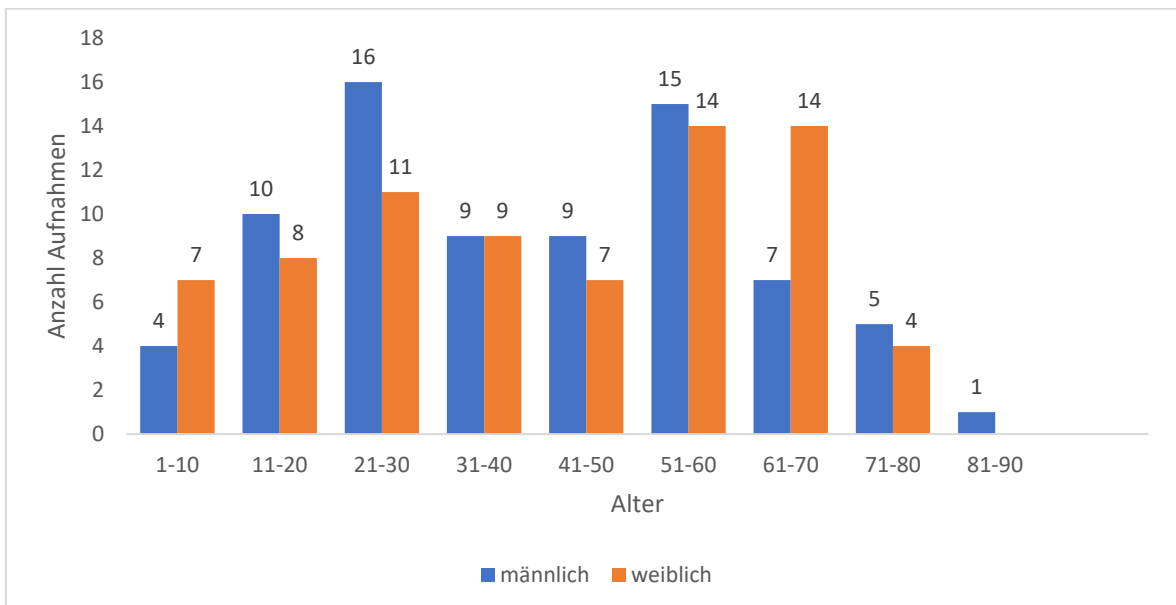


Abbildung 6: Geschlechter- und Altersverteilung der eingeschlossenen Patient*innen

3.1. Aufnahmebereich

Abbildung 7 zeigt die Aufteilung der Aufnahmen auf die verschiedenen Aufnahmebereiche. 61 DVTs (40,67 %) bildeten den Unterkiefer ab. Es gab eine Aufnahme (0,67 %) auf der nur die linke Seite des Unterkiefers zu sehen war. Die Maxilla war auf 60 DVTs (40,00 %) zu sehen. Auch hier gab es eine Aufnahme (0,67 %), welche nur eine Seite des Oberkiefers zeigte. Beide Kiefer waren auf 17 Aufnahmen (11,33 %) abgebildet. Jeweils 2 DVTs (1,33 %) zeigten nur eine Seite der beiden Kiefer. In 3 Fällen (2,00 %) waren der Oberkieferfrontzahnbereich und die Nase zu sehen. Auf einer Aufnahme (0,67 %) war der Oberkiefer und die Augenhöhlen abgebildet. Zur kieferchirurgischen OP-Planung wurde von zwei Patient*innen (1,33 %) eine Aufnahme des gesamten Schädels erstellt.

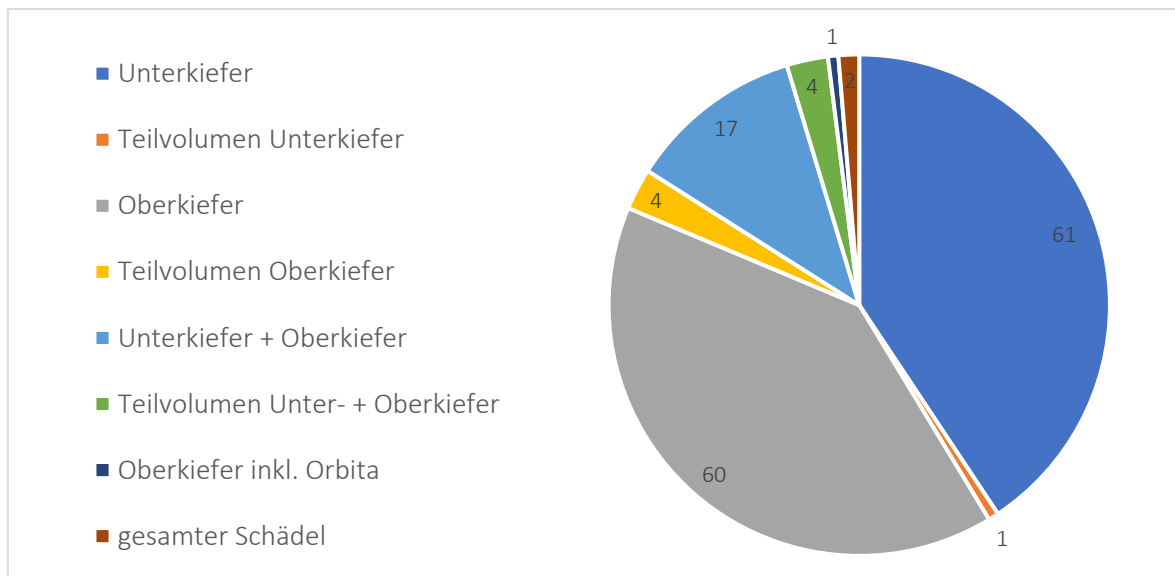


Abbildung 7: Kreisdiagramm zur Veranschaulichung der gewählten Aufnahmebereiche, Teilvolumen bilden nur eine ausgewählte Region des gesamten Bereiches ab

3.2. Aufnahmevolumen

Am häufigsten (143 Aufnahmen, 95,33 %) wurde das Volumen „Zähne“ gewählt. Diesem Modus sind mehrere FOV-Größen zugeordnet. Das FOV mit dem Durchmesser von 85 mm und einer Höhe von 75 mm wurde nur einmal (0,67 %) gewählt. Am öftesten (79,33 %) kam ein FOV von 100/56 mm vor. Die Größe von 100/90 mm wurde 23mal (15,33 %) eingestellt. 4 Aufnahmen (2,67 %) wurden im Volumen „Zahn“ mit einer Feldgröße von 50/55 mm aufgenommen. Einmal wurde der Modus „Kiefer“ ausgewählt. Das FOV maß bei dieser

Aufnahme 130/55 mm. Im Modus „Schädel“ konnten zwei Aufnahmen der Größe 230/260 mm verzeichnet werden. Das Volumen „Gesicht“ wurde während dieser Studie nicht verwendet. Diese Werte sind in Tabelle 1 und Abbildung 8 dargestellt.

Volumen	DM / Höhe (mm)	Anzahl	Prozent
Zahn	50 / 55	4	2,67
Zähne	85 / 75	1	0,67
	100 / 56	119	79,33
	100 / 90	23	15,33
Kiefer	130 / 55	1	0,67
Schädel	230 / 260	2	1,34
Gesamt		150	100

Tabelle 1: verwendete Aufnahmevolumina und Größe der Aufnahmevolumina der DVT-Aufnahmen

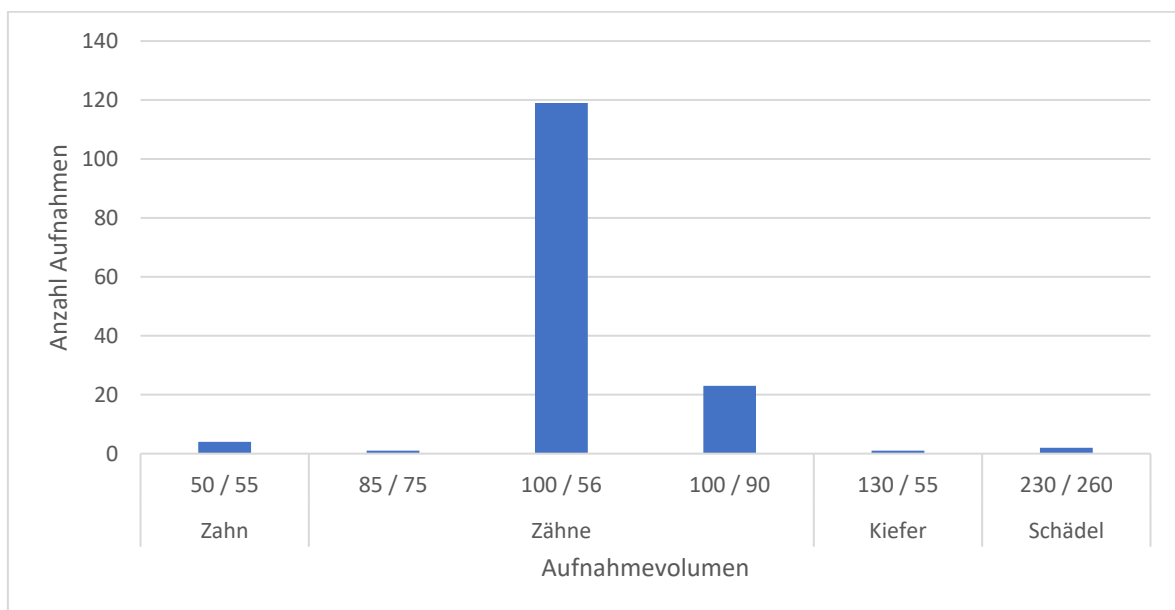


Abbildung 8: Häufigkeitsdiagramm der verwendeten Aufnahmevolumina

3.3. Aufnahmeprotokoll

Wie in Tabelle 2 und Abbildung 9 zu sehen ist, wurden vier verschiedene Aufnahmeprotokolle verwendet. Der Aufnahmemodus „Normal (M)“ wurde am öftesten (Anzahl n = 81; 54,00 %) eingestellt. Eine Aufnahme (0,67 %) wurde im HD (M) Modus erstellt. Bei insgesamt 68 Aufnahmen (45,34 %) wurde zusätzlich der ULD-Modus

verwendet. Davon waren 67 Aufnahmen (44,67 %) Normal (M) und eine Aufnahme Normal (XS).

