

Aus der Universitätsklinik für  
Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Tübingen  
Abteilung Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und  
Gesichtschirurgie

**Die Häufigkeit zahnärztlich therapiebedürftiger  
Nebenbefunde im Rahmen der Digitalen  
Volumentomographie zur dreidimensionalen  
Implantatplanung**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Zahnheilkunde

der Medizinischen Fakultät  
der Eberhard-Karls-Universität  
zu Tübingen

vorgelegt von  
Henßler, Katharina

2021



Dekan: Professor Dr. B. Pichler

1. Berichterstatter: Professor Dr. Dr. M. Krimmel

2. Berichterstatter: Privatdozent Dr. M. Groten

Tag der Disputation: 06.07.2021



*Meinem lieben Vater*



# I. Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b> .....	<b>1</b>
1.1	VORBEMERKUNG .....	1
1.2	DIGITALE VOLUMENTOMOGRAPHIE .....	2
1.2.1	Technik.....	2
1.2.2	Gerätetypen.....	5
1.2.3	Strahlenbelastung .....	5
1.2.4	DVT versus OPT .....	9
1.2.5	Gesetzliche Grundlage und rechtfertigende Indikation .....	10
1.3	NEBENBEFUNDE .....	13
1.3.1	Nebenbefunde in der DVT.....	13
1.4	IMPLANTATPLANUNG .....	14
1.4.1	Allgemeines zur Implantatplanung .....	14
1.4.2	Verschiedene Systeme der statischen Navigation .....	15
1.5	STUDIENFRAGEN UND HYPOTHESE DER VORLIEGENDEN UNTERSUCHUNG .....	17
<b>2</b>	<b>MATERIAL UND METHODEN</b> .....	<b>19</b>
2.1	STUDIENDESIGN .....	19
2.2	PATIENTENKOHORTE.....	22
2.3	GERÄTETYPEN .....	22
2.3.1	Kavo 3D eXam .....	22
2.3.2	Veraviewepocs 3D R100.....	23
2.3.3	3D Accuitomo 170 .....	25
2.4	STATISTIK .....	27
2.4.1	Cohens Kappa-Test .....	27
2.4.2	Wilcoxon-Test.....	28
2.5	BEFUNDUNG DER DVT-AUFNAHMEN .....	28
2.5.1	Nebenbefunde.....	28
2.6	BEFUNDUNG DES OPT .....	46
<b>3</b>	<b>ERGEBNISSE</b> .....	<b>47</b>

3.1	PATIENTENGUT .....	47
3.2	NEBENBEFUNDE .....	48
3.3	NEBENBEFUNDE IM SPEZIELLEN .....	55
3.3.1	Erweiterter Desmodontalspalt .....	55
3.3.2	Apikale Parodontitis.....	57
3.3.3	Fremdkörper .....	59
3.3.4	Sinusitis maxillaris .....	61
3.3.5	Weichteildichte Raumforderung im Bereich der Kieferhöhle.....	63
3.3.6	Verkalkungen der Weichteile.....	65
3.3.7	Degenerative Prozesse der Halswirbelsäule.....	67
3.4	THERAPIEPLANÄNDERUNG .....	70
3.4.1	Erweiterter Desmodontalspalt .....	72
3.4.2	Apikale Parodontitis.....	72
3.4.3	Fremdkörper .....	73
3.4.4	Sinusitis maxillaris .....	73
3.4.5	Weichteildichte Raumforderung im Bereich der Kieferhöhle.....	74
3.4.6	Verkalkungen der Weichteile.....	74
3.4.7	Degenerative Prozesse der Halswirbelsäule.....	75
3.5	DVT vs. OPT .....	76
3.5.1	Erweiterter Desmodontalspalt .....	78
3.5.2	Apikale Parodontitis.....	79
3.5.3	Fremdkörper .....	79
3.5.4	Sinusitis maxillaris .....	80
3.5.5	Weichteildichte Raumforderung im Bereich der Kieferhöhle.....	81
3.5.6	Verkalkungen der Weichteile.....	82
3.5.7	Degenerative Prozesse der Halswirbelsäule.....	82
<b>4</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>84</b>
4.1	ENTWICKLUNG UND BEDEUTUNG DER DVT IN DER ZAHNHEILKUNDE 84	
4.2	NEBENBEFUNDE DER DVT-AUFNAHMEN .....	85
4.3	NEBENBEFUNDE IM SPEZIELLEN .....	88
4.3.1	Erweiterter Desmodontalspalt .....	88
4.3.2	Apikale Parodontitis.....	88
4.3.3	Fremdkörper .....	89

4.3.4	Kieferhöhle .....	89
4.3.5	Verkalkungen der Weichteile.....	91
4.3.6	Degenerative HWS-Prozesse .....	92
4.4	VERGLEICH VON OPT UND DVT BEI ENTDECKTEN NEBENBEFUNDEN 93	
4.5	THERAPIEPLANÄNDERUNGEN DURCH DIE ENTDECKTEN NEBENBEFUNDE .....	98
4.6	FEHLERANALYSE .....	102
4.7	SCHLUSSFOLGERUNG .....	103
<b>5</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>107</b>
<b>6</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>109</b>
<b>7</b>	<b>ERKLÄRUNG ZUM EIGENANTEIL .....</b>	<b>120</b>
<b>8</b>	<b>DANKSAGUNG .....</b>	<b>121</b>

---

## II. Abkürzungsverzeichnis

A	Ampere
A.	Arteria
ALARA	As low as reasonably achievable
ALASTA	As low as scientifically and technically achievable
CAD	computer-aided-design
CAM	computer-aided-manufacturing
CAS	computerassistierte Chirurgie
CT	Computertomographie
Dental-CT	Dental-Computertomographie
DVT	Digitale Volumentomographie

E	Effektive Dosis
entzündl.	entzündlich
FOV	Field of View
FRS	Fernröntgenseitenaufnahme
H	Organdosis
HWS	Halswirbelsäule
IADR	Indikations-Abhängige-Dosis-Reduktion
KFO	Kieferorthopädie
KH	Kieferhöhle
KI	Künstliche Intelligenz
Lp/mm	Linienpaare pro Millimeter
m	männlich
MAV	Mund-Antrum-Verbindung
MPR	multiplanare Rekonstruktionen
N.	Nervus
NB	Nebenbefund
OK	Oberkiefer
OPT	Orthopantomographie
ROI	Region of Interest
UK	Unterkiefer
w	weiblich
$w_T$	Gewebewichtungsfaktor
weichteild.	weichteildicht
WSA	Wurzelspitzenamputation

# **1 Einleitung**

## **1.1 Vorbemerkung**

Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Dissertation die gewohnte männliche Sprachform bei personenbezogenen Substantiven und Pronomen verwendet. Dies impliziert jedoch keine Benachteiligung des weiblichen Geschlechts, sondern soll im Sinne der sprachlichen Vereinfachung als geschlechtsneutral zu verstehen sein.

Die Digitale Volumentomographie (DVT) bietet als dreidimensionale Bildgebung optimale Bedingungen, um die knöchernen maxillofazialen Strukturen röntgenologisch zu beurteilen. Im Gegensatz zur Orthopantomographie (OPT) und anderen zweidimensionalen bildgebenden Verfahren kommt es bei der DVT zu keinen Überlagerungen von anatomischen Strukturen, wodurch eine genaue räumliche Beurteilung möglich wird. Diesen Vorteil macht man sich beispielsweise bei der Planung einer dentalen Implantation zunutze [17]. Das Knochenangebot kann sehr präzise dreidimensional ermittelt werden und die kritischen Strukturen wie Wurzeln der Nachbarzähne, der Kieferhöhlenböden oder der Kanal des Nervus alveolaris inferior (N. alv. inf.) können lokalisiert und in die Planung einbezogen werden. Die hochauflösende dreidimensionale Darstellung der abgebildeten Strukturen und die bei Verwendung eines größeren Field of View (FOV) darüber hinaus erfassten Regionen führen häufig zum Aufdecken von Neben- und Zufallsbefunden, die nicht in Zusammenhang mit dem eigentlichen Grund der Aufnahme stehen [5].

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit Fragestellungen zur Häufigkeit von diagnostizierten Nebenbefunden im Rahmen von Implantatplanungen, beziehungsweise deren Auswirkungen auf den weiteren Therapieverlauf.

## **1.2 Digitale Volumentomographie**

Die DVT ist heutzutage ein etabliertes und bewährtes Instrument in der zahnmedizinischen Diagnostik. Die DVT ist ein dreidimensionales Schichtbildverfahren, das besonders geeignet ist, um knöcherne Strukturen des Gesichtsschädels darzustellen. Dies macht man sich vor allem präoperativ bei der Implantatplanung zunutze. Des Weiteren findet sie ihren Einsatz in anderen Bereichen der MKG-Chirurgie, der Endodontie, Kieferorthopädie und Parodontologie. Doch nicht nur in der Zahnmedizin, sondern auch in anderen medizinischen Bereichen, vor allem in der HNO-Heilkunde hat die DVT ihre Anwendung gefunden [137].

### **1.2.1 Technik**

Die DVT arbeitet mit einem kegel- oder pyramidenförmigen Strahlenbündel [63]. Die Röntgenstrahlen durchdringen den Körper und werden dabei unterschiedlich absorbiert, je nach Dichte des Gewebes. Ein flächiger Detektor auf der gegenüberliegenden Seite der Strahlenquelle fängt die Strahlung, welche den Körper durchdrungen hat und je nach Dichte des Gewebes unterschiedlich abgeschwächt wurde, auf. Der digitale Bildempfänger und die Röntgenröhre sind über den sogenannten C-Bogen fest miteinander verbunden und rotieren gemeinsam einmal kreisförmig um den Gesichtsschädel. Der Patient ist währenddessen statisch positioniert. Dabei werden 100 bis 1000 einzelne 2D-Röntgenaufnahmen erzeugt [118].

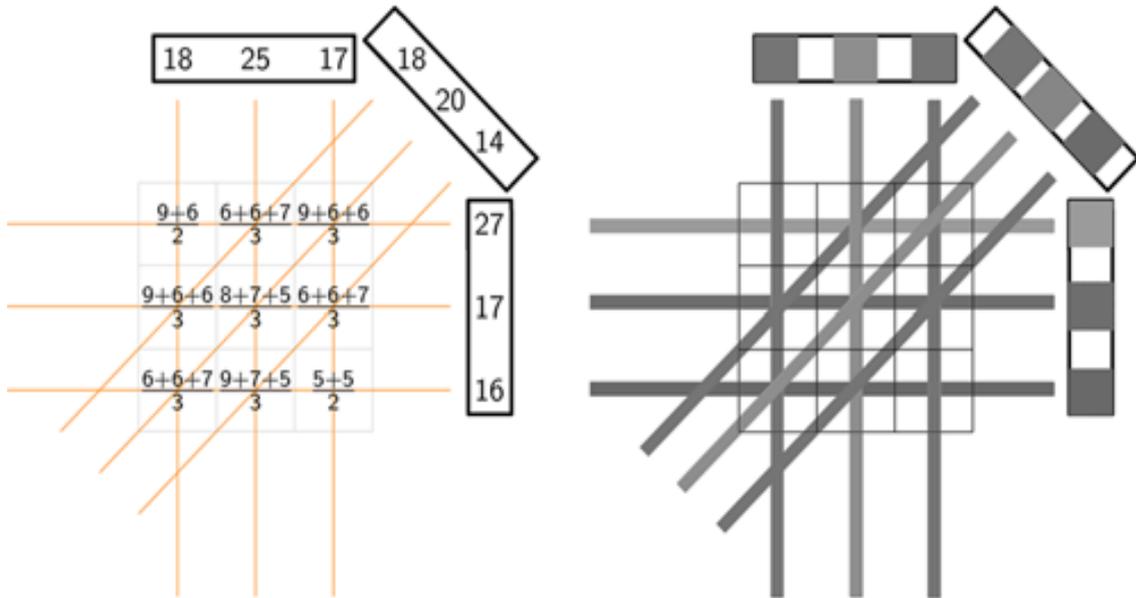
Heutzutage werden Flatpanel-Detektoren verwendet. Sie arbeiten meistens nach wie vor mit dem Prinzip der Fluoreszenz. Hierbei werden die einfallenden Röntgenstrahlen durch den Szintillator in Licht umgewandelt, welches wiederum durch umliegende Fotodioden gemessen wird. Zu den Anfangszeiten der DVT wurden noch Bildverstärker eingebaut, heutzutage finden sie allerdings kaum noch Anwendung [118, 119].

Über einen Feldkamp-Algorithmus wird schließlich aus den 2D-Röntgenaufnahmen ein 3D-Datensatz rekonstruiert. Hierbei ist die exakte geometrische Lage der 2D-Projektionsaufnahmen zueinander von größter

Bedeutung. Nur wenn diese exakt definiert ist, lassen sich die einzelnen Bildpunkte zu einem 3D-Netz verbinden. Bei der DVT-Aufnahme handelt es sich also um eine mathematische Rekonstruktion und nicht um das tatsächlich vorhandene Volumen.

Aus den Rohdaten wird rechnergestützt zunächst die Primärrekonstruktion erstellt. Diese Primärrekonstruktionen bestehen aus den axialen Schichten. Aus diesen können nun die Sekundärrekonstruktion in der sagittalen, koronaren, paraaxialen sowie in der Panoramaansicht errechnet werden. Auch spezielle tertiäre Rekonstruktionen, wie Rotationen um das Objekt sind möglich. Mit Hilfe der Primärrekonstruktion können somit alle möglichen Ebenen, sogenannte multiplanare Rekonstruktionen (MPR), mit nur einer DVT-Untersuchung dargestellt werden.

Die kleinste 3D-Einheit einer DVT-Aufnahme nennt sich Voxel. Aus dieser Voxelstruktur besteht der oben genannte Rohdatensatz, aus welchem die Primärrekonstruktionen erstellt werden. Je kleiner ein Voxel, desto höher ist die Ortsauflösung. Sie wird meist in Linienpaaren pro Millimeter (Lp/mm) angegeben. Derzeit liegt die Ortsauflösung von DVT-Geräten bei ca. 2 Lp/mm [119]. Genauso wichtig für eine hohe Bildqualität ist eine hohe Anzahl an Graustufenwerten, um einen guten Kontrast zu erzielen. Jedem Voxel des Gitters wird durch Rückprojektion der Rohbilddaten (über den Feldkamp-Algorithmus) ein Grauwert zugeordnet, der idealerweise an derselben Stelle des Patienten den dortigen Dichtewert repräsentiert [118]. Die heutigen DVT-Geräte haben bis zu 4096 Graustufen zur Verfügung, dies entspricht 12 bit [119]. Da die DVT im Gegensatz zur CT nicht mit der Hounsfield-Skala arbeitet, sind die Grauwerte nur innerhalb einer Aufnahme, beziehungsweise nur innerhalb eines Gerätes vergleichbar. Die in der CT verwendete Hounsfield-Skala arbeitet mit standardisierten Grauwerten, die für alle CT-Geräte verwendet wird. Bei der DVT handelt es sich bei den Dichtewerten (Grauwerten) nur um relative Parameter, die gerätespezifisch sind und ein Vergleich dieser zwischen mehreren DVT-Geräten ist somit nicht möglich [120].



**Abbildung 1:** „Rückprojektionsprinzip: Die auf dem Detektor gemessenen Intensitäten (Grauwerte) werden in der ebenfalls registrierten geometrischen Anordnung von der jeweiligen Detektormesszelle (Pixel) durch das Volumen (hier ein Gitter aus quadratischen Voxeln) in Richtung Röntgenquelle „verschmiert“ [118]“

Um die Strahlenbelastung möglichst gering zu halten, wird ein relativ hoher Anteil an Rauschartefakten toleriert. Dies führt jedoch dazu, dass eine Beurteilung der Weichgewebe kaum möglich ist [119].

Zudem kommt es technisch bedingt in Richtung des Strahlengangs zu Auslöschungs- und Aufhärtungsartefakten aufgrund von metallischem Material. Auslöschungsartefakte werden auch als Aliasing-Artefakte bezeichnet. Sie entstehen durch Berechnungsfehler der Datensätze. Daher kann beispielsweise die Osseointegration eines Implantates, da meist aus Titan, anhand einer DVT-Aufnahme nicht beurteilt werden [56].

Zusätzlich zu diesen Artefakten mindern Streuungs- und Geometrieartefakte (dazu zählen auch die Bewegungsartefakte, ausgelöst durch den Patienten selbst) die Bildqualität der DVT-Aufnahme [118].

Entscheidend für die erreichbare Bildqualität ist nicht nur die Hardware des DVT-Gerätes, sondern auch die Software. Der verwendete Algorithmus ist von entscheidender Bedeutung. Die meisten Geräte verwenden hierfür den Feldkamp-Algorithmus aus dem Jahre 1984 [42]. Dieser wird allerdings in unterschiedlichen Modifikationen angewandt, wodurch sich die hohe Bandbreite an verschiedenen Bildqualitäten der einzelnen Geräte erklären lässt.

### **1.2.2 Gerätetypen**

In den letzten Jahren hat die DVT immer mehr Verbreitung gefunden und so bieten inzwischen viele verschiedene Hersteller DVT-Geräte auf dem Markt an. Dies führt mittlerweile zu einem sehr breiten Spektrum an unterschiedlichen Gerätetypen. Es werden beispielsweise immer häufiger Kombinations-Geräte mit integrierter Orthopantomographie (OPT) oder Fernröntgenseitenaufnahme (FRS) angeboten [120].

Es werden Geräte für liegende, sitzende und stehende Patientenpositionierungen angeboten. Der physikalische Prozess der Bildentstehung ist aber im Prinzip bei allen Geräten gleich.

Ein großer Unterschied besteht jedoch in den darstellbaren Volumina (FOV). Alte Geräte haben nur ein definiertes starres FOV zur Verfügung, moderne Geräte haben einen variabel wählbaren Bildausschnitt. Man unterscheidet Geräte mit kleinem, mittleren und großen FOV.

Wie im vorherigen Kapitel erwähnt, unterscheiden sich die Geräte auch stark in ihrer Software (s. Kapitel 1.2.1). Der verwendete Algorithmus ist für die Berechnung der MPR und für die Bildqualität von entscheidender Bedeutung.

Bei Geräten der neuesten Generation ist inzwischen eine enorme Dosisreduktion durch das IADR-Prinzip (Indikations-Abhängige-Dosis-Reduktion) möglich [21]. Durch das individuelle Einstellen der mA-Werte und der Umlaufzeit kann die Strahlenbelastung des Patienten stark reduziert werden. (s. Kapitel 1.2.3, ab Seite 5)

### **1.2.3 Strahlenbelastung**

Ein großer Vorteil der DVT ist die deutlich niedrigere Strahlenbelastung im Vergleich zur konventionellen Computertomographie (CT). Dies liegt zum einen daran, dass das Objekt nur einmal umkreist wird, zum anderen sind die Milliampere-Werte niedriger [42].

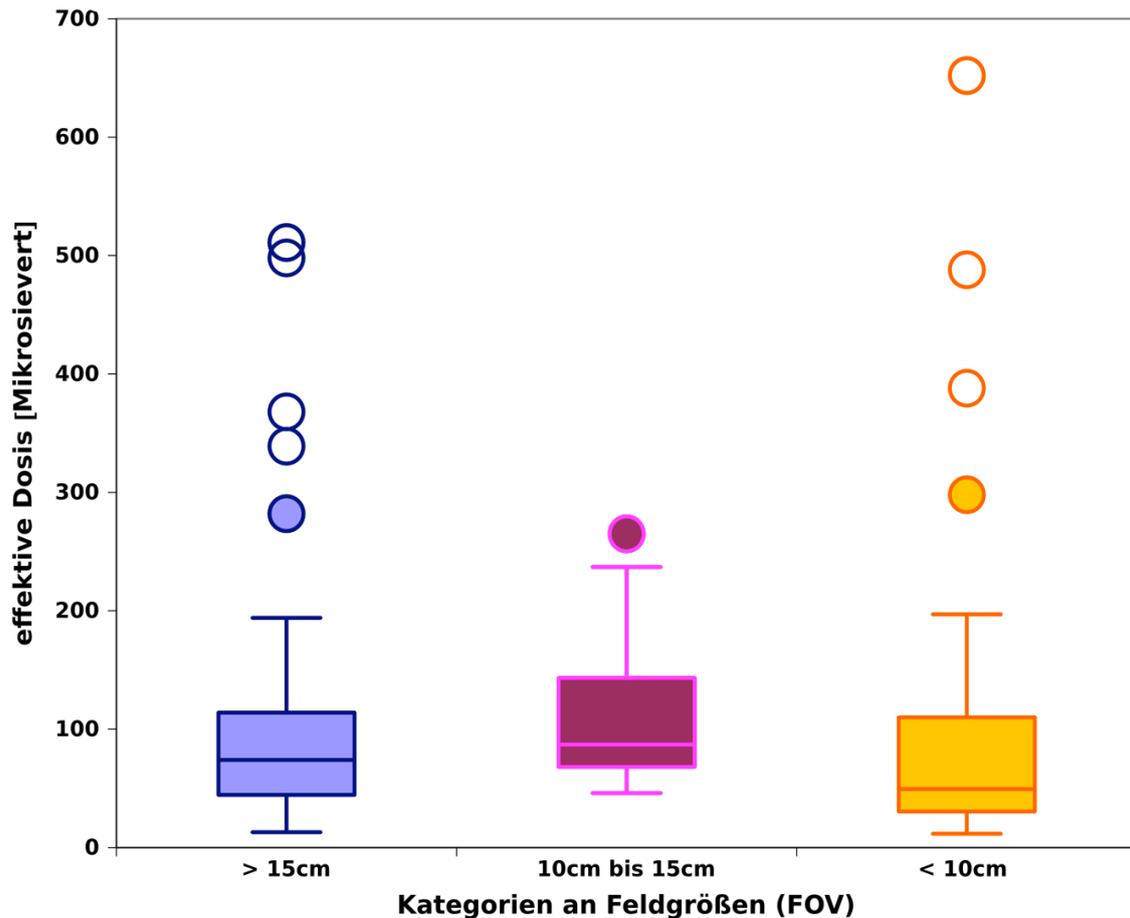
International anerkannt und für den Vergleich geeignet ist die effektive Dosis. Sie beschreibt die Summe aller Einzelfaktoren der Gewebe, die von Strahlung betroffen sind. Diese Einzelfaktoren sind individuell gewichtet. Dies bedeutet, dass ein Gewebewichtungsfaktor ( $w_T$ ) miteinfließt, der die unterschiedliche

Sensibilität der Gewebe gegenüber Strahlung widerspiegelt. Jede Organdosis wird mit dem organspezifischen Gewichtungsfaktor multipliziert [118].

$$E = \sum w_T \times H$$

Die effektive Dosis (E) wird in Sievert (Sv) angegeben. H steht für die Organdosis. Laut der S2k-Leitlinie der DVT ergeben sich folgende effektiven Dosiswerte für die DVT (Metaanalyse ermittelt anhand von 15 Publikationen) [9]:

- FOV < 10 cm: 92  $\mu$ Sv
- FOV 10-15 cm 118  $\mu$ Sv
- FOV >15 cm: 114  $\mu$ Sv



**Abbildung 2:** „Effektive Dosis standardisiert ermittelt nach ICRP 2007 [Valentin J., 2007] nach Auswertung von 15 verfügbaren Studien [Okano et al., 2009, Qu et al., 2010, Roberts et al., 2009, Silva et al., 2008, Ludlow and Ivanovic, 2008, Hirsch et al., 2008, Loubele et al., 2009, Suomalainen et al., 2009, Ludlow, 2011, Pauwels et al., 2012, Carrafiello et al., 2010, Morant et al., 2013, Davies et al., 2012, Theodorakou et al., 2012, Schilling and Geibel, 2013]. Die Box repräsentiert 50% der Werte vom 25% bis zum 75%-Quartil, der Medianwert ist jeweils als horizontale Linie in der Box dargestellt. [9]“

Es ist auffällig, dass die einzelnen Dosiswerte in Abbildung 2 stark schwanken. Dies erklärt sich durch die bei modernen Geräten individuelle Einstellbarkeit vieler verschiedener Einzelparameter durch den Untersucher. Dadurch lassen sich auch die tendenziell höheren Werte vieler Geräte bei mittlerer FOV-Größe erklären [9].

Die CT erreicht bei einer Aufnahme des Schädels Werte von ca. 860  $\mu\text{Sv}$  [76]. Somit liegt die DVT deutlich unter diesen Werten. Eine OPT-Aufnahme hat eine durchschnittliche effektive Dosis von 20  $\mu\text{Sv}$ . Die Dosis einer DVT-Aufnahme ist also durchschnittlich 5 mal höher als die einer OPT-Aufnahme [114].

Aufgrund des Prinzips der Indikations-Abhängigen-Dosis-Reduktion (IADR) ist es inzwischen allerdings möglich weitaus niedrigere effektive Dosen einer DVT-Aufnahme zu erreichen, sogar bis in den Bereich einer OPT-Aufnahme [21]. Erreichbare effektive Dosiswerte zwischen 10 und 18  $\mu\text{Sv}$  konnten in Studien von Ludlow und Walker bereits nachgewiesen werden [78].

Laut neuesten Studien können mit Hilfe des IADR-Prinzips folgende Werte erreicht werden [21]:

- FOV 20x17 cm: 12-31  $\mu\text{Sv}$
- FOV 20x10 cm: 10-24  $\mu\text{Sv}$

Diese Werte liegen somit im Bereich, teilweise sogar unterhalb des Bereiches, konventioneller digitaler Röntgenaufnahmen, wie der einer OPT-Aufnahme (ca. 20  $\mu\text{Sv}$ ) oder der einer seitlichen Fernröntgen-Aufnahme (FRS) des Schädels (ca. 60- 100  $\mu\text{Sv}$ ) [114]. Dies ist insbesondere dann interessant, wenn bei Kindern oder Jugendlichen die rechtfertigende Indikation für eine DVT-Aufnahme gestellt werden soll. Denn die S2k-Leitlinie zur DVT schreibt hier eine besonders restriktive Indikationsstellung vor, da diese Altersgruppe eine 3-fach höhere Strahlenempfindlichkeit hat als Erwachsene [9].

Diese extreme Dosisreduktion ist nur bei DVT-Geräten der neuesten Generation möglich, da die Einzelparameter (v.a. der mA-Wert) dafür individuell und stufenlos einstellbar sein müssen [21].

Allgemein ist darauf zu achten, dass bei jeder DVT-Aufnahme das ALARA (AsLowAsReasonablyAchievable)-Prinzip angewandt wird. Dieses fordert, dass beim Umgang mit ionisierender Strahlung eine möglichst niedrige Strahlenbelastung erreicht werden sollte. Dies ist eine internationale Empfehlung der ICRP (International Commission on Radiological Protection). National wurde dieses Prinzip noch verschärft. Hier heißt es in Paragraph 8 des Strahlenschutzgesetzes:

*„§ 8 Vermeidung unnötiger Exposition und Dosisreduzierung*

*(1) Wer eine Tätigkeit plant, ausübt oder ausüben lässt, ist verpflichtet, jede unnötige Exposition oder Kontamination von Mensch und Umwelt zu vermeiden.*

*(2) Wer eine Tätigkeit plant, ausübt oder ausüben lässt, ist verpflichtet, jede Exposition oder Kontamination von Mensch und Umwelt auch unterhalb der Grenzwerte so gering wie möglich zu halten. Hierzu hat er unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalls*

*1. bei Tätigkeiten nach § 4 Absatz 1 Satz 1 Nummer 1 bis 7 und 9 den Stand von Wissenschaft und Technik zu beachten,*

*2. bei Tätigkeiten nach § 4 Absatz 1 Satz 1 Nummer 8, 10 und 11 den Stand der Technik zu beachten. [123]“.*

Laut Strahlenschutzgesetz sollten also die technischen Möglichkeiten eines DVT-Gerätes maximal ausgenutzt werden, um eine möglichst hohe Dosisreduktion zu erzielen.

#### **1.2.4 DVT versus OPT**

Bei der OPT handelt es sich um ein zweidimensionales Aufnahmeverfahren, welches aus der heutigen Zahnmedizin nicht mehr wegzudenken ist. Auf einem OPT werden der gesamte Oberkiefer (OK) und der gesamte Unterkiefer (UK) abgebildet. Aber auch die umgebenden Regionen, wie die Kieferhöhlen (KH), und die unteren Teile der Orbitae werden miterfasst.

Strahlenquelle und Detektor befinden sich bei der OPT ebenso wie bei der DVT extraoral. Gemeinsam umkreisen sie den Gesichtsschädel in einem Halbkreis. Da jedoch die Kiefer und Zahnbögen keinem geometrisch perfekten Halbkreis entsprechen, sind mehrere Rotationszentren nötig, um dies auszugleichen. Heutige OPT-Geräte besitzen theoretisch unendlich viele Rotationszentren, da diese sich ständig bewegen. Nur dadurch wird eine orthoradiale Abbildung des Gesichtsschädels möglich.

Während des Umlaufs werden mehrere Schichtbilder erzeugt (zwischen 9 mm Breite im Frontzahnbereich und 20 mm Breite im Molarenbereich) [97]. Nur Strukturen, die während des Umlaufs in einer bestimmten Schicht liegen, werden scharf abgebildet: die Strukturen, die außerhalb dieser Schicht liegen, werden unscharf und verzerrt (entweder größer oder kleiner) abgebildet. Dies führt unter

anderem dazu, dass bestimmte Aufnahmebereiche Überlagerungen und dadurch Unschärfe erfahren, wie zum Beispiel der Frontzahnbereich durch den Wirbelsäulenschatten.

Bei dem OPT handelt es sich also um ein Röntgenverfahren, welches aufgrund des Prinzips der Schichtaufnahmetechnik ein Summationsbild innerhalb eines bestimmten Aufnahmebereiches erzeugt. Da es sich um ein zweidimensionales Bild handelt, ist eine Lokalisationsbeurteilung in der Transversalen nicht möglich. Im Gegensatz dazu handelt es sich bei der DVT wie in Kapitel 1.2.1 beschrieben um ein Verfahren, bei welchem mittels Sekundärrekonstruktionen verschiedenste dimensionsgetreue Ansichten aus den Primärrekonstruktionen der Rohdaten berechnet werden können. Durch die MPR-Ebenen ist die Darstellung einer beliebigen Anzahl an verschiedenen Ebenen möglich. Hier besteht der große Vorteil gegenüber der Projektionsradiographie, die lediglich eine zu beurteilende Aufnahme zur Verfügung stellt. Die DVT bietet die Möglichkeit sich mit Hilfe der MPR-Rekonstruktionen ein OPT oder ein FRS darstellen zu lassen.

Somit liegt der Vorteil einer DVT-Aufnahme in der zusätzlichen Beurteilbarkeit der transversalen Dimension und der überlagerungsfreien Darstellung anatomischer Strukturen.

### **1.2.5 Gesetzliche Grundlage und rechtfertigende Indikation**

Gesetzliche Grundlage für die Anwendung von ionisierender Strahlung, also auch bei der DVT, stellt seit dem 31.12.2018 die Strahlenschutzverordnung und das Strahlenschutzgesetz dar [123, 124].

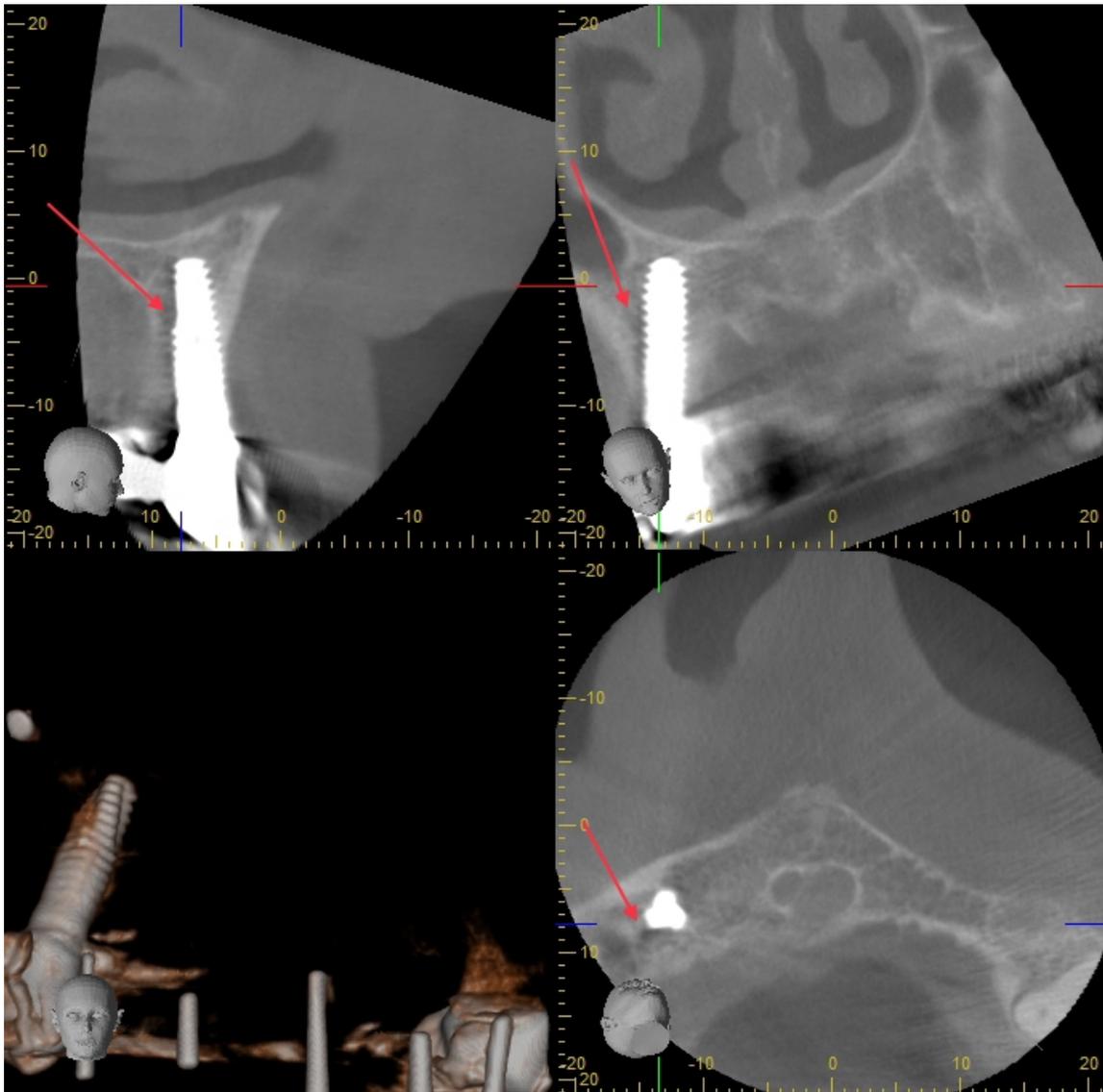
Um als Zahnarzt die Indikation für eine DVT-Aufnahme stellen zu dürfen, bedarf es neben der im Zahnmedizinstudium erlangten Fachkunde im Strahlenschutz auch die der DVT-Spezial-Fachkunde. Um diese zu erlangen benötigt man 25 DVT-Aufnahmen, die innerhalb von 3 Monaten zu befunden und zu dokumentieren sind. Zusätzlich ist ein „Spezialkurs im Strahlenschutz“ zu absolvieren. Dieser umfasst mindestens 8 Kursstunden. Damit ein Radiologe die Fachkunde für die CT erhält, muss er dazu weitaus mehr Untersuchungen dokumentieren, insgesamt 1000 CT-Untersuchungen innerhalb eines Jahres. Somit ist die Berechtigung ein eigenes DVT-Gerät zu betreiben für einen Zahnmediziner mit relativ überschaubarem Aufwand zu erlangen.

Wie bei allen anderen radiologischen Untersuchungen muss für eine DVT-Aufnahme zunächst die rechtfertigende Indikation gestellt werden. Diese besagt, dass der gesundheitliche Nutzen der Aufnahme, das Risiko der Strahlenbelastung überwiegen muss.

