

Aus der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
des Universitätsklinikums Regensburg
Direktor: Prof. Dr. Dr. Torsten E. Reichert

**Nutzungsverhalten der digitalen Volumentomografie von niedergelassenen Mund-,
Kiefer- und Gesichtschirurgen in Bayern**

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnmedizin

der Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Katrín Hitzénberger
aus Hébertsfelden

2025

Aus der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
des Universitätsklinikums Regensburg
Direktor: Prof. Dr. Dr. Torsten E. Reichert

**Nutzungsverhalten der digitalen Volumentomografie von niedergelassenen Mund-,
Kiefer- und Gesichtschirurgen in Bayern**

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnmedizin

der Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Katrín Hitzénberger
aus Hébertsfelden

2025

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Regensburg

Dekan: Prof. Dr. Dirk Hellwig
1. Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. Tobias Ettl
2. Berichterstatter: PD Dr. Eva Paddenberg-Schubert
Tag der mündlichen Prüfung: 20.10.2025

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	4
2	Ziele	6
3	Hintergrund.....	7
3.1	<i>Funktionsweise der Digitalen Volumentomografie.....</i>	<i>7</i>
3.2	<i>Strahlenhygiene</i>	<i>10</i>
3.3	<i>Indikationen.....</i>	<i>12</i>
3.3.1	<i>Zahnheilkunde</i>	<i>12</i>
3.3.2	<i>Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (MKG).....</i>	<i>13</i>
3.3.3	<i>Dentale Implantatplanung</i>	<i>14</i>
3.3.4	<i>Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde (HNO).....</i>	<i>14</i>
3.4	<i>Abrechnung</i>	<i>15</i>
4	Material und Methoden.....	16
4.1	<i>Studiendesign.....</i>	<i>16</i>
4.2	<i>Aufbau des Fragebogens</i>	<i>16</i>
4.2.1	<i>Fragen zur Gerätekonfiguration.....</i>	<i>17</i>
4.2.2	<i>Indikationen der DVT-Diagnostik.....</i>	<i>17</i>
4.2.3	<i>Anwendungshäufigkeiten</i>	<i>17</i>
4.2.4	<i>Verwendung der Aufnahme Volumina.....</i>	<i>17</i>
4.2.5	<i>Vergütung des DVTs.....</i>	<i>18</i>
4.3	<i>Statistische Auswertung.....</i>	<i>18</i>
5	Auswertung der Ergebnisse	19
6	Diskussion	31
7	Schlussfolgerung	38
	Literaturverzeichnis	39
	Eidesstattliche Versicherung	47
	Danksagung.....	48

1 Einleitung

Die Entwicklung der Röntgentechnik durch W.C. Röntgen im Jahr 1895 hat die medizinische Diagnostik wie kaum eine andere Entdeckung revolutioniert. Seitdem ist diese auf Grund vieler technischer Weiterentwicklungen als diagnostisches Mittel auch in der Zahnheilkunde nicht mehr wegzudenken. [1,31]

Noch heute machen dentale Röntgenbilder jedes Jahr laut dem Bundesamt für Strahlenschutz etwa 40 % aller in Deutschland gemachten Röntgenaufnahmen aus. [2]

Anfangs wurden die Röntgenbilder analog aufgenommen mit Filmen als bildgebendes Medium. [41] Nachdem mit der konventionellen Röntgentechnik lange nur zweidimensionale Bilder möglich waren, ebnete die von Hounsfield in den 70er Jahren eingeführte Computertomografie (CT) als erstes digitales Verfahren den Weg für eine dreidimensionale Bildgebung. [11]

Bei Einführung des ersten Magnetresonanztomographen (MRT), welcher Anfang der 80er Jahre vorgestellt wurde, war der interne Speicher der Geräte zur Datenverwaltung noch sehr gering. Die Datensätze der CT- und MRT-Aufnahmen mussten anfangs weiterhin auf Filmen ausgedruckt und dokumentiert werden. [41]

Erst die Entwicklung größerer Festplattenträger und die damit verbundene digitale Verarbeitung des Datensatzes, konnte dreidimensionalen Verfahren den Durchbruch ermöglichen. [3]

In der Zahnheilkunde stellt die Panoramaschichtaufnahme als zweidimensionale Aufnahme weiterhin den „Gold-Standard“ der radiologischen Diagnostik dar, jedoch kommt es technikbedingt zu einer Vielzahl an Überlagerungen. [12,45]

Seit seiner Einführung im Jahr 1998 hat sich die digitale Volumentomografie (DVT) als neue Aufnahmetechnik immer stärker etabliert und bildet einen zunehmend wichtigeren diagnostischen Pfeiler in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. [4,12] Die Anzahl der angefertigten DVTs steigt aufgrund der stetigen Verbesserung dieser Technik in Hinblick auf Bildqualität und Dosisreduktion in den letzten Jahren zunehmend an, was oftmals zu einer verbesserten Diagnostik und anschließender Therapie für die Patienten führen kann. [74,75]

Arnheiter et al. untersuchte in einer retrospektiven Studie zwei Jahre lang Indikationen für DVT-Aufnahmen in den Vereinigten Staaten von Amerika.

Für Implantatplanungen (40 %), chirurgische Eingriffe (24 %) und Kiefergelenksanalysen (16 %) ergaben sich die meisten Indikationen. Genauso häufig wurde bei impaktierten Zähnen und kieferorthopädischen Untersuchungen ein DVT veranlasst. Zusätzlich stellte er ein steigendes Interesse nach DICOM-Quelldateien zur Herstellung von Bohrschablonen und stereolithographischen Modellen fest. [42]

Weiterhin kommt das DVT inzwischen immer häufiger intraoperativ als Weiterentwicklung des C-Bogens zum Einsatz. [3]

Da diese Technik in Deutschland eine Privatleistung darstellt, gibt es nur wenige wissenschaftliche Daten zum Nutzungsverhalten dieses Verfahrens im täglichen Praxisalltag auf Grund einer fehlenden zentralen Datenerfassungen. [30]

Anhand dieser Dissertation soll festgelegt werden inwieweit das DVT bereits Einzug in die diagnostische Routine in Praxen von niedergelassenen Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen (MKG) gehalten hat.

2 Ziele

Ziele dieser Dissertation sind:

1. Einen Überblick über das Nutzungsverhalten der digitalen Volumentomographie bei niedergelassenen MKG-Chirurgen in Bayern zu bekommen
2. Insbesondere wie viele der in Bayern niedergelassenen MKG-Chirurgen bereits ein DVT-Gerät besitzen oder eine entsprechende Anschaffung planen
3. Häufigkeiten einzelner Aufnahmen und Indikationen für das DVT in der MKG-Praxis
4. Zukünftige Vergütung der Privatleistung „DVT-Aufnahme“ in der Praxis

3 Hintergrund

Obwohl erste Pioniergeräte schon in den 80er Jahren eingesetzt wurden, kamen die Geräte der digitalen Volumentomographie in der Zahnmedizin erst 10 Jahre später zum Einsatz. Eine Anpassung der Detektoren und der größeren Rechenleistung führten schließlich zum Durchbruch in der klinischen Anwendung. [37]

3.1 Funktionsweise der Digitalen Volumentomografie

Die digitale Volumentomografie ist ein Verfahren bei der hauptsächlich ossäre Strukturen im Kopf-Hals-Bereich dreidimensional dargestellt werden können. [21,24] Hierfür läuft die Strahlenquelle in der Regel einmal kreisförmig um den Kopf des Patienten und wirft dabei ein dreidimensionales, kegelförmiges oder pyramidenförmiges Strahlenbündel auf einen flächigen Detektor. [5] Aufgrund der Technologie wird das DVT im englischsprachigen Raum auch „Cone Beam Computer Tomography“ (CBCT) genannt. [25] Darin liegt der Hauptunterschied zum CT, bei dem ein fächerförmiger Röntgenstrahl und ein spiralförmiger Umlauf zum Einsatz kommt (Abbildung 1). Weiterhin ist diese Methode weniger aufwendig und kann mit einer deutlichen Dosisreduktion verbunden sein. [21]

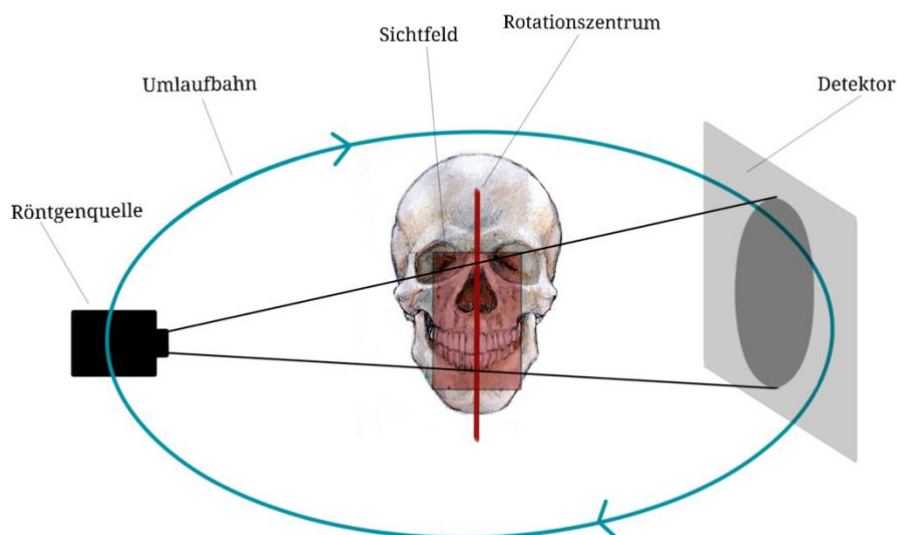


Abbildung 1: Funktionsweise des DVT-Gerätes

Zur Aufnahme der Bilder dient ein um 180° zur Röntgenröhre versetzter digitaler Bilddetektor. Dieser besteht entweder aus einem Bilddetektor mit Charge-coupled device (CCD)-Sensor, welcher allerdings aufgrund des schlechten Signal-Rausch-Verhältnisses nur noch selten Anwendung findet oder einem Flachdetektor (Flat Panel Detector, FPD). [25,43] Bei dem Flachdetektor kommt eine dünne Szintillatorschicht aus amorphem Silizium mit Dünnschichttransistoren zum Einsatz. Im Vergleich zum Bilddetektor zeichnet sich dieser durch eine größere Detailschärfe sowie einer geringeren Verzerrung aus. Außerdem findet keine Lichtstreuung statt, wodurch die Ortsauflösung vergrößert ist. [43,37]

Bei der Aufnahme werden zahlreiche Bilder in dünnen Einzelschichten erzeugt, die Anzahl variiert unter den Herstellern und reicht von 100 bis zu 600 Einzelaufnahmen (Fluoroskopien). [36,37] Die Umlaufzeit beträgt in der Regel zwischen 4 und 25 Sekunden. [31] Hierfür wird die Röntgenstrahlung nicht kontinuierlich, sondern meist gepulst appliziert. Je nach Gerät wird eine Röhrenspannung zwischen 80 kV und 120 kV angelegt. Es sind Stromstärken zwischen 0,5 und 10mA im Einsatz. [41] Die Bilder werden anschließend mittels Rückprojektion in ein 3D-Volumen umgewandelt. [23] Neben Schnittbildern können auch axiale, koronale und sagittale Ansichten rekonstruiert werden. [14] Meistens verwendet man dafür eine Modifikation des sogenannten Feldkamp-Algorithmus [9], welcher die Rohdaten in Querschnittsbilder umwandelt. Hierfür bilden Pixel die Grundelemente. Die auf den Detektor eintreffenden Strahlenintensität hat Einfluss auf die Grauabstufung. Die vielen Einzelbilder ergeben ein Bildvolumen, das aus dreidimensionalen Pixeln, auch Voxel, genannt besteht. [23] Je kleiner ein Voxel, desto detaillierter wird das Objekt dargestellt.

[48] Die Geräte unterscheiden sich in der verwendeten Detektortechnologie, Patientenpositionierung (liegend, sitzend, stehend), der Installation (mobil oder festinstalliert) und der Größe des abgebildeten Volumens, dem sogenannte „Field of View“ (FOV). [4] Die Größe des FOV kann stark variieren: kleinste Volumina in der Zahnheilkunde beginnen mit der Darstellung von Einzelzähnen und deren angrenzenden Strukturen bis hin zu großen Volumina mit Abbildung des gesamten Gesichtsschädels. Mit größerem FOV steigt auch die Strahlenbelastung an. [21]

Weitere Einflussfaktoren auf die abgegebene Dosis sind Stromstärke sowie Umlaufzeit.