Aufnahmeprotokoll	Anzahl	Prozent
Normal (M)	81	54,00
Normal (M) ULD	67	44,67
Normal (XS) ULD	1	0,67
HD (M)	1	0,67
Gesamt	150	100

Tabelle 2: verwendete Aufnahmeprotokolle der DVT-Aufnahmen

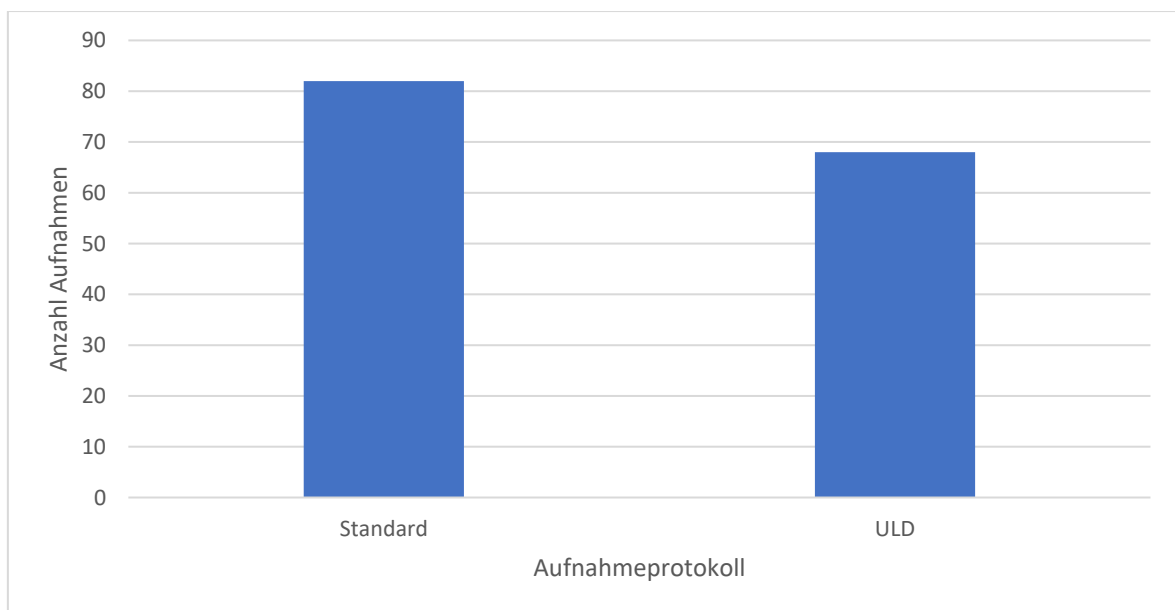


Abbildung 9: Häufigkeitsdiagramm der Aufnahmeprotokolle mit verschiedenen Dosiseinstellungen

3.4. Zuweisung

Tabelle 3 und das Tortendiagramm in Abbildung 10 zeigen durch welche Abteilungen die DVT-Zuweisungen erfolgten. In 105 Fällen (70,00 %) erfolgte die Zuweisung durch die Abteilung für Orale Chirurgie und in 21 Fällen (14,00 %) durch die prothetisch-restaurative Abteilung. Die Kieferorthopädie ordnete 10 Aufnahmen (6,67 %), die konservierende Abteilung 3 (2,00 %) und die Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie 2 DVTs (1,33 %) an. Insgesamt 9 DVTs (6,00 %) wurden von externen Zuweisern angefordert.

Abteilung	Anzahl
Orale Chirurgie	105
Prothetik	21
Kieferorthopädie	10
Konservierende	3
MKG	2
auswertige	9
Gesamt	150

Tabelle 3: DVT-zuweisende Abteilung

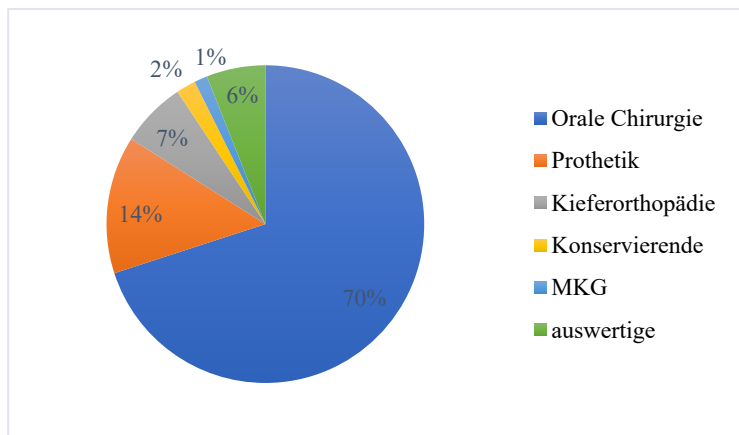


Abbildung 10: prozentuelle Verteilung der DVT-Aufnahmen auf die zuweisenden Abteilungen

3.5. Indikationen

Es wurden insgesamt 151 Zuweisungsdiagnosen erfasst (Tabelle 4, Abbildung 11). Eine Zuweisung konnte keiner adäquaten Zuweisungsdiagnose zugeordnet werden und wurde als Indikationsverfehlung dokumentiert. Die meisten DVTs ($n = 39$; 25,66 %) wurden zum Zweck der Implantat- und Augmentationsplanung angefordert. An zweiter Stelle steht die Lagebeziehung eines Zahnes zum N. alv. inf. mit 15,79 % ($n = 24$). Die weiteren vorgekommenen Zuweisungsindikationen sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

Zuweisungsindikation	Anzahl	Prozent
Implantatplanung/Augmentationsplanung	39	25,66
Lagebeziehung Zahn zu N.alv.inf.	24	15,79
Apikale Osteolyse	17	11,18
Darstellung von retinierten/verlagerten Zähnen	13	8,55
V.a. Zystische Läsion	13	8,55
V.a. Osteomyelitis, Kiefernekrose	8	5,26
Diagnostik von Anomalien des Zahnbestandes	7	4,61
Fragl. Veränderung der Kieferhöhle	6	3,95
Diagnostik craniofazialer Fehlbildungen	5	3,29
V.a. Neoplastische/dysplastische Veränderung	5	3,29
Planung Zahntransplantation	3	1,97
komplexe Operationsplanung	3	1,97
postoperative Komplikationen	3	1,97
V.a. Wurzelresorption	2	1,32
Herdsuche	1	0,66

Differentialdiagnostische Bewertung von Zahndurchbruchstörungen	1	0,66
Darstellung des peridental Knochengebotes zur prognostischen Bewertung von geplanten Zahnbewegungen	1	0,66
Indikationsverfehlung	1	0,66
Gesamt	152	100

Tabelle 4: Übersicht der gewählten Zuweisungsindikationen

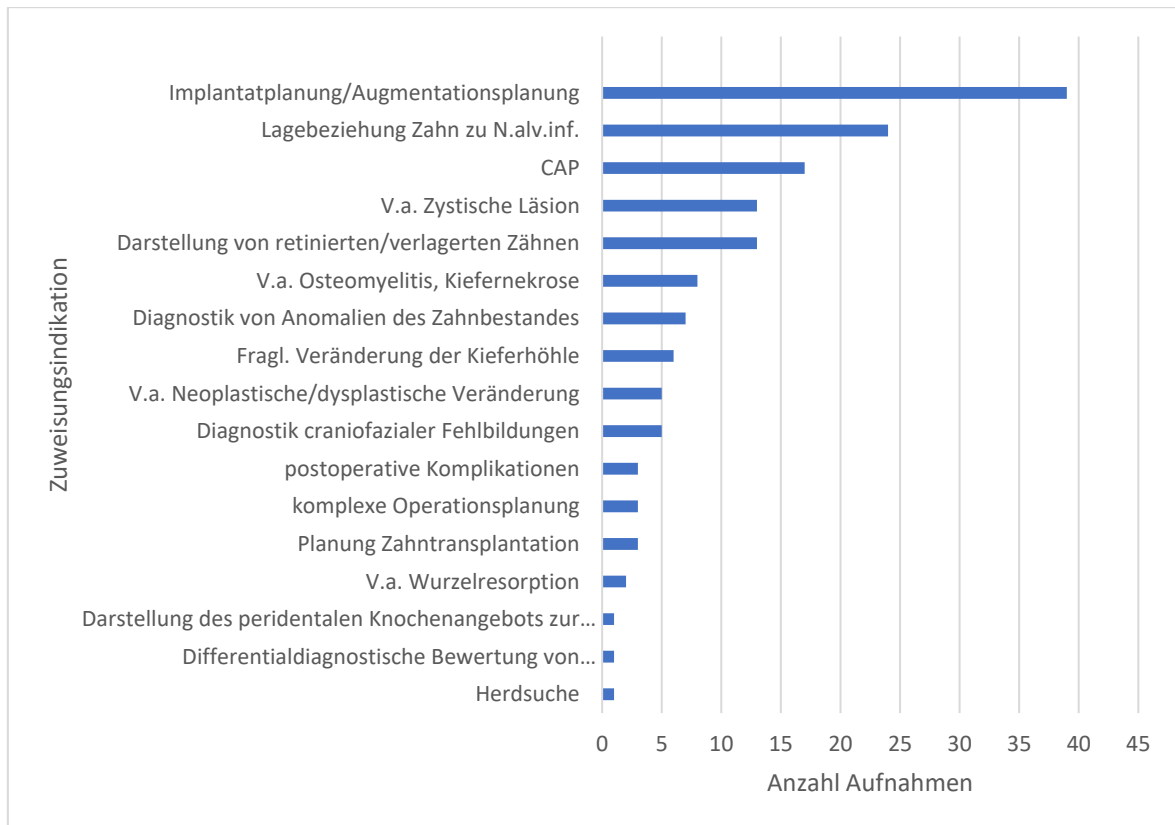


Abbildung 11: graphische Darstellung der gewählten Zuweisungsindikationen, Daten laut Tabelle 4

3.6. Nebenbefunde

In dieser Studie wiesen 122 (81,33 %) von 150 Aufnahmen mindestens einen Zusatzbefund auf. Es wurden insgesamt 302 Nebenbefunde dokumentiert. Daraus ergeben sich durchschnittlich 2,01 Nebenbefunde pro Aufnahme. Betrachtet man nur die Aufnahmen mit Nebenbefunden, erhält man eine Rate von 2,48 Nebenbefunden pro Aufnahme. Achtundzwanzig Aufnahmen (18,67 %) enthielten keine zusätzlichen Befunde. Insgesamt wurden 48 verschiedene Nebenbefunde beschrieben. Die DVT-Aufnahmen von Männern enthielten insgesamt 170 Nebenbefunde (56,29 %). Die restlichen 132 Zusatzbefunde (43,71 %) wurden in den Datensätzen der weiblichen Patientinnen gefunden (Abbildung 12).