Die S2k-Leitlinie zur DVT gibt Empfehlungen, in welchen Bereichen die Indikation einer DVT-Aufnahme sinnvoll gestellt werden kann[9]:

- Endodontie
- Parodontologie
- Zahnärztliche Prothetik
- Knöcherner Kiefergelenkserkrankungen
- Implantologie
- Operative Entfernung von Zähnen- insbesondere Weisheitszähne
- Intraossäre pathologische Veränderungen wie odontogene Tumoren, größere periapikale knöcherner Läsionen und Zysten und Ostitis, Osteomyelitis und Osteoporose
- Kieferhöhlenerkrankungen
- Speichelsteine
- Traumatologie knöcherner Strukturen
- Lokalisation von Fremdkörpern
- Komplexe Fehlbildungen (einschließlich Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalten)
- Diagnostik der oberen Atemwege (u. a. Patienten mit orofazialen Fehlbildungen, Schlafapnoe)

Die DVT ist bei der Weichteildiagnostik aufgrund eines zu hohen Rauschpegels nicht indiziert. Genauso wenig ist sie geeignet, um die Osseointegration eines Implantates zu beurteilen. Wie Abbildung 3 zeigt, führen metallreiche Objekte, wie ein Implantat zu artefaktbedingten Aufhellungen. Des Weiteren ist die DVT nicht in der Lage, Karies darzustellen. Oftmals können pathologische Veränderungen durch Auslöschung sogar vorgetäuscht werden.



**Abbildung 3: Periimplantäre Aufhellung auf einer DVT-Aufnahme (roten Pfeile) aufgrund von Artefakten durch die metalledichten Implantate; die Aufnahme stammt aus dieser Studie von dem Veraviewepocs 3D R100.**

Besonders restriktiv muss die Indikation bei Kindern und Jugendlichen gestellt werden (s. Kapitel 1.2.3). Hier sollten dosissparende Techniken unbedingt so weit wie möglich ausgenutzt werden, wie zum Beispiel durch die Reduktion der Milliamperezahl oder indem nur ein halber Umlauf von 180° gefahren wird. Laut der derzeit gültigen S2k-Leitlinie ist die Indikation bei Kindern nur in speziellen Fällen, wie bei verlagerten Zähnen, Hyperdontie oder Odontomen, gegeben. Als Routineuntersuchung in der KFO ist sie derzeit nicht indiziert [9].

### **1.3 Nebenbefunde**

Um einen Nebenbefund handelt es sich, wenn bei einer Untersuchung ein Befund entdeckt wird, der nichts mit der ursprünglichen Fragestellung oder der eigentlichen Indikation der Untersuchung zu tun hat [16].

#### **1.3.1 Nebenbefunde in der DVT**

Bei der Befundung von DVT-Aufnahmen ist das Vorkommen vieler verschiedener Nebenbefunde möglich. Zufallsbefunde fallen nicht nur in den zahnärztlichen Tätigkeitsbereich, sondern können vor allem bei größerem FOV auch außerhalb des maxillofazialen Gebietes entdeckt werden. Sie betreffen somit oftmals auch andere medizinische Disziplinen, wie beispielsweise bei Befunden der Wirbelsäule.

Doch nicht alle Nebenbefunde müssen zwingend pathologisch sein. Oft handelt es sich lediglich um anatomische Varianten, die nicht therapiebedürftig sind [8].

## **1.4 Implantatplanung**

Die präzise Planung einer Implantation ist Grundvoraussetzung für ein gutes Endergebnis. Ziel ist es, das Implantat als Ersatz einer fehlenden Zahnwurzel langfristig zu verankern. Das Implantat kann dann in weiteren Schritten prothetisch, entweder festsitzend oder herausnehmbar, mit der sogenannten Suprakonstruktion versorgt werden.

Dabei ist es besonders wichtig, die Knochenhöhe und -breite im Voraus genauestens zu beurteilen, um ein sicheres Verankern des Implantates im Knochen zu gewährleisten. Wichtige Nachbarstrukturen wie der Nervus alveolaris inferior oder die Kieferhöhlen müssen zwingend geschützt werden. Für eine erfolgreiche Implantation ist auf der einen Seite somit die optimale Positionierung im Kiefer hinsichtlich Knochenangebot und späterer Suprakonstruktion entscheidend, auf der anderen Seite die Schonung wichtiger anatomischer Strukturen [115].

### **1.4.1 Allgemeines zur Implantatplanung**

Ist die Indikation gegeben ein Implantat zu setzen, gibt es mehrere Möglichkeiten der Planung.

Eine Möglichkeit ist die Verwendung von konventionellen 2D-Röntgenbildern, um anhand dieser die knöchernen Strukturen zu vermessen. Das Inserieren des Implantates erfolgt anschließend frei Hand oder mit Hilfe konventioneller Schablonen, die auf Gipsmodellen angefertigt wurden. Diese 2D-Aufnahmen geben allerdings keine Auskunft über die Schleimhautdicke, den darunterliegenden Knochen oder andere anatomische Nachbarstrukturen [45].

Eine Alternative bietet die statisch navigierte Implantatplanung mit Hilfe von 3D-Aufnahmen und Schablonenführung. Durch die CT und DVT ist es heutzutage möglich, die Implantatposition präoperativ genauestens am Computer zu bestimmen und dies auf entsprechende Schablonen zu übertragen. Hierbei kann die Länge des Implantates, die Tiefe und Angulation optimal in einer speziellen Software geplant werden [45]. Der Bohrer wird durch die Schablone geführt, wodurch eine gezielte Positionierung des Implantats an der genau geplanten, optimalen Stelle gegeben ist und die Gefahr der Verletzung von

Nachbarstrukturen minimiert wird [91]. Zudem wird durch diese Technik in Einzelfällen eine lappenlose Chirurgie möglich. Dies bedeutet, dass in günstigen Fällen unter minimal invasiven Verhältnissen das Implantat durch einen kleinen Schleimhautschlitz inseriert werden kann. Ohne präoperative dreidimensionale Kenntnisse ist in jedem Fall eine größere Lappenbildung nötig, um die knöcherne Situation ausreichend beurteilen zu können. Demzufolge kommt es bei einem minimalinvasiven Vorgehen zu weniger Blutungen, die Schwellung fällt geringer aus und die Heilungsphase wird verkürzt [19, 41, 47]. Dadurch können auch Implantationen bei Patienten durchgeführt werden, die aufgrund von bestimmten Begleitumständen (z.B. starker Blutungsneigung) ansonsten kaum möglich gewesen wären [30]. Im Idealfall sitzt das Implantat nach der statisch navigierten Implantation dann an exakt der Stelle, welche zuvor virtuell ermittelt wurde.

Eine weitere Möglichkeit ist die dynamisch navigierte Implantation. Sie fällt in den Bereich der computerassistierten Chirurgie (CAS). Ein Navigationssystem erfasst anhand von Markern den Patienten und die intraoperativ benutzen Instrumente mit Hilfe einer Infrarotkamera. Dadurch ist es möglich in Echtzeit die Bohrerposition in Bezug zum Patienten zu kontrollieren [122]. Intraoperativ kann jederzeit die Position des Bohrers in allen 3 Ebenen beurteilt werden. Die Anatomie des Patienten, insbesondere wichtige Nachbarstrukturen im Gebiet der Insertion, wird sichtbar gemacht und Nachbarstrukturen können so optimal geschont werden. Gegebenenfalls ist eine Planänderung der Position während der Operation möglich [47]. Aufgrund des hohen Zeitaufwandes und der relativ hohen Anschaffungskosten im Vergleich zur statischen Navigation wird die dynamische Navigation nicht routinemäßig angewendet.

### **1.4.2 Verschiedene Systeme der statischen Navigation**

Inzwischen hat die statisch navigierte Implantation weite Verbreitung gefunden, da sie sehr präzise Ergebnisse liefert und der Aufwand relativ überschaubar ist. Es gibt verschiedene Verfahren die Navigationsschablonen herzustellen, entweder konventionell auf einem Gipsmodell oder mit Hilfe der CAD/CAM (computer-aided-design/ computer-aided-manufacturing) -Technologie [108].

Zudem muss zwischen der additiven und subtraktiven Herstellung unterschieden werden.

Bei der konventionellen Herstellung im Labor wird zunächst eine Röntgenschablone aus polymerisierbarem Kunststoff auf einem Gipsmodell hergestellt, in welche später mit Hilfe der CAD-Daten die Bohrungen für die richtige Implantatposition gefräst bzw. Bohrhülsen aus Metall eingesetzt werden.

## **1.5 Studienfragen und Hypothese der vorliegenden Untersuchung**

Jede Röntgenaufnahme führt zu einer Strahlenbelastung des Patienten und darf daher nur mit einer rechtfertigenden Indikation durchgeführt werden.

Die früher in der Zahnheilkunde gebräuchliche Methode der Übersichtsgewinnung im Kieferbereich war der Röntgenstatus mit maximal 14 Einzelbildern. Vorteil der Zahnfilme ist die bis heute von keinem anderen bildgebenden Verfahren in der Zahnheilkunde erreichbare Zeichenschärfe. Der Zahnfilm, beziehungsweise die Bissflügelaufnahme gilt daher heute noch als Goldstandard zur Kariesdiagnostik. Der Nachteil des Zahnfilmstatus ist die relative hohe Strahlenbelastung mit bis zu 28  $\mu\text{Sv}$  (1-2  $\mu\text{Sv}$  pro Zahnfilm). Außerdem fällt die räumliche Beurteilung vieler Strukturen schwer, da kein zusammenhängendes Bild entsteht.

Deshalb wurde mit der zunehmenden Verbreitung des OPT in der Zahnheilkunde der Zahnfilmstatus als Routinediagnostikmittel von diesem abgelöst. Eine lückenlose Übersicht ist nun gegeben, die zum Beispiel die Detektion des Verlaufs des Nervus alveolaris inferior erleichtert. Das OPT stellt derzeit das röntgenologische Routine-Screening-Verfahren in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde dar. Die Sensitivität dieses Gerätes ist sehr hoch, allerdings ist die Spezifität im Gegensatz dazu sehr gering.

In der vorliegenden Studie soll die Qualität der DVT hinsichtlich der Detektion von röntgenologischen Nebenbefunden erhoben werden. Unter anderem sollen folgende Fragestellungen im Einzelnen diskutiert werden:

- Wie häufig werden relevante Nebenbefunde auf DVT-Aufnahmen entdeckt, die zum Zwecke einer Implantatplanung angefertigt wurden?
- Sind diese Nebenbefunde nur in der DVT-Aufnahme sichtbar oder auch in einer vorhandenen OPT-Aufnahme?
- Welcher Anteil der Nebenbefunde ist therapiebedürftig?
- Führt die Entdeckung von Nebenbefunden zu einer Therapieplanänderung?

- besteht ein Zusammenhang zwischen stattgefundener Therapie und dem Aufnahmeverfahren (DVT vs. OPT)?
- Ist die Anzahl an entdeckten Nebenbefunden geräteabhängig?
- Ist die Anzahl an entdeckten Nebenbefunden abhängig von dem FOV bzw. der Voxelgröße?
- Um welche Nebenbefunde handelt es sich?

Nach Beantwortung dieser Fragestellungen soll schlussendlich diskutiert werden, ob

- eine Erweiterung der rechtfertigenden Indikation der DVT sinnvoll sein kann, weil Nebenbefunde häufig zu Therapieplanänderungen am Patienten geführt haben? In diesem Zusammenhang sind auch ethische Aspekte zu hinterfragen.
- Sollte ein Routinediagnostikverfahren so viele Befunde wie möglich erfassen, insbesondere wenn sie zu Therapieänderungen am Patienten führen können?
- Ist es möglich, dass das OPT als Standarddiagnostikverfahren von neuartigen, strahlenreduzierten DVT in der Zahnheilkunde abgelöst wird?

## **2 Material und Methoden**

### **2.1 Studiendesign**

Bei der vorliegenden Dissertation handelt es sich um eine retrospektive Studie, welche Nebenbefunde bei routinemäßig durchgeführten digitalen Volumentomographien aufgrund von Implantatplanungen untersucht. Die anonymisierten Daten von 287 Patientenfällen stammen aus dem Universitätsklinikum Tübingen und der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgischen Praxis Dr. Dr. Henßler, Dr. Laval & Partner in Nürtingen. Voraussetzung für die Auswahl der Patienten war eine vorhandene DVT-Aufnahme. Deren rechtfertigende Indikation musste die präoperative Implantatplanung sein. Nach durch die Ethik-Kommission an der Medizinischen Fakultät der Eberhard-Karls-Universität und am Universitätsklinikum genehmigtem Antrag (Antrag Nr. 171/2018BO2 vom 26.04.2018), wurden die Patientenfälle ab einem Stichtag (13.08.2019) selektiert. Von diesem Stichtag aus sollten bei jedem der 3 in der Studie zu vergleichenden DVT-Geräte 100 Fälle zurück in die Vergangenheit ausgesucht werden.

Die ausgesuchten Patientenfälle stammen von 3 verschiedenen DVT-Geräten:

1. Kavo 3D eXam
2. Veraviewepocs 3D R 100, Morita
3. 3D Accuitomo 170, Morita

Bei den DVT-Geräten Kavo 3D eXam und 3D Accuitomo 170 wurden jeweils 100 DVT-Aufnahmen ausgewertet. Bei dem DVT-Gerät Veraviewepocs 3D R 100 wurden insgesamt 87 DVT-Aufnahmen befundet, da innerhalb des untersuchten Zeitraumes (Anschaffungsdatum des Geräts bis zum 13.08.2019) nicht mehr Patienten mit DVT-Aufnahmen an diesem Gerät mit der Indikation Implantationsplanung und geplanter Implantatinserion am Universitätsklinikum Tübingen vorhanden waren. Auf den Einschluss die Kriterien erfüllender Patienten, die jedoch alio loco implantiert worden waren, musste verzichtet

werden, da die Datenerfassung aus Gründen des Datenschutzes leider nicht möglich war.

Das Kavo 3D eXam-Gerät und das Veraviewepocs 3D R 100 stehen im Universitätsklinikum in Tübingen, das 3D Accuitomo 170-Gerät befindet sich in der Praxis Dr. Dr. Henßler, Dr. Laval & Partner. Falls ein Orthopantomogramm (OPT) (6 Monate vor oder nach der DVT-Aufnahme) zusätzlich vorhanden war, wurde dieses ebenfalls betrachtet und ausgewertet. Hierbei spielte es keine Rolle, mit welchem Gerät das OPT angefertigt worden war.

Ein OPT war bei 234 Patientenfällen vorhanden (81,5 %).

**Tabelle 1: OPT Häufigkeit**

	Anzahl (n)	Häufigkeit (%)
OPT nicht vorhanden	53	18,5
OPT vorhanden	234	81,5
Gesamt	287	100,0

Bei jedem Patientenfall wurden in einer Excel-Tabelle folgende Daten erfasst:

- Geschlecht
- Alter zum Zeitpunkt der DVT-Aufnahme
- Größe des FOV
- ob ein OPT vorhanden war
- alle Nebenbefunde, die gefunden wurden
- ob die Nebenbefunde therapiert wurden
- ob der Nebenbefund auch auf dem OPT sichtbar war
- ob die Implantation stattfand und wenn nicht, aus welchem Grund (zu wenig Restknochen, wegen eines Nebenbefunds, aus anderen Gründen)
- ob allgemein eine Therapieplanänderung stattfand.

Der Erhebungszeitraum erstreckte sich vom 02.03.15 bis zum 13.08.19. Eine Woche später, am 20.08.19, wurde die DVT-Aufnahme vom 13.08.19 ausgewertet und in Patientendokumenten geprüft, ob eine Therapie stattgefunden hatte. Der kürzeste Zeitraum, in dem eine Therapie hätte stattfinden können, ist in dieser Studie somit 1 Woche. Der längste Zeitraum liegt

bei über 4 Jahren, da sich der Erhebungszeitraum vom 02.03.15 bis zum 20.08.19 erstreckte. Hier muss berücksichtigt werden, dass geplante Implantationen eventuell als „nicht stattgefunden“ eingestuft wurden, weil der Untersuchungszeitraum in manchen Fällen zu knapp war. War dies der Fall, wurde der Patient der Kategorie „Implantation fand aus anderen Gründen nicht statt“ zugeordnet. Ebenfalls in diese Kategorie fielen Patienten, die sich nach der DVT-Aufnahme beispielsweise für eine Therapiealternative (z. B. Brücke) entschieden hatten.

Die Beurteilung, ob ein Nebenbefund therapiert worden war oder nicht, wurde mit Hilfe von Recherche in den vorliegenden Akten vorgenommen. Hierzu wurden alle digitalen Einträge, sowie analoge Akten aus dem Archiv des Universitätsklinikums Tübingen untersucht. Diese wurden vom ersten Erscheinen des Patienten bis zum aktuellsten Eintrag gesichtet. Die Patienten wurden nicht persönlich kontaktiert. Wurde beispielsweise ein Wurzelrest extrahiert, galt dieser Nebenbefund als therapiert. Eine Überweisung, zum Beispiel wegen eines entzündlichen Prozesses in der Kieferhöhle an den HNO-Arzt, wurde in dieser Studie ebenfalls als Therapie bewertet.

Wurde ein entdeckter Nebenbefund im weiteren Verlauf der Aufzeichnungen nicht mehr in den digitalen Einträgen oder der analogen Akte erwähnt, galt er als nicht therapiert. Es konnte teilweise nicht beurteilt werden, ob ein Befund einem Patienten seit längerem bekannt war, gegebenenfalls bereits von einem anderen Arzt diagnostiziert worden war und dieser Befund daher nicht mehr in den Akten als Kommentar erwähnt wurde.

Unter einer Therapieplanänderung wurde eine Planänderung aufgrund eines neuen Befundes bei einer DVT-Aufnahme verstanden. Dies musste nicht zwingend bedeuten, dass die Implantation wegen des Nebenbefundes nicht stattfinden konnte. Es zählte auch als Therapieplanänderung, wenn ein Nebenbefund, zum Beispiel eine apikale Parodontitis, zum Zeitpunkt der Implantation mitbehandelt wurde, in diesem Fall durch eine Wurzelspitzenamputation (WSA). Es ist zu beachten, dass in dieser Arbeit das

Knochenangebot nicht im Vordergrund steht, da dessen Beurteilung der primäre Grund der selektierten DVT-Aufnahmen war. Falls für die Implantation zu wenig Knochen vorhanden war, zählte dies nicht als Nebenbefund, genauso wenig wurde der Patientenfall einer Therapieplanänderung zugeordnet, wenn die Implantation aufgrund des Knochenmangels nicht stattgefunden hatte. Auch horizontaler Knochenabbau und vertikale Knocheneinbrüche im Sinne der marginalen Parodontitis wurden in der Excel-Tabelle nicht miterfasst.

## **2.2 Patientenkohorte**

Bei den 287 ausgewählten Patienten handelt es sich um 145 weibliche Patienten (50,5 %) und 142 männliche Patienten (49,5 %).

## **2.3 Gerätetypen**

Im Folgenden wird auf die technischen Parameter, sowie die Anwendersoftware und die verschiedenen effektiven Dosen der 3 unterschiedlichen DVT-Geräte eingegangen.

### **2.3.1 Kavo 3D eXam**

#### *Technische Parameter*

Dieses Gerät bietet 10 verschiedene FOV-Größen. Eine dieser 10 FOV-Größen ist benutzerdefiniert. Dies bedeutet, dass der Durchmesser stets  $\phi$  160 mm beträgt, die Höhe H allerdings immer individuell eingestellt werden kann. Hierbei liegt das Maximum der Höhe bei H 130 mm. Das größte auswählbare FOV dieses Gerätes bietet eine Sichtfeldgröße von  $\phi$ 230 mm x H 170 mm. Zusätzlich ist zwischen 5 Voxelgrößen wählbar: 400  $\mu$ m, 300  $\mu$ m, 250  $\mu$ m, 200  $\mu$ m und 125  $\mu$ m. Bei allen Voxelgrößen ist zusätzlich der Umlauf von 180° oder 360° wählbar. Nur bei vorgewählter Voxelgröße von 125  $\mu$ m ist lediglich ein Umlauf von 180° möglich.

Für eine Einzelrotation braucht es zwischen 4,8 und 26,9 Sekunden. Der Patient ist während der Aufnahme sitzend positioniert.

Die Röhrenstromstärke liegt bei diesem Gerät zwischen 3 und 7 mA. Die Röhrenspannung liegt bei 120 kV.

In den 100 betrachteten DVT-Aufnahmen von diesem Gerät wurde immer ein benutzerdefiniertes FOV von  $\phi 160$  mm x H X mm verwendet, bei einem Umlauf von  $180^\circ$  und  $400 \mu\text{m}$  Voxelgröße. Die Höhe wird mit X bezeichnet, da sie bei jedem Patienten individuell eingestellt wurde. Die Werte betragen stets 5 mA und 10 mAs bei einer Röhrenspannung von 120 kV.

### *Anwendersoftware*

Zur Befundung der DVT-Aufnahmen wird für dieses Gerät die Software „eXam Vision“ der Firma Mesantis verwendet. Sie ermöglicht die Betrachtung aller 3 Ebenen, einer Panoramaansicht sowie einer rekonstruierten 3D-Modell-Ansicht. Die Vermessung der anatomischen Strukturen ist möglich, der Mandibularkanal kann markiert und hervorgehoben werden. Eine virtuelle Implantatsetzung ist mit diesem Programm nicht möglich.

### *Effektive Dosis*

Die effektive Dosis beträgt bei einem FOV von  $\phi 160$  mm x H X mm ungefähr  $107 \mu\text{Sv}$  [77, 111].

Im Folgenden wird in dieser Studie aus Gründen der Übersichtlichkeit dieses Gerät stets mit „Kavo“ bezeichnet.

## **2.3.2 Veraviewepocs 3D R100**

### *Technische Parameter*

Dieses Gerät wird von der Firma Morita produziert. Es handelt sich hierbei um ein Kombinationssystem für Panorama- und 3D-Aufnahmen. Dieses Gerät bietet insgesamt 6 Aufnahmebereiche. Das größte FOV beträgt  $\phi 100$  mm x H 80 mm und das kleinste  $\phi 40$  mm x H 40 mm. Die Voxelgröße beträgt zwischen  $125 \mu\text{m}$  und  $160 \mu\text{m}$ . Bei einem größeren FOV stellt das Gerät automatisch auf eine höhere Voxelgröße um.

Die Expositionszeit einer DVT-Aufnahme beträgt 9,3 oder 9,4 Sekunden, währenddessen ist der Patient sitzend positioniert.

Der kV-Wert liegt stets bei 90 kV. Der mA-Werte beträgt 8 mA bei 74,4 bzw. 75,2 mAs.

Das Gerät verfügt über ein Dosis-Reduktions-Programm. Mit diesem kann die Effektivdosis bis zu 40 % gegenüber dem Standardmodus, bei einem FOV von  $\phi$  40x H 80 mm, reduziert werden.

Im Universitätsklinikum Tübingen wurde in den allermeisten Fällen ein FOV von  $\phi$ 40 mm x H 40 mm benutzt. In einem der betrachteten Patientenfälle wurde ein FOV von  $\phi$ 80 mm x H 40 mm verwendet. Es war immer ein Umlauf von 180° eingestellt und die Voxel-Größe stets 125  $\mu$ m.

### *Anwendersoftware*

Für die Befundung der DVT-Aufnahmen wird an der Universitätsklinik Tübingen das Bildbearbeitungsprogramm i-Dixel der Firma Morita verwendet. Die Betrachtung in allen 3 Ebenen ist standardmäßig möglich, genauso wie die Erstellung eines 3D-Modells des durchleuchteten Objekts und benutzerdefinierte Einstellungen, z.B. das Legen einer Konturlinie. Die Software bietet die Möglichkeit, den Mandibularkanal zu markieren und Messungen vorzunehmen. Zudem bietet sie die Funktion, ein oder mehrere Implantate virtuell zu setzen. Die Länge und der Durchmesser des Implantates können individuell festgelegt werden.

### *Effektive Dosis*

Es muss hierbei unterschieden werden, ob sich der Aufnahmebereich in der Region der Mandibula oder der Maxilla befindet. Bei einem FOV von  $\phi$ 40 mm x H 40 mm wird im maxillären Bereich eine effektive Dosis von 21-32  $\mu$ Sv erreicht. Bei der gleichen FOV-Größe, allerdings im mandibulären Bereich ergibt sich eine effektive Dosis von ungefähr 22-43  $\mu$ Sv [3, 77, 100].

Im Folgenden wird in dieser Studie aus Gründen der Übersichtlichkeit dieses Gerät stets mit „Veraviewepocs“ bezeichnet.

### **2.3.3 3D Accuitomo 170**

#### *Technische Parameter*

Dieses Gerät, ebenfalls von der Firma Morita, bietet 4 verschiedene Aufnahme-Modi. Der High-Resolution-Modus und der High Fidelity-Modus sind vorgesehen für hochauflösende Aufnahmen. Der High Speed-Modus ist aufgrund der verkürzten Umlaufzeit dafür gedacht, Bewegungsartefakte zu vermeiden. Neben diesen gibt es noch den Standard-Modus, dieser ist für alle möglichen Aufnahmeformate geeignet. Im Standard-Modus beträgt die Expositionszeit bei einem 360° Umlauf 17,5 Sekunden. Der Patient ist während der Aufnahmen bei diesem Gerät sitzend positioniert.

Es können neun unterschiedliche Aufnahmevolumina gewählt werden. Das größte umfasst  $\phi 170$  mm x H120 mm und das kleinste, wie bei dem Veraviewepocs 3D R 100, bei  $\phi 40$  mm x H40 mm.

Außerdem ist zwischen 5 Voxel-Größen wählbar, die kleinste Größe liegt bei  $80 \mu\text{m}$  und die größte bei  $250 \mu\text{m}$ .

Die kV-Werte und mA-Werte können frei eingestellt werden. Mögliche Einstellungen der kV sind zwischen 70 bis 90 kV (in 1kV- Schritten) und bei den mA-Werten zwischen 1 bis 10 mA (in 1mA-Schritten) wählbar.

In der Praxis Dr. Dr. Henßler wurden sowohl Aufnahmen des Oberkiefers (OK), als auch des Unterkiefers (UK) ausgewertet. Die FOV-Größe lag bei den OK-Aufnahmen bei  $\phi 100$  mm x H100 mm und bei den UK-Aufnahmen bei  $\phi 140$  mm x H100 mm. Die Voxel-Größe liegt stets bei  $250 \mu\text{m}$  bei einem Umlauf von 360°. Bei normalgewichtigen Patienten betrug der mA-Wert 5 und bei übergewichtigen Patienten 7 mA. Die Spannung lag stets bei 90 kV.

#### *Anwendersoftware*

In dieser Praxis wird ebenfalls, wie bei dem Veraviewepocs 3D R100, mit der i-Dixel Software gearbeitet.

### *Effektive Dosis*

Bei diesem Gerät liegen die effektiven Dosen bei einem FOV von  $\phi 100$  mm x H100 mm durchschnittlich bei  $257 \mu\text{Sv}$ . Bei einer FOV-Größe von  $\phi 140$  mm x H100 mm liegt die effektive Dosis in einem Bereich von 188-269  $\mu\text{Sv}$  [77, 129].

Im Folgenden wird in dieser Studie aus Gründen der Übersichtlichkeit dieses Gerät stets als „Accuitomo“ bezeichnet.

## 2.4 Statistik

Die erhobenen Daten wurden mit Hilfe von Excel-Tabellen (Excel: mac 2011) ausgewertet. Anschließend wurden diese Tabellen in IBM SPSS Statistics Version 26 importiert und ausgewertet.

Der Großteil der Ergebnisse befasst sich mit der deskriptiven Beschreibung der Daten. Dies dient der Veranschaulichung der erhobenen Daten sowie deren statistischer Verteilung. Hierzu wurden Häufigkeitstabellen, Kreuztabellen und verschiedene Grafiken verwendet.

### 2.4.1 Cohens Kappa-Test

In dieser Dissertation wird der Test dazu verwendet, die Übereinstimmung von entdeckten Nebenbefunden zwischen der DVT-Aufnahme und dem OPT zu vergleichen.

Der Cohens-Kappa Test ist ein Maß für die Interrater-Reliabilität und beschreibt die Übereinstimmung von meist 2 unterschiedlichen Beobachtern. In dieser Dissertation handelt es sich allerdings nicht um 2 unterschiedliche Beobachter, sondern der Test wird dazu verwendet, die 2 unterschiedlichen Aufnahme-Arten (DVT-Aufnahme vs. OPT) zu vergleichen. Der Kappa-Wert ist zwischen -1 und +1 definiert. +1 steht hierbei für ein hohes Maß an Übereinstimmung. Die gängigste Einteilung, die für den Kappa-Wert bzw. Koeffizienten verwendet wird, stammt von Landis und Koch im Jahr 1977 [70]. Tabelle 2 zeigt diese Einteilung, die auch in dieser statistischen Auswertung verwendet wird.

**Tabelle 2: Einteilung der Kappa-Werte** nach dem Maß der Übereinstimmung (von Landis und Koch aus dem Jahr 1977 [70]).

Kappa-Wert	Maß der Übereinstimmung
<0.01	Poor agreement
0.01–0.20	Slight agreement
0.21– 0.40	Fair agreement
0.41–0.60	Moderate agreement
0.61–0.80	Substantial agreement
0.81–0.99	Almost perfekt agreement

Für die statistische Analyse liegt das Konfidenzintervall bei 95%. Das Signifikanzniveau  $\alpha$  liegt bei 5 % (=0,05). Bei allen Werten des

Signifikanzniveaus von  $p \leq 0,05$  wird der Kappa-Wert als signifikant statistischer Koeffizient gewertet.

### **2.4.2 Wilcoxon-Test**

Mit diesem Test wird in dieser Studie überprüft, ob es durch die DVT-Aufnahmen zu vermehrten Therapieplanänderungen kam, welche bei alleinigem Vorliegen eines OPT nicht stattgefunden hätte.

Der Wilcoxon-Test ist ein statistischer Test für 2 voneinander abhängige Stichproben, um zu überprüfen, ob es signifikante Veränderungen einer abhängigen Variablen gibt. Auch hier liegt das Signifikanzniveau  $\alpha$  bei 5 % ( $=0,05$ ).

Zudem wird ein Z-Wert berechnet, anhand dessen die 0-Hypothese verworfen bzw. beibehalten wird. Der Z-Wert muss größer als der kritische Wert sein (abzulesen in einer Tabelle mit Hilfe des berechneten p-Wertes) um die 0-Hypothese abzulehnen [134].

## **2.5 Befundung der DVT-Aufnahmen**

Alle DVT-Aufnahmen wurden an radiologischen Arbeitsplätzen ausgewertet. Im Universitätsklinikum wurde hierzu ein Befundungsraum zur Verfügung gestellt, mit speziellen Befundungsmonitoren. Ebenso wurde in der Praxis Dr. Dr. Henßler an einem zertifizierten Befundungsmonitor befundet.

Jede DVT-Aufnahme wurde in allen 3 Schichtebenen (Coronar-, Axial- und Sagittalebene) betrachtet. Dabei wurden die anatomischen Strukturen auf Abweichungen von der Norm untersucht. Besonderer Fokus wurde auf die unten genannten anatomischen Varianten beziehungsweise Nebenbefunde gelegt.

### **2.5.1 Nebenbefunde**

Jegliche Art von pathologischer Veränderung, die in einer DVT-Aufnahme sichtbar war, wurde in tabellarischer Form erfasst. Anatomische Abweichungen von der Norm, die keinen pathologischen Wert hatten, wurden nicht erfasst. Auch Veränderungen des Knochenangebotes wurden nicht berücksichtigt, da davon ausgegangen werden kann, dass eine DVT-Aufnahme meist aufgrund von Knochenverlust und dessen Beurteilung im Vorfeld der Implantatplanung

angefertigt wird. Knochenabbau, der durch eine marginale Parodontitis stattfand, egal ob vertikal oder horizontal, wurde ebenfalls der Übersicht halber nicht berücksichtigt. Die Nebenbefunde, die auf den DVT-Aufnahmen entdeckt wurden, wurden gezählt und wenn möglich örtlich zugeordnet. Die erhobenen Daten haben ein metrisches Niveau.

Bei den anhand der DVT-Aufnahmen diagnostizierten Nebenbefunden handelte es sich meist um Verdachtsdiagnosen, da keine histologischen Untersuchungen mitberücksichtigt werden konnten und in sehr vielen Fällen auch nicht vorlagen. Viele der genannten Nebenbefunde, wie zum Beispiel die radikuläre Zyste, hätten allein mit Hilfe einer röntgenologischen Aufnahme nicht abschließend diagnostiziert werden können.

### **2.5.1.1 Einteilung und Zählweise der Nebenbefunde**

Die entdeckten Nebenbefunde wurden in der Statistik in zahnmedizinisch relevante Nebenbefunde und allgemeinmedizinisch relevante eingeteilt. Tabelle 3 veranschaulicht diese Einteilung. Allgemein ist zu beachten, dass diese 2 Bereiche prinzipiell nicht strikt voneinander getrennt werden können. Da die Übergänge zwischen den verschiedenen Fachgebieten der Medizin, so auch der Zahnmedizin, fließend sind, erfolgte in dieser Studie eine willkürliche Einteilung der Nebenbefunde. Die Sinusitis maxillaris beispielsweise wurde zu den allgemeinmedizinisch relevanten Nebenbefunden gezählt, obwohl der Prozess odontogenen Ursprungs sein kann. Allerdings liegt die Kieferhöhle rein anatomisch außerhalb des Bereiches des Zahnarztes und wurde daher in diesem Fall nicht als zahnmedizinischer Nebenbefund eingestuft, ebenso wie die Fremdkörper der Kieferhöhle.

**Tabelle 3: Einteilung der Nebenbefunde.**

<b>zahnmedizinisch</b>	<b>medizinisch</b>
Kariös tief zerstörte Zahnkrone	Sinusitis maxillaris
Periimplantitis	Entzündl. Prozess NNH (außer KH)
Erweiterter Desmodontalspalt	Weichteild. Raumforderung KH
Apikale Parodontitis	Weichteild. Raumforderung NNH (außer KH)
Wurzelresorptionen	Deviation Nasenseptum
Follikuläre Zyste	Fremdkörper KH
Nasopalatinuszyste	Verkalkungen der Weichteile
Radikuläre Zyste	Osteolyse
Residualzyste	Degenerative HWS-Veränderungen
Wurzelrest	anatomische Varianten der HWS
Idiopathische Osteosklerose	Suspekte Varianten der HWS
Speichelstein	Verschattung des Mastoids
Zahnfraktur	
Retinierter Zahn	
Interne Resorption	
Insuffiziente prothetische Versorgung	
Kiefergelenksdeformation	
Fremdkörper	
Odontom	

Die entdeckten Nebenbefunde wurden alle einzeln gezählt. Dies bedeutet, dass wenn ein Patient zum Beispiel 3 Fremdkörper aufwies, diese auch dreimal erfasst wurden. Allerdings wird aus Gründen der Übersicht im Statistikeil eine solche Nebenbefund-Variable teilweise dichotom angegeben. Somit gibt es pro Nebenbefund in einigen Tabellen und Abbildungen nur die Angabe nicht sichtbar oder ein-oder mehrmals sichtbar.

### **2.5.1.2 Zahnärztliche Nebenbefunde**

Im Folgenden werden die wichtigsten Nebenbefunden erläutert, die in den zahnärztlichen Bereich fallen. Die vollständige Tabelle aller Nebenbefunde, die berücksichtigt wurden, befindet sich auf Seite 30 (Tabelle 3).