Durch eine Verringerung der Stromstärke kann unter Umständen eine Senkung der effektiven Dosis ohne signifikante Einbußen der Bildqualität erreicht werden.[46]

Die Dauer der Umlaufzeit hat zusätzlich auch einen Einfluss auf die Bildqualität, da bei kürzeren Zeiten das Risiko für Bewegungsartefakte sinkt aber auch weniger Einzelaufnahmen

angefertigt werden. Zusätzlich ist eine kürzere Umlaufzeit mit einer geringeren Strahlenbelastung verbunden.[3]

Eine Technik, bei welcher mehrere Volumina zusammengefügt werden, wird als Stitching bezeichnet. Hierbei wird der Patient nach einer Neuausrichtung der Röhre mehrfach geröntgt und die verschiedenen Volumina anschließend zu einem größeren Gesamtvolumen ergänzt. [31]

Häufig werden auch Kombinationsgeräte aus DVT und Panoramaschichtgerät auf dem deutschen Markt verwendet (Abbildung 2).



Abbildung 2: Beispiel eines Kombinationsgerätes für Panorama- und DVT-Aufnahmen mit stehender Patientenposition

Ein Vorteil des DVTs ist die maßstabsgetreue und verzerrungsfreie Darstellung anatomischer Strukturen. Laut *Mozzo* beträgt der mittlere Fehler 0,8 bis 1 % in der Horizontalen und auf 2,2 % in der Vertikalen. [12] Außerdem ist die Gefahr der räumlichen Verzerrung aufgrund von Patientenbewegungen im Vergleich zum CT deutlich geringer. [42]

Allerdings können auch bei diesem Verfahren Fehler, sogenannte Artefakte, entstehen. [4]

Hierbei sind besonders Auslöschungs- und Aufhärtungsartefakte von relevanter Bedeutung, die durch hochdichte metallische Strukturen wie prothetische Konstruktionen zustande kommen. Diese fallen allerdings deutlich geringer aus als im CT. [14,17,19] Zusätzlich kann es zu Aliasing-Artefakten, auch Moire-Muster genannt, kommen. Bei diesen handelt es sich um wiederholende Muster oder Streifen im Bild. Diese entstehen aufgrund des Konusstrahl-Effekts. Quellennahe Strukturen werden aufgrund des divergierenden Konusstrahls im Vergleich zu quellenfernen Strukturen von mehr Röntgenstrahlen durchdrungen. Eine weitere Ursache für Moire-Muster kann eine niedrige Abtastfrequenz des Detektors sein. [13, 17]

Im Vergleich zu hochauflösenden zweidimensionalen Aufnahmen wie der Panoramaschichtaufnahme ist die erreichte Ortsauflösung bei einer DVT-Aufnahme um etwa eine Zehnerpotenz geringer. [16]

Die Beurteilung der Weichgewebe ist im Vergleich zum CT deutlich eingeschränkt, da hierbei zusätzlich die Gabe von Kontrastmittel möglich ist. Außerdem ist der Rauschpegel beim DVT erhöht. [18,20]

Für die Befundung kann entweder eine vom Hersteller bereitgestellte Viewer Software benutzt werden oder spezielle unabhängige Viewer Softwares, die das international gültige Datenformat DICOM verarbeiten und darstellen können. [41]

3.2 Strahlenhygiene

Bei jeder Röntgenuntersuchung gilt das sogenannte ALARA-Prinzip („as low as reasonably achievable“), welches besagt, dass für die erforderliche Diagnosestellung eine möglichst geringe Strahlendosis angewendet werden soll. [8,16]

Dieses Prinzip wird durch §118 der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) zusätzlich im Rahmen der rechtfertigenden Indikation untermauert. [6] Hierfür soll der gesundheitliche Nutzen das Strahlenrisiko überwiegen. Generell sollte immer abgewogen werden, ob nicht ein anderes diagnostisches Verfahren zur Verfügung steht, bei welchem eine geringere oder keine Strahlung angewendet wird. Da Kinder und Jugendliche ein erhöhtes Risiko von Folgeschäden nach einer Exposition mit Röntgenstrahlung aufweisen, ist bei ihnen, genauso wie bei Schwangeren, eine besonders sorgfältige Risiko-Nutzen- Abwägung nötig. [26] Daher sollte bei diesen Personengruppen die Indikation zur dreidimensionalen Röntgendiagnostik besonders kritisch gestellt und gegebenenfalls eine strahlungsärmere zweidimensionale Aufnahme vorgezogen werden. [7,32]

Als Maß der unterschiedlichen Strahleneinwirkungen beim Menschen wird die sogenannte effektive Dosis, die in Sievert (Sv) gemessen wird, verwendet. Diese beinhaltet neben der unterschiedlichen Strahlenempfindlichkeit einzelner Organe auch ein mögliches Risiko der Schädigung des Gewebes durch die Strahlung. Zur Berechnung der effektiven Dosis wird die Äquivalenzdosis, mit einem organspezifischen Gewebegewichtungsfaktor multipliziert, welcher von der internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) festgelegt wird. Die hieraus resultierenden effektiven Dosen können anschließend zwischen unterschiedlichen Geräten und Methoden verglichen werden. [28,29] Bei der effektiven Dosis einer einzelnen DVT-Aufnahme können die erzielten Dosiswerte je nach Herstellerangaben erheblich streuen. Variablen wie FOV, Röhrenstrom und low-dose-Protokolle verändern die Strahlendosis zusätzlich und erschweren die Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen Geräten. Eine mögliche Einblendung des Nutzstrahlenbündels ist immer indiziert, um strahlenempfindliche Strukturen im wie Kopf-Hals-Bereich die Augenlinsen zu schützen.

Neuste Studien zeigen das auch mit einer reduzierten Strahlendosis in vielen Bereichen eine ausreichende Bildqualität erreicht werden kann. [46]

Ludlow veröffentlicht regelmäßig neue Werte für unterschiedliche Geräte, welche nach Standardkriterien gemessen werden (Tabelle 1). [32]

Radiologisches Verfahren	Effektive Dosis
Zahnfilm analog	5,5 μ Sv
Zahnfilm digital	2,9 μ Sv
OPG digital	10-20 μ Sv
DVT FOV 8cm *8cm	75 μ Sv
CT Schädel	995-1.160 μ Sv
Tagesdurchschnitt kosmische Strahlung am Tag in Deutschland	5,75 μ Sv

Tabelle 1: Effektive Dosis verschiedener zahnärztlicher Untersuchungen [32]

Allgemein kann man sagen, dass das DVT ungefähr die 3 bis 5-fache höhere Dosis eines OPGs beträgt und die bis zu 15-fach geringere Dosis eines CTs, welche zwischen 995 und 1160 μS liegt. [7,37] Moderne DVT-Geräte können mithilfe eines Low-Dose-Protokolls die effektive Dosis weiter reduzieren. Die durchschnittliche effektive Dosis für eine kleinvolumige DVT-Aufnahme beträgt 75 μSv . Bei einem OPG liegt die effektive Dosis nur bei 10-20 μSv . [31] Zum Vergleich beträgt die zivilisatorische Strahlung in Deutschland nach dem Bundesamt für Strahlenschutz jährlich 1,6mSv. [2]

Nach §85 des Strahlenschutzgesetzes (StrlSchG) besteht die Verpflichtung des Arztes zur Erhebung und Aufzeichnung aller Befunde. [6]

Außerdem ist das Betreiben eines DVTs nur mit einer entsprechenden Fachkunde erlaubt.

Diese muss gemäß §48 StrlSchV alle 5 Jahre aufgefrischt werden. [6]

3.3 Indikationen

Ausgehend von der im Dezember 2022 erschienenen Sk2-Leitlinie „Dentale digitale Volumentomographie“ der DGZMK lassen sich verschiedene Empfehlungen zur Indikation im zahnmedizinischen und kieferchirurgischen Bereich finden [10,15]. Diese werden auch durch aktuelle Studien weiterhin unterstützt. [47]

3.3.1 Zahnheilkunde

Da aufgrund von Metallartefakten [14] eine Beurteilung oft schwierig ist oder das DVT keinen Mehrwert aufweist, ist zur Kariesdiagnostik herkömmlichen Röntgenaufnahmen der Vorzug zu geben. [22,23]

In der Endodontie können DVT-Aufnahmen zusätzliche Informationen in Bezug auf die Topographie der Wurzeln liefern, sollten die Informationen der zweidimensionalen Bilder nicht ausreichen. Die Technik kann ebenso bei nicht eindeutigen apikalen Veränderungen oder Wurzelfrakturen indiziert sein. [52,53]

In ausgewählten Fällen kann in der Parodontologie das DVT durch Darstellung von Knochentaschen und Furkationsdefekten zur Therapieentscheidung beitragen. [51]

In der Prothetik kann ein DVT zusätzlich zur Einschätzung der Pfeilerwertigkeit dienen.

Auch in der Kieferorthopädie findet das DVT-Gerät Anwendung. Auf Grund des eher jungen Patientenkollektivs muss besonders auf die Strahlenexposition geachtet werden. Dennoch kann die Aufnahme bei retinierten Zähnen, Mehrfachanlagen und Dysgnathien indiziert sein.[54]

3.3.2 Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (MKG)

In der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie kann ein DVT zur Abklärung von ossären pathologischen Veränderungen wie odontogenen Tumoren, Zysten, Osteomyelitis, Ostitis und Osteoporose verwendet werden. [59,60]

Die Aussagekraft bei Kieferhöhlenerkrankungen ist unumstritten. Wenn zur Diagnose von pathologischen Vorgängen eine zweidimensionale Bildgebung nicht ausreicht oder es absehbar ist, dass diese nicht ausreichen wird, ist hierfür ebenfalls ein DVT indiziert.[61]

Bei DVT-Aufnahmen kommen die Speicheldrüsen, wie das gesamte Weichgewebe, nur schlecht zur Darstellung. Allerdings können deutliche pathologische Veränderungen wie Zysten oder röntgenopake Pathologien wie Speichelsteine diagnostiziert werden.[55]

Einen besonderen Stellenwert ist der Diagnostik von Kiefer- und Gesichtstraumata beizumessen, da komplexe Frakturverläufe in der zweidimensionalen Bildgebung meist schlechter darstellbar sind. Bei Verdacht auf Schädelbasis-Beteiligung oder Weichgewebsschäden sollte jedoch dem CT der Vorzug gegeben werden. [49,57]

Außerdem hat sich die DVT-Aufnahme zur Lokalisation von röntgenopaken Fremdkörpern bewährt.[58]

Zur Therapie- und Operationsplanung bei komplexen Fehlbildungen wie Lippen-, Gaumen-, Kieferspalt oder Dysgnathien kann ebenfalls zusätzlich ein DVT angefertigt werden. [34]

Zukünftig kann eine intraoperative 3D-Navigation basierend auf DVT-Aufnahmen eine zunehmende Rolle spielen. [34,41]

Zusätzlich kann eine DVT-Aufnahme bei Zahnextraktionen notwendig sein, wenn die Zähne eine enge Lagebeziehung zu kritischen Strukturen, wie dem Nervus alveolaris inferior im Unterkiefer, vorweisen oder eine Lageanomalie vorliegt. Dies gilt insbesondere bei Weisheitszähnen. Es ist allerdings bisher nicht nachgewiesen, dass eine Schnittbilddiagnostik die Komplikationsrate wie Verletzungen der Nerven bei diesen Eingriffen reduziert. [33]

Bei der Therapie von craniomandibulären Dysfunktionen (CMD) zeigt sich nach mehreren wissenschaftlichen Studien ein Vorteil des DVTs gegenüber des CTs und MRTs in Bezug auf die Darstellung der Kiefergelenke. Im Hinblick auf die Weichgewebdiagnostik wie der Diskus-Diagnostik oder Darstellung der Bandapparate ist insbesondere dem MRT weiterhin der Vorzug zu geben. [36,56]

3.3.3 Dentale Implantatplanung

Zusätzlich findet das DVT häufig Anwendung bei der dentalen Implantatplanung, wobei eine Kombination mit sogenannten Computer-Aided-Design (CAD) und Computer-Aided-Manufacturing (CAM) Systemen möglich ist. Beide Arbeitsschritte sind Teil von Programmen zur computergestützten Herstellung und Entwicklung von diversen Produkten. Mit Hilfe verschiedener Softwares kann auf Grundlage von 3D-Datensätzen des DVTs zum Beispiel eine Bohrschablone hergestellt werden. [81,82] Außerdem ermöglicht der 3D-Datensatz eine präzise Analyse des Knochenlagers sowie eine Beurteilung der Nachbarstrukturen und eines möglichen Augmentationbedarfes.