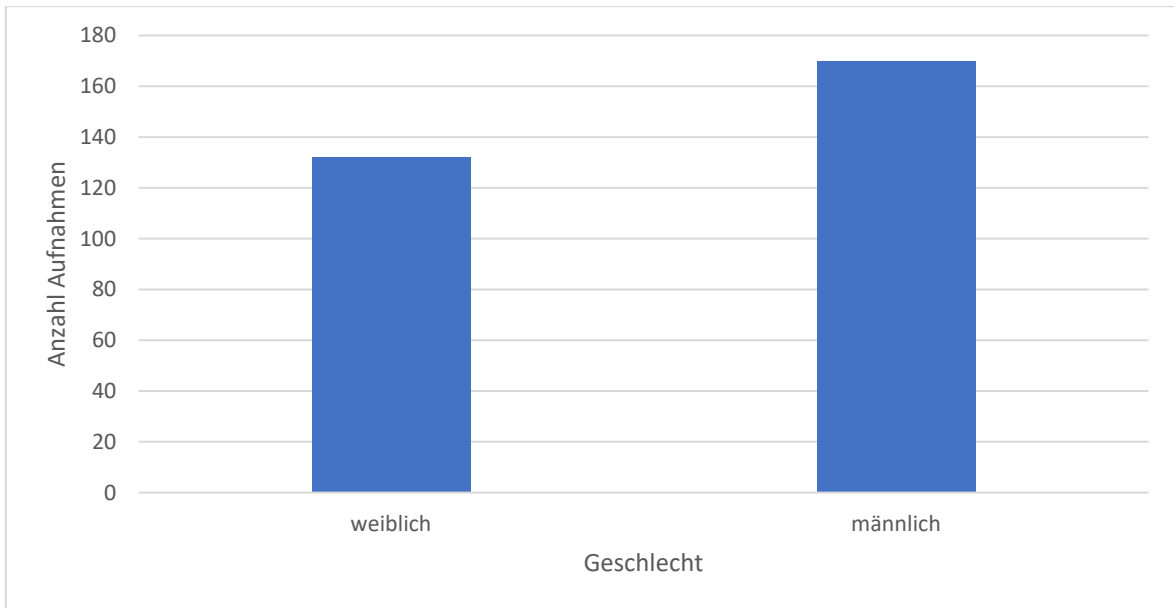


Abbildung 12: Häufigkeitsdiagramm der Nebenbefunde pro Geschlecht

Abbildung 13 zeigt die Altersverteilung der Aufnahmen und Nebenbefunde.

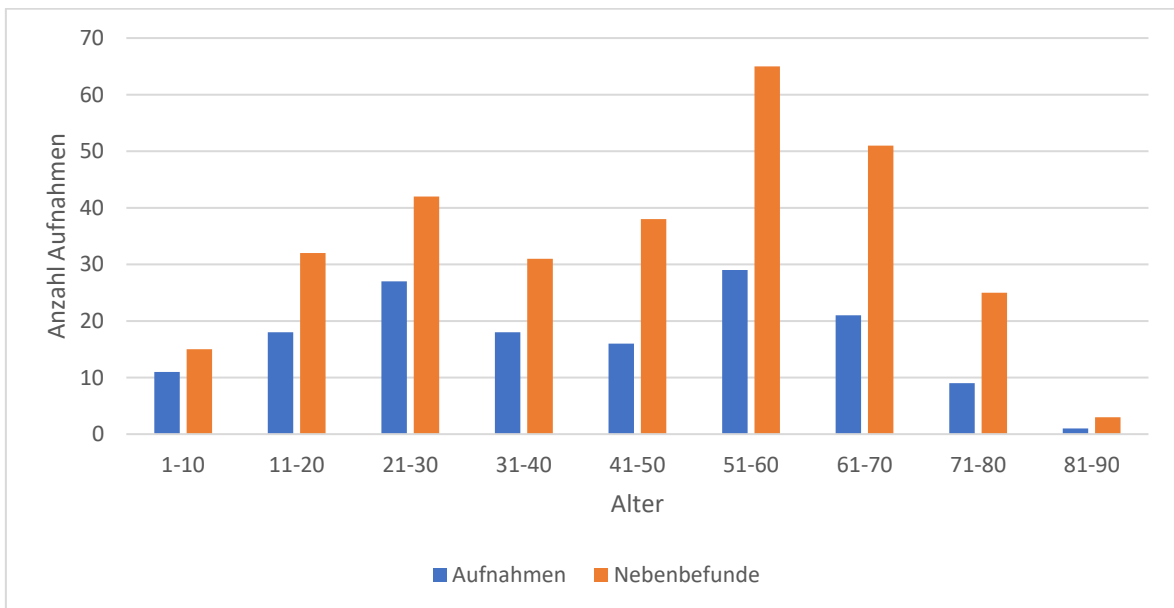


Abbildung 13: Häufigkeitsdiagramm der Altersverteilung von Patient*innen und Nebenbefunden

3.6.1. Nebenbefunde bezogen auf das Alter

Eine steigende Tendenz von Nebenbefunden pro Aufnahme mit steigendem Alter ist in Abbildung 14 zu erkennen. Während bei den Patient*innen zwischen 1 und 10 Jahren 1,36

Nebenbefunde pro Aufnahme gezählt wurden, sind es bei den 71-80jährigen 2,78 Zusatzbefunde. Im DVT des über 80jährigen Patienten gab es drei Nebenbefunde.

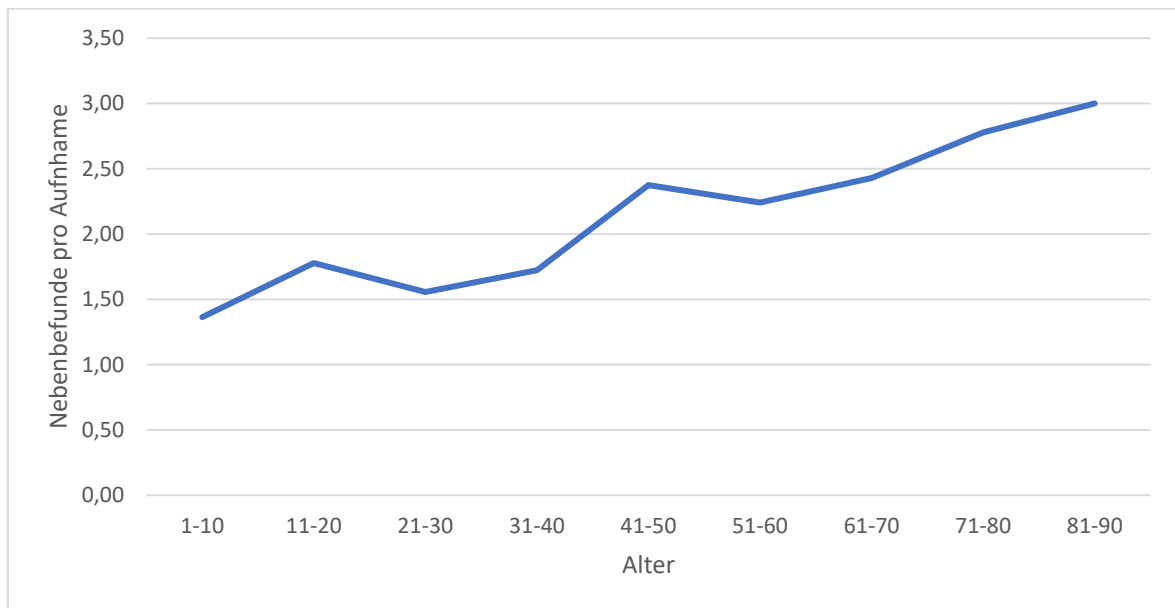


Abbildung 14: Graphische Darstellung der Nebenbefunde pro Aufnahme bezogen auf das Alter der Patient*innen

3.6.2. Nebenbefunde bezogen auf die Lokalisation

Nach der Lokalisation wurden dentale und nicht-dentale Nebenbefunde unterschieden. Die meisten Nebenbefunde wurden im Bereich der Nasennebenhöhlen und Orbita (n = 85; 28,15 %) entdeckt. In den Atemwegen gab es 53 (17,55 %) Nebenbefunde und im Kieferknochen insgesamt 45 (14,90 %). Weitere Lokalisationen waren die Halswirbelsäule mit 19 (6,29 %), das Weichgewebe mit 16 (5,30 %) und das Kiefergelenk mit 2 (0,66 %) Nebenbefunden. Im Bereich der Zähne wurden endodontische, parodontale und sonstige Nebenbefunde unterschieden. Zur Gruppe endodontischer Nebenbefunde zählten apikale Osteolyse im Sinne einer CAP (chronisch apikale Parodontitis), periapikale zystische Läsion und Wurzelresorption. Als parodontale Nebenbefunde wurden Attachmentverlust/parodontaler Abbau, Paro-Endoläsion, Bifurkationsbeteiligung und Periimplantitis gezählt. Zu den sonstigen Befunden zählten Nichtanlagen, Wurzelreste, Karies/Substanzdefekte, Aplasie von Zähnen, verlagerte Zähne und Zahnfragmente. Die meisten dentalen Nebenbefunde waren endodontische Nebenbefunde (n = 46; 15,23 %), gefolgt von parodontalen (n = 19, 6,29 %) Zusatzbefunden und Sonstigen (n = 17; 5,63 %).

Tabelle 5 und Abbildung 15 zeigen die Anzahl an Nebenbefunden bezogen auf die Lokalisation.

	Lokalisation	Nebenbefund	Anzahl	Prozent	
nicht dental	Nasennebenhöhlen (NNH) und Orbita		85	28,15	
		Schleimhautschwellung Sinus maxillaris	58	19,21	
		Underwood Septen	7	2,32	
		Mund-Antrum-Verbindung	5	1,66	
		Schleimhautschwellung Sinus sphenoidalis	5	1,66	
		Weichgewebsobliteration Sinus maxillaris	2	0,66	
		Perforation des Sinus maxillaris durch Implantate	2	0,66	
		Schleimhautschwellung Cellulae ethmoidales	1	0,33	
		Malformation des Sinus maxillaris	1	0,33	
		Mucocele	1	0,33	
		Polyp (Cellulae Ethmoidales)	1	0,33	
		postoperative Veränderungen des Sinus maxillaris	1	0,33	
		Fremdkörper im Bereich der Nasennebenhöhlen/Orbita	1	0,33	
		Atemwege		53	17,55
			Septumdeviation	47	15,56
			Hypertrophie der Concha nasalis inferior	3	0,99
			Aplasie des Nasenseptums	1	0,33
			perforiertes Nasenseptum	1	0,33
			Fremdkörper im Bereich der Atemwege	1	0,33
		Kieferknochen		45	14,90
			Fremdkörper im Bereich des Kieferknochens	12	3,97
			Zyste	7	2,32
			enossales Osteom	6	1,99
			Osteitis condensans	6	1,99
			Osteolyse	5	1,66
			Torus mandibularis	4	1,32
			Sequester	2	0,66
			tumoröse Veränderung	1	0,33
			dysplastische Veränderung	1	0,33
			Frozen socket	1	0,33
		Halswirbelsäule (HWS)		19	6,29
			degenerative Veränderung im Bereich der Halswirbelsäule	16	5,30

dental		enossales Osteom	2	0,66
		Ankylose im Bereich der Halswirbelsäule	1	0,33
		Weichgewebe	16	5,30
		Verkalkungen Stylohyoid-Komplex	10	3,31
		Eagle Syndrom	3	0,99
		Sialolith Glandula Submandibularis	2	0,66
		subkutane Verkalkungen	1	0,33
		Kiefergelenk	2	0,66
		Degenerative Veränderung im Bereich des Kiefergelenks	2	0,66
		endodontisch	46	15,23
		Apikale Osteolyse	38	12,58
		periapikale zystische Läsion	4	1,32
		Wurzelresorption	4	1,32
		parodontal	19	6,29
		Attachmentverlust/parodontaler Abbau	10	3,31
		Paro-Endoläsion	4	1,32
	Bifurkationsbeteiligung	3	0,99	
	Periimplantitis	2	0,66	
	Sonstige	17	5,63	
	Nichtanlage	8	2,65	
	Wurzelrest	3	0,99	
	Karies/Substanzdefekt	3	0,99	
	Aplasie eines Zahnes	1	0,33	
	verlagerter Zahn	1	0,33	
	Zahnfragment	1	0,33	
Gesamt			302	100