Alle Nebenbefunde, die sich im Bereich des Oberkiefers oder des Unterkiefers befinden, werden in ihrer Anzahl gezählt. Zusätzlich wird vermerkt, ob der Nebenbefund sich im Oberkiefer oder Unterkiefer befindet und ob er anschließend therapiert wurde oder nicht. Bei Nebenbefunden des Kiefergelenks, wie Kiefergelenksarthrose oder Kiefergelenksdeformation wird im Gegensatz zu den anderen zahnärztlichen Nebenbefunden vermerkt, ob sie sich auf der linken oder rechten Seite befinden.

#### *Erweiterter Desmodontalspalt*

Der Desmodontalspalt besteht aus dem parodontalen Ligament. Ein gesunder Desmodontalspalt hat laut Literatur eine Breite von ca. 0,1-0,4 mm [31, 52]. Ab einem Wert größer als 0,4 mm wurde der Desmodontalspalt in dieser Studie als pathologisch eingestuft. Es gibt verschiedenste Gründe, die zu einem erweiterten Desmodontalspalt führen können. Ein erweiterter Desmodontalspalt kann auf eine funktionelle oder okklusale Fehlbelastung eines Zahnes hindeuten. Ebenso kommt es bei der kieferorthopädischen Behandlung und der dadurch bedingten Bewegung eines Zahnes zu einer röntgenologisch sichtbaren Erweiterung des Desmodontalspalt. Eine Therapie ist daher nicht grundsätzlich nötig.

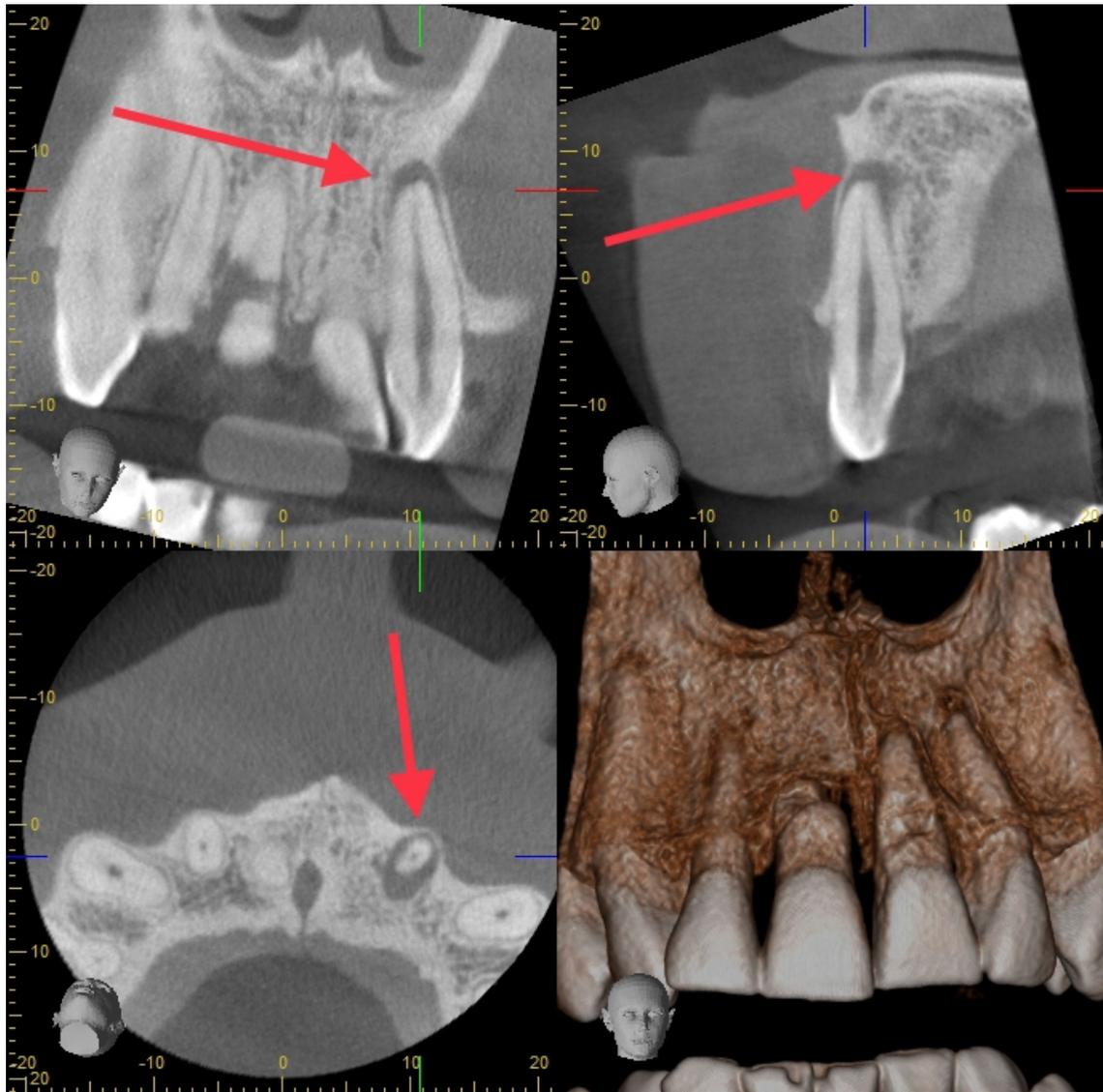


**Abbildung 4:** Aus der Studie ausgewählte sagittale Schicht einer DVT-Aufnahme des Accutomo-Gerätes auf Höhe des Zahnes 46 in der Betrachtungssoftware i-Dixel. Zu erkennen ist hier an Zahn 46 ein erweiterter Parodontalspalt um die gesamte Wurzel des Zahnes (roter Pfeil).

### *Apikale Parodontitis*

Hierbei handelt sich um ein klinisch oft asymptomatisches Krankheitsbild. Röntgenologisch ist die chronische apikale Parodontitis durch eine periapikale Aufhellung zu erkennen. Diese entsteht durch ein Infiltrat aus Lymphozyten, sowie Plasmazellen und Knochenabbau. Auch Granulationsgewebe mit Fibroblasten kann vorhanden sein. Hier ist die Wurzelkanalbehandlung die Therapie der Wahl.

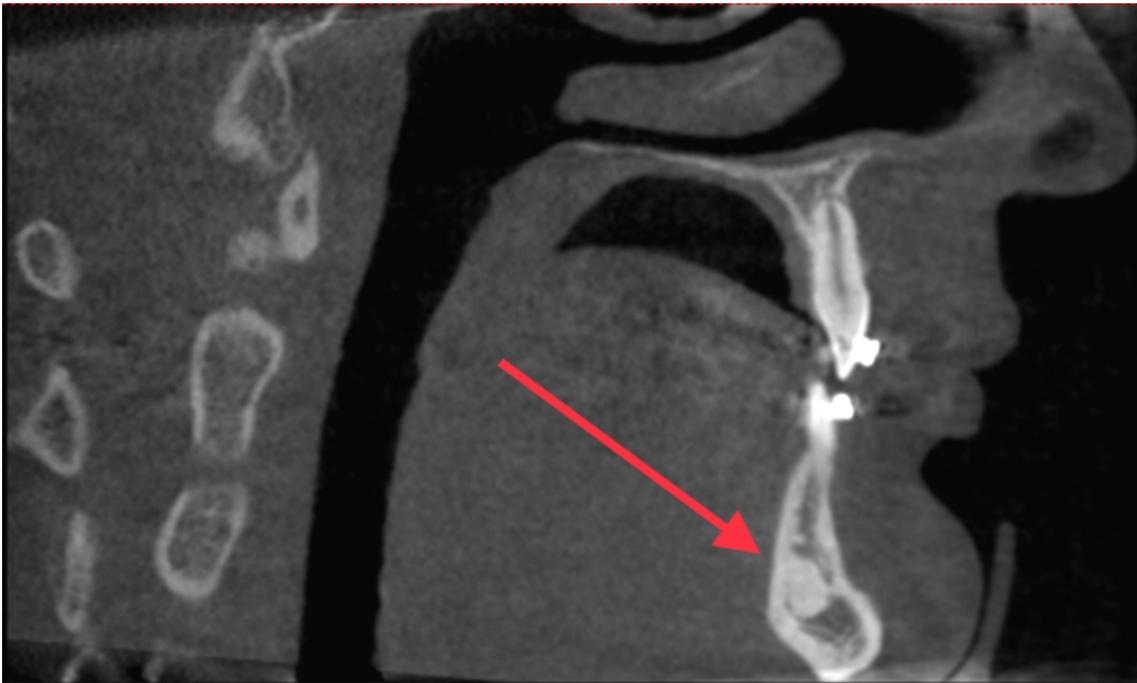
Wird eine apikale Parodontitis nicht behandelt, kann sich daraus im Laufe der Zeit eine Zyste bilden. Röntgenologisch ist eine radikuläre Zyste kaum abgrenzbar gegenüber einer apikalen Parodontitis, da beide eine rundliche bis ovale Aufhellung zeigen, die meist scharf begrenzt ist. Allerdings steigt ab einer Größe von 10 mm die Wahrscheinlichkeit, dass es sich um eine radikuläre Zyste handelt [13]. Daher wurde in der vorliegenden Studie eine apikale Aufhellung ab einer Größe von 10 mm als radikuläre Zyste eingestuft und bei Werten darunter als apikale Parodontitis. Gesichert werden kann die Diagnose allerdings nur histologisch.



**Abbildung 5:** Aus der Studie ausgewählter Datensatz einer DVT-Aufnahme des Veraviewepocs-Gerätes in der Betrachtungssoftware i-Dixel in der multiplanaren Ansicht (MPR-Ansicht). Die koronare Schicht erscheint links oben, die axiale Schicht links unten, die sagittale Schicht rechts oben und die 3D-Rekonstruktion rechts unten. Zu erkennen ist hier an Zahn 22 eine apikale Aufhellung im Sinne einer apikalen Parodontitis (rote Pfeile). Zudem ist an Zahn 11 eine Fraktur der Wurzel zu erkennen.

### *Idiopathische Osteosklerose*

Radiologisch ist sie erkennbar durch eine verstärkte Mineralisation des Knochens und stellt sich somit als Verschattung des Knochens mit erhöhten Dichtewerten dar. Die radioopake Struktur stellt sich meist rund dar und kann bis zu 2 cm groß sein. Der Unterkiefer stellt hierfür eine Prädilektionsstelle dar. Sie entsteht nicht auf Grund einer Entzündung und ist klinisch symptomlos [117], daher besteht bei einer idiopathischen Osteosklerose kein Behandlungsbedarf.

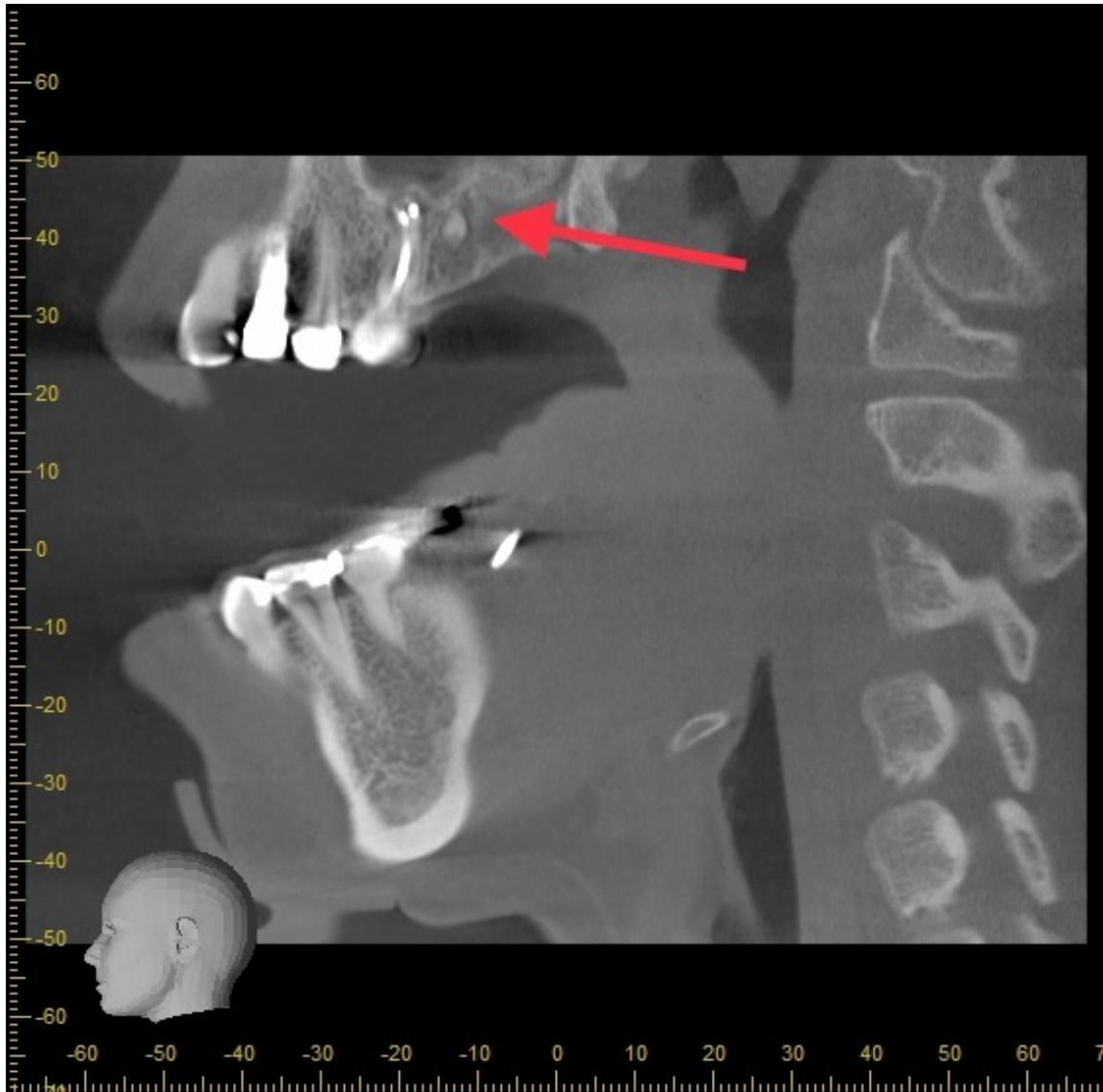


**Abbildung 6:** Aus der Studie ausgewählte sagittale Schicht einer DVT-Aufnahme des Kavo-Gerätes auf Höhe des Zahnes 21. In der Mandibula, kaudal des Zahnes 31 ist eine rundliche, mineraldichte Verschattung im Sinne einer idiopathischen Osteosklerose zu erkennen (Betrachtungssoftware eXam Vision).

### *Wurzelrest*

Ein Teil der Zahnwurzel kann nach vollständiger kariöser Zerstörung der Zahnkrone oder nach einer vorherigen unvollständigen Zahnextraktion im Kiefer verbleiben. In manchen Fällen führen diese zurückgebliebenen Wurzelreste zu Entzündungen. Daraus können sich Zysten oder Abszesse entwickeln. Ein infizierter Wurzelrest muss immer chirurgisch entfernt werden. Auch vor dem Setzen eines Implantates in der Region eines verbliebenen Wurzelrestes muss dieser zwingend entfernt werden. Auf Grund der anatomischen Nähe des

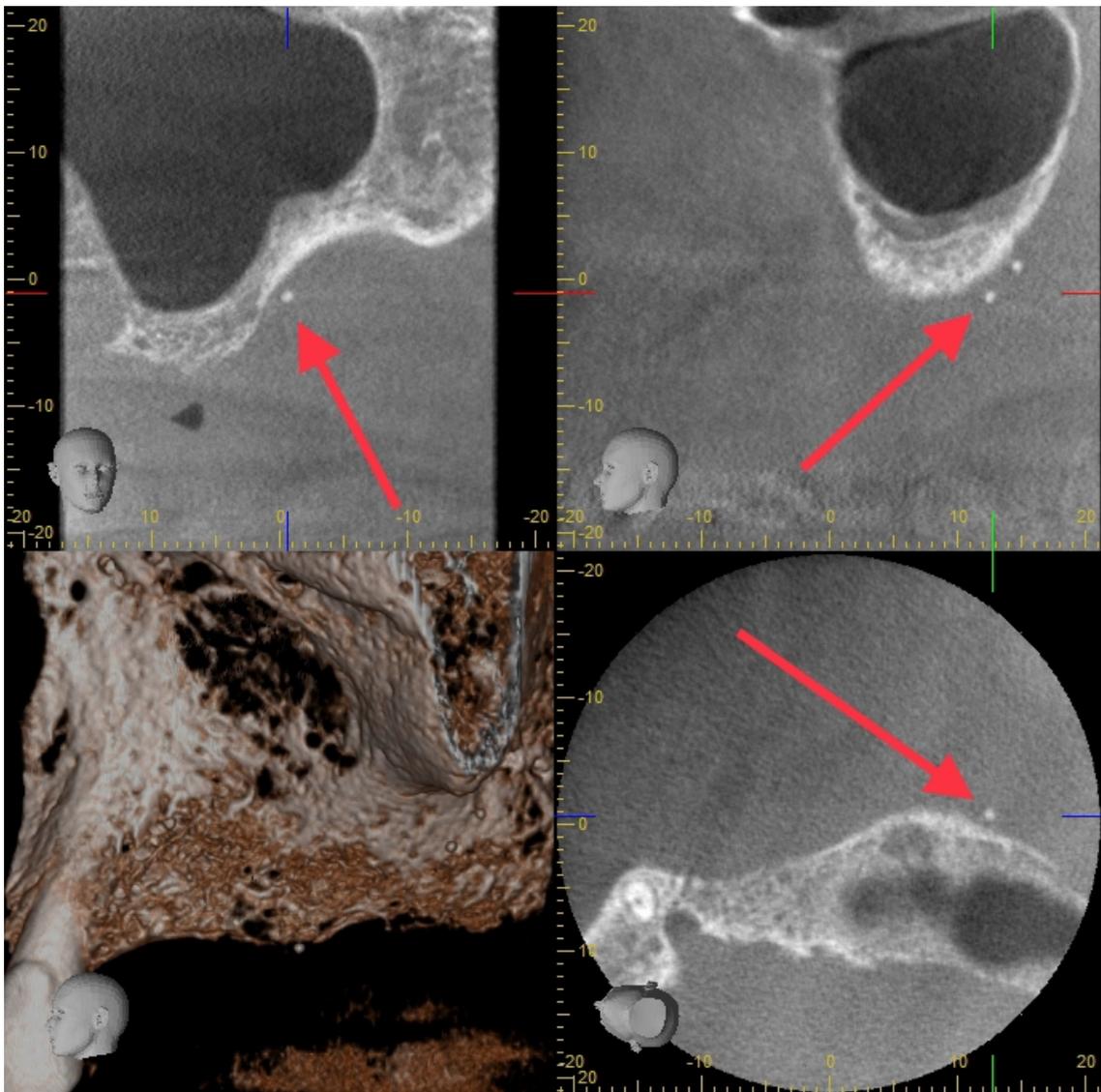
Alveolarfortsatzes zum Sinus maxillaris können bei Extraktionen Wurzelreste auch in die Kieferhöhle disloziert werden.



**Abbildung 7:** Aus der Studie ausgewählte sagittale Schicht einer DVT-Aufnahme des Accuitomo-Gerätes in der Region des Zahnes 15 in der Betrachtungssoftware i-Dixel. Zu erkennen ist hier in Regio 16 eine mineraldichte Verschattung im Sinne eines Wurzelrestes; zudem ist die Alveole des Zahnes noch zu erkennen. Der Knochen erscheint hier noch nicht vollständig konsolidiert.

### *Fremdkörper*

Hier handelt es sich um alloplastisches Material, das im Körper des Menschen verbleibt; in der Mundhöhle gibt es dafür verschiedenste Ursachen. Fremdkörper sind oft eine Traumafolge oder haben einen iatrogenen Ursprung [59]. Zum Beispiel kann es sich bei einem iatrogen verursachten Fremdkörper um überstopftes Wurzelfüllmaterial handeln. Dieses kann auch in die Kieferhöhle gelangen und dort zu Entzündungen oder Aspergillosen führen.



**Abbildung 8:** Aus der Studie ausgewählter Datensatz einer DVT-Aufnahme des Veraviewepocs-Gerätes in der Betrachtungssoftware i-Dixel in der multiplanaren Ansicht (MPR-Ansicht). Die koronare Schicht erscheint links oben, die axiale Schicht rechts unten, die sagittale Schicht rechts oben und die 3D-Rekonstruktion links unten. Zu erkennen ist ein Bereich des Oberkiefers mit Teilen der linken Kieferhöhle. Lateral dieser sind 2 röntgendichte Fremdkörper zu erkennen (rote Pfeile).

### 2.5.1.3 Medizinische Nebenbefunde

Nebenbefunde, die in diesen Bereich fallen, werden in aller Regel nicht von einem (allgemein tätigen) Zahnarzt therapiert, sondern müssen an einen Fachzahnarzt für Oralchirurgie, einen Facharzt für Mund-, Kiefer-, und Gesichtschirurgie oder an einen anderen Facharzt überwiesen werden.

#### *Sinusitis maxillaris*

Entzündliche Prozesse der Kieferhöhle können sich bei einem akuten Prozess als Flüssigkeitsspiegel darstellen oder als randständige Verschattung bei chronischem Geschehen. Zudem kann unterschieden werden, ob es sich um eine Sinusitis mit odontogener Ursache handelt oder ob sie rhinogenen Ursprungs ist. Etwa 30 % der entzündlichen Prozesse haben einen odontogenen Ursprung [20]. Der wichtigste Hinweis, der für eine odontogene Ursache spricht, ist die Einseitigkeit der Sinusitis maxillaris. Die häufigste Ursache hierfür ist die Mund-Antrum-Verbindung (MAV) [64, 113]. Ist eine odontogene Ursache diagnostizierbar, sollte zunächst diese behandelt werden [107]. Allerdings ist eine odontogene Ursache nicht rein röntgenologisch feststellbar. Für die sichere Diagnose einer odontogenen Ursache für eine Sinusitis spielt das klinische Bild eine entscheidende Rolle. Zudem sollten beide Sinus maxillares dargestellt sein. Dies ist bei den Aufnahmen des Veraviewepocs nicht der Fall. Daher wird in dieser Studie nicht zwischen odontogener und rhinogener Ursache einer Sinusitis maxillaris unterschieden. Außerdem wurde in dieser Studie nicht unterschieden, ob es sich um eine einseitige oder beidseitige Beteiligung der Kieferhöhle handelt.

Die gesunde Mukosa der Kieferhöhle weist in der Regel eine maximale Dicke von 0,5 mm auf [65]. In dieser Studie wurde eine mukosale Verbreiterung über 2 mm als pathologisch eingestuft, ebenso wie in der Literatur [18, 53, 84].



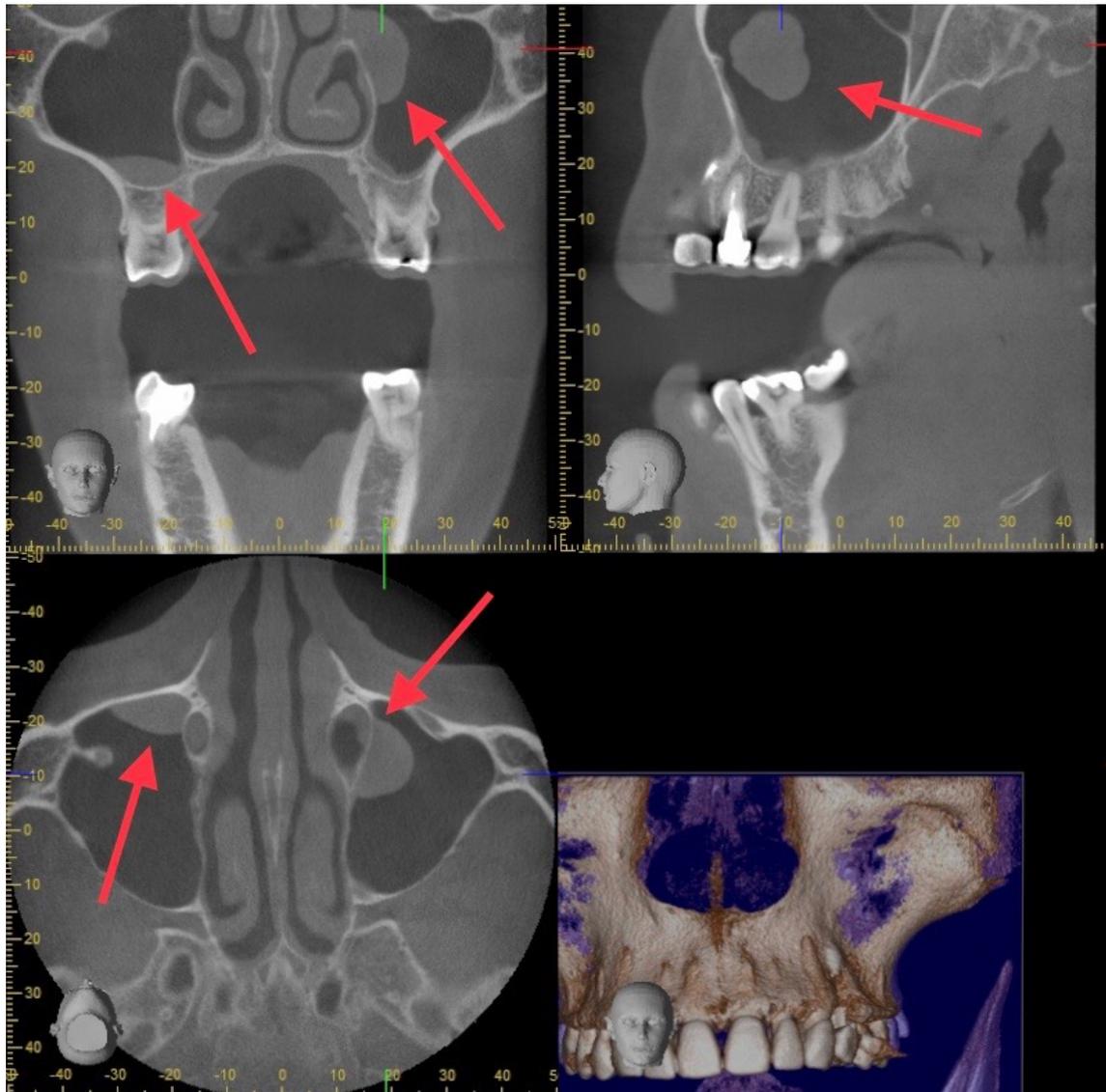
**Abbildung 9:** Aus der Studie ausgewählte koronare Schicht einer DVT-Aufnahme des Kavo-Gerätes auf Höhe der Kieferhöhle. Rechtsseitig ist eine Verschattung mit klarer glatter Begrenzung zu erkennen. Es handelt sich hier um die typische Darstellung eines Flüssigkeitsspiegels in der Kieferhöhle. Sie ist ein Zeichen für eine akute Entzündung der Kieferhöhle (roter Pfeil); Die linke Kieferhöhle ist ebenfalls basal leicht verschattet (Betrachtungssoftware eXam Vision).

#### *Weichteildichte Raumforderung im Bereich der Kieferhöhle*

Hierbei kann es sich um die unterschiedlichsten Diagnosen handeln, am häufigsten sind jedoch die Pseudozysten. Sie verursachen meist keine Beschwerden und werden deswegen heutzutage nicht mehr operativ entfernt.

Differentialdiagnostisch kommen weichteildichte solide Geschehen wie z. B. Polypen in Frage.

Weichteildichte Raumforderungen am Boden der Kieferhöhle können auch durch odontogene Ursachen, wie eine radikuläre Zyste, mit Ausbreitung in die Kieferhöhle entstehen, dann jedoch typischerweise mit einer feinen begrenzenden Knochenlamelle. Differentialdiagnostisch muss bei manchen weichteildichten Raumforderungen im Bereich der Kieferhöhle allerdings auch an einen Tumor gedacht werden. Typische Kennzeichen eines malignen Tumors wäre die Destruktion der Knochenwände, die in der DVT-Aufnahme durch einen osteolytischen Prozess sichtbar wäre. Die weichteildichten Raumforderungen werden in dieser Studie in keine weiteren Kategorien unterteilt. Dieser Nebenbefund wird pro linker und rechter Kieferhöhle in seiner Anzahl gezählt.



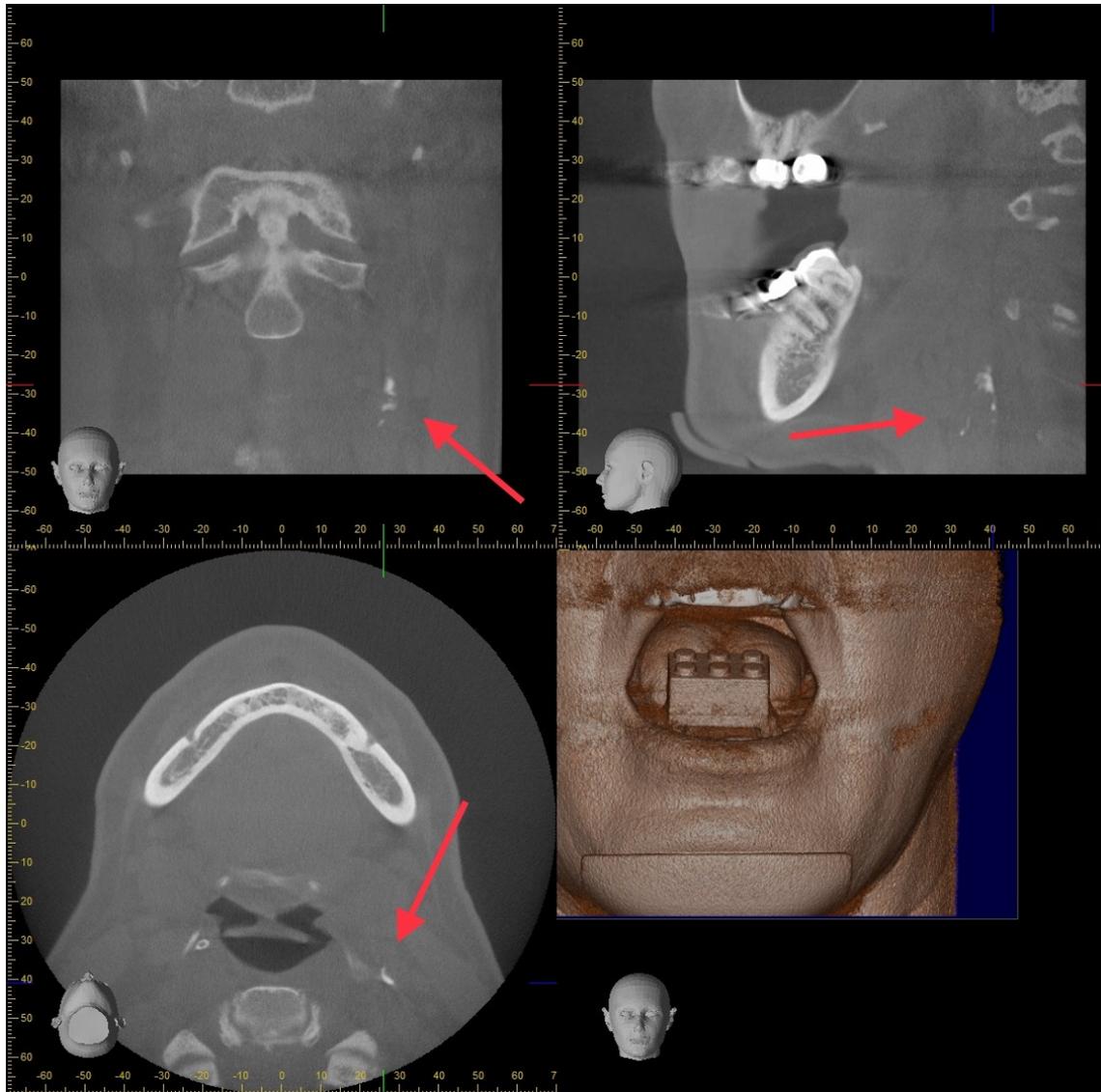
**Abbildung 10:** Aus der Studie ausgewählter Datensatz einer DVT-Aufnahme des Accutomo-Gerätes in der Betrachtungssoftware i-Dixel in der multiplanaren Ansicht (MPR-Ansicht). Die koronare Schicht erscheint links oben, die axiale Schicht links unten, die sagittale Schicht rechts oben und die 3D-Rekonstruktion rechts unten. Zu erkennen sind in beiden Kieferhöhlen rundliche weichgewebige Raumforderungen (rote Pfeile).

### *Verkalkungen der Weichteile*

Hierunter fallen Verkalkungen der verschiedensten Gewebe. Dazu werden in dieser statistischen Auswertung gezählt: Arterien, Venen, lymphatisches Gewebe und sonstiges Weichgewebe.

Häufig kommt es im höheren Alter zu Verkalkungen der Gefäße oder von lymphatischem Gewebe. Röntgenologisch lässt sich dies durch mineraldichte Verschattungen beispielsweise im Bereich der Arteria carotis (A. carotis)

feststellen. Pathologische Veränderungen dieser Art sollten medizinisch weiter abgeklärt werden.



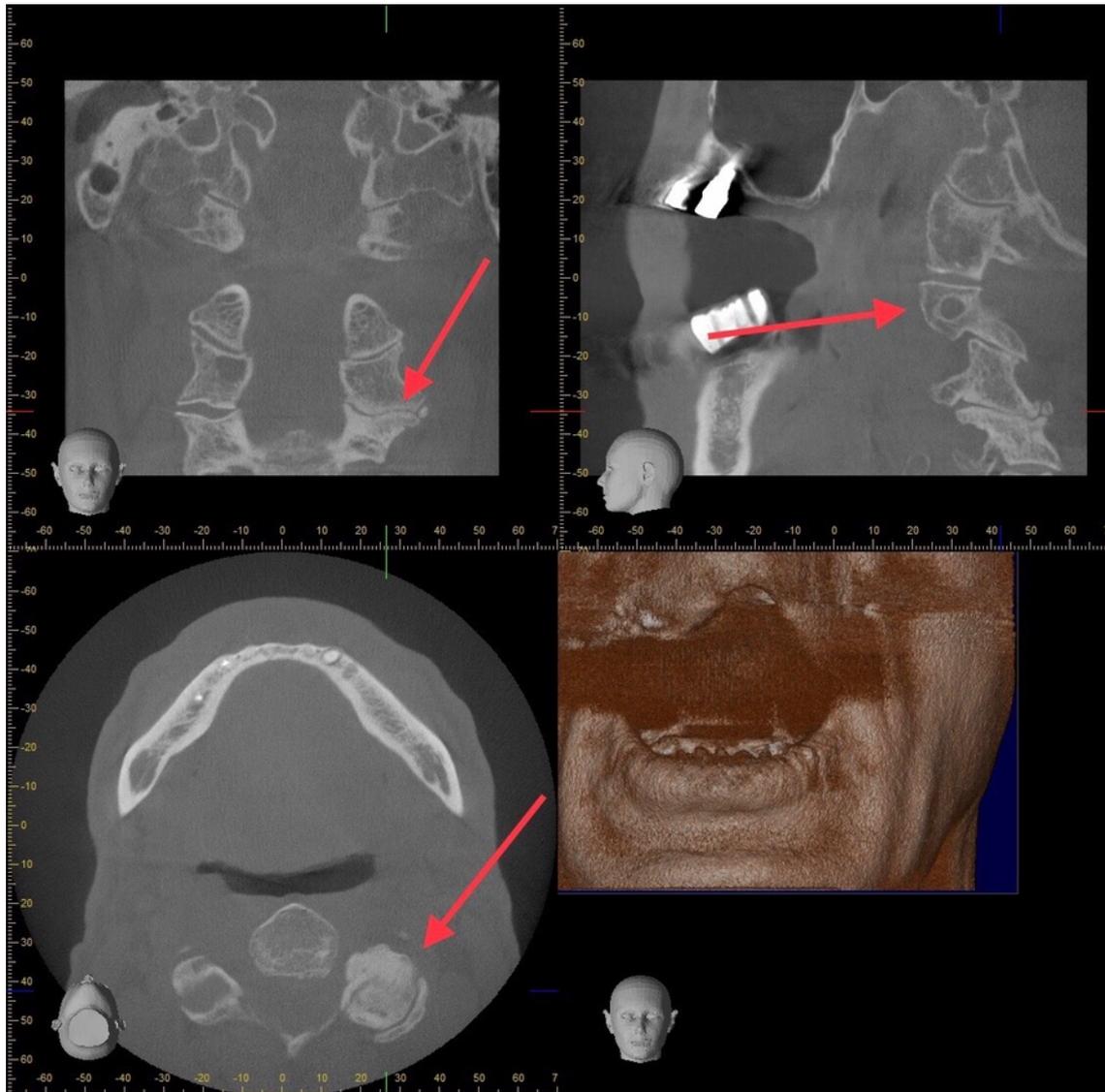
**Abbildung 11:** Aus der Studie ausgewählter Datensatz einer DVT-Aufnahme des Accutomo-Gerätes in der Betrachtungssoftware i-Dixel in der multiplanaren Ansicht (MPR-Ansicht). Die koronare Schicht erscheint links oben, die axiale Schicht links unten, die sagittale Schicht rechts oben und die 3D-Rekonstruktion rechts unten. Zu erkennen sind mineraldichte Verschattungen ventral der Halswirbelsäule linksseitig im Sinne von Verkalkungen der A. carotis (rote Pfeile); Der Umriss der Gefäßscheide ist erkennbar.