In Studien konnte bereits gezeigt werden, dass das navigationsgestützte Implantieren gegenüber dem Freihand-Implantieren Vorteile aufweist. Es wird eine genauere Implantpositionierung sowie Achsneigung der Implantate erreicht, was die spätere prothetische Versorgung erleichtert. Dies ist insbesondere bei komplexeren Planungen mit mehreren Implantaten von Vorteil. [35,39]

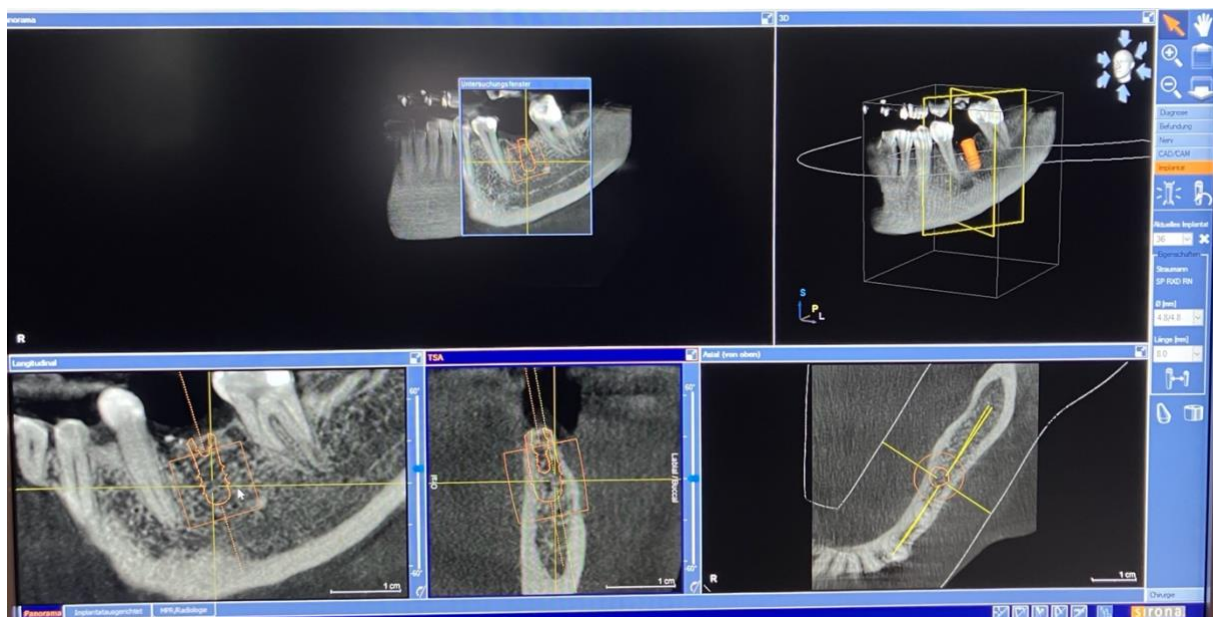


Abbildung 3: Beispiel einer Implantatplanung am Rechner mit Galileos Implant von der Firma Sirona

3.3.4 Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde (HNO)

Zusätzlich zu den Überschneidungen mit der MKG, gewinnt das DVT auch in der HNO immer mehr an Bedeutung. Unter anderem in der Mittel- und Innenohrdiagnostik, als auch zur Darstellung der Rhinobasis.

Weiterhin kann die Aufnahme zur Planung und Lagekontrolle von Cochleaimplantaten verwendet werden. [40]

3.4 Abrechnung

Die Abrechnung der 3D-Aufnahme stellt eine private Leistung dar und wird durch die Gebührenordnung für Ärzte (GOÄ) geregelt.

Generell darf ein Arzt nur ein DVT abrechnen, wenn er hierfür die erforderliche Fachkunde besitzt und die Aufnahme selbst angefertigt hat.

Bei dem DVT handelt es sich um eine eigenständige medizinische Leistung, die in der Gebührenordnung für Zahnärzte (GOZ) und in der GOÄ nicht konkret beschrieben ist. Daher wird diese nach § 6 Abs. 1 der GOZ entsprechend einer nach Art, Kosten- und Zeitaufwand gleichwertigen Leistung des Gebührenverzeichnisses berechnet. Die Kosten für ein DVT ergeben sich deshalb analog dem CT anhand zweier Positionen aus der GOÄ.

Für die eigentliche Aufnahme und für die Befundung des DVTs wird die Ziffer GOÄ 5370 („Computergesteuerte Tomographie im Kopfbereich – gegebenenfalls einschließlich des kranio-zervikalen Übergangs“) herangezogen. Insofern eine spezielle Analyse der digitalen Volutentomographie erfolgt, kann diese zusätzlich die Ziffer GOÄ 5377 („Zuschlag für computergesteuerte Analyse – einschließlich speziell nachfolgender 3D-Rekonstruktion“) geltend gemacht werden. [30] Die GOÄ 5377 kann allerdings nicht ohne eine vorherige GOÄ 5370 abgerechnet werden. Dies bedeutet bei einem 1,8-fachen Satz einen Betrag von 163,20 Euro sowie bei 2,5-fachen Satz 256,46 Euro.

4 Material und Methoden

4.1 Studiendesign

Zur Erschließung der Fragestellungen wurde mit Hilfe des Studienzentrums der Universitätsklinik Regensburg ein anonymer Fragebogen zum Nutzungsverhalten der DVTs in MKG-Praxen erstellt. Jedem Fragebogen wurde zusätzlich ein Informationsblatt und ein frankiertes Rücksendekувert beigelegt. Beides wurde für diese Studie an Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie-Praxen in Bayern versandt. Pro Praxis sollte ein Fragebogen ausgefüllt werden. Das Studienkonzept wurde am Ende der Studienausarbeitung im September 2019 der Ethikkommission des Universitätsklinikums Regensburg vorgestellt und bewilligt (Ethikantrag 19-1459-101). Außerdem wurde mithilfe der öffentlich zugänglichen Informationen von DGZMK, BLÄK und der BZÄK eine Liste der in Bayern niedergelassenen Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen erstellt. Hierbei ergaben sich 121 Praxen, welche in einer Excel-Tabelle alphabetisch gesammelt wurden. Bei Gemeinschaftspraxen wurde jeweils ein Fragebogen an die gesamte Praxis geschickt. Die Frankierung und der Versand erfolgte im März 2020 durch die Poststelle des Universitätsklinikums Regensburg.

4.2 Aufbau des Fragebogens

Thematisch beschäftigt sich der Fragebogen mit 5 Themenbereichen. Es wurden Fragen bezüglich der Gerätekonfiguration, Verteilung der Indikationen, der Anwendungshäufigkeit, der Aufnahmevolumina sowie zur Vergütung gestellt.

Der Fragebogen beinhaltete 11 Fragen, davon wiesen 3 Fragen ein dichotomes Antwortformat (Ja/Nein Fragen) auf. Bei 3 Fragen war eine Mehrfachauswahl der Antworten möglich und bei weiteren 4 Fragen wurde eine Ratingskala mit verschiedenen Abstufungen angewandt. Zusätzlich gab es 2 Fragen, bei denen ein Wert angegeben werden sollte und als abschließender Teil Platz der für Anmerkungen vorgesehen war.

4.2.1 Fragen zur Gerätekonfiguration

Die ersten 8 Fragen beschäftigten sich mit der Gerätekonfiguration.

Es wurde abgefragt, ob die Praxen ein DVT-Gerät besitzen und falls nicht, ob sie eine Anschaffung planen. Zusätzlich konnten anhand von Mehrfachantwortfragen die radiologische Ausstattung sowie die Aufnahmevolumina angegeben werden. Weitere Fragen sollten das Vorhandensein von Stitching als auch die Patientenposition und Patientenpositionierung der Geräte abfragen. Abschließend wurde noch nach dem Alter des Geräts gefragt und um das wievielte Gerät in der Praxis es sich handelt.

4.2.2 Indikationen der DVT-Diagnostik

Im zweiten Themengebiet wurden die unterschiedlichen Indikationen für die Anfertigung eines DVTs abgefragt. Hierbei konnten die Teilnehmer anhand einer Rating Skala in 5 Abstufungen (nie; selten; gelegentlich; häufig; sehr häufig) auswählen. Als Indikationen wurden retinierte Zähne, Implantologie, Parodontologie, Endodontologie, Kieferhöhlendiagnostik, Kiefernekrosen/Abszesse, Kiefergelenksdiagnostik, Traumatologie, orthognathe Chirurgie, Beurteilung der Luftwege/Schlafmedizin, osteolytische Läsionen, Aufträge und Nachsorge/Verlaufskontrolle aufgeführt.

4.2.3 Anwendungshäufigkeiten

Mit den Anwendungshäufigkeiten der radiologischen Aufnahmen wurde sich im dritten Themengebiet beschäftigt. Es wurde eine Rating-Skala in 6 Abstufungen (weniger als einmal im Monat; 1-3mal pro Monat; 1–3mal pro Woche; 4-6mal pro Woche; 2-5mal pro Tag; häufiger als 5mal pro Tag) angewandt. Diese Angaben wurden zum DVT, OPG und Einzelröntgen abgefragt. Eine zusätzliche Frage geht auf eine individuelle Anpassung der Voreinstellungen bezüglich Röhrenspannung und Röhrenstromstärke ein.

4.2.4 Verwendung der Aufnahme Volumina

Im vorletzten Fragenkomplex konnten die Teilnehmer angeben wie häufig diese verschiedene Aufnahmevolumina anwenden. Auch hier wurde wieder eine Rating-Skala in 5 Abstufungen (nie; selten; gelegentlich; häufig; sehr häufig) angewandt. Abgefragt wurden der Kieferausschnitt/Einzelzahnregion, einzelne Kiefer, Unter- und Oberkiefer, TMJ/Kiefergelenke als auch Unter- und Oberkiefer mit Schädelbasis /Orbita.

4.2.5 Vergütung des DVTs

Hierbei war die Angabe eines Betrags möglich, wieviel die Teilnehmer als zukünftige Kostenpauschale verlangen würden, beziehungsweise welchen Betrag diese als angemessen für die erbrachte Leistung ansehen würden. Zum Schluss konnten noch Anmerkungen gemacht werden.

4.3 Statistische Auswertung

Die anonymisierte Auswertung und Erstellung von Grafiken erfolgte mittels Excel (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA, Version 16.37) und SPSS Statistics (IBM Corp., Armonk, NY, USA, Version 25) für OS.

Zunächst wurden die Fragen kodiert und die anonymen Fragebögen nach der Reihenfolge des Eingangs durchnummeriert.

Die Daten wurden anhand der Fragebögen sortiert und in Excel dokumentiert. Zur Auswertung und Beschreibung der deskriptiven Daten wurden Häufigkeiten, Mittelwerte mit Standardabweichung als auch Minimum und Maximum verwendet. Bei Antworten mit Angabe von Betragsspannen wurde der Mittelwert ermittelt und zur Auswertung genutzt.

Zur Ermittlung der Signifikanz wurde bei Fragen zu Indikationen, des Aufnahmevolumens und der Anzahl der Aufnahmen eine multivariante Varianzanalyse (MANOVA) durchgeführt.

Zur grafischen Darstellung wurden Histogramme, Balken-, und Kreisdiagramme genutzt.

5 Auswertung der Ergebnisse

Die Rücklaufquote betrug 50,4 %. Es wurden insgesamt 61 Fragebögen ausgewertet.

Gerätekonfiguration

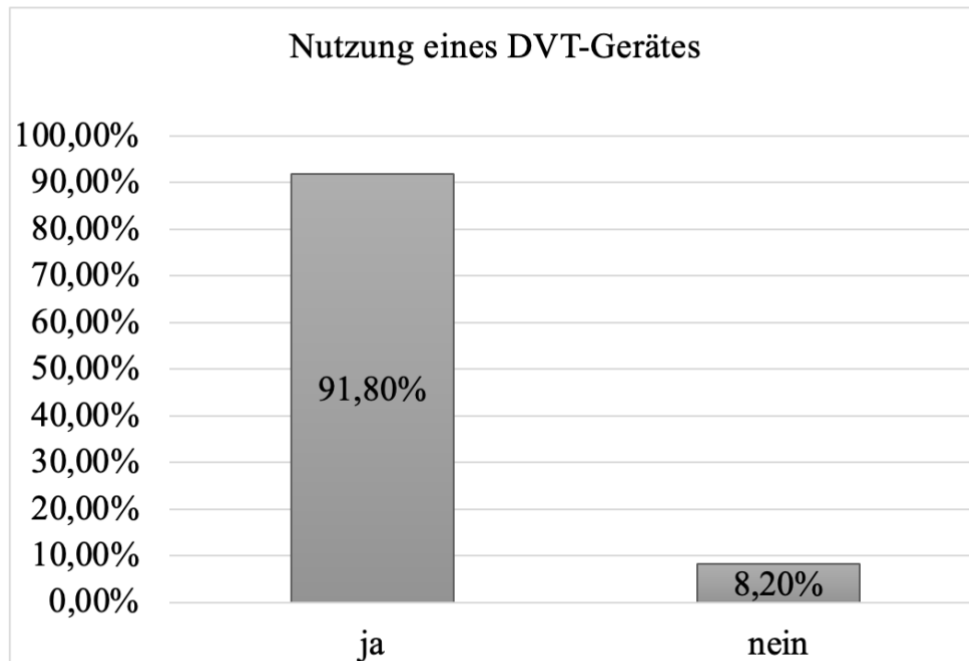


Abbildung 4: Darstellung der Nutzung eines DVT-Gerätes in der eigenen Praxis

In fast allen Praxen wird ein DVT-Gerät verwendet. Von den Befragten gaben 91,8 % an, bereits ein DVT in ihrer Praxis zu nutzen. Bei den verbliebenen Praxen plante keine eine Neuanschaffung eines DVT-Gerätes innerhalb der kommenden 12 Monate. Für die Geräteausstattung der Praxen ergaben sich folgende Aufteilungen (Tabelle 2).