Tabelle 5: Übersicht der vorkommenden Nebenbefunde nach Lokalisation unterteilt in dentale und nicht-dentale Nebenbefunde

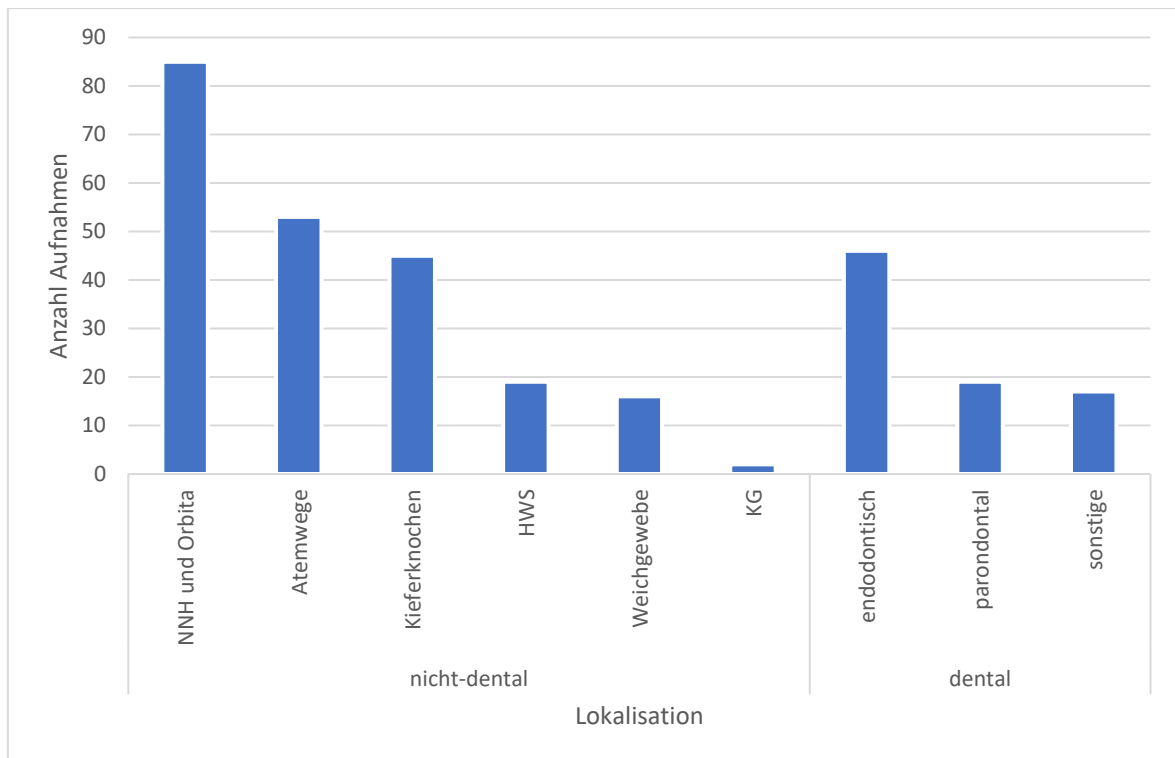


Abbildung 15: Häufigkeitsdiagramm der Nebenbefunde bezogen auf die Lokalisation unterteilt in dentale und nicht-dentale Nebenbefunde, Daten laut Tabelle 5

3.6.3. Nebenbefunde bezogen auf das FOV

Nach dem FOV wurden 6 verschiedene Volumengrößen unterschieden (Abbildung 16, Abbildung 17). In der Gruppe „Zahn 50/55“ mit dem kleinsten FOV gab es insgesamt 4 Nebenbefunde und durchschnittlich einen Nebenbefund pro Aufnahme. Das Volumen „Zähne 85/75“ verzeichnete nur eine Aufnahme. In diesem Datensatz gab es zwei Nebenbefunde. Die größte Gruppe war das Volumen „Zähne 100/56“. Hier konnten 210 Nebenbefunde dokumentiert werden. Das entspricht 1,76 Nebenbefunden pro Aufnahme. Bei den Aufnahmen mit dem Volumen „Zähne 100/90“ wurden insgesamt 74 Nebenbefunde entdeckt. Somit gab es hier die 3,22 Nebenbefunde pro Aufnahme. Die Gruppe „Kiefer 130/55“ enthielt nur eine Aufnahme, welche 1 Nebenbefund enthielt. Die Aufnahmen mit dem größten FOV „Schädel 230/260“ enthielten auch die meisten Nebenbefunde. Durchschnittlich waren es 5,50 Nebenbefunde pro Aufnahme.

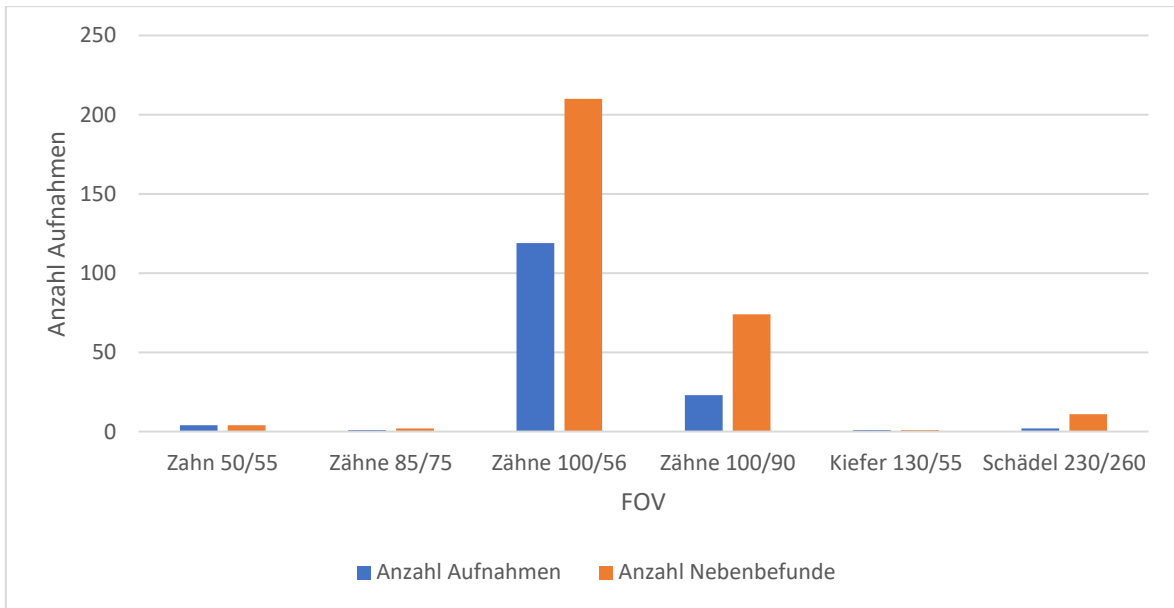


Abbildung 16: Häufigkeitsdiagramm der Nebenbefunde bezogen auf das FOV

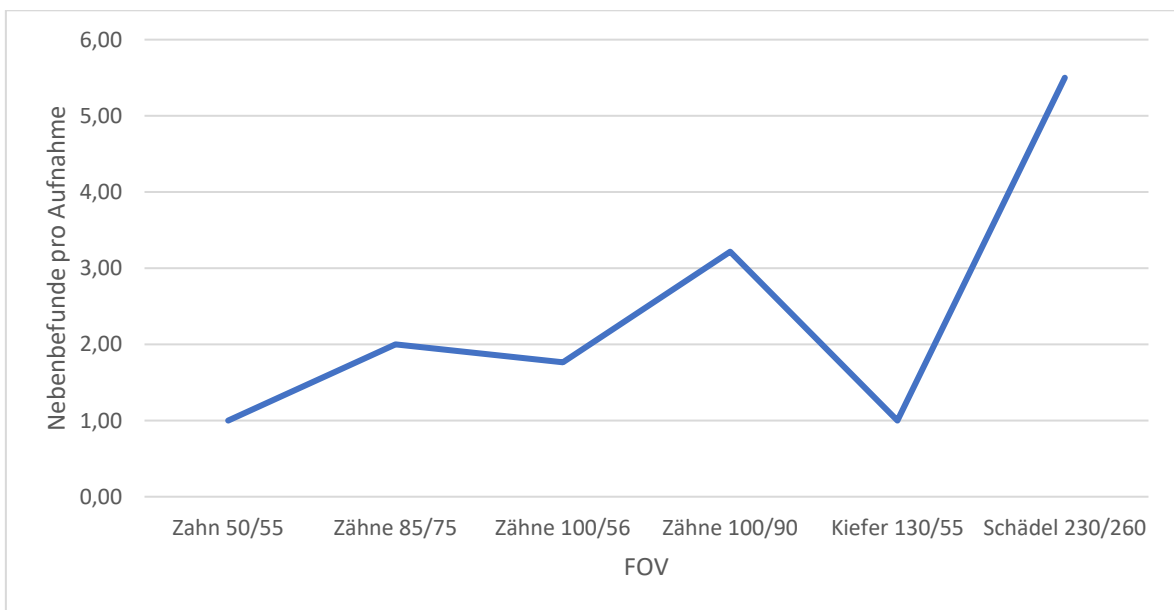


Abbildung 17: graphische Darstellung der Nebenbefunde pro Aufnahme bezogen auf das FOV

3.6.4. Nebenbefunde bezogen auf die Dosiseinstellung

Bei den 82 Aufnahmen, welche im Standardmodus aufgenommen wurden, konnten insgesamt 188 Nebenbefunde beschrieben werden. Dies entspricht 2,29 Nebenbefunden pro Aufnahme. In der Vergleichsgruppe im ULD-Modus konnten bei 68 Aufnahmen 114 Nebenbefunde dokumentiert werden. Durchschnittlich sind es hier deutlich weniger,

nämlich 1,68 Nebenbefunde pro Aufnahme. Die Verteilung DVT-Aufnahmen auf die verwendeten Dosiseinstellungen ist in Abbildung 18 dargestellt..