### *Degenerative Halswirbelsäulen-Veränderungen*

Mit zunehmendem Alter kommt es bei vielen Patienten zu degenerativen Veränderungen der Wirbelsäule unterschiedlich starker Ausprägung [75]. Ein Überbegriff für solche degenerativen Veränderungen der Wirbelsäule ist die Spondylose. Hier kommt es zur Ausbildung von Knochenanbauten an den Kanten der Wirbelkörper. Diese bezeichnet man als Spondylophyten. Sie müssen klinisch nicht zwingend auffällig sein. Meist resultiert daraus jedoch eine eingeschränkte Beweglichkeit der Wirbelsäule.

Röntgenologisch sind die Spondylophyten sehr gut zu diagnostizieren, wie die Abbildung 12 zeigt. Sie zeigen sich in den DVT-Aufnahmen als appositionelle mineraldichte Verschattungen der Wirbelkörper, die nur selten therapiebedürftig sind.

Ebenfalls gehört die Osteochondrose zu den degenerativen Veränderungen der Wirbelsäule. Hiermit ist der Verschleiß der Wirbelkörper und der Bandscheiben gemeint, der im Laufe der Zeit zu einem verminderten Abstand der Wirbelkörper führt. Damit einher geht auch ein Höhenverlust der Bandscheiben. Röntgenologisch sind dieser verringerte Abstand und der Verschleiß der Wirbelbogengelenke auch in der DVT-Aufnahme sehr gut zu erkennen.

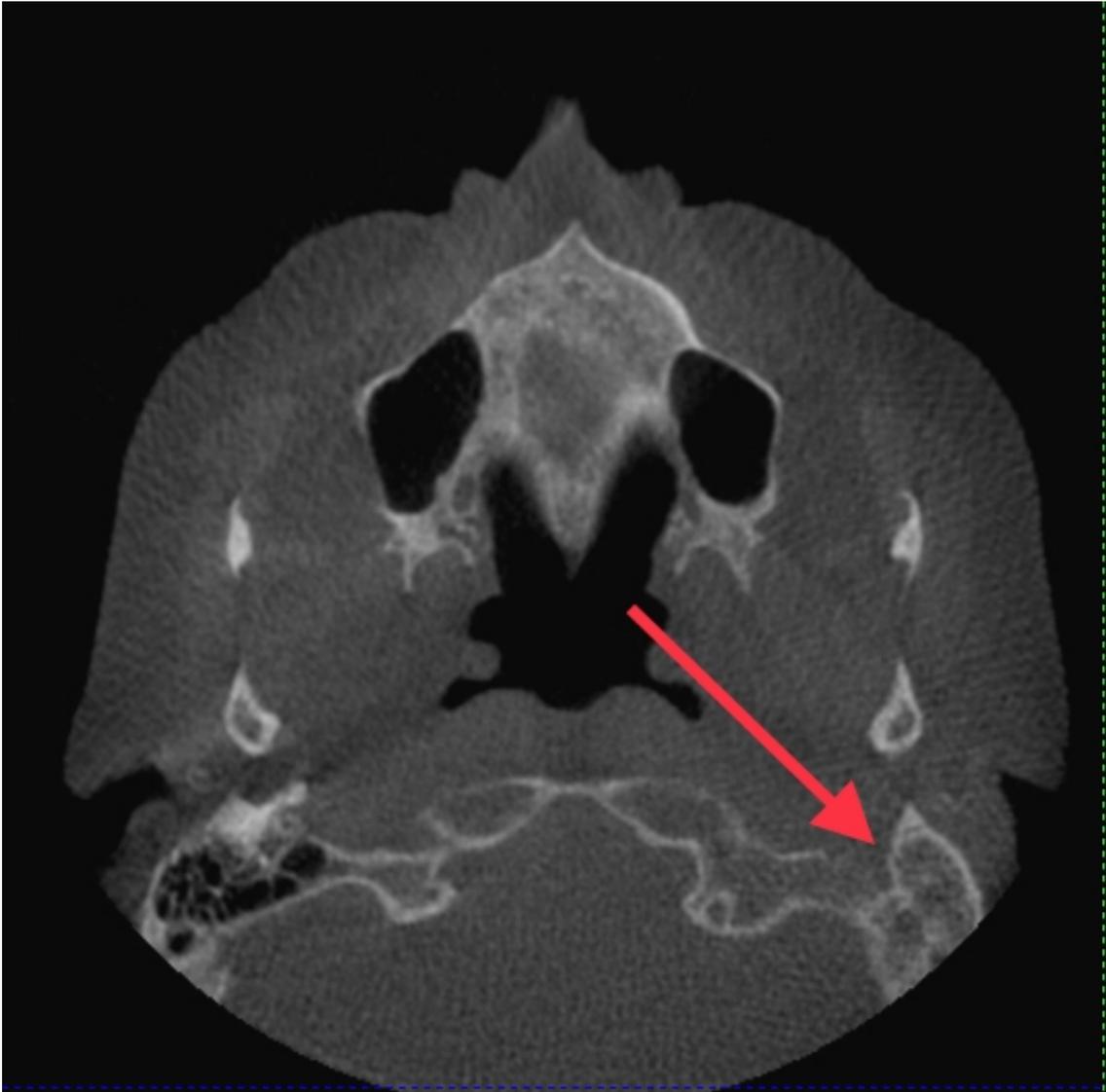


**Abbildung 12:** Aus der Studie ausgewählter Datensatz einer DVT-Aufnahme des Accutomo-Gerätes in der Betrachtungssoftware i-Dixel in der multiplanaren Ansicht (MPR-Ansicht). Die koronare Schicht erscheint links oben, die axiale Schicht links unten, die sagittale Schicht rechts oben und die 3D-Rekonstruktion rechts unten. Zu erkennen sind degenerative Prozesse an allen abgebildeten Halswirbelkörpern. Die Wirbelkörper sind nicht mehr glatt begrenzt, sondern weisen appositionelle mineraldichte Verschattungen im Sinne von Spondylophyten auf (roter Pfeil links unten). Zudem ist der intervertebrale Abstand stark verkleinert im Sinne der Osteochondrose (roter Pfeil links oben). Abgebildet ist außerdem eine scharf begrenzte Aufhellung im Wirbelkörper (roter Pfeil rechts oben).

### *Veränderung des Processus Mastoideus*

Für die Verschattung der Mastoidzellen auf einer Röntgenaufnahme kann es verschiedene Gründe geben. Zum einen kann es sich um einen Erguss handeln, welcher für eine Mastoiditis sprechen würde. Eine Verschattung des dortigen Zellsystems ist in einer DVT-Aufnahme gut erkennbar. Im Falle eines solchen Befundes sollte der Patient zwingend an einen Facharzt für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde überwiesen werden, da als gravierende Komplikation beispielsweise eine Meningitis auftreten kann [105].

Zum anderen kann es sich bei einer fehlenden Pneumatisierung der Mastoidzellen um die Folgezustände einer Mastoiditis handeln.



**Abbildung 13:** Aus der Studie ausgewählte axiale Schicht einer DVT-Aufnahme des Kavogertes auf Höhe der Mastoidzellen. Die linken Mastoidzellen erscheinen im Vergleich zur Gegenseite verschattet (roter Pfeil); (Betrachtungssoftware eXam Vision)

## **2.6 Befundung des OPT**

Falls bei einem Patienten zusätzlich zur DVT-Aufnahme auch ein OPT bereits vorhanden war, wurde dieses ebenfalls befundet. Das OPT musste innerhalb von 6 Monaten vor oder nach der DVT-Aufnahme angefertigt worden sein, um berücksichtigt worden zu sein.

Bei der Befundung des OPT wurde nur statistisch erfasst, ob ein Nebenbefund, der in der DVT-Aufnahme sichtbar war auch auf dem OPT zu erkennen war. Andere Befunde, die auf dem OPT hätten festgestellt werden können, wurden nicht berücksichtigt, da Bereiche teilweise auf einer DVT-Aufnahme nicht miterfasst waren.

### 3 Ergebnisse

Die nun aufgeführten Ergebnisse werden mit Hilfe von Tabellen und Diagrammen visuell dargestellt. Werte, die unterhalb einer 10 %-Marke liegen, werden in tabellarischer Form dargestellt. Allerdings wird auf eine weitere Interpretation zum größten Teil verzichtet.

#### 3.1 Patientengut

Die Verteilung der insgesamt 287 Patienten ist mit 142 männlichen (49,5 %) und 145 weiblichen (50,5 %) Individuen ausgeglichen. Diese werden in 8 Altersgruppen eingeteilt. Der Großteil der Patienten befindet sich in der Altersgruppe der 61-70-Jährigen (26,8 %). Das durchschnittliche Alter der Patienten liegt bei 57,1 Jahren. Dies spiegelt somit auch das durchschnittliche Alter für die zahnärztliche Implantation wider. Der Median liegt bei 60,0 Jahren. Die verschiedenen Altersgruppen und die Verteilung der Geschlechter sind in Tabelle 4 dargestellt. Der jüngste Patient ist zum Aufnahme-Zeitpunkt der DVT-Aufnahme 16 Jahre alt, der älteste Patient ist 87.

**Tabelle 4: Einteilung der Patienten in Altersgruppen.** In 10-Jahres-Schritten aufgeteilt und nach dem Geschlecht. Markiert ist die Altersgruppe, in welcher sich die meisten Patienten befinden.

		Männlich (n)	Weiblich (n)	Gesamt (n)
Altersgruppen	15-20 Jahre	6	3	9
	21-30 Jahre	8	3	11
	31-40 Jahre	6	16	22
	41-50 Jahre	19	24	43
	51-60 Jahre	37	30	67
	<b>61-70 Jahre</b>	38	39	<b>77</b>
	71-80 Jahre	22	24	46
	81-90 Jahre	6	6	12
<b>Gesamt</b>		142	145	287

Tabelle 5 zeigt die Verteilung der 287 DVT-Aufnahmen innerhalb der 3 verschiedenen DVT-Geräte. Von dem Accuitomo-Gerät und dem Kavo-Gerät

wurden jeweils 100 DVT-Aufnahmen ausgewertet und vom Veraviewepocs-Gerät 87.

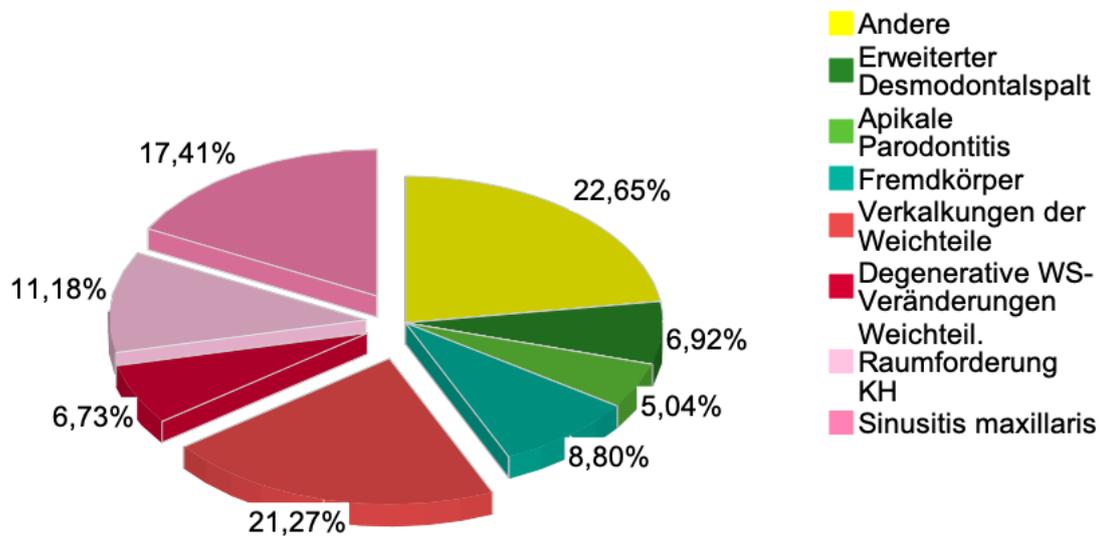
**Tabelle 5: Verteilung der DVT-Aufnahmen unter den 3 DVT-Geräten.**

	DVT-Aufnahmen (n)	Häufigkeit (%)
Accuitomo	100	34,8
Kavo	100	34,8
Veraviewepocs	87	30,3
Gesamt	287	100,0

### 3.2 Nebenbefunde

Insgesamt werden 1011 Nebenbefunde bei 248 (86,4 %) der insgesamt 287 DVT-Aufnahmen entdeckt. Bei 39 Patienten sind keine relevanten Nebenbefunde festgestellt worden (13,6 %). Somit kommen auf einen Patienten im Schnitt 3,52 Nebenbefunde.

Abbildung 14 zeigt die Verteilung der 1011 Nebenbefunde. Herausgerückt sind 4 Bereiche, welche in den nicht zahnärztlichen Bereich fallen. Nebenbefunde die unter die 5 %-Marke fallen, sind unter „Andere“ zusammengefasst.



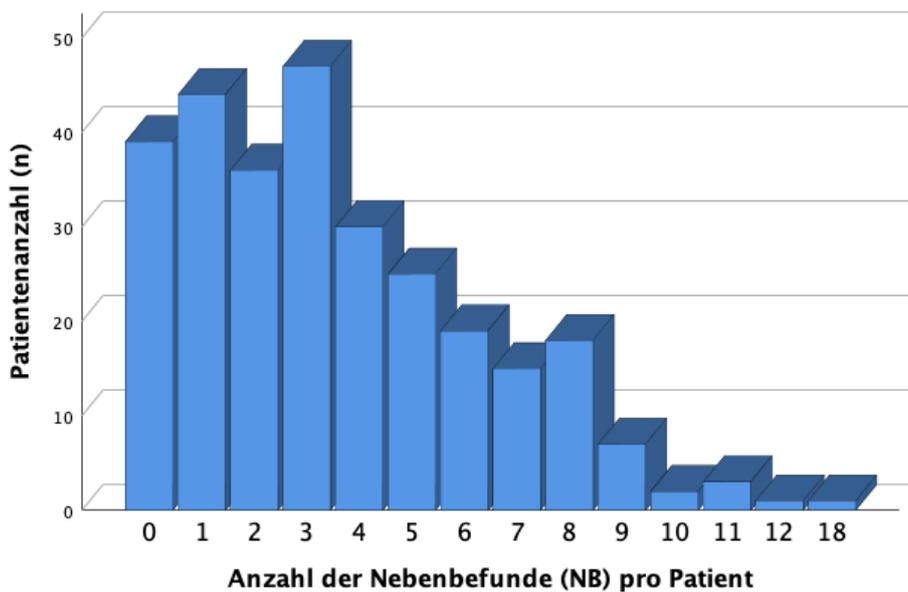
**Abbildung 14: Verteilung der insgesamt 1011 entdeckten Nebenbefunde.** Alle Nebenbefunde unter 5 % wurden hier untere „Andere“ zusammengefasst. Herausgerückt sind die relevanten Nebenbefunde außerhalb des Fachgebietes der Zahnmedizin.

Tabelle 6 veranschaulicht die Verteilung der Patienten, die keine Nebenbefunde aufweisen, im Vergleich zu denjenigen, bei denen 1 oder mehrere Nebenbefunde erfasst sind. Bei 39 Patientenfällen von 287 sind keine Nebenbefunde feststellbar.

**Tabelle 6: Anzahl der entdeckten Nebenbefunde pro Patientenfall.** Alle Patienten, die einen oder mehrere Nebenbefunde zeigten, wurden zusammengefasst. Diese sind markiert.

Nebenbefund	Anzahl (n)	Häufigkeit (%)
0	39	13,6
≥1	<b>248</b>	<b>86,4</b>
Gesamt	287	100,0

Bei den meisten Patienten treten 1 oder mehrere Nebenbefunde auf. Das Maximum an entdeckten Nebenbefunden liegt bei 18 Stück pro Patient (0,3 %). Am häufigsten werden 3 Nebenbefunde pro Patienten festgestellt. Dies ist, wie in Abbildung 15 ersichtlich, bei 47 Patienten der Fall (16,4 %).



**Abbildung 15: Anzahl von Nebenbefunden (NB), pro Patienten.** Angabe in Bezug auf alle entdeckten Nebenbefunde (n=1011)

## Ergebnisse

**Tabelle 7: Prävalenz der verschiedenen Nebenbefunde (NB) pro Patient.** Rein dichotome Angabe pro Patienten, ob der Nebenbefund sichtbar ist oder nicht. Angabe der Häufigkeit in Bezug auf alle entdeckten Nebenbefunde (n=678) und Angabe der Häufigkeit in Prozent in Bezug auf die Anzahl der DVT-Aufnahmen (n=287). Markiert sind die Nebenbefunde über 10 % Prävalenz (bezogen auf n=287).

	Anzahl der diagnostizierten NB (n)	Häufigkeit der NB in Prozent bezogen auf alle NB (n=678)	Häufigkeit der NB in Prozent bezogen auf die DVT- Aufnahmen/Patienten (n=287)
Kariös tief zerstörte Zahnkrone	3	0,4 %	1,0 %
Periimplantitis	5	0,7 %	1,7 %
Erweiterter Desmodontalspalt	54	8,0 %	<b>18,8 %</b>
Apikale Parodontitis	37	5,5 %	<b>12,9 %</b>
Wurzelresorptionen	7	1,0 %	2,4 %
Follikuläre Zyste	4	0,6 %	1,4 %
Nasopalatinuszyste	8	1,2 %	2,8 %
Radikuläre Zyste	12	1,8 %	4,2 %
Residualzyste	4	0,6 %	1,4 %
Wurzelrest	8	1,2 %	2,8 %
Idiopathische Osteosklerose	27	4,0 %	9,4 %
Speichelstein	5	0,7 %	1,7 %
Zahnfraktur	4	0,6 %	1,4 %
Retinierter Zahn	20	2,9 %	7,0 %
Interne Resorption	1	0,1 %	0,3 %
Insuffiziente prothetische Versorgung	1	0,1 %	0,3 %
Kiefergelenksdeformation	4	0,6 %	1,4 %
Fremdkörper	52	7,7 %	<b>18,1 %</b>
Odontom	1	0,1 %	0,3 %
Sinusitis maxillaris	117	17,2 %	<b>40,8 %</b>
Entzündl. Prozess NNH (außer KH)	4	0,6 %	1,4 %
Weichteild. Raumforderung KH	80	11,8 %	<b>27,9 %</b>
Weichteild. Raumforderung NNH	3	0,4 %	1,0 %
Deviation Nasenseptum	24	3,5 %	8,4 %
Fremdkörper KH	15	2,2 %	5,2 %
Verkalkungen der Weichteile	89	13,1 %	<b>31,0 %</b>
Osteolyse der HWS	11	1,6 %	3,8 %

## Ergebnisse

---

Degenerative HWS- Veränderungen	68	10,0 %	<b>23,7 %</b>
anatomische Varianten der HWS	2	0,3 %	0,7 %
Unklare Veränderung der HWS	5	0,7 %	1,7 %
Verschattung des Mastoids	3	0,4 %	1,0 %
Gesamt	678	100,0 %	236,2 %

Insgesamt wurden, wie aus Abbildung 14 ersichtlich, 1011 Nebenbefunde entdeckt. In Tabelle 7 sind 678 Nebenbefunde angegeben, da pro DVT-Aufnahme der gleiche Nebenbefund, wenn er mehrmals vorkam, zu einem zusammengefasst wurde. In einer DVT-Aufnahme kann zum Beispiel die apikale Parodontitis einmal entdeckt werden. Dies zählt dann in Tabelle 7 bei der Patientenzahl logischerweise als 1. Dieser Nebenbefund kann in einer DVT-Aufnahme aber natürlich auch 3-mal festgestellt werden. Dies zählt dann in Tabelle 7 allerdings auch nur als 1 Nebenbefund pro Patientenfall.

Die Tabelle 7 zeigt die Verteilung aller Nebenbefunde, die entdeckt wurden. Die zweite Spalte der Tabelle gibt die relative Häufigkeit in Bezug auf die 678 entdeckten Nebenbefunde an. Hierbei handelt es sich um eine größere Zahl als die eigentlichen 287 Patienten, da die Nebenbefunde pro Patienten einzeln betrachtet werden und es dann zu einer Summierung aller Nebenbefunde kommt. Die dritte Spalte gibt die relative Häufigkeit in Bezug auf die eigentliche Patientenzahl von 287 an. Es wurden zum Teil mehrere verschiedene Nebenbefunde pro Patienten entdeckt, wodurch die Gesamt-Prozentzahl von 236,2 % zu erklären ist.

Markiert sind die 7 Nebenbefunde, die am häufigsten vorkommen. Hier lässt sich ablesen, dass 40,8 % der 287 Patienten eine Verschattung des Sinus maxillaris aufweisen, die wahrscheinlich einer Sinusitis maxillaris entspricht.

Außerdem ist ersichtlich, dass fast ein Drittel aller Patienten Verkalkungen der Weichteile (vaskulär oder lymphatisch und andere) aufweist (31%). Zudem hat fast ein Viertel der Patienten degenerative Veränderungen der Halswirbelsäule aufzuweisen (23,7 %).

Nebenbefunde der Kieferhöhle betreffen 55,1 % aller 287 Patientenfälle.

Tabelle 8 zeigt die Verteilung der Nebenbefunde in Bezug auf die 3 verschiedenen Geräte. Es ist deutlich erkennbar, dass der Großteil der Nebenbefunde auf das Accuitomo- und das Kavo-Gerät entfällt. Nur 8 Patienten weisen bei diesen beiden Geräten keine Nebenbefunde auf. Im Falle des Veraviewepocs-Gerätes hingegen haben 31 Patienten keine relevanten Nebenbefunde vorzuweisen.

## Ergebnisse

**Tabelle 8: Verteilung der Patienten mit Nebenbefunden zwischen den 3 DVT-Geräten.**  
Angabe der Patientenanzahl (Patienten mit einem oder mehreren Nebenbefunden wurden zusammengefasst)

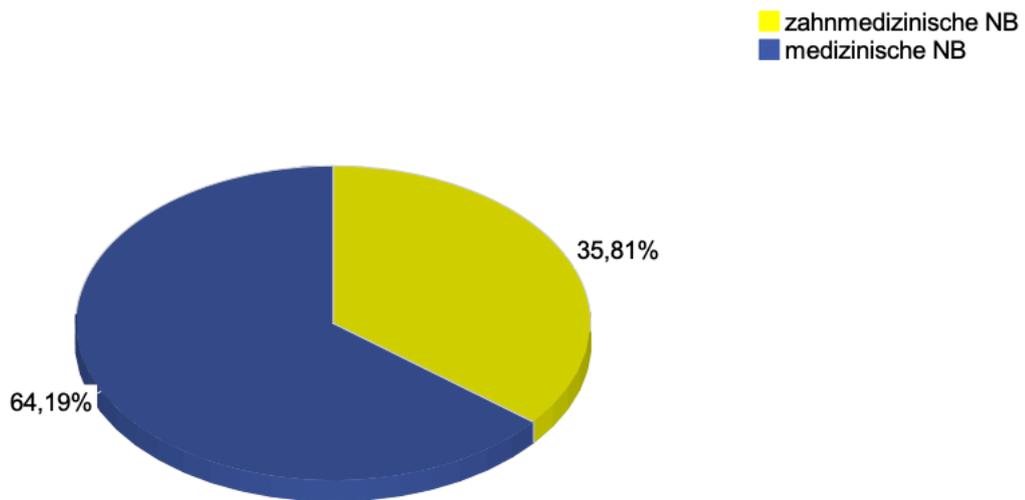
	Accuitomo	Kavo	Veraviewepocs	Gesamt (n)
Patienten ohne Nebenbefund (n)	4	4	31	39
≥1 NB pro Patient (n)	96	96	56	248
Gesamt (n)	100	100	87	287

Tabelle 9 zeigt, dass die meisten Patienten, die keine Nebenbefunde aufweisen, mit dem Veraviewepocs-Gerät, mit dem kleinsten verwendeten FOV von  $\phi$  40 mm x H 40 mm untersucht wurden (n=31).

**Tabelle 9: FOV-abhängige Prävalenz der DVT-Aufnahmen mit und ohne Nebenbefund (NB)**

		0 NB (n)	≥ 1 NB (n)	Gesamt (n)	Prävalenz (mit NB) in der FOV-Gruppe
FOV- Größe	Veraviewepocs: 40x40	31	55	86	64,0 %
	Veraviewepocs: 80x40	0	1	1	100 %
$\phi$ mm x H mm	Accuitomo: 100x50	0	1	1	100 %
	Accuitomo: 100x100	2	44	46	95,7 %
	Accuitomo: 140x100	2	51	53	96,2 %
	Kavo: 160x X	4	96	100	96 %
Gesamt		39	248	287	

Von den insgesamt 1011 Nebenbefunden fallen 64,2 % in den medizinisch relevanten Bereich, 35,8 % in den zahnmedizinisch relevanten Bereich. Dies veranschaulicht die Abbildung 16.



**Abbildung 16: Verteilung der zahnmedizinisch und medizinisch relevanten Nebenbefunde (NB) (n=1011). Angabe in Prozent (%)**

Die Tabelle 10 veranschaulicht, welche Nebenbefunde bei wie vielen Patientenfällen therapiert wurden. Insgesamt kam es bei 66 Patienten zu einer anschließenden Therapie. Somit wurden von den insgesamt 678 entdeckten Nebenbefunden (1 oder mehrmals sichtbar pro Patient) 10,27 % therapiert.

**Tabelle 10: Verteilung aller therapierten Nebenbefunde.** Angabe der Patientenfälle und in Prozent von n=66.

	Patientenfälle (n)	Häufigkeit (%)
Therapie Periimplantitis	3	4,5 %
Erweiterter Desmodontalspalt	10	15,2 %
Apikale Parodontitis	20	30,3 %
Wurzelresorption	2	3,0 %
Follikuläre Zyste	1	1,5 %
Radikuläre Zyste	9	13,6 %
Zahnfraktur	3	4,5 %
retinierter Zahn	5	7,6 %
Fremdkörper	2	3,0 %
Sinusitis maxillaris	5	7,6 %
Weichteild. Raumforderung KH	4	6,0 %
Fremdkörper KH	1	1,5 %
Verschattung des Mastoids	1	1,5 %
Gesamt	66	100,0 %

### 3.3 Nebenbefunde im Speziellen

Im Folgenden wird näher auf diejenigen 7 Nebenbefunde eingegangen, die am häufigsten in den DVT-Aufnahmen festgestellt wurden (10 %-Marke). Sie sind in Tabelle 7 markiert. Seltene Erkrankungen, wie maligne Tumoren des Kopf-Hals-Bereiches oder Knochenzysten wurden in dieser Studie nicht diagnostiziert, weshalb im weiteren Verlauf der Arbeit hierzu keine Ausführungen folgen.

#### 3.3.1 Erweiterter Desmodontalspalt

Ein erweiterter Desmodontalspalt ist bei 54 von 287 Patientenfällen feststellbar. Dies entspricht 18,8 % aller DVT-Aufnahmen. Pro Patienten wird dieser Nebenbefund bis zu 3-mal festgestellt. Eine genaue Aufschlüsselung der Fälle veranschaulicht Tabelle 11.

## Ergebnisse

**Tabelle 11: Prävalenz des erweiterten Desmodontalspaltes bei den DVT-Aufnahmen.**  
Dieser Nebenbefund wurde pro Patient teilweise mehrfach gefunden (max. 3x).

Anzahl der Läsionen/DVT	DVT-Aufnahmen (n)	Häufigkeit (%)
3x	6	2,1
2x	4	1,4
1x	44	15,3
0x	233	81,2
Gesamt	287	100,0

Einen Bezug zu den Altersgruppen stellt Tabelle 12 dar. Am häufigsten wird ein erweiterter Desmodontalspalt eines Zahnes im Alter zwischen 71 und 80 Jahren festgestellt (28,3 %).

**Tabelle 12: Altersabhängige Prävalenz des erweiterten Desmodontalspaltes**

Altersgruppe	Erweiterter Desmodontalspalt				Gesamt (n)	Prävalenz ( $\geq 1$ NB) in der Altersgruppe
	0x (n)	1x (n)	2x (n)	3x (n)		
11-20 Jahre	7	0	0	2	9	22,2 %
21-30 Jahre	11	0	0	0	11	0 %
31-40 Jahre	18	4	0	0	22	18,2 %
41-50 Jahre	37	5	1	0	43	14,0 %
51-60 Jahre	50	13	1	3	67	25,4 %
61-70 Jahre	66	11	0	0	77	14,3 %
71-80 Jahre	33	10	2	1	46	28,3 %
81-90 Jahre	11	1	0	0	12	8,3 %
Gesamt	233	44	4	6	287	

Am häufigsten dargestellt wird der erweiterte Desmodontalspalt bei einem FOV von  $\phi$  160 mm x H X mm. Diese FOV-Größe bildet im Vergleich zu den anderen Volumina die meisten Zähne ab. Bei 100 Aufnahmen mit diesem FOV war dieser Nebenbefund bei 25 % sichtbar. Eine genaue Verteilung dieses Nebenbefundes bezogen auf die FOV-Größe stellt Tabelle 13 dar.

## Ergebnisse

**Tabelle 13: FOV-abhängige Prävalenz des erweiterten Desmodontalspalt.** Angabe der Patientenfälle.

		Erweiterter Desmodontalspalt		Gesamt (n)	Prävalenz ( $\geq 1$ NB) in der FOV-Gruppe
		0x (n)	$\geq 1$ x (n)		
FOV-Größe	Veraviewepocs 40x40	69	17	86	19,8 %
$\phi$ mm x	Veraviewepocs 80x40	1	0	1	0 %
H mm	Accuitomo 100x50	1	0	1	0 %
	Accuitomo 100x100	39	7	46	15,2 %
	Accuitomo 140x100	48	5	53	9,4 %
	Kavo 160x X	75	25	100	25 %
Gesamt		233	54	287	

In 10 Patientenfällen wurde der erweiterte Desmodontalspalt aufgrund der Entdeckung auf der DVT-Aufnahme im Anschluss therapiert. Dies entspricht 18,5 % aller entdeckten „erweiterter Desmodontalspalt“-Nebenbefunde (n=54). Dies lässt sich aus Tabelle 14 ablesen. In 81,5 % folgte keine anschließende Therapie dieses Nebenbefundes.

**Tabelle 14: Verteilung der Patientenfälle mit einem erweiterten Desmodontalspalt in Abhängigkeit einer anschließenden stattgefundenen oder nicht stattgefundenen Therapie.**

		Erweiterter Desmodontalspalt			Gesamt
		1x	2x	3x	
nicht therapiert	Patientenanzahl (n)	35	4	5	44
	Häufigkeit (%)	79,5 %	100,0 %	83,3 %	81,5 %
therapiert	Patientenanzahl (n)	9	0	1	10
	Häufigkeit (%)	20,5 %	0,0 %	16,7 %	<b>18,5 %</b>
Gesamt	Patientenanzahl (n)	44	4	6	54
	Häufigkeit (%)	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %

### 3.3.2 Apikale Parodontitis

Eine apikale Aufhellung im Sinne einer apikalen Parodontitis ist bei 37 von 287 Patientenfällen feststellbar. Dies entspricht 12,9 % der gesamten DVT-Aufnahmen. Pro Patient wird dieser Nebenbefund bis zu 3-mal festgestellt. Eine genaue Aufschlüsselung der Fälle veranschaulicht Tabelle 15.

## Ergebnisse

**Tabelle 15: Prävalenz der apikalen Parodontitis bei den DVT-Aufnahmen.** Dieser Nebenbefund wurde pro Patienten teilweise mehrfach gefunden (max. 3x).

Anzahl der Läsionen/DVT	DVT-Aufnahmen (n)	Häufigkeit (%)
3x	4	1,4
2x	6	2,1
1x	27	9,4
0x	250	87,1
Gesamt	287	100,0

Einen Bezug zu den Altersgruppen stellt Tabelle 16 dar. Bezogen auf die entsprechende Altersgruppe wird dieser Nebenbefund am häufigsten bei den 61-70-Jährigen entdeckt (18,1 %).

**Tabelle 16: Altersabhängige Prävalenz der apikalen Parodontitis.**

Altersgruppe	apikale Parodontitis				Gesamt (n)	Prävalenz ( $\geq 1$ NB) in der Altersgruppe
	0x (n)	1x (n)	2x (n)	3x (n)		
11-20 Jahre	9	0	0	0	9	0 %
21-30 Jahre	10	1	0	0	11	9,1 %
31-40 Jahre	21	1	0	0	22	4,5 %
41-50 Jahre	37	4	1	1	43	14,0 %
51-60 Jahre	60	5	1	1	67	10,4 %
61-70 Jahre	63	11	2	1	77	18,1 %
71-80 Jahre	40	4	2	0	46	13,0 %
81-90 Jahre	10	1	0	1	12	16,7 %
Gesamt	250	27	6	4	287	

Am häufigsten wird die apikale Parodontitis bei einem FOV von  $\phi$  160 mm x H X mm festgestellt. Bei 100 DVT-Aufnahmen mit dieser Größe entspricht dies einer Prävalenz von 13%. Die relative Häufigkeit hingegen ist bei dem FOV von  $\phi$  100 mm x H 100 mm mit 23,9 % am höchsten. Die genaue Verteilung der Patientenfälle mit diesem Nebenbefund bezogen auf die FOV-Größe lässt sich aus Tabelle 17 ablesen.

## Ergebnisse

**Tabelle 17: FOV-abhängige Prävalenz der apikalen Parodontitis.** Angabe der Patientenfälle.

		apikale Parodontitis		Gesamt (n)	Prävalenz ( $\geq 1$ NB) in der FOV-Gruppe
		0x (n)	$\geq 1x$ (n)		
FOV-Größe	Veraviewepocs 40x40	80	6	86	7 %
	Veraviewepocs 80x40	1	0	1	0 %
$\phi$ mm x H mm	Accuitomo 100x50	1	0	1	0 %
	Accuitomo 100x100	35	11	46	23,9 %
	Accuitomo 140x100	46	7	53	13,2 %
	Kavo 160x X	87	13	100	13 %
Gesamt		250	37	287	

In 20 Patientenfällen wurde die apikale Parodontitis aufgrund der Entdeckung auf der DVT-Aufnahme im Anschluss therapiert. Dies entspricht 54,1 % aller entdeckten „apikale Parodontitis“-Nebenbefunde (n=37). Dies lässt sich in Tabelle 18 ablesen.