Positionierung	Anzahl
Keine Angaben	3
DVT, OPG, Einzelzahnröntgengerät	4
DVT, OPG	1
DVT, OPG/DVT-Kombigerät, Einzelzahnröntgengerät	1
DVT, OPG/DVT-Kombigerät	2
DVT, OPG mit FRS, Einzelzahnröntgengerät	2
DVT	4
OPG, OPG/DVT-Kombigerät, Einzelzahnröntgengerät	2
OPG, Einzelzahnröntgengerät	3
OPG	1
OPG/DVT-Kombigerät, OPG mit FRS	1
OPG/DVT-Kombigerät, OPG/DVT-Kombigerät mit FRS	1
OPG/DVT-Kombigerät, Einzelzahnröntgengerät	13
OPG/DVT-Kombigerät	20
OPG mit FRS, OPG/DVT-Kombigerät mit FRS,	1
OPG mit FRS, Einzelzahnröntgengerät	1
OPG/DVT-Kombigerät mit FRS, Einzelzahnröntgengerät	2
OPG/DVT-Kombigerät mit FRS	2

Tabelle 2: Darstellung der Geräteausstattung der Praxen

Am häufigsten wurde hierbei ein OPG/DVT-Kombinationsgerät mit zusätzlichem Einzelzahnröntgen oder ein alleiniges OPG/DVT-Kombinationsgerät aufgeführt. Bei Praxen ohne DVT wurde am häufigsten ein OPG-Gerät mit Fernröntgenseitbild-Funktion sowie ein Einzelzahnröntgen genutzt. Es zeichnete sich ab, dass Kombinationsgeräte häufiger im Einsatz sind als reine DVT- oder OPG- Geräte.

Ein OPG mit FRS oder ein OPG/DVT-Kombinationsgerät mit FRS benutzten die wenigsten Praxen. Die technisch möglichen Aufnahmevolumenta der DVT- Geräte verteilten sich wie in Tabelle 3.

Aufnahmevolumenta	Anzahl
Keine Angaben	3
Kieferausschnitt, UK oder OK, UK und OK, TMJ	6
UK und OK	6
UK oder OK, UK und OK, TMJ, UK und OK mit Orbita	1
UK und OK mit Orbita	13
Kieferausschnitt, UK oder OK	2
Kieferausschnitt, UK oder OK, TMJ	1
Kieferausschnitt, UK und OK, TMJ	1
UK und OK, TMJ	1
Kieferausschnitt, UK oder OK, UK und OK, TMJ, UK und OK mit Orbita	8
UK oder OK, UK und OK, TMJ	1
TMJ, UK und OK mit Orbita	2
UK oder OK, UK und OK, UK und OK mit Orbita	3
Kieferausschnitt, UK oder OK, UK und OK	3
UK oder OK, UK und OK	1
Kieferausschnitt	1
UK oder OK, UK und OK mit Orbita	1
UK und OK, TMJ, UK und OK mit Orbita	1
Kieferausschnitt, UK oder OK, UK und OK, UK und OK mit Orbita	2
Kieferausschnitt, TMJ, UK und OK mit Orbita	1
Kieferausschnitt, UK und OK	1
Kieferausschnitt, UK oder OK, UK und OK mit Orbita	1

Tabelle 3: Darstellung der verfügbaren Aufnahmevolumenta der Geräte (Mehrfachantwort möglich)

Die meisten Geräte verfügten über eine Kombination mehrerer Aufnahmevolumenta.

Die häufigste Kombination war eine Auswahl aller Aufnahmevolumina sowie die Abbildung von Unterkiefer und Oberkiefer mit Orbita.

Stitching	Anzahl	Prozent
Gerät verfügt über Stitching	11	17,2%
Gerät verfügt nicht über Stitching	41	64,1%
Keine Angabe	1	1,6%
Gesamt	64	100%

Tabelle 4: Darstellung der Verteilung der Möglichkeit des Stitching

Das Zusammenfügen mehrerer Volumina auch Stitching genannt, war bei 77,4 % der Geräte nicht nötig.

Die möglichen Patientenpositionen der Geräte sind in folgender Tabelle abgebildet.

Position	Anzahl
Keine Angaben	11
Stehend, Sitzend	16
Stehend	23
Sitzend	12
Liegend	2

Tabelle 5: Darstellung der Patientenposition des DVT-Gerätes

Eine stehende Patientenposition war bei den meisten Geräten möglich, gefolgt von der Auswahl zwischen stehender und sitzender Position. Geräte mit liegender Position machten den kleinsten Anteil aus.

Die verschiedenen Positionierungsmöglichkeiten verteilten sich folgendermaßen.

Positionierung	Anzahl
Keine Angaben	10
Aufbiss,Kinn-/Stirnhalterungen,Laserlinien, Scoutaufnahme	5
Aufbiss, Kinn-/Stirnhalterungen, Laserlinien	20
Aufbiss, Kinn-/Stirnhalterungen, Scoutaufnahme	1
Aufbiss, Kinn-/Stirnhalterungen	7
Aufbiss, Laserlinien	1
Kinn-/Stirnhalterungen,Laserlinien, Scoutaufnahme	4
Kinn-/Stirnhalterungen, Laserlinien	7
Kinn-/Stirnhalterungen, Scoutaufnahme	1
Kinn-/Stirnhalterungen	6
Laserlinien, Scoutaufnahme	1
Scoutaufnahme	1

Tabelle 6: Darstellung der Möglichkeiten der Patientenpositionierung

Bei den meisten Geräten war eine Auswahl aus Aufbiss-, Kinn – und Stirnhalterung sowie Laserlinien möglich. Bei dem Großteil der anderen Praxen verteilte sich die Anwendung von Aufbiss- und Kinn/Stirnhalterung sowie Kinnhalterung und Laserlinien sowie alleiniger Kinn-/Stirnhalterungen in gleichen Anteilen. Eine Scout-Aufnahme wurde in den wenigsten Fällen benutzt. Durchschnittlich besaßen die Praxen ihre Geräte seit 8 Jahren.

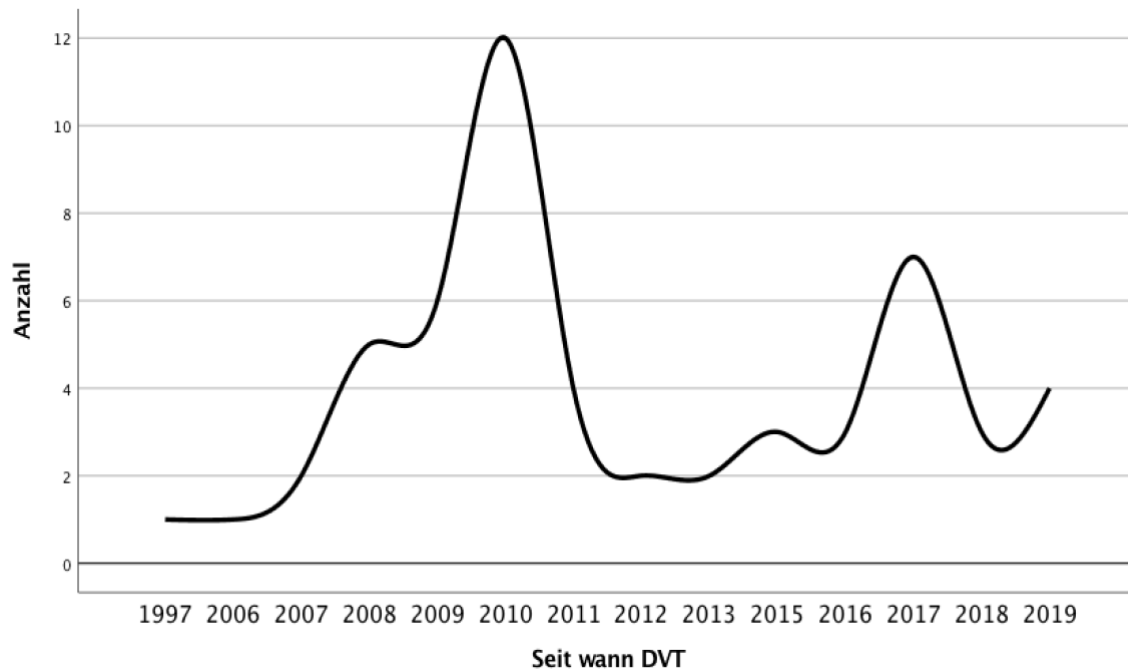


Abbildung 6: Darstellung des Kaufjahres des DVT-Gerätes

Das älteste Gerät war 1997 gekauft worden, das neuste erst 2019. Die meisten der Praxen kauften ihr Gerät durchschnittlich zwischen 2009 und 2011. 36,3 % der Teilnehmer kauften erst zwischen 2015 und 2020 ein Gerät. Nur rund 15 % der Geräte sind älter als 12 Jahre.

Wieviertes Gerät	Prozent
1. Gerät	81,8%
2. Gerät	18,2%
mehr als 3. Gerät	0%

Tabelle 7: Darstellung der Verteilung der Generation der DVT Geräte

Bei 81,8 % der Geräte handelte es sich um das Erstgerät in der Praxis. Bei den restlichen 18,2 % war es bereits das zweite Gerät.

Häufigkeit der Indikationen

Häufigkeit	Retinierte Zähne	Implantologie	Parodontologie	Endodontologie
Nie	1,79%	0%	46,43%	47,27%
Selten	8,93%	5,36%	39,29%	38,18%
Gelegentlich	53,57%	19,64%	8,93%	7,27%
Häufig	25,00%	41,07%	1,79%	5,45%
Sehr häufig	10,71%	33,93%	3,57%	1,82%
Total	100%	100%	100%	100%

Tabelle 8: Darstellung der Verteilung der Indikationen für eine DVT-Aufnahme

Häufigkeit	Kieferhöhlen- diagnostik	Kiefernekrose/ Abszess	Kiefergelenks- diagnostik	Traumatologie
Nie	3,51%	19,30%	24,56%	12,50%
Selten	7,02%	42,11%	47,37%	26,79%
Gelegentlich	54,39%	21,05%	19,30%	25,00%
Häufig	22,81%	12,28%	5,26%	26,79%
Sehr häufig	12,28%	5,26%	3,51%	8,93%
Total	100%	100%	100%	100%

Tabelle 9: Darstellung der Indikationen für eine DVT-Aufnahme

Häufigkeit	Orthognathe Chirurgie	Luftwege	Osteolytische Läsionen	Im Auftrag	Nachsorge/ Verlauf
Nie	56,36%	65,45%	1,75%	8,77%	22,81%
Selten	9,09%	20,00%	21,05%	22,81%	35,09%
Gelegentlich	12,73%	9,09%	36,84%	40,35%	35,09%
Häufig	5,45%	3,64%	36,84%	19,30%	7,02%
Sehr häufig	16,36%	1,82%	3,51%	8,77%	0%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Tabelle 10: Darstellung der Indikationen für eine DVT-Aufnahme

Die Implantologie zeigte sich deutlich als häufigste Indikation für eine DVT- Aufnahme bei den Teilnehmern. 41 % sahen häufig, 33 % sogar sehr häufig eine implantologische Indikation

zur Erstellung einer 3D-Röntgenaufnahme. Danach waren retinierte Zähne (25 %), osteolytische Läsionen (36,8 %) sowie die Kieferhöhlendiagnostik (22,8 %) eine häufige Indikation für DVT-Aufnahmen. Für Kiefergelenksdiagnostik würden die Hälfte der Befragten selten eine DVT-Aufnahme anfertigen. In der orthognathen Chirurgie sahen nur 22 % eine häufigere Notwendigkeit zur DVT-Aufnahme, 56 % würden hierfür sogar nie ein DVT durchführen. 64 % der Befragten würden nie zur Kontrolle der Luftwege oder in der Schlafmedizin in ihrer Praxis die Indikation für ein DVT stellen. Rund die Hälfte der Befragten würde selten bis nie ein DVT zur Nachsorge oder Verlaufskontrolle veranlassen. 40 % der Befragten gaben an, gelegentlich ein DVT im Auftrag von Zahnärzten/HNO/KFO anzufertigen. 56 % der Teilnehmer sahen in bei Kiefernekrosen oder Abszessen nie Notwendigkeit einer DVT-Aufnahme. In der Traumatologie würden 61 % der Teilnehmer gelegentlich bis häufig eine DVT-Aufnahme zur Diagnostik aufnehmen. Am seltensten wurden laut dem beantworteten Fragebogen Aufnahmen für Parodontologie, Endodontologie und der Beurteilung von Luftwegen/ der Schlafmedizin durchgeführt.