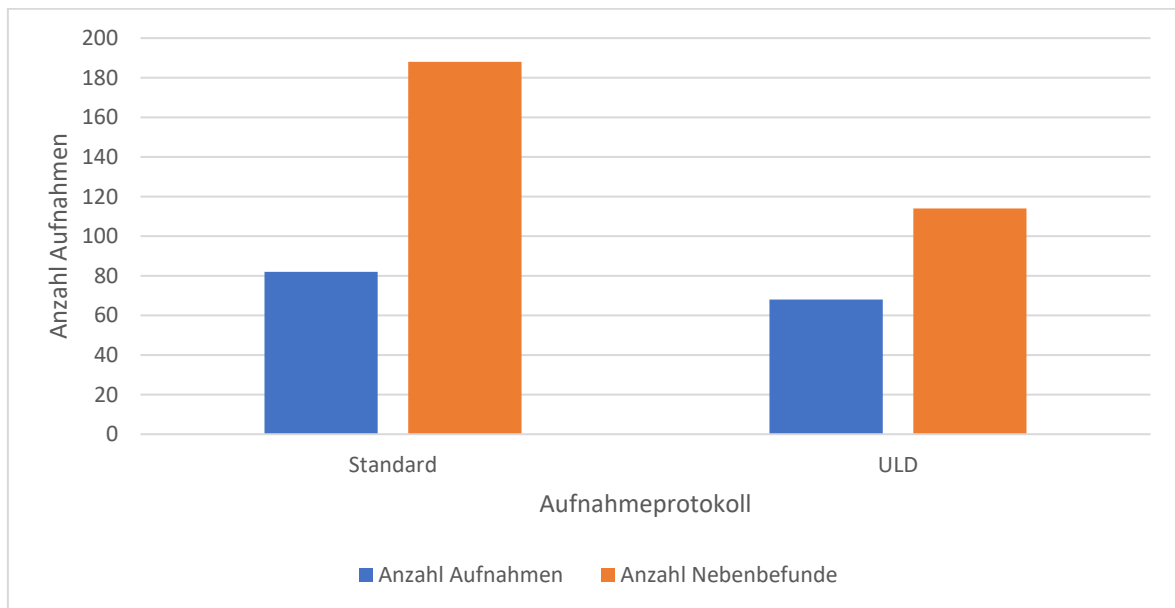


Abbildung 18: Häufigkeitsdiagramm der Aufnahmeprotokolle und Nebenbefunde bezogen auf die verschiedenen Dosiseinstellungen

3.6.5. Klinische Bedeutung der Nebenbefunde

Die Nebenbefunde wurden hinsichtlich ihrer klinischen Relevanz für den*die Patienten*Patientin in drei Gruppen eingeteilt (siehe Tabelle 6 und Abbildung 19). 16 (33,33 %) der 48 verschiedenen Nebenbefunde hatten keine unmittelbare therapeutische Konsequenz. Die größte Gruppe (n = 17, 35,42 %) waren Nebenbefunde, die keiner sofortigen Intervention bedürfen, allerdings beobachtet und kontrolliert werden müssen. Es wurden 15 Zusatzbefunde (31,25 %) beschrieben, welche entweder zahnmedizinisch behandelt werden sollten oder wofür der*die Patient*Patientin zur weiteren Abklärung oder Behandlung weiter überwiesen werden muss. Bezogen auf die Anzahl an Nebenbefunden zählten wir 91 Befunde (30,13 %), welche derzeit ohne therapeutische Konsequenz waren. Weitere 125 Zusatzbefunde (41,39 %) zählten zur Kategorie „potenzielle therapeutische Konsequenz“. 86 Nebenbefunde (28,48 %) bedurften entweder akut einer Behandlung durch den*die Zahnarzt*Zahnärztin oder einer Überweisung an einen*eine andere*n Facharzt*Fachärztin bzw. einer weiteren Befunderhebung.

klinische Bedeutung	Lokalisation	Nebenfund	Anzahl an Nebenfunden
keine unmittelbare therapeutische Konsequenz	Nasennebenhöhlen und Orbita		12
		Underwood Septen	7
		Perforation des Sinus maxillaris durch Implantate	2
		Malformation des Sinus maxillaris	1
		Polyp (Cellulae Ethmoidales)	1
		postoperative Veränderungen des Sinus maxillaris	1
	Atemwege		51
		Septumdeviation	47
		Hypertrophie der Concha nasalis inferior	3
		Aplasie des Nasenseptums	1
	Kieferknochen		11
		enossales Osteom	6
		Torus mandibularis	4
		Frozen socket	1
	Halswirbelsäule		2
		enossales Osteom	2
	Weichgewebe		14
		Verkalkungen Stylohyoid-Komplex	10
		Eagle Syndrom	3
		subkutane Verkalkungen	1
Sonstige		1	
	Aplasie eines Zahnes	1	
potenzielle therapeutische Konsequenz	Nasennebenhöhlen und Orbita		65
		Schleimhautschwellung Sinus maxillaris	58
		Schleimhautschwellung Sinus sphenoidalis	5
		Schleimhautschwellung Cellulae ethmoidales	1
		Fremdkörper im Bereich der Nasennebenhöhlen/Orbita	1
	Atemwege		2
		perforiertes Nasenseptum	1
		Fremdkörper im Bereich der Atemwege	1
	Kieferknochen		18
		Fremdkörper im Bereich des Kieferknochens	12
		Osteitis condensans	6
	Halswirbelsäule		17

		degenerative Veränderung im Bereich der Halswirbelsäule	16
		Ankylose im Bereich der Halswirbelsäule	1
	Kiefergelenk		2
		Degenerative Veränderung im Bereich des Kiefergelenks	2
	endodontisch		4
		Wurzelresorption	4
	parodontal		13
		Attachmentverlust/parodontaler Abbau	10
		Bifurkationsbeteiligung	3
	Sonstige		4
		Wurzelrest	3
		Zahnfragment	1
akute Konsequenz - Behandlungsnotwendigkeit oder Überweisung zu weiterer Befundung	Nasennebenhöhlen und Orbita		8
		Mund-Antrum-Verbindung	5
		Weichgewebsobliteration Sinus maxillaris	2
		Mucocele	1
	Kieferknochen		16
		Zyste	7
		Osteolyse	5
		Sequester	2
		tumoröse Veränderung	1
		dysplastische Veränderung	1
	Weichgewebe		2
		Sialolith Glandula Submandibularis	2
	endodontisch		42
		Apikale Osteolyse	38
		Periapikale zystische Läsion	4
	parodontal		6
		Paro-Endoläsion	4
		Periimplantitis	2
	Sonstige		12
		Nichtanlage	8
	verlagerter Zahn	1	
	Karies/Substanzdefekt	3	

Tabelle 6: Übersicht über die Lokalisation und klinische Bedeutung der Nebenbefunde

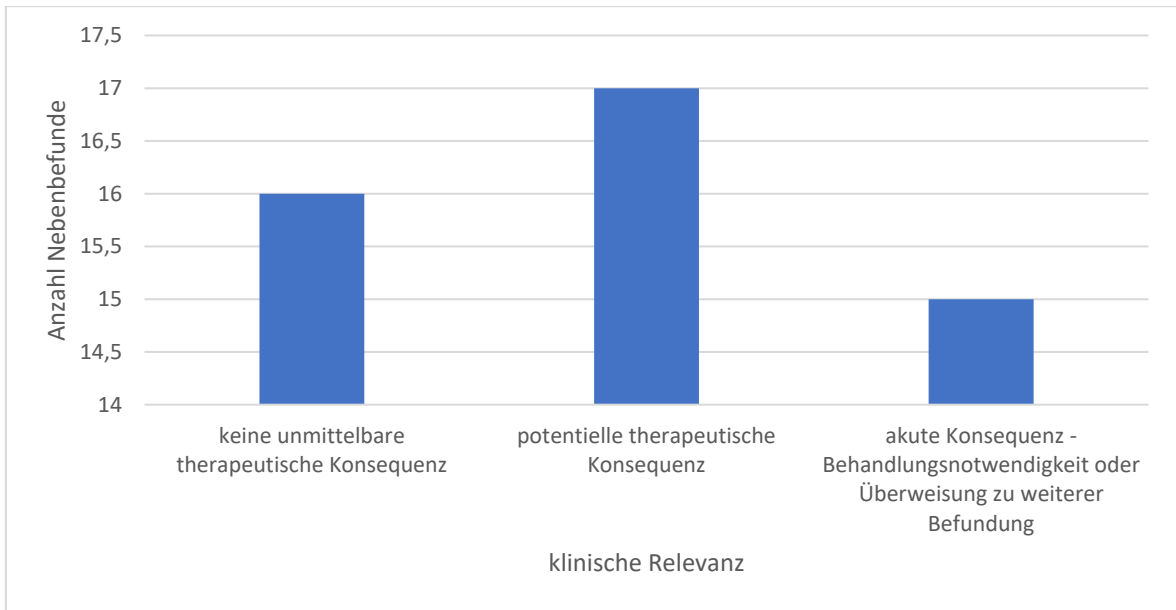


Abbildung 19: Häufigkeitsdiagramm der klinischen Bedeutung der Nebenbefunde, Daten laut Tabelle 6

4. Diskussion

Der aufstrebende Markt rund um die dreidimensionale Bildgebung in der Zahnmedizin ist der raschen technischen Weiterentwicklung und den mannigfaltigen Anwendungsgebieten geschuldet. Die digitale Volumentomografie ist eine Schlüsselkomponente im Bereich der modernen Zahnheilkunde. Sie erfährt durch die vielen Vorteile wie den geringen Platzbedarf, das einfache Handling, die geringe Aufnahmezeit und die erschwinglichen Preise im klinischen wie auch im niedergelassenen Bereich viel Zuspruch.

Die Anwendung einer 3D Bildgebung geht für den*die Zahnarzt*Zahnärztin mit einer großen Verantwortung einher. Eine strikte und sorgfältige Indikationsstellung ist aufgrund der erhöhten Strahlenbelastung für den*die Patienten*Patientin unerlässlich. Prinzipiell gilt sie als gerechtfertigt, wenn eine zweidimensionale Bildgebung zur hinreichenden Diagnostik oder Therapieplanung nicht ausreichend ist (5, 6). Die Limitation von Summationsbildern liegt in der Überlagerung von Strukturen (18). Zudem kann es zu geometrischen Verzerrungen, Vergrößerungen oder Verkleinerungen auf dem entstandenen Bild kommen (18, 38).