**Tabelle 18: Verteilung der Patientenfälle mit apikaler Parodontitis in Abhängigkeit von einer anschließenden stattgefundenen oder nicht stattgefundenen Therapie.**

		apikale Parodontitis			Gesamt
		1x	2x	3x	
nicht therapiert	Patientenanzahl (n)	12	4	1	17
	Häufigkeit (%)	44,4 %	66,7 %	25,0 %	45,9 %
therapiert	Patientenanzahl (n)	15	2	3	20
	Häufigkeit (%)	55,6 %	33,3 %	75,0 %	<b>54,1 %</b>
Gesamt	Patientenanzahl (n)	27	6	4	37
	Häufigkeit (%)	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %

### 3.3.3 Fremdkörper

Fremdkörper sind bei 52 von 287 Patientenfällen feststellbar. Dies entspricht 18,1 % aller DVT-Aufnahmen. Pro Patient wird dieser Nebenbefund bis zu 4-mal festgestellt. Eine genaue Aufschlüsselung der Fälle veranschaulicht Tabelle 19.

## Ergebnisse

**Tabelle 19: Prävalenz von Fremdkörpern bei den DVT-Aufnahmen.** Dieser Nebenbefund wurde pro Patienten teilweise mehrfach gefunden (max. 4x).

Anzahl der Fremdkörper/DVT	DVT-Aufnahmen (n)	Häufigkeit (%)
4x	5	1,7
3x	7	2,4
2x	8	2,8
1x	32	11,1
0x	235	81,9
Gesamt	287	100,0

Einen Bezug zu den Altersgruppen stellt Tabelle 20 dar. Bezogen auf die entsprechende Altersgruppe wird dieser Nebenbefund am häufigsten bei den 81-90-Jährigen entdeckt (41,7 %).

**Tabelle 20: Altersabhängige Prävalenz von Fremdkörpern.**

Altersgruppe	Fremdkörper					Gesamt (n)	Prävalenz ( $\geq 1$ NB) in der Altersgruppe
	0x (n)	1x (n)	2x (n)	3x (n)	4x (n)		
11-20 Jahre	8	0	0	1	0	9	11,1 %
21-30 Jahre	10	1	0	0	0	11	9,1 %
31-40 Jahre	20	2	0	0	0	22	9,1 %
41-50 Jahre	40	2	1	0	0	43	7,0 %
51-60 Jahre	57	4	2	2	2	67	14,9 %
61-70 Jahre	56	13	5	2	1	77	27,3 %
71-80 Jahre	37	5	0	2	2	46	19,6 %
81-90 Jahre	7	5	0	0	0	12	41,7 %
Gesamt	235	32	8	7	5	287	

Am häufigsten werden Fremdkörper bei einem FOV von  $\phi$  160 mm x H X mm festgestellt. Bei 100 DVT-Aufnahmen mit dieser Größe entspricht dies 18 %. Die relative Häufigkeit ist bei dem FOV von  $\phi$  80 mm x H 40 mm mit 100 % (ein Patient) am höchsten, gefolgt von dem FOV  $\phi$  100 mm x H 100 mm mit 21,7 %. Die genaue Verteilung der Patientenfälle mit diesem Nebenbefund bezogen auf die FOV-Größe lässt sich aus Tabelle 21 ablesen.

## Ergebnisse

**Tabelle 21: FOV-abhängige Prävalenz von Fremdkörpern.** Angabe der Patientenfälle.

		Fremdkörper		Gesamt (n)	Prävalenz ( $\geq 1$ NB) in der FOV- Gruppe
		0x (n)	$\geq 1$ x (n)		
FOV- Größe	Veraviewepocs 40x40	72	14	86	16,3 %
	Veraviewepocs 80x40	0	1	1	100 %
$\phi$ mm x H mm	Accuitomo 100x50	1	0	1	0 %
	Accuitomo 100x100	36	10	46	21,7 %
	Accuitomo 140x100	44	9	53	17 %
	Kavo 160x X	82	18	100	18 %
Gesamt		235	52	287	

**Tabelle 22: Verteilung der Patientenfälle mit Fremdkörpern in Abhängigkeit von einer anschließenden stattgefundenen oder nicht stattgefundenen Therapie.**

		Fremdkörper $\geq 1$ x
nicht therapiert	Patientenanzahl (n)	50
	Häufigkeit (%)	96,2 %
therapiert	Patientenanzahl (n)	2
	Häufigkeit (%)	3,8 %
Gesamt	Patientenanzahl (n)	52
	Häufigkeit (%)	100,0 %

Bei 2 Patientenfällen wurden die Fremdkörper aufgrund der Entdeckung auf der DVT-Aufnahme im Anschluss entfernt. Dies entspricht lediglich 3,8 % aller entdeckten „Fremdkörper“-Nebenbefunde (n=52). Dies lässt sich aus Tabelle 22 entnehmen.

### 3.3.4 Sinusitis maxillaris

Eine Sinusitis maxillaris wird bei 117 von 287 Patientenfällen festgestellt. Dies entspricht 40,8 % aller DVT-Aufnahmen. Eine genaue Aufschlüsselung der Fälle veranschaulicht Tabelle 23.

**Tabelle 23: Prävalenz der Sinusitis maxillaris bei den DVT-Aufnahmen.**

Sichtbarkeit von Läsionen/DVT	DVT-Aufnahmen (n)	Häufigkeit (%)
sichtbar	117	40,8
nicht sichtbar	170	59,2
Gesamt	287	100,0

Einen Bezug zu den Altersgruppen stellt Tabelle 24 dar.

Bezogen auf die entsprechende Altersgruppe wird dieser Nebenbefund am häufigsten bei den 41-50-Jährigen entdeckt (55,8 %).

**Tabelle 24: Altersabhängige Prävalenz einer Sinusitis maxillaris.**

Altersgruppe	Sinusitis maxillaris			Prävalenz ( $\geq 1$ NB) in der Altersgruppe
	0x (n)	1x (n)	Gesamt (n)	
11-20 Jahre	7	2	9	22,2 %
21-30 Jahre	7	4	11	36,4 %
31-40 Jahre	16	6	22	27,3 %
41-50 Jahre	19	24	43	55,8 %
51-60 Jahre	47	20	67	29,9 %
61-70 Jahre	42	35	77	45,5 %
71-80 Jahre	26	20	46	43,5 %
81-90 Jahre	6	6	12	50,0 %
Gesamt	170	117	287	

Am häufigsten wird eine Verschattung der Kieferhöhle im Sinne einer Sinusitis maxillaris bei einem FOV von  $\phi$  100 mm x H 100 mm festgestellt. Bei 46 DVT-Aufnahmen mit dieser Größe entspricht dies 78,3 %. Die genaue Verteilung der Patientenfälle mit diesem Nebenbefund bezogen auf die FOV-Größe lässt sich aus Tabelle 25 ablesen.

**Tabelle 25: FOV-abhängige Prävalenz der Sinusitis maxillaris.** Angabe der Patientenfälle.

		Sinusitis maxillaris		Gesamt (n)	Prävalenz ( $\geq 1$ NB) in der FOV-Gruppe
		0x (n)	1x (n)		
FOV- Größe	Veraviewepocs 40x40	67	33	100	33 %
	Veraviewepocs 80x40	64	22	86	25,6 %
$\phi$ mm x H mm	Accuitomo 100x50	0	1	1	100 %
	Accuitomo 100x100	10	36	46	78,3 %
	Accuitomo 140x100	29	24	53	45,3 %
	Kavo 160x X	0	1	1	100 %
Gesamt		170	117	287	

In 5 Patientenfällen wurde die Sinusitis maxillaris aufgrund der Entdeckung auf der DVT-Aufnahme im Anschluss therapiert. Dies entspricht 4,2 % aller entdeckten „Sinusitis maxillaris“-Nebenbefunde (n=117). Dies lässt sich in Tabelle 26 ablesen.

**Tabelle 26: Verteilung der Patientenfälle mit einer Sinusitis maxillaris in Abhängigkeit von einer anschließenden stattgefundenen oder nicht stattgefundenen Therapie.**

		Sinusitis maxillaris 1x
nicht therapiert	Patientenanzahl (n)	112
	Häufigkeit (%)	95,7 %
therapiert	Patientenanzahl (n)	5
	Häufigkeit (%)	4,2 %
Gesamt	Patientenanzahl (n)	117
	Häufigkeit (%)	100,0 %

### 3.3.5 Weichteildichte Raumforderung im Bereich der Kieferhöhle

Eine weichteildichte Raumforderung im Bereich der Kieferhöhle wird bei 80 von 287 Patientenfällen festgestellt. Dies entspricht 27,8 % aller DVT-Aufnahmen. Dieser Nebenbefund wurde pro Patient bis zu 3-mal festgestellt. Eine genaue Aufschlüsselung der Fälle veranschaulicht Tabelle 27.

## Ergebnisse

**Tabelle 27: Prävalenz der weichteildichten Raumforderungen im Bereich der Kieferhöhle bei den DVT-Aufnahmen.** Dieser Nebenbefund wurde pro Patienten teilweise mehrfach gefunden (max. 3x).

Anzahl der Läsionen/DVT	DVT-Aufnahmen (n)	Häufigkeit (%)
3x	1	0,3
2x	31	10,8
1x	48	16,7
0	207	72,1
<b>Gesamt</b>	<b>287</b>	<b>100,0</b>

Einen Bezug zu den Altersgruppen stellt Tabelle 28 dar. Am häufigsten wird dieser Nebenbefund in der Altersgruppe der 61-70-Jährigen entdeckt (39,0 %).

**Tabelle 28: Altersabhängige Prävalenz von weichteildichten Raumforderungen im Bereich der KH.**

Altersgruppe	Weichteild. Raumforderung KH				Gesamt (n)	Prävalenz ( $\geq 1$ NB) in der Altersgruppe
	0x (n)	1x (n)	2x (n)	3x (n)		
11-20 Jahre	7	1	1	0	9	22,2 %
21-30 Jahre	8	3	0	0	11	27,3 %
31-40 Jahre	14	6	2	0	22	36,4 %
41-50 Jahre	32	6	5	0	43	25,6 %
51-60 Jahre	56	5	5	1	67	16,4 %
61-70 Jahre	47	17	13	0	77	39,0 %
71-80 Jahre	33	9	4	0	46	28,3 %
81-90 Jahre	10	1	1	0	12	16,7 %
<b>Gesamt</b>	<b>207</b>	<b>48</b>	<b>31</b>	<b>1</b>	<b>287</b>	

Am häufigsten wird die weichteildichte Raumforderung im Bereich der Kieferhöhle bei einem FOV von  $\phi$  100 mm x H 100 mm festgestellt. Bei 46 DVT-Aufnahmen mit dieser Größe entspricht dies 45,7 %. Die genaue Verteilung der Patientenfälle mit diesem Nebenbefund bezogen auf die FOV-Größe lässt sich aus Tabelle 29 ablesen.

## Ergebnisse

**Tabelle 29: FOV-abhängige Prävalenz von weichteildichten Raumforderungen im Bereich der Kieferhöhle. Angabe der Patientenfälle.**

		Weichteild. Raumforderung KH		Gesamt (n)	Prävalenz ( $\geq 1$ NB) in der FOV-Gruppe
		0x (n)	$\geq 1x$ (n)		
FOV- Größe $\phi$ mm x H mm	Veraviewepocs 40x40	75	11	86	12,8 %
	Veraviewepocs 80x40	1	0	1	0 %
	Accuitomo 100x50	1	0	1	0 %
	Accuitomo 100x100	25	21	46	45,7 %
	Accuitomo 140x100	36	17	53	32,1 %
	Kavo 160x X	69	31	100	31 %
Gesamt		207	80	287	

Bei 4 Patientenfällen wurden die weichteildichten Raumforderungen im Bereich der Kieferhöhle aufgrund der Entdeckung auf der DVT-Aufnahme im Anschluss therapiert. Dies entspricht 5,0 % aller dieser entdeckten Nebenbefunden (n=80). Dies lässt sich in Tabelle 30 ablesen.

**Tabelle 30: Verteilung der Patientenfälle mit einer weichteildichten Raumforderung im Bereich der Kieferhöhle in Abhängigkeit von einer anschließenden stattgefundenen oder nicht stattgefundenen Therapie.**

		Weichteild. Raumforderung KH			Gesamt
		1x	2x	3x	
nicht therapiert	Patientenanzahl (n)	46	29	1	76
	Häufigkeit (%)	57,5 %	36,3 %	1,3 %	95 %
therapiert	Patientenanzahl (n)	2	2	0	4
	Häufigkeit (%)	2,5 %	2,5%	0,0 %	5,0 %
Gesamt	Patientenanzahl (n)	48	31	1	80
	Häufigkeit (%)	60 %	38,8 %	1,3 %	100,0 %

### 3.3.6 Verkalkungen der Weichteile

Verkalkungen der Weichteile sind bei 89 von 287 Patientenfällen feststellbar. Dies entspricht 31 % aller DVT-Aufnahmen. Pro Patient wird dieser Nebenbefund bis zu 5-mal festgestellt. Eine genaue Aufschlüsselung der Fälle veranschaulicht Tabelle 31.

## Ergebnisse

**Tabelle 31: Prävalenz von Verkalkungen der Weichteile bei den DVT-Aufnahmen.** Dieser Nebenbefund wurde pro Patienten teilweise mehrfach gefunden (max. 5x).

Anzahl der Läsionen/DVT	DVT-Aufnahmen (n)	Prozent in %
5x	2	0,7
4x	20	7,0
3x	14	4,9
2x	30	10,5
1x	23	8,0
0x	198	69,0
Gesamt	287	100,0

Einen Bezug zu den Altersgruppen stellt Tabelle 32 dar. Bezogen auf die entsprechende Altersgruppe wird dieser Nebenbefund am häufigsten bei den 81-90-Jährigen festgestellt (41,7 %).

**Tabelle 32: Altersabhängige Prävalenz von Verkalkungen der Weichteile.**

Altersgruppe	Verkalkungen der Weichteile						Gesamt (n)	Prävalenz (≥1 NB) in der Altersgruppe
	0x (n)	1x (n)	2x (n)	3x (n)	4x (n)	5x (n)		
11-20 Jahre	9	0	0	0	0	0	9	0 %
21-30 Jahre	9	0	2	0	0	0	11	18,2 %
31-40 Jahre	17	0	2	1	2	0	22	22,7 %
41-50 Jahre	31	5	4	2	1	0	43	27,9 %
51-60 Jahre	42	3	11	6	4	1	67	37,3 %
61-70 Jahre	50	11	4	2	9	1	77	35,1 %
71-80 Jahre	33	3	5	2	3	0	46	28,3 %
81-90 Jahre	7	1	2	1	1	0	12	41,7 %
Gesamt	198	23	30	14	20	2	287	

Am häufigsten werden Verkalkungen der Weichteile bei einem FOV von  $\phi$  140 mm x H 100 mm festgestellt. Bei 53 DVT-Aufnahmen mit dieser Größe entspricht dies 64,1 %. Die genaue Verteilung der Patientenfälle mit diesem Nebenbefund bezogen auf die FOV-Größe lässt sich aus Tabelle 33 ablesen.

## Ergebnisse

**Tabelle 33: FOV-abhängige Prävalenz von Verkalkungen der Weichteile.** Angabe der Patientenfälle.

		Verkalkungen		Gesamt (n)	Prävalenz ( $\geq 1$ NB) in der FOV-Gruppe
		0x (n)	$\geq 1$ x (n)		
FOV- Größe	Veraviewepocs 40x40	86	0	86	0 %
	Veraviewepocs 80x40	1	0	1	0 %
$\phi$ mm x H mm	Accuitomo 100x50	1	0	1	0 %
	Accuitomo 100x100	29	17	46	37 %
	Accuitomo 140x100	19	34	53	64,1 %
	Kavo 160x X	62	38	100	38 %
Gesamt		198	89	287	

Aus Tabelle 34 lässt sich entnehmen, dass aufgrund des Nebenbefundes in keinem der Fälle eine anschließende Therapie erfolgte.

**Tabelle 34: Verteilung der Patientenfälle Verkalkungen der Weichteile in Abhängigkeit von einer anschließenden stattgefundenen oder nicht stattgefundenen Therapie.**

		Verkalkungen $\geq 1$ x
nicht therapiert	Patientenanzahl (n)	89
	Häufigkeit (%)	100,0 %
Gesamt	Patientenanzahl (n)	89
	Häufigkeit (%)	100,0 %

### 3.3.7 Degenerative Prozesse der Halswirbelsäule

Degenerative Veränderungen der Halswirbelsäule (HWS) sind bei 68 von 287 Patientenfällen feststellbar. Dies entspricht 23,7 % aller DVT-Aufnahmen. Die Halswirbelsäule wird nur bei einem FOV von  $\phi$  160 mm x H X mm und  $\phi$  140 mm x H 100 mm abgebildet. Eine genaue Aufschlüsselung der Fälle veranschaulicht Tabelle 35.

**Tabelle 35: Prävalenz degenerativer Prozesse der Halswirbelsäule bei den DVT-Aufnahmen.**

Sichtbarkeit von Läsionen/DVT	Patientenanzahl (n)	Häufigkeit (%)
sichtbar	68	23,7
nicht sichtbar	219	76,3
Gesamt	287	100,0

## Ergebnisse

Einen Bezug zu den Altersgruppen stellt Tabelle 36 dar. Bezogen auf die entsprechende Altersgruppe wird dieser Nebenbefund am häufigsten bei den 81-90-Jährigen festgestellt (41,7 %).

**Tabelle 36: Altersabhängige Prävalenz von degenerativen Prozessen der HWS.**

Altersgruppe	Degenerative HWS-Veränderungen		Gesamt (n)	Prävalenz ( $\geq 1$ NB) in der Altersgruppe
	nicht sichtbar (n)	Sichtbar (n)		
11-20 Jahre	9	0	9	0 %
21-30 Jahre	11	0	11	0 %
31-40 Jahre	22	0	22	0 %
41-50 Jahre	38	5	43	11,6 %
51-60 Jahre	54	13	67	19,4 %
61-70 Jahre	46	31	77	40,3 %
71-80 Jahre	32	14	46	30,4 %
81-90 Jahre	7	5	12	41,7 %
<b>Gesamt</b>	<b>219</b>	<b>68</b>	<b>287</b>	

Am häufigsten werden degenerative Prozesse bei einem FOV von  $\phi 140$  mm x H 100 mm festgestellt. Bei 53 DVT-Aufnahmen mit dieser Größe entspricht dies 54,1 %. Die genaue Verteilung der Patientenfälle mit diesem Nebenbefund bezogen auf die FOV-Größe lässt sich aus Tabelle 37 ablesen.

**Tabelle 37: FOV-abhängige Prävalenz von degenerativen Prozessen der HWS.** Angabe der Patientenfälle.

FOV-Größe		Degenerative HWS-Veränderungen		Gesamt (n)	Prävalenz ( $\geq 1$ NB) in der FOV-Gruppe
		nicht sichtbar (n)	Sichtbar (n)		
$\phi$ mm x	Veraviewepocs 40x40	86	0	86	0 %
	Veraviewepocs 80x40	1	0	1	0 %
H mm	Accuitomo 100x50	1	0	1	0 %
	Accuitomo 100x100	46	0	46	0 %
	Accuitomo 140x100	24	29	53	54,1 %
	Kavo 160x X	61	39	100	39 %
<b>Gesamt</b>		<b>219</b>	<b>68</b>	<b>287</b>	

## Ergebnisse

---

Aus Tabelle 38 lässt sich entnehmen, dass aufgrund des Nebenbefundes in keinem der Fälle eine anschließende Therapie erfolgte.

**Tabelle 38: Verteilung der Patientenfälle mit einem degenerativen Prozess der HWS in Abhängigkeit von einer anschließenden stattgefundenen oder nicht stattgefundenen Therapie.**

		Degenerative HWS-Veränderungen sichtbar
nicht therapiert	Patientenanzahl (n)	68
	Häufigkeit (%)	100,0 %
Gesamt	Patientenanzahl (n)	68
	Häufigkeit (%)	100,0 %

### 3.4 Therapieplanänderung

Bei 49 Patientenfällen ist eine Therapieplanänderung erfolgt. Dies entspricht 17,1 % aller Patientenfälle (n=287). Nachzuvollziehen ist dies aus Tabelle 39. Der untersuchte Zeitraum dieser Studie liegt zwischen einer Woche und über 4 Jahre nach Anfertigung der DVT-Aufnahme (siehe Kapitel 2.1, Seite 19).

**Tabelle 39: Häufigkeit der DVT-Aufnahmen, in deren Anschluss eine Therapieplanänderung stattfand.** Markiert ist die Prozentzahl, welche alle Patientenfälle mit Therapieplanänderung darstellt.

Therapieplanänderung	Patientenfälle (n)	Häufigkeit (%)
fand nicht statt	238	82,9
fand statt	49	<b>17,1</b>
Gesamt	287	100,0

Bei 189 Patienten (65,9 %) fand die geplante Implantation statt. Bei 16 Patientenfällen von 287 (5,6 %) kam es aufgrund der Entdeckung eines Nebenbefundes in der DVT-Aufnahme zu keiner Implantation. Bei 14 Patienten lag zu wenig Restknochen vor und bei 68 Patienten fand die Implantation aus anderen Gründen nicht statt. Dies lässt sich aus Tabelle 40 entnehmen.

**Tabelle 40: Aufteilung der Patientenfälle anhand der Implantations-Variable.** Markiert ist die Prozentzahl, welche den Anteil an Patientenfällen angibt, welche aufgrund eines entdeckten Nebenbefundes im Anschluss der DVT-Aufnahme nicht implantiert wurden.

Implantation fand...	Patientenfälle (n)	Häufigkeit (%)
statt	189	65,9
wegen zu wenig Restknochen nicht statt	14	4,9
wegen Nebenbefund nicht statt	16	<b>5,6</b>
aus anderem Grund nicht statt	68	23,7
Gesamt	287	100,0

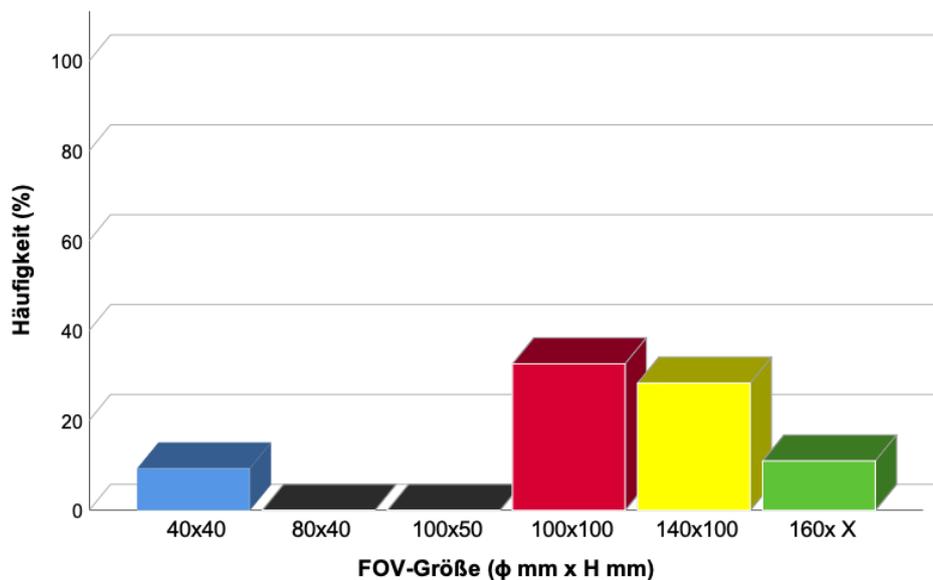
In 16 Patientenfällen fand keine Implantation aufgrund der Entdeckung eines Nebenbefundes statt. Insgesamt wurde bei 189 Patienten von 287 wie geplant implantiert. Bei 98 Patienten (34,1 %) fand keine Implantation statt. Die genauen Gründe dafür lassen sich der Tabelle 41 entnehmen.

## Ergebnisse

**Tabelle 41: Zusammenhang der Implantations-Variable und der Therapieplanänderung.**

		Implantation			Gesamt	
		wegen zu wenig Restknochen nicht statt	fand statt	wegen NB nicht statt		aus anderem Grund nicht statt
Therapieplan-Änderung (n)	fand nicht statt	14	157	0	67	238
	fand statt	0	32	16	1	49
Gesamt (n)		14	189	16	68	287

Abbildung 17 zeigt, dass es bei einem FOV von  $\phi$  100 mm x H 100 mm bei 33 % der Patienten mit dieser FOV-Größe zu einer Therapieplanänderung kam. Bei dieser FOV-Größe ist die relative Häufigkeit am größten, gefolgt von dem FOV  $\phi$  140 mm x H 100 mm mit 28 %. Bei dem kleinsten FOV von  $\phi$  40 mm x H 40 mm fanden mit 9 % die wenigsten Therapieplanänderungen statt, abgesehen von den beiden FOV-Größen  $\phi$  80 mm x H 40 mm und  $\phi$  100 mm x H 80 mm (0 %). Bei diesen beiden FOV-Größen liegt allerdings jeweils nur eine DVT-Aufnahme vor. Das größte FOV des Kavo-Gerätes mit  $\phi$  160 mm x H X mm hat eine Häufigkeit der Therapieplanänderung von 11 %.



**Abbildung 17: FOV-abhängige Prävalenz der Therapieplanänderung. Angabe in Prozent.**

### 3.4.1 Erweiterter Desmodontalspalt

Aufgrund der Entdeckung dieses Nebenbefundes kam es bei 6 Patienten von 54 zu keiner Implantation. Dies entspricht 11,1 %. In 51,9 % fand die Implantation trotz dieses Nebenbefundes statt. Eine Übersicht darüber findet sich in Tabelle 42.

**Tabelle 42: Verteilung der Patienten mit einem erweiterten Desmodontalspalt in Abhängigkeit von der anschließenden stattgefundenen oder nicht stattgefundenen Implantation.** In Spalte 2 sind diejenigen Patientenfälle zusammengefasst, die aufgrund des Nebenbefundes nicht implantiert wurden, in Spalte 4 diejenigen, die aus einem anderen Grund nicht implantiert wurden. Die Prozentzahl ist in Bezug auf die Gesamtzahl der Patientenfälle (n=54) angegeben. Markiert ist die Prozentzahl der Patientenfälle, die wegen dieses Nebenbefundes nicht implantiert wurden.

erweiterter Desmodontalspalt		Implantation			Gesamt
		fand nicht statt wegen NB	fand statt	fand aus anderem Grund nicht statt	
≥1x	Patientenanzahl (n)	6	28	20	54
	Häufigkeit (%)	11,1 %	51,9 %	37,0 %	100,0 %

### 3.4.2 Apikale Parodontitis

Aufgrund der Entdeckung dieses Nebenbefundes kam es bei 5 Patienten von 37 zu keiner Implantation. Dies entspricht 13,5 %. In 59,5 % fand die Implantation trotz dieses Nebenbefundes statt. Eine Übersicht darüber findet sich in Tabelle 43.

**Tabelle 43: Verteilung der Patienten mit einer apikalen Parodontitis in Abhängigkeit von der anschließenden stattgefundenen oder nicht stattgefundenen Implantation.** In Spalte 2 sind diejenigen Patientenfälle zusammengefasst, die aufgrund des Nebenbefundes nicht implantiert wurden, in Spalte 4 diejenigen, die aus einem anderen Grund nicht implantiert wurden. Die Prozentzahl ist in Bezug auf die Gesamtzahl der Patientenfälle angegeben. Markiert ist die Prozentzahl der Patientenfälle, die wegen dieses Nebenbefundes nicht implantiert wurden.

Apikale Parodontitis		Implantation			Gesamt
		fand nicht statt wegen NB	fand statt	fand aus anderem Grund nicht statt	
≥1x	Patientenanzahl (n)	5	22	10	37
	Häufigkeit (%)	13,5 %	59,5 %	27,0 %	100,0 %

### 3.4.3 Fremdkörper

In 61,5 % fand die Implantation trotz dieses Nebenbefundes statt. Es gibt keinen Patientenfall, in dem aufgrund eines Fremdkörpers keine Implantation stattfinden konnte. Eine Übersicht darüber findet sich in Tabelle 44.

**Tabelle 44: Verteilung der Patienten mit Fremdkörpern in Abhängigkeit von der anschließenden stattgefundenen oder nicht stattgefundenen Implantation.** In Spalte 2 sind diejenigen Patientenfälle zusammengefasst, die aufgrund des Nebenbefundes nicht implantiert wurden, in Spalte 4 diejenigen, die aus einem anderen Grund nicht implantiert wurden. Die Prozentzahl ist in Bezug auf die Gesamtzahl der Patientenfälle angegeben. Markiert ist die Prozentzahl der Patientenfälle, die wegen dieses Nebenbefundes nicht implantiert wurden.

Fremdkörper		Implantation			Gesamt
		fand nicht statt wegen NB	fand statt	fand aus anderem Grund nicht statt	
≥1x	Patientenanzahl (n)	0	32	20	52
	Häufigkeit (%)	0,0 %	61,5 %	38,5 %	100,0 %

### 3.4.4 Sinusitis maxillaris

Aufgrund der Entdeckung dieses Nebenbefundes kam es bei 6 Patienten von 117 zu keiner Implantation. Dies entspricht 5,1 %. In 76,1 % fand die Implantation trotz dieses Nebenbefundes statt. Eine Übersicht darüber findet sich in Tabelle 45.

**Tabelle 45: Verteilung der Patienten mit Sinusitis maxillaris in Abhängigkeit von der anschließenden stattgefundenen oder nicht stattgefundenen Implantation.** In Spalte 2 sind diejenigen Patientenfälle zusammengefasst, die aufgrund des Nebenbefundes nicht implantiert wurden, in Spalte 4 diejenigen, die aus einem anderen Grund nicht implantiert wurden. Die Prozentzahl ist in Bezug auf die Gesamtzahl der Patientenfälle angegeben. Markiert ist die Prozentzahl der Patientenfälle, die wegen dieses Nebenbefundes nicht implantiert wurden.

Sinusitis maxillaris		Implantation			Gesamt
		fand nicht statt wegen NB	fand statt	fand aus anderem Grund nicht statt	
Ein- oder beidseitig	Patientenanzahl (n)	6	89	22	117
	Häufigkeit (%)	5,1 %	76,1 %	18,8 %	100,0 %

### 3.4.5 Weichteildichte Raumforderung im Bereich der Kieferhöhle

Aufgrund der Entdeckung dieses Nebenbefundes kam es bei 2 Patienten von 52 zu keiner Implantation. Dies entspricht 3,8 %. In 69,2 % fand die Implantation trotz dieses Nebenbefundes statt. Eine Übersicht darüber findet sich in Tabelle 46.

**Tabelle 46: Verteilung der Patienten mit einer weichteildichten Raumforderung im Bereich der Kieferhöhle in Abhängigkeit von der anschließenden stattgefundenen oder nicht stattgefundenen Implantation.** In Spalte 2 sind diejenigen Patientenfälle zusammengefasst, die aufgrund des Nebenbefundes nicht implantiert wurden, in Spalte 4 diejenigen, die aus einem anderen Grund nicht implantiert wurden. Die Prozentzahl ist in Bezug auf die Gesamtzahl der Patientenfälle angegeben. Markiert ist die Prozentzahl der Patientenfälle, die wegen dieses Nebenbefundes nicht implantiert wurden.

Weichteild. Raumforderung KH		Implantation			Gesamt
		fand nicht statt wegen NB	fand statt	fand aus anderem Grund nicht statt	
≥1x	Patientenzahl (n)	4	54	22	80
	Häufigkeit (%)	5,0 %	67,5 %	27,5 %	100,0 %

### 3.4.6 Verkalkungen der Weichteile

In 79,8 % fand die Implantation trotz dieses Nebenbefundes statt. Es gibt keinen Patienten, in dem aufgrund einer Verkalkung der Weichteile keine Implantation stattfinden konnte. Allerdings fand in 20,2 % der Patientenfälle aus anderen Gründen keine Implantation statt. Eine Übersicht darüber findet sich in Tabelle 47.

**Tabelle 47: Verteilung der Patienten mit Verkalkungen der Weichteile in Abhängigkeit von der anschließenden stattgefundenen oder nicht stattgefundenen Implantation.** In Spalte 2 sind diejenigen Patientenfälle zusammengefasst, die aufgrund des Nebenbefundes nicht implantiert wurden, in Spalte 4 diejenigen, die aus einem anderen Grund nicht implantiert wurden. Die Prozentzahl ist in Bezug auf die Gesamtzahl der Patientenfälle angegeben. Markiert ist die Prozentzahl der Patientenfälle, die wegen dieses Nebenbefundes nicht implantiert wurden.

Verkalkungen		Implantation			Gesamt
		fand nicht statt wegen NB	fand statt	fand aus anderem Grund nicht statt	
≥1x	Patientenzahl (n)	0	71	18	89
	Häufigkeit (%)	0,0 %	79,8 %	20,2 %	100,0 %

### 3.4.7 Degenerative Prozesse der Halswirbelsäule

In 79,4 % fand die Implantation trotz dieses Nebenbefundes dennoch statt. Es gibt keinen Patientenfall, in dem aufgrund einer degenerativen Veränderung der Halswirbelsäule keine Implantation stattfinden konnte. Allerdings fand in 20,6 % der Patientenfälle aus anderen Gründen keine Implantation statt. Eine Übersicht darüber findet sich in Tabelle 48.

**Tabelle 48: Verteilung der Patienten mit degenerativen Prozessen der HWS in Abhängigkeit von der anschließenden stattgefundenen oder nicht stattgefundenen Implantation.** In Spalte 2 sind diejenigen Patientenfälle zusammengefasst, die aufgrund des Nebenbefundes nicht implantiert wurden, in Spalte 4 diejenigen, die aus einem anderen Grund nicht implantiert wurden. Die Prozentzahl ist in Bezug auf die Gesamtzahl der Patientenfälle angegeben. Markiert ist die Prozentzahl der Patientenfälle, die wegen dieses Nebenbefundes nicht implantiert wurden.

HWS-Veränderungen		Implantation			Gesamt
		fand nicht statt wegen NB	fand statt	fand aus anderem Grund nicht statt	
≥1x	Patientenanzahl (n)	0	54	14	68
	Häufigkeit (%)	0,0 %	79,4 %	20,6 %	100,0 %

### 3.5 DVT vs. OPT

Neben der DVT-Aufnahme ist in 234 Patientenfällen zusätzlich ein OPT vorhanden. In 36 Patientenfällen können auf beiden Aufnahmen keine Nebenbefunde festgestellt werden. Bei 198 Patientenfällen sind auf der DVT-Aufnahme 1 oder mehrere Nebenbefunde sichtbar. Von diesen 198 Fällen sind bei 93 auf dem OPT die entsprechenden Nebenbefunde nicht erkennbar. Somit können 47 % der auf den DVT-Aufnahmen entdeckten Nebenbefunde nicht auf den OPT-Aufnahmen diagnostiziert werden. In 53 % der Fälle gibt es eine Übereinstimmung zwischen entdeckten Nebenbefunden auf den DVT-Aufnahmen und den OPTs. Diese Zahlen lassen sich aus der Tabelle 49 entnehmen.

**Tabelle 49: Verteilung der DVT-Aufnahmen mit oder ohne Nebenbefunde in Abhängigkeit des OPT, bei welcher derselbe Nebenbefund ebenfalls sichtbar war oder nicht.** Zeilenweise ist die Prozentzahl angegeben. Markiert ist diejenige Prozentzahl, die von den 198 DVT-Aufnahmen mit Nebenbefund, diejenige angibt, bei der der gleiche Nebenbefund im OPT nicht entdeckt werden konnte.