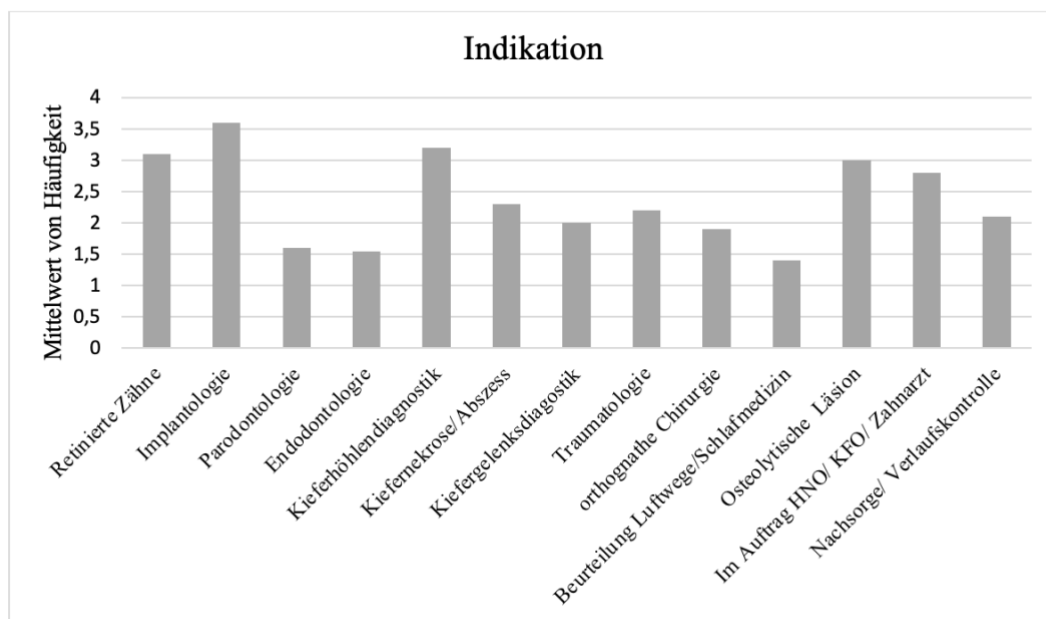


Abbildung 7: Mittelwerte der Indikationen

Es zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen der Häufigkeit der einzelnen Indikationen. Im Mittel waren Implantologie, retinierte Zähne und Kieferhöhlendiagnostik als häufigste Indikationen auszumachen. Es wurde festgestellt, dass zwischen den einzelnen Indikationen für eine DVT-Aufnahme ein signifikanter Unterschied ($p < 0,001$) in der Häufigkeit der Aufnahmen besteht.

Anwendung des DVTs in der Praxis

Als nächstes wurden die die Häufigkeiten verschiedener Aufnahmen am Tag abgefragt

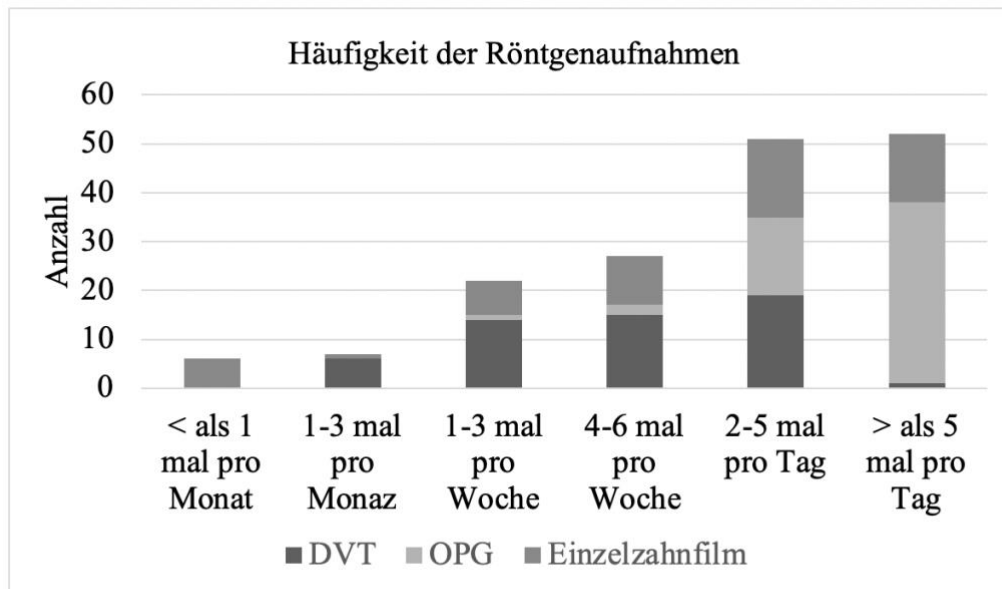


Abbildung 8: Darstellung der Häufigkeit der Aufnahmen: DVT, OPG und Einzelzahnfilm

Das OPG ist die am häufigsten angewandte Aufnahmetechnik. Mit deutlichem Abstand wird die DVT-Aufnahme am seltensten angefertigt. Der Einzelzahnfilm liegt von der Häufigkeit zwischen den beiden Aufnahmetechniken. Die Hälfte der Befragten fertigten mehrmals pro Woche ein DVT an. 35 % sogar zwei bis fünf Mal am Tag. Mindestens einmal im Monat wurde jedoch in jeder Praxis ein DVT angefertigt. Ein OPG gaben die meisten der Teilnehmer mehr als fünf Mal am Tag in Auftrag. Rund die Hälfte der Teilnehmer fertigten mindestens einmal am Tag einen Einzelzahnfilm an. Die Analyse zeigt einen signifikanten Unterschied ($p < 0,001$) zwischen der Häufigkeit der verschiedenen Aufnahmemöglichkeiten.

Bezüglich der Anpassung der Voreinstellungen zur Dosisreduktion wurden folgende Angaben gemacht.

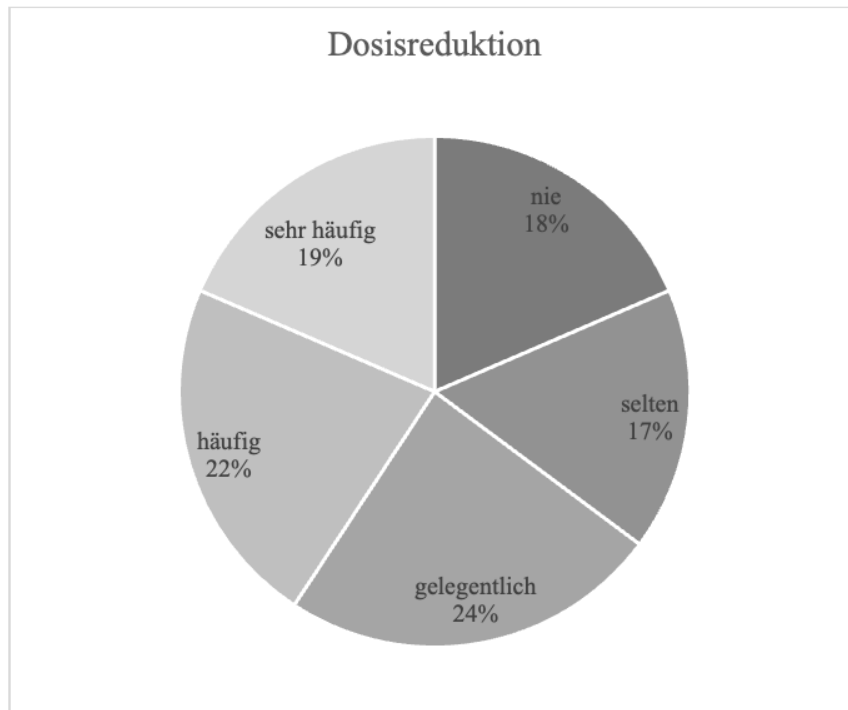


Abbildung 9: Darstellung der individuellen Anpassung der Voreinstellungen zur Dosisreduktion (Röntgenstromstärke oder Röntgenspannung)

Hierbei waren die Meinungen sehr unterschiedlich verteilt und es ließ sich kein eindeutiger Trend bezüglich der Dosisanpassung erkennen.

Verwendung der einzelnen Aufnahmevolumina

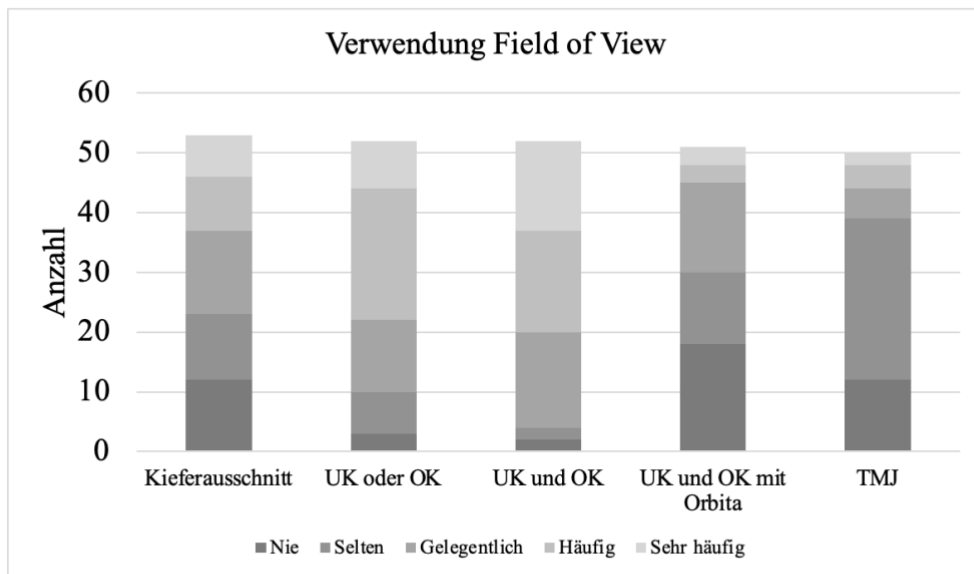


Abbildung 10: Darstellung der Verwendung verschiedener Aufnahmevolumina

Die am häufigsten verwendeten Aufnahmevolumina waren die Abbildung eines einzelnen Kiefers sowie eine Abbildung von Unter- und Oberkiefer zusammen. Die Aufnahme einer Einzelzahnregion fand in rund 40 % der Fälle Anwendung. Am seltensten wurden die Kiefergelenke oder Unter- und Oberkiefer mit Orbita, also Volumina mit dem größten Field of View abgebildet.

Zukünftige Vergütung des DVTs bei Kassenpatienten

Zur zukünftigen Abrechnung der Leistung einer digitalen Volumentomographie in der Zahnheilkunde konnten folgende Ergebnisse festgestellt werden.

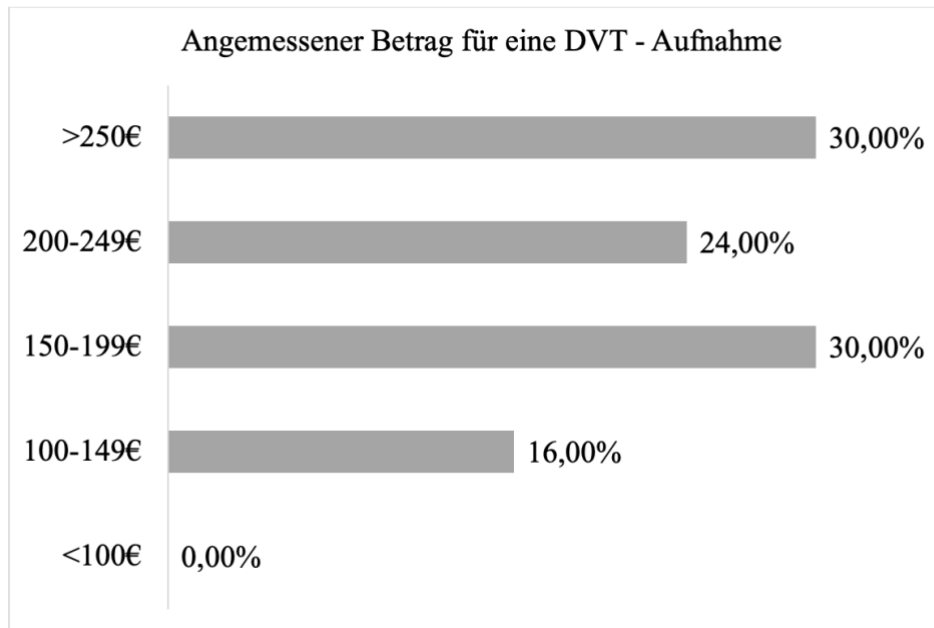


Abbildung 11: Darstellung der von den Praxen als angemessenen angesehenen Beträge für eine DVT-Aufnahme

54 % der Praxen würden einen Betrag ab 200 Euro als angemessen angesehen. Ein Drittel der Praxen wären wieder mit 150-199 Euro für eine Aufnahme zufrieden. Die wenigsten Praxen würden unter 150 Euro verlangen wollen. Für unter 100 Euro würde keine Praxis eine DVT-Aufnahme anfertigen. Als günstiger Betrag wurden 110 Euro genannt. Als maximaler Betrag würde 350 Euro als angemessen angesehen werden.