In der Literatur wird die Implantat- und Augmentationsplanung mit rund 34-74 % als häufigste Indikation für eine DVT-Aufnahme angegeben (1, 7, 38–41). Auch in der vorliegenden Studie wurde die Implantat- bzw. Augmentationsplanung am öftesten als Zuweisungsdiagnose angeführt, allerdings mit nur 25,83 % zu einem deutlich niedrigeren Prozentsatz. In der Studie von Zain-Alabdeen et al. wurde Implantat- und Augmentationsplanung nach der Beurteilung der Lage des N.alv.inf. zum dritten unteren Molaren als zweithäufigste Zuweisungsdiagnose angegeben (42). Die häufige Anwendung einer DVT im Fachbereich der Implantologie ist auf zwei Vorteile der dreidimensionalen Bildgebung gegenüber einer konventionellen Röntgenaufnahme zurückzuführen. Einerseits kann nicht nur die vertikale Knochenhöhe, sondern auch das horizontale Knochenangebot dargestellt und vermessen werden. Andererseits können die DVT-Daten zur Herstellung von Bohrschablonen und folglich auch zur Vorbereitung von implantatgetragenen Provisorien verwendet werden. Als zweithäufigste Zuweisungsdiagnose wurde in der vorliegenden Studie die Abklärung der Lage eines Zahnes zum N. alv. inf. genannt. Das Wissen um die genaue Lage eines Weisheitszahnes zum N. alv. inf. ermöglicht es diesen während des operativen Eingriffs zu schützen und das Risiko für Parästhesien, Hypästhesien oder gar Anästhesien zu reduzieren. Aus diesem Grund ist bei entsprechend naher Lagebeziehung der

zwei Strukturen zueinander eine präoperative dreidimensionale Diagnostik jedenfalls indiziert und sinnvoll. Eine DVT-Aufnahme wurde zur Beurteilung der Einheilung mehrerer Implantate angefordert. Titanimplantate verursachen jedoch in der digitalen Volumentomografie Aufhärtungsartefakte, wodurch der periimplantäre Knochen nicht wahrheitsgetreu dargestellt wird und eine Beurteilung dieses Bereichs nur sehr eingeschränkt möglich ist. Daher muss diese Zuweisung als Indikationsverfehlung angesehen werden. Klinische Parameter und zweidimensionale bildgebende Verfahren wären hier diagnostisch sinnvoller und vor allem auch dosissparender gewesen.

Mit der Anforderung einer DVT-Aufnahme geht die Pflicht einher, alle dargestellten Strukturen zu befunden. Auch bei einem kleinen gewählten FOV werden zum Teil Gebiete abgebildet, die außerhalb des primären Interessenbereichs liegen. Eine genaue Kenntnis der Anatomie sowie das Erkennen von Artefakten, Normabweichungen und möglichen Pathologien im Bereich der Zähne, Kiefer, Nasennebenhöhlen und der angrenzenden Strukturen sind für den*die behandelnde*n Arzt*Ärztin von großer Bedeutung (1, 5). Als Ursache für falsch interpretierte oder unentdeckte Befunde gilt, dass sie oft außerhalb des Fachgebietes liegen und durch mangelnde Ausbildung und Erfahrung übersehen werden. Sollten Pathologien erkannt werden, muss der*die Patient*Patientin aufgeklärt und gegebenenfalls zur weiteren Diagnostik oder Therapie überwiesen werden.

In Deutschland muss als Voraussetzung für den Betrieb eines DVT-Gerätes die DVT-Fachkunde im Sinne der Richtlinie „Fachkunde und Kenntnisse im Strahlenschutz bei Betrieb von Röntgeneinrichtungen in der Medizin oder Zahnmedizin“ erlangt werden (43). Im Rahmen dieser Ausbildung werden die Grundprinzipien der DVT und das richtige Auswerten von DVT-Datensätzen vermittelt. Die Kurse können auch von österreichischen Zahnärzten*innen besucht werden, allerdings ist die Fachkunde hierzulande keine Grundvoraussetzung. Es liegt an jedem einzelnen, sich mit der Materie zu beschäftigen und eine adäquate Diagnostik im Sinne des*der Patienten*Patientin zu gewährleisten. Eine vertiefende Ausbildung scheint aber jedenfalls sinnvoll, da wie in der vorliegenden Studie gezeigt werden konnte, aufgrund der detaillierten Darstellung anatomischer Strukturen oft therapierelevante Befunde außerhalb des dentoalveolären Bereiches sichtbar sind, mit denen ein*e Zahnarzt*Zahnärztin unter Umständen nicht vertraut ist.

Zahlreiche Studien haben sich der Frage um die Häufigkeit von Nebenbefunden in DVT-Aufnahmen gewidmet (1, 5, 7–9, 20, 22, 38, 39, 42, 44). Die Prävalenz von zusätzlichen Befunden im Rahmen einer DVT-Untersuchung variiert in der Literatur aufgrund von unterschiedlichen Patientenkollektiven, Alterskohorten, Volumengrößen und Definitionen von Nebenbefunden. Allerdings wird sie weitestgehend als sehr hoch angegeben. Das konnte auch in der vorliegenden Studie gezeigt werden, indem bei 122 von 150 Aufnahmen (81,33 %) mindestens ein Nebenbefund dokumentiert wurde. Das Ergebnis ist vergleichbar mit anderen Studien aus der Literatur, bei denen das Verhältnis an DVT-Aufnahmen mit Nebenbefunden zwischen 83,4% und 94,3% angegeben wird. (1, 8, 20, 22, 38, 39, 42). Diese Ergebnisse unterstreichen die Wichtigkeit, das gesamte Volumen zu befunden, um potenzielle Pathologien außerhalb des Interessensbereich nicht zu übersehen.

Die durchschnittliche Anzahl von 2,01 Nebenbefunden pro Aufnahme in dieser Studie steht in Einklang mit den Arbeiten von Kachlan et al. 2021 (2,00 Nebenbefunde/Aufnahme) (45) und Edwards, Alsufayani et al. 2014 (1,97 Nebenbefunde/Aufnahme) (8). Es wurden weniger Nebenbefunde pro Aufnahme verzeichnet als in der Arbeit von Lopes et al. 2017 (3,73 Nebenbefunde/Aufnahme) (1). Die Tatsache inwieweit anatomische Normvarianten als Befund gewertet werden, keinen einen Einfluss auf das Ergebnis haben und ist eine mögliche Erklärung für die unterschiedlichen Ergebnisse. Oser et al. 2017 (20) fanden 1,53 Nebenbefunde pro Aufnahme. Eine mögliche Erklärung für diesen niedrigeren Wert könnte sein, dass die Autoren ausschließlich Aufnahmen mit kleinem FOV in die Studie einschlossen.

Das Field of View bezeichnet das Abbildungsvolumen einer digitalen Volumentomografie. Die Größe kann an die Indikation angepasst werden. Die kleinsten Aufnahmen wurden im Aufnahmemodus „Zahn“ aufgenommen und hatten ein Durchmesser von 50 mm und eine Höhe von 55 mm. In dieser Gruppe gab es durchschnittlich einen Nebenbefunde pro Aufnahme. Am häufigsten wurde ein Volumen von 100mm Durchmesser und 56 mm Höhe, welches als „Zähne“ bezeichnet wurde, gewählt. Dies entspricht etwa der Abbildung eines Kiefers. Hier konnten 1,76 Nebenbefunde pro Aufnahme beschrieben werden. Die größten Aufnahmen entstanden im Aufnahmemodus „Schädel“. Sie maßen 230 mm im Durchmesser und 260 mm in der Höhe und bildeten den gesamten Schädel ab. In dieser FOV-Größe gab es durchschnittlich 5,5 Nebenbefunde pro Aufnahme. Aus diesen Ergebnissen lässt sich deutlich ablesen, dass ein größerer Aufnahmebereich mit mehr Nebenbefunden einhergeht.

Das für die vorliegende Studie verwendete DVT-Gerät ProMax[®] 3D Max der Firma Planmeca verfügt über einen sogenannten ULD (Ultra-Low-Dose[™])-Modus. Dieser ermöglicht eine Dosisreduktion von durchschnittlich 77 % mit meist ausreichender diagnostischer Bildqualität (46). Von den insgesamt 150 Aufnahmen wurden 68 (45,33 %) im ULD-Modus angefertigt. Im Vergleich zu den Aufnahmen mit Standard-Einstellung gab es hier deutlich weniger Nebenbefunde pro Aufnahme (siehe Abbildung 18). Zu diesem Aspekt finden sich in der Literatur allerdings keine vergleichbaren Daten. Der Unterschied in der Anzahl an Nebenbefunden kann möglicherweise der geringeren Auflösung im ULD-Modus geschuldet sein, welche eine eindeutige Abgrenzung und Befundung von einzelnen Strukturen erschweren kann. Weitere Studien zu diesem Thema sind notwendig, um die Ergebnisse dieser Studie zu bestätigen. Im Sinne des ALADA-Prinzips sollte eine dosissparende Aufnahme der Standardaufnahme wann immer möglich vorgezogen werden.

Bezogen auf die Lokalisation wurden dentale und nicht dentale Nebenbefunde unterschieden (siehe Tabelle 5 und Abbildung 15). Dentale Nebenbefunde machten 27,15 % aller zusätzlich entdeckten Befunde aus. Die größte Gruppe davon waren endodontische Auffälligkeiten (15,23 %). Bei mehr als dreiviertel aller Patient*innen (25,33 %) wurde mindestens eine apikale Osteolyse gefunden. In vergleichbaren Studien wurden 15,3 n% (42) und 42,9 % (20) beschrieben. Periapikale zystische Läsionen und Wurzelresorptionen machten jeweils 1,32 % aller Nebenbefunde aus.

Die zweite Gruppe der dentalen Nebenbefunde umfasst alle zusätzlichen parodontalen Veränderungen. In der vorliegenden Studie machten diese 6,29 % aller Nebenbefunde aus. Unterschieden wurden Attachmentverlust/parodontaler Abbau (3,31 %), Paro-Endoläsionen (1,32 %), Bifurkationsbeteiligung (0,99 %) und Periimplantitis (0,66 %). Unser Ergebnis steht im Einklang mit der 2014 veröffentlichten Studie von Dogramaci et al. in der 5,8 % parodontale Nebenbefunde beschrieben wurden (5).

Die letzte Gruppe waren sonstige dentale Nebenbefunde. Dazu zählten Nichtanlagen (2,65 %), Wurzelreste (0,99 %), Karies/Substanzdefekte (0,99 %), Aplasien von Zähnen (0,33 %), verlagerte Zähne (0,33 %) und Zahnfragmente (0,33 %). Die häufigsten Nichtanlagen sind dritte Molaren, mit einen oder mehreren fehlenden Zähnen in 9 % - 20 % der Fälle (47). In unserer Studie wurden diese nicht als Nichtanlage gezählt, da vorangegangene Entfernungen derselben nicht ausgeschlossen werden können. Edwards et al. gingen gleich vor und führten 4,39 % aller Nebenbefunde auf Nichtanlagen zurück (8). Es ist zu erwarten, dass die tatsächliche Anzahl an kariösen Zähnen deutlich höher ist, als im DVT festgestellt wurde.

Dies liegt daran, dass die digitale Volumentomographie zur Kariesdiagnostik aufgrund von Auslöschungs- und Aufhärtungsartefakten durch angrenzende metallische Füllungen und Hartgewebe nicht geeignet ist (3, 48).