		OPT		Gesamt
		0 NB	≥1 NB	
DVT 0 NB	Patientenzahl (n)	36	0	36
	Häufigkeit (%)	100,0 %	0,0 %	
≥1 NB	Patientenzahl (n)	93	105	198
	Häufigkeit (%)	<b>47,0 %</b>	53,0 %	
Gesamt	Patientenzahl (n)	129	105	234

Der Kappa-Test ergab bei der statistischen Auswertung dieser Ergebnisse einen Kappa-Wert von 0,258. Somit liegt die Übereinstimmung der entdeckten Nebenbefunde auf der DVT-Aufnahme und auf dem OPT im „Fair agreement“-Bereich. Da  $p < 0,001$ , ist der Kappa-Wert als statistisch signifikant einzustufen.

Bei 13 Patienten sind Nebenbefunde auf der DVT-Aufnahme sichtbar, die anschließend therapiert wurden. Allerdings sind genau diese Nebenbefunde auf der entsprechenden OPT-Aufnahme nicht sichtbar. Dies bedeutet, dass in 5,6 % der Patientenfälle (n=234) die DVT-Aufnahme zu einer Therapie geführt hat, die allein durch eine OPT-Aufnahme nicht stattgefunden hätte. Dieser Sachverhalt ist in Tabelle 50 dargestellt. Zudem wurde hier der Wilcoxon-Test durchgeführt.

## Ergebnisse

Der Z-Wert ist für die DVT-Aufnahmen  $Z=12,53$  und für das OPT  $Z=6,746$ . Damit kann die 0-Hypothese „es besteht kein Zusammenhang zwischen stattgefundener Therapie und dem Aufnahmeverfahren (DVT vs. OPT)“ verworfen werden. Da zusätzlich  $p < 0,001$  ist und somit kleiner als das Signifikanzniveau  $p \leq 0,05$  ist, kann zudem die Forschungshypothese „es besteht ein Zusammenhang zwischen stattgefundener Therapie und dem Aufnahmeverfahren (DVT vs. OPT)“ angenommen werden.

**Tabelle 50: Zusammenhang zwischen entdecktem NB und dessen Therapie in Abhängigkeit vom Aufnahmeverfahren (OPT oder DVT).** In Klammern sind die Prozentzahlen angegeben. Markiert ist diejenige Prozentzahl, die das OPT widerspiegelt, bei denen kein NB entdeckt wurde, aber anschließend (nach der DVT-Aufnahme) eine Therapie eines Nebenbefundes stattfand.

Patientenfälle	OPT Patientenzahl (n), (Häufigkeit (%))	DVT Patientenzahl (n), (Häufigkeit (%))
≥1 NB + Therapie	28 (11,97 %)	41 (17,5 %)
≥1 NB + keine Therapie	77 (32,9 %)	157 (67,1 %)
0 NB + Therapie	13 ( <b>5,6 %</b> )	0 (0 %)
0 NB + keine Therapie	116(49,6 %)	36 (15,4 %)
Gesamt	234	234

### 3.5.1 Erweiterter Desmodontalspalt

Ein erweiterter Desmodontalspalt ist bei 45 Patientenfällen auf der DVT-Aufnahme von 234 Patienten mit vorhandenem OPT zu sehen. Allerdings ist dieser Nebenbefund bei 37 Patientenfällen nicht gleichzeitig auf dem OPT erkennbar. Dies entspricht 82,2 % der 45 Patientenfälle (Tabelle 51).

**Tabelle 51: Verteilung der Patientenfälle mit einem erweiterten Desmodontalspalt in Abhängigkeit von der Sichtbarkeit dieses Nebenbefundes auf dem entsprechenden OPT.** Zeilenweise ist die Prozentzahl der Patientenfälle angegeben. Markiert ist die Prozentzahl, welche die Patientenfälle angibt, bei welchen auf der DVT-Aufnahme dieser Nebenbefund sichtbar war und auf dem entsprechenden OPT nicht.

		Erweiterter Desmodontalspalt im OPT		Gesamt	
		0 x	≥1 x		
Erweiterter Desmodontalspalt im DVT	0 x	Patientenanzahl (n)	189	0	189
		Häufigkeit (%)	100,0 %	0,0 %	
	≥1x	Patientenanzahl (n)	37	8	45
		Häufigkeit (%)	<b>82,2 %</b>	17,8 %	
<b>Gesamt</b>		Patientenanzahl (n)	225	9	234

Der Kappa-Test ergab bei der statistischen Auswertung der Tabelle 51 einen Kappa-Wert von 0,248. Somit liegt die Übereinstimmung der entdeckten „Erweiterter Desmodontalspalt“-Nebenbefunde auf der DVT-Aufnahme und auf dem OPT im „Fair agreement“-Bereich. Da  $p < 0,001$ , ist der Kappa-Wert als statistisch signifikant einzustufen.

### 3.5.2 Apikale Parodontitis

Die apikale Parodontitis ist bei 26 Patienten auf der DVT-Aufnahme von 234 zu sehen. Allerdings ist dieser Nebenbefund bei 19 Patientenfällen nicht gleichzeitig auf dem OPT erkennbar. Dies entspricht 73,1 % der 26 Patientenfälle (Tabelle 52).

**Tabelle 52: Verteilung der Patientenfälle mit einer apikalen Parodontitis in Abhängigkeit von der Sichtbarkeit dieses Nebenbefundes auf dem entsprechenden OPT.** Zeilenweise ist die Prozentzahl der Patientenfälle angegeben. Markiert ist die Prozentzahl, welche die Patientenfälle angibt, bei welchen auf der DVT-Aufnahme dieser Nebenbefund sichtbar war und auf dem entsprechenden OPT nicht.

			apikale Parodontitis im OPT			Gesamt
			0x	1x	2x	
apikale Parodontitis	0 x	Patientenanzahl (n)	208	0	0	208
		Häufigkeit (%)	100,0 %	0,0 %	0,0 %	
im DVT	≥1x	Patientenanzahl (n)	19	5	2	26
		Häufigkeit (%)	<b>73,1 %</b>	19,2 %	7,7 %	
Gesamt		Patientenanzahl (n)	227	5	2	234

Der Kappa-Test ergab bei der statistischen Auswertung der Tabelle 52 einen Kappa-Wert von 0,337. Somit liegt die Übereinstimmung der entdeckten „Apikale Parodontitis“-Nebenbefunde auf der DVT-Aufnahme und auf dem OPT im „Fair agreement“-Bereich. Da  $p < 0,001$ , ist der Kappa-Wert als statistisch signifikant einzustufen.

### 3.5.3 Fremdkörper

Fremdkörper sind bei 41 Patienten auf der DVT-Aufnahme von 234 zu sehen. Allerdings ist dieser Nebenbefund bei 19 Patientenfällen von 41 nicht gleichzeitig auf dem OPT erkennbar. Dies entspricht 46,3 % der 41 Patientenfälle (Tabelle 53).

**Tabelle 53: Verteilung der Patientenfälle mit Fremdkörpern in Abhängigkeit von der Sichtbarkeit dieses Nebenbefundes auf dem entsprechenden OPT.** Zeilenweise ist die Prozentzahl der Patientenfälle angegeben. Markiert ist die Prozentzahl, die die Patientenfälle angibt, bei denen auf der DVT-Aufnahme dieser Nebenbefund sichtbar war und auf dem entsprechenden OPT nicht.

		Fremdkörper im OPT					Gesamt	
		0	1x	2x	3x	4x		
Fremdkörper im DVT	0x	Pat.-Anzahl (n)	193	0	0	0	0	193
		Häufigkeit (%)	100,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	
	≥1x	Pat.-Anzahl (n)	19	16	1	3	2	41
		Häufigkeit (%)	<b>46,3 %</b>	39,0 %	2,4 %	7,3 %	4,9 %	
<b>Gesamt</b>		Pat.-Anzahl (n)	212	16	1	3	2	234

Der Kappa-Test ergab bei der statistischen Auswertung der Tabelle 53 einen Kappa-Wert von 0,556. Somit liegt die Übereinstimmung der entdeckten „Fremdkörper“-Nebenbefunde auf der DVT-Aufnahme und auf dem OPT im „Moderate agreement“-Bereich. Da  $p < 0,001$ , ist der Kappa-Wert als statistisch signifikant einzustufen.

### 3.5.4 Sinusitis maxillaris

Die Sinusitis maxillaris ist bei 35 Patienten auf der DVT-Aufnahme von 234 zu sehen. Allerdings ist dieser Nebenbefund bei 27 Patientenfällen nicht gleichzeitig auf dem OPT erkennbar. Dies entspricht 77,1 % der 35 Patientenfälle (Tabelle 54).

**Tabelle 54: Verteilung der Patientenfälle mit einer Sinusitis maxillaris in Abhängigkeit von der Sichtbarkeit dieses Nebenbefundes auf dem entsprechenden OPT.** Zeilenweise ist die Prozentzahl der Patientenfälle angegeben. Markiert ist die Prozentzahl, welche die Patientenfälle angibt, bei welchen auf der DVT-Aufnahme dieser Nebenbefund sichtbar war und auf dem entsprechenden OPT nicht.

		Sinusitis maxillaris im OPT			Gesamt	
		0x	1x	2x		
Sinusitis maxillaris im DVT	0x	Patientenanzahl (n)	137	0	0	137
		Häufigkeit (%)	100,0 %	0,0 %	0,0 %	
	≥1x	Patientenanzahl (n)	71	17	9	97
		Häufigkeit (%)	<b>73,2 %</b>	17,5 %	9,3 %	
<b>Gesamt</b>		Patientenanzahl (n)	208	17	9	234

Der Kappa-Test ergab bei der statistischen Auswertung der Tabelle 54 einen Kappa-Wert von 0,254. Somit liegt die Übereinstimmung der entdeckten „Sinusitis maxillaris“-Nebenbefunde auf der DVT-Aufnahme und auf dem OPT im „Fair agreement“-Bereich. Da  $p < 0,001$ , ist der Kappa-Wert als statistisch signifikant einzustufen.

### 3.5.5 Weichteildichte Raumforderung im Bereich der Kieferhöhle

Die weichteildichte Raumforderung im Bereich der Kieferhöhle ist bei 68 Patienten auf der DVT-Aufnahme von 234 zu sehen. Allerdings ist dieser Nebenbefund bei 49 Patientenfällen nicht gleichzeitig auf dem OPT erkennbar. Dies entspricht 72,1 % der 68 Patientenfälle (Tabelle 55).

**Tabelle 55: Verteilung der Patientenfälle mit einer weichteildichten Raumforderung im Bereich der Kieferhöhle in Abhängigkeit von der Sichtbarkeit dieses Nebenbefundes auf dem entsprechenden OPT.** Zeilenweise ist die Prozentzahl der Patientenfälle angegeben. Markiert ist die Prozentzahl, welche die Patientenfälle angibt, bei welchen auf der DVT-Aufnahme dieser Nebenbefund sichtbar war und auf dem entsprechenden OPT nicht.

		Weichteild. Raumforderung KH im OPT			Gesamt	
		0x	1x	2x		
Weichteild. Raumforderung	0x	Patientenanzahl (n)	166	0	0	166
		Häufigkeit (%)	100,0 %	0,0 %	0,0 %	
KH im DVT	≥1x	Patientenanzahl (n)	49	11	8	68
		Häufigkeit (%)	<b>72,1 %</b>	16,2 %	11,8 %	
Gesamt		Patientenanzahl (n)	215	11	8	234

Der Kappa-Test ergab bei der statistischen Auswertung der Tabelle 55 einen Kappa-Wert von 0,244. Somit liegt die Übereinstimmung der entdeckten „Weichteildichte Raumforderung KH“-Nebenbefunde auf der DVT-Aufnahme und auf dem OPT im „Fair agreement“-Bereich. Da  $p < 0,001$ , ist der Kappa-Wert als statistisch signifikant einzustufen.

### 3.5.6 Verkalkungen der Weichteile

Verkalkungen der Weichteile sind bei 64 Patienten auf der DVT-Aufnahme von 234 zu sehen. Allerdings ist dieser Nebenbefund bei 44 Patientenfällen nicht gleichzeitig auf dem OPT erkennbar. Dies entspricht 68,8 % der 64 Patientenfälle (Tabelle 56).

**Tabelle 56: Verteilung der Patientenfälle mit Verkalkungen der Weichteile in Abhängigkeit von der Sichtbarkeit dieses Nebenbefundes auf dem entsprechenden OPT.** Zeilenweise ist die Prozentzahl der Patientenfälle angegeben. Markiert ist die Prozentzahl, welche die Patientenfälle angibt, bei welchen auf der DVT-Aufnahme dieser Nebenbefund sichtbar war und auf dem entsprechenden OPT nicht.

		Verkalkungen OPT							
		0x	1x	2x	3x	4x	5x	Ges.	
Verkalkungen im DVT	0x	Pat.-Anzahl (n)	170	0	0	0	0	170	
		Häufigkeit (%)	100,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	
	≥1x	Pat.-Anzahl (n)	44	3	8	3	5	1	
		Häufigkeit (%)	<b>68,8 %</b>	4,7 %	12,5 %	4,7 %	7,8 %	1,6 %	
<b>Gesamt</b>		Pat.-Anzahl (n)	214	3	8	3	5	1	234

Der Kappa-Test ergab bei der statistischen Auswertung der Tabelle 56 einen Kappa-Wert von 0,215. Somit liegt die Übereinstimmung der entdeckten „Verkalkungen der Weichteile“-Nebenbefunde auf der DVT-Aufnahme und auf dem OPT im „Fair agreement“-Bereich. Da  $p < 0,001$ , ist der Kappa-Wert als statistisch signifikant einzustufen.

### 3.5.7 Degenerative Prozesse der Halswirbelsäule

Degenerative Prozesse der HWS sind bei 46 Patienten auf der DVT-Aufnahme von 234 zu sehen. Dieser Nebenbefund ist auf keinem OPT sichtbar (siehe Tabelle 57). Aus diesem Grund kann wegen der fehlenden Variablen kein Kappa-Test durchgeführt werden.

## Ergebnisse

**Tabelle 57: Verteilung der Patientenfälle mit einem degenerativen Prozess der HWS in Abhängigkeit von der Sichtbarkeit dieses Nebenbefundes auf dem entsprechenden OPT.** Zeilenweise ist die Prozentzahl der Patientenfälle angegeben. Markiert ist die Prozentzahl, welche die Patientenfälle angibt, bei welchen auf der DVT-Aufnahme dieser Nebenbefund sichtbar war und auf dem entsprechenden OPT nicht.

		Degenerative HWS- Veränderungen im OPT		
		0x		Gesamt
Degenerative HWS- Veränderungen im DVT	0x	Patientenanzahl (n)	188	188
		Häufigkeit (%)	100,0 %	
	≥1x	Patientenanzahl (n)	46	46
		Häufigkeit (%)	<b>100,0%</b>	
<b>Gesamt</b>		Patientenanzahl (n)	234	234

## **4 Diskussion**

### ***4.1 Entwicklung und Bedeutung der DVT in der Zahnheilkunde***

Die Radiologie als Methode der Diagnostik nimmt in der Medizin und in der Zahnmedizin an Bedeutung immer weiter zu [26]. Hierunter fällt natürlich auch die DVT, welche vor allem in der Bildgebung des Kopf-Hals-Bereiches immer mehr Verbreitung findet [83]. Die Literatur schätzt allein in der Bundesrepublik Deutschland die Zahl auf circa 5000 DVT-Geräte, deren Großteil hauptsächlich in Zahnarztpraxen steht [120].

Die DVT wird heutzutage im zahnärztlichen Bereich in erster Linie für die prächirurgische Implantatplanung und für die Lokalisierung retinierter Zähne verwendet [14, 17, 34, 38, 50].

Vor der Einführung der DVT in der Zahnheilkunde wurde hauptsächlich mit Hilfe von zweidimensionalen Röntgenbildern oder mit der Dental-Computertomographie (Dental-CT) präimplantologische Diagnostik betrieben. Studien belegen, dass viele Strukturen wie zum Beispiel der Canalis mandibulae, auf den dreidimensionalen DVT-Aufnahmen deutlich besser zu lokalisieren sind als auf zweidimensionalen Röntgenbildern [7, 87]. Die Dreidimensionalität der DVT ist der entscheidende Vorteil gegenüber zweidimensionalen bildgebenden Verfahren, die die dritte Dimension technikbedingt nicht erfassen können [79]. Das Risiko, Nachbarstrukturen des Implantationsgebietes wie den Nervus alveolaris inferior oder den Mundboden zu verletzen, sinkt mit der Verwendung dreidimensionaler Bildgebung. Gegenüber der Dental-CT liegt der große Vorteil der DVT in der deutlich geringeren Strahlenbelastung und der Verfügbarkeit in der zahnärztlichen Praxis. Daher wird die Dental-CT immer weiter von der DVT in der Zahnheilkunde verdrängt. Zudem ist die DVT ideal für die Implantatplanung geeignet, da hartgewebige Strukturen wie der Knochen besonders gut dargestellt werden. Zusätzlich werden auch weichgewebige Strukturen erfasst, wenn auch mit einem nur geringen Kontrast [11].

Wie diese Studie zeigt, werden bei der Befundung der prächirurgischen DVT-Aufnahmen vor einer Implantation zahlreiche Nebenbefunde entdeckt, die

teilweise zu Therapieplanänderungen führen. Im Folgenden wird auf diese Nebenbefunde in der DVT und deren Therapie näher eingegangen. Weiterhin werden Therapieplanänderungen durch Nebenbefunde diskutiert. Außerdem werden die entdeckten DVT-Nebenbefunde mit Nebenbefunden in vorliegenden Orthopantomogrammen verglichen.

Abschließend werden die Studienfragen und Hypothesen aus Kapitel 1.5 beantwortet.

### **4.2 Nebenbefunde der DVT-Aufnahmen**

Für diese Studie wurden 287 verschiedene DVT-Aufnahmen ausgewertet. Hierbei wurden insgesamt 1011 Nebenbefunde verschiedenster Art entdeckt. Somit kommt man auf eine durchschnittliche Zahl von 3,52 Nebenbefunden pro DVT-Aufnahme eines Patienten. In der Literatur werden Durchschnittswerte pro Aufnahme von 1,97 [37] bis 3,73 [74] angegeben. Bei der hier genannten Literatur wurden wie in der vorliegenden Studie alle Bereiche des Kopf-Hals-Bereiches befundet und es wurde kein Schwerpunkt auf bestimmte Nebenbefunde gelegt. Die bei dieser Studie entdeckten 1011 Nebenbefunde verteilen sich auf 248 DVT-Aufnahmen. Somit ergaben sich bei 86,4 % aller Patienten Nebenbefunde (Tabelle 6). In der Literatur werden sogar Werte zwischen 92,8 % [22] und 94,3 % [5] angegeben.

Die Altersspanne ist mit 16-87 Jahren sehr hoch. Dies ist allerdings in vergleichbaren Studien ebenso der Fall, da es in Bezug auf das Alter lediglich durch die Indikationsstellung der präimplantologischen Diagnostik eine geringe Einschränkung in der Patientenauswahl gab. Lopes [74] beispielsweise gibt in seiner Studie eine Altersspanne von 8-91 Jahren an.

Für die vorliegende Studie musste für die Selektion der untersuchten DVT-Aufnahmen die rechtfertigende Indikation der Implantatplanung gegeben sein. Dies ist auch in der Studie von Kurtuldu aus dem Jahr 2020 der Fall [68]. Hier wurden 300 DVT-Aufnahmen eines NewTom 3G auf Nebenbefunde untersucht.

Die meisten Nebenfunde befinden sich hier ebenfalls in der Kieferhöhle mit 49,8%, welches nahe an dem Wert dieser Studie (55,1%) liegt.

Unserem Wissen nach gibt es nur 3 weitere Studien von Mutalik [88], Pette [102] und Nguyen [92], neben der eben genannten Studie von Kurtuldu, deren Studienaufbau ebenfalls auf DVT-Aufnahmen beruht, welche speziell für die Implantatplanung angefertigt wurden.

Es wurden für diese Studie 3 verschiedene Röntgengeräte mit jeweils unterschiedlichem FOV verwendet (Tabelle 5). In Tabelle 9 ist deutlich zu sehen, dass der Großteil der Nebenfunde erwartungsgemäß bei den beiden größten FOVs auftritt. Bei dem FOV von  $\phi 160$  mm x H X mm liegt die relative Häufigkeit von DVT-Aufnahmen mit entdeckten Nebenfunden bei 96% und bei dem FOV von  $\phi 140$  mm x H 100 mm bei 96,2 %. Bei den FOVs von  $\phi 100$  mm x H 50 mm und von  $\phi 80$  mm x 40 mm liegt die Häufigkeit sogar bei 100 %, allerdings sind bei diesen beiden FOV-Größen jeweils nur eine DVT-Aufnahme vorhanden, weshalb diese statistisch nicht repräsentativ sind. Lediglich 64 % der DVT-Aufnahmen mit einem FOV von  $\phi 40$  mm x H 40 mm weisen Nebenfunde auf. Beim Vergleich mit anderen Veröffentlichungen ist zu beachten, dass bei vielen Studien die Größe des verwendeten FOV nicht erwähnt wird [22, 37]. Die meisten Studien werden allerdings mit einem großen FOV durchgeführt [5, 102].

Es stellt sich nun die Frage, ob es prinzipiell von Vorteil ist, ein möglichst großes FOV zu verwenden. Dadurch ist der Behandler in der Pflicht, einen größeren Bereich zu befunden und die Wahrscheinlichkeit steigt, mehr Nebenfunde zu entdecken.

Aus Strahlenschutzgründen ist abzuwägen, ob für die Implantatplanung tatsächlich ein großes FOV nötig ist, denn die Strahlenbelastung ist bei einem kleineren FOV nachweisbar geringer [49, 66, 100]. Es gibt allerdings einige schablonengeführte Planungsverfahren in der Implantologie, für die ein größeres FOV unabdingbar ist. Hier muss der Vorteil der präzisen Implantationsplanung gegenüber der höheren Strahlenbelastung und dem größeren Aufwand der Befundung im Sinne der rechtfertigenden Indikation abgewogen werden. Eine Möglichkeit, die Strahlenexposition bei größeren FOV trotzdem möglichst gering

zu halten, ist, die Größe der Voxel anzupassen und eine geringere Auflösung in Kauf zu nehmen.

Wie diese Studie zeigt, fällt der Großteil der Nebenbefunde in den medizinischen und nicht in den zahnmedizinischen Bereich (Abbildung 14 und Abbildung 16). Diese Tatsache wird auch durch andere Studien bestätigt [37, 38]. Durch das große FOV sind somit stets auch Regionen mit abgebildet, die nicht in den eigentlichen Fachbereich des Zahnarztes fallen, welche er aber dennoch exakt befunden muss. Hier stellt sich die Frage, ob Zahnärzte mit der Anatomie der Regionen außerhalb des maxillofazialen Bereiches, wie zum Beispiel der Halswirbelsäule, ausreichend vertraut sind [37, 102].

Oser [94] führte im Jahr 2017 eine Untersuchung von Nebenbefunden speziell bei kleinem FOV durch. Die DVTs wurden jeweils von einem Radiologen und einem Zahnarzt befundet. Dabei wurde ein signifikanter Unterschied im Ergebnis der Befundung der Aufnahmen festgestellt. Der Radiologe hatte mit 87 % entdeckter Nebenbefunde eine deutlich höhere Rate als der Zahnarzt mit lediglich 50 %.

Der häufigste Nebenbefund, der bei Patienten entdeckt wurde, ist die Sinusitis maxillaris mit 40,8 %. Am zweithäufigsten kam die Verkalkung der Weichteile (31 %) vor, gefolgt von den weichteildichten Raumforderungen im Bereich der Kieferhöhle mit 27,9 %. Degenerative Prozesse der Halswirbelsäule wurden bei 23,7 % aller Patienten festgestellt. Hier wird, wie oben bereits erwähnt, deutlich, dass ein Großteil der Nebenbefunde nicht in den Fachbereich des Zahnarztes fällt.

An fünfter Stelle kommt schließlich der erweiterte Desmodontalspalt mit 18,8 % aller 287 Fälle.

### **4.3 Nebenbefunde im Speziellen**

#### **4.3.1 Erweiterter Desmodontalspalt**

Ein erweiterter Desmodontalspalt wird bei 18,8 % aller 287 DVT-Aufnahmen festgestellt. Hierbei ist zu beachten, dass dieser Nebenbefund mit einer Häufigkeit von 25 % am häufigsten bei einem FOV von  $\phi 160$  mm x H X mm festgestellt wurde. Die DVT-Aufnahmen des Kavo-Gerätes weisen mit  $400 \mu\text{m}$  die geringste Auflösung der 3 Geräte in dieser Studie auf. Mit einer Häufigkeit von 19,7 % wurde dieser Nebenbefund am zweithäufigsten bei dem Morita-Gerät bei einer FOV-Größe von  $\phi 40$  mm x H 40 mm festgestellt. Diese DVT-Aufnahmen haben in dieser Studie hingegen die beste Auflösung mit  $125 \mu\text{m}$ .

In dieser Studie wurde ein Desmodontalspalt ab einer Größe von  $400 \mu\text{m}$  als pathologisch eingestuft. Das Gerät mit der geringsten Auflösung konnte dennoch die meisten Nebenbefunde dieser Kategorie aufdecken. Hier ist zu hinterfragen, ob es durch die geringe Auflösung zu falsch positiven Ergebnissen kam. Einige Studien kommen zu dem Schluss, dass die DVT nicht dazu geeignet ist, einen erweiterten Desmodontalspalt zu diagnostizieren [4, 95].

#### **4.3.2 Apikale Parodontitis**

Die apikale Parodontitis wird bei 12,9 % aller 287 DVT-Aufnahmen festgestellt. Am häufigsten wird dieser Nebenbefund bei den beiden Geräten mit dem großen FOV festgestellt (Accuitomo und Kavo). Dies lässt sich allein durch die Größe des FOV erklären, weil dadurch ein viel größerer Bereich des Zahnkranzes abgebildet wird und die Wahrscheinlichkeit mit jedem zusätzlich abgebildeten Zahn steigt, diesen Befund zu diagnostizieren. Die apikale Parodontitis wurde in 54,1 % der Fälle im Anschluss therapiert.

Vergleicht man die Anzahl an DVT-Aufnahmen mit apikaler Parodontitis zwischen dem Kavo und Accuitomo-Gerät, fällt auf, dass sie bei dem Accuitomo-Gerät größer ist (18 %). Dies könnte im Zusammenhang mit der besseren Auflösung stehen. Auch in der Literatur wird beschrieben, dass bei einem kleinen FOV auch die Voxelgröße meist kleiner ist, wodurch eine höhere Bildqualität erzielt wird. Dies sei besonders bei Fragestellungen für den Endodontologen wichtig [29, 94].

Die Studie von Mota de Almeida befasst sich mit der Therapieplanänderung aufgrund einer DVT-Aufnahme, die eine zuvor unerkannte Parodontitis apicalis visualisierte [86]. Bei 53 Patienten wurde vor Erstellung einer DVT-Aufnahme ein endodontischer Therapieplan erstellt und nach der DVT-Aufnahme nochmals. Er kommt in seiner Studie zu dem Schluss, dass die DVT einen signifikanten Einfluss auf die Therapie von endodontischen Befunden hat. In 53 % der Fälle kam es in dieser Studie zu einer Änderung der eigentlich geplanten Therapie [86].

### **4.3.3 Fremdkörper**

Dieser Nebenbefund tritt mit 18,1 % relativ häufig auf. Wie Tabelle 20 zeigt, besteht mit zunehmendem Alter eine höhere Prävalenz. Bei den 81-90-Jährigen kommen Fremdkörper bei 41,7 % vor. Die Verteilung auf die verschiedenen FOV-Größen ist relativ ausgeglichen, bezogen auf die relative Häufigkeit. Dies könnte dadurch erklärt werden, dass bei den DVT-Aufnahmen mit einem FOV von  $\phi$  40 mm x H 40 mm bei einer hohen Auflösung von 125 $\mu$ m Fremdkörper vielleicht schon ab einer viel kleineren Größe erkannt werden können.

Therapiert wurde dieser Nebenbefund nur in 2 Patientenfällen.

Zu diesem Thema gibt es zum aktuellen Zeitpunkt kaum Literatur. In einem Artikel von Lombardo werden Fremdkörper auf DVT-Aufnahmen von kieferorthopädischen Patienten als einer der häufigsten Nebenbefunde bezeichnet. Allerdings werden keine genauen Zahlen genannt [73].

Es steigt die Chance auch sehr kleine Fremdkörper zu entdecken, wenn es sich bei diesen um metalledichtes Material handelt. Je röntgenopaker der Fremdkörper, desto besser kann er durch die DVT dargestellt werden [35].

### **4.3.4 Kieferhöhle**

Die verschiedenen Nebenbefunde der Kieferhöhle werden hier zum Teil gemeinsam betrachtet, um einen besseren Vergleich mit der vorhandenen Literatur durchführen zu können. Insgesamt fallen 31,2 % aller entdeckten Nebenbefunde dieser Studie in den Bereich der Kieferhöhle. Den größten Teil davon bildet die Sinusitis maxillaris mit 17,2 %. Weder bei den weichteildichten Raumforderungen noch bei der Sinusitis maxillaris zeigen sich altersabhängige Häufungen dieser Nebenbefunde.

40,8 % aller Patienten in dieser Studie weisen eine Sinusitis maxillaris auf. Somit ist dies der häufigste Nebenbefund. In der Studie von Kurtuldu, in welcher ebenfalls nur Implantatpatienten untersucht wurden, war ebenfalls die Verdickung der Kieferhöhlenschleimhaut, wie in der vorliegenden Studie, der häufigste Nebenbefund [68]. In der Studie von Kurtuldu wurden 300 DVT-Aufnahmen untersucht und der Anteil an dem Nebenbefund „verdickte Kieferhöhlenschleimhaut“ liegt bei 29,8%. Auch hier lag die Grenze, um von einer Verdickung der Schleimhaut zu sprechen, bei 2mm.

Togan et al. geben Nebenbefunde der Kieferhöhle mit 27,8 % an [130]. Auch in dieser genannten Studie wird nicht nach dem rhinogenen bzw. odontogenen Ursprung unterschieden. Allerdings werden im Unterschied zur vorliegenden Studie die entzündlichen Prozesse auch zusammen mit den weichteildichten Raumforderungen betrachtet. Andere Studien kamen auf Werte zwischen 10,7 % und 85,8 % [18, 25, 38, 69, 101].

In manchen Studien wurden die pathologischen Befunde der Kieferhöhle, ähnlich wie auch in der Vorliegenden, unterteilt in Schleimhautverdickungen, weichteildichte Raumforderungen und verschiedene Flüssigkeitsspiegel [69, 109]. In der Studie von Ritter wurde insgesamt eine Prävalenz solcher pathologischer Auffälligkeiten der Kieferhöhle von 56,3 % festgestellt. Hier wie auch in anderen Studien war der häufigste Befund die Schleimhautverdickung [22, 90, 102, 109]. Dies ist in der vorliegenden Studie ebenfalls mit 40,8 % der Fall.

Eine Therapie der Nebenbefunde der Kieferhöhle fand in den wenigsten Fällen statt. 5% der weichteildichten Raumforderungen wurden therapiert. Die Sinusitis maxillaris wurde bei 10,3% der Patienten therapiert. Bei vielen Studien wird bei der Sinusitis maxillaris zwischen einer odontogenen Ursache und einer rhinogenen Ursache unterschieden [18, 80]. In der Studie von Branas liegt der Anteil an odontogen bedingten Sinusitiden bei 66 % [18]. Ist die odontogene Ursache bekannt, sollte auf jeden Fall diese zunächst behandelt werden und im

weiteren Verlauf eventuell ein Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurg oder ein Hals-Nasen-Ohren-Arzt zu Rate gezogen werden [53, 82].

#### **4.3.5 Verkalkungen der Weichteile**

Verkalkungen der vaskulären, lymphatischen und anderen weichteiligen Gewebe sind in dieser Studie bei insgesamt 31 % aller Patienten feststellbar. Somit weist fast ein Drittel aller Patienten Verkalkungen der Weichteile auf. Verkalkungen von Gefäßen können arteriosklerotischen Plaques entsprechen und infolgedessen zu Stenosen führen [103]. Daher sollte bei solch einem Befund unbedingt der Hausarzt informiert werden, um die weitere Abklärung zu koordinieren. Aus dieser Studie geht hervor, dass dies bei keinem Patienten der Fall war. Der Grund hierfür könnte sein, dass das Problem dem Patienten bereits bekannt war oder in der Dokumentation über die Aufklärung bezüglich dieses Nebenbefundes Lücken vorlagen. Es könnte auch sein, dass der Behandler diesen Nebenbefund nicht entdeckt hat, beziehungsweise nicht das gesamte Volumen der DVT-Aufnahme befundet hat.

Bei den DVT-Aufnahmen des Veraviewepocs-Gerätes war dieser Nebenbefund nie feststellbar. Dies ist aufgrund der kleinen FOV-Größe von  $\phi 40$  mm x H 40 mm nachvollziehbar. Erstens ist durch das kleine Fenster die Chance geringer eine Verkalkung abzubilden und zum zweiten ist die Wahrscheinlichkeit gering, dass überhaupt ein Bereich abgebildet wird, in dem sich lymphatisches oder vaskuläres Gewebe befindet. Es ist nun zu hinterfragen, ob das kleine FOV dadurch einen Vorteil bietet, da dieser Nebenbefund nicht entdeckt werden kann. Oder ist ein großes FOV von Vorteil, da die Chance diesen Nebenbefund zu entdecken relativ hoch ist und der Patient dadurch tatsächlich einen essentiellen Mehrwert hat? Wie aus Tabelle 32 zu entnehmen ist, steigt mit dem Alter die Prävalenz für diesen Nebenbefund. Bei den 81-90-Jährigen ist der Nebenbefund mit 41,7 % am häufigsten feststellbar. Dies deckt sich auch mit anderen Studien, die in Bezug auf das Alter einen signifikanten Unterschied feststellen [74].

In der Studie von Barghan [10] wurde der Nebenbefund „Verkalkungen der Weichteile“ mit 29,71 % von 400 befundeten DVT-Aufnahmen am häufigsten festgestellt. Allerdings ist bei dieser Studie zu beachten, dass keine odontogenen Nebenbefunde berücksichtigt wurden, sondern nur der Bereich außerhalb des

maxillofazialen Skeletts. Auch in einer anderen Studie waren entsprechende Verkalkungen der häufigste Nebenbefund (40,74 %) [96].

In der Studie von Lopes sind die Verkalkungen der dritthäufigste Nebenbefund mit 20,7 % [74]. In der Literatur werden Werte bis zu 47 % angegeben [85]. Es ist wichtig, zwischen Verkalkungen der A. carotis und anderen Verkalkungen des Kopf-Hals-Bereiches zu unterscheiden, da meist nur die Erstgenannte ein Risiko für den Patienten darstellt und behandelt werden muss [104]. In der vorliegenden Studie wird zwischen den einzelnen verschiedenen Strukturen allerdings nicht unterschieden. Es ist fraglich ob dies überhaupt anhand einer DVT-Aufnahme möglich ist, da die weichgewebigen Strukturen sehr schlecht differenzierbar abgebildet werden. Die Sonographie bietet in Bezug auf die Unterscheidung von Gefäßen und Lymphknoten mit Hilfe des Dopplereffekts eine strahlenfreie Alternative. Allerdings müssen die Strukturen hierfür mit dem Schallkopf gut erreichbar sein. Zudem können Knochen und luftgefüllte Areale zu einer Totalreflektion führen und so die Beurteilung von tiefer gelegenen Strukturen behindern. Eine weitere Möglichkeit bieten die MRT und die CT, um besser zwischen lymphatischem und vaskulärem Weichgewebe zu unterscheiden.

Die Literatur lässt darauf schließen, dass es sich in den meisten Fällen um harmlose Verkalkungen handelt und eine Therapie nicht notwendig ist [74]. In der Studie von Price handelt es sich bei insgesamt 176 entdeckten Verkalkungen des Kopf-Hals-Bereiches in 13 Fällen um Verkalkungen der A. carotis [104]. Dennoch sollte zur sicheren Abklärung eines solchen Befundes eine Überweisung in Erwägung gezogen werden, um beispielsweise mit Hilfe der Sonographie auszuschließen, dass es sich um eine Verkalkung der Arteria carotis handelt. Die Sonographie bietet hierfür ein sicheres und noninvasives Verfahren [136].