6 Diskussion

Einordnung der Ergebnisse

Ziel der Studie war es herauszufinden, wie die dreidimensionale digitale Volumentomographie in bayrischen MKG-Praxen genutzt wird. Zusätzlich wurde untersucht, wie die Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen die unterschiedlichen Indikationen für die digitale Volumentomografie auslegen und wie viele der Ärzte ein DVT-Gerät besitzen. Außerdem sollte ein Überblick über die Abrechnung gewonnen werden.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass die dreidimensionale Röntgentechnik bereits in fast allen teilnehmenden Praxen der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie angekommen ist.

Es lässt sich ein deutlicher Trend zur Anschaffung und Nutzung eines DVT-Gerätes erkennen. Von den beteiligten Praxen in Bayern besaßen 91 % bereits ein solches Gerät.

In den Praxen ohne DVT-Gerät war allerdings in nächster Zeit keine Anschaffung geplant, da diese keinen deutlichen Mehrwert für ihre klinische Routine erkennen konnten.

Die häufigsten Käufe erfolgten in den letzten 10 Jahren, was vermutlich auf die vermehrte Studienlage, eine stetige Verbesserung der Technik, sowie eine günstigere Anschaffung zurückzuführen ist.

Zusätzlich könnte die erste Veröffentlichung der Leitlinien im Jahr 2013 und die damit verbundenen Indikationen bei der Kaufentscheidung eine Rolle gespielt haben. [15] Die im Dezember 2022 erschienene Aktualisierung der Leitlinien setzt diesen Trend fort. [80]

Leider gibt es sehr wenige Studien, mit denen diese lokal erhobenen Daten in einem ähnlichen Umfeld verglichen werden können.

Eine Studie aus dem Jahr 2017 kam zu ähnlichen Ergebnissen bezüglich der Ausstattung der Praxen mit einem DVT-Gerät. Hierbei wurden die Mitglieder des Expertennetzwerks PEERS befragt, unter welchen sich sowohl MKG-Ärzte, Oralchirurgen als auch Zahnärzte befanden. In der Studie wurden Fragen bezüglich der Ausstattung mit einem DVT sowie zur Indikationsstellung gestellt. Es besaßen im Vergleich zur aktuellen Studie 86 % der MKG-Ärzte ein Gerät in ihrer Praxis. [44]

Daraus könnte man folgern, dass der Trend zur Anschaffung eines DVT-Gerätes weiter fortgesetzt wurde. Dies kann auch mit den zahlreichen Anwendungen untermauert werden.

Bei der Geräteauswahl fiel die Wahl meist auf ein Kombinationsgerät, welches sowohl zwei- als auch dreidimensionales Röntgen ermöglicht. Dadurch lassen sich die Abläufe im Praxisalltag erleichtern. Außerdem ermöglicht die Verwendung von einem Gerät sowohl für OPG- als auch DVT-Aufnahmen in der Praxis eine deutliche Platzersparnis und ist somit auch in räumlich begrenzten Praxen besser umsetzbar. Zusätzlich bietet ein Kombinationsgerät oftmals eine Preisersparnis in der Anschaffung, da nur ein Gerät benötigt wird.

Meist wird die Ausstattung noch durch ein Gerät für Einzelzahnrontgen ergänzt, um auch kleinere Aufnahmen anfertigen zu können und somit, soweit es die Indikation zulässt, die Strahlenbelastung bestmöglich anzupassen. In den Praxen ohne DVT-Gerät war die häufigste Ausstattung ein alleiniges OPG-Gerät in Kombination mit einem Einzelzahnrontgen.

Am seltensten fanden sich FRS-Geräte in den Praxen. Dies ist vermutlich auf die Spezialisierungen der Praxen zurückzuführen, in welchen selten kieferorthopädische Aufnahmen notwendig sind. Es fehlen für ein FRS meist die Indikationen, da mittlerweile weniger Dysgnathie Operationen durch Belegärzte durchgeführt werden und zusätzlich inzwischen eine dreidimensionale Planung der Dysgnathie-OP ohne FRS möglich ist. [34]

In 82 % der Fälle handelte es sich um das Erstgerät, was in Hinblick auf die Ergebnisse des Anschaffungszeitraums und der durchschnittlichen Lebensdauer der Geräte Sinn ergibt.

Bei den möglichen Aufnahmevolumina zeigt sich, dass die Praxen eine Auswahl an verschieden großen Volumina durch ihre Geräte besitzen, um ein möglichst großes Spektrum an Aufnahmen anzubieten. Das Field of View kann damit je nach Notwendigkeit eingrenzt oder erweitert werden. Dies ist im Sinne der Dosisanpassung von Vorteil, da diese beim DVT von dem Aufnahmevolumen abhängig ist. [7] Durch eine Verkleinerung der Volumina lässt sich eine Verringerung der effektiven Strahlendosis auf den Patienten erzielen. Die Einblendung des Nutzstrahlenbündels ist deshalb aus Gründen des Strahlenschutzes auch beim DVT indiziert. [76,26] Das größte Volumen, also die Darstellung von Ober- und Unterkiefer mit Orbita wird meist lediglich für komplexe Traumafälle sowie zur Verbesserung der Planung bei Dysgnathieoperationen benötigt. [3]

Aus der Umfrage geht hervor, dass die Praxen selten über ein DVT-Gerät mit dem größten Volumen verfügen und dieses Volumen selten auswählen. Diese Aussage deckt sich mit der seltenen Indikation für Traumafälle und Dysgnathieoperationen.

Außerdem erfolgt die Diagnostik bei Traumata und Dysgnathieoperationen zumeist in größeren Kliniken und weniger in den Praxen selbst. Bei komplexen Traumafällen mit Verdacht auf Schädel-Hirn-Traumata ist zur diagnostischen Abklärung meist ein CT die bessere Wahl. [77]

Eine Limitation der Aussagekraft dieser Studie stellt hierbei sicherlich die unterschiedlichen Spezialisierungen der Praxen dar. Eine Praxis, die hauptsächlich dentale Implantationen durchführt, bedarf weniger großvolumiger Aufnahmen als eine Praxis mit Schwerpunkt auf orthognathe Chirurgie.

Weiterhin zeigt sich, dass niedergelassene Kieferchirurgen häufig ein mittelgroßes Aufnahmevolumen wählen, was sich mit den Studienergebnissen zu den Indikationen deckt. Für die häufigsten Indikationen wie Implantation, Kieferhöhlendiagnostik, sowie die Lokalisation retinierter Zähne ist ein mittleres Volumen meist ausreichend. Zusätzlich verringert sich durch ein kleineres Feld auch der zu befundene Bereich.

Da Praxen eher kleinere Aufnahmevolumenta mit ihren DVT-Geräten durchführen, wird die Funktion des Stitching selten genutzt. Große Volumina können bei solchen Geräteauslegungen meist nur durch Stitching generiert werden. So können auch günstigere Gerätetypen ein vergleichsweise großes Aufnahmevolumen generieren.

Als Nachteile lassen sich eine längere Aufnahmedauer und eine damit einhergehende höhere Strahlenbelastung aufführen. Weiterhin kann es beim Zusammenfügen der einzelnen Volumina auch zu Ungenauigkeiten kommen. [62]

Bei den DVT-Geräten handelt es sich meist um Geräte mit sitzender oder stehender Patientenposition. Eine sitzende Position ist insbesondere bei Menschen im Rollstuhl oder älteren Personen zur Vermeidung von Bewegungsartefakten von Vorteil. Die Konfiguration bietet zusätzlich einen deutlichen baulichen Platzvorteil im Vergleich zur liegenden Position. Geräte mit liegender Position wurden nur in 3,6 % der Fälle verwendet. Ein Vorteil der liegenden Patientenposition ist eine sehr stabile Lagerung des Patienten sowie die Möglichkeit der Behandlung von intubierten Patienten. Neben dem hohen Platzbedarf gibt es bei dieser Variante auch keine Kombinationsgeräte, was als Nachteil aufgeführt werden kann.

Bezüglich der Möglichkeiten der Dosisreduktion durch Herabsetzen der Spannung oder der Stromstärke waren die Meinungen sehr unterschiedlich verteilt. Es konnte kein eindeutiger Trend bezüglich der Häufigkeit erkannt werden.

Hier besteht dahingehend möglicherweise noch Aufklärungsbedarf, da bereits einige Studien bei einer Änderung der Strahlendosis um 60-80 % keine signifikante Veränderung der Befundung bei genügender Bildqualität feststellen konnten und somit Potential für eine Senkung der Strahlenbelastung bestehen würde. [46, 49,50]

McGuian et al. [46] zeigten in einer Übersichtsarbeit zur digitalen Volumentomographie, dass die Bildqualität für viele diagnostische Fragestellungen bei einer reduzierten Strahlendosis

ausreichend ist. Es fehlte allerdings eine standardisierte Vorgehensweise bei der Dosisreduktion.

Bei der Untersuchung von Jochbeinfrakturen anhand anatomischer Präparate stellten *Rozema et al.* [49] bei einer Dosisreduktion um 60-80 % keine signifikanten Abweichungen bei der Diagnostik fest.

Ähnliche Ergebnisse ergaben die Untersuchungen von *El Sahili et al.* [50]. Beim Vermessen des knöchernen Platzangebots zur Implantationsplanung an Präparaten ergab sich durch Dosisreduktion um 80 % keine signifikante Abweichung der Werte.

Die Anwendung eines „Low Dose Modus“, wie ihn einige Hersteller inzwischen anbieten, wäre bei Fragestellungen, welche eine geringe Bildqualität zulassen, wünschenswert, um die Möglichkeiten der Dosisreduktion besser auszuschöpfen. [83]

Bei den Einsatzgebieten konnte die Implantologie als häufigste Indikation für eine DVT-Aufnahme unter den teilnehmenden Praxen ausgemacht werden. Dies ist vermutlich auf den immer höher werdenden Anspruch der Patienten auf hochwertigen Zahnersatz in Form von Implantaten zurückzuführen. Laut einer Aussage des ehemaligen Präsidenten der „Deutschen Gesellschaft für Implantologie im Zahn-, Mund- und Kieferbereich“ (DGI) *Prof. Dr. Frank Schwarz* im Jahr 2018 sei die Anzahl der in Deutschland gesetzten Implantate innerhalb der letzten 20 Jahre von 380.000 auf ca. 1,3 Millionen pro Jahr angestiegen. [84] Eine klinische und röntgenologische Diagnostik des Implantatbetts ist vor jeder Implantatinserterion erforderlich. Wohingegen durch zweidimensionales Röntgen oftmals keine genaue Aussage bezüglich des Knochenangebots getroffen werden kann, kann durch die dreidimensionalen Aufnahmen die Planung des Zahnersatzes deutlich verbessert werden [35].

Tang et al. [78] zeigten eine Überlegenheit von dreidimensionalen Aufnahmetechniken gegenüber dem zweidimensionalen Verfahren bei komplexen chirurgischen Eingriffen.

Die Verlässlichkeit der Messtrecken konnte durch mehrere Autoren nachgewiesen werden. Bei einer durchschnittlichen Implantatlänge von 10mm lag die Messungenauigkeit bei ca. 0,3-0,8mm. [66,67]

Auch eine verbesserte Beurteilung naher anatomischer Strukturen wie dem Nervenkanal des N.alveolaris inferior oder der Kieferhöhlen kann zu einem besseren Erfolg der Implantation beitragen. [72,73]

Neugebauer et al. [73] zeigten bei geplanten Sinusbodenelevationen einen deutlichen Vorteil bei der chirurgischen Planung, wenn davor eine DVT-Aufnahme angefertigt wurde.

Die Studie von de *Oliveira et al.* [72] beweist einen Vorteil bei der Darstellung des Nervkanals im Unterkiefer zur Vermeidung von Verletzungen.

Weiterhin kann durch die dreidimensionale Planung und darauf basierend einer Herstellung von Bohrschablonen ein präzises Setzen der Implantate des Behandlers, besonders in schwierigen Fällen, erleichtert werden. Die Überlegenheit der geführten Implantation mittels Bohrschablone gegenüber einer Freihand-Implantation konnte in mehreren Studien nachgewiesen werden. [68,69,70,71]

Vercruyssen et al. [79] zeigten, dass eine freihändige Implantatinsertion zu Abweichungen führen kann, welche die anschließende prothetische Versorgung einschränken können.