In den Kieferknochen wurden insgesamt 45 Zusatzbefunde (14,90 %) beschrieben. Im Vergleich dazu beschrieben Zain-Alabdeen und El Khateeb et al. 27,4 % der gesamten Nebenbefunde im Kieferknochen (42). Die eben genannten Autoren unterschieden allerdings nicht zwischen dentalen und nicht-dentalen Nebenbefunden in diesem Bereich. Im Gegensatz dazu trennten Pette et al. sehr wohl dental und nicht-dental und geben 6,29 % an (22). Zwölf Nebenbefunde in unserer Studie waren Fremdkörper (3,97 %). Zystische Läsionen wurden bei 7 Patient*innen entdeckt. Ausschließlich auf Basis der Radiologie kann keine endgültige Diagnose bezüglich der Ätiologie von Zysten gestellt werden. Weitere klinische und histopathologische Untersuchungen sind notwendig, um die Entität einer zystischen Läsion festzustellen und eine adäquate Therapie einzuleiten. Knochenveränderungen wurden in Form von Osteolysen (1,66 %), Osteitits condensans (1,99 %), enossalen Osteomen (1,99 %) und Tori mandibulares (1,32 %) verzeichnet. Bei zwei Patient*innen wurden Sequester dokumentiert.

Jeweils einmal (0,33 %) wurde eine tumoröse und eine dysplastische Veränderung sowie ein Frozen Socket befundet.

Im Bereich der Nasennebenhöhlen und Orbita wurden die meisten Nebenbefunde entdeckt (siehe Tabelle 5 und Abbildung 15). Auch in der Literatur finden sich Studien, in denen die Nasennebenhöhlen als primärer Fundort für Nebenbefunde angegeben werden (22, 39, 42, 45). Als häufigster Nebenbefund wurde eine Schleimhautschwellung im Sinus maxillaris (n=58; 19,21 %) verzeichnet. Kachlan et al., Caglayan et al. und Price et al. dokumentierten diesen Nebenbefund auch als häufigsten mit 52,4 %, 31,3 % und 14,2 % (39, 45, 49). Schleimhautschwellungen im Bereich der Kieferhöhlen sind Anzeichen einer Sinusitis. Neben Bakterien, Viren, Pilzen und Allergene gibt es auch dentale Ursachen für Entzündungen im Bereich des Sinus maxillaris. Nicht immer ist eine Überweisung an eine*n Facharzt*Fachärztin für HNO notwendig, sollte dem aber so sein, müssen dentogene Ursachen zuerst ausgeschlossen werden (39). In zwei Fällen wurde eine unilaterale Obliteration des Sinus maxillaris mit Weichgewebe festgestellt. Eine oroantrale Fistel wurde bei zwei Patient*innen erkannt. Diese können in Rahmen von chirurgischen Eingriffen im Oberkiefer entstehen und in weitere Folge ursächlich für eine Sinusitis maxillaris sein. Schleimhautschwellungen im Sinus sphenoidalis und den Cellulea ethomoidales wurden bei fünf Patient*innen bzw. einem*er Patienten*in festgestellt. Die meisten davon in

Kombination mit Schleimhautschwellungen des Sinus maxillaris. Eine isolierte Schwellung der Schleimhaut im Sinus sphenoidalis trat nur bei einem*er Patienten*Patientin auf. Weitere weniger häufige Nebenfunde im Bereich der Nasennebenhöhlen und Orbita waren Malformationen (0,33 %) oder postoperative Veränderungen (0,33 %) des Sinus maxillaris, Mukozele (0,33 %), Perforation des Sinus maxillaris durch Implantate (0,66 %), Polypen im Bereich der Cellulae ethmoidales (0,33 %) und Fremdkörper (0,33 %) in der Kieferhöhle (siehe Tabelle 5 und Abbildung 15). In der Literatur finden sich zu diesen Nebenfunden ähnliche Werte (1, 22, 41, 42).

Nebenfunde im Bereich der Atemwege wurden am zweithäufigsten dokumentiert (n=53; 17,55 %). Diese hohe Rate an zusätzlichen Befunden in dem Bereich steht im Einklang mit Ergebnissen aus der Literatur, wo eine Prävalenz von 7,9 % bis 42,3 % angegeben wird (22, 38, 39, 49, 50). Siebenundvierzig Patient*innen (15,56 %) hatten eine Deviation des Nasenseptum. Eine Unterscheidung nach Ausmaß der Verschiebung wurde nicht vorgenommen. Caglayan et al. beschrieben Septumdeviationen in 12,6 % der Aufnahmen (49). Andere Studien geben niedrigere Werte im Bereich von 0,4 % - 9,4 % an (1, 22, 41, 42). Bei 3 dieser 47 Patient*innen (6,38 %) ging die Septumdeviation mit einer Hypertrophie der Concha nasalis inferior einher. Jeweils einmal (0,33 %) wurden folgende Nebenfunde beschrieben: Aplasie des Nasenseptums, Perforation des Nasenseptums und Fremdkörper im Bereich der Atemwege.

In der Literatur werden relative Häufigkeiten der Nebenfunde im Bereich der Kiefergelenke mit 6,4 – 39,31 % beschrieben (8, 22, 42). Bei den im zahnärztlichen Bereich üblichen Volumen ist die Region nur selten abgebildet, was auch im Rahmen dieser Studie so war. Das Ergebnis von 0,66 % der Nebenfunde im Bereich der Kiefergelenke ist daher nicht aussagekräftig und auch nicht vergleichbar mit den Angaben in anderen Studien.

Im anatomischen Gebiet der Weichgewebe waren 5,30 % aller Nebenfunde angesiedelt. Es wurden vier verschiedene Befunde, alle kalzifizierender Natur, dokumentiert. Zehn Patient*innen zeigten Verkalkungen des Stylohyoid-Komplexes. Bei drei weiteren Patient*innen wurde ein Eagle Syndrom, also eine komplette Verkalkung des Ligamentum stylohyoideum beschrieben. Weitere Zusatzbefunde in diesem Bereich waren Sialolithen im Bereich der Glandula submandibularis und subkutane Verkalkungen. Kalzifikationen von Weichgewebsstrukturen als Nebenfunde im DVT werden von anderen Autoren mit relativen Häufigkeiten von 0,3 % (41), 12,6 % (1), 24,3 % (38), 33,4 % (22) und 41,7 % (39) beschrieben.

Nicht zu vernachlässigen sind Nebenbefunde im Gebiet der Halswirbelsäule, eine dem*der Zahnarzt*Zahnärztin nicht unbedingt geläufige Region, in der aufgrund fehlender Expertise leicht etwas übersehen werden könnte. Allerdings zeigen Daten aus der Literatur, dass auch in diesem Bereich zahlreiche Nebenbefunde lokalisiert sind. Es werden Werte zwischen 6,7 % (1) und 24,5 % (38) angegeben. Im Vergleich dazu konnten in unserer Studie 6,29 % der Nebenbefunde im Bereich der Halswirbelsäule verzeichnet werden. Die meisten Zusatzbefunde waren degenerative Veränderungen (n = 16; 5,30 %). Zwei Fälle (0,66 %) wiesen ein enossales Osteom auf. Eine Ankylose im vorderen Segment im Bereich C2-C3 (0,33 %) konnte bei einem*er Patienten*Patientin festgestellt werden.

Wie Tabelle 6 und Abbildung 19 zu entnehmen ist, wurden die Nebenbefunde entsprechend ihrer klinischen Relevanz in 3 Gruppen unterteilt. Diese Einteilung wurde auch in vergleichbaren Studien verwendet (1, 5, 39, 51). Die Zuordnung erfolgte ausschließlich auf Basis der DVT-Daten. Die Limitation dieser Studie besteht darin, dass zur Entscheidung über eine notwendige Intervention oder Überweisung keine Röntgenbilder, klinische oder histologische Befunde hinzugezogen worden sind. Septumdeviationen beispielsweise können symptomlos sein oder aber über Kopfschmerzen bis hin zu wiederkehrenden Nasenbluten führen (52). Eine chirurgische Korrektur ist nur in schweren Fällen indiziert, bei denen die Nasenatmung behindert ist (52). Im klinischen Alltag sollten all diese Faktoren berücksichtigt werden, bevor weitere Schritte eingeleitet werden. Über diese Studie hinausgehend wäre es interessant Untersuchungen zu machen, die das klinische Bild zur Entscheidung über die Bedeutung eines Nebenbefundes miteinbeziehen.

5. Konklusion

In dieser Studie wurde mittels deskriptiver Statistik gezeigt, dass DVT-Aufnahmen von allen zahnärztlichen Fachgebieten als diagnostisches Tool eingesetzt werden, allerdings zu unterschiedlichen Indikationen und Häufigkeiten. Außerdem unterstreichen die Ergebnisse die hohe Prävalenz von Nebenbefunden in DVT-Aufnahmen des Kopf-Halsbereichs. Aus therapeutischer sowie forensischer Sicht ist es daher essenziell den gesamten Datensatz in allen Ebenen zu befunden. Eine weiterführende Ausbildung zum Betrieb eines DVT-Gerätes beziehungsweise die Befundung dreidimensionaler Aufnahmen wird daher als sinnvoll erachtet, um ein Übersehen oder eine falsche Interpretation von potenziell therapiebedürftigen Befunden zu vermeiden. Die Notwendigkeit für weitere diagnostische Verfahren oder Therapien sollte erkannt werden. Die Zusammenarbeit mit einem*r spezialisierten Kopf-Hals-Radiologen*Radiologin hat sich als vorteilhaft herausgestellt. Die Etablierung von Standardprotokollen für DVT-Aufnahmen könnte ferner dazu beitragen, die Strahlenbelastung im Sinne der ALARA- und ALADA-Prinzipien zu optimieren und einheitliche Aufnahmequalitäten für gleiche Indikationen zu gewährleisten.

6. Literaturverzeichnis

1. Lopes IA, Tucunduva RMA, Handem RH, Capelozza ALA. Study of the frequency and location of incidental findings of the maxillofacial region in different fields of view in CBCT scans. *Dentomaxillofac Radiol.* 2017 A.D.; 46:20160215. doi: 10.1259/dmfr.20160215. Cited in: PMID: 27604390.
2. Pauwels R, Araki K, Siewerdsen JH, Thongvigitmanee SS. Technical aspects of dental CBCT: state of the art. *Dentomaxillofacial radiology.* 2015 A.D.; 44. doi: 10.1259/dmfr.20140224. Cited in: PMID: 25263643.
3. DGZMK. sk2-Leitlinie: Dentale digitale Volumentomographie. 2013 A.D.
4. Berg B-I, Gertsch A, Zeilhofer H-F, Schwenzer-Zimmerer K, Berg S, Hassfeld S, Jürgens P. Digitale Volumentomographie und Strahlenbelastung: Kenntnisstand, Anwendungsfrequenz und Indikationsspektrum bei Schweizer Zahnärzten. *Swiss Dental Journal.* 2014 A.D.:419–426.
5. Dođramacı EJ, Rossi-Fedele G, McDonald F. Clinical importance of incidental findings reported on small-volume dental cone beam computed tomography scans focused on impacted maxillary canine teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2014 A.D.; 118:e205-9. doi: 10.1016/j.oooo.2014.09.006. Cited in: PMID: 25457895.
6. Yeung AWK, Jacobs R, Bornstein MM. Novel low-dose protocols using cone beam computed tomography in dental medicine: a review focusing on indications, limitations, and future possibilities. *Clin Oral Investig.* 2019 A.D.; 23:2573–2581. doi: 10.1007/s00784-019-02907-y. Cited in: PMID: 31025192.
7. Dief S, Veitz-Keenan A, Amintavakoli N, McGowan R. A systematic review on incidental findings in cone beam computed tomography (CBCT) scans. 2019 A.D.
8. Edwards R, Alsufyani N, Heo G, Flores-Mir C. The frequency and nature of incidental findings in large-field cone beam computed tomography scans of an orthodontic sample. *Progress in Orthodontics.* 2014 A.D.
9. Scarfe WC. Incidental findings on cone beam computed tomographic images: a Pandora's box? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2014 A.D.; 117:537–540. doi: 10.1016/j.oooo.2014.01.002. Cited in: PMID: 24508511.
10. Buzug T. *Computed Tomography: From Photon Statistics to Modern Cone-Beam CT.* Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 2008.
11. Langland OE, Langlais RP. Early pioneers of oral and maxillofacial radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995 A.D.
12. Hatcher DC. Operational principles for cone-beam computed tomography. *J Am Dent Assoc.* 2010 A.D.; 141 Suppl 3:3S-6S. doi: 10.14219/jada.archive.2010.0359. Cited in: PMID: 20884933.
13. Thoneick M. *Vor und Nachteile von 3D bildgebenden Verfahren in der Zahnmedizin.* ddm; 2016.
14. Fuhrmann A. *Zahnärztliche Radiologie.* 1. Aufl. s.l.: Georg Thieme Verlag KG; 2013. 192 p.
15. Reiser M, Kuhn F-P, Debus J, editors. *Radiologie.* 4., vollständig überarbeitete Auflage. Stuttgart: Thieme; 2017. (Das duale Lehrbuch).