### **4.3.6 Degenerative HWS-Prozesse**

Dieser Nebenbefund betrifft 23,7 % aller 287 Patientenfälle. Hier muss allerdings beachtet werden, dass bei den Aufnahmen des Veraviewepocs-Gerätes und dem Accuitomo-Gerät mit einem FOV von  $\phi 100$  mm x H 100 mm die HWS nicht abgebildet wird. Wenn man diese Aufnahmen herausrechnet kommt man auf einen Anteil von 44,4 % (n=153). Diese Prozentzahlen decken sich nicht mit der

Studie von Alsufyani aus dem Jahr 2017 [6]. Hier wird eine Nebenbefundrate von 9,5 % im Bereich der Halswirbelsäule angegeben (n=7689).

Bis zum vierzigsten Lebensjahr war keiner der Patienten dieser Studie von solch einem Nebenbefund betroffen. Die höchste Prävalenz haben mit 41,7 % die 81-90-Jährigen. Es kam aufgrund dieses Nebenbefundes nie zu einer dokumentierten Überweisung bzw. Therapie. Dieser Nebenbefund hat allerdings auch nicht die höchste Priorität an Behandlungsbedarf, falls keine Symptomatik vorliegt. Dennoch sollten schwerwiegende Fälle durch eine Überweisung in eine Fachabteilung für Orthopädie abgeklärt werden. Eventuell war hier die Dokumentation lückenhaft oder es wurde die Aufklärung über den Nebenbefund degenerativer Prozesse der Halswirbelsäule nicht dokumentiert. Ebenso möglich ist, dass der Nebenbefund nicht erkannt wurde, da eventuell nicht das gesamte Volumen der DVT-Aufnahme befundet wurde.

#### ***4.4 Vergleich von OPT und DVT bei entdeckten Nebenbefunden***

Von den insgesamt 287 ausgewerteten Patientenfällen dieser Studie lag nur bei 234 Patienten zusätzlich ein OPT im passenden Zeitraum vor. Entsprechend wurden 234 DVT-Aufnahmen mit dem OPT des Patienten verglichen. Studien, die speziell Nebenbefunde zwischen den DVT-Aufnahmen und dem OPT vergleichen, gibt es nach unserem Kenntnisstand bislang nicht.

In dieser Studie wurde untersucht, ob der im DVT entdeckte Nebenbefund ebenfalls auf dem OPT zu erkennen war. Bei 198 DVT-Aufnahmen konnten Nebenbefunde festgestellt werden. Von diesen 198 Patienten sah man auf 93 OPTs keinen der Nebenbefunde. Dies entspricht 47 % der DVT-Aufnahmen mit Nebenbefund. Die Wahrscheinlichkeit, einen Nebenbefund zu entdecken ist somit auf einem OPT sehr viel niedriger als auf einem DVT.

Es gibt Studien, die beide Aufnahmeverfahren hinsichtlich der Sichtbarkeit anderer Strukturen untersuchen. Muinelo-Lorenzo verglich beispielsweise die Erkennbarkeit bzw. die morphologischen Gegebenheiten des Mandibularkanals zwischen dem OPT und der DVT-Aufnahme [87]. Die Studie kam zu dem Ergebnis, dass ein statistisch signifikanter Unterschied in der Erkennung der

morphologischen Struktur des Mandibularkanals vorliegt. Hier lag die Übereinstimmungsrate lediglich bei 32,5 %. Dieser Wert ist deutlich niedriger als in der vorliegenden Studie mit einer Übereinstimmungsrate von 53 %. Allerdings ist ein Vergleich dieser Zahlen hier schwierig, da andere Strukturen zwischen OPT und DVT-Aufnahme verglichen werden. Der Mandibularkanal wurde in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt. In 53 % aller entdeckten Nebenbefunde auf der DVT-Aufnahme besteht eine Übereinstimmung mit der Entdeckung auf dem entsprechenden OPT. Bei von Arx lag die Übereinstimmungsrate zwischen den DVT-Aufnahmen und dem OPT mit 22,58% noch niedriger [133]. Auch in dieser Studie lag der Fokus auf der Detektion des Mandibularkanals. Ein Vergleich der Zahlen mit der vorliegenden Studie ist somit nicht aussagekräftig. Es liegt in der Literatur eine Studie vor, die 14 dentale Parameter zwischen diesen beiden Aufnahmeverfahren vergleicht [112]. Zu den Parametern, die in der Studie verglichen wurden, gehören: Wurzelanzahl, Suffizienz einer Wurzelfüllung, Karies, Furkationsbeteiligung, vertikale Knochendefekte, Restaurationen, usw. Es wird eine Überlegenheit der DVT in 12 von 14 Parametern angegeben, die in der Studie 86% entspricht. Zu beachten ist allerdings, dass diese Studie ausdrücklich belegt, dass in der Beurteilung von Karies und Zahnrestaurationen das OPT dem DVT überlegen ist. Die S2k-Leitlinie zur DVT besagt eindeutig, dass die Kariesdiagnostik keine Indikation für eine DVT-Aufnahme darstellt [9]. Viele Studien beschäftigten sich dennoch mit dem Thema der Kariesdiagnostik mit Hilfe der DVT [28, 48, 57, 67, 112]. Es gibt zahlreiche Studien, die zu dem Ergebnis kommen, dass 2-dimensionale Aufnahmeverfahren keinen Vorteil gegenüber der DVT bei der Kariesdiagnostik bieten, sondern gleichwertig sind [43, 60, 106, 131, 132]. Ein möglicher Grund für die Ergebnisse dieser Studien könnte das ex-vivo Studien-Design sein. Die Aufnahmen in diesen Studien wurden an extrahierten Zähnen durchgeführt. So können die Zähne im Einzelnen betrachtet werden und Artefakte können auf ein Minimum reduziert werden.

#### **4.4.1.1 Vergleich von OPT und DVT bei erweitertem Desmodontalspalt**

In dieser Studie lag in 82,2 % der Patientenfälle mit diesem Nebenbefund keine Übereinstimmung zwischen DVT-Aufnahme und dem OPT vor. Dies ist der höchste Prozentsatz an Nichtübereinstimmung der 7 näher betrachteten Nebenbefunde dieser Studie.

Die Studie von Özmeric besagt, dass ein 200  $\mu\text{m}$ -Spalt auf einer DVT-Aufnahme im Vergleich zu konventionellen Röntgenbildern nicht sicher identifiziert werden kann [95]. Verwendet wurde hier ein NewTom 9000 mit einer 512x512 Pixel-Auflösung.

Eine andere Studie besagt, dass die DVT den intraoralen Aufnahmen im Erkennen des Desmodontalspaltes überlegen ist [54].

#### **4.4.1.2 Vergleich von OPT und DVT bei apikaler Parodontitis**

In der vorliegenden Studie lag in 73,1 % der Patientenfälle mit diesem Nebenbefund keine Übereinstimmung zwischen DVT-Aufnahme und OPT vor. Die Prävalenz der apikalen Parodontitis war in DVT-Aufnahmen deutlich höher. In der Studie von Nardi kam man mit dem Kappa-Test mit einem Wert von  $k=0,30$  auf einen Übereinstimmungsgrad „fair“ [89] bei dem Vergleich der DVT-Aufnahme mit dem OPT. Dieses Ergebnis gleicht somit dem Kappa-Wert der vorliegenden Studie ( $k=0,337$ ). Ein Kappa-Wert von  $k=1$  würde eine 100 %tige Übereinstimmung bedeuten. Je kleiner dieser Wert ist, umso geringer ist die Übereinstimmung (s. Kapitel 2.4.1).

Es konnte in der Studie von Nardi gezeigt werden, dass erst ab einer gewissen Größe der periapikalen Läsion (4,6-7 mm) diese sicher auf dem OPT diagnostiziert werden konnte. Kleinere Läsionen (2-4,5 mm) hatten eine geringe Sensitivität im OPT [89, 99, 125]. Auch andere Studien kommen zu dem Schluss, dass die Prävalenz der apikalen Parodontitis in der DVT-Aufnahme signifikant höher ist als auf dem OPT [39, 61]. In den oben genannten Studien wurden die Durchmesser der apikalen Läsion genau bemessen und in mehrere Kategorien eingeteilt.

Einige Studien verglichen die DVT-Aufnahmen mit Zahnfilmen in der Erkennung der apikalen Parodontitis [1, 33, 98]. Auch hier war die Prävalenz bei den DVT-Aufnahmen signifikant höher.

### **4.4.1.3 Vergleich von OPT und DVT bei Fremdkörpern**

Im Vergleich mit den anderen entdeckten Nebenbefunden war die Übereinstimmung der entdeckten Fremdkörper bei der DVT-Aufnahme und dem OPT mit 46,3 % relativ hoch. Dies lässt sich eventuell dadurch erklären, dass in vielen Fällen der Fremdkörper aus metalledtem Material besteht und dieser im OPT ebenfalls gut abgebildet wird. Der Kappa-Wert liegt für diesen Nebenbefund bei 0,556 und es liegt somit eine moderate Übereinstimmung vor. Durch die Technik der konventionellen Tomographie sowie die Schichtstärke eines OPT von 9 mm-20 mm (Frontzahnbereich- Molarenbereich) kommt es zwingend zu Überlagerungen [97]. Diese Summationseffekte des 2-dimensionalen Bildes sind einer der Hauptgründe, weshalb sehr kleine Fremdkörper im maxillofazialen Gebiet auf dem OPT im Vergleich zur DVT nicht erkannt werden können [35].

### **4.4.1.4 Vergleich von OPT und DVT bei Kieferhöhlenerkrankungen**

Auch bei der Befundung der Kieferhöhle zeigten sich große Unterschiede zwischen der DVT-Aufnahme und dem OPT. Egal ob es sich um eine Sinusitis maxillaris handelt, die gekennzeichnet ist durch Flüssigkeitsspiegel oder randdichte Verschattungen, oder um weichteildichte Raumforderungen, lag die Übereinstimmung immer unter 30 %. Durch die Überlagerungen und Verzerrungen im OPT ist eine genaue Diagnostik erschwert und das OPT gilt somit als unzureichend hinsichtlich der Diagnostik der Kieferhöhle [62]. Auch Terlemez kommt in seiner Studie aus dem Jahr 2019 zu dem Schluss, dass das OPT für die Beurteilung der Kieferhöhle unzureichend ist [128].

Heutzutage wird allerdings die CT weiterhin am häufigsten eingesetzt, um die Kieferhöhle zu beurteilen. Die MRT wird aufgrund der überlegenen Weichteildifferenzierung oft als ergänzendes Verfahren hinzugezogen [116].

#### **4.4.1.5 Vergleich von OPT und DVT bei Verkalkungen der Weichteile**

In 31,2 % der 234 Patientenfälle waren Verkalkungen der Weichteile sowohl auf der DVT-Aufnahme als auch auf dem OPT sichtbar. Eine Studie von Sutter befasst sich mit der Sichtbarkeit von Verkalkungen der Weichteile im OPT. Hierin wird allerdings nicht mit anderen bildgebenden Verfahren verglichen. Von insgesamt 1042 OPTs wurden dort in 19 % der Fälle Verkalkungen festgestellt. [126]. Vergleichende Studien zwischen OPT und DVT-Aufnahmen liegen zum aktuellen Zeitpunkt nicht vor.

#### **4.4.1.6 Vergleich von OPT und DVT bei degenerativen Prozessen der Halswirbelsäule**

Dieser Nebenbefund konnte in keinem der 234 OPTs festgestellt werden. Hier ist zu beachten, dass ein gut eingestelltes OPT die Wirbelsäule kaum abbilden sollte. Falls dennoch Teile dieser zu sehen sind, ist eine Befundung dieser relativ schwierig, weil sie extrem verzerrt und dadurch verschwommen dargestellt wird. Der Fokus eines OPT liegt nicht auf der Halswirbelsäule.

#### **4.5 Therapieplanänderungen durch die entdeckten Nebenbefunde**

Die Indikation für die DVT-Aufnahmen dieser Studie war stets eine Implantatplanung. Wurde aufgrund eines Nebenbefundes der Implantationstermin verschoben, abgesagt oder der Nebenbefund zusätzlich im Rahmen der Implantation therapiert, ist von einer Therapieplanänderung die Rede. Dies war bei 17,1 % aller 287 Patienten der Fall. Somit kam es bei fast jeder fünften Person aufgrund der DVT-Aufnahme zu einer Änderung des eigentlichen Therapieplanes. Die Implantation fand aufgrund eines Nebenbefundes in 5,6 % der Fälle nicht statt. Zudem ist aus der Tabelle 40 zu entnehmen, dass in 4,9 % aller Patientenfälle keine Implantation wegen zu wenig Restknochen stattfand. Die Studie von Nguyen aus dem Jahr 2020 [92] weist einige Parallelen zur vorliegenden Studie auf. Hier wurden 300 DVT-Aufnahmen, deren rechtfertigende Indikation die Implantatplanung war, auf Nebenbefunde untersucht. Zusätzlich wurde analysiert, ob es aufgrund eines Nebenbefundes zu einer Änderung der Implantatplanung kam. Allerdings wurden in dieser Studie Patienten erst ab einem Alter von 40 Jahren ausgewählt. Es werden in der Studie von Nguyen 555 Nebenbefunde diagnostiziert (1,85/ pro DVT-Aufnahme). In 12 % der Fälle kam es zu einer Änderung oder einem Abbruch der Implantation. Die Gründe hierfür waren Kieferhöhlenbefunde, große Infektionen und Knochenpathologien an der Insertionsstelle [92]. Diese Studie scheint nach aktuellem Stand bisher die einzige zu sein, die diesen Zusammenhang zwischen Nebenbefund und dadurch bedingt eine Therapieplanänderung im Sinne der Implantation untersuchte.

Durch das dreidimensionale Volumen der DVT lassen sich die knöchernen Strukturen genauestens vermessen. Unzureichende Knochenverhältnisse für eine bevorstehende Implantation können somit präoperativ sicher erkannt werden. Ebenfalls von entscheidendem Vorteil ist, dass es nicht wie auf dem OPT zu Verzerrungen und Überlagerungen kommt [93]. Die Orthopantomographie sowie die 2D-Technik im Allgemeinen können zum Vortäuschen einer falschen

Knochenhöhe und -breite führen. Durch diese eventuell fälschlicherweise angenommene Knochenhöhe und -breite kann es bei der Implantation zu Schwierigkeiten bzw. auch Komplikationen kommen. Zum einen besteht die Möglichkeit, dass die eigentliche Knochenhöhe bzw. -breite erst nach der Exploration des Knochens festgestellt wird und so der Eingriff abgebrochen werden muss. Zum anderen ist es bei minimalinvasiven Implantationen mit der Flapless-Technik wichtig, die Knochenverhältnisse genauestens im Voraus zu kennen, da bei diesem Verfahren praktisch „blind“ implantiert wird. Bei diesem Verfahren wird keine Lappenplastik angewandt. Stattdessen wird an der Stelle der Implantatinsertion die dortige Schleimhaut beispielsweise ausgestanzt [71]. Komplikationen wie z.B. die Perforation in den Mundboden müssen hierbei verhindert werden. Daher ist die korrekte Achsausrichtung des Implantats bei der Insertion von entscheidender Bedeutung [23].

Somit zeigt diese Studie, dass durch die präoperativ angefertigte DVT-Aufnahme der Patient in 10,5 % der Fälle einen enormen Nutzen von dieser Aufnahme hat, da kritische Nebenbefunde (5,6 %) und zu wenig Restknochen (4,9 %) vor OP-Beginn erkannt werden und somit der Eingriff nicht unnötig begonnen und abgebrochen werden musste. In 65,9 % der Fälle fand die Implantation planmäßig statt. Bei 23,7 % fand die Implantation aus nichtmedizinischen Gründen nicht statt.

Wie die Abbildung 17 veranschaulicht, entfällt mit 33 % der Großteil der Therapieplanänderungen auf das FOV mit  $\phi$  100 mm x H 100 mm und somit auf das Accuitomo-Gerät. Der Großteil der Therapieplanänderungen fand somit in der freien Praxis statt. Hier stellt sich nun die Frage, ob dies daran liegen könnte, dass in der freien Praxis mehr Nebenbefunde erkannt und anschließend therapiert werden als in der Klinik. Oder findet in der Klinik vor der DVT-Aufnahme eine bessere Patientenselektion statt? Da sich die Nebenbefunde ungefähr gleich auf die verschiedenen Geräte verteilen, kann letztere Frage im Prinzip verneint werden. Das heißt, die Nebenbefunde wurden bei den Klinikuntersuchungen entweder zu einem größeren Anteil nicht wahrgenommen oder sie wurden häufiger nicht dokumentiert bzw. es wurde nicht darauf reagiert.

Allgemein muss hinterfragt werden, warum so viele Nebenbefunde mit Behandlungsbedarf nicht therapiert wurden oder die notwendige Therapie nicht dokumentiert wurde. Hierfür gibt es mehrere Möglichkeiten. Zum einen kann dies daran liegen, dass der Behandler auf das Implantationsgebiet fokussiert ist und den umliegenden Strukturen nicht genügend Aufmerksamkeit schenkt. Die Tatsache, dass in der Klinik weniger Nebenbefunde zu Therapieplanänderungen führen, könnte auch daran liegen, dass die Konstanz der befundenden Ärzte und Zahnärzte durch häufig wechselndes Personal im Vergleich zur freien Praxis nicht gegeben ist. Zum anderen könnte ein Grund sein, dass der Zahnarzt mit den anatomischen Strukturen außerhalb des maxillofazialen Bereiches zu wenig vertraut ist und hier wichtige Befunde, wie Verkalkungen der A. carotis nicht erkannt werden. Der befundende Mediziner bzw. Zahnmediziner ist verpflichtet das gesamte DVT-Volumen zu befunden, auch wenn ein Großteil der Nebenbefunde nicht in den zahnärztlichen Bereich fällt. Daher kann hinterfragt werden, ob es ausreichend ist, dass Zahnärzte für die DVT-Spezial-Fachkunde 25 DVT-Aufnahmen befunden müssen. Ein Radiologe hingegen muss für die Fachkunde des CT im Vergleich dazu die 40-fache Anzahl an CT-Aufnahmen befunden.

In Zukunft könnte hier die Künstliche Intelligenz (KI) eine Erleichterung für den befundenden Behandler schaffen. In vielen Bereichen der medizinischen Radiologie wird diese bereits eingesetzt. Beispielsweise gibt es einige Studien, die sich mit der Befundung von Thorax-Aufnahmen beschäftigen [44, 55, 127, 135]. Ebenso spielt die KI bereits in der Mammographie eine gewisse Rolle [15, 46, 72, 110]. Es ist vorstellbar, dass die KI auch in die DVT ihren Einzug halten wird. Entsprechende Algorithmen könnten vor der eigentlichen Befundung auf pathologische Auffälligkeiten hinweisen, die ansonsten eventuell durch den Befundenden übersehen werden würden und dann durch diesen gezielt überprüft werden müssen.

Bei der odontogenen Sinusitis ist meist eine Kombination einer zahnärztlichen und ärztlichen Behandlung sinnvoll [40]. Es muss allerdings relativierend

festgestellt werden, dass ein Großteil der Nebenbefunde als harmlos eingestuft werden kann. Bei vielen Nebenbefunden besteht kein Therapiebedarf [36]. Die entscheidenden therapiebedürftigen Nebenbefunde müssen jedoch erkannt und einer entsprechenden Therapie zugeführt werden. Falls Unsicherheiten seitens des befundenden Behandlers bei bestimmten Diagnosen bestehen, sollte empfohlen werden, erfahrenere Kollegen zu Rate zu ziehen.

#### **4.6 Fehleranalyse**

Es handelt sich bei dieser Studie um eine retrospektive Analyse, bei welcher lediglich die DVT-Aufnahmen des Patienten und die dokumentierten Einträge Eingang in die Bewertung haben. Die Ergebnisse beruhen einzig auf der subjektiven Erfassung und klinischen Erfahrung der Autorin. Hier ist zu erwähnen, dass viele Studien allgemein belegen, dass der Unterschied in der Auswertung von dreidimensionalen Aufnahmen zwischen verschiedenen Untersuchern extrem gering ist [2, 12, 27, 32].

Weiterhin muss beachtet werden, dass es sich bei den entdeckten Nebenbefunden dieser Studie oft lediglich um Verdachtsdiagnosen handelt und es keine klinische oder histologische Absicherung gibt.

Ähnliche Studien aus der Literatur, die hier zum Vergleich herangezogen werden, verwenden unterschiedliche Bezugsgrößen für die einzelnen Nebenbefunde. Oft wird der Fokus auf unterschiedliche Nebenbefunde gelegt. Dadurch wird die Vergleichbarkeit mit der vorliegenden Studie oft erschwert. Dennoch wurde versucht, ähnliche Diagnosegruppen gegenüber zu stellen.

Zudem werden in dieser Studie nur Patienten mit der rechtfertigenden Indikation der prächirurgischen Implantatplanung ausgewertet. Der Großteil der Literatur, die hier verglichen wird, macht bei der Auswahl der DVT-Aufnahmen keine Einschränkung in Bezug auf die rechtfertigende Indikation. Allerdings war die häufigste Indikation der DVT-Aufnahmen in anderen Studien meist ebenfalls die präoperative Implantatplanung.

Eine Vereinheitlichung des Patientenkollektivs und der Befunddefinitionen könnte zu einer Erleichterung im Studienvergleich führen.

#### **4.7 Schlussfolgerung**

Bei den meisten DVT-Aufnahmen wurden bis zu 3 Nebenbefunde entdeckt. Dies macht deutlich, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, durch eine DVT-Aufnahme, die primär wegen der präoperativen Implantatplanung angefertigt wird, Nebenbefunde zu entdecken. Damit steigt die Verantwortung des Behandlers, diese Nebenbefunde zu erkennen und anschließend, falls nötig, richtig zu therapieren bzw. an einen Facharzt zu überweisen.

Der Zahnarzt bzw. Arzt ist rechtlich verpflichtet, das gesamte Volumen einer DVT-Aufnahme zu befunden, auch außerhalb seines primären Interessensfeldes [24, 37, 51]. Eine unvollständige Befundung der DVT-Aufnahme kann für den Patienten im Zweifelsfall negative Folgen haben [74, 138].

Die Technik der DVT hat die Qualität der Implantatplanung in vielen Fällen deutlich verbessert, gleichzeitig erhöht sich jedoch für den Behandler die Verantwortung für die Befundung der Aufnahmen [81]. Denn wie die vorliegende Studie belegt, steigt mit diesem Aufnahmeverfahren im Vergleich zu zweidimensionalen Aufnahmen die Wahrscheinlichkeit der Entdeckung von Nebenbefunden. Diese fallen oft in den medizinischen Bereich, in welchem der Zahnarzt aufgrund seiner hohen Spezialisierung weniger Erfahrung hat [36]. Die Gesundheit des Patienten darf jedoch durch ein Nichtentdecken eines Nebenbefundes nicht gefährdet sein.

Bei der rechtfertigenden Indikation zur Anwendung der DVT sollte neben der Notwendigkeit der radiologischen Darstellung selbstverständlich stets auch die Strahlenbelastung berücksichtigt werden. Wie das Strahlenschutzgesetz in Paragraph 8 vorgibt, sollten alle technischen Möglichkeiten ausgenutzt werden, um eine möglichst geringe Strahlendosis zu erreichen. Je nach Aufnahmeverfahren liegen verschiedene effektive Dosen vor. Das OPT hat in diesem Vergleich die geringste Strahlendosis. Allerdings liegt das Veraviewepocs mit seinem kleinen FOV von  $\phi 40$  mm x H 40 mm ebenfalls in diesem Bereich. Das Kavo-Gerät hat eine etwas höhere Strahlendosis von  $107 \mu\text{Sv}$  bei einem FOV von  $\phi 160$  mm x H 130mm. Das Accuitomo-Gerät hat

eine mehr als 10-fach höhere Strahlendosis als ein OPT. Ein dentales CT mit vergleichbarem FOV wie bei dem Accuitomo- oder Kavo-Gerät, hat die bei weitem höchste Strahlendosis von ca. 860  $\mu\text{Sv}$  (Tabelle 58).

**Tabelle 58: Effektive Strahlendosis, je nach Röntgengerät.** Hier sind die effektiven Dosen der DVT-Geräte mit entsprechenden FOV angegeben; Bei der Dental-CT handelt es sich um ein vergleichbares FOV [6, 76, 77, 118].

System	OPT	Veraviewepocs	Kavo	Accuitomo	Dental-CT
FOV		$\phi 40 \text{ mm} \times \text{H } 40 \text{ mm}$	$\phi 160 \text{ mm} \times \text{H } 130 \text{ mm}$	$\phi 140 \text{ mm} \times \text{H } 100 \text{ mm}$	
Effektive Strahlendosis ( $\mu\text{Sv}$ )	8-22 $\mu\text{Sv}$	21-22 $\mu\text{Sv}$	107 $\mu\text{Sv}$	269 $\mu\text{Sv}$	860 $\mu\text{Sv}$

Hier zeigt sich nun deutlich, dass durch das Einschränken des FOV bei der DVT die Strahlenbelastung des Patienten stark reduziert werden kann. Wohingegen eine kleinere Voxelgröße wiederum zu einer erhöhten Strahlenbelastung führt. Die DVT-Aufnahmen des Accuitomo-Gerätes haben in dieser Studie stets eine Voxelgröße von 250  $\mu\text{m}$  und von dem Kavo-Gerät von 400  $\mu\text{m}$ . Dies bedeutet, dass eine Verbesserung der Auflösung und damit der Bildqualität der DVT-Aufnahme mit einer Erhöhung der effektiven Strahlendosis für den Patienten einhergeht. Hier muss hinterfragt werden, wie gut die Bildqualität für die Indikation der Implantatplanung tatsächlich sein muss.

Es stellt sich nun die Frage, ob eine Erweiterung der rechtfertigenden Indikation der DVT sinnvoll sein kann, weil Nebenbefunde häufig zu Therapieplanänderungen am Patienten geführt haben? In dieser Studie kam es in 17,1 % der Fälle zu einer solchen. In 5,6 % fand nur aufgrund der DVT-Aufnahme eine Therapie eines Nebenbefundes statt, die anhand eines OPT nicht stattgefunden hätte, weil dieser hier nicht sichtbar war. In diesem Zusammenhang sind auch ethische Aspekte zu hinterfragen. Der Großteil der entdeckten Nebenbefunde ist allerdings nicht therapiebedürftig.

Zudem stellt sich die Frage, ob ein Routinediagnostikverfahren so viele Befunde wie möglich erfassen sollte, insbesondere wenn sie zu Therapieänderungen am Patienten führen können? Wie die Studie zeigt, können durch die DVT im Vergleich zur OPT in vielen Fällen deutlich mehr Nebenbefunde entdeckt werden. Um die Strahlenbelastung bei der DVT möglichst gering zu halten, empfiehlt die bisherige Leitlinie aus Strahlenschutz-Gründen ein möglichst kleines FOV zu verwenden, um die Strahlendosis so niedrig wie möglich zu halten. Allerdings zeigt diese Studie, dass besonders bei großem FOV viele Nebenbefunde entdeckt werden. Darüber hinaus gibt es Studien, die zeigen konnten, dass inzwischen DVT-Aufnahmen mit großem FOV angefertigt werden können, deren Strahlenbelastung genauso niedrig ist wie die eines OPT, wenn nicht sogar niedriger [21, 78]. Hier muss allerdings betont werden, dass diese niedrigen Strahlendosen nur mit DVT-Geräten der neuesten Generation erreicht werden können. Hierbei müssen bei dem DVT-Gerät die Stromstärke und die Umlaufzeit, bei vorgegebenem FOV, stufenlos einstellbar sein. Durch diese Maßnahmen ist laut dem IARD-Prinzip des MESANTIS 3D DENTALRADIOLOGICUM eine enorme Reduktion der Strahlenbelastung erreichbar [21]. Jedoch muss davon ausgegangen werden, dass durch die enorme Reduktion der Strahlenbelastung auch die Auflösung der DVT-Aufnahme Einbußen erfährt. Ob bei solchen Aufnahmen mittels des IARD-Prinzips relevante Nebenbefunde, wie die chronische apikale Parodontitis, noch erkannt werden können, ist fraglich. Es bleibt daher abzuwarten, ob in der demnächst überarbeiteten Leitlinie zur DVT ihre Indikation erweitert wird.

Ist es in der Zukunft möglich, dass das OPT als Standarddiagnostikverfahren von neuartigen, strahlenreduzierten DVT in der Zahnheilkunde abgelöst wird? Hier muss beachtet werden, dass bislang die Auslöschungs- und Aufhärtungsartefakte auf DVT-Aufnahmen, die durch metallische Strukturen hervorgerufen werden, ein Problem darstellen [58, 121]. Dadurch ist auf einer DVT-Aufnahme bislang die Beurteilung von prothetischen Restaurationen nur bedingt möglich. Es ist fraglich, ob in Zukunft die Technik dahingehend verbessert werden kann. Ebenfalls ungeeignet ist die DVT bislang für die

Kariesdiagnostik. Allerdings muss hier beachtet werden, dass auch die OPT hierfür nicht optimal geeignet ist. Die Bissflügel Aufnahme stellt für die Kariesdiagnostik weiterhin den Goldstandard dar.

Wenn es in Zukunft möglich sein sollte, durch neueste Techniken in der DVT die Strahlendosis auch bei großem FOV in den Bereich eines OPT zu bringen, ist eine Ablösung des zweidimensionalen Verfahrens als Routinediagnostikmittel denkbar. Allerdings entwickelt sich zeitgleich ebenso die Technik der OPT weiter, wodurch auch hier die Strahlendosis immer weiter reduziert werden wird. Somit wird in nächster Zukunft ein OPT höchstwahrscheinlich das Routinediagnostikmittel der Wahl bleiben, denn es verschafft einen guten Gesamtüberblick des Gebisses bei sehr geringer Strahlendosis. Wenn eine DVT-Aufnahme aufgrund der rechtfertigenden Indikation indiziert ist, muss stets ein optimaler Kompromiss zwischen FOV, Auflösung und der Strahlendosis gefunden werden. Ist die rechtfertigende Indikation für eine DVT-Aufnahme gegeben, dann muss darauf geachtet werden, dass das gesamte Volumen genau beurteilt wird, um mögliche relevante Nebenbefunde, die eventuell sogar therapiebedürftig sind, nicht zu übersehen.

Für die Zukunft ist anzunehmen, dass es zu einer immer größeren Durchdringung des zahnärztlichen Marktes mit DVT-Geräten kommen wird und dadurch die Anzahl an DVT-Aufnahmen beträchtlich steigen wird. Im Bereich der Implantologie wird der Trend sich höchstwahrscheinlich zur dreidimensionalen Planung hin entwickeln und zu einer zusätzlichen Steigerung an dreidimensionalen Aufnahmen führen. Sollte diese Entwicklung so eintreten, muss die Forderung lauten, auf einer genauen Befundung auch außerhalb des ROIs zu bestehen. So kann die zunehmende Strahlenbelastung der Bevölkerung zu Gunsten einer besseren zahnmedizinischen Diagnostik zusätzlich für die frühzeitige Entdeckung therapiebedürftiger Nebenbefunde genutzt werden und somit gleichzeitig die medizinische Versorgung verbessert werden.

## 5 Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Studie ist die Untersuchung der Häufigkeit von Nebenbefunden auf DVT-Aufnahmen in Bezug auf unterschiedliche DVT-Geräte. Mit der Orthopantomographie (OPT) wird ein zweidimensionales Röntgenbildgebungsverfahren zu Vergleichszwecken in dieser Studie berücksichtigt. Deskriptiv wird die Statistik der Häufigkeit der einzelnen Nebenbefunde in der DVT beschrieben und die Nebenbefunde werden nach ihrer zahnmedizinischen und allgemeinmedizinischen Relevanz überprüft. Darüber hinaus wird die Hypothese der besseren Differenzierung von Nebenbefunden im Gegensatz zur OPT und damit eines potenziellen Mehrwerts der DVT geprüft. Ebenfalls wird untersucht, ob die Nebenbefunde zu einer Therapieplanänderung der Implantation geführt haben.

Als Nebenbefund wird ein Befund bezeichnet, der mit der eigentlichen Fragestellung, beziehungsweise mit der primären Indikation nichts zu tun hat. In der vorliegenden Studie ist die Indikation für die DVT-Aufnahme stets die präoperative Implantatplanung. Es werden 3 verschiedene DVT-Geräte verwendet. Jeweils 100 DVT-Aufnahmen des Kavo 3D eXam und des 3D Accuitomo 170 werden befundet, sowie 87 DVT-Aufnahmen des Veraviewepocs 3D R100.

Die vorliegende Studie belegt ein häufiges Auftreten von Nebenbefunden auf DVT-Aufnahmen. Insgesamt wurden 287 DVT-Aufnahmen und 234 OPTs untersucht. Bei der Befundung der 287 DVT-Aufnahmen wurden 1011 Nebenbefunde diagnostiziert. Dies sind im Durchschnitt 3,52 Nebenbefunde pro Patienten. Insgesamt 86,4 % der Patienten weisen einen oder mehrere verschiedene Nebenbefunde auf. Der häufigste Nebenbefund ist die Sinusitis maxillaris bei 40,8 % aller Patienten. In den medizinisch relevanten Bereich fallen 64,2 % aller entdeckten Nebenbefunde. Zudem kann ein statistisch signifikanter Unterschied in der Häufigkeit der Erkennbarkeit dieser Nebenbefunde zwischen DVT und OPT festgestellt werden. Die Prävalenz an Nebenbefunden ist auf der

DVT-Aufnahme signifikant höher. 47 % der Nebenbefunde können auf dem entsprechenden OPT nicht identifiziert werden.

Zudem kam es aufgrund eines Nebenbefundes in 17,1 % der Patientenfälle zu einer Therapieplanänderung. In 5,6 % kam es allein aufgrund der DVT-Aufnahme zu einer Therapieplanänderung, die durch das alleinige Vorliegen eines OPT nicht stattgefunden hätte.

Die Erweiterung der klassischen 2D-Verfahren in der Zahnmedizin in die dritte Dimension mittels der DVT bedeutet eine damit verbundene Zunahme an unerwarteten Nebenbefunden. Der die Aufnahme anfertigende Arzt oder Zahnarzt ist rechtlich verpflichtet das gesamte Volumen der DVT-Aufnahme zu befunden. Wie diese Studie zeigt, ist dies von enormer Bedeutung, da häufig auch Nebenbefunde außerhalb des maxillofazialen Bereiches liegen und klinische Relevanz haben.