Eine weitere häufige Indikation stellen retinierte Zähne dar. Eine DVT-Aufnahme wird meist ergänzend angefertigt, wenn bei einem vorangegangenen OPG keine eindeutige Beurteilung der Zahnlage im Zusammenhang mit kritischen Strukturen möglich ist. Es wurde bereits in mehreren Studien gezeigt, dass die DVT zur Risikoeinschätzung für eine mögliche chirurgische Nervschädigung geeignet ist. [33,64,65]

Ghaemini et al. [63] zeigten zusätzlich in einer Studie, dass im Einzelfall nach einer DVT-Aufnahme das chirurgische Vorgehen erfolgreich verändert werden kann.

Durch eine genaue Lagebestimmung mittels dreidimensionaler Darstellung des Zahnes zur Kortikalis und des Nervkanals im Unterkiefer kann das Risiko einer Nervverletzung reduziert werden.

Die Diagnostik von Kieferhöhlenerkrankungen mittels DVT ist unstrittig und kann deshalb zur weiteren Differenzierung herangezogen werden, wenn durch ein zweidimensionales Verfahren keine eindeutige Abklärung möglich ist. [61]

Die PEERS Befragung von 2017 kam zu ähnlichen Ergebnissen wie die aktuelle Studie. Dort würden ein Drittel der Befragten zur Kieferhöhlendiagnostik eine DVT-Aufnahme anfertigen, was sich mit den hier dargestellten Ergebnissen deckt.

In der aktuellen Studie gaben rund 35 % an häufig bis sehr häufig zur Kieferhöhlendiagnostik eine DVT- Aufnahme durchzuführen. [44] Die Angabe, dass die Teilnehmer für endodontologische und parodontologische Fragestellungen nur selten eine Indikation für eine DVT-Aufnahme sehen, kann mit den Empfehlungen der Fachgesellschaften in Einklang gebracht werden. Diese sehen nur einen geringen Mehrwert bei den zuletzt genannten Indikationen. [15]

Das Ergebnis wird allerdings dahingehend beeinflusst, dass die Studienteilnehmer Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen sind und daher weniger endodontische sowie parodontologische Behandlungen als allgemeinen Zahnärzte durchführen.

Weiterhin wird bei der Kiefergelenksdiagnostik selten ein DVT angefertigt. Dies deckt sich mit der allgemeinen Studienlage, dass eine OPG-Aufnahme für die knöcherne Abbildung ausreichend ist. Zur Darstellung des Weichgewebes sei meist eine MRT-Aufnahme nötig. [15] Generell lässt sich sagen, dass die Teilnehmer die Aufnahmen leitlinienkonform mit enger Indikationsstellung auslegen und auf diesem Gebiet gut informiert sind. Diese Daten unterstützen das in Deutschland angewandte Konzept einer speziell benötigten Fachkunde für das DVT.

Außerdem konnte durch die Varianzanalyse ein signifikanter Unterschied zwischen den verschiedenen Indikationen in Bezug auf die Anwendungshäufigkeit festgestellt werden.

Bei der Anwendungshäufigkeit zeigt sich das OPG gegenüber dem DVT in der Statistik deutlich überlegen. Nach dem ALARA-Prinzip sollte immer die Aufnahme mit der geringsten Strahlenbelastung bei ausreichender diagnostischer Aussagekraft gewählt werden. Die Ergebnisse decken sich mit der Annahme, dass einer dreidimensionalen Aufnahme meist eine zweidimensionale Übersichtsaufnahme vorrausgeht.

Es zeigt sich, dass bereits die meisten Praxen mindestens einmal in der Woche die Indikation für ein DVT stellen. Mehr als ein Drittel der Praxen sogar mehrfach täglich. Unterschiede hierbei sind vermutlich auch auf die verschiedenen Spezialisierungen der Praxen zurückzuführen.

In Bezug auf die zukünftige Abrechnung zeigt sich, dass ein als angemessen empfundener Betrag aus Sicht der Praxen höher als die derzeitige mögliche Abrechnung ausfällt.

Die Studienteilnehmer würden eine Vergütung von durchschnittlich 201 Euro als angemessen erachten. Ein Drittel der Befragten sogar Beträge von über 250 Euro.

Limitationen

Bei allen getroffenen Aussagen handelt es sich um subjektive Aussagen der niedergelassenen Kieferchirurgen in Bayern. Diese Aussagen lassen sich nicht oder nur sehr schwer objektivieren.

Die Rücklaufquote der Studie war mit 50,4 % zufriedenstellend und lag knapp über den 50 %. Es ist fraglich, ob eine entsprechende Online-Umfrage zu einer besseren Teilnehmerquote geführt hätte.

Die Studie war als Umfrage nur auf Bayern ausgelegt. Zur Rekrutierung von mehr Studienteilnehmern wäre in Zukunft eine Ausweitung auf ganz Deutschland zu überlegen.

Außerdem könnte die zeitliche Korrelation mit dem Beginn der Corona-Pandemie Auswirkung auf die Rücklaufquote gehabt haben.

Fehlende Vergleichsstudien erschweren die Objektivierung der hier erhobenen Daten zusätzlich. Durch die Abrechnung als Privatleistung ist eine einfache Datenauswertung über die gesetzlichen Krankenkassen nicht möglich.

Die Frage bezüglich der Anwendungshäufigkeit der einzelnen Volumina kann bedingt durch Geräteausstattung und Spezialisierung der einzelnen Praxen beeinflusst worden sein.

7 Schlussfolgerung

Abschließend lässt sich sagen, dass sich das DVT mittlerweile als diagnostischer Standard im niedergelassenen Bereich der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie fest etabliert hat. Besonders auf dem Teilgebiet der dentalen Implantologie gewährleistet diese Technik eine patientenspezifische Planung und Versorgung. Aber auch im Rahmen der weiteren dentoalveolären Chirurgie, der Traumatologie oder der Abklärung knöcherner Läsionen am Kiefer beziehungsweise der Kieferhöhlen bietet die 3D-Röntgenuntersuchung einen diagnostischen Vorteil im Vergleich zur herkömmlichen dentalen Röntgentechnik.

Dennoch muss weiterhin eine sorgfältige Abwägung der Indikation im Sinne des ALARA-Prinzips erfolgen, um die Strahlenexposition für den Patienten so gering wie möglich zu halten. Im Zuge der Etablierung dieser Technik in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie wäre eine entsprechende Vergütung dieser Leistung wünschenswert.

Literaturverzeichnis

1. Röntgen W.C. (1972). *Über eine neue Art von Strahlen*. München, Kindler 106 S.
2. Bundesamt für Strahlenschutz (2014). „Röntgendiagnostik: Häufigkeit und Strahlenexposition.“
<https://www.bfs.de/DE/themen/ion/anwendung-medizin/diagnostik/roentgen/haeufigkeit-exposition.html>
Download am 09.02.2023
3. Zöllner J.E. (2013). *Digitale Volumetomografie in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde: Grundlagen, Diagnostik und Behandlungsplanung*. Berlin [u.a.], Quintessenz-Verlag 278 S.
4. Jackowski J., Peters H., Hölzle F. (2017). *Zahnärztliche Chirurgie*. Berlin, Springer
5. Schwenzer N., Ehrenfeld M. (2008). *Chirurgische Grundlagen: 72 Tabellen*. Stuttgart [u.a.], Thieme
6. Bundesregierung BRD: *Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen (Röntgenverordnung – RöV)*
<https://www.buzer.de/StrlSchV.htm>
Download am 09.02.2023
7. Ludlow J.B., Ivanovic M. (2008). *Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod; 106(1), 106-114.
8. Farman A.G. (2005). *ALARA still applies*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod; 100(4), 395-397.
9. Feldkamp L.A., Davis L.C., Kress J.W. (1984). *Practical cone-beam algorithm*. J Opt Soc Am A; 1, 612-619.
10. Haßfeld S., Kunkel M., Ulrich H., Wagner W., Zöllner J.E. (2008). *Stellungnahme: Indikationen zur Schnittbilddiagnostik in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (CT/DVT)*. Der MKG-Chirurg; 1, 148-151.
11. Hounsfield G.N. (1973). *Computerized transverse axial scanning (tomography): Part 1. Description of system*. Brit J Radiol; 46(552), 1016–1022.
12. Mozzo P., Procacci C., Tacconi A., Martini P.T., Andreis I.A. (1998). *A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results*. Eur Radiol; 8(9), 1558–1564.

13. Mueller K., Yagel R., Wheller J.W. (1999). *Fast Implementations of Algebraic Methods for 3D Reconstruction from Cone-Beam Data*. IEEE Trans Med Imaging; 18(6), 538-548.
14. Zhang Y., Zhang L., Zhu X.R., Lee A.K., Chambers M., Dong L. (2007). *Reducing metal artifacts in cone-beam CT images by preprocessing projection data*. Int J Radiat Oncol Biol Phys; 67, 924-932.
15. Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) (2013). *S2k-Leitlinie - Dentale digitale Volumentomographie Version 9*
https://www.dgzmk.de/uploads/tx_szdgzmkdocuments/DVT_lang_Gueltigkeit_ist_abgelaufen.pdf
 Download am 09.02.2023
16. Horner K., Rusthon V., Walker A., Tsiklakis K., Hirschmann P.N., van der Stelt P.F. et al (2004). *European guidelines on radiation protection in dental radiology. The safe use of radiographs in dental practice*: European Commission
17. Schulze R., Heil U., Gross D., Bruellmann D.D., Dranischnikow E., Schwanecke U., Schoemer E. (2011). *Artefacts in CBCT: a review*. Dentomaxillofac Radiol; 40(5), 265–273.
18. Kalender W., Kyriakou Y. (2007). *Flat-detector computed tomography (FD-CT)*. European radiology; 17(11),2767–2779.
19. Schulze R., Berndt D., d’Hoedt B. (2010). *On Cone-Beam Computed Tomography artifacts induced by titanium implants*. Clin Oral Impl Res; 21,100–107.
20. Pauwels R., Beinsberger J., Collaert B., Theodorakou C., Rogers J., Walker A., Coc martin L., Bosmans H., Jacobs R., Bogaerts R., Horner K. (2012). *Effective dose range for dental cone beam computed tomography scanners*. Eur J Radiol; 81,267–271.
21. Bock J. (2011). *Digitale Radiologie in der Zahnarztpraxis: Zahnfilm, OPG, FRS und DVT*. Balingen, Spitta
22. Haiter-Neto F., Wenzel A., Gotfredsen E. (2008). *Diagnostic accuracy of cone beam computed tomography scans compared with intraoral image modalities for detection of caries lesions*. Dentomaxillofac Radiol; 37(1),18–22.
23. Young M., Lee J.T., Hodges R.J., Chang T-L., Elashoff D.A., White S.C. (2009). *A comparative study of high-resolution cone beam computed tomography and charge-coupled device sensors for detecting caries*. Dentomaxillofac Radiol; 38(7),445–451.
24. Fuhrmann A. (2013). *Zahnärztliche Radiologie*. Stuttgart [u.a.], Thieme
25. Ritter L., Neugebauer J., Mischkowski R.A., Dreiseidler T., Zöller J.E. (2007). *Dreidimensionale Bildgebung in der Zahnmedizin*. Z Oral Implant; 3, 86-95.

26. Lofthag-Hansen S., Thilander-Klang A., Ekestubbe A., Helmrot E., and Groendahl K. (2008) *Calculating effective dose on a cone beam computed tomography device: 3D Accuitomo and 3D Accuitomo FPD*. Dentomaxillofac Radiol; 37(2),72–79
27. Nitka M., Bumann A. (2010). *Die digitale Volumentomografie in der oralchirurgischen Praxis*. Oralchirurgie Journal; 4, 6-16.
28. Pasler F.A. (2008). *Zahnärztliche Radiologie*; Stuttgart [u.a.], Thieme
29. ICRP (2007). *Die Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission*
http://www.icrp.org/docs/P103_German.pdf
Download am 07.02.2023
30. Deutsches Ärzteblatt 111 (2014). Heft 10, S. A-415.
31. Müller O. (2018). *Digitale Volumentomografie in der Zahnheilkunde: DVT-Fachkundewissen von A bis Z; mit Fallbeispielen auf DVD*. Balingen, Spitta
32. Ludlow J.B. et al. (2015). *Effective dose of dental CBCT-a meta analysis of published data and additional data for nine CBCT units*. Dentomaxillofac Radiol; 44(1),20140197.
33. Neugebauer J., Shirani R., Mischkowski R.A., Ritter L., Scheer M., Keeve E., Zöller J.E. (2008). *Comparison of cone-beam volumetric imaging and combined plain radiographs for localization of the mandibular canal before removal of impacted lower third molars*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod; 105,633-642.
34. Mischkowski R.A., Zinser M.J., Ritter L., Neugebauer J., Keeve E., Zöller J.E. (2007). *Intraoperative navigation in the maxillofacial area based on 3D imaging obtained by a cone-beam device*. Int J Oral Maxillofac Surg; 36,687-694.
35. Nickenig H.J., Eitner S. (2007). *Reliability of implant placement after virtual planning of implant positions using cone beam CT data and surgical (guide) templates*. J Craniomaxillofac Surg; 35,207-211.
36. Boeddinghaus R., Whyte A. (2008). *Current concepts in maxillofacial imaging*. Eur J Radiol; 66(3),396-418.
37. Scarfe W.C., Farman A.G. (2008). *What is cone-beam CT and how does it work?* Dent Clin North Am ;52(4), 707-730.
38. Scarfe W.C., Farman A.G., Sukovic P. (2006). *Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice*. J Can Dent Assoc; 72(1), 75–80.