16. Pasler FA. Zahnärztliche Radiologie. 6., unveränderte Auflage. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag; 2017. 310 p.
17. TomographyPrinciple Illustration.png - Wikimedia Commons; 2021 May 14 [accessed 2021 May 28].
18. Dawood A, Patel S, Brown J. Cone beam CT in dental practice. *Br Dent J.* 2009 A.D.; 207:23–28. doi: 10.1038/sj.bdj.2009.560. Cited in: PMID: 19590551.
19. Technischer Aufbau und Funktionsprinzip der DVT [accessed 2021 Jun 13]. <https://www.thm.de/mni/images/Forschung/Institute/IMPS/ImpsInfoPage/Roentgen-Modalitaeten-DVT.png>.
20. Oser DG, Henson BR, Shiang EY, Finkelman MD, Amato RB. Incidental Findings in Small Field of View Cone-beam Computed Tomography Scans. *J Endod.* 2017 A.D.; 43:901–904. doi: 10.1016/j.joen.2017.01.033. Cited in: PMID: 28359665.
21. Farman AG, Scarfe WC. Development of imaging selection criteria and procedures should precede cephalometric assessment with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006 A.D.; 130:257–265. doi: 10.1016/j.ajodo.2005.10.021. Cited in: PMID: 16905073.
22. Pette GA, Norkin FJ, Ganeles J, Hardigan P, Lask E, Zfaz S, Parker W. Incidental findings from a retrospective study of 318 cone beam computed tomography consultation reports. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2012 A.D.; 27:595–603. Cited in: PMID: 22616053.
23. Brüllmann D, Schulze RKW. Spatial resolution in CBCT machines for dental/maxillofacial applications-what do we know today? *Dentomaxillofac Radiol.* 2015 A.D.; 44:20140204. doi: 10.1259/dmfr.20140204. Cited in: PMID: 25168812.
24. 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 A.D.; 18:88. doi: 10.1186/s12903-018-0523-5. Cited in: PMID: 29764458.
25. Nagarajappa AK, Dwivedi N, Tiwari R. Artifacts: The downturn of CBCT image. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2015 A.D.; 5:440–445. doi: 10.4103/2231-0762.170523. Cited in: PMID: 26759795.
26. Medizinische Strahlenschutzverordnung: MedStrSchV; 2004.
27. Vandenberghe B, Jacobs R, Yang J. Diagnostic validity (or acuity) of 2D CCD versus 3D CBCT-images for assessing periodontal breakdown. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007 A.D.; 104:395–401. doi: 10.1016/j.tripleo.2007.03.012. Cited in: PMID: 17613257.
28. Horner K, Rushton VE, Walker A, Tsiklaskis K, Hirschmann PN, Van der Stelt PF, Glenny A, Velders XL, Pavitt S, editor. Radiation Protection 136: European guidelines on radiation protection in dental radiology [The safe use of radiographs in dental practice]; 2004.
29. Rubin GD. Computed tomography: revolutionizing the practice of medicine for 40 years. *Radiology.* 2014 A.D.; 273:S45–74. doi: 10.1148/radiol.14141356. Cited in: PMID: 25340438.
30. Mahesh M. Search for isotropic resolution in CT from conventional through multiple-row detector. *Radiographics.* 2002 A.D.; 22:949–962. doi: 10.1148/radiographics.22.4.g02jl14949. Cited in: PMID: 12110725.

31. Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography--an increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med.* 2007 A.D.; 357:2277–2284. doi: 10.1056/NEJMra072149. Cited in: PMID: 18046031.
32. McNitt-Gray MF. AAPM/RSNA Physics Tutorial for Residents: Topics in CT. Radiation dose in CT. *Radiographics.* 2002 A.D.; 22:1541–1553. doi: 10.1148/rg.226025128. Cited in: PMID: 12432127.
33. Coppenrath E, Draenert F, Lechel U, Veit R, Meindl T, Reiser M, Mueller-Lisse U. Schnittbildverfahren zur dentomaxillofazialen Diagnostik: Dosisvergleich von dental-MSCT und NewTom 9000 DVT. *RoFo : Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der Nuklearmedizin.* 2008 A.D.; 180:396–401. doi: 10.1055/s-2008-1027142. Cited in: PMID: 18543414.
34. R. Gutwald, N.-C. Gellrich, R. Schmelzeisen, editor. *Zahnärztliche Chirurgie und Implantologie [Für Studium, Examen und Beruf].* 3rd ed. Deutscher Zahnärzte Verlag.
35. Berkhout W. Het ALARA-principe. Achtergronden en toepassing in de praktijk. *NTvT.* 2015 A.D.; 122:263–270. doi: 10.5177/ntvt.2015.5.14227.
36. White SC, Scarfe WC, Schulze RKW, Lurie AG, Douglass JM, Farman AG, Law CS, Levin MD, Sauer RA, Valachovic RW, et al. The Image Gently in Dentistry campaign: promotion of responsible use of maxillofacial radiology in dentistry for children. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2014 A.D.; 118:257–261. doi: 10.1016/j.oooo.2014.06.001. Cited in: PMID: 25066244.
37. Jaju PP, Jaju SP. Cone-beam computed tomography: Time to move from ALARA to ALADA. *Imaging science in dentistry.* 2015 A.D.; 45:263–265. doi: 10.5624/isd.2015.45.4.263. Cited in: PMID: 26730375.
38. Allareddy V, Vincent SD, Hellstein JW, Qian F, Smoker WRK, Ruprecht A. Incidental findings on cone beam computed tomography images. *Int J Dent.* 2012 A.D.; 2012:871532. doi: 10.1155/2012/871532. Cited in: PMID: 23304148.
39. Price JB, Thaw KL, Tyndall DA, Ludlow JB, Padilla RJ. Incidental findings from cone beam computed tomography of the maxillofacial region: a descriptive retrospective study. *Clin Oral Implants Res.* 2012 A.D.; 23:1261–1268. doi: 10.1111/j.1600-0501.2011.02299.x. Cited in: PMID: 22092929.
40. Jadu FM, Jan AM. Referral pattern to a university-based oral and maxillofacial cone beam CT service. *Indian J Dent Res.* 2019 A.D.; 30:544–547. doi: 10.4103/ijdr.IJDR_295_18. Cited in: PMID: 31745050.
41. Warhekar S, Nagarajappa S, Dasar PL, Warhekar AM, Parihar A, Phulambrikar T, Airen B, Jain D. Incidental findings on cone beam computed tomography and reasons for referral by dental practitioners in indore city (m.p). *J Clin Diagn Res.* 2015 A.D.; 9:ZC21-4. doi: 10.7860/JCDR/2015/11705.5555. Cited in: PMID: 25859519.
42. Zain-Alabdeen EH, El Khateeb SM. Incidental cone beam computed tomographic findings among Taibah University patients, KSA: A retrospective study. *Journal of Taibah University Medical Sciences.* 2017 A.D.; 12:131–138. doi: 10.1016/j.jtumed.2016.10.014. Cited in: PMID: 31435227.
43. Richtlinie Fachkunde und Kenntnisse im Strahlenschutz bei dem Betrieb von Röntgeneinrichtungen in der Medizin oder Zahnmedizin vom 22. Dezember 2005.
44. Alsufyani NA. Cone beam computed tomography incidental findings of the cervical spine and clivus: retrospective analysis and review of the literature. *Oral Surg Oral Med*

Oral Pathol Oral Radiol. 2017 A.D.; 123:e197-e217. doi: 10.1016/j.oooo.2017.02.011. Cited in: PMID: 28411008.

45. 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*. Epub ahead of print. doi: 10.1111/jopr.13329. Cited in: PMID: 33433043.

46. Ludlow JB, Koivisto J. Dosimetry of orthodontic diagnostic FOVs using low dose CBCT protocol; 2015.

47. Bishara SE, Andreasen G. Third molars: A review. *Am J Orthod*. 1983 A.D.; 83:131–137. doi: 10.1016/s0002-9416(83)90298-1. Cited in: PMID: 6572040.

48. Zhang Y, Zhang L, Zhu XR, Lee AK, Chambers M, Dong L. Reducing metal artifacts in cone-beam CT images by preprocessing projection data. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2007 A.D.; 67:924–932. doi: 10.1016/j.ijrobp.2006.09.045. Cited in: PMID: 17161556.

49. Çağlayan F, Tozoğlu U. Incidental findings in the maxillofacial region detected by cone beam CT. *Diagn Interv Radiol*. 2012 A.D.; 18:159–163. doi: 10.4261/1305-3825.DIR.4341-11.2. Cited in: PMID: 21960135.

50. Cha J-Y, Mah J, Sinclair P. Incidental findings in the maxillofacial area with 3-dimensional cone-beam imaging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2007 A.D.; 132:7–14. doi: 10.1016/j.ajodo.2005.08.041. Cited in: PMID: 17628245.

51. Mutalik S, Regasamy K, Tadinada A. Incidental findings based on anatomical location and clinical significance in CBCT scans of dental implant patients. *Quintessence International*. 2018 A.D.:419–426.

52. Muthubabu K, Srinivasan MK, Thejas SR, Sindu M, Vinayak R, Gayathri CS. Quality of Life in Patients with Nasal Septal Deviation After Septal Correction. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*. 2019 A.D.; 71:2219–2224. doi: 10.1007/s12070-019-01689-9. Cited in: PMID: 31763324.