## 6 Literaturverzeichnis

1. ABELLA, F., S. PATEL, F. DURAN-SINDREU, M. MERCADE, R. BUENO & M. ROIG (2012): Evaluating the periapical status of teeth with irreversible pulpitis by using cone-beam computed tomography scanning and periapical radiographs, in: *J Endod*, **38**, p. 1588-91.
2. AL-HOMSI, H.K. & M.Y. HAJEER (2015): An Evaluation of Inter- and Intraobserver Reliability of Cone-beam Computed Tomography- and Two Dimensional-based Interpretations of Maxillary Canine Impactions using a Panel of Orthodontically Trained Observers, in: *J Contemp Dent Pract*, **16**, p. 648-56.
3. AL-OKSHI, A., M. NILSSON, A. PETERSSON, M. WIESE & C. LINDH (2013): Using GafChromic film to estimate the effective dose from dental cone beam CT and panoramic radiography, in: *Dentomaxillofac Radiol*, **42**, p. 20120343.
4. ALJEHANI, Y.A. (2014): Diagnostic Applications of Cone-Beam CT for Periodontal Diseases, in: *Int J Dent*, **2014**, p. 865079.
5. ALLAREDDY, V., S.D. VINCENT, J.W. HELLSTEIN, F. QIAN, W.R. SMOKER & A. RUPRECHT (2012): Incidental findings on cone beam computed tomography images, in: *Int J Dent*, **2012**, p. 871532.
6. ALSUFYANI, N.A. (2017): Cone beam computed tomography incidental findings of the cervical spine and clivus: retrospective analysis and review of the literature, in: *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*, **123**, p. e197-e217.
7. ANGELOPOULOS, C., S.L. THOMAS, S. HECHLER, N. PARISSIS & M. HLAVACEK (2008): Comparison between digital panoramic radiography and cone-beam computed tomography for the identification of the mandibular canal as part of presurgical dental implant assessment, in: *J Oral Maxillofac Surg*, **66**, p. 2130-5.
8. AVSEVER, H., K. GUNDUZ, O. KARAKOÇ, M. AKYOL & K. ORHAN (2018): Incidental findings on cone-beam computed tomographic images: paranasal sinus findings and nasal septum variations, in: *Oral Radiol.*, **34**, p. 40-48.
9. AWMF (2013): s2k-Leitlinie Dentale digitale Volumentomographie, [online] [https://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/083-005l\\_S2k\\_Dentale\\_Volumentomographie\\_2013-10-abgelaufen.pdf](https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/083-005l_S2k_Dentale_Volumentomographie_2013-10-abgelaufen.pdf) [02.08.2020].
10. BARGHAN, S., M. TAHMASBI ARASHLOW & M.K. NAIR (2016): Incidental Findings on Cone Beam Computed Tomography Studies outside of the Maxillofacial Skeleton, in: *Int J Dent*, **2016**, p. 9196503.
11. BARGHAN, S., S. TETRADIS & J.M. NERVINA (2013): Skeletal and soft-tissue incidental findings on cone-beam computed tomography images, in: *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **143**, p. 888-92.
12. BARNETT, C.W., G.N. GLICKMAN, M. UMORIN & P. JALALI (2018): Interobserver and Intraobserver Reliability of Cone-beam Computed Tomography in Identification of Apical Periodontitis, in: *J Endod*, **44**, p. 938-940.

13. BEER, R.B., MICHAEL A.; KIELBASSA, ANDREJ M. (2004): *Taschenatlas der Endodontie* Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
14. BENAVIDES, E., H.F. RIOS, S.D. GANZ, C.H. AN, R. RESNIK, G.T. REARDON, S.J. FELDMAN, J.K. MAH, D. HATCHER, M.J. KIM, D.S. SOHN, A. PALTÍ, M.L. PEREL, K.W. JUDY, C.E. MISCH & H.L. WANG (2012): Use of cone beam computed tomography in implant dentistry: the International Congress of Oral Implantologists consensus report, in: *Implant Dent*, **21**, p. 78-86.
15. BENNANI-BAITI, B. & P.A.T. BALTZER (2020): [Artificial intelligence in the diagnosis of breast cancer : Yesterday, today and tomorrow], in: *Radiologe*, **60**, p. 56-63.
16. BERLAND, L.L., S.G. SILVERMAN, R.M. GORE, W.W. MAYO-SMITH, A.J. MEGIBOW, J. YEE, J.A. BRINK, M.E. BAKER, M.P. FEDERLE, W.D. FOLEY, I.R. FRANCIS, B.R. HERTS, G.M. ISRAEL, G. KRINSKY, J.F. PLATT, W.P. SHUMAN & A.J. TAYLOR (2010): Managing incidental findings on abdominal CT: white paper of the ACR incidental findings committee, in: *J Am Coll Radiol*, **7**, p. 754-73.
17. BORNSTEIN, M.M., K. HORNER & R. JACOBS (2017): Use of cone beam computed tomography in implant dentistry: current concepts, indications and limitations for clinical practice and research, in: *Periodontol 2000*, **73**, p. 51-72.
18. BRAÑAS, G.V., B.G. GRISOLIA, R.G. IULIANO, A. GUALTIERI, A. LENARDUZZI, S.J. RENOÚ & P.A. RODRÍGUEZ (2018): Relation between periapical lesions and sinus membrane thickening assessed by Cone Beam Computed Tomography, in: *Acta Odontol Latinoam*, **31**, p. 164-169.
19. BRODALA, N. (2009): Flapless surgery and its effect on dental implant outcomes, in: *Int J Oral Maxillofac Implants*, **24 Suppl**, p. 118-25.
20. BROOK, I. (2006): Sinusitis of odontogenic origin, in: *Otolaryngol Head Neck Surg*, **135**, p. 349-55.
21. BUMANN, A., SIMON, M., MANDIROLA, M., SCHUMANN, J., HEEKEREN, D. (2014): DVT in der Kieferorthopädie-wo stehen wir?, in: *KN Kieferorthopädie Nachrichten*, **12**, p. 17-21.
22. CAGLAYAN, F. & U. TOZOGLU (2012): Incidental findings in the maxillofacial region detected by cone beam CT, in: *Diagn Interv Radiol*, **18**, p. 159-63.
23. CAMPELO, L.D. & J.R. CAMARA (2002): Flapless implant surgery: a 10-year clinical retrospective analysis, in: *Int J Oral Maxillofac Implants*, **17**, p. 271-6.
24. CARTER, L., A.G. FARMAN, J. GEIST, W.C. SCARFE, C. ANGELOPOULOS, M.K. NAIR, C.F. HILDEBOLT, D. TYNDALL & M. SHROUT (2008): American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology executive opinion statement on performing and interpreting diagnostic cone beam computed tomography, in: *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **106**, p. 561-2.
25. CHA, J.Y., J. MAH & P. SINCLAIR (2007): Incidental findings in the maxillofacial area with 3-dimensional cone-beam imaging, in: *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **132**, p. 7-14.

26. CHAN, S. (2002): The importance of strategy for the evolving field of radiology, in: *Radiology*, **224**, p. 639-48.
27. CHEN, H., G. AARAB, A. PARSA, J. DE LANGE, P.F. VAN DER STELT & F. LOBBEZOO (2016): Reliability of three-dimensional measurements of the upper airway on cone beam computed tomography images, in: *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, **122**, p. 104-110.
28. CHENG, J.G., Z.L. ZHANG, X.Y. WANG, Z.Y. ZHANG, X.C. MA & G. LI (2012): Detection accuracy of proximal caries by phosphor plate and cone-beam computerized tomography images scanned with different resolutions, in: *Clin Oral Investig*, **16**, p. 1015-21.
29. COTTON, T.P., T.M. GEISLER, D.T. HOLDEN, S.A. SCHWARTZ & W.G. SCHINDLER (2007): Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography, in: *J Endod*, **33**, p. 1121-32.
30. D'HAESE, J., T. VAN DE VELDE, A. KOMIYAMA, M. HULTIN & H. DE BRUYN (2012): Accuracy and complications using computer-designed stereolithographic surgical guides for oral rehabilitation by means of dental implants: a review of the literature, in: *Clin Implant Dent Relat Res*, **14**, p. 321-35.
31. DE JONG, T., A.D. BAKKER, V. EVERTS & T.H. SMIT (2017): The intricate anatomy of the periodontal ligament and its development: Lessons for periodontal regeneration, in: *Journal of Periodontal Research*, **52**, p. 965-974.
32. DE OLIVEIRA, A.E.F., L.H.S. CEVIDANES, C. PHILLIPS, A. MOTTA, B. BURKE & D. TYNDALL (2009): Observer reliability of three-dimensional cephalometric landmark identification on cone-beam computerized tomography, in: *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, **107**, p. 256-265.
33. DE PAULA-SILVA, F.W., M.K. WU, M.R. LEONARDO, L.A. DA SILVA & P.R. WESSELINK (2009): Accuracy of periapical radiography and cone-beam computed tomography scans in diagnosing apical periodontitis using histopathological findings as a gold standard, in: *J Endod*, **35**, p. 1009-12.
34. DE VOS, W., J. CASSELMAN & G.R. SWENNEN (2009): Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: a systematic review of the literature, in: *Int J Oral Maxillofac Surg*, **38**, p. 609-25.
35. DEMIRALP, K.O., K. ORHAN, E.S. KURSUN-CAKMAK, C. GORURGOZ & S. BAYRAK (2018): Comparison of Cone Beam Computed Tomography and ultrasonography with two types of probes in the detection of opaque and non-opaque foreign bodies, in: *Med Ultrason*, **20**, p. 467-474.
36. DIEF, S., A. VEITZ-KEENAN, N. AMINTAVAKOLI & R. MCGOWAN (2019): A systematic review on incidental findings in cone beam computed tomography (CBCT) scans, in: *Dentomaxillofacial Radiology*, **0**, p. 20180396.
37. EDWARDS, R., N. ALSUFYANI, G. HEO & C. FLORES-MIR (2014): The frequency and nature of incidental findings in large-field cone beam

- computed tomography scans of an orthodontic sample, in: *Prog Orthod*, **15**, p. 37.
38. EDWARDS, R., M. ALTALIBI & C. FLORES-MIR (2013): The frequency and nature of incidental findings in cone-beam computed tomographic scans of the head and neck region: a systematic review, in: *J Am Dent Assoc*, **144**, p. 161-70.
39. ESTRELA, C., M.R. BUENO, C.R. LELES, B. AZEVEDO & J.R. AZEVEDO (2008): Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis, in: *J Endod*, **34**, p. 273-9.
40. FERGUSON, M. (2014): Rhinosinusitis in oral medicine and dentistry, in: *Aust. Dent. J.*, **59**, p. 289–295.
41. FORTIN, T., J.L. BOSSON, M. ISIDORI & E. BLANCHET (2006): Effect of flapless surgery on pain experienced in implant placement using an image-guided system, in: *Int J Oral Maxillofac Implants*, **21**, p. 298-304.
42. FUHRMANN, A. (2013): *Zahnärztliche Radiologie*, Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
43. GAALAAS, L., D. TYNDALL, A. MOL, E.T. EVERETT & A. BANGDIWALA (2016): Ex vivo evaluation of new 2D and 3D dental radiographic technology for detecting caries, in: *Dentomaxillofac Radiol*, **45**, p. 20150281.
44. GATIDIS, S. (2017): Künstliche Intelligenz erleichtert die Interpretation von Thoraxaufnahmen, in: *RöFo*, **189**, p. 809-810.
45. GENG, W., C. LIU, Y. SU, J. LI & Y. ZHOU (2015): Accuracy of different types of computer-aided design/computer-aided manufacturing surgical guides for dental implant placement, in: *Int J Clin Exp Med*, **8**, p. 8442-9.
46. GERAS, K.J., R.M. MANN & L. MOY (2019): Artificial Intelligence for Mammography and Digital Breast Tomosynthesis: Current Concepts and Future Perspectives, in: *Radiology*, **293**, p. 246-259.
47. GULATI, M., V. ANAND, S.K. SALARIA, N. JAIN & S. GUPTA (2015): Computerized implant-dentistry: Advances toward automation, in: *J Indian Soc Periodontol*, **19**, p. 5-10.
48. HAITER-NETO, F., A. WENZEL & E. GOTFREDSEN (2008): Diagnostic accuracy of cone beam computed tomography scans compared with intraoral image modalities for detection of caries lesions, in: *Dentomaxillofac Radiol*, **37**, p. 18-22.
49. HIRSCH, E., U. WOLF, F. HEINICKE & M.A. SILVA (2008): Dosimetry of the cone beam computed tomography Veraviewepocs 3D compared with the 3D Accuitomo in different fields of view, in: *Dentomaxillofac Radiol*, **37**, p. 268-73.
50. HOL, C., K. HELLEN-HALME, G. TORGERSEN, M. NILSSON & A. MOYSTAD (2015): How do dentists use CBCT in dental clinics? A Norwegian nationwide survey, in: *Acta Odontol Scand*, **73**, p. 195-201.
51. HORNER, K., M. ISLAM, L. FLYGARE, K. TSIKLAKIS & E. WHAITES (2009): Basic principles for use of dental cone beam computed tomography: consensus guidelines of the European Academy of Dental and Maxillofacial Radiology, in: *Dentomaxillofac Radiol*, **38**, p. 187-95.

52. HOUNO, Y., T. HISHIKAWA, K.I. GOTOH, M. NAITOH, A. MITANI, T. NOGUCHI, E. ARIJI & Y. KODERA (2017): Optimizing the reconstruction filter in cone-beam CT to improve periodontal ligament space visualization: An in vitro study, in: *Imaging Sci Dent*, **47**, p. 199-207.
53. HSU, Y.-H., W.-L. PAN, C.-P. CHAN, Y.-P. PAN, C.-Y. LIN, Y.-M. WANG & C.-C. CHANG (2019): Cone-beam computed tomography assessment of Schneiderian membranes: Non-infected and infected membranes, and membrane resolution following tooth extraction: A retrospective clinical trial, in: *Biomedical journal*, **42**, p. 328-334.
54. JERVØE-STORM, P.M., M. HAGNER, J. NEUGEBAUER, L. RITTER, J.E. ZÖLLER, S. JEPSEN & M. FRENTZEN (2010): Comparison of cone-beam computerized tomography and intraoral radiographs for determination of the periodontal ligament in a variable phantom, in: *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **109**, p. e95-101.
55. JORDAN, M.I. & T.M. MITCHELL (2015): Machine learning: Trends, perspectives, and prospects, in: *Science*, **349**, p. 255-60.
56. KAEPLER, G. (2014): Grenzen der dentalen digitalen Volumentomographie und weiterführende Diagnostik, in: *wissen kompakt*, **8**, p. 29-40.
57. KAMBUROGLU, K., S. MURAT, S.P. YUKSEL, A.R. CEBECI & C.S. PAKSOY (2010): Occlusal caries detection by using a cone-beam CT with different voxel resolutions and a digital intraoral sensor, in: *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **109**, p. e63-9.
58. KATSUMATA, A., A. HIRUKAWA, M. NOUJEIM, S. OKUMURA, M. NAITOH, M. FUJISHITA, E. ARIJI & R.P. LANGLAIS (2006): Image artifact in dental cone-beam CT, in: *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **101**, p. 652-7.
59. KAVIANI, F., R. JAVAD RASHID, Z. SHAHMORADI & M. GHOLAMIAN (2014): Detection of foreign bodies by spiral computed tomography and cone beam computed tomography in maxillofacial regions, in: *Journal of dental research, dental clinics, dental prospects*, **8**, p. 166-171.
60. KAYIPMAZ, S., O.S. SEZGIN, S.T. SARICA OGLU & G. CAN (2011): An in vitro comparison of diagnostic abilities of conventional radiography, storage phosphor, and cone beam computed tomography to determine occlusal and approximal caries, in: *Eur J Radiol*, **80**, p. 478-82.
61. KETABI, A.R., S. KETABI, M.B. NABLI, H.C. LAUER & M. BRENNER (2019): Detection and measurements of apical lesions in the upper jaw by cone beam computed tomography and panoramic radiography as a function of cortical bone thickness, in: *Clin Oral Investig*, **23**, p. 4067-4073.
62. KEUTEL, C., M. HEUSCHMID & S. REINERT (2014): Bildgebende Verfahren bei Kieferhöhlenerkrankungen, in: *Der MKG-Chirurg*, **7**, p. 177-184.
63. KRAMME, R. (2017): *Medizintechnik Verfahren-Systeme- Informationsverarbeitung*, 5. Auflage, Berlin: Springer Verlag.
64. KRIMMEL, M. (2014): Die odontogene Kieferhöhlenentzündung, [online] <https://www.zm-online.de/archiv/2014/24/titel/die-odontogene-kieferhoehlenentzuendung/seite/alle> [02.08.2020].

65. KRIMMEL, M. & S. REINERT (2014): Die Kieferhöhle und die laterale Nasenwand, in: *Der MKG-Chirurg*, **7**, p. 170-176.
66. KRUSE, C., R. SPIN-NETO, A. WENZEL & L.L. KIRKEVANG (2015): Cone beam computed tomography and periapical lesions: a systematic review analysing studies on diagnostic efficacy by a hierarchical model, in: *Int Endod J*, **48**, p. 815-28.
67. KRZYZOSTANIAK, J., T. KULCZYK, B. CZARNECKA & A. SURDACKA (2015): A comparative study of the diagnostic accuracy of cone beam computed tomography and intraoral radiographic modalities for the detection of noncavitated caries, in: *Clin Oral Investig*, **19**, p. 667-72.
68. KURTULDU, E., H. ALKIS, S. YESILTEPE & M. SUMBULLU (2020): Incidental findings in patients who underwent cone beam computed tomography for implant treatment planning, in: *Nigerian Journal of Clinical Practice*, **23**, p. 329-336.
69. LANA, J.P., P.M. CARNEIRO, C. MACHADO VDE, P.E. DE SOUZA, F.R. MANZI & M.C. HORTA (2012): Anatomic variations and lesions of the maxillary sinus detected in cone beam computed tomography for dental implants, in: *Clin Oral Implants Res*, **23**, p. 1398-403.
70. LANDIS, J.R. & G.G. KOCH (1977): The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data, in: *Biometrics*, **33**, p. 159-174.
71. LAVERTY, D.P., J. BUGLASS & A. PATEL (2018): Flapless dental implant surgery and use of cone beam computer tomography guided surgery, in: *Br Dent J*, **224**, p. 601-11.
72. LE, E.P.V., Y. WANG, Y. HUANG, S. HICKMAN & F.J. GILBERT (2019): Artificial intelligence in breast imaging, in: *Clin Radiol*, **74**, p. 357-366.
73. LOMBARDO, L., A. ARREGHINI, M.P. GUARNERI, D. LAURITANO, M. NARDONE & G. SICILIANI (2017): Unexpected artefacts and occult pathologies under CBCT, in: *Oral Implantol (Rome)*, **10**, p. 97-104.
74. LOPES, I.A., R.M. TUCUNDUVA, R.H. HANDEM & A.L. CAPELOZZA (2017): Study of the frequency and location of incidental findings of the maxillofacial region in different fields of view in CBCT scans, in: *Dentomaxillofac Radiol*, **46**, p. 20160215.
75. LU, X., Y. TIAN, S.J. WANG, J.L. ZHAI, Q.Y. ZHUANG, S.Y. CAI & J. QIAN (2017): Relationship between the small cervical vertebral body and the morbidity of cervical spondylosis, in: *Medicine (Baltimore)*, **96**, p. e7557.
76. LUDLOW, J.B. & M. IVANOVIC (2008): Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology, in: *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **106**, p. 106-14.
77. LUDLOW, J.B., R. TIMOTHY, C. WALKER, R. HUNTER, E. BENAVIDES, D.B. SAMUELSON & M.J. SCHESKE (2015): Effective dose of dental CBCT-a meta analysis of published data and additional data for nine CBCT units, in: *Dentomaxillofac Radiol*, **44**, p. 20140197.
78. LUDLOW, J.B. & C. WALKER (2013): Assessment of phantom dosimetry and image quality of i-CAT FLX cone-beam computed tomography, in: *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **144**, p. 802-17.
79. MACDONALD, D. (2017): Cone-beam computed tomography and the dentist, in: *J Investig Clin Dent*, **8**, p. e12178.

80. MAILLET, M., W.R. BOWLES, S.L. MCCLANAHAN, M.T. JOHN & M. AHMAD (2011): Cone-beam Computed Tomography Evaluation of Maxillary Sinusitis, in: *Journal of Endodontics*, **37**, p. 753-757.
81. MASKA, B., A. OTHMAN, S. BEHDIN, E. BENAVIDES & Y. KAPILA (2016): Incidental Findings From Cone-Beam Computed Tomography During Implant Therapy, in: *Clin Adv Periodontics*, **6**, p. 94-98.
82. MEHRA, P. & H. MURAD (2004): Maxillary sinus disease of odontogenic origin, in: *Otolaryngologic Clinics of North America*, **37**, p. 347-364.
83. MIRACLE, A.C. & S.K. MUKHERJI (2009): Conebeam CT of the head and neck, part 2: clinical applications, in: *AJNR Am J Neuroradiol*, **30**, p. 1285-92.
84. MONJE, A., K.T. DIAZ, L. ARANDA, A. INSUA, A. GARCIA-NOGALES & H.-L. WANG (2016): Schneiderian Membrane Thickness and Clinical Implications for Sinus Augmentation: A Systematic Review and Meta-Regression Analyses, in: *Journal of Periodontology*, **87**, p. 888-899.
85. MONSARRAT, P., A. GALIBOURG, K. NASR, N. TELMON & D. MARET (2019): Incidental Findings in Dental Radiology are Concerning for Family Doctors, in: *Open Med (Wars)*, **14**, p. 467-478.
86. MOTA DE ALMEIDA, F.J., K. KNUTSSON & L. FLYGARE (2014): The effect of cone beam CT (CBCT) on therapeutic decision-making in endodontics, in: *Dentomaxillofac Radiol*, **43**, p. 20130137.
87. MUINELO-LORENZO, J., J.A. SUAREZ-QUINTANILLA, A. FERNANDEZ-ALONSO, S. MARSILLAS-RASCADO & M.M. SUAREZ-CUNQUEIRO (2014): Descriptive study of the bifid mandibular canals and retromolar foramina: cone beam CT vs panoramic radiography, in: *Dentomaxillofac Radiol*, **43**, p. 20140090.
88. MUTALIK, S., K. RENGASAMY & A. TADINADA (2018): Incidental findings based on anatomical location and clinical significance in CBCT scans of dental implant patients, in: *Quintessence Int*, **49**, p. 419-426.
89. NARDI, C., L. CALISTRI, S. PRADELLA, I. DESIDERI, C. LORINI & S. COLAGRANDE (2017): Accuracy of Orthopantomography for Apical Periodontitis without Endodontic Treatment, in: *Journal of Endodontics*, **43**, p. 1640-1646.
90. NASCIMENTO, E.H., M.L. PONTUAL, A.A. PONTUAL, D.Q. FREITAS, D.E. PEREZ & F.M. RAMOS-PEREZ (2016): Association between Odontogenic Conditions and Maxillary Sinus Disease: A Study Using Cone-beam Computed Tomography, in: *J Endod*, **42**, p. 1509-15.
91. NAZIRI, E., A. SCHRAMM & F. WILDE (2016): Accuracy of computer-assisted implant placement with insertion templates, in: *GMS Interdiscip Plast Reconstr Surg DGPW*, **5**, p. Doc15.
92. NGUYEN, P.N., E. KRUGER, T. HUANG & B. KOONG (2020): Incidental findings detected on cone beam computed tomography in an older population for pre-implant assessment, in: *Aust Dent J*, **0**, p. 1-7.
93. NISHIKAWA, K., A. SUEHIRO, H. SEKINE, Y. KOUSUGE, M. WAKOH & T. SANO (2010): Is linear distance measured by panoramic radiography reliable?, in: *Oral Radiology*, **26**, p. 16-19.

94. OSER, D.G., B.R. HENSON, E.Y. SHIANG, M.D. FINKELMAN & R.B. AMATO (2017): Incidental Findings in Small Field of View Cone-beam Computed Tomography Scans, in: *J Endod*, **43**, p. 901-904.
95. OZMERIC, N., I. KOSTIOUTCHENKO, G. HÄGLER, M. FRENTZEN & P.M. JERVØE-STORM (2008): Cone-beam computed tomography in assessment of periodontal ligament space: in vitro study on artificial tooth model, in: *Clin Oral Investig*, **12**, p. 233-9.
96. PANDE, S., S. KUMBHARE & A. PARATE (2015): Incidental findings on cone beam computed tomography: Relate and relay, in: *Journal of Indian Academy of Oral Medicine and Radiology*, **27**, p. 48-54.
97. PASLER, F.V.H. (2003): *Taschenatlas der Zahnärztlichen Radiologie* Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
98. PATEL, S., R. WILSON, A. DAWOOD & F. MANNOCCI (2012): The detection of periapical pathosis using periapical radiography and cone beam computed tomography - part 1: pre-operative status, in: *Int Endod J*, **45**, p. 702-10.
99. PAURAZAS, S.B., J.R. GEIST, F.E. PINK, M.M. HOEN & H.R. STEIMAN (2000): Comparison of diagnostic accuracy of digital imaging by using CCD and CMOS-APS sensors with E-speed film in the detection of periapical bony lesions, in: *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **89**, p. 356-62.
100. PAUWELS, R., J. BEINSBERGER, B. COLLAERT, C. THEODORAKOU, J. ROGERS, A. WALKER, L. COCKMARTIN, H. BOSMANS, R. JACOBS, R. BOGAERTS & K. HORNER (2012): Effective dose range for dental cone beam computed tomography scanners, in: *Eur J Radiol*, **81**, p. 267-71.
101. PAZERA, P., M.M. BORNSTEIN, A. PAZERA, P. SENDI & C. KATSAROS (2011): Incidental maxillary sinus findings in orthodontic patients: a radiographic analysis using cone-beam computed tomography (CBCT), in: *Orthod Craniofac Res*, **14**, p. 17-24.
102. PETTE, G.A., F.J. NORKIN, J. GANELES, P. HARDIGAN, E. LASK, S. ZFAZ & W. PARKER (2012): Incidental findings from a retrospective study of 318 cone beam computed tomography consultation reports, in: *Int J Oral Maxillofac Implants*, **27**, p. 595-603.
103. PRASAD, K.C., M.P. KAMATH, K.J. REDDY, K. RAJU & S. AGARWAL (2002): Elongated styloid process (Eagle's syndrome): a clinical study, in: *J Oral Maxillofac Surg*, **60**, p. 171-5.
104. PRICE, J.B., K.L. THAW, D.A. TYNDALL, J.B. LUDLOW & R.J. PADILLA (2012): Incidental findings from cone beam computed tomography of the maxillofacial region: a descriptive retrospective study, in: *Clin Oral Implants Res*, **23**, p. 1261-8.
105. PROBST, R.G., GERHARD; IRO, HEINRICH (2008): *Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde*, 3. Auflage, Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
106. RATHORE, S., D. TYNDALL, J. WRIGHT & E. EVERETT (2012): Ex vivo comparison of Galileos cone beam CT and intraoral radiographs in detecting occlusal caries, in: *Dentomaxillofac Radiol*, **41**, p. 489-93.
107. REINERT, S. & M. KRIMMEL (2014): Therapie odontogener Kieferhöhlenerkrankungen, in: *Der MKG-Chirurg*, **7**, p. 195-205.

108. REYES, A., I. TURKYILMAZ & T.J. PRIHODA (2015): Accuracy of surgical guides made from conventional and a combination of digital scanning and rapid prototyping techniques, in: *J Prosthet Dent*, **113**, p. 295-303.
109. RITTER, L., J. LUTZ, J. NEUGEBAUER, M. SCHEER, T. DREISEIDLER, M.J. ZINSER, D. ROTHAMEL & R.A. MISCHKOWSKI (2011): Prevalence of pathologic findings in the maxillary sinus in cone-beam computerized tomography, in: *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **111**, p. 634-40.
110. RODRÍGUEZ-RUIZ, A., E. KRUPINSKI, J.J. MORDANG, K. SCHILLING, S.H. HEYWANG-KÖBRUNNER, I. SECHOPOULOS & R.M. MANN (2019): Detection of Breast Cancer with Mammography: Effect of an Artificial Intelligence Support System, in: *Radiology*, **290**, p. 305-314.
111. SCHILLING, R. & M.A. GEIBEL (2013): Assessment of the effective doses from two dental cone beam CT devices, in: *Dentomaxillofac Radiol*, **42**, p. 20120273.
112. SCHMIDT, J.C., C.J. GUTEKUNST, D. DAGASSAN-BERNDT, P.R. SCHMIDLIN & C. WALTER (2019): Comparison of Two-Dimensional and Three-Dimensional Radiographs Using Clinically Relevant Parameters, in: *Dent J (Basel)*, **7**, p. 1-13.
113. SCHNEIDER, D., J. WEDEN, J. HOHENBERGER & R. BSCHORER (2016): Die odontogene Sinusitis maxillaris: Eine umfassende Übersicht, in: *Dens*, **5**, p. 27-31.
114. SCHNEIDER, M. (2015): Radiologische Bildgebung und Strahlenexposition in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, in: *MKG-Chirurg*, **8**, p. 255-267.
115. SCHNUTENHAUS, S., C. EDELMANN, H. RUDOLPH, J. DREYHAUPT & R.G. LUTHARDT (2018): 3D accuracy of implant positions in template-guided implant placement as a function of the remaining teeth and the surgical procedure: a retrospective study, in: *Clin. Oral Invest.*, **22**, p. 2363-2372.
116. SCHUKNECHT, B. & D. SIMMEN (2002): Stellenwert radiologischer Bildgebung der Nasennebenhöhlen, in: *Laryngo-Rhino-Otol.*, **81**, p. 126–146.
117. SCHULZ, M., P.A. REICHART, K. DULA & M.M. BORNSTEIN (2010): [Focal osteosclerotic lesions of the jaws--a review focusing on diagnostic and therapeutic aspects], in: *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, **120**, p. 325-39.
118. SCHULZE, R. (2011): Dreidimensionales Röntgen in der Zahnheilkunde, in: *DFZ*, **55**, p. 76.
119. SCHULZE, R. (2014): Dentale digitale Volumentomographie – Technik und Anwendung, in: *wissen kompakt*, **8**, p. 13-28.
120. SCHULZE, R. (2018): Dreidimensionale Röntgenbildgebung, in: *DFZ*, **62**, p. 82-90.
121. SCHULZE, R., U. HEIL, D. GROSS, D.D. BRUELLMANN, E. DRANISCHNIKOW, U. SCHWANECKE & E. SCHOEMER (2011): Artefacts in CBCT: a review, in: *Dentomaxillofac Radiol*, **40**, p. 265-73.

122. SMEETS, R., L. MATTHIES, S. KÜHL, D. GRUBEANU, M. PAYER, W. ZECHNER, B. BECK-BROICHSITTER & M. HEILAND (2017): Mehr Sicherheit in der geführten Implantologie, in: *MKG-Chirurg*, **10**, p. 244-251.
123. STRAHLENSCHUTZGESETZ (2017): Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung [online] <https://www.gesetze-im-internet.de/strlsg/StrlSchG.pdf> [02.08.2020].
124. STRAHLENSCHUTZVERORDNUNG (2018): Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung, [online] [https://www.gesetze-im-internet.de/strlschv\\_2018/StrlSchV.pdf](https://www.gesetze-im-internet.de/strlschv_2018/StrlSchV.pdf) [02.08.2020].
125. SULLIVAN, J.E., JR., P.M. DI FIORE & A. KOERBER (2000): Radiovisiography in the detection of periapical lesions, in: *J Endod*, **26**, p. 32-5.
126. SUTTER, W., S. BERGER, M. MEIER, A. KROPP, A.M. KIELBASSA & D. TURHANI (2018): Cross-sectional study on the prevalence of carotid artery calcifications, tonsilloliths, calcified submandibular lymph nodes, sialoliths of the submandibular gland, and idiopathic osteosclerosis using digital panoramic radiography in a Lower Austrian subpopulation, in: *Quintessence Int*, **3**, p. 227-238.
127. TAYLOR, A.G., C. MIELKE & J. MONGAN (2018): Automated detection of moderate and large pneumothorax on frontal chest X-rays using deep convolutional neural networks: A retrospective study, in: *PLOS Med*, **15**, p. 1-15.
128. TERLEMEZ, A., M. TASSOKER, M. KIZILCAKAYA & M. GULEC (2019): Comparison of cone-beam computed tomography and panoramic radiography in the evaluation of maxillary sinus pathology related to maxillary posterior teeth: Do apical lesions increase the risk of maxillary sinus pathology?, in: *Imaging Sci Dent*, **49**, p. 115-122.
129. THEODORAKOU, C., A. WALKER, K. HORNER, R. PAUWELS, R. BOGAERTS & R. JACOBS (2012): Estimation of paediatric organ and effective doses from dental cone beam CT using anthropomorphic phantoms, in: *Br J Radiol*, **85**, p. 153-60.
130. TOGAN, B., T. GANDER, M. LANZER, R. MARTIN & H.T. LUBBERS (2016): Incidence and frequency of nondental incidental findings on cone-beam computed tomography, in: *J Craniomaxillofac Surg*, **44**, p. 1373-80.
131. TSUCHIDA, R., K. ARAKI & T. OKANO (2007): Evaluation of a limited cone-beam volumetric imaging system: comparison with film radiography in detecting incipient proximal caries, in: *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **104**, p. 412-6.
132. VALIZADEH, S., M.A. TAVAKKOLI, H. KARIMI VASIGH, Z. AZIZI & T. ZARRABIAN (2012): Evaluation of Cone Beam Computed Tomography (CBCT) System: Comparison with Intraoral Periapical Radiography in Proximal Caries Detection, in: *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*, **6**, p. 1-5.
133. VON ARX, T., A. HANNI, P. SENDI, D. BUSER & M.M. BORNSTEIN (2011): Radiographic study of the mandibular retromolar canal: an anatomic structure with clinical importance, in: *J Endod*, **37**, p. 1630-5.

134. WEIS, C. (2013): *Basiswissen Medizinische Statistik*, 6. Auflage, Berlin: Springer.
135. WENZEL, M., F.K.H. CHUN, O. HINZ & B. ABDEL-KARIM (2020): Möglichkeiten einer automatisierten Auswertung der Thorax-Röntgenaufnahme durch künstliche Intelligenz für Klinik und Praxis, in: *Der Pneumologe*, **17**, p. 59-64.
136. YUAN, C., V.W. WU, S.P. YIP, D.L. KWONG & M. YING (2017): Ultrasound Evaluation of Carotid Atherosclerosis in Post-Radiotherapy Nasopharyngeal Carcinoma Patients, Type 2 Diabetics, and Healthy Controls, in: *Ultraschall Med*, **38**, p. 190-197.
137. ZELLER, T. (2014): Möglichkeiten und Grenzen der DVT, in: *HNO Nachrichten*, **44**, p. 25-27.
138. ZINMAN, E.J., S.C. WHITE & S. TETRADIS (2010): Legal considerations in the use of cone beam computer tomography imaging, in: *J Calif Dent Assoc*, **38**, p. 49-56.

## **7 Erklärung zum Eigenanteil**

Die vorliegende Arbeit wurde in der Klinik und Poliklinik für Mund- Kiefer- und Gesichtschirurgie an der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, betreut von Prof. Dr. Dr. Michael Krimmel, durchgeführt. Bei der wissenschaftlichen Arbeit und Gliederung der Arbeit wurde ich von Frau Dr. Dr. Constanze Keutel angeleitet und bei Fragen/ Problemen unterstützt. Die Konzeption der Studie und statistischen Auswertung erfolgte durch mich, in Zusammenarbeit und mit Beratung von Frau Dr. Dr. Constanze Keutel.

Die Datenrecherche, Datenerhebung, Datenprüfung, sowie die komplette Dateneingabe in das Statistik-Programm SPSS erfolgte durch mich. Die damit erzeugten Abbildungen, Zeichnungen und Tabellen wurden von mir selber erstellt und modifiziert. Eine statistische Beratung des Instituts für Klinische Epidemiologie und angewandte Biometrie der Universität Tübingen wurde in Anspruch genommen. Für die Unterstützung möchte ich mich bei Frau Higueta herzlich bedanken.

Ich versichere, das vorliegende Manuskript selbständig verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

## 8 Danksagung

Ich danke meinem Doktorvater Herrn Professor Dr. Dr. Michael Krimmel für die Überlassung des Themas dieser Arbeit.

Frau Dr. Dr. Constanze Keutel danke ich herzlich für die engagierte Betreuung und Unterstützung sowie die Anleitung bei den Befundungen. Sie hatte immer ein offenes Ohr für meine Anliegen und half mit einer Menge Ratschlägen und Anregungen.

Johannes Lörner danke ich, der mich während des gesamten Studiums immer unterstützt hat und für meine Fragen bezüglich der Dissertation stets zur Seite stand.

Des Weiteren möchte ich Frau Higuita danken für die Betreuung und Hilfe beim Erstellen der wissenschaftlichen Statistik.

Meiner Familie, speziell meinen Eltern und meinem Freund danke ich für den Zuspruch und die Ermutigung beim Durchführen der Arbeit.