39. Nitsche T., Menzebach, M., Wiltfang J. (2012). *S2-k – Indikationen zur implantologischen 3D-Röntgendiagnostik und navigationsgestützten Implantologie*. Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde.
https://www.dgzmk.de/uploads/tx_szdgzmkdocuments/implzahnloseroklang_01.pdf
Download am 09.02.2023
40. Bauer-Delto A. (2013). *Welchen Stellenwert hat das DVT in der HNO-Heilkunde?* HNO Nachrichten; 43,38.
41. Kramme R. (2011). *Medizintechnik: Verfahren - Systeme - Informationsverarbeitung* (German Edition). 4th ed. Springer; 23.
42. Arnheiter C., Scarfe W.C., Farman A.G. (2006). *Trends in maxillofacial cone-beam computed tomography usage*. Oral Radiology ;22(2),80-85.
43. Baba R., Konno Y., Ueda K., Ikeda S. (2002). *Comparison of flat-panel detector and image-intensifier detector for cone-beam CT*. Computerized medical imaging and graphics the official journal of the Computerized Medical Imaging Society; 26(3),153-158.
44. Quintessenz News (2019). *Röntgendiagnostik in der Praxis – Zurückhaltung beim DVT*
45. Thiel H.J., Haßfeld, S. (2001). *Schnittbilddiagnostik in MKG-Chirurgie und Zahnmedizin.CT, MRT und konventionelle bildgebende Verfahren*. Stuttgart [u.a], Thieme
46. McGuigan M.B., Duncan H.F., Horner K. (2018). *An analysis of effective dose optimization and its impact on image quality and diagnostic efficacy relating to dental cone beam computed tomography (CBCT)*. Swiss Dent J; 128(4),297-316.
47. Haßfeld S., Grötz K.A., Schmidt-Westhausen A.M. (2019) *Handbuch MKG 2019: MKG Update*. Wiesbaden, med publico GmbH
48. White S.C., Pharoah M.J. (2014). *Oral Radiology: Principles and Interpretation*, 7th Edition, Elsevier, Health Sciences Division, Amsterdam, 41-63.
49. Rozema R., Doff M.H., van Ooijen P.M., Postmus D., Westerlaan H.E., Boomsma M.F., van Minnen B. (2018). *Diagnostic reliability of low dose multidetector CT and cone beam CT in maxillofacial trauma- an experimental blinded and randomized study*. Dentomaxillofac Radiol.Dec; 47(8).
50. El Sahili N., David-Tchouda S., Thoret S., Nasseh I., Berberi A., Fortin T.(2018). *Effect of Milliamperage Reduction on Pre-surgical Implant Planning Using Cone Beam Computed Tomography by Surgeons of Varying Experience*. J Maxillofac Oral Surg ;17(4),520-530.

51. Woelber J.P., Fleiner J., Rau J., Ratka-Krüger P., Hannig C. (2018). *Accuracy and Usefulness of CBCT in Periodontology: A Systematic Review of the Literature*. Int J Periodontics Restorative Dent.Mar/Apr; 38(2),289-297.
52. Aminoshariae A., Kulild J.C., Syed A. (2018) *Cone-beam Computed Tomography Compared with Intraoral Radiographic Lesions in Endodontic Outcome Studies: A Systematic Review*. J Endod.Nov ;44(11),1626-1631.
53. Torabinejad M., Rice D.D., Maktabi O., Oyoyo U., Abramovitch K. (2018) *Prevalence and Size of Periapical Radiolucencies Using Cone-beam Computed Tomography in Teeth with Apparent Intraoral Radiographic Lesions: A New Periapical Index with a Clinical Recommendation*. J Endod.Mar; 44(3),389-394.
54. De Grauwe A., Ayaz I., Shujaat S., Dimitrov S., Gbadegbegnon L., Vande Vannet B., Jacobs R. (2018) *CBCT in orthodontics: a systematic review on justification of CBCT in a paediatric population prior to orthodontic treatment*. Eur J Orthodont;41(4),381-389
55. Rabinov J.D. (2000) *Imaging of salivary gland pathology*. Radiol Clin North Am; 38(5),1047-1057.
56. Barghan S., Merrill R., Tetradis S. (2010) *Cone beam computed-tomography imaging in the evaluation of the tempomandibular joint*. J Calif Dent Assoc; 38,33-39.
57. Aliomohammadi R. (2018) *Imaging of Dentoalveolar and Jaw Trauma*.Radiol Clin North Am. Jan; 56(1),105-124.
58. Stuehmer C., Essig H., Bormann K.H., Majdani O., Gellrich N.C., Rücker M. (2008) *Cone beam CT imaging of airgun injuries to the craniomaxillofacial region*. Int J Oral Maxillofac Surg; 37(10),903–906.
59. Simon J.H., Enciso R., Malfaz J-M., Roges R., Perry M-B., Patel A. (2006) *Differential diagnosis of large periapical lesions using cone-beam computed tomography measurements and biopsy*. J Endod ;32(9),833–837.
60. Fullmer J.M., Scarfe W.C., Kushner G.M., Alpert B., Farman A.G. (2007) *Cone beam computed tomographic findings in refractory chronic suppurative osteomyelitis of the mandible*. Brit J Oral Maxillofac Surg; 45(5),364–371.
61. Shahbazian M., Jacobs R. (2012) *Diagnostic value of 2D and 3D imaging in odontogenic maxillary sinusitis: a review of literature*. J Oral Rehab;39(4),294–300.
62. Egbert N., Cagna D., Ahuja S., Wicks R.A. (2015). *Accuracy and reliability of stitched cone-beam computed tomography images*. Imaging science in dentistry;45(1),41-47.

63. Ghaeminia H., Meijer G.J., Soehardi A., Borstlap W.A., Mulder J., Vlijmen O.J.C., Bergé S.J., Maal T.J. (2011) *The use of cone beam CT for the removal of wisdom teeth changes the surgical approach compared with panoramic radiography: a pilot study.* Int J Oral Maxillofac Surg; 40(8),834-839.
64. Ghaeminia H., Meijer G.J., Soehardi A., Borstlap W.A., Mulder J., Berge S.J. (2009) *Position of the impacted third molar in relation to the mandibular canal. Diagnostic accuracy of cone beam computed tomography compared with panoramic radiography.* Int J Oral Maxillofac Surg;38,964- 971.
65. Lübbers H.T., Matthews F., Damerau G., Kruse A.L., Obwegeser J.A., Grätz K.W., Eyrich G.E. (2011) *Anatomy of impacted lower third molars evaluated by computerized tomography: Is there an indication for 3- dimensional imaging?* Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod;111(5),547-550.
66. Suomalainen A., Vehmas T., Kortensniemi M., Robinson S., Peltola J. (2008) *Accuracy of linear measurements using dental cone beam and conventional multislice computed tomography* Dentomaxillofac Radiol. Jan;37(1),10-17.
67. Veyre-Goulet S., Fortin T., Thierry A. (2008) *Accuracy of Linear Measurement Provided by Cone Beam Computed Tomography to Assess Bone Quantity in the Posterior Maxilla: A Human Cadaver Study.* Clin Impl Dent Rel Res;10(4)226–230.
68. Gargallo-Albiol J., Barootchi S., Marques-Guasch J., Wang H.L. (2020) *Fully Guided Versus Half- Guided and Freehand Implant Placement: Systematic Review and Meta-analysis.* Int J Oral Maxillofac Implants; 35(6),1159-1169.
69. Kalaivani G., Balaji V.R., Manikandan D., Rohini G. (2020) *Expectation and reality of guided implant surgery protocol using computer-assisted static and dynamic navigation system at present scenario: Evidence-based literature review.* J Indian Soc Periodontol;24(5),398-408.
70. Tattan M., Chambrone L., Gonzalez-Martin O., Avila-Ortiz G. (2020) *Static computer-aided, partially guided, and free-handed implant placement: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials.* Clin Oral Implants Res;31(10),889-916.
71. Yogui F.C., Verri F.R., de Luna Gomes J.M., Lemos C.A.A., Cruz R.S., Pellizzer E.P. (2020) *Comparison between computer-guided and freehand dental implant placement surgery: A systematic review and meta-analysis.* Int J Oral Maxillofac Surg;50(2),242-250.

72. de Oliveira-Santos C., Souza P.H., de Azambuja Berti-Couto S., Stinkens L., Moyaert K., Rubira-Bullen I.R., Jacobs R. (2011) *Assessment of variations of the mandibular canal through cone beam computed tomography*. Clin Oral Invest;16(2),387-393.
73. Neugebauer J., Ritter L., Mischkowski R., Dreiseidler T., Scherer P., Ketterle M., Rothamel D., Zöller J. (2010) *Evaluation of Maxillary Sinus Anatomy by Cone-Beam CT Prior to Sinus Floor Elevation*. The International journal of oral & maxillofacial implants;25(2),258-265.
74. Geibel M.A., Holzinger I. (2012) *Dosisaspekte und rechtfertigende Indikationen in der 3-D-Radiologie*. Digital Dentistry;2012(1), 6-10.
75. Geibel M.A. (2012) *DVT- Indikationen und Strahlenbelastung*. ZWP online
76. Loubele M., Bogaerts R., Van Dijk E., Pauwels R., Vanheusden S., Suetens P., Marchal G., Sanderink G., Jacobs R. (2009) *Comparison between effective radiation dose of CBCT and MSCT scanners for dentomaxillofacial applications*. Eur J Radiol; 71(3),461–468.
77. Cohenca N., Silberman A. (2017) *Contemporary imaging for the diagnosis and treatment of traumatic dental injuries*. Dent Traumatol;33,321-328.
78. Tang Z., Liu X., Chen K. (2017) *Comparison of digital panoramic radiography versus cone beam computerized tomography for measuring the alveolar bone*. Head Face Med;13(1),2.
79. Vercruyssen M., Coucke W. et al. (2015) *Dept and lateral deviations in guided implant surgery: an RCT comparing guided surgery with mental navigation or the use of pilot-drill template*. Clin Oral Implants Res; 26,1315-1320.
80. Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) (2022). *Dentale digitale Volumentomographie*, Langversion 3.0
<https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/083-005.html>
 Download am 19.03.2023
81. Geng W., Liu C., Su Y., Li J., Zhou Y. (2015) *Accuracy of different types of computer-aided design/computer-aided manufacturing surgical guides for dental implant placement*. Int J Clin Exp Med; 8,8442–8449.
82. Van Assche N., van Steenberghe D., Guerrero M.E. et al. (2007) *Accuracy of implant placement based on pre-surgical planning of three-dimensional cone-beam images: a pilot study*. Journal of clinical periodontology;34(9),816-821.
83. Ihlis R., Kadesjö N., Tsilingaridis G., Benchimol D., Shi X.Q. (2022) *Image quality assessment of low-dose protocols in cone beam computed tomography of the anterior maxilla*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology; 133(4),483-491.

84. DGI-Pressestelle (2018) *Zahnimplantate zunehmend erste Wahl: 1,3 Millionen werden in Deutschland pro Jahr eingepflanzt*. Dipl. Biol. Barbara Ritzert Pro Science Communications; Deutsche Gesellschaft für Implantologie im Zahn-, Mund- und Kieferbereich e. V.

Eidesstattliche Versicherung

Hitzenberger, Katrin

Ehrenwörtliche Erklärung zu meiner Dissertation mit dem Titel:
„Nutzungsverhalten der digitalen Volumentomografie bei niedergelassenen Mund-, Kiefer-
und Gesichtschirurgen in Bayern“

Sehr geehrte Damen und Herren,

hiermit erkläre ich, dass ich die beigelegte Dissertation selbstständig verfasst und keine anderen
als die angegebenen Hilfsmittel genutzt habe. Alle wörtlich oder inhaltlich übernommenen
Stellen habe ich als solche gekennzeichnet.

Ich versichere außerdem, dass ich die beigelegte Dissertation nur in diesem und keinem anderen
Promotionsverfahren eingereicht habe und, dass diesem Promotionsverfahren keine endgültig
gescheiterten Promotionsverfahren vorausgegangen sind.

Ort, Datum

Unterschrift

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen beteiligten Personen danken, die mich bei der Anfertigung meiner Dissertation unterstützt und diese ermöglicht haben.

Mein besonderer Dank gilt Dr.Dr. Maximilian Gottsauner für die hervorragende Betreuung bei der Umsetzung der gesamten Arbeit.

Außerdem möchte ich mich bei den Teilnehmern der Studie bedanken ohne deren Beteiligung die Erstellung der Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Meinen Eltern und meinem Ehemann danke ich für ihre Ermutigungen während des Studiums und der Arbeit an dieser Dissertation.